Actualización del Plan Maestro de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en Reynosa, Tamaulipas

Contrato Número CONTA15-016-PID: 2068/2069

Informe Final

Ingeniería Integral

Índice de Contenido

1. Recopilación y Análisis de información existente 1

1.1. Estudios requeridos en los términos 2

1.2. Otra información documental y estadística 3

1.3. Otra información geográfica 5

1.4. Resultados de la recopilación de información 8

2. Actualización del Estudio de Diagnóstico y Planeación de la COMAPA 10

2.1. Entorno general 10

2.2. Análisis de la Demanda 50

2.3. Análisis de la Oferta 70

2.4. Infraestructura Existente 89

2.4.1. Agua Potable 89

2.4.1.1 Documento sobre las instalaciones existentes de Agua Potable 89

2.4.1.2 Actualización del mapa base del sistema de Agua Potable 196

2.4.1.3 Analizar el Sistema de Agua Potable para condiciones actuales 203

2.4.2. Alcantarillado 238

2.4.2.1 Actualización del mapa base del sistema de Alcantarillado y Saneamiento 286

2.4.2.2 Caudal de Aguas Residuales 293

2.4.2.3 Analizar el Sistema de Alcantarillado en las condiciones actuales 301

2.4.3. Saneamiento 327

2.4.3.1 Documento sobre las instalaciones de Saneamiento 327

2.4.4. Sistema Pluvial 344

2.4.4.1 Documento sobre Instalaciones Existente de Alcantarillado Pluvial 344

2.5. Programa de O&M del Organismo Operador 356

3. Planeación Técnica de los Sistemas de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento 362

3.1. Proyección de la Demanda 362

3.1.1. Proyección de la población 362

3.1.2. Proyección de la demanda 364

3.2. Planteamiento de Alternativas para satisfacer el incremento de la demanda de los servicios 371

3.2.1. Agua Potable 371

3.2.1.1 Analizar el Sistema de Agua Potable para condiciones futuras 371

3.2.1.2 Identificación de Alternativas a las condiciones existentes y futuras del Sistema de Agua Potable 372
3.2.1.3 Fuentes alternativas de suministro de agua potable 488
3.2.2. Alcantarillado 490
3.2.2.1 Analizar el sistema de alcantarillado para las condiciones futuras 490
3.2.2.2 Identificación de Alternativas a las Condiciones existente y Futuras del sistema de alcantarillado 491
3.2.3. Saneamiento 573
3.2.3.1 Análisis del reúso de Aguas Residuales Tratadas (red morada) 584
4. Evaluación de Alternativas 587
4.1. Definición de Metodología de Evaluación 588
4.1.1. Prefactibilidad IPP (Impacto-Posibilidad-Pertinencia) 588
4.1.2. Prefactibilidad Económica Financiera 589
4.1.3. Alineación estratégica 591
4.1.4. Factibilidad de las alternativas 591
4.2. Análisis del cumplimiento de los objetivos 593
4.2.1. Problemas a resolver por el Plan Maestro 594
4.2.2. Objetivos estratégicos y visión del Plan Maestro 595
4.3. Establecimiento de Criterios Mensurables 596
4.3.1. Establecimiento de criterios mesurables para la prefactibilidad IPP 597
4.3.2. Establecimiento de criterios mensurables para la Prefactibilidad Económica/Financiera 601
5. Selección de Alternativas 603
5.1. Descripción de las alternativas a ser evaluadas 604
5.1.1. Alternativas de agua potable 604
5.1.2. Alternativas de alcantarillado y tratamiento 606
5.2. Relatoría de los talles de evaluación 608
5.3. Evaluación de las alternativas de agua potable 608
5.3.1. Evaluación de la Prefactibilidad IPP de las alternativas de agua potable 608
5.3.2. Evaluación de la Prefactibilidad Económica- Financiera de las alternativas de agua potable 609
5.4. Evaluación de la Alineación Estratégica 612
5.4.1. Evaluación de la Alineación Estratégica de las alternativas de agua potable 612
5.4.2. Evaluación General de las alternativas de agua potable 612
5.4.3. Evaluación de las alternativas de alcantarillado y saneamiento 613

5.4.3.1 Evaluación de la Prefactibilidad IPP de las alternativas de alcantarillado y saneamiento 613
5.4.3.2 Evaluación de la Prefactibilidad Económica-Financiera de las alternativas de alcantarillado y saneamiento 613
5.4.3.3 Evaluación de la Alineación Estratégica de las alternativas de alcantarillado y saneamiento 615
5.4.4 Evaluación General de las alternativas de alcantarillado y saneamiento 615
6. Jerarquización de acciones 618
6.1. Metodología 618
6.2. Alineación estratégica 619
6.3. Beneficio costo 622
6.4. Viabilidad PEST 622
6.5. Resultados de la jerarquización de las acciones 623
7. Programa de Obras y Acciones 626
8. Programa de Inversiones 634
9. Medio Ambiente y Salud Pública 644
9.1. Estudios de Impacto Ambiental 644
9.2. Normas vigentes nacionales 644
9.3. Temas para certificación 645
9.3.1. Área de impacto del proyecto 645
9.3.2. Problemática de salud humana y medio ambiente 647
9.3.3. Estadísticas en materia de salud 648
9.3.4. Análisis de posibles efectos en cada país 648
9.3.5. Análisis de beneficios, riesgos y costos del proyecto 648
9.3.6. Autorizaciones exigidas 649
9.3.7. Justificación de los proyectos 650
10. Compatibilidad con la Planeación Municipal y Región Aplicable. 652
10.1. Normas ambientales 652
11. Capacidad de pago de la población 660
11.1. Fuentes de información 660
12. Análisis Financiero 669
12.1. Supuestos 669
12.1.1. Población 669
12.1.2. Inversiones 670
12.2. Modelo Financiero 670

12.3. Escenarios 674

12.4. Estructura tarifaria 679

13. Conclusiones y recomendaciones 683

Índice de Figuras

Figura 1. Listado de requerimientos de información: temas y ejemplo de conceptos....1
Figura 2. Carpetas de información de los conceptos solicitados....3
Figura 3. Información del directorio estadístico nacional de unidades económicas (DENUE)....4
Figura 4. Información del directorio estadístico nacional de unidades económicas (DENUE)....4
Figura 5. Ortofoto en formato propietario mrsid....5
Figura 6. Plano General de Agua Potable....5
Figura 7. Contenido de las capas de las cartas topográficas de INEGI....6
Figura 8. Curvas de nivel del MTD del Continuo de Elevaciones Mexicano del INEGI....7
Figura 9. Información LIDAR tipo terreno....7
Figura 10. Curvas de nivel obtenidas de la información LIDAR....8
Figura 11. Localización geográfica del municipio de Reynosa, Tamaulipas....10
Figura 12. Localización de la ciudad de Reynosa en el contexto estatal....11
Figura 13. Localización del área de estudio....12
Figura 14. Estaciones climatológicas en la ciudad de Reynosa, Tamaulipas....13
Figura 15. Precipitación y temperatura mensual promedio....14
Figura 16. Suelos dominantes....20
Figura 17. Uso del suelo y vegetación....21
Figura 18. Geología....22
Figura 19. Relieve....23
Figura 20. Localización de los acuíferos del estado de Tamaulipas....27
Figura 21. Localización del acuífero Bajo Río Bravo....28
Figura 22. Unidades Hidrogeológicas....33
Figura 23. Áreas seleccionadas para elaborar las configuraciones del NE y realizar el balance....34
Figura 24. Profundidad del nivel estático (agosto-septiembre de 2006)....35
Figura 25. Elevación del nivel estático (agosto-septiembre de 2006)....36
Figura 26. Evolución del nivel estático (1982-2006)....37
Figura 27. Tasas de crecimiento históricas (anual promedio)....41
Figura 28. Crecimiento poblacional del municipio y cabecera municipal de Reynosa, Tamps. 1990-2010....42
Figura 29. Comparativo de población actual (2014)....49
Figura 30. Tasas de crecimiento del periodo 2010 - 2014....50
Figura 31. Esquema de Eficiencias de un O.O.....51
Figura 32. Usuarios Domésticos y no domésticos....53
Figura 33. Usuarios no domésticos....53
Figura 34. Usuarios por régimen de facturación....54

Figura 35. Histograma de consumo de los usuarios de servicio medido en 2014 54
Figura 36. Histograma de consumos de usuarios de cuota fija en 2014 55
Figura 37. Histograma de consumos de usuarios medidos y no medidos autorizado en 2014 56
Figura 38. Esquema de Eficiencia Física y Agua No Contabilizada en la COMAPA 64
Figura 39. Resumen de los resultados del Balance de Agua 65
Figura 40. Comparativo de consumos sin corregir y corregidos de usuarios domésticos 66
Figura 41. Comparativo de consumos sin corregir y corregidos de usuarios no domésticos 66
Figura 42. Reynosa, Tamaulipas en la Cuenca del Río Bravo. 70
Figura 43. Cuencas compartidas entre México y Estados Unidos 71
Figura 44. Distribución de aguas del Río Bravo de acuerdo al Tratado de 1944 72
Figura 45. Capacidades asignadas de las presas internacionales 72
Figura 46. Cuencas hidrológicas con publicación de disponibilidad en el DOF 2014 74
Figura 47. Cuenca Hidrológica Río Bravo 13 (2437) 74
Figura 48. Tramo del Canal Rodhe rehabilitado 76
Figura 49. Reynosa dentro de la poligonal que delimita la zona del acuífero 2801 Bajo Río Bravo 77
Figura 50. Unidades hidrogeológicas del acuífero 2801 Bajo Río Bravo 79
Figura 51. Ubicación de los Sistemas acuíferos Sur de Reynosa y Reynosa–Matamoros 80
Figura 52. Ubicación de los poblados La Retama y El Guerreño. 81
Figura 53. Acuíferos con salinización de suelos y aguas subterráneas salobres / incrustación marina 82
Figura 54. Grado de peligro por sequía en la zona que se localiza Reynosa (CENAPRED) 83
Figura 55. Cambios en el promedio de precipitación anual para el futuro (2015 a 2039) 84
Figura 56. Número de títulos REPDA 85
Figura 57. Títulos de concesión por tipo de uso 85
Figura 58. Localización de las Obras de Toma 90
Figura 59. Localización de la Obra de toma 1 del Río Bravo “Anzaldúas” (AP1/OT1) 91
Figura 60. Localización de la Obra de toma 2 del Río Bravo “Los Cavazos” (AP44/OT3) 91
Figura 61. Localización de la Obra de toma 3 sobre el “Canal Rodhe” (AP3/OT2) 92
Figura 62. Represas del Canal Rodhe 95
Figura 63. Características de turbiedad medida en NTU 98
Figura 64. Características de Sólidos Disueltos Totales en unidades mg/L 98
Figura 65. Características de índice de Potencial de Hidrógeno en unidades mg/L 98
Figura 66. Características de Dureza total en unidades mg/L 99
Figura 67. Características de Cloruros en unidades mg/L 99
Figura 68. Localización de los pozos profundos de la COMAPA en 2014 100
Figura 69. Localización de los pozos profundos de la COMAPA en 2015 101
Figura 70. Producción histórica de la COMAPA 106

Figura 71. Extracción del Río Bravo vs Caudal asignado en Titulo 107
Figura 72. Producción mensual y temperaturas medias mensuales..... 108
Figura 73. Estaciones de medición para determinar el volumen extraído 110
Figura 74. Comportamiento horario del bombeo de la OT Anzaldúas a las Potabilizadoras Pastor Lozano y Rancho Grande 111
Figura 75. Comportamiento horario del bombeo de la OT Canal Rodhe a la Potabilizadora Benito Juárez . 112
Figura 76. Comportamiento horario del bombeo de la OT Cavazos 112
Figura 77. Histograma de producción de las fuentes de abastecimiento que opera la COMAPA 115
Figura 78. Localización de las Plantas Potabilizadoras de Reynosa 118
Figura 79. Áreas de influencia de las plantas potabilizadoras 119
Figura 80. Esquema de funcionamiento de la Plata Pastor Lozano 120
Figura 81. Histograma del volumen suministrado a la red a partir de la Planta Pastor Lozano 125
Figura 82. Plantas de Bombeo en la Planta Pastor Lozano 126
Figura 83. Planta de Bombeo No 1 (Centro Pte y Centro Ote.)..... 126
Figura 84. Planta de bombeo No.2 (Sector Juárez, PEMEX y Sector Poniente) 126
Figura 85. Planta de bombeo No. 3 (Sector Poniente y Sector Granjas) 127
Figura 86. Planta de Bombeo No. 4 (Sector Jarachinas) 127
Figura 87. Comportamiento horario de la salida de la PB 1 al Sector Centro (Centro Pte.) 130
Figura 88. Comportamiento horario de la salida de la PB 1 al Sector Centro (Centro Ote.)..... 130
Figura 89. Comportamiento horario de la salida de la PB 2 al Sector Juárez..... 130
Figura 90. Comportamiento horario de la salida de la PB 2 a PEMEX 131
Figura 91. Comportamiento horario de la salida de la PB 2 y PB 3 al Sector Poniente..... 131
Figura 92. Comportamiento horario de la salida de la PB 3 al Sector Granjas 131
Figura 93. Comportamiento horario de la salida de la PB 4 al Sector Jarachinas 132
Figura 94. Comportamiento horario de la derivación del acueducto Anzaldúas al rebombeo Rancho Grande 132
Figura 95. Arreglo funcional de la Planta Potabilizadora Benito Juárez..... 134
Figura 96. Histograma del volumen suministrado a la red a partir de la Planta Benito Juárez 138
Figura 97. Plantas de Bombeo en la Planta Benito Juárez 139
Figura 98. Planta de Bombeo (Sector Juárez Oriente y Oriente) 139
Figura 99. Comportamiento horario de la salida de la OT Canal Rodhe a Planta Benito Juárez 141
Figura 100. Comportamiento horario a la llegada a la P.P. Benito Juárez 141
Figura 101. Comportamiento horario de la salida de la PB de la P.P. Benito Juárez 142
Figura 102. Histograma del volumen suministrado a la red a partir de la Planta Rancho Grande 146
Figura 103. Plantas de Bombeo en la Planta Rancho Grande 147
Figura 104. Planta de Bombeo (Hacienda – 12" de diámetro)..... 147

Figura 105. Planta de Bombeo (Línea de 18”) 148
Figura 106. Comportamiento horario a la entrada de la P.P. Rancho Grande 149
Figura 107. Comportamiento horario a la salida hacia la red (18” de diám.) 150
Figura 108. Comportamiento horario a la salida hacia Hacienda y Actrices Mexicanas (12” de diám.) 150
Figura 109. Arreglo de conjunto de la Planta Los Cavazos 152
Figura 110. Histograma del volumen suministrado a la red a partir de la Planta Cavazos 153
Figura 111. Plantas de Bombeo en la Planta Cavazos 154
Figura 112. Planta de Bombeo al tanque (F.O) 154
Figura 113. Comportamiento horario de la salida de la P.P. Cavazos hacia la red. 156
Figura 114. Histograma de suministro de agua de las captaciones que opera la COMAPA 158
Figura 115. Líneas principales en el sistema de agua de Reynosa, Tamps. 159
Figura 116. Líneas primarias por grupo de diámetros. 160
Figura 117. Materiales de las líneas principales 160
Figura 118. Acueductos de agua cruda en Reynosa, Tamps. 162
Figura 119. Localización de las Plantas de bombeo de la COMAPA. 164
Figura 120. Estaciones de bombeo de la Planta Potabilizadora Pastor Lozano 168
Figura 121. Estaciones de bombeo Granjas 168
Figura 122. Estaciones de bombeo de Jarachinas 169
Figura 123. Localización de las Cisternas que opera la COMAPA 171
Figura 124. Localización de tanques de regulación 178
Figura 125. Tanques de regulación 180
Figura 126. Comportamientos típicos de la demanda para suministros de 24, 20, 18 y 12 horas 182
Figura 127. Requerimientos de Regulación vs Capacidad Actual, sector Global (condición actual) 183
Figura 128. Cobertura del servicio de agua potable en la localidad de Reynosa, atendida por la COMAPA. 185
Figura 129. Red de distribución de agua potable primaria 186
Figura 130. Diámetros de la red de distribución primaria 187
Figura 131. Composición de la red por materiales de las tuberías 188
Figura 132. Materiales de la red de distribución primaria 189
Figura 133. Antigüedad de la red de distribución primaria 190
Figura 134. Continuidad del servicio de agua potable en Reynosa 193
Figura 135. Zonas de influencia de las plantas potabilizadoras 194
Figura 136. Sectores en los que está divida la ciudad. 195
Figura 137. Cartografía de Reynosa 196
Figura 138. Sistema de Agua Potable 198
Figura 139. Plano de Agua Potable en Shapes 199
Figura 140. División del plano de agua potable en Shape 200

Figura 141. Plano de Agua Potable en CAD 201
Figura 142. División del plano de agua potable en CAD 201
Figura 143. Vistas del área de impresión de los planos CAD 202
Figura 144. Plano de agua potable de un mosaico en CAD 202
Figura 145. Zonas de influencia de las plantas potabilizadoras 205
Figura 146. Sectores hidráulicos de distribución de agua potable 206
Figura 147. Usuarios por Sector 207
Figura 148. Población abastecida por Planta Potabilizadora en Reynosa 208
Figura 149. Consumos promedios ponderados incluyendo todos los usos, en los sectores hidráulicos 209
Figura 150. Consumos promedios ponderados incluyendo todos los usos, en las zonas de influencia de las Plantas Potabilizadoras 209
Figura 151. Demandas totales, domésticas y no domésticas por sector hidráulico 210
Figura 152. Demandas per-cápita promedio ponderado incluyendo todos los usos por zonas de influencia de las Plantas Potabilizadoras. 211
Figura 153. Demandas per-cápita promedio ponderado incluyendo todos los usos por sectores 211
Figura 154. Balance oferta - demanda por zona de influencia de las plantas potabilizadoras 212
Figura 155. Esquema general de la red principal de distribución de Reynosa ..... **¡Error! Marcador no definido.**
Figura 156. Representación esquemática de los nodos en el modelo. ..... **¡Error! Marcador no definido.**
Figura 157. Representación esquemática de las válvulas de corte en el modelo. ..... **¡Error! Marcador no definido.**
Figura 158. Equipos de bombeo representados en el modelo. ..... **¡Error! Marcador no definido.**
Figura 159. Tanque de almacenamiento en el modelo de simulación. ..... **¡Error! Marcador no definido.**
Figura 160. Representación esquemática de los tubos en el modelo. ..... **¡Error! Marcador no definido.**
Figura 161. Volumen de control. ..... **¡Error! Marcador no definido.**
Figura 162. Gradientes hidráulicos en las líneas de impulsión 233
Figura 163. Líneas de agua con mayor pérdida de carga 234
Figura 164. Presiones en la red de acuerdo a la modelación hidráulica 235
Figura 165. Cobertura del servicio de drenaje en la ciudad de Reynosa, Tamp. 239
Figura 166. Cobertura del servicio de alcantarillado en Reynosa 240
Figura 167. Fallas y consecuencias más comunes en el Sistema de Alcantarillado 242
Figura 168. Desbordamiento de pozos 243
Figura 169. Caídos existentes no corregidos por la COMAPA 244
Figura 170. Zonas con tuberías en mal estado 245
Figura 171. Caídos y zonas con tuberías en mal estado 246
Figura 172. Trazo de colectores y subcolectores en Reynosa 248
Figura 173. Materiales de las tuberías de los colectores y subcolectores 249
Figura 174. Composición por material de las tuberías de las líneas de impulsión 250

Figura 175. Localización y trazo de las líneas de impulsión en Reynosa 251
Figura 176. Longitud de colectores y subcolectores y líneas de impulsión por Cuencas 254
Figura 177. Longitud de colectores y subcolectores y líneas de impulsión por Cuencas 255
Figura 178. Microcuencas del sistema de recolección y alejamiento de las aguas residuales 255
Figura 179. Cuencas del sistema de recolección y alejamiento de las aguas residuales 256
Figura 180. Macrocuencas del sistema de recolección y alejamiento de las aguas residuales 257
Figura 181. Diagrama de Recolección de la cuenca EBAR #1 258
Figura 182. Cuenca de la EBAR #1 258
Figura 183. Diagrama de Recolección de la EBAR #4 259
Figura 184. Cuenca de la EBAR #4 259
Figura 185. Diagrama de Recolección de la EBAR #10 260
Figura 186. Cuenca de la EBAR #10 260
Figura 187. Diagrama de Recolección de la EBAR #22 261
Figura 188. Cuenca del EBAR #22 261
Figura 189. Diagrama de Recolección de la EBAR #30 262
Figura 190. Cuenca de la EBAR #30 262
Figura 191. Cuenca de la EBAR #13 263
Figura 192. Cuenca de la PTAR #2 (Gravedad) 263
Figura 193. Pozos de visita en los colectores y subcolectores 264
Figura 194. Estaciones de bombeo de aguas residuales 267
Figura 195. Desfogues a canales (Anhelo, La Tortuga y la Laguna) 268
Figura 196. Estado de conservación de las estaciones de bombeo de aguas negras 270
Figura 197. Ubicación de la Presa Falcón 275
Figura 198. Localización de la Presa Marte R. Gómez 277
Figura 199. Localización de las Presas Anzaldúas y Retamal 278
Figura 200. Zona recurrente por inundación delimitado por el bordo de protección del Canal Anzaldúas .. 280
Figura 201. Inundaciones recurrentes en reserva protegida 281
Figura 202. Estaciones de bombeo pluviales 282
Figura 203. Puntos críticos considerados por la COMAPA por el desbordamiento de cauces 283
Figura 204. Clasificación de riesgo por encharcamiento en zonas urbanas de Reynosa 284
Figura 205. Cárcamos de emergencia utilizados para el desalojo del agua 285
Figura 206. Cartografía de Reynosa, Tamps. 286
Figura 207. Plano del Sistema de Drenaje Sanitario 288
Figura 208. Plano de Alcantarillado en Shapes 289
Figura 209. División de plano de alcantarillado en shape 290
Figura 210. Plano de Alcantarillado en CAD 291

Figura 211. División de plano de alcantarillado en CAD 291
Figura 212. Vista del área de impresión de los planos CAD 292
Figura 213. Plano de alcantarillado de un mosaico en CAD 292
Figura 214. Usuarios por cuenca 296
Figura 215. Población aportante a las Plantas de Tratamiento 296
Figura 216. Aportaciones por cuencas principales (criterio 100% del consumo) 297
Figura 217. Aportaciones por cuencas principales (80% de la demanda) 298
Figura 218. Situación actual de la cobertura de recolección y alejamiento en Reynosa 302
Figura 219. Condición de operación respecto a la capacidad de los conductos 315
Figura 220. Colectores con problemas de capacidad de conducción 319
Figura 221. Velocidades en los conductos a gasto Máximo Extraordinario 320
Figura 222. Velocidades en los conductos a gasto mínimo 321
Figura 223. Cargas Dinámicas Totales (CDT) en las líneas de impulsión 323
Figura 224. Gradientes hidráulicos en las líneas de impulsión 324
Figura 225. Localización de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales 328
Figura 226. Sistema de Saneamiento de la ciudad de Reynosa 329
Figura 227. Localización de la PTAR No.1 330
Figura 228. Arreglo funcional de la PTAR #1 (Módulo de lagunas y módulo de Lodos Activados) 332
Figura 229. Localización de la PTAR No.2 333
Figura 230. Arreglo funcional de la PTAR #2 334
Figura 231. Localización de descargas autorizadas por la CONAGUA en Reynosa 335
Figura 232. Localización de las descargas autorizadas 336
Figura 233. DBO_5 total del efluente en las PTARS, durante el 2014. 338
Figura 234. SST total del efluente en las PTARS durante el 2014. 339
Figura 235. DQO total del efluente en las PTARS durante el 2014 339
Figura 236. Puntos de monitoreo de la calidad del agua por parte de la Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua de la CONAGUA. 340
Figura 237. Sistema pluvial en Reynosa 344
Figura 238. Calicheras en Reynosa 346
Figura 239. Sitios críticos por desbordamiento de drenes y canales 347
Figura 240. Cárcamos de emergencia utilizados para el desalojo del agua 348
Figura 241. Puntos críticos inundables en zonas deprimidas 349
Figura 242. Zonas identificadas por desborde de canales 351
Figura 243. Tasas de crecimiento históricas (anual promedio) 362
Figura 244. Comparativo de población al horizonte de planeación (2034) 363
Figura 245. Proyección de población (2014-2034) 364

Figura 246. Propuesta de recuperación de pérdidas físicas (%) 366
Figura 247. Proyección de la demanda promedio..... 367
Figura 248. Proyección de la oferta de agua para Reynosa 369
Figura 249. Proyección de Aportaciones de Aguas Residuales de Reynosa..... 371
Figura 250. Aportaciones de Aguas residuales por tipo de usuario por quinquenio 371
Figura 251. Alternativa 1Corto Plazo..... 380
Figura 252. Alternativa 1Corto Plazo..... 381
Figura 253. Alternativa 2 Corto Plazo..... 382
Figura 254. Alternativa 2 Corto Plazo..... 383
Figura 255. Alternativa 3 Corto Plazo..... 384
Figura 256. Alternativa 3 Corto Plazo..... 385
Figura 257. Obras de mejora operativa en el sistema de Agua Potable Alternativa No. 1 (CM-P)..... 442
Figura 258. Obras de refuerzos y sustituciones de Alternativa 1 (CM-P)..... 443
Figura 259. Obras de mejora operativa del sistema de Agua Potable Alternativa No. 2 (CM-P)..... 446
Figura 260. Obras de refuerzos y sustituciones de Alternativa 2 (CM –P)..... 447
Figura 261. Zonificación Primaria de Reynosa (POT) 453
Figura 262. Zonificación secundaría de Reynosa (POT) 454
Figura 263. Factibilidades de servicios por parte de los Desarrolladores a la COMAPA..... 455
Figura 264. Planes Parciales Municipales..... 457
Figura 265. Desarrollo Certificado (DECER)..... 460
Figura 266. Futuros Centros de Población y Vialidades de proyecto..... 461
Figura 267. Demandas de Agua Potable en las zonas de crecimiento de la ciudad de Reynosa 466
Figura 268. Alternativa 1 Largo Plazo..... 472
Figura 269. Alternativa 1 Largo Plazo..... 473
Figura 270. Alternativa 2 Largo Plazo..... 474
Figura 271. Alternativa 2 Largo Plazo..... 475
Figura 272. Alternativa 3 Largo Plazo..... 476
Figura 273. Alternativa 3 Largo Plazo..... 477
Figura 274. Obras de mejora operativa en el sistema de Agua Potable Alternativa No. 1 (L-P)..... 479
Figura 275. Obras de refuerzos y sustituciones de Alternativa 1 (L-P) 480
Figura 276. Obras de mejora operativa del sistema de Agua Potable Alternativa No. 2 (L-P) 483
Figura 277. Obras de refuerzos y sustituciones de Alternativa 2 (L-P) 484
Figura 278. Cuencas Alternativa 1 Corto Plazo 495
Figura 279. Macrocuencas Alternativa 1 Corto Plazo 496
Figura 280. Cuencas Alternativa 2 Corto Plazo 497
Figura 281. Macrocuencas Alternativa 2 Corto Plazo 498

Figura 282. Obras de mejora operativa en el sistema de Alcantarillado de la Alternativa No. 1 (CM-P) 528
Figura 283. Reforzamiento de conductos en la Alternativa No. 1 (CM-P) 529
Figura 284. Mejora operativa en el sistema de Alcantarillado de la Alternativa No. 2 (CM-P) 535
Figura 285. Refuerzos de conductos en la Alternativa No. 2 (CM-P) 536
Figura 286. Aportaciones de aguas residuales en las zonas de crecimiento de la ciudad de Reynosa 547
Figura 287. Cuencas Alternativa 1 Largo Plazo 551
Figura 288. Macrocuencas Alternativa 1 Largo Plazo 552
Figura 289. Cuencas Alternativa 2 Largo Plazo 553
Figura 290. Macrocuencas Alternativa 2 Largo Plazo 554
Figura 291. Obras de mejora operativa en el sistema de Alcantarillado de Alternativa No. 1 (L-P)..... 556
Figura 292. Reforzamiento de conductos en la Alternativa No. 1 (L-P) 557
Figura 293. Mejora operativa en el sistema de Alcantarillado de Alternativa No. 2 (L-P)..... 563
Figura 294. Refuerzos de conductos en la Alternativa No. 2 (L-P) 564
Figura 295. Predio donde se localiza la Planta de Tratamiento No. 2..... 574
Figura 296. Predio de la COMAPA en el ejido Sta. Anita, para una nueva PTAR 575
Figura 297. Premisas para el diseño de la Metodología de Evaluación 587
Figura 298. Relación entre los subprocesos de evaluación y las premisas de la MdE. 588
Figura 299. Variables de prefactibilidad IPP..... 589
Figura 300. Aspectos a evaluar en el costo-eficacia..... 590
Figura 301. Procedimiento para obtener la calificación de Factibilidad de las alternativas..... 592
Figura 302. Criterios de tipo de proyecto..... 594
Figura 303. Mapa estratégico del Plan Maestro. 596
Figura 304. Alternativa 1 agua potable. 605
Figura 305. Alternativa 2 agua potable. 605
Figura 306. Alternativa 1 Alcantarillado y saneamiento. 607
Figura 307. Alternativa 2 Alcantarillado y saneamiento. 607
Figura 308. Pasos para la priorización de acciones 618
Figura 309. Análisis de la alineación estratégica de las acciones de inversión 619
Figura 310. Porcentajes de inversión por periodo de tiempo..... 635
Figura 311. Localización de la ciudad de Reynosa en el contexto estatal..... 645
Figura 312. Distribución del ingreso corriente, localidad Reynosa, 2014 (ENIGH). 662
Figura 313. Distribución del agua (último recibo pagado), localidad Reynosa, 2014 (ENIGH). 663
Figura 314. Proyección de la Población..... 669
Figura 315. Tasas de crecimiento de Población (2010-2035) 670
Figura 316. Estructura del Modelo Financiero 672
Figura 317. Ingresos, egresos, utilidades y flujo de caja del Escenario 1 676

Figura 318. Ingresos, egresos, utilidades y flujo de caja del Escenario 2 677
Figura 319. Ingresos, egresos, utilidades y flujo de caja del Escenario 3 678
Figura 320. Clasificación de las estructuras tarifarias de agua. 680
Figura 321. Estructura tarifaria vigente 681
Figura 322. Incrementos a las tarifas domésticas. 681

Índice de Tablas

Tabla 1. Estudios e información similar....2
Tabla 2. Información que contiene las capas de las cartas topográficas....6
Tabla 3. Localización de la zona de estudio....10
Tabla 4. Precipitación máxima diaria en el periodo 1981-2010 en la ciudad de Reynosa, Tamaulipas....16
Tabla 5. Registro histórico de ciclones tropicales en el municipio de Reynosa, Tamaulipas....17
Tabla 6. Características físicas, Reynosa, Tamaulipas....19
Tabla 7. Disponibilidad del acuífero Bajo Río Bravo, (Hm3)....40
Tabla 8. Crecimiento poblacional del estado de Tamaulipas....40
Tabla 9. Crecimiento poblacional del municipio de Reynosa, Tam....40
Tabla 10. Crecimiento poblacional de la localidad de Reynosa, Tam....41
Tabla 11. Población censada por INEGI en 2010....42
Tabla 12. Indicadores de población 1990-2010....42
Tabla 13. Distribución de población municipal por tamaño de localidad....43
Tabla 14. Viviendas habitadas por tipo de vivienda, 2010....43
Tabla 15. Ocupantes en viviendas particulares, 2010....44
Tabla 16. Viviendas particulares habitadas por tipo de servicios con los que cuentan, 2010....44
Tabla 17. Viviendas particulares habitadas según bienes materiales con los que cuentan, 2010....45
Tabla 18. Distribución de la población por condición de actividad económica según sexo, 2010....45
Tabla 19. Población según condición de asistencia escolar por grupos de edad y sexo, 2010....46
Tabla 20. Población de 15 años y más, analfabeta según sexo, 2010....46
Tabla 21. Población de 15 años y más, por nivel de escolaridad según sexo, 2010....46
Tabla 22. Población de 15 años y más, según grado de escolaridad y sexo, 2010....47
Tabla 23. Población total según derechohabiencia a servicios de salud por sexo, 2010....47
Tabla 24. Indicadores de Marginación, 2010....47
Tabla 25. Distribución porcentual de la población por características seleccionadas, 2010....48
Tabla 26. Distribución porcentual de ocupantes en viviendas por características seleccionadas, 2010....48
Tabla 27. Padrón de Usuarios de la COMAPA (a diciembre 2014)....53
Tabla 28. Resumen de Consumos medidos autorizados (Servicio Medido) en el 2014....54
Tabla 29. Resumen de consumos no medidos autorizados (Cuota Fija) en 2014....55
Tabla 30. Resumen de consumos facturados totales medidos y no medidos autorizados en 2014....55
Tabla 31. Volumen Facturado por régimen y tipo de usuarios....56
Tabla 32. Volumen no medido autorizado en el 2014....58
Tabla 33. Error de asignación de consumo a usuarios de cuota fija....59
Tabla 34. Resumen de pérdidas identificadas o comerciales en el sistema....59

Tabla 35. Pérdidas potenciales 60
Tabla 36. Volúmenes de Pérdidas Reales en el Sistema de Distribución 61
Tabla 37. Caudal perdido en las tomas 61
Tabla 38. Caudal perdido en la red de distribución 62
Tabla 39. Resultados del Balance de Agua en el Sistema de Abastecimiento 63
Tabla 40. Consumos Unitarios corregidos 65
Tabla 41. Consumos unitarios por tipo de usuario 66
Tabla 42. Total de habitantes año 2014 67
Tabla 43. Población con y sin servicio 67
Tabla 44. Volumen de demanda de usuarios domésticos conectados a la red (promedio anual) 68
Tabla 45. Volumen de demanda de usuarios no domésticos (promedio anual) 68
Tabla 46. Volumen de demanda de usuarios domésticos potenciales (promedio anual) 68
Tabla 47. Resultado del Balance de Agua 69
Tabla 48. Volumen de pérdidas 69
Tabla 49. Demanda total actual del sistema (promedio anual) 69
Tabla 50. Volumen concesionado de aguas superficiales a nombre de la COMAPA 75
Tabla 51. Estudios Técnicos realizados al Acuífero Bajo Río Bravo 78
Tabla 52. Volumen concesionado de aguas subterráneas a nombre de la COMAPA 84
Tabla 53. Títulos y volumen concesionado por tipo de uso 85
Tabla 54. Localización de las Obras de Toma (OT) 89
Tabla 55. Obras de Toma de la COMAPA 92
Tabla 56. Datos técnicos de la planta de bombeo de la obra de toma Anzaldúas 94
Tabla 57. Datos técnicos de la obra de toma Canal Rodhe 96
Tabla 58. Resultados promedio mensual de la calidad del agua del río Bravo en la OT2 97
Tabla 59. Ubicación geográfica de pozos profundos de la COMAPA 102
Tabla 60. Datos constructivos de los pozos profundos de la COMAPA 103
Tabla 61. Información técnica de pozos profundos de la COMAPA 104
Tabla 62. Registros históricos de producción 105
Tabla 63. Volumen de producción registrado durante un año (2014) 107
Tabla 64. Volumen producido en las fuentes subterráneas 108
Tabla 65. Volumen de producción registrado durante un año (2014) 109
Tabla 66. Resultados de las mediciones efectuadas a la llegada a las plantas potabilizadoras 111
Tabla 67. Resultado de los aforos de los pozos 113
Tabla 68. Corrección del volumen extraídos de las fuentes superficiales en el periodo de análisis 114
Tabla 69. Corrección del volumen extraído de las fuentes subterráneas en el periodo de análisis 114

Tabla 70. Volumen producido corregido de las fuentes superficiales y subterráneas, durante el periodo de análisis 114
Tabla 71. Ubicación geográfica de las plantas potabilizadoras de la COMAPA 117
Tabla 72. Información técnica de las Plantas Potabilizadoras 118
Tabla 73. Resultados de la calidad del agua que sale de la Pastor Lozano 124
Tabla 74. Información técnica de los equipos de las Plantas de Bombeo en la Pastor Lozano 127
Tabla 75. Resultados de las mediciones efectuadas a la salida de la P.P. Pastor Lozano 129
Tabla 76. Resultados de la calidad del agua que sale de la Benito Juárez 137
Tabla 77. Información técnica de los equipos de las Planta de Bombeo en la Benito Juárez 140
Tabla 78. Resultados de las mediciones efectuadas a la salida de la P.P. Benito Juárez 140
Tabla 79. Resultados de la calidad del agua que sale de la Rancho Grande 145
Tabla 80. Información técnica de los equipos de las Planta de Bombeo en Rancho Grande 148
Tabla 81. Resultados de las mediciones efectuadas a la salida de la P.P. Rancho Grande 149
Tabla 82. Información técnica de los equipos de las Planta de Bombeo Cavazos 154
Tabla 83. Resultados de las mediciones efectuadas a la salida de la P.P. Cavazos 155
Tabla 84. Corrección del volumen suministrado de las plantas potabilizadoras en el periodo de análisis .. 157
Tabla 85. Corrección del volumen extraído de las fuentes subterráneas en el periodo de análisis 157
Tabla 86. Volumen suministrado corregido de las captaciones de las fuentes superficiales y subterráneas, durante el periodo de análisis 157
Tabla 87. Líneas principales (acueductos, líneas de conducción, interconexión y alimentación) 159
Tabla 88. Materiales de las líneas principales 160
Tabla 89. Plantas de bombeo de la COMAPA 163
Tabla 90. Equipamiento de las plantas de bombeo y sus requerimientos 165
Tabla 91. Resumen de equipos de bombeo por status de operación en la Plantas 167
Tabla 92. Resumen de equipos de bombeo por tipo en las Plantas 167
Tabla 93. Cisternas de la COMAPA 169
Tabla 94. Equipamiento de las cisternas y sus requerimientos 172
Tabla 95. Resumen de equipos de bombeo por status de operación en la Plantas 176
Tabla 96. Tanque de regulación de la COMAPA 176
Tabla 97. Capacidades de tanque en operación y fuera de operación 179
Tabla 98. Capacidad de tanques por tipo 179
Tabla 99. Capacidad de almacenamiento 180
Tabla 100. Volumen de regulación en estructuras 181
Tabla 101. Capacidad de regulación Global (condición actual) 2014 183
Tabla 102. Población y viviendas en la Ciudad de Reynosa, según datos oficiales del INEGI 184
Tabla 103. Cobertura del servicio de agua potable según datos oficiales de INEGI 184

Tabla 104. Red de distribución primaria por diámetros 186
Tabla 105. Red de distribución primaria por tipo de materiales 188
Tabla 106. Servicio continuo y discontinuo en la ciudad de Reynosa 192
Tabla 107. Planos elaborados de Agua Potable 197
Tabla 108. Planos y shapes del sistema de agua potable 200
Tabla 109. Población y número de tomas por Sector Hidráulico y Zona de influencia de Planta Potabilizadora 207
Tabla 110. Consumos sin pérdidas físicas por Sector Hidráulico y Zona de Influencia de Planta Potabilizadora 208
Tabla 111. Demanda de agua potable en los sectores de abastecimiento 210
Tabla 112. Balance de Oferta – Demanda por Planta Potabilizadora 212
Tabla 113. Criterios empleados para la modelación del sistema de agua potable 213
Tabla 114. Periodos de Diseño 214
Tabla 115. Vida útil de los componentes del sistema de agua potable 214
Tabla 116. Longitudes de cada diámetro por material de la red .....**¡Error! Marcador no definido.**
Tabla 117. Gradientes hidráulicos en las Líneas principales 233
Tabla 118. Presiones en la red de acuerdo al modelo de simulación 236
Tabla 119. Consumos de kWh y Energía eléctrica de las EB de acuerdo al modelo de simulación 236
Tabla 120. Población y viviendas del Centro de Población de la Ciudad de Reynosa, según datos oficiales del INEGI 238
Tabla 121. Cobertura de drenaje según datos oficiales del INEGI 238
Tabla 122. Cobertura de drenaje según datos oficiales de INEGI 239
Tabla 123. Cobertura en superficie del servicio de alcantarillado 239
Tabla 124. Colonias sin servicio de alcantarillado 241
Tabla 125. Longitud de caídos por diámetro 244
Tabla 126. Infraestructura de alcantarillado en mal estado 245
Tabla 127. Zonas con tuberías de alcantarillado en mal estado 246
Tabla 128. Red de colectores y subcolectores 248
Tabla 129. Materiales de las tuberías de colectores y subcolectores 250
Tabla 130. Longitud por diámetros de las líneas de impulsión 250
Tabla 131. Materiales de las tuberías de las líneas de impulsión 250
Tabla 132. Microcuencas del sistema de recolección y alejamiento 252
Tabla 133. Cuencas principales del sistema de alcantarillado de Reynosa 254
Tabla 134. Macrocuencas del sistema de alcantarillado de Reynosa 254
Tabla 135. Resumen de los pozos de visita de los colectores y subcolectores 265
Tabla 136. Localización de las Estaciones de bombeo de aguas residuales (EBAR) 265
Tabla 137. Status de las seis principales EBARs 268

Tabla 138. Requerimientos en las EBARs 271
Tabla 139. Planos elaborados de Agua Potable 287
Tabla 140. Planos y shapes del sistema de alcantarillado 290
Tabla 141. Resultados de aforos realizados en mayo del 2013 293
Tabla 142. Resumen de aforos realizados en mayo 2013 294
Tabla 143. Población asentada en las cuencas de aportación 295
Tabla 144. Aportación actual de aguas residuales bajo el criterio del 100% del consumo corregido sin pérdidas físicas 297
Tabla 145. Aportación actual de aguas residuales bajo el criterio del 80% de la demanda incluyendo las pérdidas físicas 298
Tabla 146. Comparativo de caudales aportados en las cuencas principales 299
Tabla 147. Resumen de los Gasto Medios Aportados por cuenca y Macrocuenca 301
Tabla 148. Criterios empleados para la modelación del sistema de agua potable 303
Tabla 149. Periodos de Diseño 304
Tabla 150. Vida útil de los componentes del sistema de agua potable 305
Tabla 151. Situación de la utilización de la capacidad hidráulica de los conductos 316
Tabla 152. Conductos con problemas de falta de capacidad 316
Tabla 153. Velocidades en los conductos a gasto máximo extraordinario 320
Tabla 154. Velocidades en los conductos a gasto mínimo 322
Tabla 155. Cargas dinámicas totales en las líneas de impulsión 322
Tabla 156. Gradientes hidráulicos en las Líneas de impulsión 322
Tabla 157. Consumos de kWh de las EB de aguas residuales 325
Tabla 158. Localización de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) 327
Tabla 159. Información de las PTAR existentes en Reynosa. 327
Tabla 160. Resumen de la infraestructura que forma el saneamiento de Reynosa 330
Tabla 161. Título de Asignación y permiso de descarga NO. O6TAM100226/24HAOC08 335
Tabla 162. Condiciones particulares de descarga a las que se debe ajustar el permiso 336
Tabla 163. Límites máximos permisibles para contaminantes básicos según NOM -001 – ECOL - 1996 337
Tabla 164. Límites máximos permisibles para metales pesados según NOM -001 – ECOL - 1996 338
Tabla 165. Resultados del monitoreo de la calidad del agua CONAGUA 340
Tabla 166. Escala de clasificación de calidad de agua para DBO5 340
Tabla 167. Escala de clasificación de calidad de agua para DQO 341
Tabla 168. Escala de clasificación de calidad del agua para SST 341
Tabla 169. Escala de clasificación de calidad del agua para Coliformes Fecales. (CF) 341
Tabla 170. Escala de clasificación de calidad del agua para Toxicidad Agua (TA) 342
Tabla 171. Puntos críticos inundables 350

Tabla 172. Mantenimiento al sistema de distribución del agua 356
Tabla 173. Mantenimiento al sistema de drenaje..... 356
Tabla 174. Obras de mantenimiento de agua potable..... 356
Tabla 175. Mantenimiento realizado en las Plantas Potabilizadoras..... 356
Tabla 176. Obras de mantenimiento en las redes de alcantarillado..... 357
Tabla 177. Inventario técnico en la Planta Potabilizadora Pastor Lozano 357
Tabla 178. Inventario técnico en la Planta Potabilizadora Benito Juárez 359
Tabla 179. Inventario técnico en la Planta Potabilizadora Rancho Grande 359
Tabla 180. Población histórica para el estado, municipio y localidades atendidas por la COMAPA 362
Tabla 181. Proyecciones de población por quinquenios..... 363
Tabla 182. Consumos per-cápita domésticos (facturado ajustado)..... 365
Tabla 183. Proyectos para incrementar y controlar la eficiencia física..... 366
Tabla 184. Proyecciones de la Demanda de agua por quinquenio 368
Tabla 185. Aportaciones de aguas residuales bajo dos criterios de calculo 370
Tabla 186. Aportaciones de aguas residuales por quinquenios..... 371
Tabla 187. Alternativas para mejorar el sistema de abastecimiento de agua de la ciudad de Reynosa a Corto y Mediano Plazo 372
Tabla 188. Resumen de obras de agua potable a corto y mediano plazo de la Alternativa No. 1 (CM – P). 374
Tabla 189. Resumen de obras de agua potable a corto y mediano plazo de la Alternativa No. 2 (CM – P).. 376
Tabla 190. Demandas de agua potable para el análisis a corto y mediano plazo por sectores hidráulicos .. 377
Tabla 191. Demandas de agua potable para el análisis a corto y mediano plazo por zonas de influencia de plantas potabilizadoras 377
Tabla 192. Alternativa No. 3 para mejorar el sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Reynosa a partir de la extracción de agua subterránea..... 378
Tabla 193. Resumen de obras de agua potable a corto y mediano plazo de las tres alternativas 379
Tabla 194. Obras de cabeza de agua potable del modelo de simulación de la Alternativa No. 1 (CM –P) ... 444
Tabla 195. Equipo de bombeo – consumos de kWh – importes para las EB en la Alternativa No. 1 (CM –P) 445
Tabla 196. Obras de cabeza de agua potable del modelo de simulación de la Alternativa No. 2 (CM –P) ... 448
Tabla 197. Equipo de bombeo – consumos de kWh –importes, para las EB en la Alternativa No. 2 (CM-P) 449
Tabla 198. Obras requeridas en las Alternativas a corto y mediano plazo de Agua Potable en Reynosa 450
Tabla 199. Resumen de crecimiento en el horizonte de planeación 452
Tabla 200. Factibilidades en proceso de dictamen por parte de la COMAPA..... 455
Tabla 201. Información del Plan Parcial Centro Histórico..... 458
Tabla 202. Información del Plan Parcial Grupo Río San Juan..... 458
Tabla 203. Información del Plan Parcial La Laguna Escondida..... 459
Tabla 204. Información del Plan Parcial Metropolitano 459

Tabla 205. Información del Plan Parcial Zona Industrial 459
Tabla 206. Información del DECER 460
Tabla 207. Porcentajes de Ocupación propuestos 462
Tabla 208. Direccionamiento de Población en los nuevos Centros de Población 462
Tabla 209. Direccionamiento de las viviendas en los nuevos Centros de Población 463
Tabla 210. Direccionamiento de los Comercios en los nuevos Centros de Población 463
Tabla 211. Direccionamiento de las Industrias en los nuevos Centros de Población 463
Tabla 212. Direccionamiento de los Servicios Públicos en los nuevos Centros de Población 464
Tabla 213. Direccionamiento del crecimiento de la Población y unidades económicas al 2034 464
Tabla 214. Consumos de agua potable esperados en el horizonte de planeación en los nuevos Centros de Población en la ciudad de Reynosa 465
Tabla 215. Demandas de agua potable esperadas en el horizonte de planeación en los nuevos Centros de Población en la ciudad de Reynosa 465
Tabla 216. Resumen de Consumos y Demandas en los nuevos Centros de Población 465
Tabla 217. Alternativas para mejorar el sistema de abastecimiento de agua de la ciudad de Reynosa a Largo Plazo 467
Tabla 218. Resumen de obras de agua potable a largo plazo de la Alternativa No. 1 469
Tabla 219. Resumen de obras de agua potable a largo plazo de la Alternativa No. 2 470
Tabla 220. Demandas de agua potable para el análisis a corto y mediano plazo por sectores hidráulicos .. 471
Tabla 221. Demandas de agua potable para el análisis a corto y mediano plazo por zonas de influencia de plantas potabilizadoras 471
Tabla 222. Obras de cabeza de agua potable del modelo de simulación de la Alternativa No. 1 (L –P) 481
Tabla 223. Equipo de bombeo – consumos de kWh – importes, para las EB en la Alternativa No. 1 (L-P) ... 482
Tabla 224. Obras de cabeza de agua potable del modelo de simulación de la Alternativa No. 2 (L –P) 485
Tabla 225. Equipo de bombeo – consumos de kWh – importes, para las EB en la Alternativa No. 2 (L-P) ... 486
Tabla 226. Obras requeridas en las Alternativas a largo plazo de Agua Potable en Reynosa 487
Tabla 227. Alternativas para mejorar el funcionamiento e incrementar la cobertura de saneamiento y tratamiento de las aguas residuales en Reynosa a Corto y Mediano Plazo 491
Tabla 228. Resumen de las obras de alcantarillado a corto y mediano plazo de la Alternativa No. 1 493
Tabla 229. Resumen de las obras de alcantarillado a corto y mediano plazo de la Alternativa No. 2 494
Tabla 230. Obras de cabeza de alcantarillado del modelo de simulación de la Alternativa No. 1 (CM –P) .. 530
Tabla 231. Selección de equipos de bombeo para las EBARs en la Alternativa No. 1 (CM – P) 531
Tabla 232. Consumos de kWh y Costos de Energía de las EBARs de la Alternativa No. 1 (CM – P) 533
Tabla 233. Obras de cabeza de alcantarillado del modelo de simulación de la Alternativa No. 2 (CM – P).. 537
Tabla 234. Selección de equipos de bombeo para las EBARs en la Alternativa No. 2 538
Tabla 235. Consumos de kWh y Costos de Energía de las EBARs de la Alternativa No. 2 (CM – P) 540

Tabla 236. Obras requeridas en las Alternativas a corto y mediano plazo de Alcantarillado y Saneamiento en Reynosa 542

Tabla 237. Equipamiento de las EBARs en condiciones actuales y en las Alternativas a corto y mediano plazo 543

Tabla 238. Resumen de costos de energía eléctrica en condiciones actuales y en las Alternativas a corto y mediano plazo 544

Tabla 239. Direccionamiento del crecimiento de la Población y unidades económicas al 2034..... 545

Tabla 240. Aportaciones de aguas residuales esperados en el horizonte de planeación en los nuevos Centros de Población en la ciudad de Reynosa 546

Tabla 241. Gasto medio con infiltraciones esperados en el horizonte de planeación en los nuevos Centros de Población en la ciudad de Reynosa 546

Tabla 242. Gasto máximo instantáneo esperados en el horizonte de planeación en los nuevos Centros de Población en la ciudad de Reynosa 546

Tabla 243. Gasto máximo extraordinario esperados en el horizonte de planeación en los nuevos Centros de Población en la ciudad de Reynosa 547

Tabla 244. Alternativas para mejorar el funcionamiento e incrementar la cobertura de saneamiento y tratamiento de las aguas residuales en Reynosa a Largo Plazo 548

Tabla 245. Resumen de las obras de alcantarillado y saneamiento a largo plazo de la Alternativa No. 1 549

Tabla 246. Resumen de las obras de alcantarillado y saneamiento a largo plazo de la Alternativa No. 2 550

Tabla 247. Obras de cabeza de alcantarillado del modelo de simulación de la Alternativa No. 1 (L –P) 558

Tabla 248. Selección de equipos de bombeo para las EBARs en la Alternativa No. 1 (L – P) 559

Tabla 249. Consumos de kWh y Costos de Energía de las EBARs de la Alternativa No. 1 (L – P)..... 561

Tabla 250. Obras de cabeza de alcantarillado del modelo de simulación de la Alternativa No. 2 (L –P) 565

Tabla 251. Selección de equipos de bombeo para las EBARs en la Alternativa No. 1 (L – P) 566

Tabla 252. Consumos de kWh y Costos de Energía de las EBARs de la Alternativa No. 2 (L – P)..... 567

Tabla 253. Obras requeridas en las Alternativas a largo plazo de Alcantarillado y Saneamiento en Reynosa 570

Tabla 254. Equipamiento de las EBARs en condiciones actuales y en las Alternativas a largo plazo 571

Tabla 255. Resumen de costos de energía eléctrica en condiciones actuales y en las Alternativas a largo plazo 572

Tabla 256. Procesos de tratamiento de las PTAR en Reynosa 573

Tabla 257. Título de Asignación y permiso de descarga NO. O6TAM100226/24HAOC08..... 573

Tabla 258. Condiciones particulares de descarga a las que se debe ajustar el permiso..... 573

Tabla 259. Requerimientos de Tratamiento en la Alternativa No. 1 a corto, mediano y largo plazo..... 575

Tabla 260. Requerimientos de Tratamiento en la Alternativa No. 2 a corto, mediano y largo plazo..... 576

Tabla 261. Eficiencias de remoción de los trenes de tratamiento de la ampliación de la PTAR #2 en la Alternativa No. 1 a largo plazo (35 L/s) 576

Tabla 262. Pre-dimensionamiento de los trenes de tratamiento de la Ampliación de la PTAR #2 en la Alternativa No. 1 a Largo Plazo (A=35 L/s) 577

Tabla 263. Eficiencias de remoción de los trenes de tratamiento de la nueva PTAR #3 en la Alternativa No. 1 a corto – mediano y largo plazo (410 L/s – 130 L/s) 577

Tabla 264. Pre-dimensionamiento de los trenes de tratamiento de la nueva PTAR #3 en la Alternativa No. 1 a Corto – Mediano y Largo Plazo (A=410 L/s y B= 130 L/s) 578

Tabla 265. Eficiencias de remoción de los trenes de tratamiento de la ampliación de la PTAR Pirámides en la Alternativa No. 1 a largo plazo (20 L/s) 578

Tabla 266. Pre-dimensionamiento de los trenes de tratamiento de la Ampliación de la PTAR Pirámides en la Alternativa No. 1 a Largo Plazo (A= 20 L/s) 579

Tabla 267. Eficiencias de remoción de los trenes de tratamiento de la nueva PTAR #2 en la Alternativa No. 2 a corto – mediano y largo plazo (30 L/s – 285 L/s) 579

Tabla 268. Pre-dimensionamiento de los trenes de tratamiento de la nueva PTAR #2 en la Alternativa No. 2 a Corto – Mediano y Largo Plazo (A=30 L/s y B=285 L/s) 580

Tabla 269. Eficiencias de remoción de los trenes de tratamiento de la nueva PTAR #3 en la Alternativa No. 2 a corto – mediano y largo plazo (90 L/s – 70 L/s) 580

Tabla 270. Pre-dimensionamiento de los trenes de tratamiento de la nueva PTAR #2 en la Alternativa No. 2 a Corto – Mediano y Largo Plazo (A=90 L/s y B=70 L/s) 581

Tabla 271. Eficiencias de remoción de los trenes de tratamiento de la ampliación de la PTAR Pirámides en la Alternativa No. 2 a largo plazo (20 L/s) 581

Tabla 272. Pre-dimensionamiento de los trenes de tratamiento de la Ampliación de la PTAR Pirámides en la Alternativa No. 2 a Largo Plazo (A= 20 L/s) 582

Tabla 273. Costo del m³ tratado de la ampliación de la PTAR #2 de 35 L/s a largo Plazo (Alt 1) 582

Tabla 274. Costo del m³ tratado de la nueva PTAR #3 de 540 L/s a corto y largo plazo (Alt 1) 582

Tabla 275. Costo del m³ tratado de la ampliación de la PTAR Pirámides de 20 L/s a largo plazo (Alt 1) 583

Tabla 276. Costo del m³ tratado de la ampliación de la PTAR #2 de 315 L/s a corto y largo Plazo (Alt 2) 583

Tabla 277. Costo del m³ tratado de la nueva PTAR #3 de 160 L/s a corto y largo Plazo (Alt 2) 583

Tabla 278. Costo del m³ tratado de la ampliación de la PTAR Pirámides de 20 L/s a largo plazo (Alt 2) 583

Tabla 279. Cuadro de calificaciones de Prefactibilidad IPP. 589

Tabla 280. Cuadro de calificaciones de Prefactibilidad E/F. 590

Tabla 281. Cuadro de calificaciones de Alineación Estratégica. 591

Tabla 282. Criterios Elegibilidad básica. 593

Tabla 283. Criterios de tipo de proyecto. 593

Tabla 284. Criterios de calificación para evaluar el impacto en el desarrollo urbano. 597

Tabla 285. Criterios de calificación para evaluar el impacto ambiental. 597

Tabla 286. Criterios de calificación para evaluar el impacto social. 598

Tabla 287. Criterios de calificación para evaluar el impacto en la calidad del servicio. 598

Tabla 288. Criterios de calificación para evaluar el impacto transfronterizo. 598

Tabla 289. Criterios de calificación para evaluar la posibilidad legal/regulatoria. 599

Tabla 290. Criterios de calificación para evaluar la posibilidad técnica. 599

Tabla 291. Criterios de calificación para evaluar la posibilidad administrativa. 600

Tabla 292. Criterios de calificación para evaluar la pertinencia sociocultural. 600
Tabla 293. Criterios de calificación para evaluar la pertinencia política. 600
Tabla 294. Criterios de calificación para la evaluación costo-eficacia. 601
Tabla 295. Descripción de las alternativas de agua potable. 604
Tabla 296. Descripción de las alternativas de alcantarillado y saneamiento 606
Tabla 297. Cuadro de calificaciones de Prefactibilidad IPP. 608
Tabla 298. Estimación de costos de la Alternativa 1 de Agua Potable. 609
Tabla 299. Estimación de costos de la Alternativa 2 de Agua Potable. 610
Tabla 300. Costos anuales de operación Alternativas de Agua Potable. 611
Tabla 301. Cuadro de calificaciones de Prefactibilidad E/F 611
Tabla 302. Cuadro de calificaciones de Alineación Estratégica 612
Tabla 303. Integración de la calificación de Factibilidad de las alternativas de agua potable 612
Tabla 304. Cuadro de calificaciones de Prefactibilidad IPP. 613
Tabla 305. Estimación de costos de la Alternativa 1 de Alcantarillado y Saneamiento. 613
Tabla 306. Estimación de costos de la Alternativa 2 de Alcantarillado y Saneamiento. 614
Tabla 307. Costos anuales de operación Alternativas de Alcantarillado y Saneamiento. 614
Tabla 308. Cuadro de calificaciones de Prefactibilidad E/F 615
Tabla 309. Cuadro de calificaciones de Alineación Estratégica 615
Tabla 310. Integración de la calificación de Factibilidad de las alternativas de alcantarillado y saneamiento. 616
Tabla 311. Cuadro de calificaciones de Alineación Estratégica. Alternativa Seleccionada Agua Potable. 620
Tabla 312. Cuadro de calificaciones de Alineación Estratégica. Alternativa Seleccionada Alcantarillado y Saneamiento. 621
Tabla 313. Priorización del presupuesto (miles de pesos) 623
Tabla 314. Programa de obras y acciones 626
Tabla 315. Programa de Inversiones 636
Tabla 316. Resumen de Inversiones 642
Tabla 317. Hoja de revisión de cumplimiento de normas vigentes nacionales 644
Tabla 318. Egresos hospitalarios relevantes a enfermedades hídricas 2010-2015 648
Tabla 319. Listado de trámites indicando autoridades y procedimientos 649
Tabla 320. Listado de trámites indicando autoridades y procedimientos 657
Tabla 321. Estadísticos para ingreso corriente, localidad Reynosa, 2014 (ENIGH) 661
Tabla 322. Estadísticos para ingreso corriente, localidad Reynosa, 2014 (ENIGH) 662
Tabla 323. Localidades para la comparación de indicador de la capacidad de pago 664
Tabla 324. Indicador de la capacidad de pago de las cuatro localidades (ENIGH 2014) 664
Tabla 325. Indicador de la capacidad de pago de Reynosa, según quintiles o grupos de ingresos corrientes de los hogares en ENIGH 2014 665

Tabla 326. Indicador de la capacidad de pago de Victoria de Durango, según quintiles o grupos de ingresos corrientes de los hogares en ENIGH 2014 665

Tabla 327. Indicador de la capacidad de pago de Santiago de Querétaro, según quintiles o grupos de ingresos corrientes de los hogares en ENIGH 2014 665

Tabla 328. Indicador de la capacidad de pago de San Luis Potosí, según quintiles o grupos de ingresos corrientes de los hogares en ENIGH 2014 666

Tabla 329. Proyección de la Población 669

Tabla 330. Programa de inversiones 2016-2035 670

Tabla 331. Componentes del Programa de Inversiones 671

Tabla 332. Escenarios planteados 675

Actualización del Plan Maestro de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en Reynosa, Tamaulipas

Capítulo 1

Recopilación y Análisis de información existente

1. Recopilación y Análisis de información existente

La información para el estudio puede categorizarse de la siguiente manera:

- Estudios - los estudios, planes, programas y documentos relevantes para la actualización del Plan Maestro. Pueden contener información documental, estadística y geográfica.

- Otra información documental y estadística – Informes, reportes, verificaciones, datos y otros documentos, así como las colecciones normalizadas de información en forma de tablas y otras estructuras de datos.

- Otra información geográfica – La información espacial codificada en capas de sistemas de información geográfica (SIG) o en sistemas de dibujo auxiliado por computadora (CAD).

Los términos de referencia especifican diversos ítems de información a recopilarse, en listas indicativas y no exhaustivas.

Para facilitar la recopilación de información, se generó un listado exhaustivo de la información requerida a solicitar a la COMAPA. El listado clasifica la información para cada concepto requerido por nivel de prioridades, estatus (Entregado, Pendiente, Entregado parcialmente, N/A, Falta por entregar, Otros), e indica esquemáticamente el área posiblemente responsable de la información en la COMAPA; también en su caso especifica una guía del contenido de la información en el Anexo 1, denominado lista de requerimientos. Es un total de 16 temas y 127 conceptos.



Actualización anterior: 30/06/2015
Actualizado al: 17/09/2015

No.	Concepto	Nivel	Posible Responsable	Observaciones
	Información general			
1	Plano de la ciudad con información de planimetría, colonias, calles, cuerpos de agua, curvas de nivel (en formado dwg o shape), indicando la fuente de información (INEGI, Catastro, integrada manualmente)	A	Entregado	*Entregó el IMPLAN la información vectorial, usos del suelo y vegetación en shape y un plano actualizado a enero 2014. Entregaron también el plano oficial de la ciudad del IMPLAN. Entregaron oficio de CFE con el número de acometidas.*
2	Estructura del Sistema de Información Geográfica (SIG) que maneja la COMAPA (Tipo de proyección, sistema de coordenas y Datum)	A	N/A	
3	Relación de colonias clasificadas por estrato socioeconómico (residencial, medio y popular)	A	N/A	*No existe una clasificación de las colonias por estrato socioeconómico*
	Cobertura del Servicio de Agua Potable			
4	Plano con la localización de las colonias o zonas que no cuentan con infraestructura de agua potable (cobertura)	A	Pendiente	*Se va a actualizar el plano del DIP*
5	Información de las factibilidades autorizadas en el último año y las solicitudes en tramite (ubicación, número de viviendas, uso, etc.)	A	Entregado parcialmente	*Entregaron una relación de las factibilidades y un plano con la ubicación de los polígonos de estos centros de población. Falta que nos indiquen las obras de cabeza de esas factibilidades.*
6	Servicios que presta el Organismo o el Municipio para abastecer a la población sin servicio formal de agua potable (pipas, hidrantes, etc.)	A	Entregado	*Entregaron información del apoyo de pipas que realizaron en el 2014*
	Captaciones			

Requerimiento información | Requerimiento información (2) | Hoja2

Listo

Figura 1. Listado de requerimientos de información: temas y ejemplo de conceptos

Cabe destacar que además de la COMAPA se tienen otras fuentes de información, tales como la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), la Comisión Estatal de Agua y Saneamiento de Tamaulipas (CEAT), el Instituto Municipal de Planeación (IMPLAN), el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), entre otros

1.1. Estudios requeridos en los términos

Los términos de referencia ("TDR") señalan una serie de estudios desarrollados para la COMAPA que es necesario considerar en la actualización del plan maestro. Estos estudios se complementan en el listado de requerimientos por diversos conceptos similares, identificados tanto en la etapa de planeación ("Planeación") de la actualización como en el propio desarrollo de ésta ("Desarrollo"). El resultado de esta recopilación, a partir del control llevado en el listado de requerimientos descrito anteriormente es el siguiente.

Tabla 1. Estudios e información similar

No.	Concepto	Nivel	Identificación	Status	Observaciones
89	Estudio de Diagnóstico y Planeación Integral (DIP)	A	TDR	Entregado	
90	Proyecto integral de Saneamiento (PIS). Documento de Certificación	A	TDR	Entregado	*Entregaron la liga para consulta por internet y el Certificado PIS*
91	Plan Maestro para la adecuación y restructuración del sistema de agua potable en Reynosa, Tamps.	A	TDR	Entregado	
92	Plan Municipal de Desarrollo 2013 - 2016	A	TDR	Entregado	El IMPLAN entregó el PDM y entregó información del DECER y de Proyectos futuros de Crecimiento en Reynosa
93	Plan Municipal de Ordenamiento territorial y desarrollo urbano de Reynosa	A	TDR	Entregado	
94	Ley de Aguas de Tamaulipas	A	TDR	No entregado	
95	Atlas de riesgo de los municipios de Reynosa y Río Bravo del Estado de Tamaulipas	A	TDR	Entregado	Entregaron también un estudio denominado "Plan Operativo de Inundaciones de la ciudad de Reynosa"
96	Diagnósticos municipales PACMA. Entidad: Tamaulipas. Municipio: Reynosa	A	TDR	Entregado	
97	Informe final del Estudio Geo - Hidrológico de la zona del Bajo Río Bravo, Tamps.	A	TDR	Entregado	*Entregaron un estudio Geofísico*
98	Programa de consolidación de proyectos para la solución de problemas fronterizos de saneamiento, que se realiza en el marco del acta 294 de la CILA	A	TDR	No entregado	
99	Proyecto de gran visión para la prevención de inundaciones en la ciudad de Reynosa	A	TDR	Entregado	*Entregaron también el Estudio para la Mitigación y Disminución de riesgos de inundación de Reynosa (Dren el Anhelo, drenes laterales y su descarga al Río Bravo), Estudios elaborados por las empresas Corín y Anaya y Toyaco*
100	Lineamientos estratégicos para el desarrollo hidráulico de la región VI Río Bravo (1998 - 1999) de la CONAGUA	A	TDR	No entregado	
101	Informe final del Estudio "Estrategia de gran visión para el abastecimiento de localidades urbanas y cuencas fronterizas, para el periodo 2000 - 2025 realizado por la CONAGUA en 1999	A	TDR	No entregado	
102	Estudios y proyectos para incremento de cobertura y de mejoramiento de la infraestructura de agua potable	B	Planeación	No entregado	
103	Estudios y proyectos para incremento de cobertura y de mejoramiento de la infraestructura de alcantarillado	B	Planeación	Entregado parcialmente	*Entregaron el proy. Ejecutivo de la EBAR 278 y la EBAR 01. y el Proyecto de Rehabilitación de Colectores de la Zona Norte.*
104	Estudio de Sectorización y ampliación de la red de agua potable	B	Planeación	No entregado	
105	Estudios de Impacto Ambiental elaborados en los últimos cinco años	B	Planeación	Entregado parcialmente	*Entregaron el MIA de la PTAR No. 2*
106	Estudio de Ingeniería Básica de PTAR de proyecto.	B	Planeación	No entregado	
107	Los POA de los últimos dos años y el del 2015 con su avance físico y financiero a la fecha	B	Planeación	Pendiente	*Se aclararon dudas en la reunión del 20 de Mayo*
108	Información de los programas de inversión a corto, mediano y largo plazo.	B	Planeación	Entregado	*Entregaron el programa de obras 2014, 2015 y los referendos, así como el programa de la presidencia*
109	Requerimientos de proyectos de agua potable y alcantarillado (***conforme al Anexo 33 y 34***)	C	Planeación	No entregado	
110	Requerimientos para la actualización periódica de planes y programas ***(conforme al Anexo 35)***	C	Planeación	No entregado	

Fuente: Elaboración propia

Los conceptos relativos a los 18 estudios solicitados, fueron nueve entregados, dos entregados parcialmente y siete faltantes. Son en total 3,184 archivos y directorios (5.32 GB), entre los que sobresalen 570 documentos en formatos **html**, **pdf**, **doc** y **ppt**, 490 archivos de hoja de cálculo en formato **xls**, así como 361 archivos de dibujo auxiliado por computadora en formato **dwg**. Cabe destacar la presencia de ortofotos escala 1:20,000 así como los archivos de modelación del "Plan Maestro para la adecuación y reestructuración del sistema de agua potable en Reynosa, Tamps".

1.2. Otra información documental y estadística

La información documental se conforma por diversos informes, reportes y verificaciones generados ya sea de antemano o específicamente para la actualización del plan. Generalmente contienen información estadística, que está conformada por diversos archivos xls., referentes a padrones de usuario, inventarios de infraestructura y datos técnicos, entre otros.

En el listado de requerimientos, es la información documental y estadística correspondiente a los conceptos 1 a 88 y 111 a 127, con un total de 105 conceptos, de los cuales se entregaron sesenta y cinco y ocho en forma parcial, quince no aplican y los restantes diecisiete no fueron entregados. Son 4,404 archivos y directorios (8.58 GB), entre los que sobresalen 243 documentos en formatos **html, pdf, doc y ppt**, 300 archivos de hojas de cálculo en formato **xls**., así como 995 archivos de dibujo auxiliado por computadora en formato **dwg**., y 1,409 archivos de dibujo geográfico y tabulares en formatos **shp, shx y dbf**.

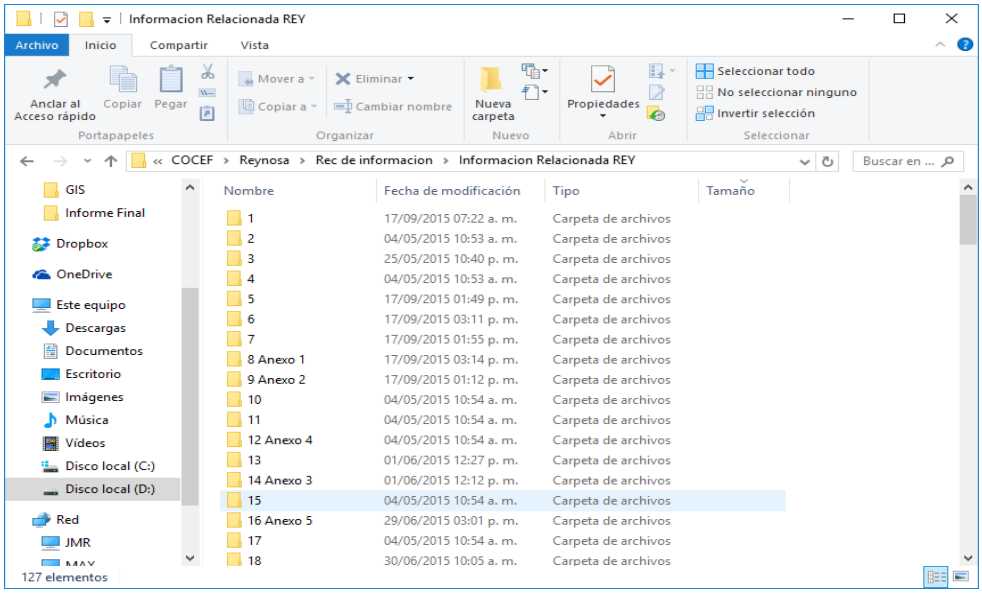
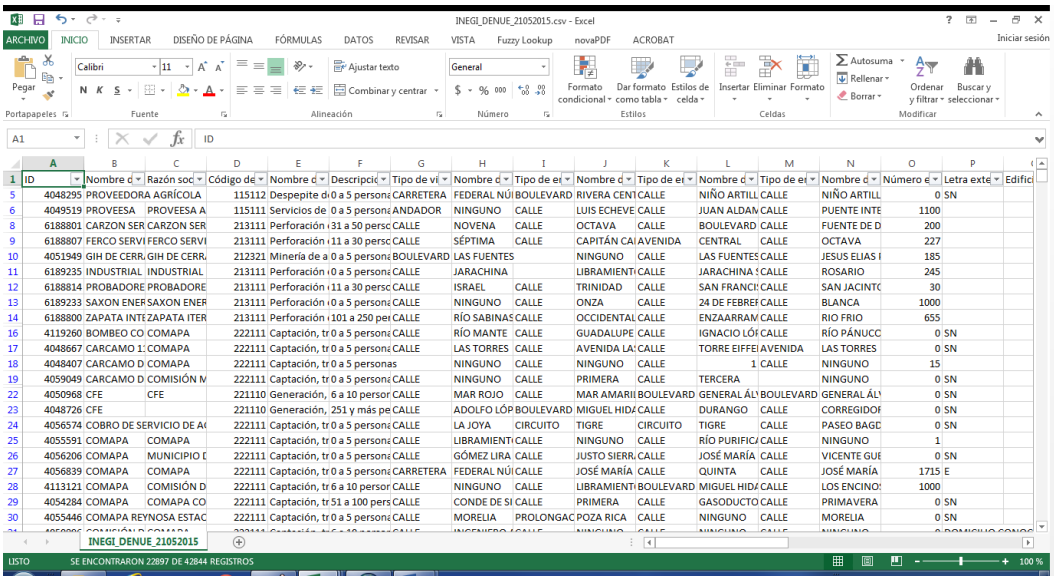


Figura 2. Carpetas de información de los conceptos solicitados

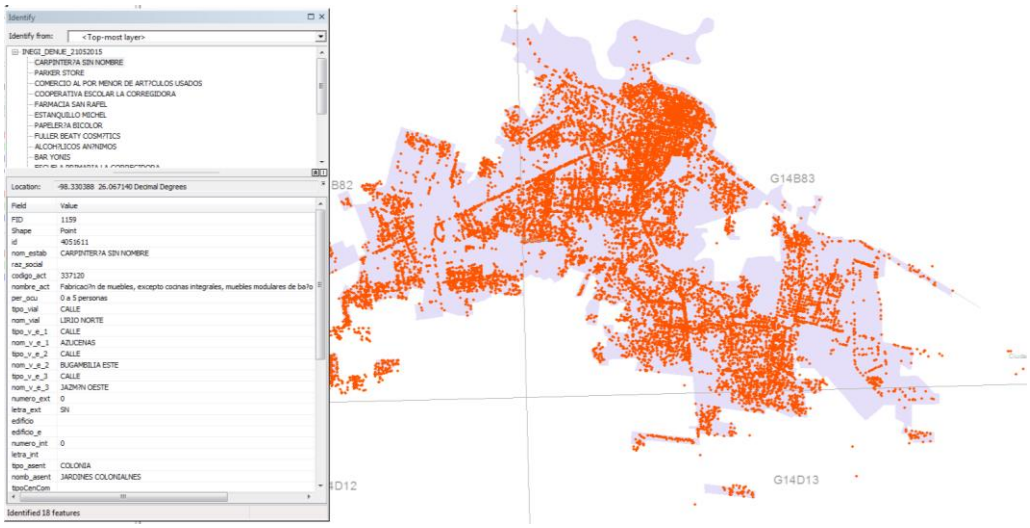
Cabe destacar que se obtuvo información de otras fuentes distintas a la COMAPA, durante el desarrollo de la actualización del plan maestro. Entre la recopilada por el contratista para la actualización del plan maestro se tiene el directorio estadístico nacional de unidades económicas (DENUE) del INEGI, que se descargó de la dirección http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mapa/denue/default.aspx. Para el municipio 28032 Reynosa se tienen 22,994 unidades económicas, cada una de ellas caracterizada por la clasificación de su actividad conforme al Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN) y conforme a un rango de personas activas en la unidad económica. Para la localidad 280320001 Heroica Reynosa, son

22,897 unidades. La información tiene un carácter dual, pues el INEGI la entrega en formato tabular csv y en formato geográfico shapefile.



Fuente: INEGI. Directorio estadístico nacional de unidades económicas

Figura 3. Información del directorio estadístico nacional de unidades económicas (DENUE)



Fuente: INEGI. Directorio estadístico nacional de unidades económicas

Figura 4. Información del directorio estadístico nacional de unidades económicas (DENUE)

1.3. Otra información geográfica

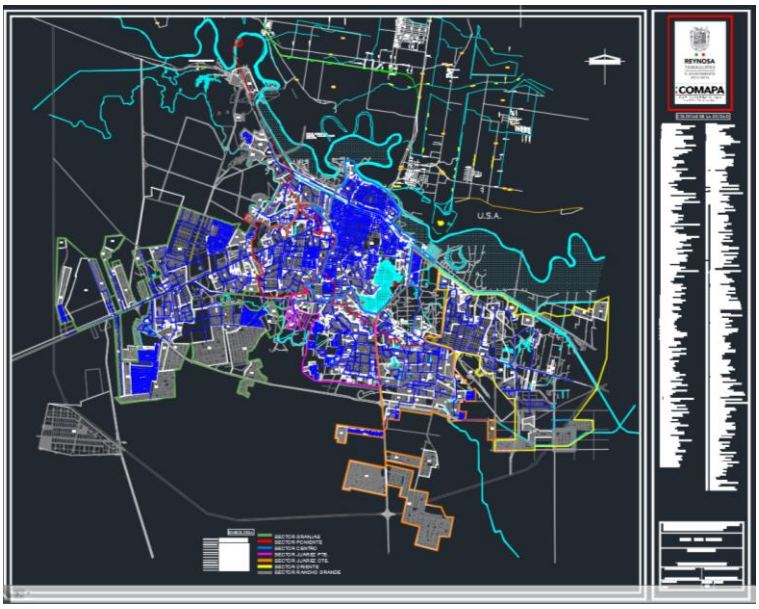
La información geográfica recopilada a través de la COMAPA (3.1 GB) incluye información geográfica vectorial en formato shapefile (257 capas) e información raster masiva en formato mrsid (1 capa).



Fuente: IMPLAN

Figura 5. Ortofoto en formato propietario mrsid

Otra información de carácter espacial son 1,356 archivos de dibujo auxiliado por computadora en formato **dwg**. Se tienen diversos archivos que detallan los tipos de infraestructura, en ocasiones con cierto atraso en su actualización.



Fuente: COMAPA

Figura 6. Plano General de Agua Potable

Con fuente en el INEGI, se descargaron diversas capas de información geográfica, entre las que sobresalen la información topográfica a escalas 1:50,000 (clave G14B82, G14B83, G14D13 actualizadas 2013 - 2018) y 1:20,000, la cartografía geoestadística urbana (CGU). La información obtenida en las cartas topográficas se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 2. Información que contiene las capas de las cartas topográficas

No	Concepto	No	Concepto
1	Cementerios	13	Canales
2	Edificaciones	14	Carreteras
3	Instalaciones de bombeo	15	Corrientes de agua
4	Instalaciones de comunicación	16	Curvas de nivel
5	Instalaciones deportivas	17	Limite estatal
6	Estaciones de Ferrocarril	18	Vía férrea
7	Localidades	19	Aeropuertos
8	Tanques de Agua elevados	20	Cuerpos de agua
9	Subestaciones Eléctricas	21	Áreas verdes
10	Acueductos	22	Centrales de autobuses
11	Calles	23	Instalaciones industriales
12	Caminos	24	Terrenos sujetos a inundación

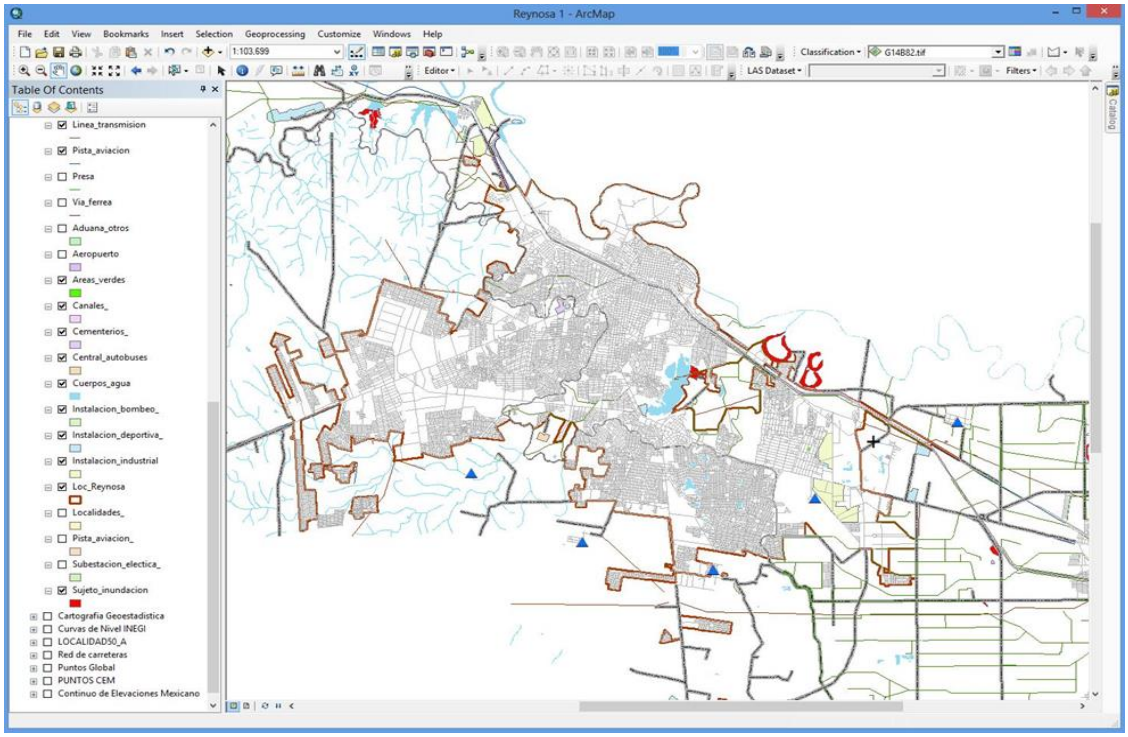


Figura 7. Contenido de las capas de las cartas topográficas de INEGI

Del mismo INEGI se obtuvo el Modelo digital de elevaciones (MTD), que tiene por nombre Continuo de Elevaciones Mexicano (CEM) con una resolución de 15 metros, con el objeto de extraer los valores del CEM

en una nube de 151,434 puntos, a partir de los cuales se generaría el TIN de donde se obtuvieran las curvas de nivel equidistantes a cada 1 m y en algunas zonas equidistantes a cada 0.5 m.

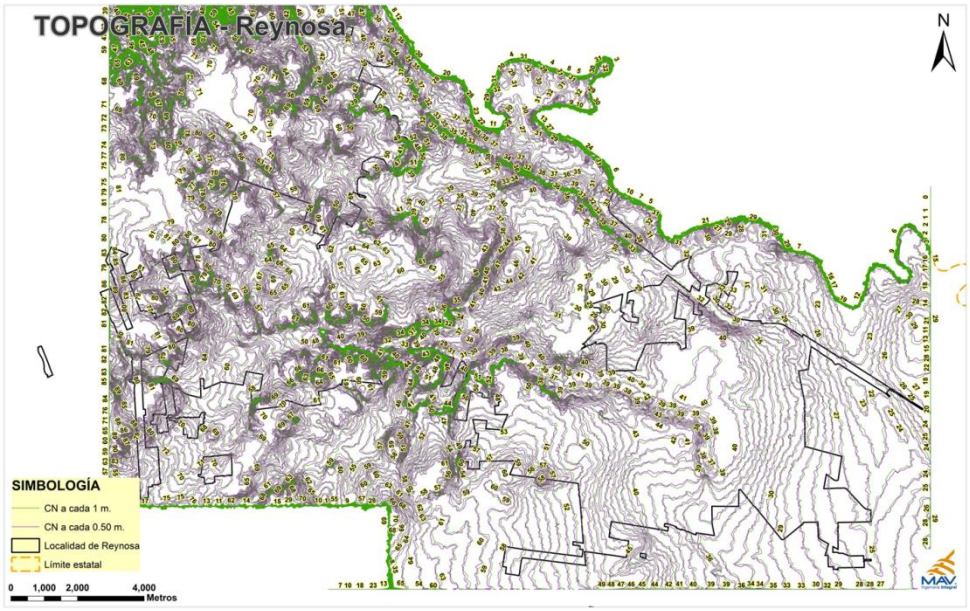


Figura 8. Curvas de nivel del MTD del Continuo de Elevaciones Mexicano del INEGI

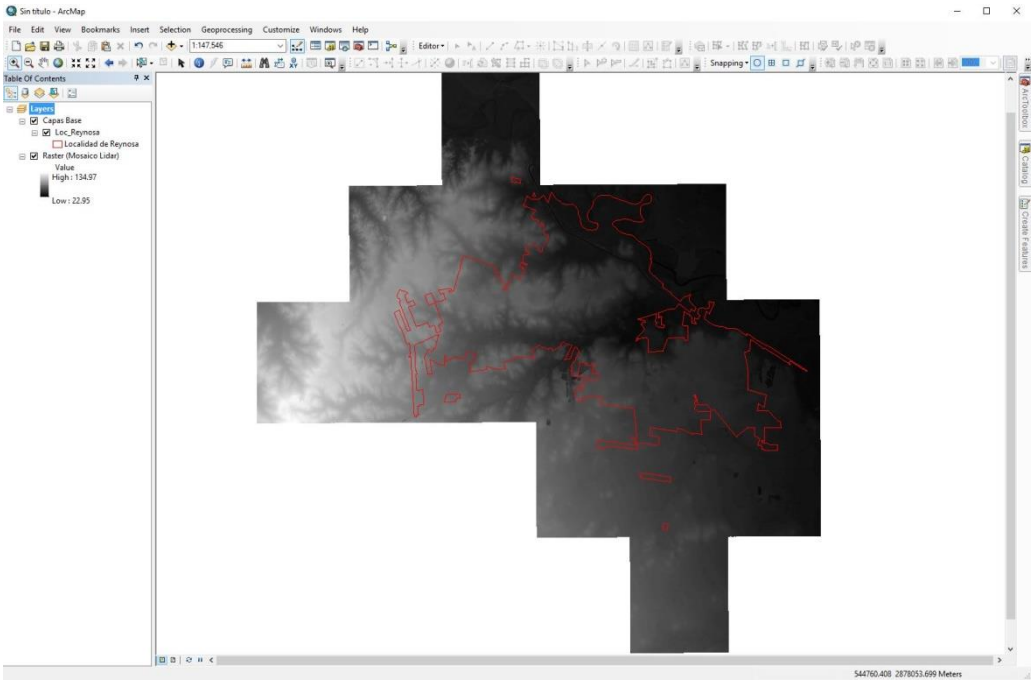


Figura 9. Información LIDAR tipo terreno

La información LIDAR que fue proporcionada cubre la totalidad de la ciudad de Reynosa y es muy útil para la extracción de elevaciones en cada centro de calle y en cualquier punto de donde se quiera saber su valor en z, sin embargo se debe considerar que la resolución de la imagen es hasta de 5 metros.

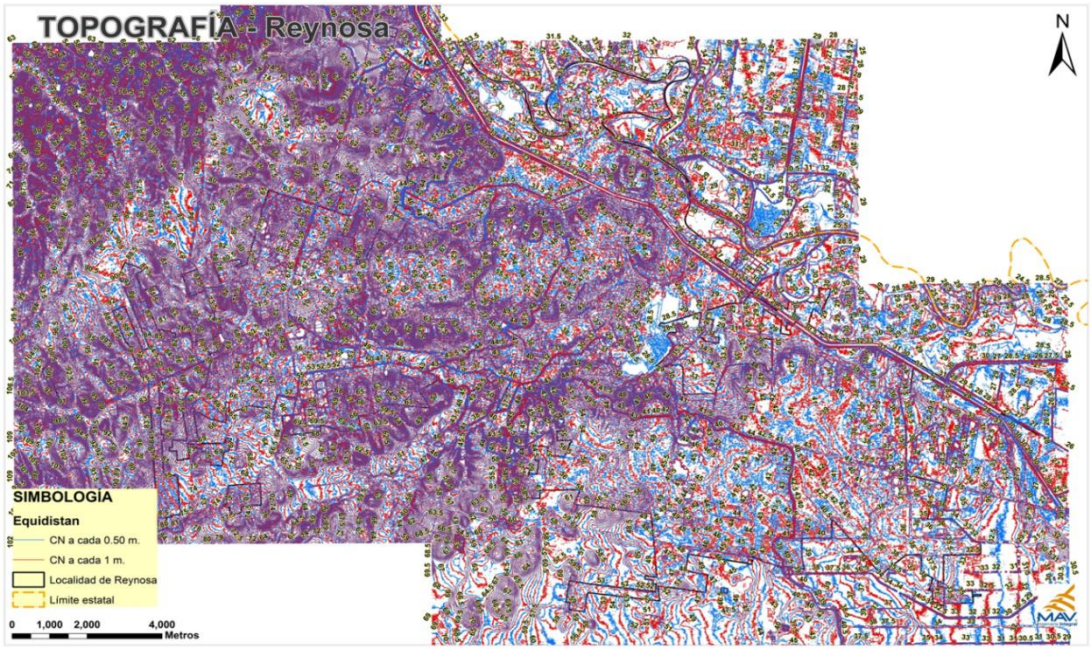


Figura 10. Curvas de nivel obtenidas de la información LIDAR

1.4. Resultados de la recopilación de información

De la revisión y análisis de estudios anteriores y la información recopilada, en los siguientes apartados del estudio se actualizará, entre otros temas, lo siguiente:

- Descripción general de la zona de estudio del Plan Maestro, incluyendo: ubicación geográfica, geografía física, topografía, clima y crecimiento esperado en la zona de estudio.
- Planos generales de los usos de suelo actual y propuesto.
- Tabulación y un estudio sobre la población histórica (los últimos 20 años)
- Análisis comparativo de las tasas de crecimiento regionales, estatales y nacionales. [ver Tasas de crecimiento históricas (anual promedio)]
- La población actual con base en los resultados del último Censo General de Población y Vivienda de INEGI (2010).
- La proyección de la población para un horizonte de 20 años [ver Proyección de población (2014-2034)]
- Comparativo de los datos de población calculados por diferentes métodos y fuentes (número de tomas de agua potable registradas en la COMAPA y el índice de habitantes por vivienda en la localidad, viviendas y predios contenida en los registros de catastro municipal del Ayuntamiento y el índice de habitantes por vivienda, el PDU de Reynosa, entre otros) Extracción de elevaciones y generación de curvas de nivel a cada 50 cm con las imágenes LIDAR de tipo terreno.

Para mayor detalle de la información recopilada por las diferentes fuentes consultar el Anexo 1.

Actualización del Plan Maestro de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en Reynosa, Tamaulipas

Capítulo 2

Actualización del Estudio de Diagnóstico y Planeación Integral de la COMAPA

2. Actualización del Estudio de Diagnóstico y Planeación de la COMAPA

2.1. Entorno general

Área de estudio

El Municipio de Reynosa está ubicado en la parte norte de Tamaulipas. La cabecera municipal, situada en la ciudad de Reynosa, se localiza a los 26°05' de latitud norte y a los 98°18' de longitud oeste, a una altura de 38 metros sobre el nivel del mar.

Colinda al norte con los Estados Unidos de América; al este con el municipio de Río Bravo; al sur con el municipio de Méndez y el estado de Nuevo León; al oeste con el estado de Nuevo León y el municipio de Gustavo Díaz Ordaz.



Fuente: Plan Municipal de Desarrollo de Reynosa Tamaulipas 2013-2015

Figura 11. Localización geográfica del municipio de Reynosa, Tamaulipas

Tabla 3. Localización de la zona de estudio

Identificación	
Cabecera Municipal	Reynosa
Entidad federativa	Tamaulipas
Colindancias	
Al Norte	Con los Estados Unidos de Norteamérica
Al Sur	Con el municipio de Méndez
Al Este	Con el municipio de Río Bravo
Al Oeste	Con el estado de Nuevo León y el municipio de Gustavo Díaz Ordaz

Fuente: Plan Municipal de Desarrollo de Reynosa Tamaulipas 2013-2015

La superficie municipal es de 3,139 kilómetros cuadrados, que representa el 3.9% de la superficie en la entidad. Para fines del presente estudio, el área del estudio comprende lo que es la cabecera municipal, es decir, la localidad de Reynosa.

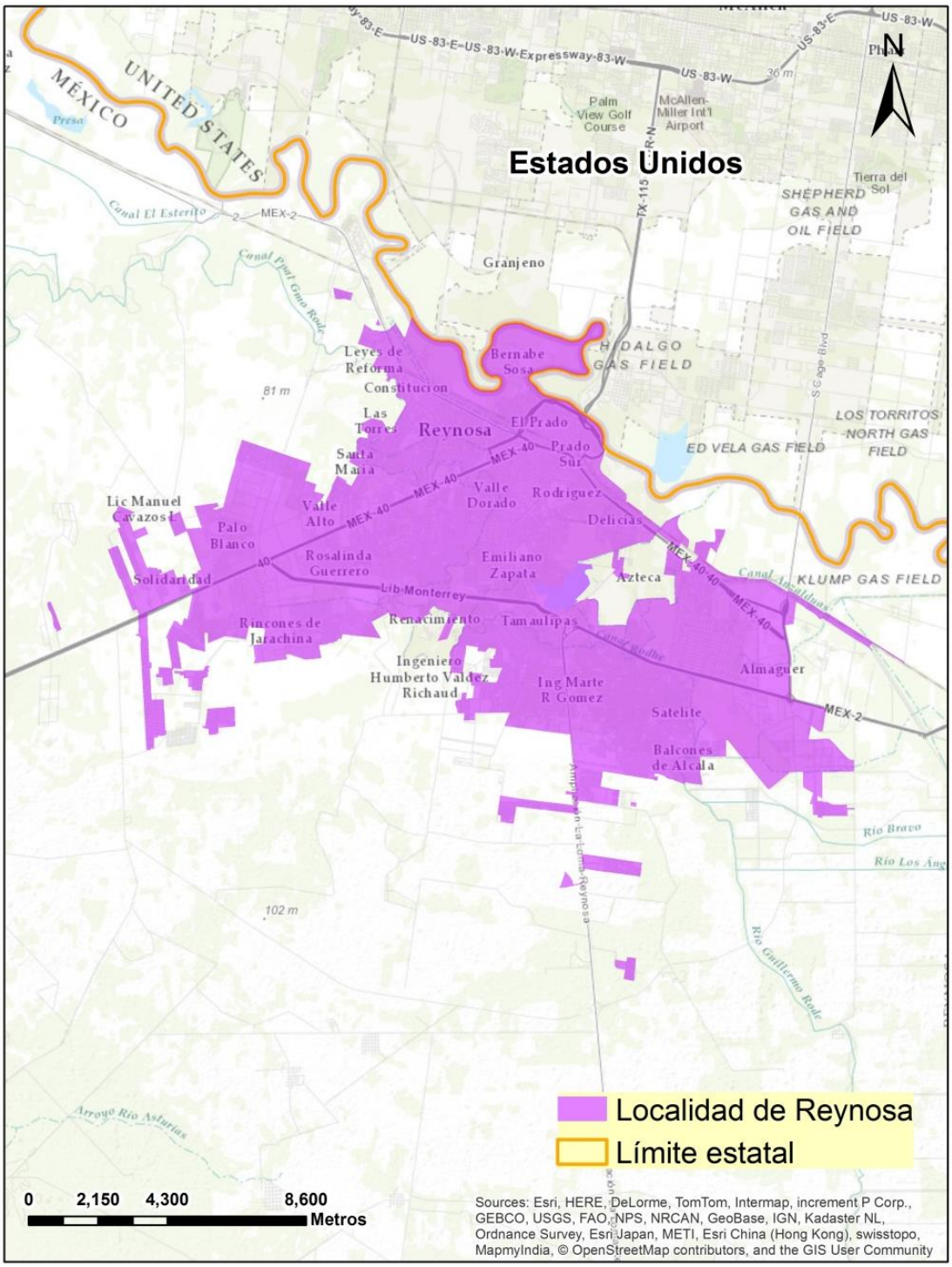
En la siguiente figura se muestra el área de estudio que es la cabecera municipal de Reynosa, Tamaulipas, en el contexto estatal y estados colindantes.



Fuente: Elaboración propia con información cartográfica de INEGI

Figura 12. Localización de la ciudad de Reynosa en el contexto estatal

En la siguiente figura se muestra la mancha urbana de la ciudad de Reynosa, Tamaulipas.



Fuente: Elaboración propia con información cartográfica de INEGI

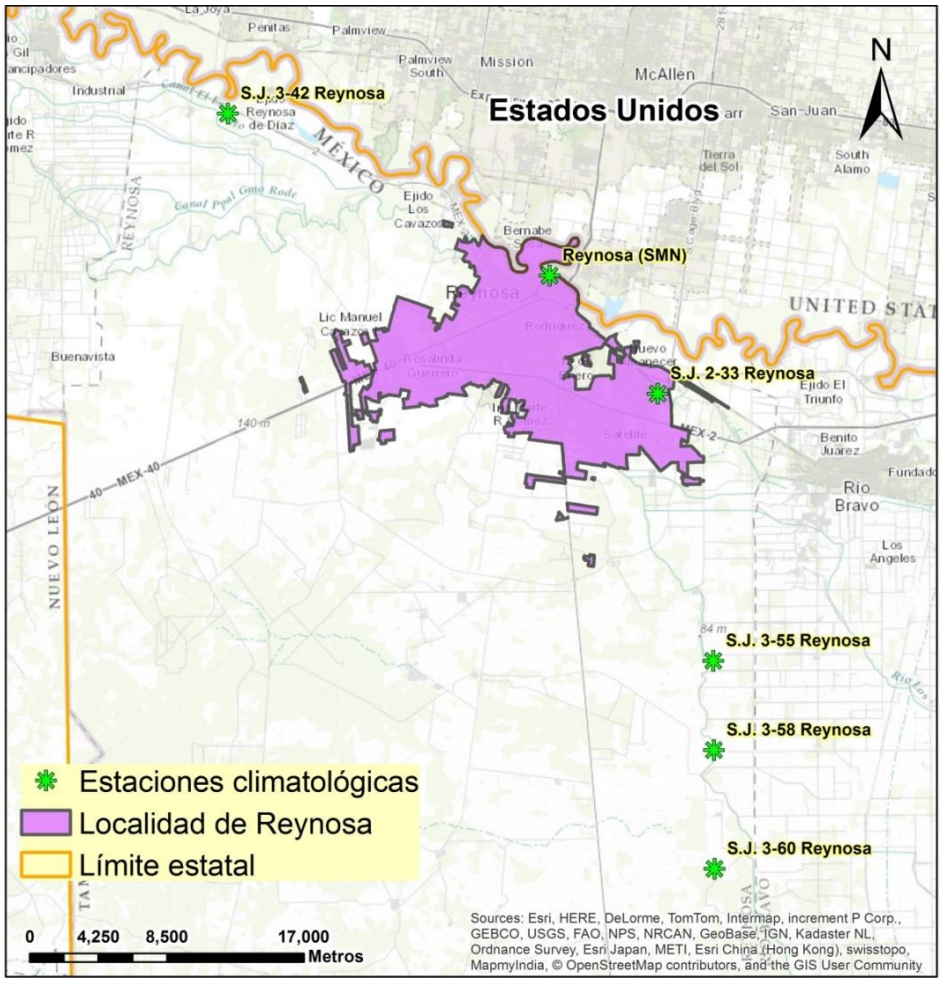
Figura 13. Localización del área de estudio

Climatología

De acuerdo con la información disponible del Servicio Meteorológico Nacional de la CONAGUA, el estado de Tamaulipas cuenta con 198 estaciones climatológicas, localizadas en la mayoría de sus 43 municipios que comprende la entidad. La información climatológica se encuentra en tres periodos diferentes: 1951-2010, 1971-2000 y 1981-2010[1]. En algunos casos, las estaciones climatológicas cuentan con la información de los 3 periodos, en otros de 2 ó de 1 y en los casos donde sólo se tiene el nombre de la estación es porque la estación no cuenta con información meteorológica al no estar en operación.

Estaciones climatológicas

En el caso particular del municipio de Reynosa, esta cuenta con seis estaciones climatológicas distribuidas en diferentes puntos del municipio, de la estación de la cual se hizo el análisis fue la que el SMN identifica como Reynosa (SMN), la cual se muestra en la siguiente figura:



Fuente: Elaboración propia con información del Servicio Meteorológico Nacional. CONAGUA

Figura 14. Estaciones climatológicas en la ciudad de Reynosa, Tamaulipas

[1] El periodo de análisis del cual se tuvo información fue de 1981-2010.

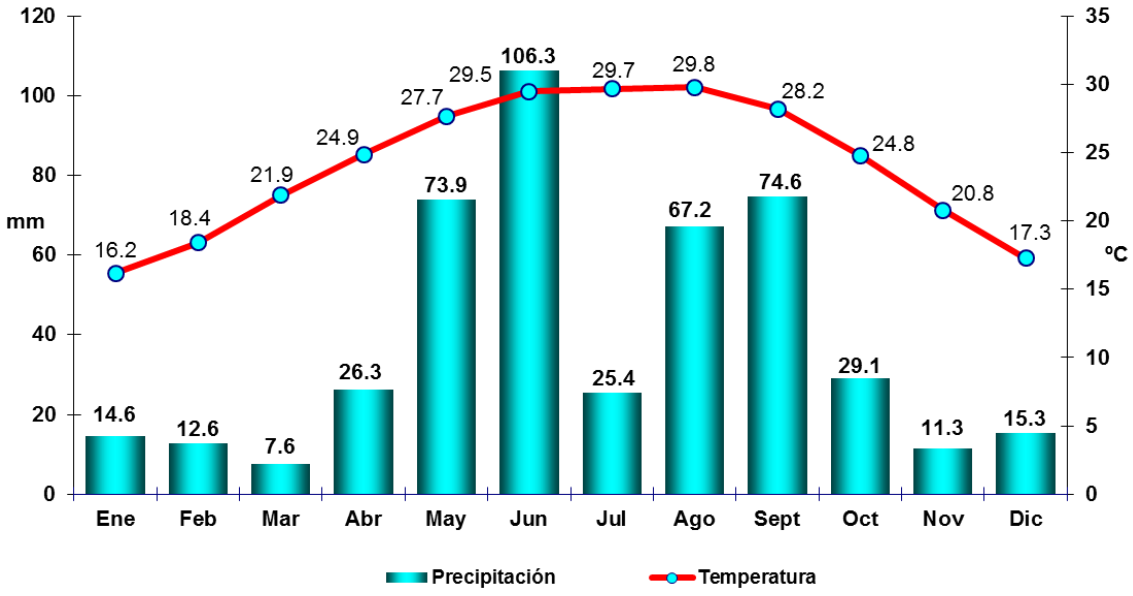
Clima

El clima en la localidad de Reynosa, Tamaulipas es semiseco muy cálido y cálido con lluvias escasas todo el año.

Precipitación media anual

La precipitación media anual es de 464.2 milímetros. El mayor nivel de precipitación se registra entre los meses de junio y septiembre. En los meses de noviembre, febrero y marzo la presencia de lluvias es mínima.

En la siguiente figura, se muestra la precipitación y temperatura media anual en el periodo 1981-2010 de la ciudad de Reynosa:



Fuente: Servicio Meteorológico Nacional (normales climatológicas 1981-2010). CONAGUA

Figura 15. Precipitación y temperatura mensual promedio

De acuerdo a la tabla anterior, se tiene que el régimen de lluvias (registrado en los meses de junio a septiembre) tiene una precipitación media de 274 milímetros, que equivale al 59% de la precipitación anual. El mes más lluvioso es junio (106.3 mm) y el más seco es marzo (7.6 mm).

Temperatura media anual

La temperatura media anual es de 24.1°C. La temperatura máxima promedio es de 30.7°C y la mínima promedio de 17.5°C.

Temperaturas máximas extremas

De acuerdo con los registros del SMN, se tiene que en la ciudad de Reynosa el 25 de marzo de 1991 ha sido la fecha más calurosa con una temperatura máxima diaria de 44.0°C.

Temperaturas mínimas extremas

De acuerdo con los registros del SMN, se tiene que en la ciudad de Reynosa el 25 de diciembre de 1983 fue la fecha con más frío con una temperatura mínima diaria de -7°C.

Número de días con lluvia

El número de días con lluvia que pueden presentarse en el año en la ciudad de Reynosa es de 46 en promedio.

Tormentas

De acuerdo con los registros del SMN, se tiene que en la ciudad de Reynosa el promedio es de dos a cuatro eventos, sin embargo, en la mayor parte del área se tienen registros de dos días, a excepción de dos pequeñas porciones una al suroriente de Río Bravo y otra en la porción norponiente de Reynosa. Cabe mencionar que los meses con más tormentas son noviembre y diciembre.

Granizadas

En Reynosa, este evento se presenta con poca recurrencia ya que en el período de años analizados, la máxima anual es un día con granizo. Los meses más recurrentes para este evento son febrero y diciembre.

Heladas y nevadas

Dado que las estaciones climatológicas existentes no cuentan con registros de heladas y nevadas, ya que para el análisis de estas según CENAPRED, se necesitan registros horarios, a continuación y con base en recopilación bibliográfica se hace una descripción breve de tales fenómenos, de igual forma se citan eventos que hayan afectado en la zona de interés.

De acuerdo a CENAPRED (2001), ocurre una helada cuando la temperatura del aire cercano a la superficie del terreno disminuye a 0°C o menos, durante un tiempo mayor a cuatro horas, presentándose generalmente en las madrugadas o cuando está amaneciendo. La diferencia con una nevada radica en que al ocurrir una helada no se registra precipitación, mientras que en una nevada si se registra precipitación, la cual ocurre cuando el vapor de agua contenido en aire asciende hasta alcanzar temperaturas cercanas a las de congelación, formando conglomerados de cristales de hielo.

Es común que durante los meses fríos del año (noviembre-febrero), en el norte y parte del centro de la República Mexicana, se presenten temperaturas menores a 0°C, lo anterior debido a que comúnmente ingresa aire polar continental proveniente de Estados Unidos, ya que históricamente las heladas más intensas están asociadas al desplazamiento de grandes masas polares que desde finales del otoño se desplazan sobre el país de norte a sur.

De acuerdo al Sistema de Información Integral de Tamaulipas (SIITAM), en 38 años (1960 a 1998) para Reynosa no se tienen registros de heladas ni nevadas en esos períodos, sin embargo recientemente se han registrado algunas heladas, la más reciente fueron en enero de 2010, en cuanto a nevadas se tiene registro de una en diciembre de 2004 que afectó a la ciudad de Reynosa.

Precipitación máxima diaria

A pesar que la zona de estudio no es de mucha precipitación, las lluvias que se presentan de corta duración y alta intensidad ha propiciado inundaciones, en la siguiente tabla se indican los meses con mayor precipitación máxima diaria en el periodo de análisis 1981-2010.

Tabla 4. Precipitación máxima diaria en el periodo 1981-2010 en la ciudad de Reynosa, Tamaulipas

Precipitación (mm)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept	Octubre	Nov	Dic
Máxima diaria	37.0	18.0	25.0	32.0	140.0	91.0	73.0	105.0	78.0	34.0	29.0	43.0
Fecha	19-1994	02-1993	12-1983	25-1992	02-1981	29-1991	02-1990	17-1988	01-1996	10-1997	09-1983	08-1982

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional (normales climatológicas 1981-2010). CONAGUA

Inundaciones

A pesar de que se tienen precipitaciones escasas, la zona de Reynosa es susceptible a las inundaciones provocadas por lluvias de corta duración y alta intensidad en época de huracanes que entran por el Golfo de México. Los cambios climáticos han originado una mayor frecuencia de huracanes con lluvias de mayor intensidad, que han provocado inundaciones graves en algunas partes de la ciudad, situación cada vez más recurrente, lo que genera un problema severo para la población que habita éstas zonas.

El fenómenos de las inundaciones, se manifiesta cada vez más frecuentemente, la acción del ser humano ha causado modificaciones en los ecosistemas como son la erosión, degradación de suelos, deforestación, alteraciones en la red de drenaje, así como el abandono y la falta de mantenimiento a los drenes de los distritos de riego, lo cual limita e impide la rápida evacuación de las aguas pluviales dentro de la mancha urbana, generándose desbordamientos e inundaciones en las inmediaciones de los drenes que afecta a la población asentada en dichas zonas.

En la ciudad de Reynosa, se tienen identificadas zonas urbanas con mayor susceptibilidad a este tipo de eventos, lo anterior, en relación a lo publicado por CENAPRED en su informe técnico del año 2001, denominado “La infraestructura urbana y la disponibilidad de Agua” (CENAPRED, 2001).

Dentro de ésta zona se tienen registros de algunas inundaciones principalmente debidas al desbordamiento de canales y por encharcamientos, un ejemplo de este tipo de inundaciones son las registradas en Septiembre de 2006 producto del paso del huracán Lane, el cual afectó tanto a Río Bravo como a Reynosa, en esta última dejo alrededor de 60 mil personas afectadas, 17 escuelas cerradas y algunos muertos principalmente por el desbordamiento de canales, las colonias más afectadas fueron La Amistad y Juárez.

El huracán Dolly en Julio de 2008 también provocó severas inundaciones lo que originó que en algunas viviendas los niveles del agua llegaran hasta un metro, tal fue el caso de la colonia Paseo de las Flores en Reynosa, otro ejemplo que se puede citar son las colonias Casa Bella y Bella Vista que generalmente sufren inundaciones por anegamiento de hasta 60 cm como consecuencia del mal funcionamiento de la red de drenaje.

Ciclones tropicales

El sector norte del estado de Tamaulipas es una de las zonas donde con mayor frecuencia se presentan estos eventos hidrometeorológicos. En particular, en el municipio de Reynosa han sido afectadas viviendas, infraestructura vial e hidráulica; debido al impacto directo y/o porque la trayectoria de este meteoro pasa a las inmediaciones del territorio municipal. Los remanentes de este fenómeno, se registran en forma de precipitaciones intensas, y son las de mayor impacto hacia la población, ya que se generarían inundaciones a las zonas aledañas a ríos y zonas bajas del lugar.

Una de las afectaciones más importantes causada por un ciclón tropical fue la del Huracán "Beulah", en 1967 que causó daños en los municipios de Reynosa, Camargo y Reynosa. La magnitud del desastre fue enorme, la Secretaría de la Reforma Agraria (SRA) estimó pérdidas en 900 millones de pesos, mientras que la afectación en el campo fue de 100 mil hectáreas inundadas (García B, 2006).

La siguiente tabla es con información de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) donde se identificaron 23 ciclones tropicales, entre 1854 – 2008 (154 años), que han atravesado al municipio de Reynosa y/o que su trayectoria ha pasado a una distancia menor de 50 kilómetros aproximadamente.

Tabla 5. Registro histórico de ciclones tropicales en el municipio de Reynosa, Tamaulipas

Nombre	Tipo	Viento máximo sostenido (km/h)	Fecha	Rumbo
Sin nombre	Huracán categoría 1	112.63	26 junio 1854	*
	Tormenta tropical	80.45	30 septiembre 1857	Noreste del Río Bravo
	Huracán categoría 3	176.99	13 agosto 1880	*
	Tormenta tropical	96.54	22 septiembre 1887	Noreste-Suroeste
	Huracán categoría 2	104.85	30 agosto 1895	*
	Huracán categoría 1	112.63	29-jun-09	Noreste-Noroeste
	Tormenta tropical	88.49	05-ago-33	*
	Huracán categoría 1	128.72	05-sep-33	Noreste-Noroeste
	Tormenta tropical	72.4	22-ago-44	*
	Depresión tropical	40.22	22-jul-45	*
	Tormenta tropical	64.36	02-ago-47	Noreste-Noroeste
Alice	Huracán categoría 1	112.63	25-jun-54	Sureste-Noroeste
Alma	Tormenta tropical	56.31	15-jun-58	Sureste-Noroeste
Beulah	Huracán categoría 5	225.26	20-sep-67	*
Caroline	Tormenta tropical	88.49	31-ago-75	*
Allen	Huracán categoría 3	160.9	10-ago-80	*
Barry	Huracán categoría 1	112.63	28-ago-83	Sureste-Suroeste
Erika	Huracán categoría 1	104.58	16-ago-03	*

Fuente: Administración Nacional Oceánica y Atmosférica. NOAAA, por sus siglas en inglés

* Ciclones tropicales que pasan a las afueras de los límites municipales.

De acuerdo a la tabla anterior, se puede observar que los períodos de ocurrencia de ciclones tropicales se registran entre los meses de Junio a Septiembre. Por otro lado, la tormenta tropical es el tipo de ciclón tropical de mayor recurrencia con un promedio de 11.81 años. El huracán categoría uno es el segundo evento con mayor recurrencia con un promedio de 30.2 años, mientras que el huracán Categoría 3 presenta

un promedio de 100 años pues se ha presentado sólo en dos ocasiones, 1880 y 1980. La depresión tropical, el huracán Categoría 2 y 5 son los tipos de ciclón tropical menos recurrentes pues sólo se han presentado en una ocasión, 1945, 1895 y 1967, respectivamente.

Otros ciclones tropicales de importancia, como en el 2005, el huracán "Emily" provocó daño en la mayor parte del territorio tamaulipeco. Particularmente, en los municipios de Reynosa y Río Bravo se reportaron afectaciones en el sector social, sector salud, sector hidráulico, sector de comunicaciones y transportes, sector agrícola y sector ganadero, en cuanto al sector educación no hubo daños registrados.

En el año 2008, el huracán "Dolly", provocó afectaciones en los sectores hidráulico, urbano, eléctrico, comunicaciones y transportes, entre otros los municipios de Matamoros, Reynosa y Río Bravo, acumulándose menos de un 30% de afectación en los dos últimos. A continuación, se describen con mayor detalle las afectaciones hacia los sectores económicos y de desarrollo (CENAPRED, 2009).

- Sector urbano.- La población damnificada por este evento en los Municipios de Reynosa y Río Bravo fue de 32,336 y 1,800 habitantes, respectivamente. Este daño fue a causa de los fuertes vientos y penetración del agua hacia las ciudades.

- Sector educativo.- las afectaciones a las escuelas fueron por filtraciones, penetración de agua, desprendimiento de materiales, etc. Donde se informó de daños en 157 planteles ubicados un 53% en Reynosa y 47% en cuatro Municipios. Se utilizaron un poco más de $10´000,000.00 para atender los daños.

- Sector hidráulico.- varias ciudades del norte del Estado (Matamoros, Río Bravo y Reynosa) han crecido en zonas agrícolas dónde existe infraestructura hidroagrícola (canales de riego) que a la postre, con el crecimiento urbano, se han utilizado como receptores de las descargas sanitarias de las colonias que se van asentando en las periferias de la ciudad, además de recibir estas las descargas pluviales. En Reynosa y Río Bravo se realizaron acciones de desazolve de drenes y canales de riego, lo que evitó que las afectaciones fueran mayores en estos Municipios. A este respecto, el gobernador de Tamaulipas propuso la elaboración de un programa para dar mantenimiento a los más de 100 kilómetros de drenes existentes entre el Municipio de Miguel Alemán y Reynosa en las ciudades del norte del Estado, con el fin de que se mantengan limpios y desazolvados para así evitar que fenómenos como ciclones tropicales o lluvias intensas tengan efectos devastadores. Son dos los factores principales que ocasionan el mal funcionamiento de los drenes: la falta de mantenimiento y limpieza de los mismos y la cantidad de basura que la población arroja a los drenes.

- Sector comunicaciones y transportes.- los daños ocasionados en este sector asciende a $20,466,600.00; resaltando una mayor afectación hacia los caminos de la red Federal.

- Sector urbano.- los daños ocasionados en este sector asciende a $50´767,800.00. La mayor afectación se enfoca hacia semáforos, bancas, kioscos, buzones, paradas de autobús, anuncios espectaculares, señalamientos, vialidades, etc. Tan sólo en Reynosa, 80% de los más de 1,200 semáforos presentaron averías.

- Sector eléctrico.- las afectaciones de este sector ascendieron a $17´365,600. Donde en Reynosa fueron 29 los circuitos de media tensión que registraron daños.

- Sector sanitario y ambiental.- se reportaron daños hacia infraestructura de residuos sólidos y medio ambiente que ascienden a $117´000,000; según informes del FONDEN.

Marco físico (orografía, geología, edafología, hidrografía)

En los párrafos siguientes se describen brevemente algunas de las principales características físicas del área de estudio; y a continuación se presenta un resumen de las principales características físicas del municipio de Reynosa, Tamaulipas.

Tabla 6. Características físicas, Reynosa, Tamaulipas

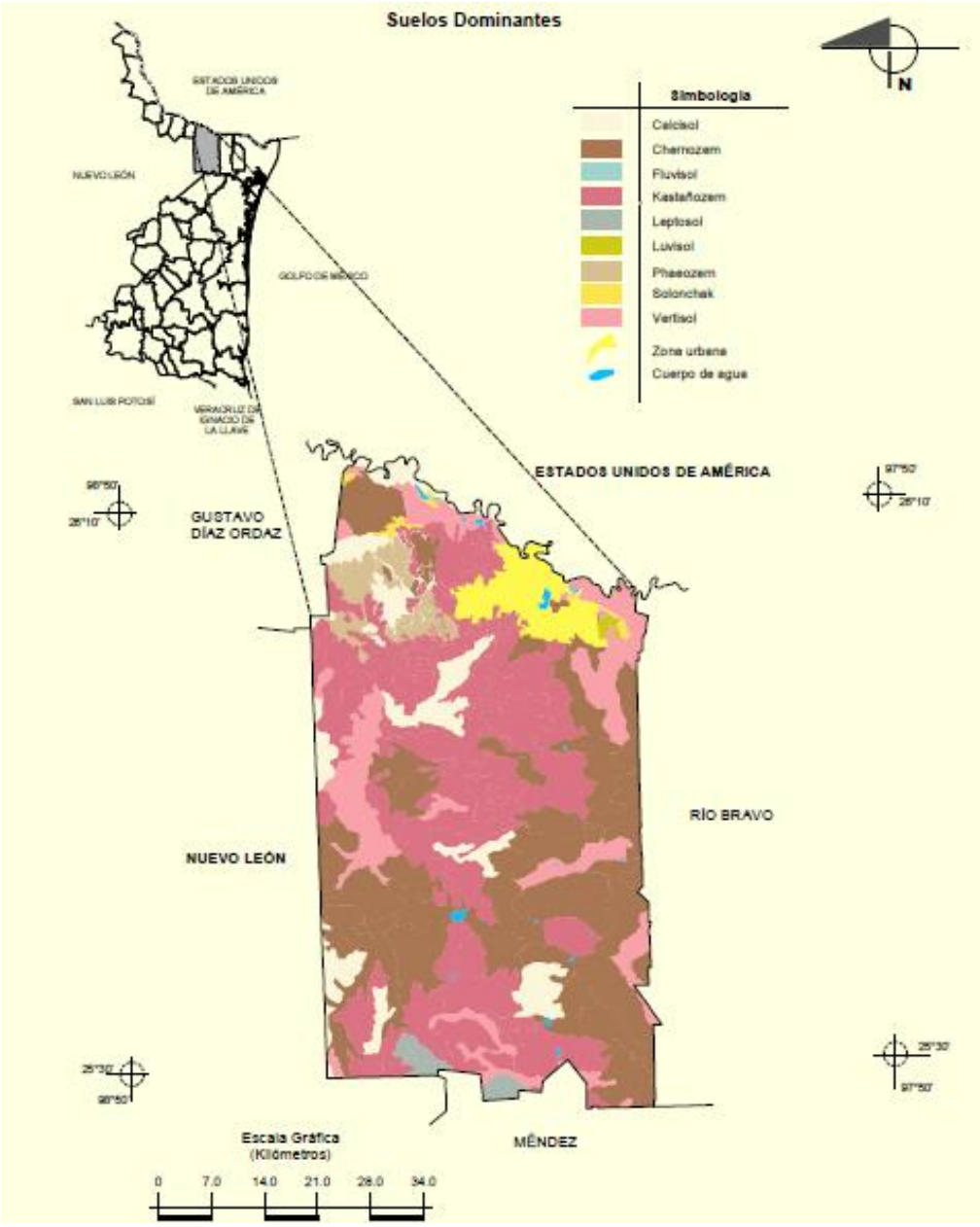
Coordenadas geográficas	
Longitud	98° 36´ y 98° 09´ de longitud oeste
Latitud	Entre los paralelos 26° 14´ y 25° 28´ latitud norte
Altura	50 y 300 msnm
Extensión territorial, en km^2	
Superficie municipal	El municipio de Reynosa tiene una superficie de 3,139 kilómetros cuadrados, lo cual representa aproximadamente 3.9 % del territorio del estado de Tamaulipas.
Ubicación del área de estudio en la región administrativa	
Región hidrológica	Bravo-Conchos (87%) y San Fernando-Soto la Marina (13%)
Cuenca hidrológica	R. Bravo-Reynosa-Reynosa (87%), Laguna Madre (12.5%) y R. San Fernando (0.5%)
Subcuenca	R. Bravo-Reynosa (67%), R. Bravo-Anzaldúas (20%), Laguna Madre (12.5%) y R. San Lorenzo 0.5%)
Corrientes de agua	Perenne: R. Bravo. Intermitentes: A. Asturias, A. El Huisache, A. El Lucero, A. La Blanquita, A. Piedritas, A. Puerto Rico y A. Santa Gertrudis
Cuerpos de agua	P. La Llorona, P. Corona, P. Estero Aguas Negras, P. La Escondida y P. El Esterito.
Características particulares	
Clima	Semiseco muy cálido y cálido (75%), Seco muy cálido y cálido (21%) y Semicálido subhúmedo con lluvias escasas todo el año (4%)
Rango de temperatura media anual	20-24° Centígrados
Rango de precipitación media anual	400-700 milímetros
Vegetación	Agricultura (73%) y zona urbana (2%). Matorral (20%) y pastizal (5%)
Suelo dominante	Kastañozem (37.3%), Chernozem (34.9%), Vertisol (12.1%), Calcisol (8.4%), Phaeozem (3.0%), No aplicable (2.3%), Leptosol (1.2%), Solonchak (0.4%), Luvisol (0.3%) y Fluvisol (0.1%)
Geología	Periodo. Neógeno (60%), Cuaternario (39%) y Paleógeno (1%). Roca. Sedimentaria: Lutita-arenisca (8%), arenisca-conglomerado (5%) y conglomerado (2%). Suelo: Caliche (46%) y aluvial (39%)

Fuente: Prontuario de Información Geográfica Municipal, Reynosa, Tamaulipas. INEGI 2009

La zona urbana está creciendo sobre suelos y rocas sedimentarias del Cuaternario, en lomeríos y llanuras; sobre áreas donde originalmente había suelo denominado Vertisol, Chernozem y Kastañozem; tiene clima seco muy cálido y cálido, y está creciendo sobre terrenos previamente ocupados por agricultura y matorrales.

Fisiografía

Kastañozem (37.3%), Chernozem (34.9%), Vertisol (12.1%), Calcisol (8.4%), Phaeozem (3.0%), No aplicable (2.3%), Leptosol (1.2%), Solonchak (0.4%), Luvisol (0.3%) y Fluvisol (0.1%).

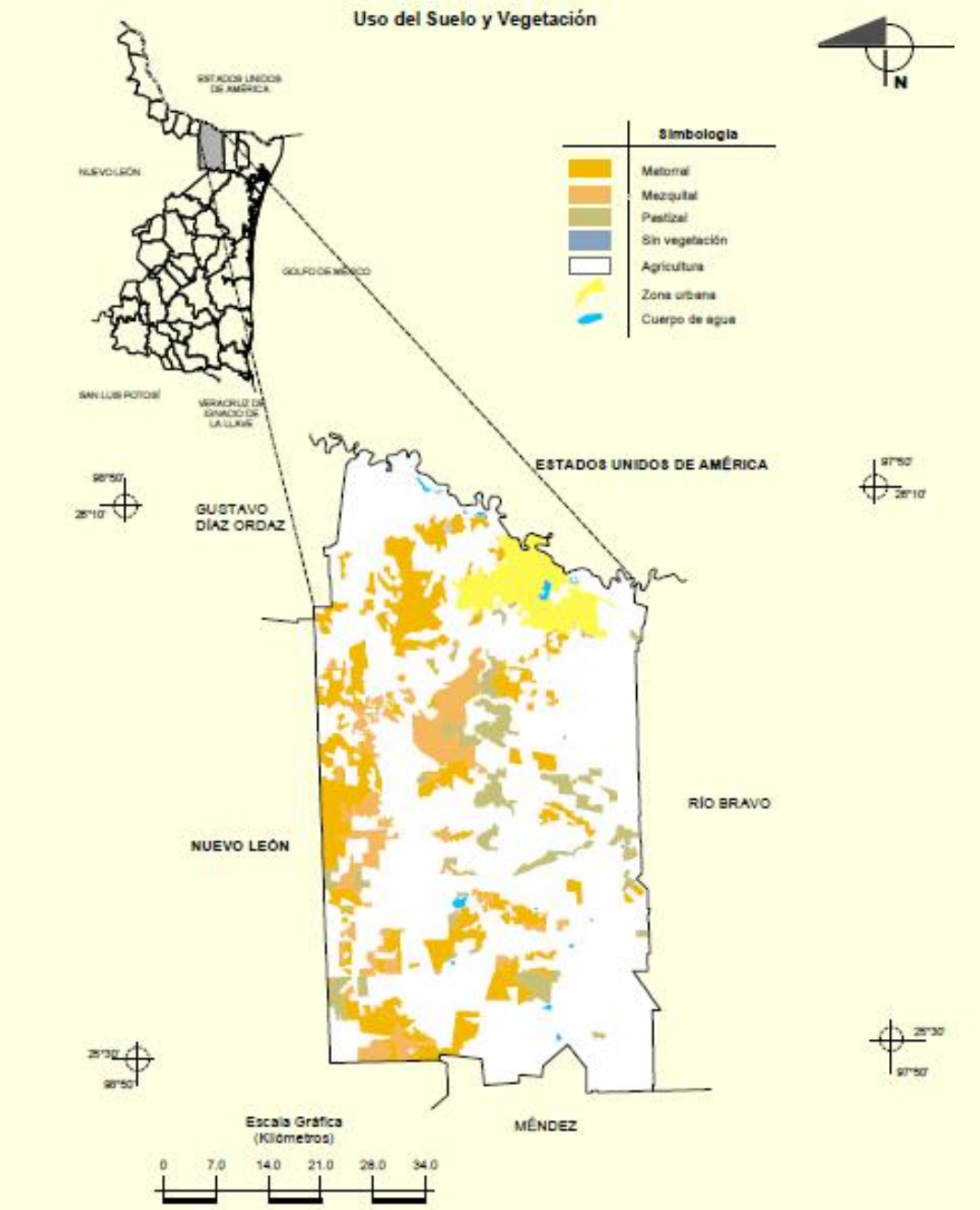


Fuente: Prontuario de Información Geográfica Municipal, Reynosa, Tamaulipas. INEGI

Figura 16. Suelos dominantes

Usos del suelo y vegetación

La superficie agrícola suma un total de 1,218 kilómetros cuadrados. La superficie de matorral 507 km^2, mezquital y pastizal es de 543 km^2; la superficie sin vegetación es de 2.7 km^2, mientras que la superficie urbana alcanza los 151.8 km^2.

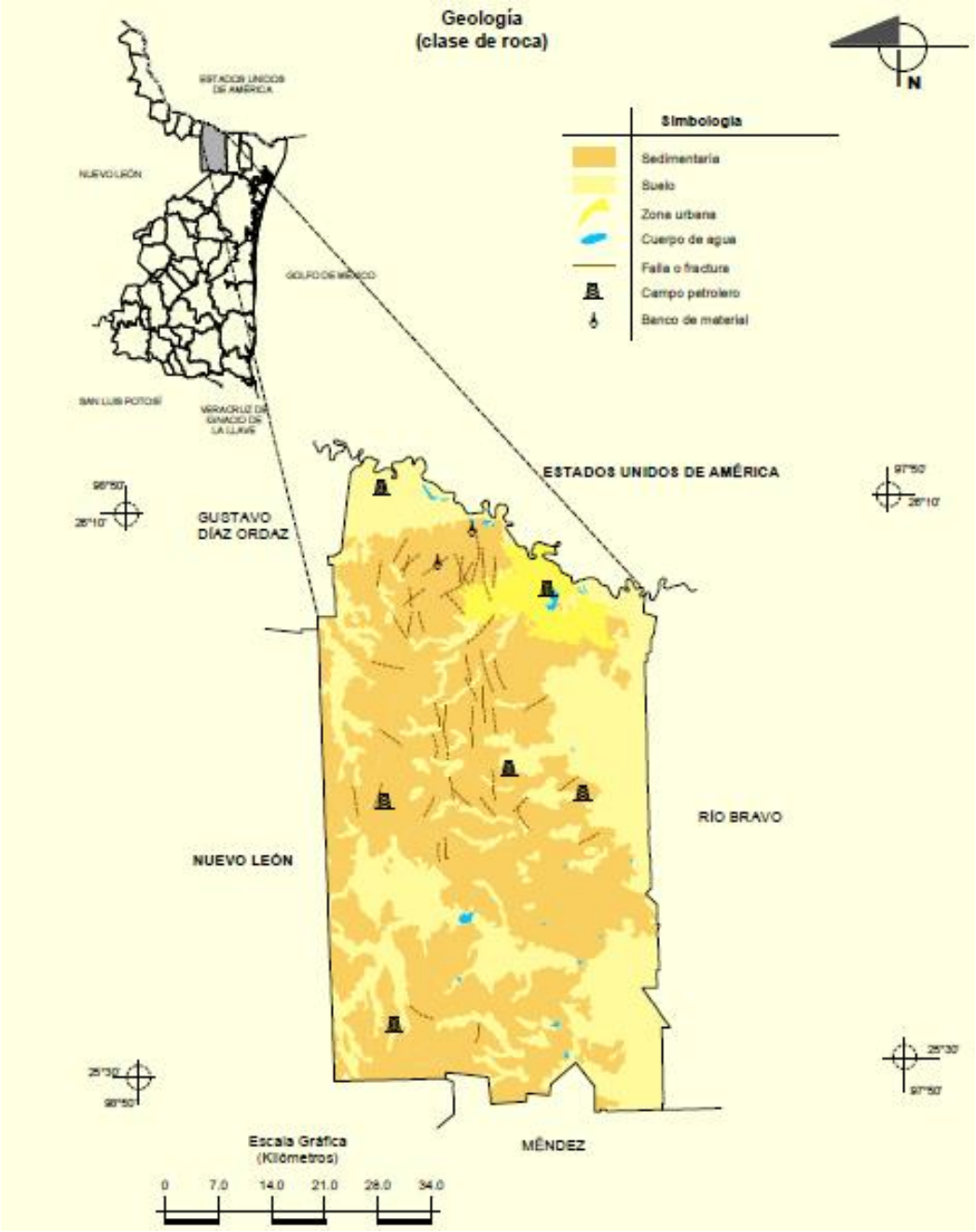


Fuente: Prontuario de Información Geográfica Municipal, Reynosa, Tamaulipas. INEGI

Figura 17. Uso del suelo y vegetación

Geología

Periodo. Neógeno (60%), Cuaternario (39%) y Paleógeno (1%). Roca. Sedimentaria: Lutita-arenisca (8%), arenisca-conglomerado (5%) y conglomerado (2%). Suelo: Caliche (46%) y aluvial (39%)

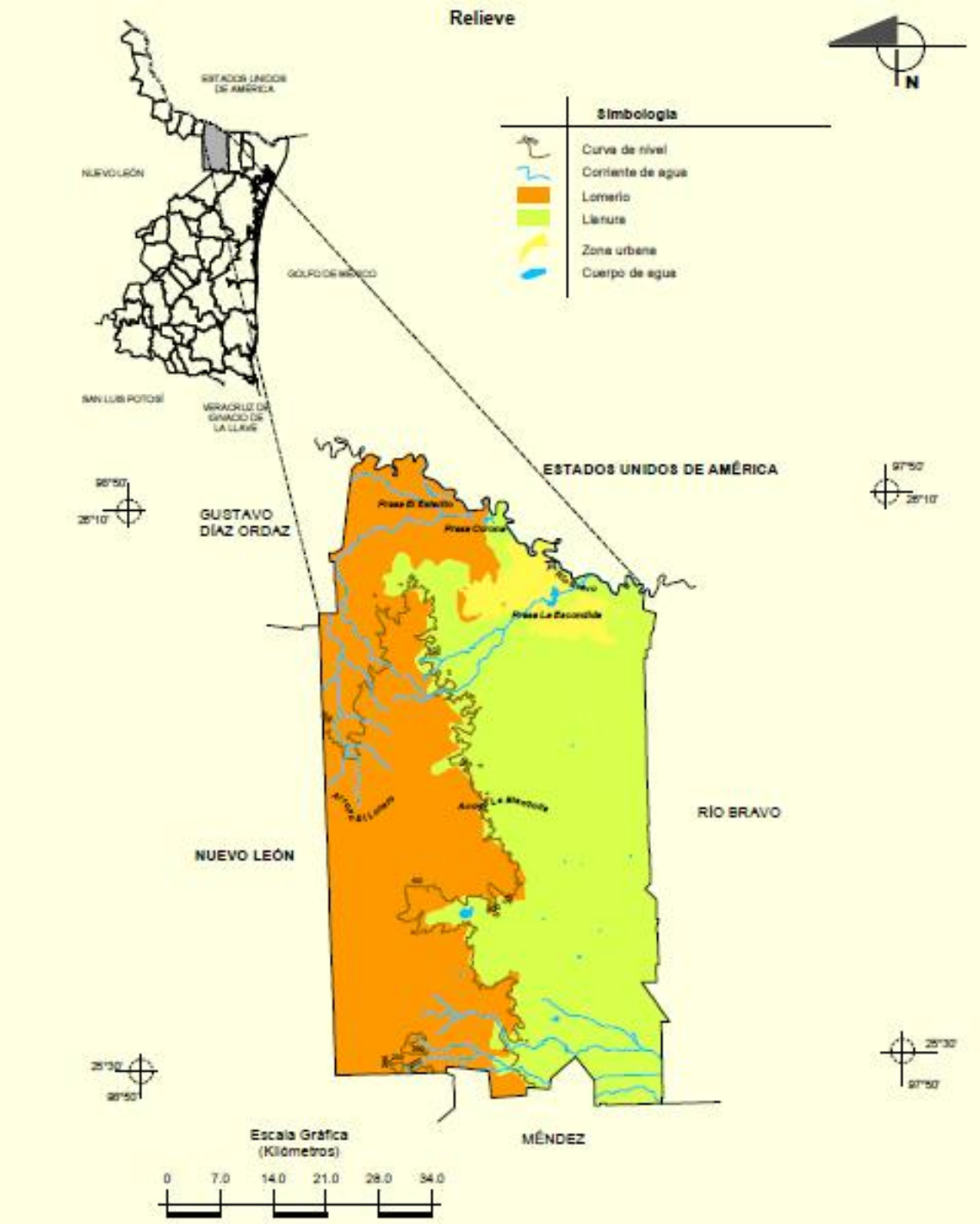


Fuente: Prontuario de Información Geográfica Municipal, Reynosa, Tamaulipas. INEGI

Figura 18. Geología

Orografía

El municipio de Reynosa está constituido, fundamentalmente, por llanuras.



Fuente: Prontuario de Información Geográfica Municipal, Reynosa, Tamaulipas. INEGI

Figura 19. Relieve

Hidrografía del municipio de Reynosa

Aguas superficiales

De acuerdo a la regionalización de la Comisión Nacional del Agua, el municipio de Reynosa se localiza en la Región Hidrológica Administrativa (RHA) No. VI "Río Bravo", que comprende básicamente las cuencas de los ríos Bravo y San Juan. Dentro de la cuenca del Río Bravo, el municipio se encuentra situado en la parte baja del Bajo Bravo.

El municipio de Reynosa está cubierto por sistemas de irrigación, el Río San Juan y el Río Bravo. La principal fuente de abastecimiento la representa el Río Bravo, que proporciona agua para riego y agua para el abastecimiento de la ciudad. La Ciudad de Reynosa está ubicada en la Tercera Unidad del Distrito de Riego Bajo Río San Juan, con una superficie de 40,220 hectáreas.

En la zona se tiene una gran cantidad de canales, siendo los principales el de Rodhe y el Anzaldúas.

El Canal Guillermo Rodhe, que se utiliza para riego, se origina en la toma sur de la Presa Marte R. Gómez, tiene una longitud de 194 Kilómetros y una capacidad de conducción de 40 m^3/s. Los gastos característicos registrados en la obra de toma son; máximo de 75 m^3/s, medio de 14.3 m^3/s y un mínimo de 0 m^3/s durante varios meses en los últimos años (sequia).

Al área metropolitana de la Ciudad de Reynosa es cruzada por otro canal para uso agrícola, el Anzaldúas, que deriva agua del Río Bravo.

La cuenca del Río Bravo es la más extensa de la República Mexicana, cubre una superficie de 466.9 mil kilómetros cuadrados y de ese total 225.2 mil km^2 están en territorio mexicano y 241.7 mil en los Estados Unidos. Esta corriente, que se origina en la Sierra de las Grullas, Estado de Nuevo México en la Unión Americana, es el límite entre ambos países y por consiguiente es internacional a lo largo de 2,000 km desde Ciudad Juárez, Chihuahua hasta su desembocadura al Golfo de México.

La superficie de la cuenca mexicana representa el 11.6% del territorio nacional y en ella se asientan del orden de 10 millones de habitantes, esto es un 10% de la población del país. La cuenca se desarrolla en porciones de cinco entidades: Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas y Durango.

En general, la cuenca es una región semiárida y árida con una precipitación media anual de 391 mm. En la zona baja de la cuenca ocurre la mayor precipitación, con valores promedio de 483 mm. Esto se debe en buena parte a que la lluvia es generada por la humedad proveniente del Golfo de México. En la zona media se registran valores promedio de 412 mm, y en la zona alta de 300 mm.

Las variaciones climáticas y de precipitación son muy semejantes en todas las regiones de la cuenca, es decir, los periodos secos y húmedos, - o no tan secos -, se dan con distinta intensidad, pero al mismo tiempo a lo largo de toda la cuenca. La mayor precipitación ocurre en Montemorelos, N.L. donde alcanza valores promedio de 850 mm en tanto que en Ciudad Juárez, Chih., se registra el promedio mínimo de 235 mm anuales.

En la cuenca mexicana, el escurrimiento virgen se estima en 6,807 millones de m^3 por año y, al igual que la precipitación, los escurrimientos superficiales presentan variaciones importantes a lo largo de ella.

La distribución de las aguas del Río Bravo entre México y Estados Unidos, está sujeta al "Tratado sobre aguas internacionales" suscrito entre ambas naciones el 3 de febrero de 1944. Este tratado regula hasta ahora, la distribución del agua de los ríos Colorado, Tijuana y Bravo para los diferentes usos en los dos países. Para el Río Bravo, el tratado establece:

Las aguas del Río Bravo (Grande) entre Fort Quitman, Texas y el Golfo de México se asignan a los dos países de acuerdo al Artículo 4º., de la siguiente manera:

A México:

a) La totalidad de las aguas que lleguen a la corriente principal del Río Bravo, de los ríos San Juan y Álamo; comprendiendo los retornos procedentes de los terrenos que rieguen estos dos últimos ríos;
b) La mitad del escurrimiento del cauce principal del Río Bravo aguas abajo de la presa Falcón, siempre que dicho escurrimiento no esté asignado expresamente en este tratado a alguno de los dos países;
c) Las dos terceras partes del caudal que llegue a la corriente principal del Río Bravo, de los ríos Conchos, San Diego, San Rodrigo, Escondido y Salado y Arroyo de las Vacas (afluentes mexicanos), en concordancia con lo establecido en el inciso c) del párrafo B de este artículo;
d) La mitad de cualquier otro escurrimiento en el cauce principal del Bravo, no asignado específicamente en este artículo, y la mitad de las aportaciones de todos los afluentes no aforados entre Fort Quitman y la presa Falcón.

A los Estados Unidos:

a) La totalidad de las aguas que lleguen a la corriente principal del río Bravo (Grande) procedentes de los ríos Pecos, Devils, manantial Goodenough y arroyos Alamito, Terlingua, San Felipe y Pinto
b) La mitad del escurrimiento del cauce principal del río Bravo (Grande) abajo de la presa inferior principal internacional de almacenamiento, siempre que dicho escurrimiento no esté asignado expresamente en este Tratado a alguno de los dos países.
c) Una tercera parte del agua que llegue a la corriente principal del río Bravo (Grande) procedente de los ríos Conchos, San Diego, San Rodrigo, Escondido, Salado y Arroyo de Las Vacas; tercera parte que no será menor en conjunto, en promedio y en ciclos de cinco años consecutivos, de 431,721,000 metros cúbicos (350,000 acres pies) anuales. Los Estados Unidos no adquirirán ningún derecho por el uso de las aguas de los afluentes mencionados en este inciso en exceso de los citados 431 721 000 metros cúbicos (350 000 acres pies), salvo el derecho a usar de la tercera parte del escurrimiento que llegue al río Bravo (Grande) de dichos afluentes, aunque ella exceda del volumen aludido.
d) La mitad de cualquier otro escurrimiento en el cauce principal del río Bravo (Grande), no asignado específicamente en este artículo, y la mitad de las aportaciones de todos los afluentes no aforados - que son aquellos no denominados en este artículo- entre Fort Quitman y la presa inferior principal internacional.

En casos de extraordinaria sequía o de serio accidente en los sistemas hidráulicos de los afluentes mexicanos aforados que hagan difícil para México dejar escurrir los 431,721,000 metros cúbicos (350,000 acres pies) anuales que se asignan a los Estados Unidos como aportación mínima de los citados afluentes

mexicanos, en el inciso c) del párrafo B de este artículo, los faltantes que existieren al final del ciclo aludido de cinco años se repondrán en el ciclo siguiente con agua procedente de los mismos tributarios.

Siempre que la capacidad útil asignada a los Estados Unidos de por lo menos dos de las presas internacionales principales (Falcón y La Amistad), incluyendo la localizada más aguas arriba, se llene con aguas pertenecientes a los Estados Unidos, se considerará terminando un ciclo de cinco años y todos los débitos totalmente pagados, iniciándose, a partir de ese momento, un nuevo ciclo.

La Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA) comenzó a llevar la contabilidad de las entregas de agua a los Estados Unidos, de acuerdo con lo estipulado en el tratado, a partir de 1953, cuando inició la operación de la presa internacional Falcón. Esta contabilidad se lleva por ciclos y cada ciclo corresponde a un quinquenio o a la fracción de un quinquenio, hasta que se presenta la condición de que la capacidad de Estados Unidos en las presas se llene con aguas de Estados Unidos.

De 1953 a 1992 se registraron 25 ciclos; de éstos, en cuatro ocasiones se completó el quinquenio; de los ciclos completos, tres ocurrieron antes de la construcción de la presa La Amistad; no obstante, se cumplió con las entregas comprometidas.

A partir de 1993, y debido a la severa sequía que afectó al norte del país desde esa época y que actualmente continúa, se han tenido problemas para cumplir los compromisos del Tratado.

En la presa Internacional Anzaldúas, que es la fuente de aprovechamiento de Reynosa, el río Bravo conduce un volumen medio anual mayor a los 1,950 millones de m^3, que comparado con los 48.4 millones de la concesión para Reynosa, parece una fuente por demás suficiente, ya que solamente compromete menos de **2.5% para este uso**; sin embargo, la fuerte competencia por el uso del agua para riego pone en riesgo la sostenibilidad de los aprovechamientos del río Bravo.

No obstante lo anterior, el mismo tratado sobre aguas internacionales establece en el Artículo 3, para los asuntos que la Comisión (CILA) deba resolver en cuanto al uso común de las aguas internacionales, **una guía del orden de preferencia, en la cual el uso doméstico y municipal ocupa el primer lugar.**

Asimismo la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento establece en su Artículo 13 Bis 3 que los Consejos de Cuenca tendrán a su cargo la concertación de las prioridades del uso del agua con sus miembros y con el Organismo de Cuenca que corresponda, conforme a lo dispuesto en el párrafo tercero del Artículo 22 de la LAN, donde se establece que **el uso doméstico y público urbano siempre serán preferentes sobre cualquier otro uso**.

Aguas subterráneas

El estado de Tamaulipas comprende un total de 14 acuíferos, de los cuales el de Hidalgo-Villagrán (2803); Márgenes del Río Purificación (2806); y Victoria - Guemez se encuentran sobreexplotados y los otros 11 acuíferos se encuentran subexplotados de acuerdo con información de la CONAGUA. Por lo anterior, a nivel entidad federativa, considerando la disponibilidad global no se tienen problemas de sobreexplotación.

En la siguiente figura se muestra la localización de los acuíferos en la entidad:



Fuente: CONAGUA, Gerencia de Aguas Subterráneas

Figura 20. Localización de los acuíferos del estado de Tamaulipas

El municipio de Reynosa queda comprendido en su totalidad dentro de los límites del acuífero Bajo Río Bravo, clasificado como el 2801 de acuerdo con la CONAGUA. En los siguientes párrafos se hace una breve descripción del acuífero.

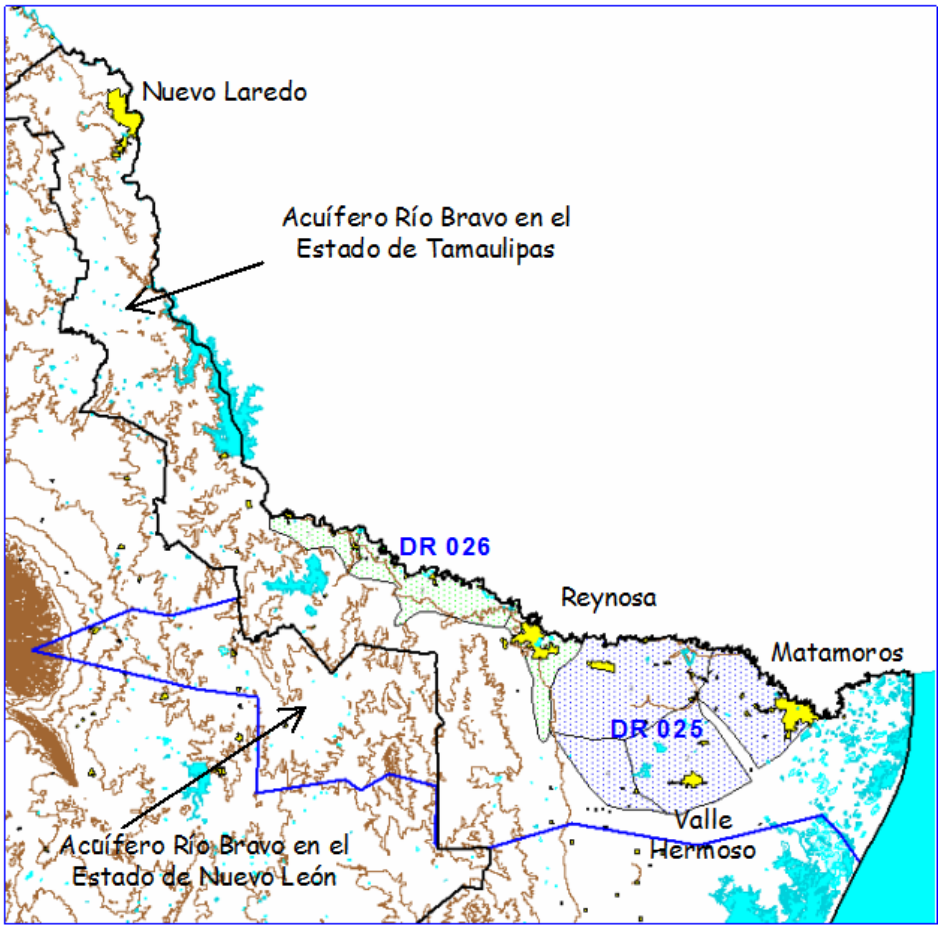
Localización del acuífero[2]

El acuífero se localiza al noroeste de la República Mexicana, dentro de la Región Hidrológica No. 24 "Río Bravo"; comprende la parte norte del Estado de Tamaulipas y una pequeña parte del Estado de Nuevo León; abarcando una superficie aproximada de 17,500 km^2.

Dicha zona comprende totalmente a 10 municipios de Tamaulipas, que de noroeste a sureste son: Nuevo Laredo, Guerrero, Mier, Miguel Alemán, Gustavo Díaz Ordaz, **Reynosa**, Río Bravo, Valle Hermoso y Matamoros; así como a cinco del estado de Nuevo León que son: Agualeguas, General Treviño, Los Aldamas, Doctor Coss y General Bravo.

[2] Determinación de la disponibilidad de agua subterránea en el Acuífero Bajo Río Bravo, estado de Tamaulipas

El acuífero, concentra la población de 10 municipios del estado de Tamaulipas, en los cuales, de acuerdo al censo del 2010, había un total de 1´676,197 habitantes; también incluye de forma parcial a la población de siete municipios del estado de Nuevo León.



Fuente: CONAGUA, Gerencia de Aguas Subterráneas

Figura 21. Localización del acuífero Bajo Río Bravo

Situación administrativa del acuífero

El acuífero Bajo Río Bravo pertenece al Organismo de Cuenca Río Bravo. Su porción noreste, donde se localiza el Distrito de Riego 025, se encuentra sujeto a las disposiciones del Decreto de Veda (sin clasificación) “Distrito de Riego Bajo Río Bravo” publicado en el Diario Oficial de la Federación el 9 de febrero de 1955; el cual establece que excepto cuando se trate de alumbramientos de aguas para usos domésticos, a partir de la fecha de publicación del presente acuerdo en el “Diario Oficial” de la Federación, nadie podrá efectuar obras de alumbramiento, para el aprovechamiento de las aguas del subsuelo en la zona vedada, ni modificar las existentes, sin previo permiso por escrito, concedido por la Autoridad del Agua, la que solo lo expedirá en los casos en que de los estudios correspondientes, se deduzca que no se causarán perjuicios a terceros.

El resto del área del acuífero se encuentra en zona de libre alumbramiento.

De acuerdo con la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua (2007), tanto los 10 municipios de Tamaulipas (Nuevo Laredo, Guerrero, Mier, Miguel Alemán, Gustavo Díaz Ordaz, Reynosa, Río Bravo, Valle Hermoso y Matamoros), como los 5 del estado de Nuevo León (Agualeguas, General Treviño, Los Aldamas, Doctor Coss y General Bravo) que conforman el acuífero, se localizan en Zona de Disponibilidad 6. Asimismo, el acuífero pertenece al Consejo de Cuenca del Río Bravo, sin embargo, aún no se establece un Comité Técnico de Aguas Subterráneas, COTAS (situación al mes de mayo de 2006).

Dentro de la superficie del acuífero, se encuentran asentados los Distritos de Riego 025 “Bajo Río Bravo” y 026 “Bajo Río San Juan”. El DR025 está situado entre los poblados de Río Bravo y Matamoros. En el año de 1970 el área total que abarcaba era de 2,480 km^2 y era operado a través de cuatro unidades (HIDROTEC, 1970). El agua que emplea este distrito proviene de la presa Falcón, de acuerdo con el Tratado Internacional de 1943 entre México y USA y con base en el plan de riego que se elabora cada año. El volumen se transporta por el cauce del río Bravo hasta la presa Anzaldúas, de donde son derivados por el canal del mismo nombre hacia los terrenos del distrito. Actualmente, en el Distrito de Riego 025 hay cerca de 15 mil usuarios (que manejan una superficie física de alrededor de 248,000 hectáreas).

El Distrito de Riego-026 está ubicado al este de la ciudad de Reynosa y en 1969-70 contaba con una superficie de 794 km^2, divididas en tres unidades (HIDROTEC, 1970). Los volúmenes de agua que se utilizan para el riego proceden de la presa Marte R. Gómez, construida para riego y control de las avenidas del Río San Juan.

Fisiografía del acuífero Bajo Río Bravo

De acuerdo con la clasificación de Raisz (1959), la zona de estudio queda comprendida dentro de la provincia fisiográfica denominada “Llanura Costera del Golfo Norte” en la subprovincia de la Llanura Costera Tamaulipeca.

La zona de estudio presenta una morfología prácticamente llana, se caracteriza por presentar una elevación topográfica entre 30 y 130 msnm, con bajas pendientes, lo que origina que el río Bravo presente zonas con meandros.

Geológicamente la zona de estudio está ubicada en la Subprovincia de la Cuenca de Burgos, adscrita en la Provincia Geológica del Noreste de México (López-Ramos, 1979). Constituye el extremo sur del Miogeosinclinal Terciario del Golfo de México, cuya máxima expresión se presenta en los estados de Texas y Louisiana en la Unión Americana (Ortega et al., 1992).

Clima donde se localiza el acuífero

Por su ubicación geográfica, el área de estudio recibe humedad del Golfo de México por la influencia de los vientos del Este, misma que está condicionada por la oscilación del anticiclón del Atlántico. De igual forma el Trópico de Cáncer divide al estado en dos zonas: su parte sur, en la que predominan los climas cálidos y relativamente húmedos, y su centro y norte más calurosos, con lluvias más escasas distribuidas en el año.

El clima *semicálido subhúmedo* (A)Cx, se localiza desde la costa hasta altitudes de aproximadamente 100 msnm, presenta lluvias escasas todo el año; abarca a las ciudades de Reynosa, Valle Hermoso y Río Bravo, región en donde su máxima precipitación se presenta en el mes de septiembre con 140 mm y su máxima

temperatura media en el mes de agosto con 29° C; la precipitación invernal es de más del 18% de la total anual.

El clima *seco cálido Bs0*(h')hx, se localiza en la zona noreste de la región, al sur del cauce del río Bravo, a una altitud entre 100 y 200 msnm con lluvias escasas a lo largo del año. Presenta su máxima precipitación en el mes de septiembre con 100 mm y su máxima temperatura media en el mes de agosto con 29° C.

Hidrografía del acuífero

La zona de estudio se ubica en la Región Hidrológica del Río Bravo (No. 24), que se localiza en el extremo norte de la República Mexicana; limita al oeste con: Región Nº 34 (Cuencas Cerradas del Norte), Región No. 9 (Cuenca del río Yaqui) y Región No. 10 (Cuenca del río Fuerte). Al sur limita con la Región No. 35 (Cuencas Cerradas del Bolsón de Mapimí), la Región No. 36 (Cuenca de los Ríos Nazas y Aguanaval), la Región No. 37 (El Salado) y la Región No. 25 (San Fernando-Soto la Marina); al norte limita con los Estados Unidos y al este con el Golfo de México, donde el colector principal vierte sus aguas. La cuenca del río Bravo está integrada básicamente por las cuencas del río Conchos, río Salado y el río San Juan; se estima que del lado mexicano se generan 6,383 Hm^3 de escurrimiento medio anual, de los cuales el río Conchos aporta 2,346 Mm3, el río Salado 1,053 Hm^3, el río San Juan 1,336 Hm^3, el colector principal 1,082 Hm^3 y el resto son aportes de otros ríos de menores dimensiones.

El río Bravo inicia su recorrido en territorio nacional en la Mesa del Norte, a poco más de 1,000 msnm y desciende sobre la Llanura Costera del Golfo hasta su desembocadura en el Golfo de México. En su recorrido, el río Bravo recibe los aportes del río Pecos por el lado americano y los ríos Conchos, Salado y San Juan por el lado mexicano, además de otros afluentes de menor importancia.

Aguas abajo de la presa Falcón, el Río Bravo sigue su curso con dirección sureste, rumbo al Golfo de México, sobre la suave pendiente de la llanura costera; en este último tramo, el Río Bravo recibe los aportes de pequeños afluentes, tanto del lado de los Estados Unidos como del lado de México, aunque por esta margen destacan el río Álamo y el río San Juan, éste último es uno de los más importantes afluentes del lado mexicano. En la última etapa de su recorrido, el Río Bravo tiene un cauce sinuoso debido a la escasa pendiente y sus aguas son usadas para el riego de terrenos agrícolas desde Nuevo Laredo hasta su desembocadura en el Golfo de México.

La mayor parte del Valle del Bajo Río Bravo (Río Grande, en Texas) consiste de una amplia planicie que se extiende desde el Golfo de México hasta las inmediaciones de las localidades de Reynosa, Tamaulipas y Río Grande Texas, en donde alcanzan los 150 msnm. El río en su porción aguas arriba tiene un gradiente menor a la pendiente natural del terreno y su planicie de inundación está más de 30 m abajo que la adyacente más elevada. En la zona media, del lado americano, área de Weslaco (norte de Reynosa) se tiene una amplitud de 15 km (9 millas).

La Subregión 24-G Bajo Río Bravo, comprende desde la localidad de Nuevo Laredo, Tamaulipas y Laredo, Texas, pasa por la presa Internacional Falcón hasta llegar a la desembocadura del Golfo de México; en este tramo sólo hay pequeños arroyos que fluyen hacia el río Bravo, el colector general recibe los aportes del río Salado, que es el segundo afluente importante del río Bravo del lado mexicano.

En la parte final del recorrido del río Bravo, sólo hay un afluente más del lado mexicano llamado Santa Gertrudis, después del cual la corriente principal sigue su curso hasta que desemboca en el Golfo de México.

En cuanto a infraestructura hidráulica, una de las principales obras es la presa Falcón que se localiza a 136 km aguas abajo de Nuevo Laredo, Tamps.; tiene por objeto aprovechar las aguas del Río Bravo para riego, generación de energía eléctrica y otros usos, pero sobre todo para el control de avenidas.

En esta Subcuenca destacan además las presas derivadoras Anzaldúas y El Retamal, ambas localizadas en el Río Bravo. Las dos presas cumplen con una doble función, la de regulación de los escurrimientos de avenidas del Río Bravo y el almacenamiento de los escurrimientos excedentes para su uso en el Distrito de Riego 025 Bajo Río Bravo.

Geomorfología del acuífero

La mayor parte del valle del Bajo Río Bravo consiste de una amplia planicie que se extiende desde el Golfo de México hasta las inmediaciones de las localidades de Reynosa, Tamaulipas, en donde alcanzan los 150 msnm. El río en su porción aguas arriba tiene un gradiente menor a la pendiente natural del terreno y su planicie de inundación está más de 30 m abajo que la adyacente más elevada. En la zona media, norte de Reynosa, se tiene una amplitud de 15 km.

Geología del acuífero

La zona en estudio se ubica en la Subprovincia de la Cuenca de Burgos, adscrita en la Provincia Geológica del Noreste de México (López-Ramos, 1979). Constituye el extremo sur del Miogeosinclinal Terciario del Golfo de México, cuya máxima expresión se presenta en los estados de Texas y Louisiana en la Unión Americana (Ortega et al., 1992). En el área del acuífero afloran rocas sedimentarias cuya edad varía del Cretácico al Reciente.

Tipo de acuífero

En esta región los materiales del subsuelo son derivados de amplias planicies de inundación y antiguos deltas y consisten de una compleja inter-estratificación de capas y lentes de arcillas, limo, arenas y gravas. Se tienen cambios litológicos en cortas distancias, tanto horizontales como verticalmente. Esta inter-estratificación ha generado un sistema acuífero semiconfinado (leaky artesian system).

Se han reconocido y clasificado algunas zonas de producción de agua subterránea, sin embargo las fuentes principales, en cantidad y calidad se encuentran emplazadas en los depósitos aluviales y fluviales del río Bravo; otras se encuentran localizadas en antiguos cauces abandonados del mismo río y el resto se ubican en porciones arenosas de las formaciones geológicas terciarias de la región.

No obstante lo anterior, tradicionalmente se había considerado como una sola entidad acuífera a todos los materiales asociados con la franja fronteriza del río Bravo; aunque se reconocen algunas diferencias hidrogeológicas, estas se atribuyen a condiciones locales, tanto en productividad del acuífero como en la calidad del agua que contiene; sin embargo, estas diferencias más bien son una generalidad que una excepción.

En trabajos recientes CONAGUA (2006) realizó una zonificación basada en las características litológicas de las unidades descritas en el capítulo de geología, así como en la calidad del agua que contienen, de esta forma definieron las unidades hidrogeológicas que a continuación se describen siguiendo la secuencia estratigráfica e iniciando por la más antigua.

- Unidad I. Acuífero pobre a muy pobre con agua subterránea de mala calidad; esta unidad incluye a las formaciones del Terciario que van del Mioceno a más antiguas; estas unidades litológicas se caracterizan por estar inclinadas de forma suave hacia el oriente, por lo que en la zona de Valle Hermoso se localizan ya por debajo de los 700 m de profundidad: Afloran en la porción centro y occidental del acuífero administrativo denominado Bajo Río Bravo (ABRB).
- Unidad II. Acuífero de potencialidad media, con agua subterránea de buena a regular calidad; está integrado por las formaciones Goliad y Lissie, ubicadas al centro-este del ABRB. Al igual que la unidad anterior estas formaciones están inclinadas hacia el este, por lo que en la zona de Valle Hermoso se ubican a una profundidad del orden de 300 m.
- Unidad III. Acuitardo con algunos horizontes acuíferos de baja potencialidad; contiene agua subterránea de muy mala calidad; está conformado por la Formación Beaumont y se localiza al este del ABRB.
- Unidad IV. Acuífero de potencialidad media a baja, espesor reducido, que contiene agua subterránea de mala calidad; está formado por los sedimentos acumulados en los antiguos cauces del río Bravo; se localizan en la porción este del ABRB.
- Unidad V. Acuífero de potencialidad media, con agua de buena calidad; está constituido por los sedimentos aluviales recientes del río Bravo; su principal área de exposición está entre las poblaciones de Reynosa y Matamoros, donde su espesor es muy irregular y varía de 200 a menos de 15 m.
- Unidad VI. Acuífero pobre a muy pobre con agua de regular a mala calidad, constituida por sedimentos aluviales de poco espesor; se localizan en la porción centro-sur y suroeste del ABRB. o Unidad VII. Acuitardo con agua de mala a muy mala calidad; está emplazado en los sedimentos costeros que se ubican en el extremo oriente del ABRB.

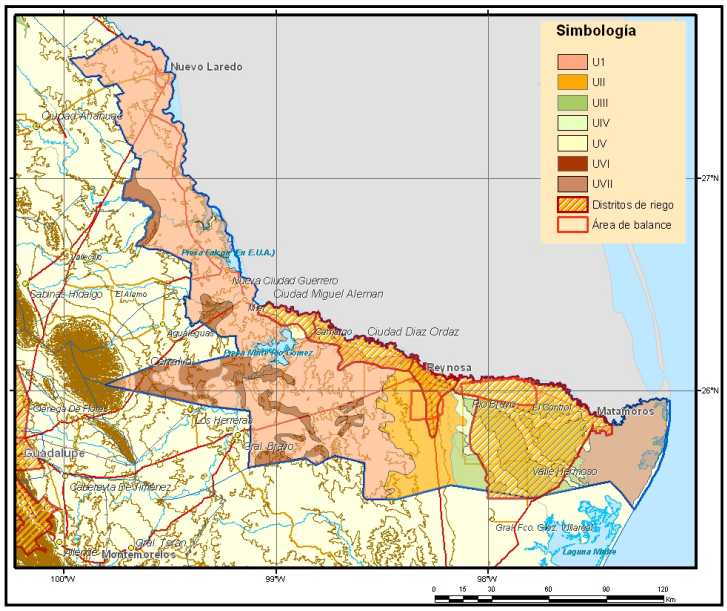


Figura 22. Unidades Hidrogeológicas

De estas unidades hidrogeológicas las más importantes, por la cantidad y calidad del agua que contienen, son la II y la V, las cuales contienen a los dos sistemas acuíferos principales del ABRB; al primero de estos sistemas se le denomina "**Acuífero Sur de Reynosa**" y al segundo "**Acuífero Reynosa–Matamoros**".

Estos dos sistemas desde la población de Río Bravo hasta la costa están separados por la unidad hidrogeológica III (materiales semiconsolidados de predominancia arcillosa de la Formación Beaumont), que como se ha dicho constituye un acuitardo y sólo en sus horizontes más arenosos se forman acuíferos de baja productividad, con agua de alta salinidad. A este sistema hidrogeológico se le denomina como "Acuitardo Beaumont".

Las zonas permeables en el Acuífero Reynosa–Matamoros están hidráulicamente conectadas con las porciones permeables de las capas adyacentes a profundidad, de poniente a oriente: "Arena" Goliad; Formación Lissie y la "Arcilla" Beaumont. Las zonas de sedimentos aluviales acumulados por el río Bravo presentan variación en sus espesores, cerca de la ciudad de Camargo apenas llega a unos 15 m, a la altura de Reynosa llega a tener entre 25 a 30 m y hacia la zonas entre Río Bravo y Matamoros llega a los 75 y 90 m.

El acuífero en las Formaciones Goliad y Lissie Acuífero Sur de Reynosa, está delimitado en su parte superior (al oriente) por la Formación Beaumont y en su parte inferior (al poniente) por la Formación Lagarto. La recarga que reciben estos acuíferos es producto de la precipitación que se registra en sus zonas de afloramiento localizadas al occidente de Reynosa.

Como se ha comentado, las zonas permeables se encuentran limitadas por las intercalaciones de lentes arcillosos generando de esta manera **un sistema acuífero semiconfinado**. Esta condición propicia que exista poca o nula interconexión en sentido lateral (horizontal) entre los diferentes sistemas acuíferos, como se demuestra por la diferencias de salinidad que se encuentran entre las diversas unidades adyacentes. Asimismo, se comprueba que en la medida que se aleja de la zona de afloramiento de estas unidades, la salinidad tiende a incrementarse; sin embargo en la zona sur de Reynosa, el agua presenta concentraciones

ligeramente mayores a 1,000 mg/L de STD (en zonas cercanas a las zonas de afloramiento se tienen salinidades menores (800 a 1,000 mg/L) y en zonas puntuales más alejadas de estas o de extracción profunda se llega a registrar salinidades del orden de 3,000 a 5,000 mg/L.

Parámetros hidráulicos

Las unidades acuíferas del valle del Bajo Río Bravo son los materiales aluviales del cauce del río Bravo, Acuífero Reynosa-Matamoros y los depósitos continentales de las formaciones Lissie y Goliad, Acuífero Sur de Reynosa; estas unidades tienen diferencias en sus propiedades hidráulicas, generalmente dadas por la heterogeneidad de sus componentes. Sin embargo, los valores que se reportan de pruebas de bombeo y capacidades específicas de algunos pozos, permiten distinguir los rangos de los principales parámetros: Transmisividad (T), Conductividad Hidráulica (K) y Coeficiente de Almacenamiento.

De los resultados de la interpretación de la prueba de bombeo realizadas en el 2006, se puede observar que los valores de Transmisividad (T) varían de 0.3 a 17.1 x 10^{-3} m2/s; en tanto que los valores de la Conductividad Hidráulica (K) oscilan entre 0.17 y 12.0 m/día. Para el caso del coeficiente de almacenamiento, los valores reportados varían de 1.0 x 10^{-3} a 12.8 x 10^{-3}.

Comportamiento hidráulico

Las zonas en donde se tiene la información mínima necesaria para elaborar las configuraciones del nivel estático y para realizar balances de aguas subterráneas, son las localizadas al sur de la ciudad de Reynosa y la ubicada entre las poblaciones de Reynosa y Matamoros. En estas áreas existe la posibilidad de realizar configuraciones de igual elevación del nivel piezométrico de forma confiable, con pozos seleccionados en los que se conoce su profundidad total, la posición del nivel piezométrico para distintas fechas, su cota y establecer la variación de su extracción.

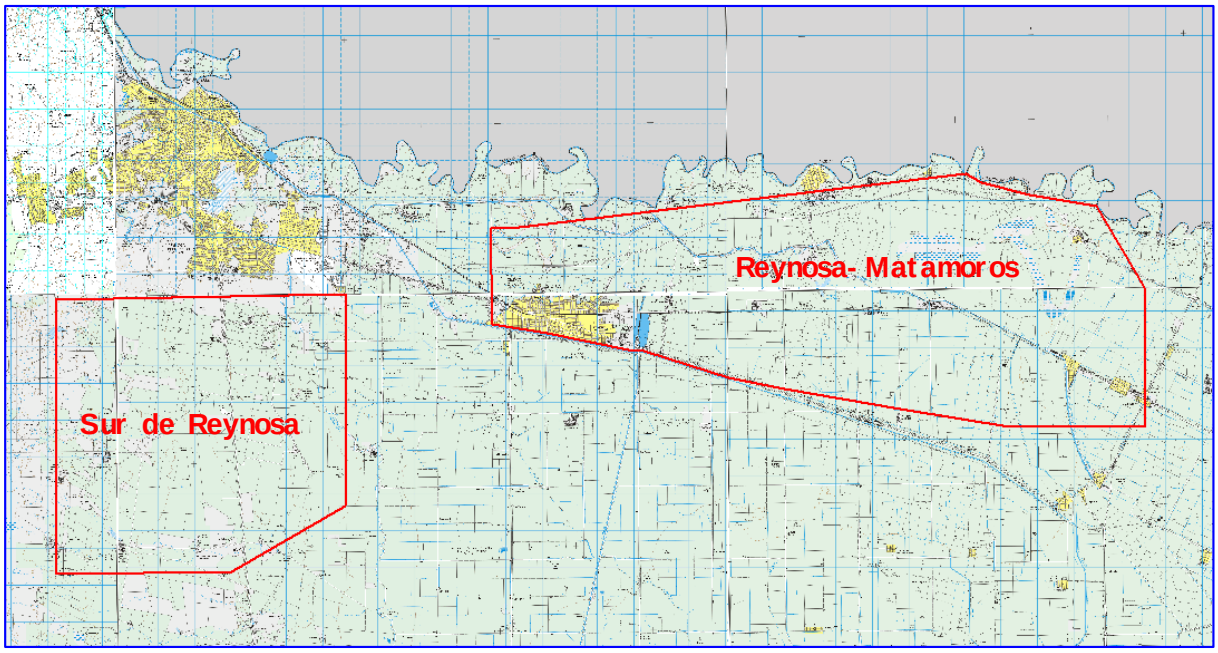


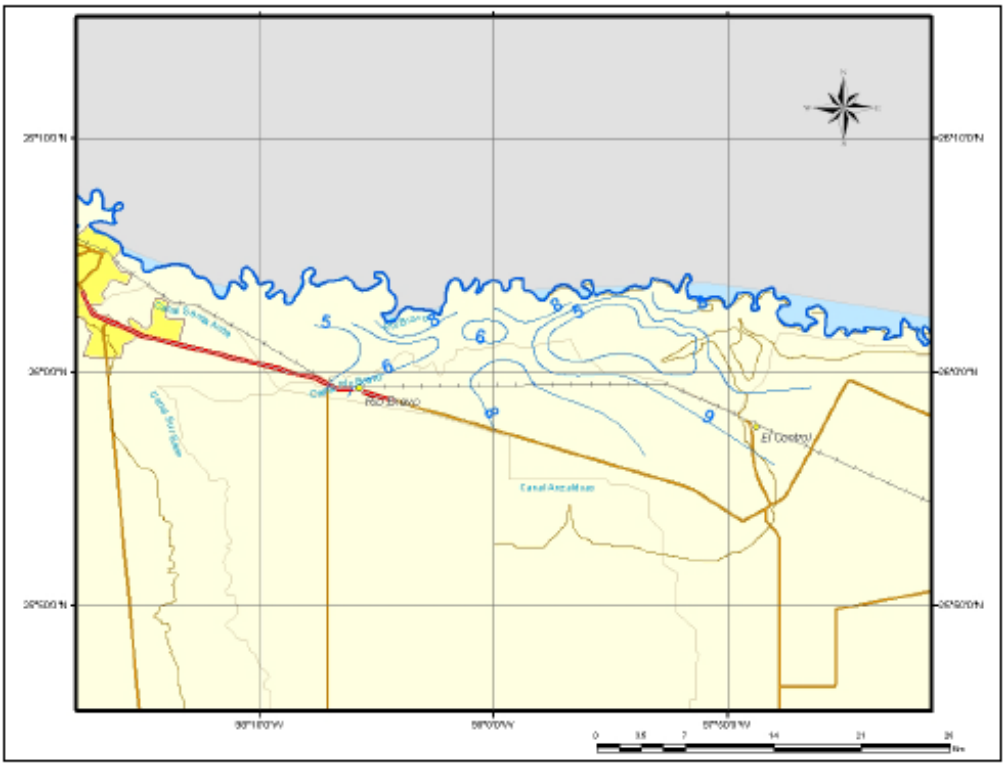
Figura 23. Áreas seleccionadas para elaborar las configuraciones del NE y realizar el balance.

Profundidad del nivel estático

Los datos corresponden a los meses de agosto-septiembre (2006).

Zona Reynosa - Matamoros.- Prácticamente todos los valores de profundidad al nivel estático son someros, por debajo de los 10 m; las mayores profundidades (ligeramente mayores de 8 m) se observan en las inmediaciones del cauce del Río Bravo, controlados por la leve topografía que generan las terrazas fluviales y los bordos de protección del río.

Las menores profundidades (menores a 4 m) se ubican al noroeste de la población de Río Bravo y al sureste de Nuevo Progreso; en general los valores disminuyen hasta encontrase en un rango entre 5 a 6 m, hacia la porción interna en la zona de la planicie del Distrito de Riego 025 Bajo Río Bravo.



Fuente: CONAGUA, Gerencia de Aguas Subterráneas

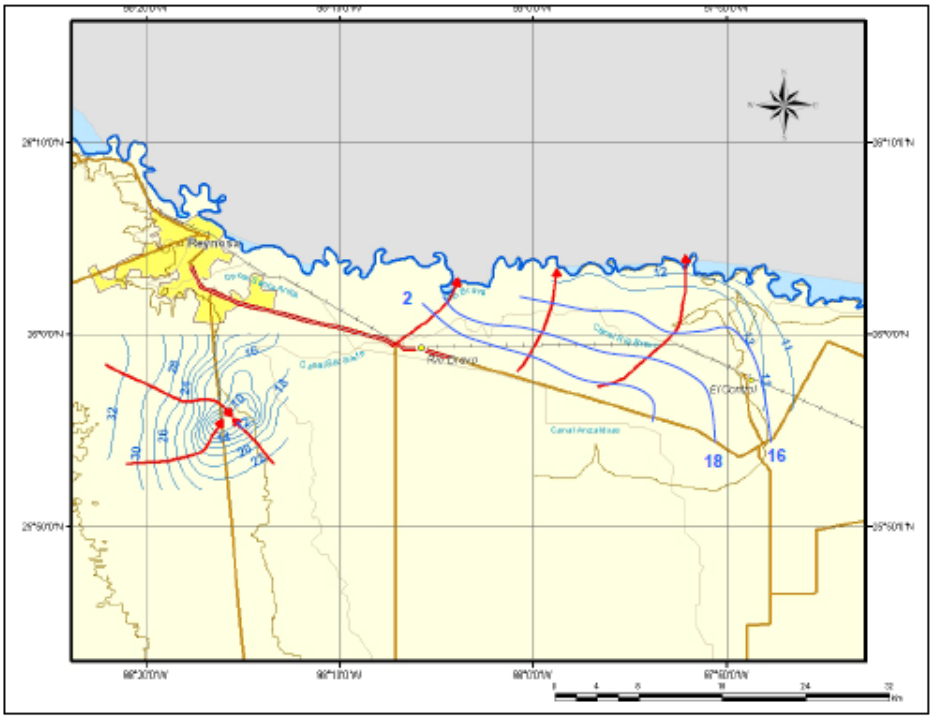
Figura 24. Profundidad del nivel estático (agosto-septiembre de 2006)

Zona Sur de Reynosa.- el agua subterránea se encuentra a profundidades que oscilan entre 15 y 50 m, los valores mayores se ubicaban al poniente de la región, en las inmediaciones de las localidades “Nueva Libertad” y “División del Norte”. Se observa que la distribución de valores depende de la conformación topográfica. En la zona sur, más cercana a Reynosa, se registran profundidades entre los 22 y 25 m. Los niveles menos profundos se localizan en las cercanías del canal Rodhe. En la porción sur se observa una distorsión, en donde se tienen mayores profundidades (40 a 45 m), esto quizás provocado por el incremento de la extracción en esa zona.

Elevación del nivel estático

La distribución de las equipotenciales en la zona Reynosa–Matamoros, muestra una dirección de flujo proveniente del sur y poniente al noreste; el flujo parte de la porción sur de Río Bravo en donde se tienen las mayores elevaciones (25 msnm); en general la tendencia en el movimiento del agua es hacia el noreste y solamente al este de Nuevo Progreso se presenta una dirección franca al norte.

Para la zona Sur de Reynosa se presenta un esquema general de flujo en dirección de poniente a oriente en la que el agua proviene del poniente de las zonas de afloramiento de las formaciones que constituyen el acuífero. Las elevaciones varían de 60 msnm, en la región de “Los Realitos”, hasta ser ligeramente menores a los 20 msnm en las planicies de la zona de riego (canal Rodhe). Los gradientes hidráulicos son mayores en la porción norte que en la porción sur, lo cual puede deberse a cambios en la permeabilidad. Es notable la distorsión en la dirección del flujo generada por la extracción en la zona sureste, específicamente en las proximidades de las rancherías de San Isidro y Santa Teresa, en donde se tiene la equipotencial cerrada de 10 msnm que limita la zona más profunda del cono de abatimiento. En general se observa que la envolvente de 20 msnm delimita la zona de afectación al flujo original.



Fuente: CONAGUA, Gerencia de Aguas Subterráneas

Figura 25. Elevación del nivel estático (agosto-septiembre de 2006).

Evolución del nivel estático

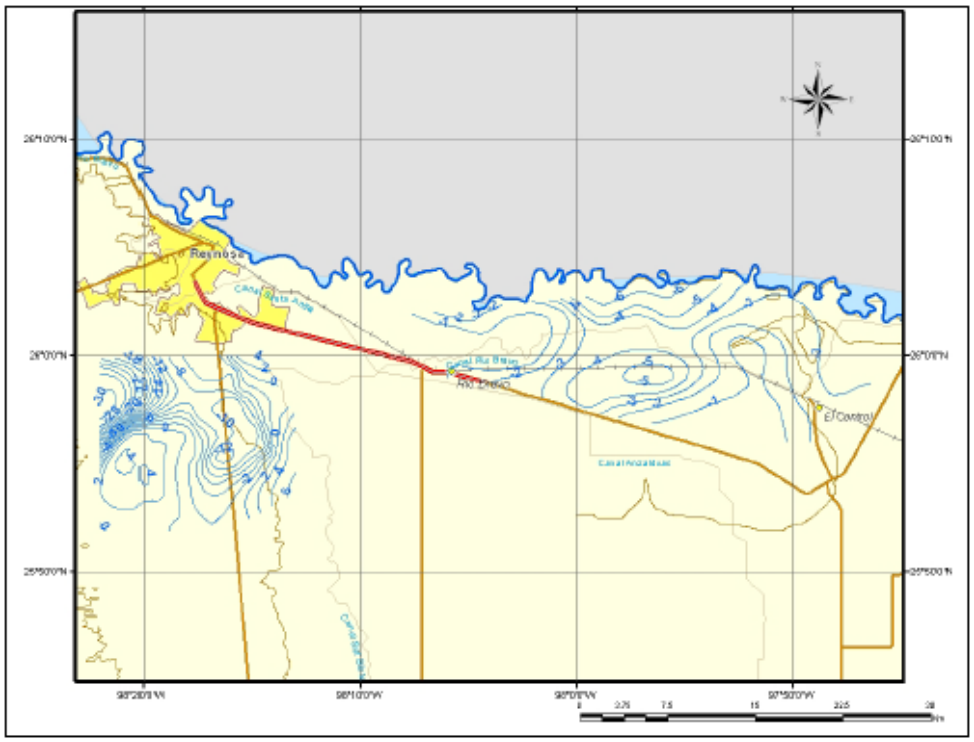
Zona Reynosa-Matamoros

Evolución del Nivel Estático 1978–2004

En el estudio de CONAGUA-BANDAN (2005), se presenta la configuración de la evolución del nivel del agua en los pozos del acuífero Bajo Río Bravo, para el periodo 1978-2004 (26 años); en esta se aprecian abatimientos de entre 1 y 5 m. El mayor abatimiento se registra hacia el NE de la población Río Bravo; menores abatimientos se localizan hacia las ciudades de Reynosa y Matamoros. También se observan recuperaciones del nivel estático con valores de 1 a 3 m, hacia el NW del poblado de Reynosa, entre las unidades operativas 1 y 3 del Distrito de Riego 025.

Evolución del Nivel Estático 1982 – 2006

La configuración muestra que en general se registran valores negativos. Se destacan dos zonas con abatimientos mayores a los 5 m que se ubican al oriente y noreste de la población Río Bravo y al sur de Nuevo Progreso (siguiente figura).



Fuente: CONAGUA, Gerencia de Aguas Subterráneas

Figura 26. Evolución del nivel estático (1982-2006)

Zona Sur de Reynosa

Evolución del Nivel Estático 1982–2006

En esta configuración se observan zonas de fuertes abatimientos, como los presentes en la porción noroeste, en donde el agua subterránea se está explotando a costa del almacenamiento del acuífero. También existe otra región con abatimientos importantes que se localiza al centro-sureste. Los valores con evolución positiva se ubican al suroeste y sureste. Debido a la pobre cobertura de pozos los valores positivos y negativos superiores 10 m deben ser tomados con reservas.

Calidad del agua subterránea

Los estudios realizados desde las décadas de los setenta, coinciden en que la mejor agua se ubica a lo largo del cauce actual del Río Bravo, sin registrar cambios importantes en cuanto a su salinidad a lo largo del tiempo. No obstante, lejos de la influencia del río, se ha notado un progresivo deterioro de la calidad del agua subterránea. Las aguas más salinas se encuentran por lo general por debajo de los 150 m de profundidad, sin embargo no se ha definido una ocurrencia preferencial excepto para algunas muestras de agua poco profundas, lo que podría indicar afectaciones por retornos de riego o ascensos de aguas salinas más profundas. También se aprecia que las aguas dulces o moderadamente salinas se ubican por encima de los 30 m. En cuanto a su distribución, se destacan las zonas de agua “dulce” ubicadas a lo largo del cauce del río Bravo y tierra adentro en zonas de acuíferos someros, principalmente de las formaciones Goliad y Lissie.

Por otro lado, las evidencias de los registros eléctricos sugieren también que la salinidad del agua cambia lateral y verticalmente en el acuitardo Beaumont, se ha reportado que este deterioro en la calidad se incrementa conforme se aleja del Río Bravo a mayor profundidad. Esta variación también se encuentra relacionada con la productividad de los materiales y es marcada la asociación de baja productividad de los pozos en la medida que se alejan de la zona ribereña. Como una evidencia de lo anterior, los mejores pozos en cuanto a su productividad y con agua de menor salinidad se encuentran explotando a los depósitos aluviales y fluviales del cauce actual del Río Bravo. Fuera de este ámbito, así como a profundidad, la productividad y la calidad del agua decrecen en la medida que se alcanzan los depósitos de las formaciones del Terciario Superior (Formación Goliad) y del Pleistoceno (formaciones Lissie y Beaumont).

Estudios recientes (CFE, 2001) han demostrado la existencia de cauces antiguos del Río Bravo, con mejores condiciones de permeabilidad; sin embargo, al estar desconectados del cauce actual, su renovación con agua dulce está limitada solamente a la lluvia local, que genera un lente somero de poco espesor. Aunque muchas veces también la cercanía del mar genera que el agua precipitada por las tormentas tenga una mayor salinidad que el agua de lluvia que ocurre continente adentro. El incremento de salinidad con la profundidad está asociado a procesos de disolución de minerales locales, y evaporación de las aguas de riego agrícola; en algunas zonas además se pueden esperar aguas antiguas provenientes de salmueras, que han migrado desde las profundidades por fracturas y fallas en los depósitos terciarios subyacentes (no olvidar que la zona se ubica en la “Cuenca de Burgos”, región productora de petróleo).

Los estudios previos (SRH, HIDROTEC, 1969; SARH, Servicios Geológicos, 1981; CONAGUA, IEPSA, 2005) han demostrado que la salinidad del agua subterránea en la región del área administrativa del acuífero del Bajo Río Bravo, varía desde 600 mg/L hasta más de 11,000 mg/L, por lo que gran parte del acuífero presenta

valores altos de salinidad. Los principales iones que favorecen el incremento de STD son el sodio y los cloruros. En cuanto a la calidad del agua para riego, la mayoría de las muestras de agua provenientes de los pozos se clasifican como C4-S2 y C4-S3, que corresponden a agua con muy alto contenido de sales con contenido medio y alto de sodio; por lo que no se consideran apropiadas para la agricultura. En menor proporción se presentan agua C3-S1, salinidad alta y bajo contenido de sodio, y C4-S4 que representa muy altos contenidos de sales y de sodio.

Usos del acuífero

De acuerdo con las cifras reportadas en el Registro Público de Derechos del Agua (REPDA), existen más de 2,400 aprovechamientos que corresponden a 810 títulos de asignación, pero la gran mayoría de ellos son norias de bajo rendimiento que extraen de manera manual caudales muy pequeños destinados al abastecimiento de las necesidades del uso doméstico-abrevadero.

Durante los trabajos de campo realizados durante la segunda mitad del 2006, se censaron un total de 346 aprovechamientos del agua subterránea, de los cuales 341 son pozos y solo 5 norias, que en conjunto extraen más del 90% del volumen total de extracción del acuífero; de los cuales 181 están activos (52.3%), 78 inactivas de forma temporal (22.5%) y los 87 aprovechamientos restantes se encuentran inactivos de manera permanente (25.2%).

Es importante comentar que las obras clasificadas como inactivas de forma temporal, son aquellas en las que el equipo de bombeo estaba descompuesto o en reparación, pero que ha operado en los últimos dos años; cuando la obra llevaba más de este tiempo fuera de operación se clasificó como inactiva permanente.

De acuerdo con dicho censo, el volumen total de extracción de agua del acuífero es de aproximadamente 25.8 millones de m^3 al año (Hm^3/año), de los cuales 18.6 Hm^3/año (72%) se destinan al uso agrícola, 3.0 más (11.6 %) para abastecimiento de agua potable a los centros de población, 3.8 (14.7 %) más para uso industrial, y los 0.4 Hm^3/año restantes (1.7 %) para uso doméstico-abrevadero y otros.

Disponibilidad de agua subterránea del acuífero

Está representada por el volumen anual promedio disponible en un acuífero al que tendrán derecho de explotar, usar o aprovechar los usuarios, adicionalmente a la extracción ya concesionada y a la descarga natural comprometida, sin poner en peligro los ecosistemas.

La Disponibilidad de Aguas Subterráneas (DAS), se obtiene como la diferencia entre el volumen de recarga total (Rt), la descarga natural comprometida (DNCOM) y el concesionado e inscrito en el REPDA (VCAS).

DAS = Rt – DNCOM - VCAS

De acuerdo con la actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea publicada, que corresponde a una fecha de corte en el Registro Público de Derechos de Agua al 30 de junio de 2014, el acuífero se encuentra subexplotado tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 7. Disponibilidad del acuífero Bajo Río Bravo, (Hm3)

Clave	Acuífero	Recarga media anual (Rt)	Descarga Natural Comprometida (DNCOM)	Volumen concesionado de agua subterránea (VCAS)	Volumen de extracción de agua subt. consignado en estudios	Disponibilidad media anual de agua subt. (DAS)	Déficit
2801	Bajo Río Bravo	198.5	9.7	59.09	25.8	129.71	0

Fuente: Gerencia de Aguas Subterráneas, CONAGUA, Estudios de Disponibilidad de Acuíferos

DAS = 198.5 – 9.7 – 59.09 = 129.71 hm³ / año

El resultado indica que existe actualmente un volumen de 129.71 Hm^3 anuales disponibles para otorgar nuevas concesiones en el acuífero Bajo Río Bravo, estado de Tamaulipas.

Sin embargo, el otorgamiento de nuevas concesiones para el uso, explotación y aprovechamiento de las aguas subterráneas deberá considerar su condición general de mala calidad, que implica muchas restricciones para su utilización, salvo algunos usos industriales, en la mayoría de las actividades económicamente productivas.

Población actual y características socioeconómicas

Demografía

En este apartado se presentan los registros históricos del comportamiento demográfico que se ha observado tanto en el estado como en el municipio y la ciudad de Reynosa, Tamps., durante las últimas dos décadas (1990 – 2010), así como los resultados definitivos del Censo de Población y Vivienda INEGI 2010, los cuales fueron publicados en Marzo del 2011, mismos que se utilizaron en este estudio.

En las siguientes tablas se presenta la población contabilizada en los Censos de Población y Vivienda de 1990, 2000 y 2010, así como en los Conteos de Población y Vivienda 1995 y 2005 tanto para el estado de Tamaulipas como para el municipio y la localidad de Reynosa.

Tabla 8. Crecimiento poblacional del estado de Tamaulipas

Entidad Federativa	1990	1995	2000	2005	2010
Hombres	1,111,698	1,254,700	1,359,874	1,493,573	1,616,201
Mujeres	1,137,883	1,272,628	1,393,348	1,530,665	1,652,353
Total	**2,249,581**	**2,527,328**	**2,753,222**	**3,024,238**	**3,268,554**

Fuente: Censos de INEGI 1990, 2000 y 2010 y Conteos de CONAPO 1995 y 2005

Tabla 9. Crecimiento poblacional del municipio de Reynosa, Tam.

Municipio	1990	1995	2000	2005	2010
Hombres	139,778	167,721	208,769	263,360	303,853
Mujeres	142,889	169,332	211,694	263,528	305,038
Total	**282,667**	**337,053**	**420,463**	**526,888**	**608,891**

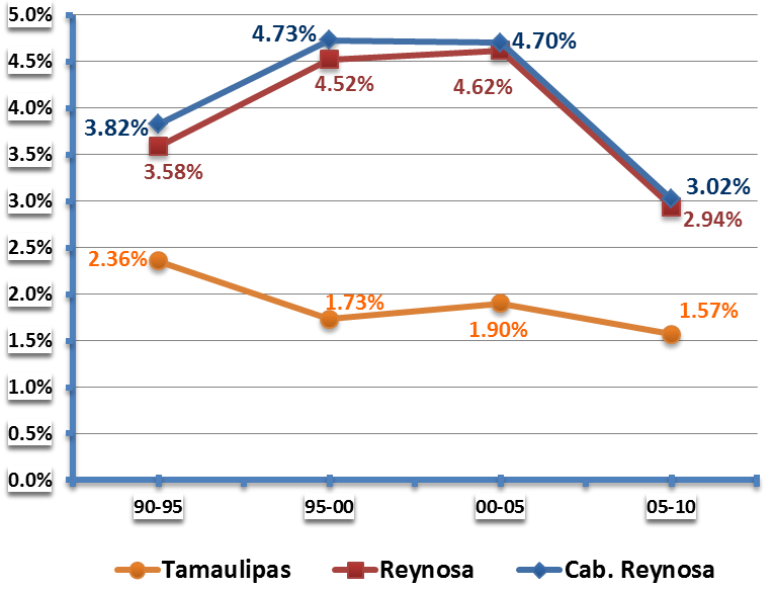
Fuente: Censos de INEGI 1990, 2000 y 2010 y Conteos de CONAPO 1995 y 2005

Tabla 10. Crecimiento poblacional de la localidad de Reynosa, Tam.

Localidad	1990	1995	2000	2005	2010
Hombres	130,875	158,485	199,414	253,630	293,880
Mujeres	134,788	161,973	204,304	254,368	295,586
Total	**265,663**	**320,458**	**403,718**	**507,998**	**589,466**

Fuente: Censos de INEGI 1990, 2000 y 2010 y Conteos de CONAPO 1995 y 2005

En la siguiente figura se presenta el comportamiento que ha tenido en las dos últimas décadas la tasa de crecimiento, definida como la cantidad fraccionaria en la cual el número de individuos en una población aumenta, lo que significa el cambio en la población durante un período de tiempo, expresado en porcentaje, igualmente para el estado de Tamaulipas como para el municipio y la localidad de Reynosa.



Fuente: Censos y Conteos de Población y Vivienda de INEGI y CONAPO, 1990-2010

Figura 27. Tasas de crecimiento históricas (anual promedio)

Como se observa en la figura anterior, las tasas de crecimiento históricas en el área de estudio (Reynosa), han sido ligeramente superiores a las del municipio, durante todo el periodo analizado. La T.C. más alta que se registró en la ciudad de Reynosa corresponde a la del quinquenio 1995 -2000 que fue de 4.73%.

A nivel estatal, las tasas de crecimiento han sido menores en todo el periodo (1990-2010), si las comparamos con las del municipio y con las de la ciudad de Reynosa. El mayor crecimiento poblacional en el estado se dio de 1990 a 1995, con tasas de crecimiento que alcanzaron el 2.36%. Posteriormente, es decir, de 1995 a 2010 han venido decreciendo las tasas a nivel entidad federativa.

Es importante señalar que las tasas de crecimiento de la población analizadas en este estudio y que corresponden a un periodo de tiempo de 20 años (1990 a 2010) resultan ser representativas de lo que ocurre actualmente en el país, ya que en este periodo las tasas de crecimiento presentan un decremento, aunque la población ha ido aumentando ligeramente, a diferencia de lo que ocurría de 1950 a 1980 donde las tasas de crecimiento presentaban un incremento con el supeditado aumento explosivo de la población.

En resumen, la población censada en la ciudad de Reynosa, Tamps. para el año 2010 fue de **589,466 habitantes**, tal y como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 11. Población censada por INEGI en 2010

Entidad		2010
Tamaulipas	Estado	3,268,554
Reynosa	Municipio	608,891
Loc. Reynosa	Ciudad	589,466

Fuente: XII Censo de Población y Vivienda de INEGI 2010

En la siguiente tabla se muestra el comportamiento del crecimiento poblacional de la cabecera municipal como del municipio de Reynosa, Tamaulipas; para mayor detalle de la información consultar el anexo 2.

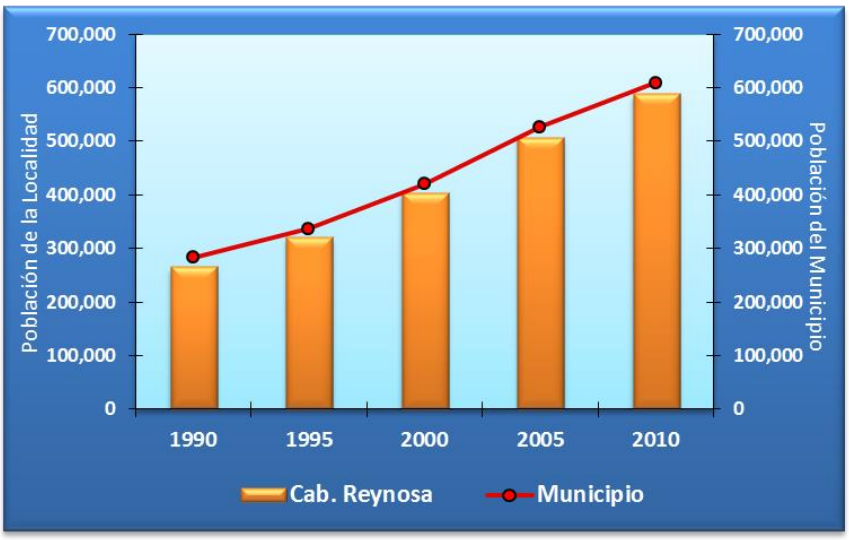


Figura 28. Crecimiento poblacional del municipio y cabecera municipal de Reynosa, Tamps. 1990-2010

Tabla 12. Indicadores de población 1990-2010

Indicador/Año	1990	1995	2000	2005	2010
Densidad de población del Municipio (hab/km^2)	No Disponible	107.40	133.86	167.63	193.49
% de población con respecto al estado	12.57	13.34	15.27	17.42	18.63

Fuente: Censos y Conteos de Población y Vivienda de INEGI y CONAPO, 1990-2010

De la tabla anterior, se observa que la densidad de población en el municipio ha ido creciendo en las dos últimas décadas llegando a una densidad de población de 193 habitantes/ kilómetro cuadrado, de igual forma en estas dos últimas décadas la población del municipio de Reynosa ha ido representando mayor % con respecto a la población total del estado, lo que representa que Reynosa ha crecido y se ha desarrollado más que otros municipios de la entidad.

En la siguiente tabla se presenta para el municipio de Reynosa la distribución de la población por el tamaño de las localidades.

Tabla 13. Distribución de población municipal por tamaño de localidad

Tamaño de localidad	Población[(1)]	% con respecto al total de población del municipio
1 - 249 Habs.	5,272	0.87
250 - 499 Habs.	4,463	0.73
500 - 999 Habs.	1,814	0.30
1,000 - 2,499 Habs.	7,876	1.29
2,500 - 4,999 Habs.	0	0.00
5,000 - 9,999 Habs.	0	0.00
10,000 - 14,999 Habs.	0	0.00
15,000 - 29,999 Habs.	0	0.00
30,000 - 49,999 Habs.	0	0.00
50,000 - 99,999 Habs.	0	0.00
100,000 - 249,999 Habs.	0	0.00
250,000 - 499,999 Habs.	0	0.00
500,000 - 999,999 Habs.	589,466	96.81
1, 000,000 y más Habs.	0	0.00

Fuente: XII Censo de Población y Vivienda de INEGI 2010

Nota:

(1) Se refiere a la población que habita en localidades comprendidas en el rango especificado.
El tamaño de localidad se basa en la clasificación proporcionada por el INEGI.

Vivienda

El 87% de la de las viviendas son casa habitación y el resto son departamentos, vecindades, cuartos, entre otros como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 14. Viviendas habitadas por tipo de vivienda, 2010

Tipos de vivienda	Número de viviendas habitadas	%
Total viviendas habitadas[(1)]	170,190	100.00
Vivienda particular	170,171	99.99
Casa	148,503	87.26
Departamento en edificio	1,592	0.94
Vivienda o cuarto en vecindad	1,851	1.09
Vivienda o cuarto en azotea	41	0.02
Local no construido para habitación	24	0.01
Vivienda móvil	21	0.01
Refugio	8	0.00
No especificado	18,131	10.65
Vivienda colectiva	19	0.01

Fuente: XII Censo de Población y Vivienda de INEGI 2010

Nota:

(1) Incluye viviendas particulares y colectivas.

De igual forma, el 88.8% de la población vive en casas particulares, como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 15. Ocupantes en viviendas particulares, 2010

Tipos de vivienda	Ocupantes	%
Viviendas habitadas[(1)]	608,882	100.00
Viviendas particulares	606,689	99.64
Casa	540,913	88.84
Departamento	5,143	0.84
Vivienda o cuarto en vecindad	5,492	0.90
Vivienda o cuarto en azotea	135	0.02
Locales no construidos para habitación	65	0.01
Vivienda móvil	86	0.01
Refugio	28	0.00
No especificado	54,827	9.00
Viviendas colectivas	2,193	0.36
Promedio de ocupantes por vivienda	3.6	No Aplica

Fuente: XII Censo de Población y Vivienda de INEGI 2010

Nota: [1]Incluye viviendas particulares y colectivas

De acuerdo a las dos tablas anteriores, la población en viviendas habitadas es de 608,882 personas, en 170,190 viviendas, lo que representa un índice de hacinamiento municipal de 3.57 habitantes por vivienda.

Servicios en la vivienda

En cuanto a los servicios con los que cuentan las viviendas habitadas en el municipio de Reynosa, se presenta en la siguiente tabla un resumen de ellos.

Tabla 16. Viviendas particulares habitadas por tipo de servicios con los que cuentan, 2010

Tipo de servicio	Número de viviendas particulares habitadas	%
Disponen de excusado o sanitario	148,728	97.19
Disponen de drenaje	**142,391**	**93.05**
No disponen de drenaje	7,299	4.77
No se especifica disponibilidad de drenaje	3,343	2.18
Disponen de agua entubada de la red pública	**146,841**	**95.95**
No disponen de agua entubada de la red pública	2,894	1.89
No se especifica disponibilidad de drenaje de agua entubada de la red pública	3,298	2.16
Disponen de energía eléctrica	**148,942**	**97.33**
No disponen de energía eléctrica	1,427	0.93
No se especifica disponibilidad de energía eléctrica	2,664	1.74
Disponen de agua entubada de la red pública, drenaje y energía eléctrica	**139,263**	**91.00**

Fuente: XII Censo de Población y Vivienda de INEGI 2010

De acuerdo con los datos presentados en la tabla anterior, sólo el 4.7% de las viviendas no cuentan con el servicio de drenaje y el 1.9% de las viviendas no disponen del servicio de agua entubada de la red pública municipal.

Bienes materiales

En cuanto a los bienes materiales con los que cuentan las viviendas habitadas del municipio de Reynosa, se presenta lo siguientes resultados obtenidos de la fuente de información de INEGI.

Tabla 17. Viviendas particulares habitadas según bienes materiales con los que cuentan, 2010

Tipo de bien material	Número de viviendas particulares	%
Radio	116,920	68.71
Televisión	145,829	85.70
Refrigerador	140,431	82.52
Lavadora	116,600	68.52
Teléfono	58,155	34.17
Automóvil	83,941	49.33
Computadora	44,255	26.01
Teléfono celular	123,606	72.64
Internet	35,313	20.75
Sin ningún bien[(1)]	761	0.45

Fuente: XII Censo de Población y Vivienda de INEGI 2010

Nota: [(1)] Se refiere a las viviendas particulares habitadas que no cuentan con ninguno de los 9 bienes captados (radio, televisión, refrigerador, lavadora, teléfono fijo, automóvil, computadora, teléfono celular, e internet).

De acuerdo a la tabla anterior, se tiene que casi un 18% de las viviendas no tiene refrigerador; un 32% no cuenta con lavadora, y más del 70% no cuenta con computadora, teléfono ni internet en la vivienda.

Condición de actividad económica

Por lo que se refiere a la población que se encuentra inmersa en las actividades económicas que son los procesos mediante los cuales se crean los bienes y servicios se presenta en la siguiente tabla la situación del municipio:

Tabla 18. Distribución de la población por condición de actividad económica según sexo, 2010

Indicadores de participación económica	Total	Hombres	Mujeres	% Hombres	% Mujeres
Población económicamente activa (PEA)[(1)]	**245,529**	**160,055**	**85,474**	**65.19**	**34.81**
Ocupada	236,621	153,203	83,418	64.75	35.25
Desocupada	8,908	6,852	2,056	76.92	23.08
Población no económicamente activa[(2)]	**163,995**	**42,331**	**121,664**	**25.81**	**74.19**

Fuente: XII Censo de Población y Vivienda de INEGI 2010

Notas:

(1) Personas de 12 años y más que trabajaron, tenían trabajo pero no trabajaron o buscaron trabajo en la semana de referencia.

(2) Personas de 12 años y más pensionadas o jubiladas, estudiantes, dedicadas a los quehaceres del hogar, que tenían alguna limitación física o mental permanente que le impide trabajar

Educación

Respecto a la educación de la población del municipio de Reynosa, clasificada por edades, y al analfabetismo, se presenta en las siguientes tablas la situación registrada en el 2010 por INEGI:

Tabla 19. Población según condición de asistencia escolar por grupos de edad y sexo, 2010

Grupos de edad	Población			Condición de asistencia escolar								
				Asiste			No asiste			No especificado		
	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres
3 a 5 años	37,144	19,010	18,134	14,549	7,363	7,186	20,242	10,465	9,777	2,353	1,182	1,171
6 a 14 años	95,738	48,577	47,161	90,190	45,628	44,562	4,189	2,238	1,951	1,359	711	648
15 a 17 años	28,550	14,377	14,173	19,177	9,603	9,574	9,077	4,618	4,459	296	156	140
18 a 24 años	74,925	37,403	37,522	16,057	8,263	7,794	57,194	28,389	28,805	1,674	751	923
25 a 29 años	55,392	27,704	27,688	2,302	1,260	1,042	50,995	25,425	25,570	2,095	1,019	1,076
30 años y más	228,540	111,986	116,554	3,215	1,530	1,685	218,370	107,014	111,356	6,955	3,442	3,513

Fuente: XII Censo de Población y Vivienda de INEGI 2010

Tabla 20. Población de 15 años y más, analfabeta según sexo, 2010

Género	Total	Analfabeta	%
Hombres	191,470	4,049	2.11
Mujeres	195,937	5,708	2.91
Total	**387,407**	**9,757**	**2.52**

Fuente: XII Censo de Población y Vivienda de INEGI 2010

De acuerdo a la tabla anterior, se tiene que el porcentaje de analfabetismo es del 2.52% y que el analfabetismo se presenta en un mayor porcentaje en las mujeres con un 2.91%. El total de la población analfabeta mayor a 15 años asciende a 9,757 personas de las cuales 5,708 son mujeres y el resto hombres.

Tabla 21. Población de 15 años y más, por nivel de escolaridad según sexo, 2010

Nivel de escolaridad	Total	Hombres	Mujeres	% de la población de 15 años y más		
				Total	Hombres	Mujeres
Sin escolaridad	14,581	6,436	8,145	3.76%	3.36%	4.16%
Primaria completa	58,013	27,198	30,815	14.97%	14.20%	15.73%
Secundaria completa	100,243	48,831	51,412	25.88%	25.50%	26.24%

Fuente: XII Censo de Población y Vivienda de INEGI 2010

De acuerdo a la tabla anterior, se tiene que el mayor porcentaje de personas mayores de 15 años que cuentan con un nivel de escolaridad más bajo es en secundaria con un total de 100,243 y que representa el 25.8% de la población sin escolaridad mayor de 15 años; mientras que en instrucción primaria se tiene un total de 58,013 personas y que representan el 14.9%.

Tabla 22. Población de 15 años y más, según grado de escolaridad y sexo, 2010

Género	Hombres	Mujeres	Total
Años promedio de escolaridad	9.21	9.39	9.05

Fuente: XII Censo de Población y Vivienda de INEGI 2010

De acuerdo a la tabla anterior, se tiene que el grado de escolaridad es de 9.05 años, que equivale a sexto año de primaria.

Salud

Tabla 23. Población total según derechohabiencia a servicios de salud por sexo, 2010

	Población total	Condición de derechohabiencia									
		Derechohabiente[1]									No derechohabiente
		Total	IMSS	ISSSTE	ISSSTE estatal[2]		Pemex, Defensa o Marina	Seguro popular o para una nueva generación	Institución privada	Otra institución[3]	
Hombres	303,853	199,386	141,020	8,412	458	33,588	9,573	5,882	3,122	74,323	30,144
Mujeres	305,038	206,868	139,086	10,504	510	42,646	9,732	5,795	1,525	68,299	29,871
Total	**608,891**	**406,254**	**280,106**	**18,916**	**968**	**76,234**	**19,305**	**11,677**	**4,647**	**142,622**	**60,015**

Fuente: XII Censo de Población y Vivienda de INEGI 2010

Notas:

[1] La suma de los derechohabientes en las distintas instituciones de salud puede ser mayor al total por aquella población que tiene derecho a este servicio en más de una institución de salud.

[2] Se refiere a la población derechohabiente al ISSSET, ISSSEMyM, ISSSTEZAC, ISSSPEA o ISSSTESON

[3] Incluye instituciones de salud pública y privadas.

De acuerdo a la tabla anterior, se tiene que del total de la población, un 23.4 % no tiene ningún tipo de derechohabiencia de salud en ninguna de las Instituciones de gobierno que presta dicho servicio.

Marginación

La marginación, se asocia a la carencia de oportunidades sociales y a la ausencia de capacidades para adquirirlas o generarlas, pero también a privaciones e inaccesibilidad a bienes y servicios fundamentales para el bienestar. En este sentido el municipio de Reynosa tiene un índice de marginación clasificado como muy bajo y ocupa el lugar 39 de los 43 municipios de Tamaulipas.

Tabla 24. Indicadores de Marginación, 2010

Indicador	Valor
Índice de marginación	-1.59710
Grado de marginación[*]	Muy Bajo
Índice de marginación de 0 a 100	9.63
Lugar a nivel estatal	39
Lugar a nivel nacional	2,345

Fuente: CONAPO e INEGI

Al revisar algunos de los indicadores de desarrollo social del municipio de Reynosa se identifican rezagos importantes en temas como el analfabetismo y el nivel de ingreso.

Tabla 25. Distribución porcentual de la población por características seleccionadas, 2010

Indicador	%
Población analfabeta de 15 años o más	2.58
Población sin primaria completa de 15 años o más	12.20
Población en localidades con menos de 5000 habitantes	3.19
Población Económicamente Activa ocupada, con ingresos de hasta 2 salarios mínimos	29.42

Fuente: XII CONAPO

Tabla 26. Distribución porcentual de ocupantes en viviendas por características seleccionadas, 2010

Ocupantes en Viviendas	%
Sin drenaje ni servicio sanitario exclusivo	0.34
Sin energía eléctrica	0.90
Sin agua entubada	1.97
Con algún nivel de hacinamiento	37.15
Con piso de tierra	2.86

Fuente: CONAPO

Nota:

(*)CONAPO clasifica el grado de marginación en: muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo.

Los datos mostrados corresponden a la información más reciente publicada por CONAPO.

Para definir la población actual (2014) a utilizar en este estudio, se llevó a cabo una comparación de la información de diferentes fuentes consultadas, siendo estas tanto prospecciones de la población proyectadas al 2014 (CONAPO, INEGI-CONAPO, Método de Ajuste de Mínimos Cuadrados y Varios Estudios que le anteceden a este en cuestión), como inferidas a partir del número de tomas domésticas registradas en el padrón de usuarios del Organismo Operador considerando el porcentaje de cobertura de agua según el INEGI y la obtenida a partir del número de acometidas registradas en CFE en la ciudad de Reynosa.

Las fuentes de información consultadas fueron:

- ☑ Censos de Población y Vivienda del 1990 al 2010 del INEGI
- ☑ Conteos de Población y Vivienda 1995 y 2005 del INEGI
- ☑ Proyecciones de población de la CONAPO.
- ☑ Estudio de Diagnóstico y Planeación Integral de la Comisión Municipal de Agua Potable y Alcantarillado (COMAPA), elaborado en el 2013.
- ☑ Certificado del Proyecto Integral de Saneamiento (PIS 1996)
- ☑ Plan Maestro para la Adecuación y Reestructuración del Sistema de Agua Potable de la Ciudad de Reynosa, Tamps. (PM 2003)

☑ Programa de Apoyo a la Comunidad y Medio Ambiente (PACMA 2014)

☑ Programa Municipal de Ordenamiento Territorial (POT) y Desarrollo Urbano de Reynosa (Dic 2012)

☑ Padrón de usuarios de la COMAPA y cobertura del servicio

☑ Padrón de usuarios de la CFE en Reynosa

Adicionalmente a las fuentes de información anteriormente señaladas, se realizó la proyección de la población con el método de ajuste de mínimos cuadrados (MAMC) que la CONAGUA recomienda en sus MAPAS[3] comparando los resultados obtenidos.

Por lo que corresponde al método de ajuste de mínimos cuadrados este consiste en calcular la población de proyecto a partir de un ajuste de los resultados de los censos de años anteriores, a una recta o curva, de tal modo que los puntos pertenecientes a ésta difieran lo menos posible de los datos observados. Eligiendo el modelo matemático que mejor represente el comportamiento de los datos de los censos históricos de población (lineal, exponencial, logarítmico o potencial) a través del valor absoluto del coeficiente de correlación, el cual al ser más cercano a 1 significa que el ajuste del modelo a los datos históricos será el más aproximado.

De esta manera se procedió a obtener y calcular la población para cada fuente de información y método señalado. En el Anexo 2 se presentan los cálculos efectuados para determinar la población y las tasas de crecimiento del periodo de planeación dentro del cual se tiene el año actual.

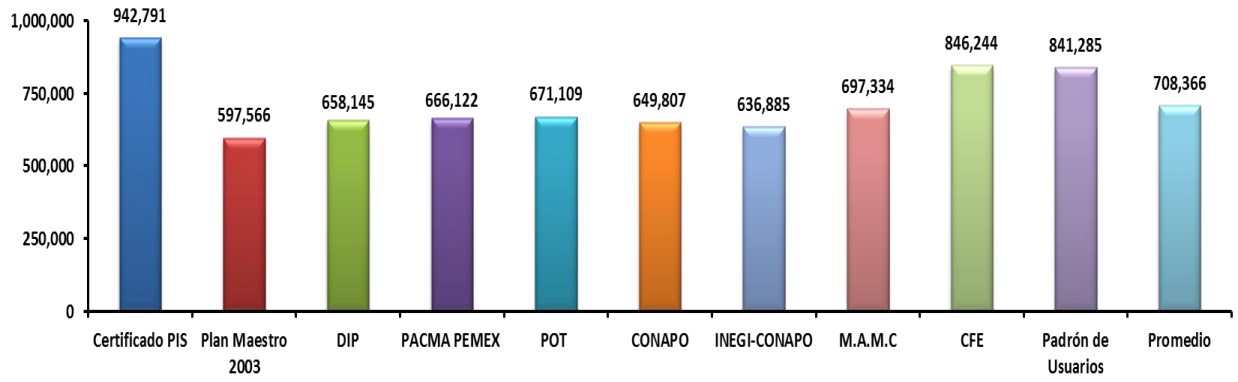


Figura 29. Comparativo de población actual (2014)

Fuente: INEGI, CONAPO, PU COMAPA, CFE, AMC, Varios Estudios

Como se observa en la figura anterior, los estudios realizados entre 1998 y 2001 previeron un mayor incremento de la población, en buena medido porque están basados en el Conteo 2005 y CONAPO no había ajustado las tasas de crecimiento. Los estudios y cálculos hechos a partir de los Censos 2000 y 2010 muestran estimaciones muy similares alrededor de los 640 a 690 mil habitantes.

[3] Libro 27.- Datos Básicos de la CONAGUA

En cuanto a las tasas de crecimiento utilizadas a partir de la población 2010 de cada fuente de información consultada, para la prospección de la población, en la siguiente figura se presentan sus valores en porcentaje.

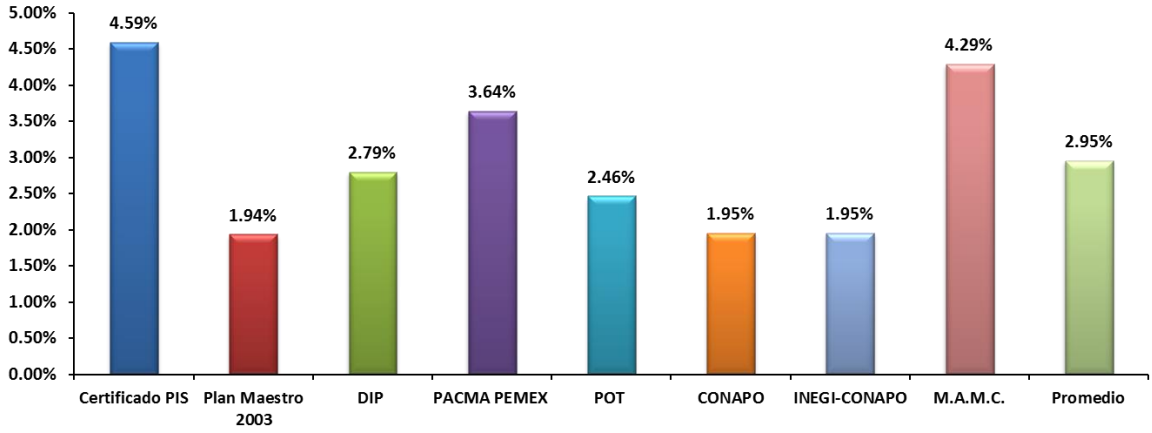


Figura 30. Tasas de crecimiento del periodo 2010 - 2014

El resultado del análisis de prospección fue puesto a consideración de la COMAPA, las dependencias Normativas como la CONAGUA y las contratantes COCEF y NADBANK, tomándose el acuerdo de utilizar como dato de población el que proviniera de información e instituciones oficiales, por lo que se seleccionó como población actual 2014 el resultado arrojado por la proyección de población de la CONAPO; es decir: **649,807 habitantes con una tasa promedio anual de 1.95%,** inferior a la última registrada en el Censo de Población y Vivienda 2010 por el INEGI, que fue de 2.94

2.2. Análisis de la Demanda

El objetivo principal en este apartado es determinar la demanda de agua potable actual en la ciudad de Reynosa, a partir de la definición de los consumos unitarios "corregidos" para cada uno de los diferentes usuarios del servicio, obtenidos a partir de los consumos facturados sin corregir (autorizados medidos y no medidos), más todos los consumos no controlados por la COMAPA entre los que se encuentran las pérdidas comerciales (error de precisión de micromedidores, error por la incidencia en toma de lecturas, error de estimación de cuota fija, consumos no medidos autorizados, entre otros) y las pérdidas aparentes (clandestinaje).

Para lograr lo anterior es necesario realizar un **Balance de Agua**[4], que es una técnica para auditar detalladamente la forma de administrar el suministro y el consumo de agua de un sistema, dentro del cual, se establece con suficiente proximidad tanto el volumen realmente consumido por parte de los usuarios del servicio como las pérdidas reales o fugas dentro del sistema.

Con el propósito de efectuar dicho balance se analizó la información proporcionada por la COMAPA, para dictaminar sobre el agua no contabilizada o facturada, discriminando en este análisis las pérdidas aparentes de las reales y de los consumos no medidos autorizados.

[4] Manual de Incremento de Eficiencia Física, Hidráulica y Energética en Sistemas de Agua Potable- CONAGUA

En la siguiente figura se presenta un esquema donde puede identificarse y comprenderse claramente el significado de cada uno de los conceptos que tienen que ver con la eficiencia física y el agua no contabilizada en un sistema de agua potable, de acuerdo a lo establecido por la CONAGUA.

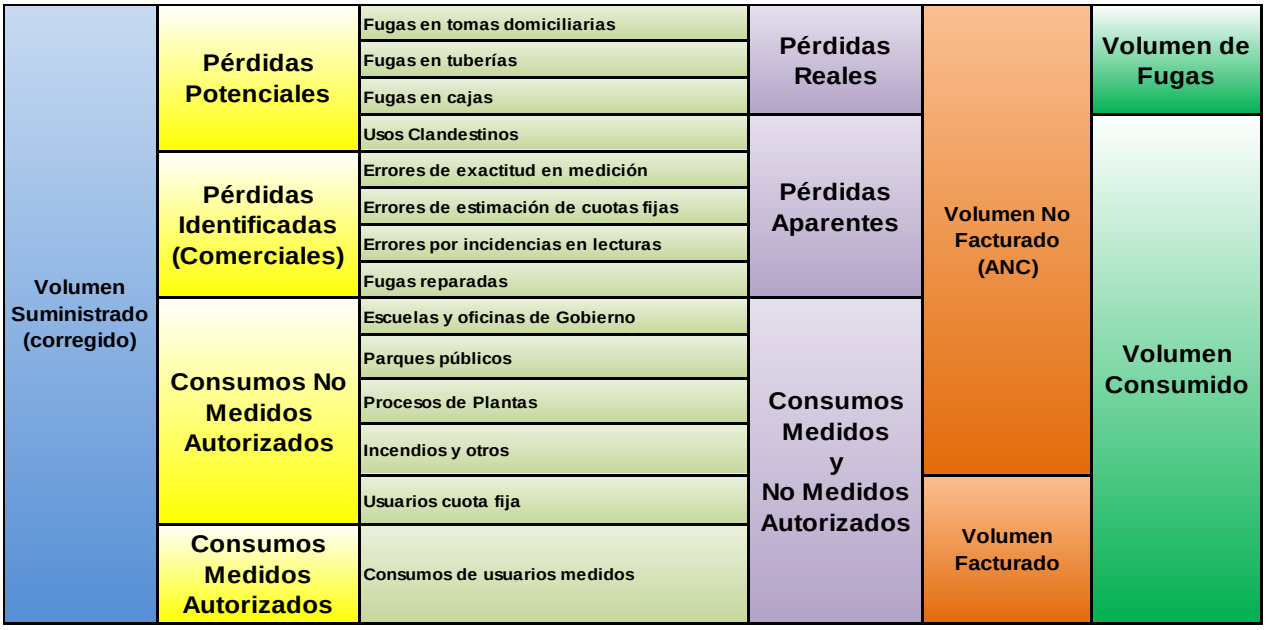


Figura 31. Esquema de Eficiencias de un O.O.

En este esquema se observa que el agua no contabilizada o no facturada tiene diversos orígenes entre los cuales podemos señalar:

- **Los volúmenes no medidos autorizados** entre los que se encuentran las oficinas gubernamentales, escuelas y centros deportivos públicos, apoyo con agua de pipas a colonias irregulares, agua utilizada en los procesos de potabilización, riego de parques y jardines, descuentos o cancelación de la facturación a trabajadores del organismo, apoyos o compromisos políticos, entre otros.

- **Las pérdidas identificadas o comerciales** entre las que se encuentran los errores en la facturación por la imprecisión de los micromedidores; la errónea asignación de un consumo mensual a los usuarios que están bajo el régimen de cuota fija; el error de facturación por la falta o inapropiada toma de lectura de los micromedidores (incidencias), entre otros.

- **Las pérdidas potenciales** entre las que se encuentran en primer lugar las pérdidas reales o fugas en tomas, red y válvulas y el clandestinaje.

Es importante señalar que dentro de este esquema de eficiencia se considera como agua no medida autorizada al consumo de los usuarios que están bajo el régimen de cuota fija, sin embargo, estos son parte de los volúmenes facturados que están reportados por el Sistema Comercial del Organismo Operador.

Con el esquema anterior, se puede comprender mejor el concepto del agua no contabilizada o facturada, que representa el complemento de la eficiencia física, entendiéndose esta última como el cociente del volumen de agua facturado entre el volumen de agua producido[5].

$$(\%)Efis = \frac{\text{Volumen facturado}}{\text{Volumen producido}} = \%$$

En relación con lo anterior se presenta en los siguientes apartados el análisis y los resultados obtenidos en el **"Balance de Agua"**, realizado como ya se mencionó para determinar y diferenciar las pérdidas en el sistema de agua potable que opera la COMAPA de Reynosa, propio a un periodo especifico que corresponde a todo el año 2014, del cual se nos proporcionaron los registros para su evaluación.

Estimación de Consumos medidos autorizados y no medidos autorizados (Cuota Fija) sin corregir

Con el objeto de establecer los volúmenes de agua medidos autorizados que corresponden a los consumos de los usuarios que cuentan con medidor domiciliario, sean del tipo domésticos o no domésticos y los no medidos autorizados que corresponden a los usuarios que no cuentan con medidor, se requirió de recopilar, analizar y evaluar los registros de facturación de todo el periodo 2014 que el área Comercial y de Informática de la COMAPA proporcionó.

Es importante señalar que estos valores de consumos medidos autorizados y no medidos autorizados pueden tener errores por las muy diversas causas señaladas en párrafos anteriores, las cuales se refieren principalmente a errores de precisión de los micromedidores, incidencia en la toma de lecturas y errónea asignación de consumos a los usuarios de cuota fija, por lo que deben ser considerados como consumos ***medidos autorizados sin corregir y consumos no medidos autorizados sin corregir.***

Con miras a conocer los consumos medidos y no medidos autorizados, es necesario en primer lugar presentar los datos del padrón de usuarios del periodo en cuestión (2014) que la COMAPA de Reynosa tiene registrados.

Al cierre de este periodo la COMAPA registro un total de **230,588 tomas**, de las cuales el 95.9% son de tipo doméstico; el 3.6% son de tipo comercial; el 0.1% son de tipo Servicio Público y el 0.4% son de tipo Industrial. En la siguiente tabla y figura se muestra la distribución de los usuarios del servicio de agua potable, así como el número de usuarios que se encuentran bajo el régimen de servicio medido, los cuales en conjunto suman **199,114** que representan el **86.4%** del total de usuarios, siendo esta la cobertura de micromedición (MIC-tot).

[5] Programa de Seguimiento de Indicadores de Gestión para Cumplimiento de Metas de Eficiencia Global- CONAGUA

Tabla 27. Padrón de Usuarios de la COMAPA (a diciembre 2014)

Tipo de Usuario	Tomas SM	Tomas CF	Total Tomas
Doméstico	190,986	30,075	221,061
Doméstico	**190,986**	**30,075**	**221,061**
Comercial	7,109	1,199	8,308
Gobierno	210	92	302
Industrial	809	108	917
No Domésticos	**8,128**	**1,399**	**9,527**
Prom. Anual	**199,114**	**31,474**	**230,588**

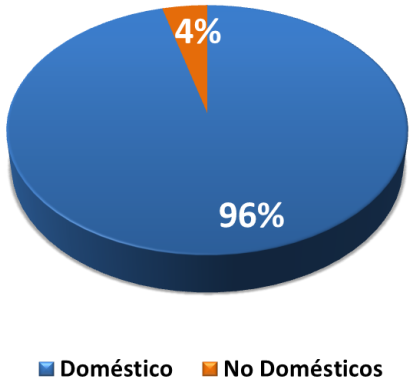


Figura 32. Usuarios Domésticos y no domésticos

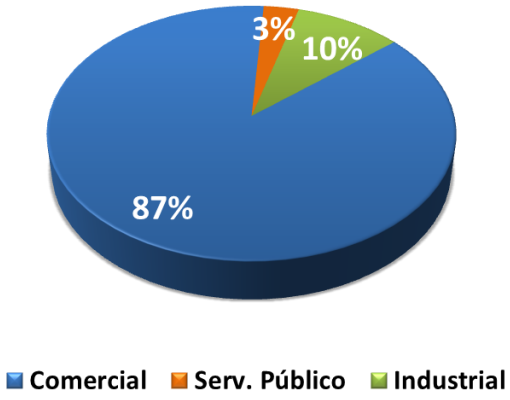


Figura 33. Usuarios no domésticos

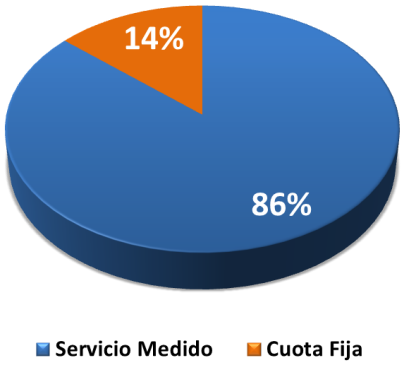


Figura 34. Usuarios por régimen de facturación

Por lo que se refiere a los volúmenes medidos autorizados que corresponden a los usuarios que están bajo el régimen de servicio medido (SM) y los volúmenes no medidos autorizados que corresponden a los usuarios que están bajo el régimen de cuota fija (CF), que en conjunto suman el volumen total facturado por la COMAPA Durante el 2014, a continuación se presenta en las siguientes tablas y figuras un resumen de dichos volúmenes medidos y no medidos autorizados, así como de su comportamiento en el tiempo, con la observación de que la información corresponde a promedios del periodo de análisis, es decir de un año y no corresponden al cierre del periodo.

Tabla 28. Resumen de Consumos medidos autorizados (Servicio Medido) en el 2014

Tipo de Usuario	Tomas Promedio	Volumen Facturado (Hm^3)	Consumo Facturado Toma/mes	Consumo Promedio l/hab/día l/uso/día
Doméstico	185,333	32.89	14.8	161
Comercial	7,129	2.58	30.2	992
Servicio Público	210	0.27	107.8	3546
Industrial	797	2.19	229.0	7533
Suma	**193,470**	**37.93**	**16.34**	**178**

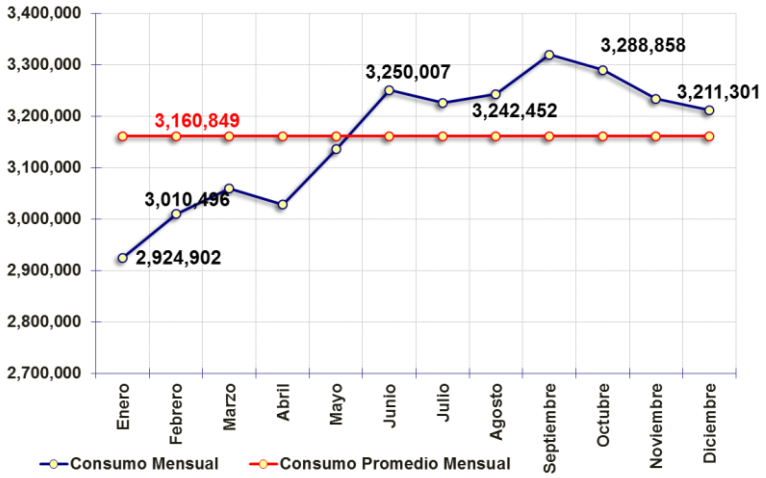


Figura 35. Histograma de consumo de los usuarios de servicio medido en 2014

Tabla 29. Resumen de consumos no medidos autorizados (Cuota Fija) en 2014

Tipo de Usuario	Tomas Promedio	Volumen Facturado (Hm^3)	Consumo Facturado Toma/mes	Consumo Promedio l/hab/día l/uso/día
Doméstico	30,084	5.58	15.5	168
Comercial	1,208	0.37	25.4	837
Servicio Público	93	0.17	147.7	4858
Industrial	107	0.12	95.9	3154
Suma	**31,493**	**6.24**	**16.5**	**180**

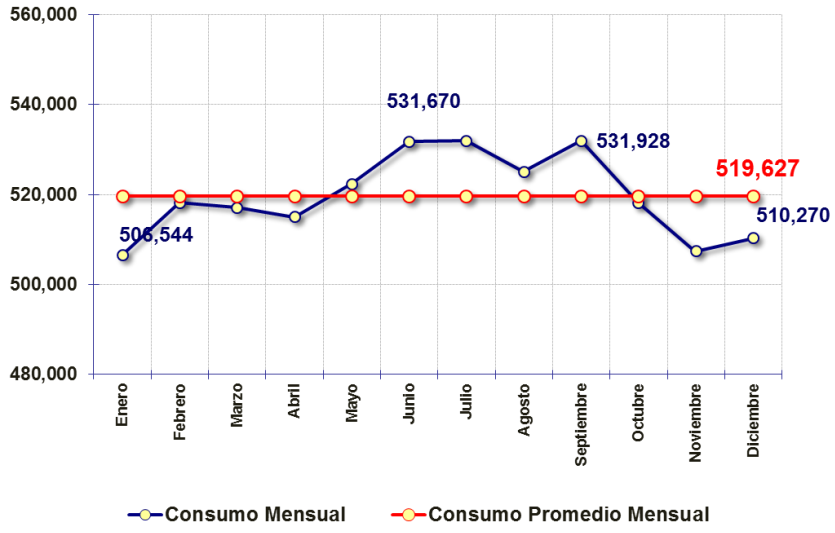


Figura 36. Histograma de consumos de usuarios de cuota fija en 2014

Tabla 30. Resumen de consumos facturados totales medidos y no medidos autorizados en 2014

Tipo de Usuario	Tomas Promedio	Volumen Facturado (Hm^3)	Consumo Facturado Toma/mes	Consumo Promedio l/hab/día l/uso/día
Doméstico	215,417	38.46	14.9	162
Comercial	8,337	2.95	29.5	970
Servicio Público	304	0.44	120.0	3,949
Industrial	905	2.31	213.2	7,013
Suma	**224,962**	**44.17**	**16.36**	**178**

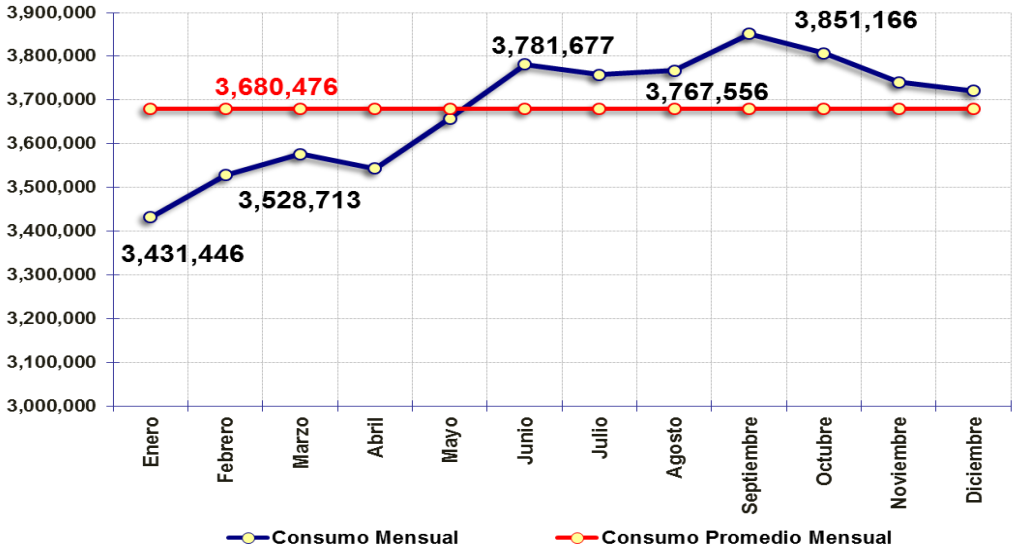


Figura 37. Histograma de consumos de usuarios medidos y no medidos autorizado en 2014

En resumen se tiene que el volumen medido y no medido autorizado en el periodo evaluado fue de **44,165,711 m^3/año**, lo cual representa un consumo promedio ponderado por toma de **16.36 m^3/toma/mes** y un consumo unitario per-cápita de **178 l/hab/día.**

A continuación se presentan en las siguientes tablas los resúmenes de los volúmenes facturados por régimen de consumo (SM y CF) y tipo de usuario (doméstico y no doméstico); para mayor detalle del padrón de usuarios consultar el Anexo 3.

Tabla 31. Volumen Facturado por régimen y tipo de usuarios

Tipo de Usuarios	No. de Usuarios	Consumo m^3/año	L/s
Doméstico (SM)	185,333	32,886,024	1043
No Doméstico (SM)	8,136	5,044,163	160
Suma (SM)	**193,470**	**37,930,187**	**1203**
Doméstico (CF)	30,084	5,578,009	177
No Doméstico (CF)	1,409	657,515	21
Suma (CF)	**31,493**	**6,235,524**	**198**
Total	**224,962**	**44,165,711**	**1,400**

De los registros de facturación de la COMAPA respecto a los consumos medidos y no medidos autorizados se puede señalar lo siguiente:

- El **volumen consumido medido autorizado** en el periodo de análisis correspondiente a los 193,470 usuarios que están bajo el régimen de **servicio medido** fue de **37, 930,187 m^3 (37.93 Hm^3/año)**, que representan el **85.9%** de volumen total facturado.

- El **volumen consumido no medido autorizado** en el mismo periodo correspondiente a los 31,493 usuarios que están bajo el régimen de **cuota fija** fue de **6, 235,524 m^3 (6.24 Hm^3/años)** que representa el **14.1%** del volumen facturado.

- En el Servicio Medido el 86.7% del consumo facturado corresponde a usuarios domésticos que representan el 95.9% del padrón y el 13.3% del consumo facturado corresponde a usuarios no domésticos que representan el 4.1% del padrón.

En resumen:

- ✓ Se factura un total de **44.17 Hm^3** al año que representan el **45.41%** del volumen que se produce y se entrega a la ciudad anualmente y de este el 39% corresponde a usuarios que están bajo el régimen de servicio medido.

- ✓ El consumo promedio de los usuarios domésticos bajo el régimen de servicio medido es de **14.8 m^3 al mes**, que representan un consumo por habitante de **161 l/hab/día**

- ✓ El consumo promedio de los usuarios no domésticos bajo el régimen de servicio medido es de **51.7 m^3 al mes**, que representan un consumo por uso en promedio de **1,699 l/uso/día**

- ✓ El consumo promedio ponderado por habitante incluyendo todos los usos del servicio medido es de **16.34 m^3 al mes,** que representa un consumo por habitante de **178 l/hab/día**

- ✓ El consumo promedio de los usuarios domésticos bajo el régimen de cuota fija es de **15.5 m^3 al mes**, que representan un consumo por habitante de **168 l/hab/día**

- ✓ El consumo promedio de los usuarios no domésticos bajo el régimen de cuota fija es de **38.9 m^3 al mes**, que representan un consumo por uso en promedio de **1,280 l/uso/día**

- ✓ El consumo promedio ponderado por habitante incluyendo todos los usos del cuota fija es de **16.5 m^3 al mes,** que representa un consumo por habitante de **180 l/hab/día**

Estimación de Consumos no medidos autorizados (adicionales a los de Cuota Fija)

Adicionalmente a los volúmenes no medidos autorizados de los usuarios que están bajo el régimen de cuota fija, existen otros consumos de agua sin medición que están autorizados por la COMAPA:

- Donaciones con Pipa a Colonias y servicios.

- Suministro a: *Vactors*, Parques y Jardines, Bomberos y Dependencias.

- Suministro de Agua para incendios

Los volúmenes de agua no medidos autorizados correspondientes a estos rubros se estimaron con base a los registros del periodo 2014 de la COMAPA. Con esta información se ajustaron los resultados de las pérdidas potenciales de agua en el sistema.

En la siguiente tabla se presenta un resumen de dichos volúmenes no medidos autorizados durante un año.

Tabla 32. Volumen no medido autorizado en el 2014

Uso	m³/año	L/s
Donaciones con Pipa a Comunidades.	303,840	9.63
Suministro a: Vactors, Parques y Jardines, Bomberos y Dependencias.	50,000	1.59
Oficinas de gobierno	125,000	3.96
Suma	**478,840**	**15.2**

De la tabla anterior se concluye que la COMAPA tiene autorizado y no medido un volumen consumido de **478,840 m^3 al año**, lo que representa que se dejan de facturar al año por este concepto un volumen de **0.48 Hm^3** que representan el **0.49%** del volumen producido.

Estimación de Pérdidas Identificadas o Comerciales

En el esquema presentado al inicio de este capítulo se observa que las pérdidas identificadas conocidas como pérdidas comerciales son consumos de agua que los usuarios realizan pero que la COMAPA no los cuantifica por diversas causas, entre las que se puede mencionar: errores de exactitud en los micro-medidores, errores de asignación de consumos a usuarios de cuota fija, errores de facturación por las incidencias en las tomas de lectura, así como los usuarios fraudulentos con usos distintos al contratado.

Errores de exactitud de los medidores

De los resultados de campo del Estudio de Diagnóstico y Planeación Integral (DIP) de la COMAPA realizado en 2013, se desprende que la eficiencia global de micro-medición es del **92.71%,** la cual no es muy aceptable y significa que se está sub-midiendo el **7.29%,** que representan **2, 983,222 m^3 al año**, los cuales no se están contabilizando o facturando. Esto representa que en un año se facturó un volumen de **37.93 Hm^3 al año**, debiéndose de haber facturado **40.91 Hm^3 al año**, lo que representa que se dejaron de facturar al año por error de precisión de los aparatos un volumen de **2.98 Hm^3** que representan el **3.07%** del volumen producido.

Errores de asignación de consumos a usuarios de cuota fija

Se llevó a cabo la comparación entre los consumos unitarios asignados a los usuarios de cuota fija y los dos obtenidos a partir de los registros de servicio medido incrementándolos un 20% debido a que los usuarios que no cuentan con un aparato de medición son más propensos al dispendio de agua en sus actividades cotidianas.

De esta manera se procedió a calcular los errores en asignación de cuota fija y el volumen no facturado por este tipo de errores, el cual equivale a un volumen anual de **1.46 Hm^3** lo que representa el **1.50%** del volumen producido.

Tabla 33. Error de asignación de consumo a usuarios de cuota fija

Clasificación	No. de Tomas Total	Consumo total en el periodo del Balance	Consumo Unitario Asignado a Cuota Fija m^3/mes	Consumo Unitario Valorado sin corregir m^3/mes	Consumo Unitario Valorado corregido (inc. 20%) m^3/mes	Volumen de agua no contabilizado por error de cuota fija	Consumo real de los usuarios de Cuota Fija
De 0 a 10 m^3	12,043	1,095,045	7.6	6.98	8.37	114,582	1,209,627
De 10 a 20 m^3	9,913	1,701,752	14.3	14.53	17.43	372,154	2,073,906
Más de 20 m^3	8,128	2,781,212	28.5	28.04	33.64	500,426	3,281,638
Suma	**30,084**	**5,578,009**	**15.5**		**18.2**	**987,162**	**6,565,171**
De 0 a 10 m^3	459	38,574	7.0	6.6	7.86	4,696	43,270
De 10 a 20 m^3	294	50,553	14.3	15.4	18.50	14,638	65,191
Más de 20 m^3	656	568,388	72.2	107.9	129.54	451,598	1,019,986
Suma	**1,409**	**657,515**	**38.9**		**66.8**	**470,932**	**1,128,447**
Total	**31,493**	**6,235,524**	**16.5**		**20.4**	**1,458,094**	**7,693,618**

Errores de facturación por las incidencias en las tomas de lectura

La COMAPA proporcionó información respecto al número de incidencias en la toma de lecturas de los medidores dentro del periodo de análisis, siendo estas 1, 263,355 incidencias, que representan 105,280 tomas a las que no se les toma lectura mensualmente y a las cuales se les asigna un consumo promedio correspondiente a los dos últimos meses, lo que genera que se deja de facturar por las incidencias en la toma de lecturas un volumen de **4.87 Hm^3** que representan el **5.01%** del volumen producido.

Finalmente se presenta en el resumen de los resultados obtenidos en los análisis de cada una de las pérdidas identificadas y eliminadas conocidas como pérdidas comerciales:

Tabla 34. Resumen de pérdidas identificadas o comerciales en el sistema

Pérdidas identificadas	Volumen no facturado Hm^3/año	Caudal no contabilizado L/s	Agua No Contabilizada %
Error de precisión en los micromedidores	2.98	94.6	**3.07%**
Incidencias en la toma de lecturas	4.87	154.6	**5.01%**
Error de asignación de cuota fija	1.46	46.2	**1.50%**
Suma Pérdidas Identificadas o Comerciales	**9.32**	**295.4**	**9.58%**

Estimación de Pérdidas Potenciales

La definición de las pérdidas potenciales se establece como un volumen de agua que ha sido suministrada a la red de distribución y que por un lado se desperdicia en fugas permanentes que no han sido detectadas y, por otro, en agua que es consumida por los usuarios pero que el organismo no tiene control de ella[6]

[6] Manual de incremento de eficiencia Física, Hidráulica y Energética en Sistemas de Agua Potable de la CONAGUA

Las pérdidas potenciales en el periodo de análisis del balance de agua se obtienen con la siguiente ecuación:

$$Vol_{epp} = Vol_{sumacorr} - Vol_{masc} - Vol_{nma} - Vol_{peridel}$$

Dónde:

Vol_{epp}= Volumen estimado de pérdidas potenciales (m^3)

$Vol_{sumacorr}$= Volumen de suministro total de agua corregido (m^3)

Vol_{masc}= Volumen consumido medido total autorizado sin corregir (m^3)

Vol_{nma}= Volumen consumido total no medido autorizado (m^3)

$Vol_{peridel}$=Volumen de pérdidas totales identificadas y eliminadas (m^3)

La ecuación anterior muestra que las pérdidas potenciales totales representan el volumen de agua que ingresa al sistema de distribución pero se desconoce su uso y destino final.

En la siguiente tabla se presenta el resultado del cálculo realizado para determinar las pérdidas potenciales dentro del sistema que opera la COMAPA.

Tabla 35. Pérdidas potenciales

Conceptos	Hm^3/año	L/s	%
Volumen Suministrado (ajustado)*	97.26	3,084.1	100.0%
Consumo Medido Autorizado sin corregir	37.93	1,202.8	39.00%
Consumo No Medido Autorizado	6.71	212.9	6.90%
Perdidas Identificadas y eliminadas	9.32	295.4	9.58%
Pérdidas potenciales	**43.30**	**1,373.0**	**44.52%**

**Nota: Ver apartado de volumen producido ajustado.*

Como se observa las pérdidas potenciales son de **43.3 Hm^3** al año, que representan el **44.52%** del agua suministrada, porcentaje alto que engloba tanto las fugas existentes en el sistema de distribución (pérdidas reales), como los usos no controlados producto del clandestinaje (pérdidas aparentes).

En algunos casos basta con este cálculo para determinar las pérdidas totales en un sistema de abastecimiento, sin llegar a discriminar cuánto volumen de esta agua corresponde a fugas (pérdidas reales) y cuánta a usos no controlados (pérdidas aparentes). Sin embargo, en este estudio aplicaremos una metodología implementada por el IMTA y adoptada por la CONAGUA para determinar el volumen de agua perdido en el sistema de distribución con el fin de determinar el porcentaje de pérdidas físicas que es indispensable conocer para calcular la demanda de agua de la población.

Estimación de Pérdidas Reales

Para el caso de este estudio se procedió a establecer un escenario de la integración o composición de las pérdidas potenciales, partiendo de una consideración o suposición respecto a las pérdidas aparentes o consumos no controlados por el organismo, mejor conocido como clandestinaje, que se encuentra sobre

todo en los asentamientos irregulares que se abastecen de tomas largas conectadas a la red de distribución más cercana, que sin duda existen en el sistema de distribución que opera la COMAPA.

Esta información no está disponible en el DIP, por lo que fue necesario considerar datos de Organismos Operadores similares donde esta pérdida representa entre el 2 y el 5% de la producción, adoptándose un volumen de **3.0 Hm^3** al año, que representan el **3.1%** del volumen producido.

Una vez estimado el volumen de las pérdidas aparentes, se procedió a determinar el volumen de las pérdidas reales, cuyo valor lo define la diferencia entre las pérdidas potenciales y las pérdidas aparentes.

Recuperando los valores estimados en los apartados previos, se tiene lo siguiente.

Tabla 36. Volúmenes de Pérdidas Reales en el Sistema de Distribución

Conceptos	Hm^3/año	L/s	%
Pérdidas potenciales	43.30	1,373.0	44.52%
Pérdidas aparentes o clandestinaje	3.0	95.1	3.1%
Pérdidas Reales	**40.30**	**1,277.9**	**41.44%**

Como se observa en la tabla anterior el volumen de pérdidas reales o físicas es de **40.3 Hm^3 al año** que representan el **41.44 %** del volumen producido.

Conocido el volumen total perdido en el sistema de distribución (pérdidas reales o físicas) se procedió a calcular que cantidad de este se pierde en las tomas y que cantidad en la red de distribución, tal y como se establece en la metodología del IMTA y la CONAGUA, señalado anteriormente y descrito con mayor puntuación en los párrafos siguientes.

Obtención del caudal perdido por tomas con fugas.

Con información del DIP, en cuanto al porcentaje de ocurrencia de fugas, el caudal promedio perdido por toma con fuga y el porcentaje de utilización de la red, en la siguiente tabla se presenta el calculó del caudal perdido en el sistema de distribución por las fugas en las tomas, así como el porcentaje que representa del caudal suministrado al sistema.

Tabla 37. Caudal perdido en las tomas

No. de Tomas	% de Ocurrencia de Fugas	No. de Tomas con Probabilidad de Fuga	Caudal Prom. Perdido en Tomas con Fuga	Caudal Perdido por Fugas en Servicio Continuo L/s	% de Utilización de la Red	Caudal Perdido por Fugas en Servicio L/s	% de Perdidas del Gasto Total Producido
224,962	10.50%	23,621	0.0417	985.4	95%	936.1	**30.35%**

De acuerdo con los resultados obtenidos se pueden establecer lo siguiente:

- Existen en el sistema **23,621** tomas con probabilidad de fuga.
- El gasto total que se puede perder por fugas en las tomas en servicio continuo es de **985.4 L/s**
- El gasto total perdido en las tomas con fuga del sistema, bajo las condiciones actuales de operación es de **936.1 L/s** que representan el **30.35 %** del caudal suministrado

De esta manera se tiene que existe un volumen que no se cuantifica de **29.52 Hm^3** al año, debido a que se pierde antes de llegar a los usuarios del servicio, por las fugas que existen actualmente en la toma domiciliaria.

Fugas en la red de distribución

El calculó del volumen perdido en la red de distribución es el resultado de la diferencia entre el volumen total de las pérdidas reales y el obtenido de las pérdidas en las tomas domiciliarias.

De lo antedicho se desprende que el volumen perdido en la red de distribución es de **10.78 Hm^3 al año**, es decir **341.8 L/s** que representan el **11.08 %** del total del agua suministrada, tal y como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 38. Caudal perdido en la red de distribución

Distrito Hidrométrico	Volumen Total Suministrado Hm^3/año	Volumen Total Consumido Hm^3/año	Volumen de Pérdidas Reales Hm^3/año	Volumen Perdido por Fugas en Tomas Hm^3/año	Volumen Perdido en Red de Dist. Hm^3/año	Caudal Perdido por Fugas en Red de Dist. L/s	% de Perdidas del Gasto Total Suministrado
Sistema de Distribución	97.26	56.96	40.30	29.52	10.78	341.80	**11.08%**

En resumen, en el sistema de distribución se pierden por fugas **40.30 Hm^3/año** (**41.4%**), de los cuales **29.5** Hm^3/año (**30.4%**) se pierden en las tomas con fuga y **10.8** Hm^3/año (**11%**) se pierden en la red de distribución.

Determinación de la Eficiencia Física

En este apartado se presenta un resumen de los resultado del balance de agua que como ya se ha mencionado es la técnica para diagnosticar la eficiencia física y el agua no contabilizada, disgregada ésta última en los consumos no medidos autorizados excluyendo de estos los correspondientes a los consumos de cuota fija, las pérdidas identificadas y eliminadas y las pérdidas potenciales, subdivididas estas últimas en las pérdidas aparentes (clandestinaje) y las pérdidas reales (fugas en tomas y en red de distribución).

Con relación a lo anterior se tiene que la eficiencia física se mide en porcentaje y es el tanto por ciento del volumen vendido o facturado a los usuarios con respecto al volumen de agua producida[7]. Para lo cual, el volumen de agua vendido se debe tomar de los registros mensuales de facturación de la COMAPA, tanto de los usuarios de servicio medido como de cuota fija, los cuales deben de arrojar el total de los metros cúbicos vendidos en el periodo de análisis del balance de agua (año 2014). La fórmula con la que se obtiene la eficiencia física de un Organismo Operador es la siguiente:

$$(\%)Efis = \frac{\text{Volumen facturado}}{\text{Volumen producido}} = \%$$

[7] Programa de Seguimiento de Indicadores de Gestión para Cumplimiento de Metas de Eficiencia Global.- CONAGUA

En este orden de ideas se tiene que el volumen facturado por la COMAPA durante todo el 2014, respecto a sus **224,962** usuarios registrados en su padrón (promedio anual), es de **44, 165,711 m^3**.

Por lo que toca al volumen producido – suministrado en el apartado de Infraestructura se presenta una amplia y completa evaluación del mismo, por lo que en este apartado sólo mencionaremos que el volumen suministrado ajustado es de **97, 260,456 m^3**.

De acuerdo con lo expresado en párrafos anteriores la **eficiencia física del sistema de agua potable de Reynosa, Tamaulipas, es del 45.4% y el Agua No Contabilizada (ANC) o no facturada que es el complemento de la eficiencia física es del 54.6%**, incluidas en esta última tanto los volúmenes no medidos autorizados (excluyendo los de cuota fija), las pérdidas identificadas y eliminadas y las pérdidas potenciales.

Con el objetivo de resumir el análisis con el cual se disgregó el agua no contabilizada se presenta a continuación una tabla resumen del balance de agua realizado en este apartado y que fue descrito ampliamente en los subapartados anteriores.

Tabla 39. Resultados del Balance de Agua en el Sistema de Abastecimiento

Conceptos	Hm^3/año	L/s	%
Volumen Suministrado			
Volumen Suministrado (ajustado)	97.26	3,084.1	**100%**
Volumen Suministrado	**97.26**	**3,084.1**	**100%**
Volumen Consumido (medido o no medido)			
Consumo Medido Autorizado sin corregir	37.93	1,202.8	**39.0%**
Consumo No Medido Autorizado (cuota fija)	6.24	197.7	**6.4%**
Total de Volumen Facturado	**44.17**	**1,400.5**	**45.4%**
Consumo No Medido Autorizado (varios)	0.48	15.2	**0.49%**
Total Volumen Consumido Autorizado	**44.64**	**1,415.7**	**45.9%**
Pérdidas identificadas (Comerciales)			
Error de precisión en los micromedidores	2.98	94.6	**3.07%**
Incidencias en la toma de lecturas	4.87	154.6	**5.01%**
Error de asignación de cuota fija	1.46	46.2	**1.50%**
Total de pérdidas identificadas	**9.32**	**295.4**	**9.58%**
Pérdidas Potenciales	**43.30**	**1,373.0**	**44.52%**
Fugas en Tomas	29.52	936.1	**30.4%**
Fugas en Red y cajas	10.78	341.80	**11.1%**
Total de Pérdidas Reales (Físicas)	**40.30**	**1,277.9**	**41.44%**
Usos clandestinos	3.00	95.1	**3.1%**
Agua No Contabilizada (ANC)	**53.09**	**1,863.6**	**54.6%**

En la siguiente figura se presenta el resultado final del balance de agua de una manera representativa del recorrido que realiza el agua dentro del sistema de abastecimiento, desde el ingreso o suministro de la

misma por parte del O.O. y hasta el ingreso del agua hasta los usuarios, quedándose en el camino una gran cantidad del vital líquido por las pérdidas comerciales y potenciales que habrá que reducir para mejorar la eficiencia física, comercial y global de la COMAPA.

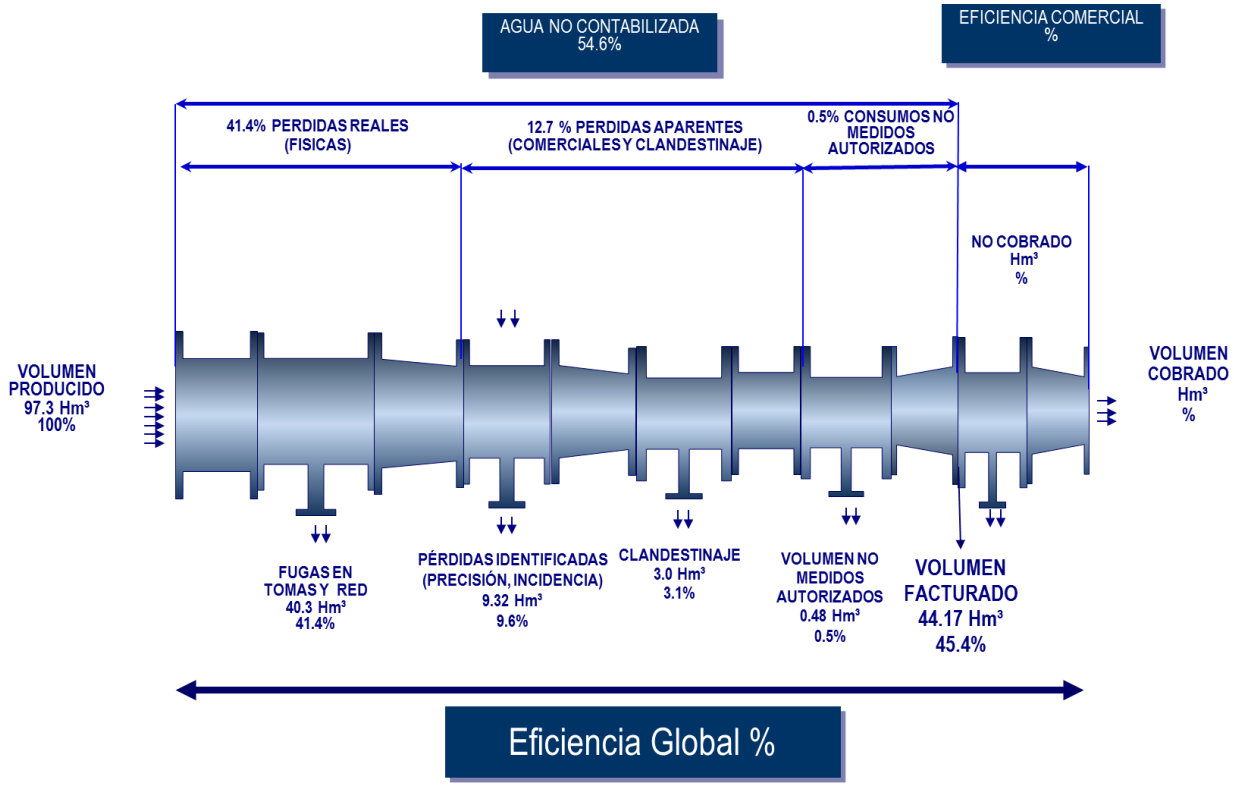


Figura 38. Esquema de Eficiencia Física y Agua No Contabilizada en la COMAPA

Corrección de consumos unitarios por tipo de usuario

Con base en los resultados obtenidos en el Balance de Agua –donde se determinaron los consumos no medidos autorizados, como las pérdidas comerciales, las pérdidas aparentes y las pérdidas reales- se ajustarán los consumos facturados.

En este sentido se tiene que el único volumen de agua que no es consumido es el correspondiente a las pérdidas reales. De esta manera se tiene que del volumen suministrado que es de **97.26 Hm^3 al año**, se consumen entre los medidos autorizados, los no medidos autorizados, las pérdidas identificadas y las pérdidas aparentes un volumen de **56.96 Hm^3 al año**, y en las pérdidas reales se desperdicia un volumen de **40.30 Hm^3 al año**, tal y como se muestra en el anexo 3 y la siguiente figura.

<table>
<tr><td>Fugas en tomas domiciliarias</td><td>29.52</td><td rowspan="4">Pérdidas Potenciales</td><td rowspan="4">43.30</td><td rowspan="2">Pérdidas Reales</td><td rowspan="2">40.30</td><td rowspan="9">Volumen No Cobrado ANC</td><td rowspan="9">53.09</td><td>40.30</td></tr>
<tr><td>Fugas en tuberías</td><td>10.78</td><td rowspan="8">56.96</td></tr>
<tr><td>Fugas en cajas</td><td>0</td><td rowspan="4">Pérdidas Aparentes</td><td rowspan="4">12.32</td></tr>
<tr><td>Usos Clandestinos</td><td>3.00</td></tr>
<tr><td>Errores de exactitud en medición</td><td>2.98</td><td rowspan="4">Pérdidas Comerciales</td><td rowspan="4">9.32</td></tr>
<tr><td>Errores de asignación de cuota fija</td><td>1.46</td></tr>
<tr><td>Errores de facturación por incidencias</td><td>4.87</td></tr>
<tr><td>Desface en periodos de lectura</td><td>0.00</td></tr>
<tr><td>Escuelas y oficinas de Gobierno</td><td>0.13</td><td rowspan="5">Consumos No Medidos Autorizados</td><td rowspan="5">6.71</td><td rowspan="6">Consumos Registrados y No Registrados</td><td rowspan="5">0.48</td></tr>
<tr><td>Parques, plazas y albercas municipales</td><td>0.00</td></tr>
<tr><td>Pipas y venta de agua</td><td>0.30</td></tr>
<tr><td>Incendios y otros</td><td>0.05</td></tr>
<tr><td>Usuarios cuota fija</td><td>6.24</td><td rowspan="2">Volumen Facturado corregido (Eficiencia Física)</td><td rowspan="2">44.17</td></tr>
<tr><td>Consumos de usuarios medidos</td><td>37.93</td><td>Consumos Medidos Autorizados</td><td>37.93</td><td>44.17</td></tr>
</table>

Figura 39. Resumen de los resultados del Balance de Agua

En virtud de que el volumen realmente consumido es superior al facturado, es necesario corregir los consumos unitarios para que de manera global se llegue al volumen realmente consumido de 56.96 **Hm^3 al año.**

En la siguiente tabla se presenta por tipo de usuario los volúmenes facturados y los consumos unitarios sin corregir, así como los volúmenes facturados y los consumos unitarios corregidos.

Tabla 40. Consumos Unitarios corregidos

Usuario	Volumen Consumido (Hm^3/año)		Consumo Unitario (m^3/toma/mes)		Consumo Unitario (l/hab/día) (l/uso/día)	
	Sin Corregir	Corregido	Sin Corregir	Corregido	Sin Corregir	Corregido
Doméstico	38,460,320	49,602,075	14.9	19.2	162	**209**
Comercial	2,951,425	3,806,438	29.5	38.0	970	**1,251**
Servicio Público	437,432	564,153	120.0	154.8	3,949	**5,093**
Industrial	2,315,947	2,986,865	213.2	275.0	7,013	**9,045**
No Domésticos	5,704,804	7,357,456	49.8	64.2	1,637	**2,112**
Total / promedio	**44,165,124**	**56,959,532**	**16.4**	**22.0**	**178**	**240**

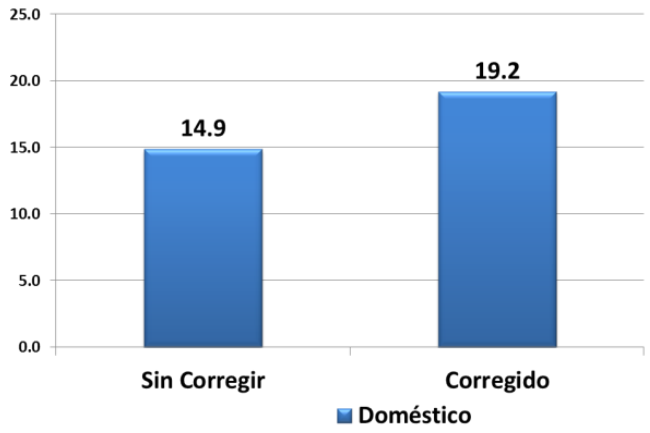


Figura 40. Comparativo de consumos sin corregir y corregidos de usuarios domésticos

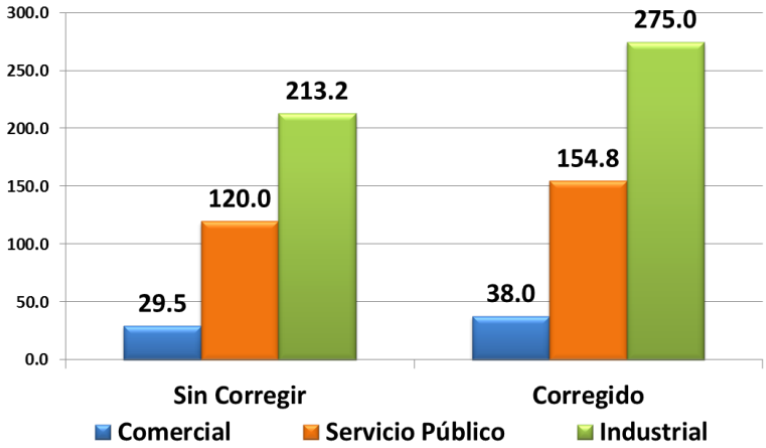


Figura 41. Comparativo de consumos sin corregir y corregidos de usuarios no domésticos

De esta manera se tiene que el consumo ajustado por toma de acuerdo a los volúmenes realmente consumidos por los usuarios del servicio, resultó de **22 m^3** por toma al mes incluyendo todos los usos, en lugar de los **16.4 m^3** por toma al mes de la facturación.

En resumen se tiene que los consumos unitarios "ajustados" que se emplearan en la Actualización del Plan Maestro de Reynosa son:

Tabla 41. Consumos unitarios por tipo de usuario

Tipo de Usuario	Consumo (l/hab/día) (l/uso/día)
Doméstico	209
Comercial	1,251
Servicio Publico	5,093
Industrial	9,045

Demanda actual de agua potable

La demanda de agua potable actual del sistema, se define como la suma de los volúmenes demandados por los usuarios domésticos conectados a la red de distribución; más el volumen demandado por los usuarios potenciales (sin servicio); más el volumen demandado por los sectores no domésticos (industria, comercio y servicio público); más el volumen que se pierde por fugas en el sistema.

De esta manera se procedió a calcular la demanda de agua potable actual con el siguiente procedimiento:

Se determinó la población de la ciudad de Reynosa conforme al análisis presentado anteriormente

Tabla 42. Total de habitantes año 2014

INEGI 2010 y Proyección CONAPO	Habitantes
Ciudad de Reynosa	649,807

Fuente: CONAPO

Se consideró la cobertura de agua potable, a partir de los resultados definitivos del Censo INEGI 2010, la cual se determinó a partir del número de viviendas con agua entubada dentro del predio entre el número total de viviendas habitadas, resultando del 95.6%.

Como criterio general, se consideró que los habitantes sin servicio tienen un consumo similar al de los habitantes con servicio.

A partir de los dos puntos anteriores, se determinó el número de habitantes con servicio de agua por tipo de usuario y el número de habitantes sin servicio:

Tabla 43. Población con y sin servicio

Tipo de Usuario	Habitantes sin servicio	Habitantes con servicio	Total de Habitantes
Doméstico	28 388	621 420	649 807

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de INEGI.

Los consumos por habitante y uso por su parte, resultaron del procedimiento de ajuste o corrección desarrollado en el apartado anterior. Una vez determinado el consumo corregido por tipo de usuario en m^3 por toma al mes, se obtuvo el consumo per-cápita por habitante en l/hab/día, a partir del "índice por toma", que es el número de habitantes por cada toma doméstica registrada en el padrón de usuarios del Organismo Operador, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$Índice\ por\ toma = \frac{Habitantes\ actuales}{No.\ de\ tomas\ domésticas.\ prom.anual}$$

El valor obtenido del "**índice por toma",** resultó de **3.02 hab/toma**, siendo este diferente al índice de hacinamiento del Censo 2010 (3.98).

Volumen demandado por los usuarios conectados a la red

Con base en los consumos definidos y la población estimada conectada a la red de agua potable, se calculó la demanda de agua potable promedio anual de los usuarios domésticos, resultando de 1,504.2 L/s tal y como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 44. Volumen de demanda de usuarios domésticos conectados a la red (promedio anual)

Tipo de Usuario	Consumo (l/hab/día)	Habitantes con servicio	Volumen de demanda anual (hm^3)	Demanda L/s
Doméstico	209	621,420	47.4	1,504.2

La demanda promedio anual de los usuarios no domésticos por su parte se calculó en:

Tabla 45. Volumen de demanda de usuarios no domésticos (promedio anual)

Tipo de Usuario	Consumo (l/uso/día)	N° de unidades	Volumen de demanda anual (hm^3)	Demanda L/s
Comercial	1 251	8 337	3.8	120.7
Servicio Público	5 093	304	0.6	17.9
Industrial	9 045	905	3.0	94.7
Total	**2 112**	**9 545**	**7.4**	**233.3**

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la COMAPA

Volumen demandado por los usuarios no conectados a la red.

Para los usuarios potenciales, es decir los que no cuentan con un servicio de agua potable y se abastecen a través de cualquier otro medio, la demanda se calculó utilizando los mismos valores de consumo empleados con los usuarios conectados a la red:

Tabla 46. Volumen de demanda de usuarios domésticos potenciales (promedio anual)

Tipo de Usuario	Consumo (l/hab/día)	Habitantes sin servicio	Volumen de demanda anual (Hm^3)	Demanda L/s
Doméstico	209	28 388	2.17	68.7

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la COMAPA

Volumen de pérdidas físicas

Por lo que toca al volumen de agua que se pierde en el sistema, anteriormente se presentó el balance de agua realizado para determinar el agua no contabilizada (ANC), la cual contienen tanto las pérdidas reales (físicas) como las pérdidas aparentes (comerciales y clandestinaje).

En la siguiente tabla se presenta un resumen de los resultados obtenidos en dicho Balance.

Tabla 47. Resultado del Balance de Agua

Volumen (Hm^3/año)		Eficiencia Física %	ANC %	Pérdidas Reales (Físicas) %	Clandestinaje %	Pérdidas Aparentes (Comerciales) %	Autorizado no medido (varios) %
Suministrado	**Facturado**						
97.3	44.2	45.4%	54.6%	**41.4%**	3.1%	9.6%	0.5%

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la COMAPA

Con el valor de las pérdidas reales o físicas presentado en la tabla anterior, se calculó la demanda de agua potable de la población. Aplicando este porcentaje de pérdidas al consumo demandado de 1,806.2 L/s de los diferentes tipos de usuario con y sin servicio, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$Demanda = \frac{Consumo\ Demandado}{(1 - \%\ Pérdidas\ físicas)}$$

De esta manera se tiene, que la demanda total es de **3,084.1 L/s**, por lo consiguiente el caudal perdido por fugas es de 1,277.9 L/s

Tabla 48. Volumen de pérdidas

Concepto	Promedio anual
Consumo Demandado (L/s)	1,806.2
Porcentaje de pérdidas (%)	41.4%
Demanda Total (L/s)	3,084.1
Gasto perdido (L/s)	1,277.9
Volumen perdido (Hm^3)	**40.3**

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la COMAPA

En resumen, la demanda actual de agua potable, considerada como la suma del volumen demandado por los usuarios domésticos y no domésticos con servicio de agua potable (usuarios conectados a la red); más el volumen demandado por los usuarios domésticos potenciales (no conectados a la red); más el volumen perdido por fugas en redes y tomas domiciliarias, se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 49. Demanda total actual del sistema (promedio anual)

Nivel de Ingreso	Demanda de usuarios con servicio	Demanda de usuarios potenciales	Demanda de usuarios no domésticos	Demanda por pérdidas físicas	Demanda total actual del sistema
Hm^3	47.4	2.2	7.4	40.3	97.3
L/s	1,504.2	68.7	233.3	1,277.9	3,084.1

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la COMAPA

Como se puede apreciar en la tabla anterior la demanda actual de la población de Reynosa es de **3,084.1 L/s** con una dotación promedio ponderada incluyendo todos los usos de 410 l/hab/día y un consumo per-cápita incluyendo todos los usos de 240 l/hab/día; para mayor detalle de los cálculos efectuados para el balance de agua y demanda consultar los anexos 3 y 4.

2.3. Análisis de la Oferta

En este apartado se presenta un análisis de la disponibilidad de agua en la zona de estudio, a partir de una descripción de los aprovechamientos actuales, resaltando algunos aspectos y condicionantes que se establecen a partir de la situación vigente, que determina la disponibilidad en cantidad y calidad de las aguas superficiales y subterráneas de la zona, así como del marco normativo que regula su aprovechamiento.

El Municipio de Reynosa, Tamaulipas, de acuerdo a la regionalización hidrológica de la CONAGUA se localiza dentro de la Región Hidrológica No. 24 denominada Bravo – Conchos, en el extremo norte de la República Mexicana. En donde el cauce principal en esta región es el Río Bravo, que con una longitud de 3,034 km es uno de los más largos de México, esta región hidrológica tiene una superficie de 229.7 mil km², con una precipitación media anual de 399 mm., con un escurrimiento natural medio superficial total de 5, 588 Hm³ al año[8].

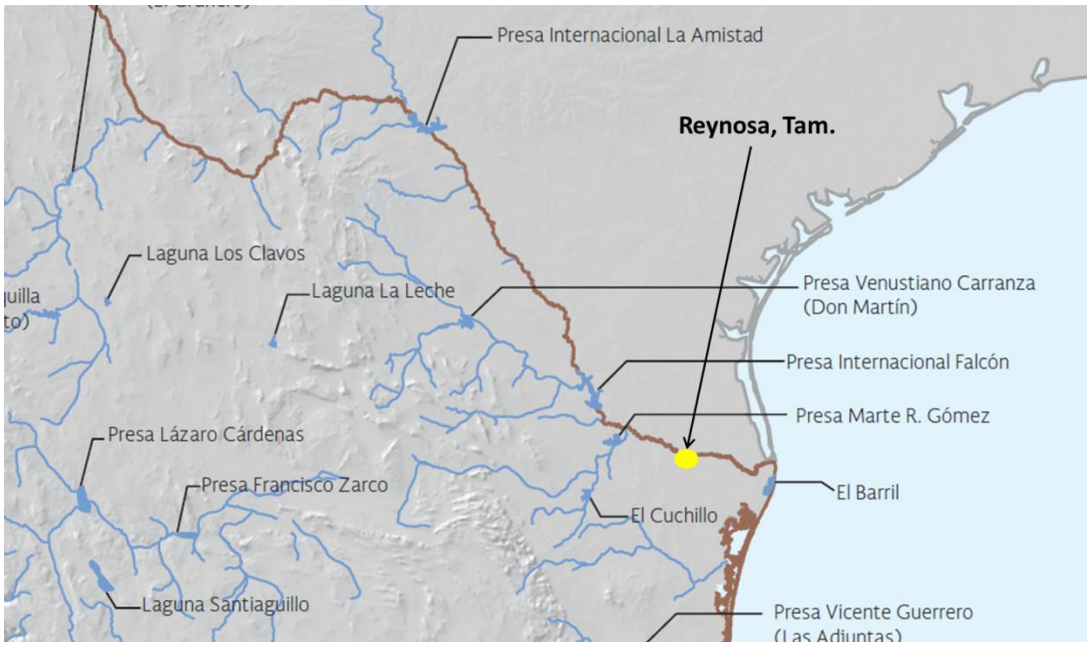


Figura 42. Reynosa, Tamaulipas en la Cuenca del Río Bravo.

Fuente: Atlas del Agua en México 2015 CONAGUA

Por otro lado, es sabido que la cuenca del río bravo es una de las 8 cuencas que se comparten con los países vecinos, de las cuales tres son con los Estados Unidos de América, como se aprecia en la siguiente figura.

[8] Atlas del Agua en México 2015 CONAGUA.



Figura 43. Cuencas compartidas entre México y Estados Unidos

Fuente: Subdirección de Planeación CONAGUA, 2013

De igual forma es sabido el agua de los ríos Bravo, Colorado y Tijuana se comparten conforme a lo indicado en el "Tratado de Aguas" firmado en Washington D.C. el 3 de febrero de 1944, donde se establecen 3 consideraciones sobre los seis cauces mexicanos (Conchos, San Diego, San Rodrigo, Escondico, Salado y Arroyo de las Vacas) que se mencionan a continuación:

1.- El volumen que México debe proporcionar a los Estados Unidos de América por concepto del tercio de los seis cauces mexicanos no será menor, en conjunto, en promedio y en ciclos de cinco años consecutivos, de 431.71 Hm^3 (350,000 acres pies) anuales, lo que equivale a suministrar un volumen mínimo de 2,158.6 Hm^3 (1,750,000 acres pies) en cada ciclo.

2.- En casos de extraordinaria sequía o de serio accidente en los sistemas hidráulicos de los afluentes mexicano, que hagan difícil para México dejar escurrir los 431.71 Hm^3 anuales, los faltantes que existieren al final del ciclo de cinco años se repondrán en el ciclo siguiente con agua procedente de los mismos tributarios

3.- En caso de que se cubra la capacidad asignada que tienen los Estados Unidos de América en las presas internacionales que comparten ambos países (Falcón y La Amistad), con aguas pertenecientes a los Estados Unidos, se considerará terminado un ciclo de cinco años y todos los volúmenes pendientes de entrega totalmente cubiertos, iniciándose a partir de ese momento un nuevo ciclo.

En la siguiente figura se presenta la distribución del agua conforme al Tratado de Aguas de 1944:

Corresponden a los Estados Unidos Mexicanos	Corresponden a los Estados Unidos de América
El total de los escurrimientos de los ríos Álamo y San Juan.	El total de los escurrimientos de los ríos Pecos y Devils, del manantial Goodenough y de los arroyos Alamito, Terlingua, San Felipe y Pinto.
Dos terceras partes del agua que llega a la corriente principal del Río Bravo proveniente de los seis cauces mexicanos siguientes: ríos Conchos, San Diego, San Rodrigo, Escondido, Salado y Arroyo de las Vacas.	Una tercera parte del agua que llega a la corriente principal del río Bravo proveniente de los seis cauces mexicanos siguientes: ríos Conchos, San Diego, San Rodrigo, Escondido, Salado y Arroyo de las Vacas.
La mitad de los escurrimientos no asignados en el tratado que llegan al cauce principal, entre Quitman y Falcón.	La mitad de los escurrimientos no asignados en el tratado que llegan al cauce principal, entre Quitman y Falcón.
La mitad del escurrimiento de la cuenca del Bravo, aguas debajo de Falcón.	La mitad del escurrimiento de la cuenca del Bravo, aguas debajo de Falcón.

Figura 44. Distribución de aguas del Río Bravo de acuerdo al Tratado de 1944

Fuente: Atlas del Agua en México 2015 CONAGUA

En la siguiente figura se presenta las capacidades asignadas de las presas internacionales en dicho Tratado:

País	La Amistad	Falcón
México	1 770	1 352
Estados Unidos de América	2 271	1 913

Figura 45. Capacidades asignadas de las presas internacionales

Fuente: Atlas del Agua en México 2015 CONAGUA

Aguas superficiales.

Actualmente Reynosa se abastece principalmente de las aguas superficiales del Río Bravo y canal Rodhe, y en menor escala de las aguas subterráneas del acuífero Bajo Río Bravo (2801), que se extraen mediante pozos profundos.

Las aguas superficiales son tomadas del río Bravo en la presa derivadora Internacional Anzaldúas y del canal Rodhe, que proviene de la toma Sur de la Presa Marte R. Gómez, con una obra de toma localizada dentro de la ciudad de Reynosa.

La cuenca hidrológica del Río Bravo presenta importantes retos para la preservación de la cantidad y calidad del agua, además de afrontar los problemas de escasez del recurso por la distribución irregular del agua entre usos, usuarios y entidades y por la sequía de los últimos años.

Es importante mencionar que Reynosa, Tamps., se localiza dentro de la cuenca hidrológica Río Bravo 13 (2437) dentro de la Región Hidrológica Bravo – Conchos (RH-24), perteneciente a la Región Hidrológica Administrativa (RHA) VI, la cual tiene una superficie de aportación de 1,394 kilómetros cuadrados, y geográficamente se ubica en la parte noreste del país. Se encuentra delimitada por las siguientes regiones y cuencas hidrológicas: al Norte por cuencas hidrológicas de los Estados Unidos de América, al Sur por la región hidrológica número 25 San Fernando-Soto La Marina, al Este por el Golfo de México, y al Oeste por la cuenca hidrológica río Bravo 12.

De acuerdo al último estudio de disponibilidad de aguas superficiales publicado en el diario oficial de la federación (DOF) del 29 de agosto de 2013, la cuenca hidrológica Río Bravo 13 tiene una disponibilidad media anual no comprometida de **0.96 Millones de m³**, determinada en un estudio que consideró lo mencionado en el inciso c) del párrafo B del Artículo 4 del Tratado publicado en el Diario Oficial de la Federación, el 30 de marzo de 1946, citado en el Decimoquinto Considerando del presente Acuerdo, en donde se señala que se asigna a los Estados Unidos una tercera parte del agua que llegue a la corriente principal del Río Bravo (Grande) procedente de los ríos Conchos, San Diego, San Rodrigo, Escondido, Salado y Arroyo de las Vacas; tercera parte que no será menor en conjunto, en promedio y en ciclos de cinco años consecutivos, de 431,721,000 metros cúbicos (350,000 acres pies) anuales. Los Estados Unidos no adquirirán ningún derecho por el uso de las aguas de los afluentes mencionados en este inciso, en exceso de los citados 431, 721,000 metros cúbicos (350,000 acres pies) salvo el derecho de usar la tercera parte del escurrimiento que llegue al Río Bravo (Grande), procedente de los afluentes mencionados, aunque ello exceda el volumen aludido.

Así, para considerar la porción que indica una tercera parte del agua que llegue a la corriente principal del Río Bravo (Grande) procedente de los ríos Conchos, San Diego, San Rodrigo, Escondido, Salado y Arroyo de las Vacas, se consideró un volumen promedio anual actual comprometido igual a tres veces 431, 721,000 metros cúbicos, esto es 1, 295, 163,000 metros cúbicos como volumen anual actual comprometido hacia aguas abajo de la subregión denominada Seis Tributarios. Así también se consideró una exportación de 431, 721,000 metros cúbicos en la subregión hidrológica denominada Medio Río Bravo.

La actualización del balance hidrológico realizado señala una diferencia de 202, 020,000 metros cúbicos promedio anuales en la subregión hidrológica denominada Seis Tributarios, para completar al menos el valor mínimo anual de 431,721,000 metros cúbicos promedio conforme al Tratado de 1944. Asimismo, dicho balance señala una diferencia de 494, 120,000 metros cúbicos anuales para completar el volumen anual actual comprometido hacia aguas abajo de la subregión denominada Medio Río Bravo.

Dados los señalamientos de la Norma Oficial Mexicana "NOM-011-CONAGUA-2000, Conservación del recurso agua-Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales", publicada en el Diario Oficial de la Federación el 17 de abril de 2002 y de las condiciones actuales con que se realizó la actualización de la disponibilidad en las 2 subregiones hidrológicas y las 10 cuencas hidrológicas que comprenden el presente Acuerdo, los volúmenes aportados por la subregión hidrológica Seis Tributarios hacia la subregión hidrológica Medio Río Bravo, no son suficientes para cumplir con los volúmenes concesionados y con lo señalado en la segunda parte del inciso c) del párrafo B del Artículo 4 del Tratado publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de marzo de 1946, citado en el Decimoquinto Considerando del presente Acuerdo.

En las siguientes figuras se presenta un mapa de la República Mexicana donde se localizan las 731 cuencas hidrológicas, de las cuales 627 están en condiciones de disponibilidad y 104 cuencas con disponibilidad negativa o déficit. Así como un mapa donde se observa la cuenca hidrológica Río Bravo 13 (2437) donde se localiza la ciudad de Reynosa.

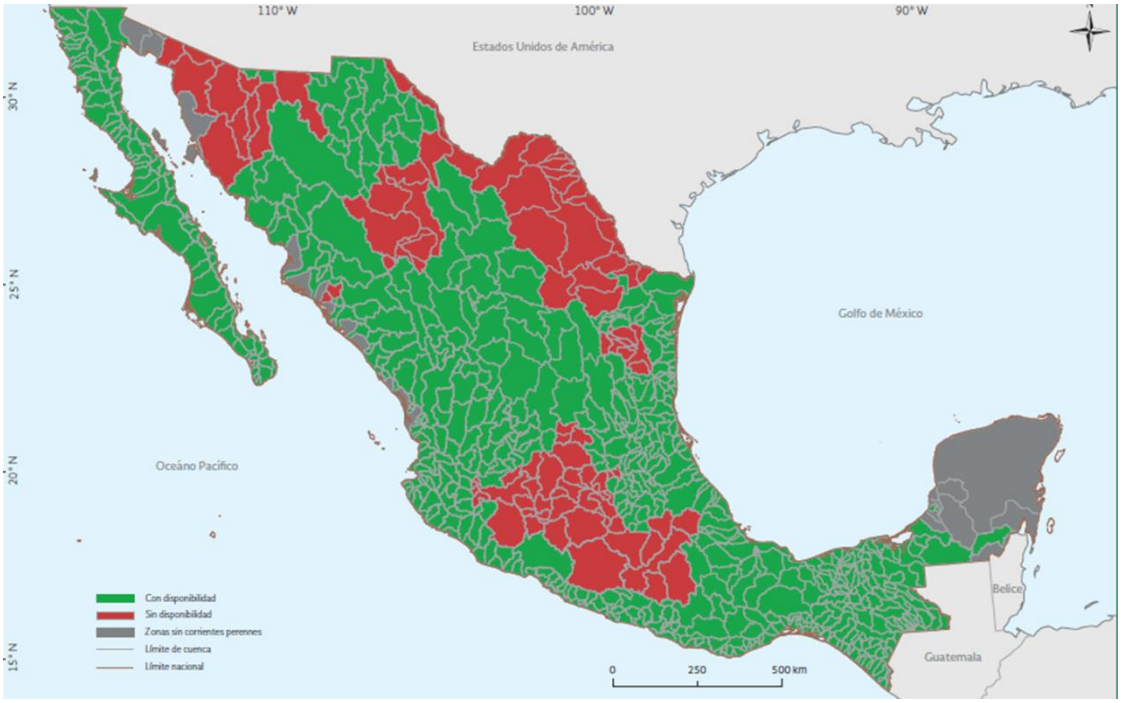


Figura 46. Cuencas hidrológicas con publicación de disponibilidad en el DOF 2014

Fuente: Atlas del Agua en México 2015, CONAGUA

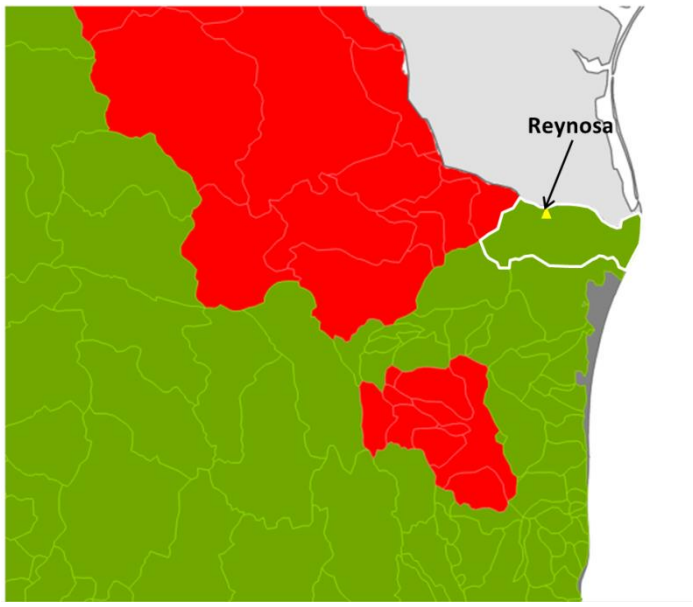


Figura 47. Cuenca Hidrológica Río Bravo 13 (2437)

Fuente: Atlas digital del agua México 2012, CONAGUA

Ahora bien, de acuerdo al Registro Público de Derechos del Agua (REPDA) de la CONAGUA; Reynosa tiene la concesión de 48.4 Hm^3/año de aguas superficiales del Río Bravo.

Tabla 50. Volumen concesionado de aguas superficiales a nombre de la COMAPA

Concesionario	No. Concesión	Vol. (m³/año)	Caudal (L/s)
Comisión Municipal de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Reynosa, Tamaulipas (COMAPA)	06TAM100226/24HAOC08	48,400,000	1,534.75
Total		**48,400,000**	**1,534.75**

Fuente: (DOF, 2013)

Por otro lado, como ya se mencionó la disponibilidad media anual total de las aguas nacionales superficiales no comprometidas que se descargan hasta la desembocadura en el Golfo de México de la región hidrológica que comprende el Río Bravo, de acuerdo a la declaratoria de actualización de disponibilidad de aguas superficiales publicada en el Diario Oficial de la Federación el 29 de agosto del 2013 asciende a **0.96 millones de metros cúbicos anuales**, que corresponde exclusivamente a la cuenca hidrológica Río Bravo 13.

Lo anterior significa que existe una disponibilidad de aguas superficiales casi nula (30 L/s) para cubrir las necesidades a corto, mediano y largo plazo de una ciudad del tamaño de Reynosa.

No obstante lo anterior, el mismo tratado sobre aguas internacionales establece en el Artículo 3, para los asuntos que la Comisión (CILA) deba resolver en cuanto al uso común de las aguas internacionales, una guía del orden de preferencia, **en la cual el uso doméstico y municipal ocupa el primer lugar**.

Asimismo la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento establece en su Artículo 13 Bis 3 que los Consejos de Cuenca tendrán a su cargo la concertación de las prioridades del uso del agua con sus miembros y con el Organismo de Cuenca que corresponda, conforme a lo dispuesto en el párrafo tercero del Artículo 22 de la LAN, donde se establece que **el uso doméstico y público urbano siempre serán preferentes sobre cualquier otro uso**.

Por lo que resulta imperante e inaplazable la necesidad de convocar a todas las partes involucradas para una revisión y modificación de los volúmenes asignados e inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), de los diferentes usos consuntivos (agrícola, abastecimiento público, industria autoabastecida y termoeléctricas) y no consuntivos (hidroeléctricas).

Por otro lado, con las obras realizadas por la CONAGUA para el revestimiento, en sus dos fases, del Canal Rodhe, así como la apertura de las compuertas de dicho canal para el trayecto de 120 kilómetros del líquido por el Canal Rodhe que cruza la ciudad de Reynosa, se restableció el abasto de agua a la población como a los agricultores del DR-026 localizados al Sureste de la ciudad (Bajo Río San Juan).

Las obras que la Comisión Nacional del Agua emprendió en este importante afluente de la ciudad derivan en la significativa reducción de las filtraciones que se dan por causas naturales, como el escurrimiento del agua o la permeabilidad del lecho.

Estas obras son un beneficio de la CONAGUA para la ciudad de Reynosa, aunadas a la obra de rehabilitación de la planta de bombeo Anzaldúas-Rodhe que se realizaron en cumplimiento del acuerdo del Comité Técnico de Operación de Obras Hidráulicas de la CONAGUA, que establece la desincorporación del suministro de agua para consumo humano de la ciudad de Reynosa de la cuenca del río San Juan y su dependencia de las aguas del río Bravo, lo que hace necesario pasar las aguas del canal Anzaldúas al canal Rodhe por medio de dicha planta de bombeo.

Resulta importante destacar que ésta obra se realizó para apoyar en el suministro de uso público urbano de Reynosa y para los usuarios de riego, para que estos últimos cuenten con mayores volúmenes y de manera más oportuna para cubrir la demanda de sus cultivos.

También es importante señalar que adicionalmente con esta obra en el apoyo al suministro de uso público urbano de Reynosa, se podrá eliminar el bombeo del agua cruda desde la presa internacional Anzaldúas a la Planta Pastor Lozano, condición que traerá en consecuencia una reducción en el consumo de kWh y por ende en los costos de operación.

Ahora bien, dichas obras requirieron de incrementar la capacidad de captación de agua del canal Rodhe para ser enviada a las plantas potabilizadoras que opera la COMPA, lo que muy probablemente se vea reflejado en un aumento en el caudal potabilizado y entregado a la población de Reynosa.



Figura 48. Tramo del Canal Rodhe rehabilitado

Con obras como el revestimiento del canal se puede recuperar agua desaprovechada por los diferentes usos consuntivos, pero lo más importante como se señaló en párrafos anteriores es revisar y modificar los volúmenes asignados e inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), de los diferentes usos consuntivos (agrícola, abastecimiento público, industria autoabastecida y termoeléctricas) y no consuntivos (hidroeléctricas).

Aguas subterráneas.

En cuanto a lo que se refiere a las aguas subterráneas, se tiene que Reynosa se localiza dentro de la zona que delimita al acuífero 2801 Bajo Río Bravo, el cual de acuerdo a la "Actualización de la Disponibilidad Media Anual subterránea, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 20 de abril del 2015" presenta **una disponibilidad media anual de las aguas subterráneas de 129.70 Hm³** con fecha de corte en el Registro Público de Derechos de Agua al 30 de junio de 2014.

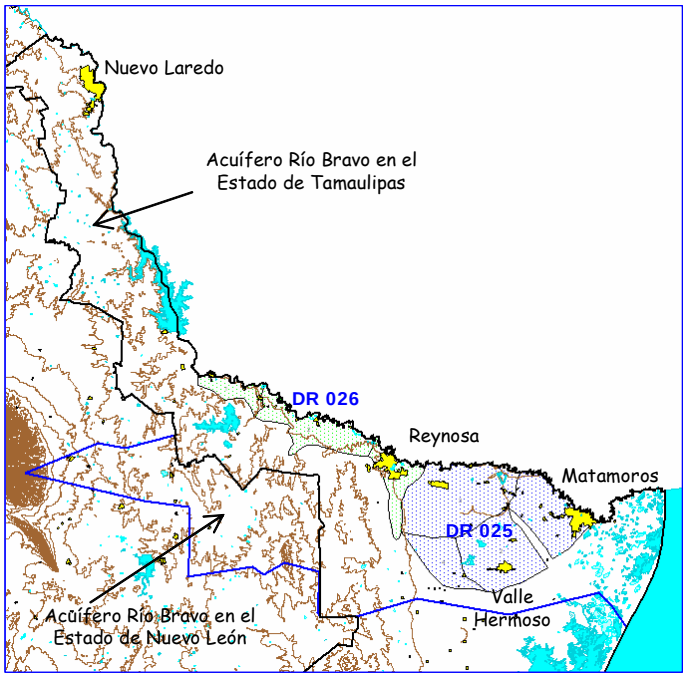
La zona que delimita la poligonal del acuífero 2801 Bajo Río Bravo comprende el territorio de 10 municipios de Tamaulipas: Nuevo Laredo, Guerrero, Mier, Miguel Alemán, Gustavo Díaz Ordaz, **Reynosa**, Río Bravo, Valle Hermoso y Matamoros; así como otros 5 municipios del estado de Nuevo León: Agualeguas, General Treviño, Los Aldamas, Doctor Coss y General Bravo.

Dentro del acuífero hay una parte al noreste donde se localiza el Distrito de Riego 025, el cual está situado entre los poblados de Río Bravo y Matamoros, el cual se provee de agua de la presa Falcón, construida al

poco tiempo de formarse el distrito en 1953 y la Presa La Amistad, ambas son compartidas con los Estados Unidos, por lo que son manejadas por la Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA) El agua almacenada en ambas presas se utiliza para riego, generación de energía eléctrica, abastecimiento de agua potable, control de avenidas y recreación.

Del mismo modo dentro de la superficie del acuífero, se encuentran asentados el Distrito de Riego 026 “Bajo Río San Juan”.

La zona en la que se ubica el acuífero 2801 Bajo Río Bravo corresponde una morfología prácticamente llana, de bajas pendientes, que se caracteriza por los meandros que se forman en torno al río Bravo, formando parte del Valle del Bajo Río Bravo que se extiende desde el Golfo de México hasta las inmediaciones de Reynosa, la cual se encuentra en la parte media de este Valle. Desde el punto de vista geológico el acuífero está ubicado en la Subprovincia de la Cuenca de Burgos, adscrita en la Provincia Geológica del Noreste de México.



Fuente: DOF, 2015

Figura 49. Reynosa dentro de la poligonal que delimita la zona del acuífero 2801 Bajo Río Bravo

El DR025 se encuentra sujeto a las disposiciones del Decreto de Veda (sin clasificación) “Distrito de Riego Bajo Río Bravo” publicado en el Diario Oficial de la Federación el 9 de febrero de 1955, en el cual establece que excepto cuando se trate de alumbramientos de aguas para usos domésticos, nadie podrá efectuar obras de alumbramiento para el aprovechamiento de las aguas del subsuelo en la zona vedada, ni modificar las existentes sin previo aviso por escrito, concedido por la Autoridad del Agua, la cual solo lo expedirá en los casos en que los estudios correspondientes deduzca que no causaran perjuicios a terceros.

De acuerdo a la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua, tanto los 10 municipios de Tamaulipas como los 5 del estado de Nuevo León, se localizan en zona de disponibilidad 6, asimismo, el acuífero pertenece al

consejo de Cuenca del Río Bravo, sin embargo aún no se establece un Comité Técnico de Aguas Subterráneas (COTAS).

El río Bravo y la mayoría de sus afluentes en su parte mexicana, se encuentran bajo una intensa explotación y sus aguas se utilizan para el riego de tierras agrícolas, para el abastecimiento municipal de muchas ciudades importantes y para el uso de industrias que se han establecido en la faja fronteriza del país, en esta importante región.

Debido a esto, el problema principal del DR025 es la escasez de agua, porque el agua disponible de manera segura no es suficiente para el riego agrícola ya que es la actividad principal que demanda gran parte de los recursos hídricos, en el cual la producción de los cultivos se ve afectada.

Los usos industriales del agua del Río Bravo, también han venido creciendo en años recientes con la instalación de maquiladoras, algunas de las cuales requieren de volúmenes significativos de este escaso recurso.

La zona de estudio conforma una región que ha sido medianamente estudiada por diferentes empresas y dependencias, en la siguiente tabla se presenta un resumen de los estudios realizados y sus resultados y conclusiones a las que llegaron.

Tabla 51. Estudios Técnicos realizados al Acuífero Bajo Río Bravo

No.	Año	Estudio	Resultados - Conclusiones
1	1970	Estudio Geohidrológico completo de la zona baja del río Bravo	El acuífero se comporta como confinado y es de muy baja productividad
2	1981	Estudio Geohidrológico de actualización	La concentración mínima de STD es de 600 mg/L, y la mayor de 15,000 mg/L, con un promedio de 3,159 mg/L.
3	1995	Estudio Geofísico y Geohidrológico para determinar zonas adecuadas de explotación	Detectan la existencia en la mayor parte de la región estudiada, de un paquete de arcilla saturada con alto contenido de sales, que se sitúa aproximadamente entre los 5 y los 50 m de profundidad.
4	2001	Estudio de Pre factibilidad Geohidrológico para la ubicación de nuevas fuentes	La zona más favorable para la ocurrencia de agua subterránea se ubica entre los poblados de la Retama y El Guerreño. Y se determinó que el área de Reynosa y su entorno presentan problemas de salinidad debido principalmente a las condiciones geológicas de la zona
5	2005	Estudio de Evaluación Hidrogeológica del Acuífero localizado en la Región 24 - G y Estudio para la Potabilización del Agua Subterránea	Se determinó que existen posibilidades para extraer del subsuelo en las zonas aledañas de las ciudades de Reynosa y Matamoros.
6	2005	Caracterización Hidrogeoquímica del Acuífero	En términos generales la salinidad del agua subterránea en la zona que estudiaron varia de 2,000 a 2,500 mg/L.
7	2006	Estudio de actualización de mediciones piezometricas para la disponibilidad del Agua Subterránea en el Acuífero Bajo Río Bravo	Los resultados y conclusiones sirvieron de base para la elaboración de la "Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Bajo Río Bravo (2801).

Como se observa en la tabla anterior el último estudio realizado sirvió de base para elaborar el documento más reciente que existe en cuanto a la disponibilidad de agua subterránea del acuífero Bajo Río Bravo

publicado en el DOF, motivo por el cual y con la finalidad de tener un marco de referencia del citado Acuífero, se presenta a continuación parte de la información plasmada en dichos estudios y documentos:

A lo largo del tiempo se han reconocido y clasificado algunas zonas de producción de agua subterránea, sin embargo las fuentes principales, en cantidad y calidad se encuentran emplazadas en los depósitos aluviales y fluviales del río Bravo, otras se encuentran localizadas en antiguos cauces abandonados del mismo río y el resto se ubican en porciones arenosas de las formaciones geológicas terciarias de la región.

En el año 2006, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), realizó una zonificación basada en las características litológicas de las unidades, así como en la calidad del agua que contienen, de esta forma definieron las 7 unidades hidrogeológicas como se muestran en la siguiente figura:

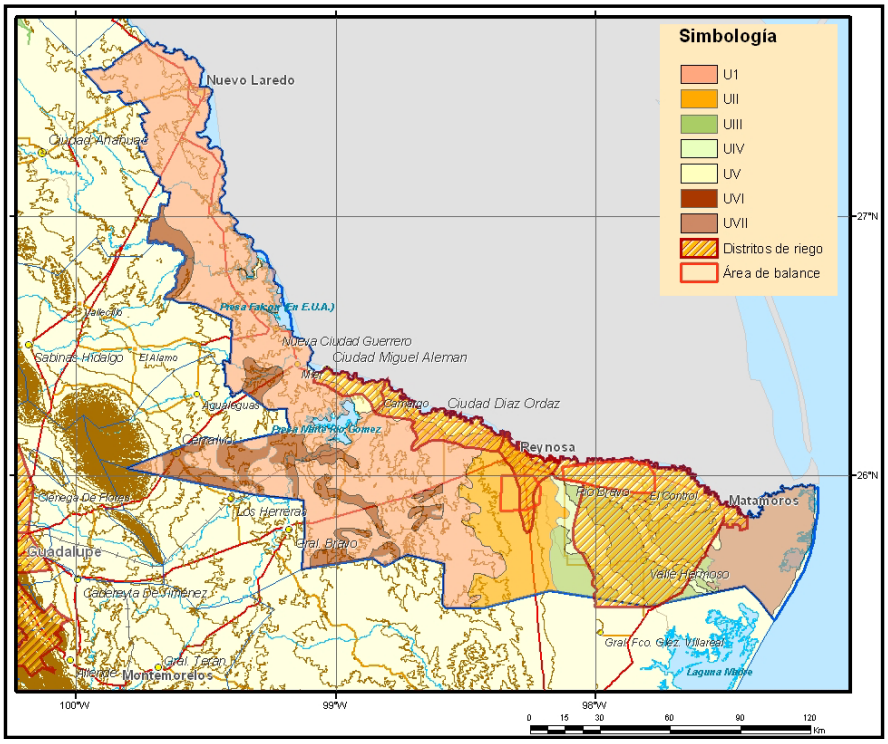


Figura 50. Unidades hidrogeológicas del acuífero 2801 Bajo Río Bravo

Las unidades más importantes son la II y V, por la cantidad y calidad del agua que contienen, por lo que se presentan como dos posibles alternativas de agua subterránea en la zona para su aprovechamiento.

Unidad II. Acuífero de potencialidad media, de buena a regular calidad; la conforman las formaciones Goliad y Lissie, ubicadas al centro-este del Acuífero Bajo del Río Bravo

Unidad V. De potencialidad media, con agua de buena calidad; está constituido por los sedimentos aluviales recientes del río Bravo; su principal área de exposición está entre las poblaciones de Reynosa y Matamoros, donde su espesor es muy irregular y varía de 200 a menos de 15 m.

En estas unidades se encuentran los dos sistemas acuíferos principales del Acuífero Bajo Río Bravo (ABRB) el primero de estos sistemas de le denomina **"Acuífero Sur de Reynosa"** y el segundo **"Acuífero Reynosa–Matamoros"**, los cuales se encuentran separados por la Unidad III (Formación Beaumont) que constituye un

acuitardo y solo en sus horizontes más arenosos se forman acuíferos de baja productividad, con agua de alta salinidad denominado Acuitardo Beaumont.

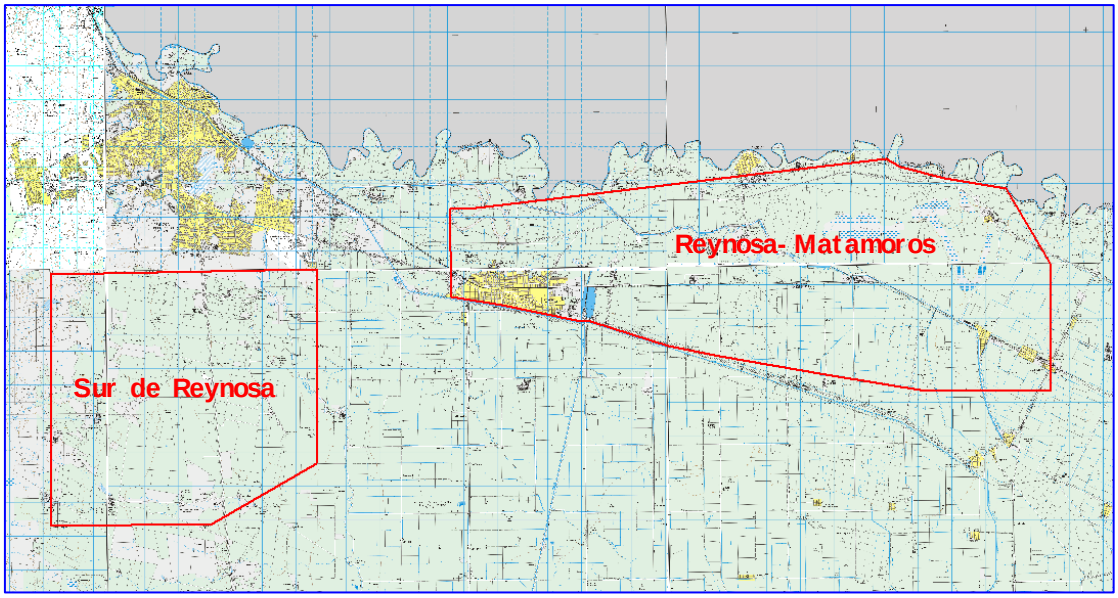


Figura 51. Ubicación de los Sistemas acuíferos Sur de Reynosa y Reynosa–Matamoros

Fuente: Actualización de la disponibilidad de agua subterránea en el Acuífero Bajo Río Bravo 2015

Ambos sistemas acuíferos (Sur de Reynosa y Reynosa–Matamoros), representan una opción para Reynosa, por su ubicación, no obstante, se deben de tener en cuenta también los aspectos relativos a la calidad del agua.

Durante el 2001 la empresa americana SCHULUMBERGER Integrated Water Solutions realizó un estudio de prefactibilidad para la ubicación de nuevas fuentes de abastecimiento de agua subterránea, en donde establecieron una visión general del recurso del agua en la región de Reynosa e identificaron zonas con posibilidades para la explotación de agua subterránea, realizando un censo a 48 aprovechamientos dando prioridad a los pozos destinados al uso agrícola, se midieron niveles estáticos y dinámicos y se obtuvieron 5 muestras de agua subterránea y una más del río Bravo a fin de conocer las características físicas y químicas del agua subterránea y superficial.

En el estudio se concluyó que la zona más favorable para la ocurrencia de agua subterránea se ubica entre los poblados de La Retama y El Guerreño, en donde existe una cantidad no cuantificada de pozos profundos que proporcionan caudales de 60 L/s con profundidades del orden de los 200 m.



Figura 52. Ubicación de los poblados La Retama y El Guerreño.

Determinándose que el área de Reynosa y su entorno presentan problemas de salinidad debido principalmente a las condiciones geológicas de la zona y que la mejor calidad del agua subterránea se encuentra en las cercanías y a lo largo del cauce actual del río Bravo, ya que cuando el área de aprovechamiento se ubica más lejana de la influencia del río, se presenta un deterioro progresivo de la calidad del agua subterránea. Las aguas más salinas se encuentran por lo general por debajo de los 150 m de profundidad, pero no se ha definido una ocurrencia preferencial excepto para algunas muestras de agua poco profundas, lo que podría afectar por retornos de riego o ascenso de aguas salinas más profundas.

Otro factor del deterioro de la calidad del agua subterránea en la zona es la de su ubicación dentro de la región productora de petróleo la “Cuenca de Burgos”, ya que en algunas zonas se favorece el ingreso de aguas antiguas provenientes de salmueras, que podrían haber migrado desde las profundidades por fracturas y fallas en los depósitos terciarios subyacentes.

El principal problema de la calidad del agua subterránea del acuífero Bajo Río Bravo es la salinidad del agua subterránea que de acuerdo a los estudios realizados, varía de 600 mg/L hasta más de 11,000 mg/L en salinidad, en donde los principales iones que son causantes de este grado de salinidad son el sodio y los cloruros.

De esta manera se tiene que a finales de 2014 se habían identificado a nivel nacional 31 acuíferos con suelos salinos y agua salobres, dentro de los cuales se encuentra el acuífero Bajo Río Bravo (2801), donde convergen condiciones de poca precipitación pluvial, altos índices de radiación solar y por lo tanto de evaporación, así como la presencia de aguas congénitas y minerales evaporíticos de baja disolución. También en ese año se presentó intrusión marina en 15 acuíferos costeros a nivel nacional, como se puede observar en la siguiente figura.

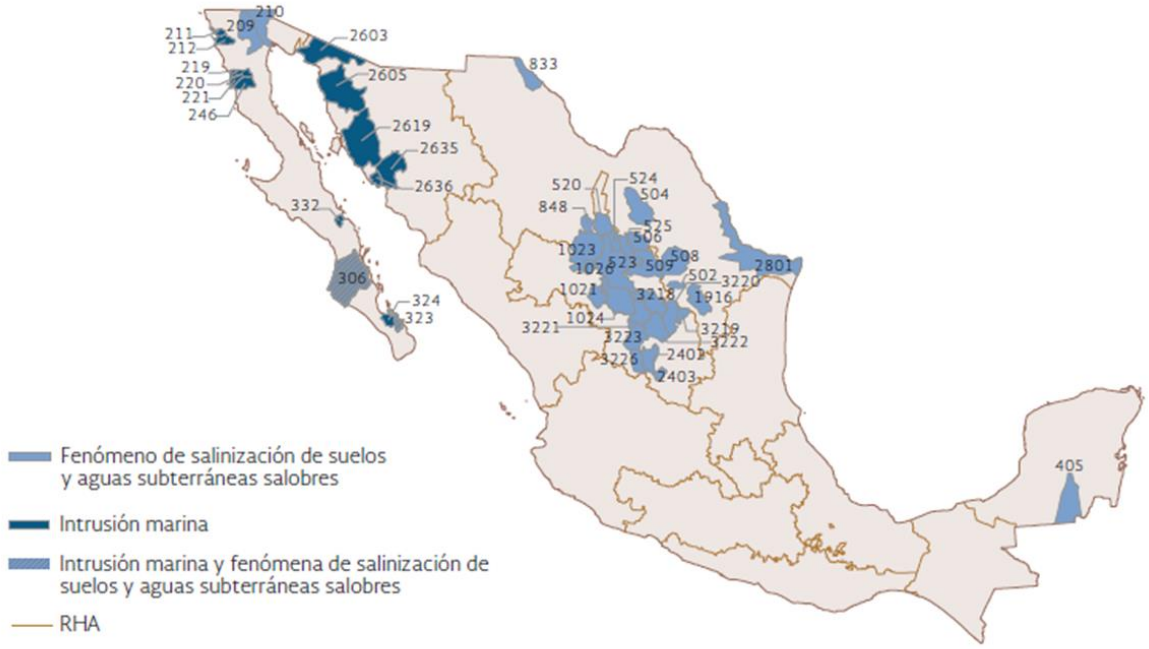


Figura 53. Acuíferos con salinización de suelos y aguas subterráneas salobres / incrustación marina

Fuente: Atlas digital del agua México 2012, CONAGUA

Ahora bien, se sabe que las aguas más salinas se encuentran generalmente por debajo de los 150 m de profundidad y que el agua dulce o moderadamente salina está por arriba de los 30 m, aunque en realidad no se cuenta con un modelo conceptual que explique esta situación y en cuanto a su distribución se destacan las zonas de agua “dulce” ubicadas a lo largo del cauce del Río Bravo y tierra adentro en zonas de acuíferos someros, principalmente de las formaciones Goliad y Lissie.

En lo que respecta a la calidad del agua para riego dentro del Acuífero Bajo Río Bravo, la mayoría de las muestras de agua provenientes de los pozos se clasifican como C4-S2 y C4-S3, que corresponden a agua con muy alto contenido de sales con contenido medio y alto de sodio, por lo que no se consideran apropiadas para la agricultura. En menor proporción se presentan agua C3-S1, salinidad alta y baja contenido de sodio y C4-S4 que representa muy altos contenidos de sales y sodio.

Por otro lado, en cuanto a la producción agrícola que se desempeña en Tamaulipas, la superficie a sembrarse depende directamente de la disponibilidad de agua existente en el sistema de presas internacionales, sin embargo, en el norte del país es frecuente la presencia de sequías, provocando que las precipitaciones pluviales sean nulas y por lo tanto no existan recargas naturales de los acuíferos.

En los últimos 50 años se han registrado sequías importantes, en donde se vieron afectados simultáneamente a los cinco estados de la región como Coahuila, Chihuahua, Durango, Nuevo León y Tamaulipas. Las sequías se presentan entre dos y cuatro meses, entre los meses de julio a septiembre que en condiciones normales son los meses de mayores precipitaciones pluviales.

Las zonas con menor probabilidad de sequía tienen una alta concentración con aquellas zonas de mayor variabilidad de la precipitación, característica que es típica de toda la región de la Frontera Norte, por lo que es altamente probable la ocurrencia de fenómenos periódicos de sequía.

El CENAPRED tiene identificada la zona en la que se ubica Reynosa como una zona de alto y medio peligro de sequía como se muestra en la siguiente figura:

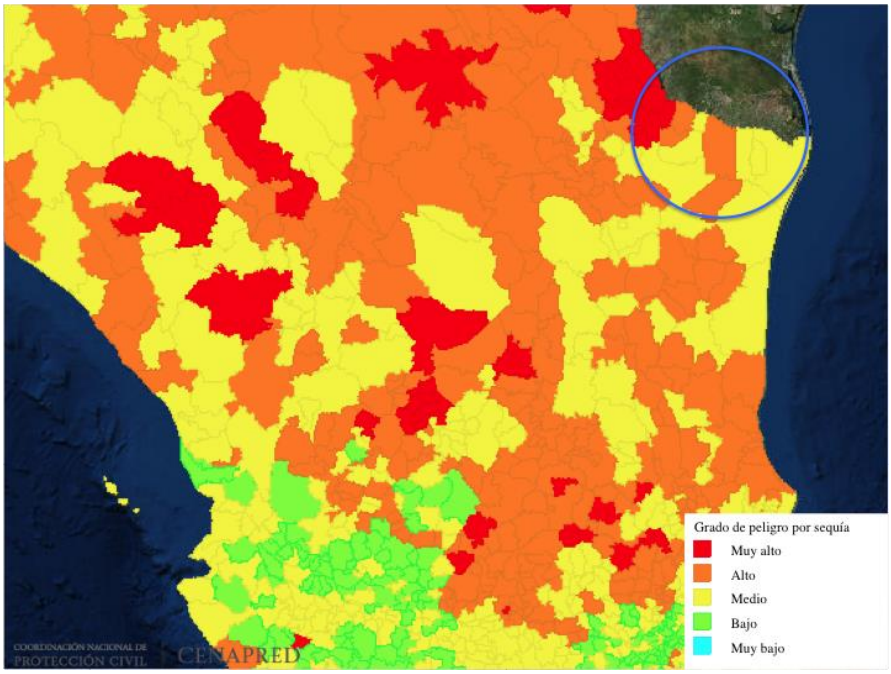


Figura 54. Grado de peligro por sequía en la zona que se localiza Reynosa (CENAPRED)

Fuente: DOF, 2014

Los efectos en la agricultura y ganadería son severos durante las sequías, ya que causan pérdidas totales o parciales de la producción en ambas actividades, disminuyendo la superficie cosechada en los distritos de riego.

Los principales cultivos del Distrito 025 son el maíz y el sorgo, en los años que se redujo el agua de riego, la superficie de maíz disminuyo considerablemente, cambiándose por superficie de sorgo el cual requiere menos riegos pero tiene menores utilidades, ya que de acuerdo a las Estadísticas Agrícolas de los Distritos de Riego 2013-2014, el rendimiento de costo por hectárea es de $27.78 para una producción de maíz y $14.44 para sorgo.

En este mismo orden de ideas en el Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018 se tiene identificada la zona en la que se ubica Reynosa como una zona crítica en donde se podría presentar un escenario con una disminución de la precipitación pluvial entre un 20% y 30% como se muestra en la siguiente figura.



Figura 55. Cambios en el promedio de precipitación anual para el futuro (2015 a 2039)

Fuente: http://escenarios.inecc.gob.mx/de DOF, 2014

Respecto a la asignación de aguas subterráneas para uso público urbano en el REPDA se tiene un registro de 3 títulos de concesión a nombre de la COMAPA y uno a nombre de la CEAT, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 52. Volumen concesionado de aguas subterráneas a nombre de la COMAPA

No.	Concesionario	No. Concesión	Vol. (m^3/año)	Caudal (m^3/s)
1	Comisión Estatal de Agua Potable y Alcantarillado	2TAM103464/24HLGE95	64,386.00	2.04
2	Comisión Municipal de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Reynosa, Tamaulipas (COMAPA)	06TAM102241/24HMOC09	2,463.75	0.08
3	Comisión Municipal de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Reynosa, Tamaulipas (COMAPA)	06TAM102356/25HLOC10	13,685.00	0.43
4	Comisión Municipal de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Reynosa, Tamaulipas (COMAPA)	06TAM102242/24HMGR06	6,570.00	0.21
TOTAL			**87,077.75**	**2.76**

Adicionalmente en el REPDA existen 527 títulos de concesión de aguas subterráneas a nombre de la Presidencia Municipal de Reynosa que amparan un volumen de 761,748 m^3/ año, equivalente a un caudal de 24.15 L/s.

Para entender mejor la situación que guarda la asignación de volúmenes de agua para el uso público urbano y doméstico en el **municipio de Reynosa**, se consultó la base de datos de los registros inscritos en el REPDA (Registro Público de Derechos de Agua) para conocer la distribución por tipo de uso de los 809 títulos de asignación registrados (Industrial, Doméstico, Servicios, Múltiple, Publico Urbano, Pecuario y Agricultura), por tipo de usuario (municipio, persona física y persona moral) con sus respectivos volúmenes asignados a

los usuarios de aguas nacionales por parte de la CONAGUA, correspondientes a los acuíferos 2801 Bajo Río Bravo, 2802 Méndez – San Fernando y Golfo de México.

De esta manera se tiene que de los 809 títulos de concesión que amparan un volumen concesionado de **22.30 Hm^3/año** de los 59.09 Hm^3/año de todo el acuífero (2801), agrupándolos por uso consuntivo el 67% corresponden a agrícola con un volumen concesionado de 17.76 Hm^3/año, el 30.2% corresponden a la Industrial autoabastecida con un volumen concesionado de 8.06 Hm^3/año y solo el 3.2% corresponden a abastecimiento público con un volumen concesionado de 0.86 Hm^3/año. En las siguientes tablas y figuras se presenta el análisis del REPDA de los acuíferos en cuestión.

Tabla 53. Títulos y volumen concesionado por tipo de uso

Descripción	Total	Tipo de Uso						
		Industrial	Múltiple	Público Urbano	Doméstico	Servicios	Pecuario	Agrícola
Títulos	809	35	29	531	14	20	42	138
Volumen (m^3/año)	22,300,579	3,370,520	2,327,876	848,853	6,150	309,855	176,266	15,261,059

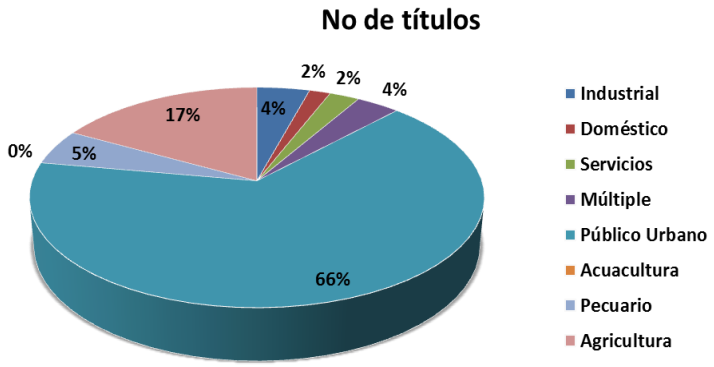


Figura 56. Número de títulos REPDA

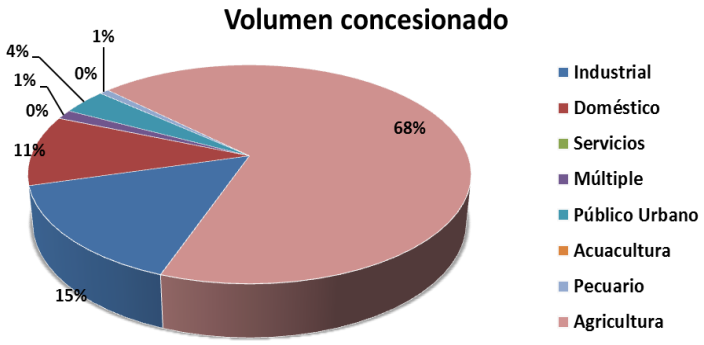


Figura 57. Títulos de concesión por tipo de uso

Como puede observarse en las tablas y figuras anteriores la composición en la asignación del agua subterránea en el municipio de Reynosa es del 67% para el uso consuntivo agrícola, a fin al 77% del agua

subterránea concesionada a nivel nacional a este mismo uso consuntivo; para mayor detalle de la información del Registro Público de Derechos del Agua consultar el anexo 5.

La tendencia y en muchos casos la sobreexplotación se deben principalmente a dos fallas de políticas públicas: por un lado el gobierno federal subsidia la extracción de agua vía la reducción de tarifas eléctricas de bombeo, provocando un aumento de la cantidad de agua que se saca cada año; no existe un cumplimiento óptimo de la Ley de Aguas Nacionales (LAN) que evite la extracción ilegal que ocurre sin concesiones y aquellas que ocurre por encima del volumen concesionado.

Aunado a lo anterior, en el pasado la CONAGUA había tratado de resolver el problema de escasez de aguas nacionales aumentando la oferta con el incremento de programas y del presupuesto para desarrollar suministros de agua adicionales sin considerar si los suministros de agua se estaban utilizando eficientemente y si estaban definidos correctamente por las leyes y las instituciones mexicanas.

Condición que apuntaba en sentido contrario a la orientación de los esfuerzos internacionales de reforma en una era de escasez, por lo que para poder hacer frente a las condiciones actuales y futuras de escasez es necesario administrar también la demanda (incentivar el uso eficiente del agua ya disponible).

Para lograr una administración adecuada de la demanda de agua[9] existen varios mecanismos entre los que se encuentra el de “precios” cuyo punto de partida es analizar si el recurso es utilizado eficientemente en la agricultura y si su uso en este sector en relación con otros usos alternativos es el óptimo.

Debido a que el precio del agua para el uso agrícola esta subestimado, la obtención del precio adecuado llevaría a la eficiencia de su consumo en el sector Agrícola en beneficio de todo el país.

El establecimiento de un precio óptimo en la agricultura resultaría en:

- La adopción de tecnologías de riego más eficientes
- Mayores beneficios ambientales
- Reducción de la superficie sembrada de cultivos de bajo valor
- Menor construcción de proyectos de agua de largo plazo y..
- Sistemas hídricos más estables

El papel fundamental de los precios es ayudar a asignar los recursos escasos entre usos y usuarios que compiten entre sí, una manera de alzar una asignación eficiente del agua es establecer un precio correcto para su consumo, de modo que se asigne de acuerdo a quienes valoren más el servicio.

Existen varios mecanismos de establecimiento de precios al agua para riego agrícola, los más utilizados son: método de medición volumétrica en el cual requieren dispositivos para medir el consumo de agua de cada usuario pero los costos de implementación son muy altos, método de medición no volumétrica donde los precios se establecen de manera indirecta por medio del producto, insumo, área o cuota fija y métodos basados en el mercado de derechos de agua, en el cual los que poseen los derechos de acceso al agua subterránea los comercializan o transmiten entre ellos.

[9] La economía política de los mecanismos de asignación de agua subterránea en México

De acuerdo a lo anterior, el mercado del agua es un conjunto de arreglos que permiten que el agua sea intercambiada de manera voluntaria, de manera parcial o total, temporal o definitiva. Los intercambios de derechos de agua han sido ampliamente reconocidos como mecanismo de asignación que pueden llevar a ganancias en eficiencia y en conservación, ya que proveen un mecanismo más flexible para asignar el agua a diferencia de los medios administrativos de regulación como zonas de veda, zonas reglamentadas, etc.

En resumen, las aguas subterráneas tienen un papel importante en el desarrollo de todas las actividades económicas de la región, existiendo todavía algunas posibilidades de aprovechamientos adicionales de los acuíferos no sobreexplotados, pero en una cantidad tal que no parece suficiente para satisfacer todas las demandas en un escenario de planeación de largo plazo, por lo que su aprovechamiento debe ser planeado cuidadosamente en forma racional y eficiente.

Conclusiones y recomendaciones:

- Las cuencas hidrológicas y los acuíferos de las zonas Fronterizas, inmersas en la Cuenca del Río Bravo, se caracterizan por un grado intensivo de aprovechamiento de sus aguas superficiales y subterráneas, en especial a partir de la creación de los Distritos de Riego y de la demanda de recursos hídricos de los polos de desarrollo urbano e industrial.

- No hay disponibilidad de aguas superficiales ya que Reynosa se localiza en una cuenca hidrológica en donde los recursos hídricos están prácticamente ya todos asignados, existiendo en esta cuenca hidrológica un insignificante superávit en el balance que se hace de acuerdo a la normatividad establecida por la CONAGUA para determinar la disponibilidad, lo que revela un sobreconcesionamiento a los diferentes usos consuntivos.

- La disponibilidad de aguas subterráneas en el acuífero en el que se ubica Reynosa, se considera suficiente para cubrir la demanda de agua a largo plazo, sin embargo, presenta una seria limitante para su aprovechamiento como una fuente alternativa de agua potable, la cual tiene que ver con el alto grado de salinidad que se ha encontrado en una gran parte del acuífero.

- No obstante, dadas las circunstancias de escases en las que se encuentra el entorno de Reynosa, el aprovechamiento de las aguas subterráneas constituye una opción que deberá de ser considerada en un estudio detallado de fuentes alternativas de agua potable, en donde además de realizar un análisis hidrogeológico para ubicar las mejores zonas de aprovechamiento, también se deberán analizar las mejores alternativas para su potabilización.

- El cambio climático plantea un entorno aún más crítico para la zona, debido a que los escenarios que se han proyectado al futuro para la zona en la que se encuentra Reynosa plantean un entorno aún más crítico que el que se tiene ahora, en donde se ha estimado que se presente una posible reducción entre un 20% y un 30% de la precipitación pluvial, lo que implica una fuerte alteración del régimen hidrológico del que depende la disponibilidad de agua en la zona y establece la necesidad de contar con un plan regional de mitigación y adaptación para enfrentar esta potencial contingencia y poder atenuar sus posibles efectos en la disponibilidad de las fuentes actuales y potenciales de abastecimiento de agua potable.

- Debido a que el uso consuntivo Agrícola en la Región Hidrológica Administrativa (RHA) VI Río Bravo tiene más del 90% del agua superficial asignada, resulta imperante e inaplazable la necesidad de convocar a todas las partes involucradas para una revisión y modificación de los volúmenes asignados e inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), de los diferentes usos consuntivos (agrícola, abastecimiento público, industria autoabastecida y termoeléctricas) y no consuntivos (hidroeléctricas), tomando como base el mismo tratado sobre aguas internacionales que establece en el Artículo 3, para los asuntos que la Comisión (CILA) deba resolver en cuanto al uso común de las aguas internacionales, una guía del orden de preferencia, **en la cual el uso doméstico y municipal ocupa el primer lugar** y la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento que establece en su Artículo 13 Bis 3 que los Consejos de Cuenca tendrán a su cargo la concertación de las prioridades del uso del agua con sus miembros y con el Organismo de Cuenca que corresponda, conforme a lo dispuesto en el párrafo tercero del Artículo 22 de la LAN, donde se establece que **el uso doméstico y público urbano siempre serán preferentes sobre cualquier otro uso**.

- En caso de no ser factible modificaciones a los volúmenes de aguas superficiales asignados a los diferentes usos consuntivos (oferta), es necesario administrar la demanda (incentivar el uso eficiente del agua ya disponible) también en los diferentes usos consuntivos (agrícola y abastecimiento público).

- Otra opción que tiene mucho potencial y que por lo tanto no debe dejarse de analizar y materializar, es la posibilidad del intercambio de agua residual tratada en la PTAR #2 por agua de primer uso de los usuarios del Distrito de Riego DR025, siendo que la entrega del agua de ambas partes sería el propio canal Guillermo Rodhe, en diferentes puntos del canal, ya que la zona de riego Bajo San Juan del DR 026 se localiza aguas abajo de donde se localiza la oferta de aguas residuales tratadas de Reynosa, situación que facilita este intercambio.

- Por último, la implementación de programas de modernización y rehabilitación de la infraestructura hidro-agrícola, ayudaría en gran medida a rescatar volúmenes de agua, que se usarían de la mejor manera para incrementar las productividades tanto de la tierra como la del agua.

2.4. Infraestructura Existente

2.4.1. Agua Potable

2.4.1.1 Documento sobre las instalaciones existentes de Agua Potable

Captaciones (Fuentes Superficiales)

Actualmente el abastecimiento de agua a la ciudad de Reynosa, Tamps., se realiza principalmente de las aguas superficiales del Río Bravo y canal Rodhe y en menor grado de las aguas subterráneas del acuífero Río Bravo Bajo.

Durante el 2014 operaron tres obras de toma para la extracción del agua superficial; dos sobre el Río Bravo identificadas como AP1/OT1 y AP44/OT3 y una sobre el canal Rodhe identificada como AP3/OT2, las dos primeras obras de toma corresponden al otorgamiento que la CONAGUA hiciera a la Comisión Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Reynosa, Tamps., (COMAPA) para la explotación, uso y aprovechamiento de las aguas nacionales superficiales por un volumen de 48.40 Hm^3 anuales (1,535 L/s), al amparo del título de concesión No. 06TAM10226/24HAOC08 de fecha 14 de octubre de 2004 por un plazo de 10 años y la tercera con un permiso no formalizado que la CONAGUA les otorgó a la COMAPA para aprovechar las agua de los escurrimientos de la Presa Marte R. Gómez (El Azúcar) durante los meses en los que no es utilizada el agua para riego (DR026), conteniéndola en distinto puntos del canal para almacenarla y repartirla a lo largo de los casi 10 meses en los que no se ocupa para riego, ya que existe un Decreto de la década de los 90 en donde se señala que el volumen de reserva de la Presa es para los agricultores del Distrito de Riego 026.

La mayor cantidad de agua captada del Río Bravo, se realiza mediante la obra de toma localizada en la presa derivadora Internacional Anzaldúas, que es la fuente de aprovechamiento de Reynosa, en ese sitio el río Bravo conduce un volumen medio anual mayor a los 1,950 millones de m^3, que comparado con los 48.4 millones de la concesión para Reynosa, parece una fuente por demás suficiente, ya que solamente compromete menos del 2.5% para este uso; sin embargo, la fuerte competencia por el uso del agua para riego pone en riesgo la sostenibilidad de los aprovechamientos del río Bravo.

Las coordenadas de las obras de toma basado en la proyección cartográfica Universal Tranversal de Mercator (UTM) y la elevación obtenida de información LIDAR tipo terreno, se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 54. Localización de las Obras de Toma (OT)

No.	ID	Fuente Superficial	Coordenadas UTM		Elevación m.s.n.m.
			X	Y	
1	AP1/OT1	Río Bravo “Anzaldúas”	566274.6206	2891161.8751	38.32
2	AP44/OT3	Río Bravo “Los Cavazos”	564957.2591	2892601.1030	33.74
3	AP3/OT2	P. Pastor Lozano C. Rodhe	570007.0826	2884371.4463	44.28

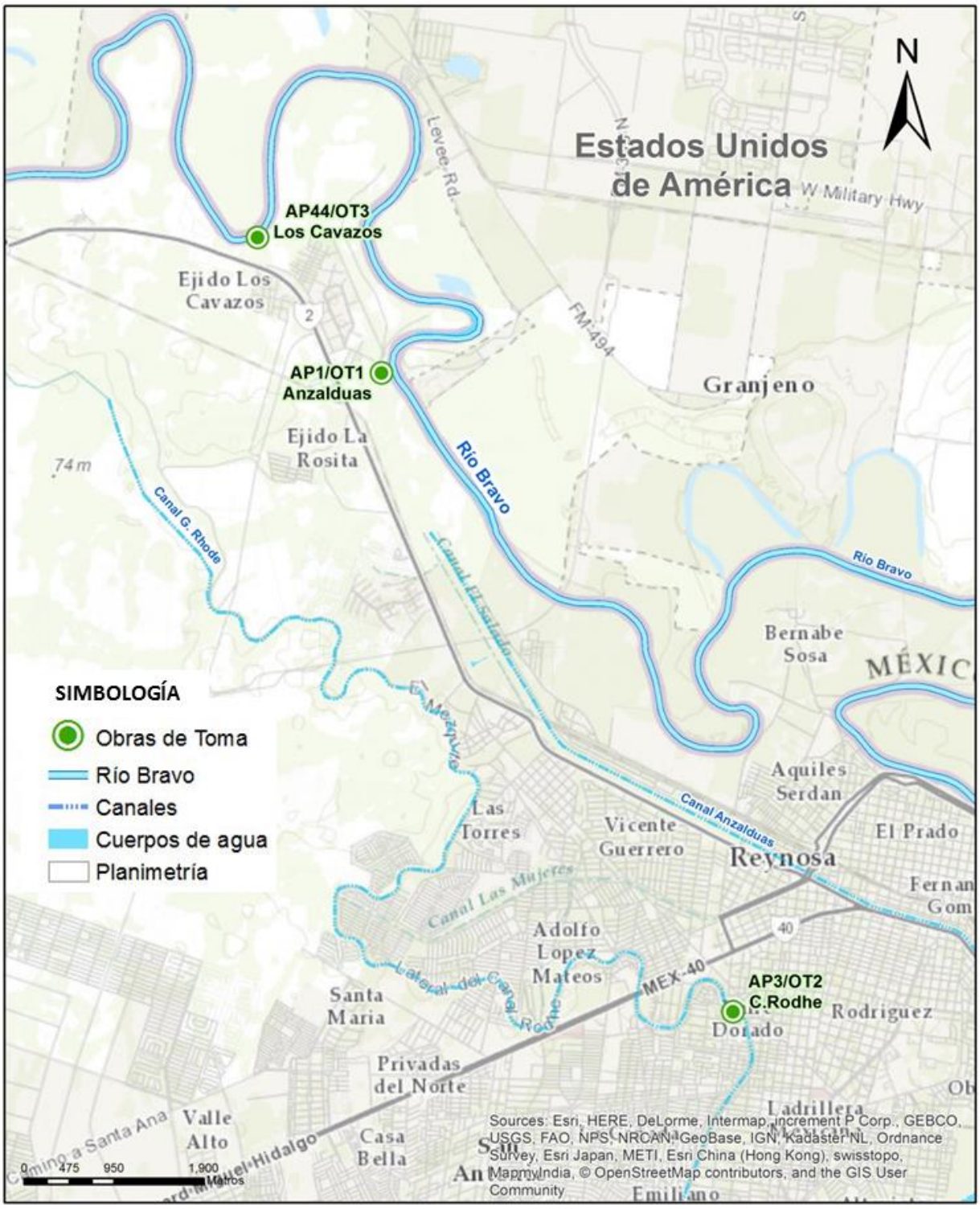


Figura 58. Localización de las Obras de Toma

A continuación se presentan imágenes de la ubicación de las tres obras de toma:



Figura 59. Localización de la Obra de toma 1 del Río Bravo "Anzaldúas" (AP1/OT1)



Figura 60. Localización de la Obra de toma 2 del Río Bravo "Los Cavazos" (AP44/OT3)



Figura 61. Localización de la Obra de toma 3 sobre el "Canal Rodhe" (AP3/OT2)

Información técnica de las Obras de Toma

A continuación se presentan algunas de las características constructivas, hidráulicas, mecánicas y eléctricas de las obras de toma o fuentes de captación que opera la COMAPA para el abastecimiento de agua a la población de Reynosa, Tamps.

Tabla 55. Obras de Toma de la COMAPA

No	ID	Nombre	Cantidad de Equipos de Bombeo	Tipo de Equipo	Potencia Total (hp)	Sitio de Descarga	Status de los equipos	Potencia (hp)	Gasto de Diseño (L/s)
1	AP1/OT1	Anzaldúas	6	Vertical	2,100	P.P. Pastor Lozano, Rancho Grande y Benito Juárez	4 En Operación	1,400	450
									450
									450
									450
							2 En Mantenimiento	700	450
									450
2	AP3/OT2	Canal Rodhe	4	Vertical	600	P.P. Benito Juárez y Pastor Lozano	3 En Operación	450	250
									250
									250
							1 En Mantenimiento	150	250
3	AP44/OT3	Los Cavazos	3	Horizontal	30	P.P. Los Cavazos	2 En Operación (1 Equipo Auxiliar)	20	-----
							Fuera de Operación	10	-----

Como se ha señalado para la extracción del agua del Río Bravo la COMAPA cuenta con una captación que consiste en una toma y planta de bombeo, ubicada aguas arriba de la presa derivadora Internacional Anzaldúas, con equipo instalado para extraer del río Bravo hasta 2,500 L/s.



La obra de toma consiste en un canal de llamadas ubicado en el vaso de la presa, sobre la margen derecha del río (correspondiente al territorio mexicano), mediante el cual se conduce el agua hacia el cárcamo de la estación de bombeo Anzaldúas. La entrada al cárcamo se controla mediante dos válvulas deslizantes. El canal de llamadas es una excavación a cielo abierto de 20 metros de longitud por 9.5 metros de ancho y 6.3 metros de profundidad promedio.

En la inspección de campo se notó que el canal de llamadas se encuentra azolvado y una de las barras de las rejillas probablemente está quebrada, por lo que se introduce basura al cárcamo de bombeo que tiene una capacidad de aproximadamente 600 m^3.

El responsable del acueducto se encarga de revisar que los niveles del río y del canal de llamadas tengan la altura necesaria para operar los equipos de bombeo. Las rejillas Irving no están automatizadas, por lo que se requiere continuamente de su mantenimiento y limpieza.

La estación de bombeo está equipada con 6 equipos de bombeo que pueden proporcionar un gasto máximo de diseño de 2.5 m^3/s, que se conduce mediante un acueducto de concreto de 1.37 m de diámetro (54”) y una longitud de aproximadamente 9.4 km hasta la planta potabilizadora Pastor Lozano, pasando antes por un tanque de usos múltiples que también conduce agua a través de una línea de interconexión de concreto preforzado de 0.9 m de diámetro (36’’) hacia la planta potabilizadora de Benito Juárez. En el trayecto del acueducto hacia la P.P. Pastor Lozano se deriva agua hacia la estación de rebombeo Rancho Grande, para que de ahí se envíe hacia la planta potabilizadora Rancho Grande.



Los seis equipos de bombeo de la obra de toma Anzaldúas son verticales marca GOULDS con motores IEM de 350 hp, de los cuales solo cuatro se encuentran en operación, funcionando las 24 horas del día y los otros dos se encuentran en mantenimiento.

Tabla 56. Datos técnicos de la planta de bombeo de la obra de toma Anzaldúas

Equipos	Status	Longitud de Columna (m)	Ø de Columna (pulg)	Marca de la Bomba	Marca de Motor	Tipo de Motor	Potencia del Motor		Gasto de diseño L/s
							hp	rpm	
Equipo 1	En Operación	12	18	GOULDS	IEM	Vertical	350	1,777	450.00
Equipo 2	En Operación	12	18	GOULDS	IEM	Vertical	350	1,777	450.00
Equipo 3	En Operación	12	18	GOULDS	IEM	Vertical	350	1,777	450.00
Equipo 4	En Operación	12	18	GOULDS	IEM	Vertical	350	1,777	450.00
Equipo 5	En Mantenimiento	12	18	GOULDS	IEM	Vertical	350	1,777	450.00
Equipo 6	En Mantenimiento	12	18	GOULDS	IEM	Vertical	350	1,777	450.00

En el 2014 la extracción del agua de la obra de toma Anzaldúas se llevó a cabo sin el conocimiento oportuno y preciso del caudal bombeado y entregado a las dos plantas potabilizadora: Pastor Lozano y Benito Juárez (cuando se le apoya), ya que no contaban con macromedidores tanto a la salida del múltiple de la planta de bombeo como a las llegadas de las mencionadas plantas potabilizadoras, así como tampoco a la salida del tanque de usos múltiples. De igual forma no contaban con la instrumentación necesaria para recibir la información por telemetría.

Dentro de los Acuerdos de 1990 para la relocalización de las fuentes de abastecimiento de agua para usos domésticos e industriales a las poblaciones de Camargo, Díaz Ordaz, Reynosa y Río Bravo, Tamps. se proyectó y construyó para Reynosa el acueducto Anzaldúas para un horizonte de población al 2010, pero el crecimiento de la población fue descomunal y les ganó la demanda de agua a la oferta, por lo que tuvieron que tomar agua del Canal G. Rodhe previo acuerdo con las autoridades correspondientes, tanto en los dos meses que recibe agua el Distrito de Riego 026, como en los otros 10 meses en los que se dejaba que la Presa escurriera para que se almacenara el agua en las distintas represas del Canal, para que durante el año Reynosa tomara agua de estas, requiriéndose en algunas ocasiones de solicitar en la ciudad de México la apertura mínima de la presa para volver a almacenar cierto volumen y seguir tomando agua para Reynosa.

El funcionamiento del Canal Rodhe se llevó a cabo a través de represas en el km 110, 125 y 131 del mencionado Canal, en donde se almacena el agua que durante los 10 meses en los que no circula agua para el DR026 se va tomando y vaciando cada uno de los almacenamientos, empezando con el 110 y así sucesivamente.

El agua que se capta en la obra de toma del Canal Rodhe se envía a la planta Benito Juárez a través de un acueducto de 10.35 Km y 36” de diámetro, dejando casi en su totalidad del acueducto Anzaldúas a la planta potabilizadora Pastor Lozano, generando una sobreexplotación de dicha planta, ya que originalmente el agua de Anzaldúas era para las dos plantas (Pastor Lozano y Benito Juárez).

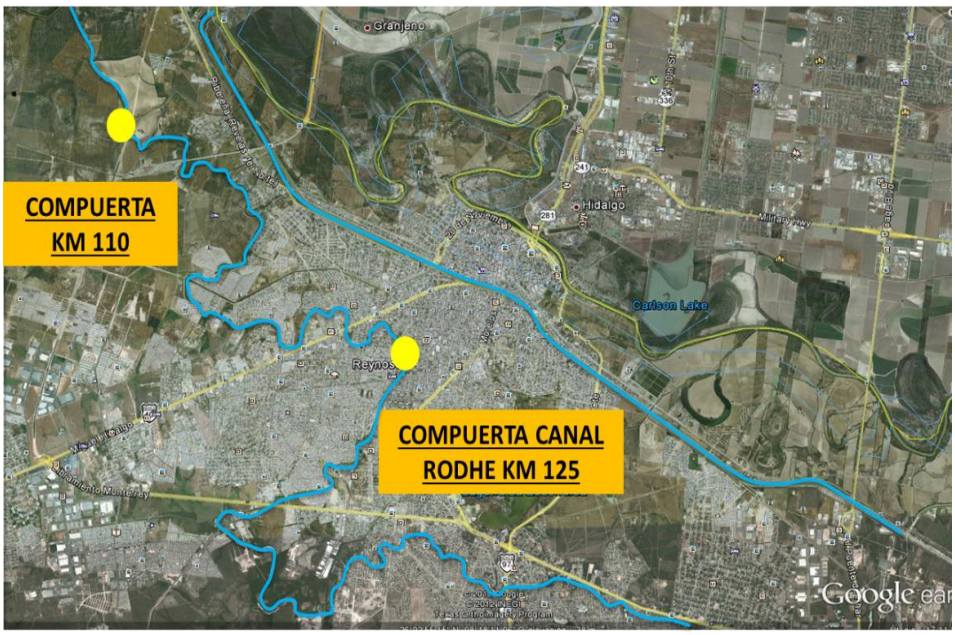


Figura 62. Represas del Canal Rodhe

En el 2014 la obra de toma del Canal Rodhe estaba equipada con cuatro bombas verticales con motores US MOTOR de 150 hp, tres de las cuatro bombas instaladas operan continuamente y la otra actualmente se encuentra en mantenimiento, sin embargo hay ocasiones en las que solo operan dos bombas y en algunos caso ninguna, lo cual es determinado por la calidad del agua que traiga el canal, situación que genera que se abastezca la planta Benito Juárez de la obra de toma Anzaldúas a través del tanque de usos múltiples y de los equipos de bombeo instalados a la salida de dicho tanque que están muy próximo a la OT del Canal Rodhe, interconectándose ambas tuberías hacia el acueducto de 36" de diámetro.

Actualmente se cuenta con una nueva obra de toma el canal Rodhe, la cual está siendo equipada para extraer hasta 2,500 L/s, dicha obra de toma está localizada en el predio de la Planta Pastor Lozano y con ella se estará extrayendo el agua transferida del canal Anzaldúas al Rodhe con la Planta de Bombeo Anzaldúas – Rodhe, dejando de bombear el agua desde la OT Anzaldúas en la presa internacional Anzaldúas.





De la misma manera se ha construido recientemente una segunda obra de toma en el canal Rodhe, en las inmediaciones de la planta potabilizadora Rancho Grande, encontrándose hasta el momento en obra civil, la cual será equipada para extraer hasta 500 L/s, para incorporarlos a la mencionada planta, ya que al no funcionar el acueducto Anzaldúas de donde se deriva el agua hacia la potabilizadora Rancho Grande se hace necesario la construcción de una obra de toma que le abastezca de agua cruda a dicha potabilizadora.

En la siguiente tabla se presenta la información técnica de los equipos de bombeo de la obra de toma del Canal Rodhe, que según el encargado de la planta con las tres bombas operando le mandan a la planta Benito Juárez un caudal entre 690 a 700 L/s.

Tabla 57. Datos técnicos de la obra de toma Canal Rodhe

Equipos	Status	Longitud de Columna (m)	Ø de Columna (pulg)	Marca de Motor	Tipo de Motor	Potencia del Motor		Gasto de diseño L/s.
						hp	rpm	
Equipo 1	En Operación	6	18	US MOTOR	Vertical	150	1,185	250.00
Equipo 2	En Operación	6	18	US MOTOR	Vertical	150	1,185	250.00
Equipo 3	En Operación	6	18	US MOTOR	Vertical	150	1,185	250.00
Equipo 4	En Mantenimiento	6	18	US MOTOR	Vertical	150	1,185	250.00

De igual manera en el 2014 la extracción del agua en esta obra de toma se llevó a cabo sin el conocimiento preciso del caudal bombeado y entregado a la planta potabilizadora Benito Juárez, ya que no cuentan con macromedidores a la salida del múltiple de la planta de bombeo y a la llegada de la mencionada planta potabilizadora.

Por causa de esta inexistente medición de caudales, la dosificación de los productos químicos (sulfato de aluminio y los polímeros) que se inyectan en la línea de agua cruda a la salida de la planta de bombeo , se lleva a cabo de forma estimativa e intuitiva, generando sin duda en algunas ocasiones dosificaciones inapropiada para dar cumplimiento a la Norma Oficial Mexicana NOM -127-SSA1-1994 denominada “Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamiento a que debe someterse el agua para su potabilización”.

Calidad del agua extraída de las fuentes de abastecimiento

En relación con la calidad del agua que se extrae de las fuentes de abastecimiento, se presentan a continuación los valores medios de los parámetros analizados al agua cruda del Río Bravo y del canal Rodhe, los cuales son:

- Turbiedad
- pH
- Sólidos disueltos totales
- Dureza de calcio
- Dureza de Magnesio
- Alcalinidad total
- Cloruros
- Sulfatos

En cuanto a la calidad del agua que se extrae de la obra de toma del Río Bravo, se puede señalar que la COMAPA tiene registros de muestreos y análisis efectuados en los últimos 3 años por un laboratorio, en cumplimiento a lo dispuesto en las Normas Oficiales NOM – 179 – SSA1 – 1998 y la NOM- 127 – SSA1 – 1994, que establecen la periodicidad con la que se deben de llevar a cabo los muestreos y análisis y los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos que deben de analizarse, respectivamente.

Para la obra de toma del Canal Rodhe se cuenta únicamente con un muestreo en el año 2015, con el que se valoró la calidad del agua de la fuente de captación, como control y supervisión del proceso de potabilización de la planta, correspondiente a 10 parámetros de la NOM -127, de los cuales 6 están señalados en la NOM-179-SSA1-1998 en el Apéndice Normativo "A" Determinaciones de Análisis Fisicoquímico para Plantas.

En la siguiente tabla, se presenta la información de la calidad del agua extraída de las captaciones del Río Bravo y Canal Rodhe, que la COMAPA proporcionó.

Tabla 58. Resultados promedio mensual de la calidad del agua del río Bravo en la OT2

No.	Fuente de Abastecimiento			Río Bravo			Canal Rodhe
	Parámetros NOM-127-SSA1-1994	Límite permisible (NOM 127)		Muestreo 2013	Muestreo 2014	Muestreo 2015	Muestreo 2015
Características microbiológicas							
1	Coliformes totales	ausencia	NPM/ 100 mL	N/D	N/D	N/D	
2	Coliformes fecales	ausencia	UFC/ 100 mL	N/D	N/D	N/D	
Características físicas u organolépticas							
3	Color *	20.0	Upt-Co	105	63	51	203.0
4	Turbiedad*	5.0	NTU	18.5	20.9	10.5	14.9
Características químicas							
5	Aluminio *	0.2	mg/L	0.026	0.012		
6	Arsénico*	0.025	mg/L	0.0045	0.0047		
7	Cloruros*	250	mg/L	154.4	154.08	217.5	218
8	Cobre	2.00	mg/L	0.28	0.34	0.1	0.100
9	Cromo total	0.05	mg/L	0.03	0.01	0.01	0.010
10	Dureza total *	500	mg/L	310.6	387.6	364	364
11	Fierro*	0.30	mg/L	0.206	0.261		
12	Fluoruros	1.5	mg/L	0.34	0.66	0.7	0.7
13	Manganeso*	0.15	mg/L	0.078	0.029		
14	Nitratos*	10.00	mg/L	1.92	2.105		
15	Nitritos*	1.00	mg/L	0.0208	0.0208		
16	pH*	6.5	8.5	8.1	7.3	8.2	8.2
17	Sólidos disueltos totales*	1000	mg/L	501.9	573.4	671	671
18	Sulfatos*	400	mg/L	180	160	200	200
19	Sustancias activas al azul metileno (SAAM) *	0.5	mg/L	0.028	0.151	0.079	0.079
20	Zinc	5.0	mg/L	0.2	0.57		

En las siguientes figuras se presenta de manera gráfica la información de la calidad del agua:

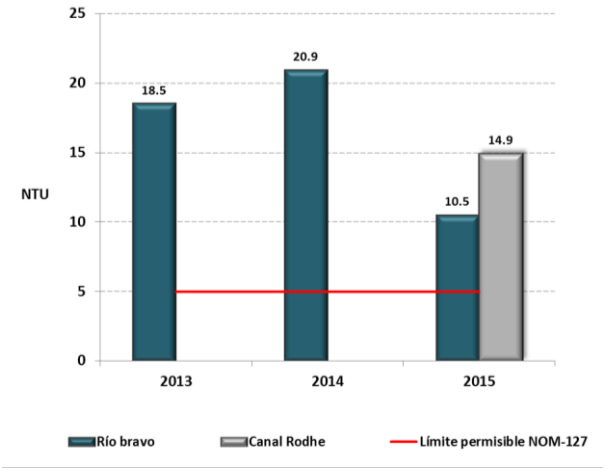


Figura 63. Características de turbiedad medida en NTU

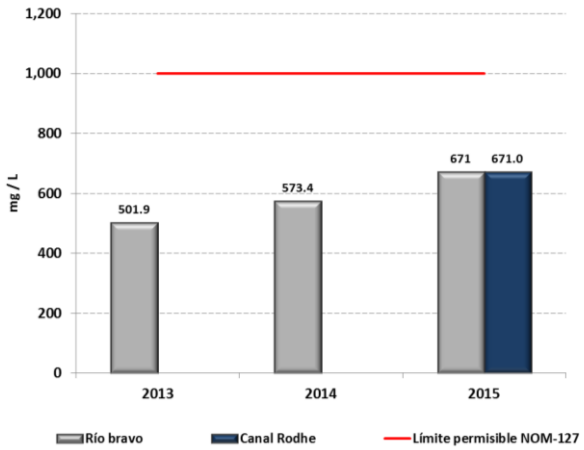


Figura 64. Características de Sólidos Disueltos Totales en unidades mg/L

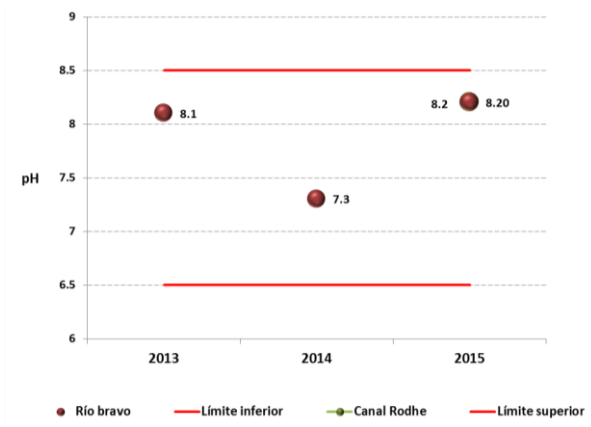


Figura 65. Características de índice de Potencial de Hidrógeno en unidades mg/L

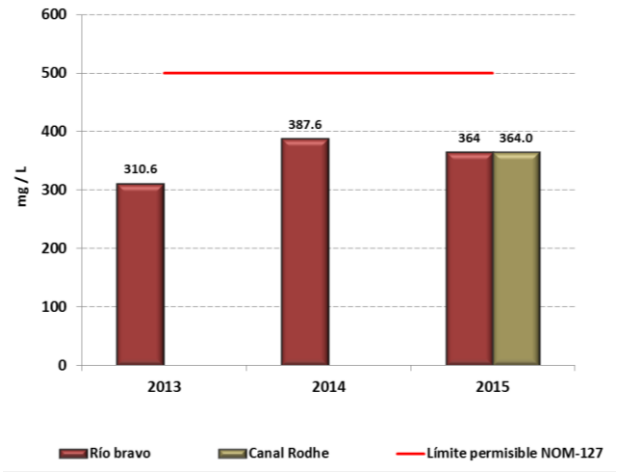


Figura 66. Características de Dureza total en unidades mg/L

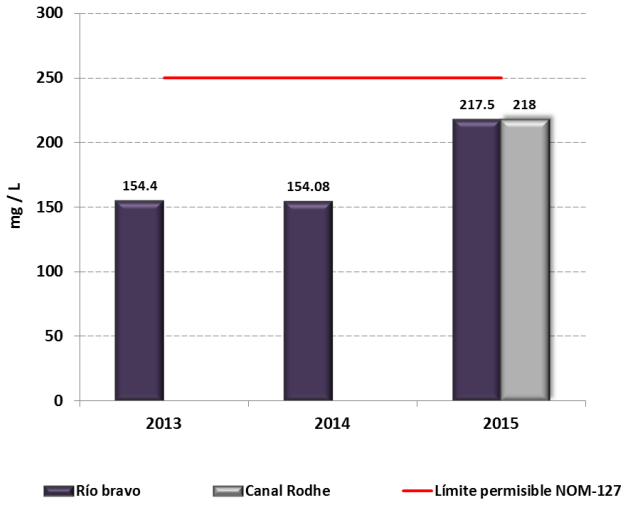


Figura 67. Características de Cloruros en unidades mg/L

Como puede observarse son muy pocos las características bacteriológicas, físicas y organolépticas y químicas que se monitorean en el agua que se extrae del Río Bravo y del canal Rodhe, lo que dificulta el establecimiento con objetividad de la condición del agua en términos de su aptitud para uso y consumo humano, sin que esto signifique que con un tratamiento de potabilización no se pueda remover y alcanzar los niveles necesarios para considerarla apta para el uso y consumo humano.

Por lo anterior consideramos necesario llevar a cabo un análisis exhaustivo de la calidad del agua del Río Bravo y del Canal Rodhe en apego a la Norma Oficial Mexicana NOM-127 –SSA1 – 1994.

Para mayor detalle de la información de la infraestructura de las fuentes superficiales y calidad de agua consultar el anexo 6 y 8.

Captaciones (Fuentes Subterráneas)

Por lo que toca a la extracción del agua que proviene de las fuentes subterráneas, la COMAPA cuenta con un número importante de pozos profundos, de los cuales la gran mayoría no opera, principalmente por la mala calidad del agua que se extrae de ellos, debido a que el acuífero Bajo Río Bravo (2801) tiene suelos salinos que producen aguas con alto contenido de sales y de sodio. Otros no operan porque no se han terminado de perforar o no se han equipado y algunos más porque se ha dañado la bomba y no se ha reparado, situaciones que provocan que se abandonen las instalaciones.

En el 2014 existían 35 pozos profundos, de los cuales 13 operaron durante el año, 3 se encontraban en trámite de recepción y 19 estaban fuera de operación.

No.	Clave	Nombre
1	AP-1	Actrices Mexicanas (Pozo 1) **(En recepción)**
2	AP-2	Actrices Mexicanas (Pozo 2) **(En recepción)**
3	AP-3	Benito Juárez 1 **(F.O.)**
4	AP-4	Benito Juárez 2 **(F.O.)**
5	AP11	Balcones de Alcalá I **(F.O.)**
6	AP12	Balcones de Alcalá II
7	AP13	Balcones de Alcalá III
8	AP14	El Mezquite **(F.O.)**
9	AP15-1	Granjas Tanque 1 **(F.O.)**
10	AP15-2	Granjas Tanque 3 **(F.O.)**
11	AP18	La Joya **(F.O.)**
12	AP20	Loma Blanca
13	AP26	Puerta Del Sol II **(F.O.)**
14	AP27	Juárez (Purificación) **(F.O.)**
15	AP34	Villas Del Roble
16	AP37	Pozo Bugambilias Tanque 1 **(F.O.)**
17	AP38	Paseo Residencial **(F.O.)**
18	AP40-1	Nuevo México 1
19	AP40-2	Nuevo México 2
20	AP41	Los Fresnos I **(F.O.)**
21	AP42	Los Fresnos II **(F.O.)**
22	AP45	Plaza Granjas **(F.O.)**
23	AP50	Los Almendros
24	AP53	Pozo Hda. Bugambilias Tanque 2 **(F.O.)**
25	AP55-1	Paseo De Las Flores 1
26	AP55-2	Paseo De Las Flores 2 **(En recepción)**
27	AP56	Rincón De Las Flores
28	AP57	Loma Bonita **(F.O.)**
29	AP58	Balcones de San José (Arecas)
30	AP61	Ramón Pérez 3
31	AP62-1	Pirámides I **(F.O.)**
32	AP62-2	Pirámides I
33	AP65	Valle Soleado
34	AP66	Zimatlan **(F.O.)**
35	AP71	Misión Santa Fé **(F.O.)**

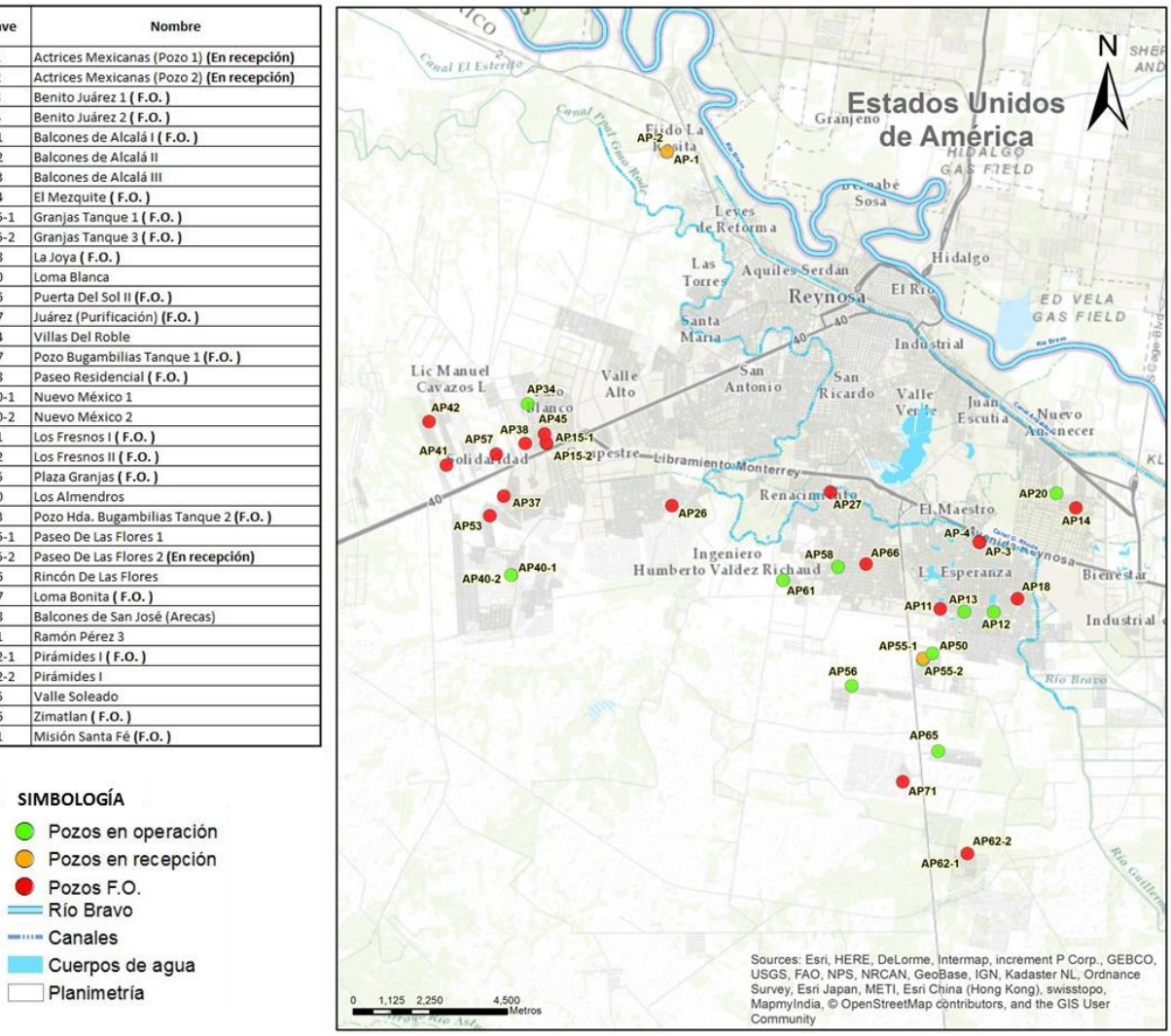


Figura 68. Localización de los pozos profundos de la COMAPA en 2014

Para el 2015 el número de pozos en operación se incrementó a 16 pozos y quedaron 16 fuera de operación, manteniéndose los 3 pozos por ser recepcionados. En la siguiente figura se presenta un plano de la ciudad de Reynosa donde se puede observar los pozos que operan, los que están fuera de operación y los que aún no se han recepcionado.

No.	Clave	Nombre
1	AP-1	Actrices Mexicanas (Pozo 1) **(En recepción)**
2	AP-2	Actrices Mexicanas (Pozo 2) **(En recepción)**
3	AP-3	Benito Juárez 1 **(F.O.)**
4	AP-4	Benito Juárez 2 **(F.O.)**
5	AP11	Balcones de Alcalá I **(F.O.)**
6	AP12	Balcones de Alcalá II
7	AP13	Balcones de Alcalá III
8	AP14	El Mezquite **(F.O.)**
9	AP15-1	Granjas Tanque 1 **(F.O.)**
10	AP15-2	Granjas Tanque 3 **(F.O.)**
11	AP18	La Joya **(F.O.)**
12	AP20	Loma Blanca **(F.O.)**
13	AP26	Puerta Del Sol II
14	AP27	Juárez (Purificación)
15	AP34	Villas Del Roble
16	AP37	Pozo Bugambilias Tanque 1
17	AP38	Paseo Residencial **(F.O.)**
18	AP40-1	Nuevo México 1
19	AP40-2	Nuevo México 2
20	AP41	Los Fresnos I **(F.O.)**
21	AP42	Los Fresnos II **(F.O.)**
22	AP45	Plaza Granjas **(F.O.)**
23	AP50	Los Almendros
24	AP53	Pozo Hda. Bugambilias Tanque 2
25	AP55-1	Paseo De Las Flores 1
26	AP55-2	Paseo De Las Flores 2 **(En recepción)**
27	AP56	Rincón De Las Flores
28	AP57	Loma Bonita **(F.O.)**
29	AP58	Balcones de San José (Arecas)
30	AP61	Ramón Pérez 3
31	AP62-1	Pirámides I **(F.O.)**
32	AP62-2	Pirámides I
33	AP65	Valle Soleado
34	AP66	Zimatlan **(F.O.)**
35	AP71	Misión Santa Fé **(F.O.)**

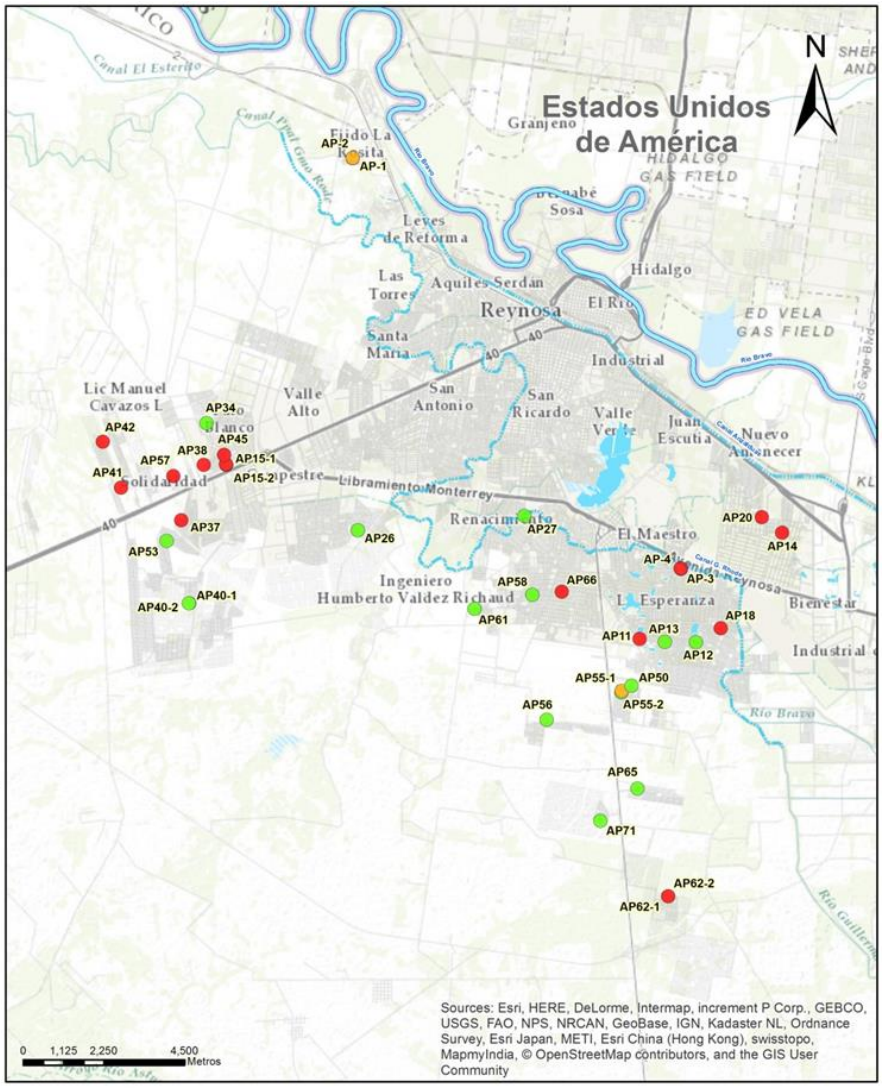


Figura 69. Localización de los pozos profundos de la COMAPA en 2015





En la siguiente tabla se presenta la ubicación geográfica de los 35 pozos profundos:

Tabla 59. Ubicación geográfica de pozos profundos de la COMAPA

No.	No. Pozos	Nombre del Pozo	UTM			Sector	Status 2014	Status 2015
			x	y	Z			
1	AP11	Balcones de Alcalá I	573373.5929	2876758.123	45.42877579	JO	F.O.	F.O.
2	AP12	Balcones de Alcalá II	574945.667	2876662.439	44.11930847	JO	Operando	Operando
3	AP13	Balcones de Alcalá III	574076.8455	2876670.572	45.073349	JO	Operando	Operando
4	AP14	El Mezquite	577348.5248	2879715.545	39.91759872	O	F.O.	F.O.
5	AP15-2	Granjas Tanque 3	561837.7289	2881604.773	62.21999359	G	F.O.	F.O.
6	AP15-1	Granjas Tanque 1	561829.3402	2881628.384	62.1920433	G	F.O.	F.O.
7	AP18	La Joya	575634.5326	2877050.659	42.96955872	JO	F.O.	F.O.
8	AP20	Loma Blanca	576783.9059	2880147.396	40.20784378	O	Operando	F.O.
9	AP26	Puerta Del Sol II	565512.2044	2879785.116	62.11178207	G	F.O.	Operando
10	AP27	Juárez (Purificación)	570154.7883	2880181.4	47.8453598	JP	F.O.	Operando
11	AP34	Villas Del Roble	561290.7551	2882764.701	81.40357208	G	Operando	Operando
12	AP37	Pozo Bugambilias Tanque 1	560583.9302	2880059.108	72.39782715	G	F.O.	F.O.
13	AP38	Paseo Residencial	561210.6256	2881602.696	67.64764404	G	F.O.	F.O.
14	AP40-1	Nuevo México 1	560801.6608	2877747.177	69.95162964	G	Operando	Operando
15	AP41	Los Fresnos I	558905.6624	2880964.81	84.64571381	G	F.O.	F.O.
16	AP40-2	Nuevo México 2	560797.2158	2877747.495	69.87779999	G	Operando	Operando
17	AP42	Los Fresnos II	558392.4824	2882246.9	91.25045013	G	F.O.	F.O.
18	AP45	Plaza Granjas	561783.1396	2881881.963	62.9884491	G	F.O.	F.O.
19	AP50	Los Almendros	573141.8647	2875443.789	48.29909515	JO	Operando	Operando
20	AP53	Pozo Hda. Bugambilias Tanque 2	560178.5242	2879483.303	71.64325714	G	F.O.	Operando
21	AP55-2	Paseo De Las Flores 2	572874.2636	2875300.349	47.42191315	JO	Recepción	Recepción
22	AP55-1	Paseo De Las Flores 1	572863.738	2875262.264	47.57427979	JO	Operando	Operando
23	AP56	Rincón De Las Flores	570781.8119	2874500.183	54.10429764	JO	Operando	Operando
24	AP57	Loma Bonita	560360.6046	2881295.095	82.27620697	G	F.O.	F.O.
25	AP58	Balcones de San José (Arecas)	570382.187	2877980.613	55.81089401	JP	Operando	Operando

No.	No. Pozos	Nombre del Pozo	UTM			Sector	Status 2014	Status 2015
			x	y	Z			
26	AP61	Ramón Pérez 3	568766.6809	2877595.716	53.18992233	JP	Operando	Operando
27	AP62-2	Pirámides I pozo 2	574169.4389	2869577.536	51.47437286	JO	Operando	Operando
28	AP62-1	Pirámides I pozo 1	574169.5712	2869578.462	51.48700333	JO	F.O.	F.O.
29	AP65	Valle Soleado	573317.1008	2872580.191	49.7816124	JO	Operando	Operando
30	AP66	Zimatlan	571199.3463	2878068.387	55.84204102	JP	F.O.	F.O.
31	AP71	Misión Santa Fé	572275.2434	2871683.704	53.85632706	JO	F.O.	Operando
32	AP-3	Benito Juárez 1	574528.3455	2878708.22	45.46109009	JO	F.O.	F.O.
33	AP-4	Benito Juárez 2	574515.8895	2878719.128	45.3907814	JO	F.O.	F.O.
34	AP-1	Actrices Mexicanas (pozo 1)	565369.9306	2890154.446	43.49356461	RG	Recepción	Recepción
35	AP-2	Actrices Mexicanas (pozo 2)	565370.0629	2890158.283	43.56691742	RG	Recepción	Recepción

Como se observa en la tabla los pozos que operan de un año para otro son diferentes debido a la problemática que se tiene en cuanto a calidad del agua, así como a otros factores señalados en párrafos anteriores.

A continuación se presenta en la siguiente tabla los datos constructivos de 20 pozos profundos, de los cuales la COMAPA proporcionó su información:

Tabla 60. Datos constructivos de los pozos profundos de la COMAPA

No.	No. Pozos	Nombre del Pozo	Columna		Datos constructivos (pulg)		
			Longitud (m)	Diámetro (pulg)	Perf.	Ademe	Descarga
1	AP12	Balcones de Alcalá II	90.0	3.0	S/D	12	3.00
2	AP13	Balcones de Alcalá III	90.0	4.0	S/D	12.0	4.0
3	AP26	Puerta Del Sol II	90.0	S/D	S/D	8.0	S/D
4	AP27	Juárez (Purificación)	90.0	3.0	S/D	8	3
5	AP34	Villas Del Roble	90.0	4.0	S/D	10	4
6	AP37	Pozo Bugambilias Tanque 1	102.0	4.0	S/D	10	4
7	AP40-1	Nuevo México 1	90.0	3.0	S/D	8	3
8	AP41	Los Fresnos I	S/D	4.0	S/D	8	S/D
9	AP40-2	Nuevo México 2	90.0	3.0	S/D	8	3
10	AP50	Los Almendros	90.0	4.0	S/D	10.0	4.0
11	AP53	Pozo Hda. Bugambilias Tanque 2	48.0	3.0	S/D	8	3
12	AP55-2	Paseo De Las Flores 2	----	----	----	S/D	6.00
13	AP55-1	Paseo De Las Flores 1	90.0	S/D	S/D	12	6
14	AP56	Rincón De Las Flores	92.0	S/D	S/D	8	4
15	AP58	Balcones de San José (Arecas)	90	3	S/D	8	3
16	AP61	Ramón Pérez 3	90	1.5	S/D	6	2
17	AP62-2	Pirámides I pozo 2	S/D	S/D	S/D	10	4
18	AP65	Valle Soleado	S/D	S/D	S/D	S/D	6

En la siguiente tabla se presenta la información técnica de los mismos 20 pozos profundos anteriores, de los cuales la COMAPA contaba con su información:

Tabla 61. Información técnica de pozos profundos de la COMAPA

No.	ID	Nombre del Pozo	Equipo de Bombeo		Motor			Subestación Eléctrica	
			Tipo de Bomba	Marca de Bomba	Marca de Motor	hp	rpm	Transformador (kVA) Tipo	
1	AP12	Balcones de Alcalá II	Sumergible	Grundfos	FRANKLIN ELECTRIC	25	3,450	112.5	Poste
2	AP13	Balcones de Alcalá III	Sumergible	Grundfos	FRANKLIN ELECTRIC	40	3,450	112.5	Poste
3	AP26	Puerta Del Sol II	Sumergible	Grundfos	FRANKLIN ELECTRIC	25	3,450	45.0	Poste
4	AP27	Juárez (Purificación)	Sumergible	----	FRANKLIN ELECTRIC	10	----	45.0	Poste
5	AP34	Villas Del Roble	Sumergible	Grundfos	FRANKLIN ELECTRIC	25	3,450	75.0	Poste
6	AP37	Pozo Bugambilias Tanque 1	Sumergible	----	FRANKLIN ELECTRIC	30	----	112.5	Poste
7	AP40-1	Nuevo México 1	Sumergible	Grundfos	FRANKLIN ELECTRIC	25	3,450	300.0	Subestación
8	AP41	Los Fresnos I	Sumergible	Grundfos	FRANKLIN ELECTRIC	10	----	45	Poste
9	AP40-2	Nuevo México 2	Sumergible	Grundfos	FRANKLIN ELECTRIC	25	3,450	300	Subestación
10	AP50	Los Almendros	Sumergible	Grundfos	FRANKLIN ELECTRIC	40	3,450	75.0	Poste
11	AP53	Pozo Hda. Bugambilias Tanque 2	Sumergible	Grundfos	FRANKLIN ELECTRIC	40	3,450	75	Poste
12	AP55-2	Paseo De Las Flores 2	----	----	----	50	----	----	----
13	AP55-1	Paseo De Las Flores 1	Sumergible	Grundfos	FRANKLIN ELECTRIC	40	----	150.0	Subestación
14	AP56	Rincón De Las Flores	Sumergible	Grundfos	FRANKLIN ELECTRIC	15	3,450	112.5	Poste
15	AP58	Balcones de San José (Arecas)	Sumergible	Grundfos	S/D	25	3,450	75.00	Poste
16	AP61	Ramón Pérez 3	Sumergible	Altamira	S/D	10	3,450	112.5	Poste
17	AP62-2	Pirámides I pozo 2	Sumergible	Grundfos	S/D	40	3,450	225	Poste
18	AP65	Valle Soleado	Sumergible	Grundfos	S/D	75	3,450	225	Poste

En cuanto a la calidad del agua que se extrae de los pozos, se dice que es de regular a buena, sin embargo, eso no pudo corroborarse ya que la COMAPA no cuenta con resultados de muestreos y análisis de calidad del agua de los pozos, porque no los realiza y mucho menos los contrata para que se ejecuten.

Volumen producido no corregido

En relación con el volumen que la COMAPA extrae de sus fuentes de abastecimientos superficiales y subterráneos para el suministro de agua a la ciudad de Reynosa, Tamps., se contó con la información de los registros mensuales de producción de agua cruda en cada una de las obras de toma así como de los pozos profundos que operan actualmente.

Como es sabido el volumen producido pero sobre todo el volumen suministrado a la red, es el dato de partida para llevar a cabo un **balances de agua** como lo establece la CONAGUA en su manual de Incremento de Eficiencia, ya que a partir de este y del volumen facturado se determina la eficiencia física y el agua no contabilizada dentro del sistema y posteriormente se pueden determinar todos los componentes que integran dichas pérdidas de agua o volúmenes de agua no contabilizados; motivos suficiente para

considerar indispensable contar con los registros tanto del volumen producido de las fuentes de abastecimiento como del volumen suministrado a la red.

Los datos mensuales del volumen extraído o producido de la COMAPA, deben de considerarse como **volúmenes no corregidos de agua producida** en el periodo de análisis, debido a que existen factores que se presentan frecuentemente que ocasionan errores en los registros de producción, como son[10]:

a) Macromedidores inexactos
b) Captaciones sin medidores
c) Entregas en ruta a usuarios no registrados, como ejidos, localidades, etc.

Debido a que actualmente la COMAPA no cuenta con macromedidores en sus obras de toma (OT) como tampoco en sus pozos, los volumen registrados deben ajustarse o corregirse por el error de estimación de la extracción de agua, a partir de la medición real del volumen extraído y también en su caso del suministrado a la red.

En la siguiente tabla y figura, se presenta la información que la COMAPA proporcionó respecto a sus registros de producción de aguas superficiales del 2009 al 2014.

Tabla 62. Registros históricos de producción

Mes	Volumen producido (m^3/mes)					
	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Enero	5,531,670	6,255,199	5,620,255	6,081,549	5,256,484	6,446,695
Febrero	4,805,462	5,297,092	5,099,712	5,301,069	4,761,305	6,606,399
Marzo	5,477,792	5,686,948	5,658,260	5,863,882	5,312,113	7,732,630
Abril	5,108,646	5,574,813	6,677,942	5,373,069	5,221,327	7,218,274
Mayo	5,289,426	5,887,125	6,784,889	6,026,058	5,581,000	7,665,120
Junio	5,624,701	5,393,535	7,466,229	6,047,481	5,325,905	7,264,240
Julio	6,500,717	5,519,577	7,358,564	6,307,523	5,924,996	5,892,177
Agosto	6,550,439	5,998,965	6,970,345	6,339,118	6,265,905	5,700,220
Septiembre	6,076,178	5,821,874	6,584,427	5,955,472	5,000,733	6,077,019
Octubre	6,757,210	5,950,140	7,118,634	6,102,696	4,688,674	6,044,381
Noviembre	6,450,615	5,517,971	6,976,933	5,803,307	4,248,949	5,739,936
Diciembre	6,406,314	5,568,664	6,510,076	5,682,778	4,392,998	6,789,939
Total	**70,579,170**	**68,471,903**	**78,826,266**	**70,884,002**	**61,980,389**	**79,177,030**

[10] Manual de incremento de Eficiencia Física, Hidráulica y Energética en Sistemas de Agua Potable

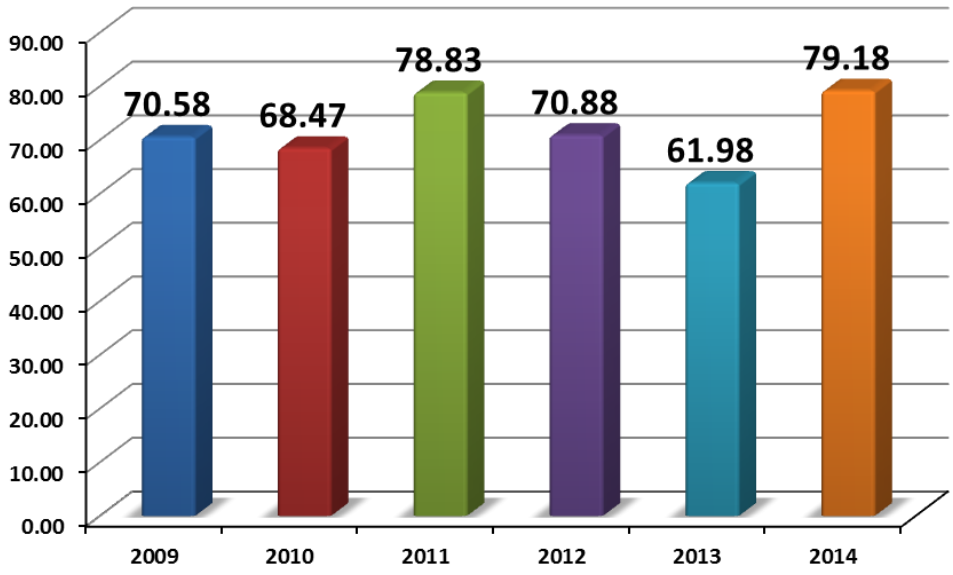


Figura 70. Producción histórica de la COMAPA

Como se observa en la figura anterior la producción en los años 2012 y 2013 decreció considerablemente debido a los impedimentos de extracción de agua sobre el canal Rodhe impuestos por parte de los ejidatarios del Distrito de Riego 026, lo cual lo hizo años atípicos, con muchas alteraciones en el abastecimiento de agua a la población, que derivo en la implementación de un programas de suministro tandeado en toda la ciudad. En el año 2014 la producción se elevó respecto a los años anteriores, llegando a una producción similar a la realizada en el 2011, pero con la particularidad de que la extracción de agua en la obra de toma Anzaldúas alcanzó su valor máximo, debido a que fue necesario suplir el agua que se obtenía de la obra de toma del canal Rodhe, al salir esta de operación para poder ejecutar las obras acordadas entre las autoridades federales, estatales y municipales y los representantes del DR 026, que contemplaban la rehabilitación del canal (recubrimiento de concreto) para reducir el volumen de agua no aprovechado por las infiltraciones en el canal y así estar en posibilidades de trasvasar el volumen de agua asignado a la COMAPA del canal Anzaldúas (Río Bravo) al canal Rodhe, para de ahí extraerlo con dos obras de toma nuevas, reduciendo así el consumos de kWh en el bombeo del agua cruda.

Por lo que toca al periodo de análisis establecido para este estudio que es de enero a diciembre del 2014, los registros de la COMAPA indican que se tuvo un volumen extraído o producido de **79, 177,033 m^3** anuales (79.18 Hm^3 al año) que representan **2,510.7 L/s**, a través de la operación de las dos obras de toma sobre el río Bravo y la obra de toma del canal Rodhe.

De esta manera, se presenta en la siguiente tabla el comportamiento que tuvo la producción de agua en forma global (OT1, OT2 y OT3) en el periodo de análisis según los registros de la COMAPA, en comparación con lo que se tiene concesionado para extraer, usar y aprovechar bajo el título de asignación No. 06TAM100226/24HAOC08 de fecha 14 de octubre de 2004 por un plazo de 10 años.

Tabla 63. Volumen de producción registrado durante un año (2014)

Mes	Vol. Mensual Río Bravo (m^3)	Vol. Mensual Canal Rodhe (m^3)	Volumen Mensual (m^3)	Gasto Medio Diario Extraído (L/s)	Captaciones en Operación
Enero	5,300,275	1,146,420	6,446,695	2,406.9	3
Febrero	5,436,961	1,169,438	6,606,399	2,730.8	3
Marzo	6,285,002	1,447,628	7,732,630	2,887.0	3
Abril	5,827,043	1,391,231	7,218,274	2,784.8	3
Mayo	6,139,867	1,525,253	7,665,120	2,861.8	3
Junio	5,982,142	1,282,098	7,264,240	2,802.6	3
Julio	5,672,932	219,245	5,892,177	2,199.9	3
Agosto	5,454,221	245,999	5,700,220	2,128.2	3
Septiembre	5,968,186	108,833	6,077,019	2,344.5	3
Octubre	6,044,381	0	6,044,381	2,256.7	3
Noviembre	5,739,936	0	5,739,936	2,214.5	3
Diciembre	6,359,499	430,440	6,789,939	2,535.1	3
Suma	**70,210,445**	**8,966,585**	**79,177,030**	**2,510.7**	**3**

En la siguiente figura se presenta el comportamiento que tuvo la extracción de agua del Río Bravo a través de las obras de toma OT1 y OT3 (Anzaldúas y Cavazos) durante el mismo periodo de análisis, comparándola con la asignación otorgada por la CONAGUA para explotar, usar y aprovechar aguas nacionales superficiales.

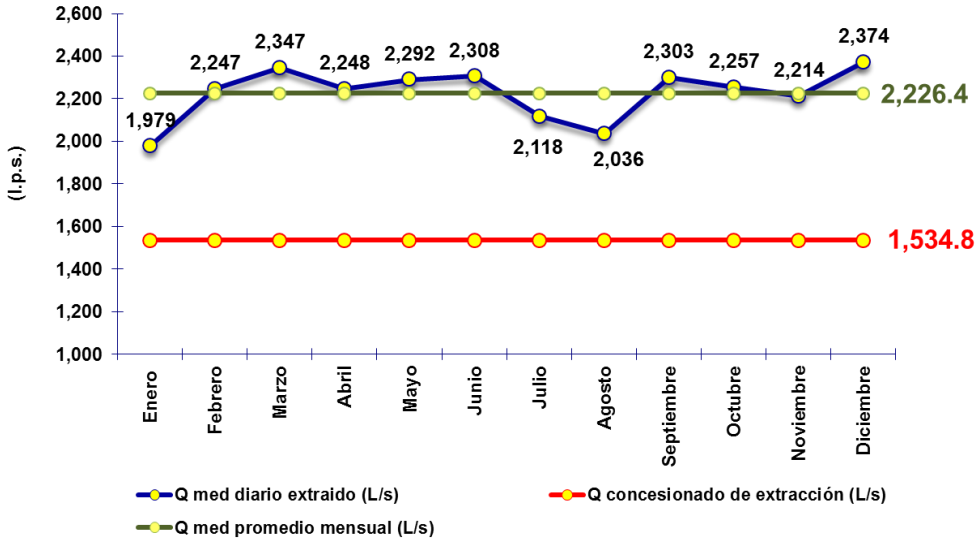


Figura 71. Extracción del Río Bravo vs Caudal asignado en Titulo

Como se observa en la figura anterior los registros de extracción de agua de la COMAPA indican que se tuvo en el 2014 una extracción promedio mensual del Río Bravo de **2,2226.4 L/s**, la cual representa un 45% más de lo que está establecido en el Título de Asignación, sin perder de vista que como se señaló en párrafos anteriores el 2014 fue un año atípico, donde hubo la necesidad de suplir con agua del Río Bravo la que dejo de extraerse del canal Rodhe.

Por otro lado, llama la atención que los registros de producción de la COMAPA muestran un comportamiento de la extracción de agua desigual al comportamiento de las temperaturas ambiente que se tienen a lo largo del año, lo que significaría que la demanda de agua de la población y por lo tanto la extracción de la misma no depende de las épocas del año, consideración muy cuestionable para los registros de producción, ya que en la ciudad de Reynosa los cambios de temperatura durante el año son notables y sin duda trascienden en los usos que se le da al agua para la atención de las necesidades de la población.

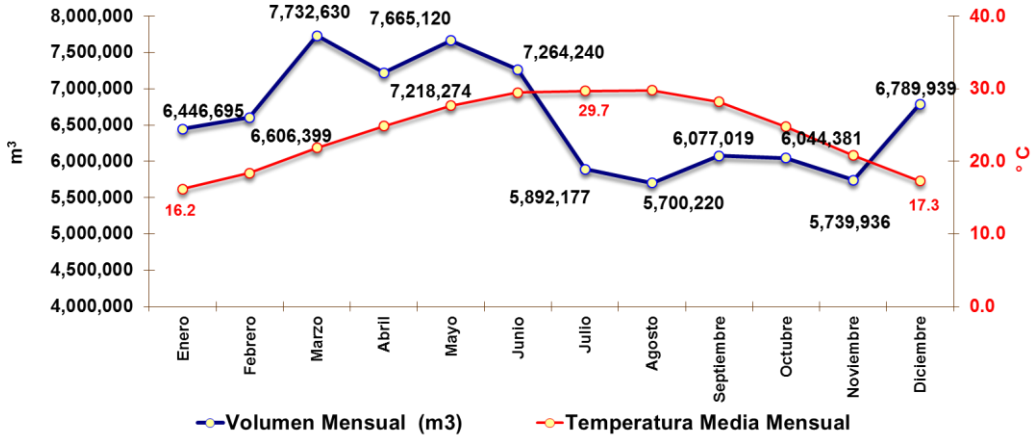


Figura 72. Producción mensual y temperaturas medias mensuales

En cuanto al volumen producido de sus fuentes subterráneas, como se ha señalado la COMAPA cuenta con 35 pozos profundos, de los cuales en el 2014 solo operaron 13 y de estos ninguno de ellos cuenta con macromedidor instalado en el tren de descarga, con el que se registre el caudal instantáneo aportado por el pozo y el volumen extraído o producido acumulado durante un mes de operación, motivo por el cual la COMAPA estima el caudal aportado de estos pozos en función de la capacidad de la bomba y el consumo de energía eléctrica, sin estimar el volumen producido mensualmente.

Por lo anterior fue necesario estimar un volumen producido dentro del periodo de análisis establecido para este estudio que es de enero a diciembre del 2014, el cual se calculó en **7,555,680 m^3** anuales (7.56 Hm^3 al año) que representan **239.6 L/s**.

De esta manera, se presenta en las siguientes tablas el volumen estimado de cada pozo y de forma global (13 pozos) durante el año de análisis (2014).

Tabla 64. Volumen producido en las fuentes subterráneas

No.	ID	Mes	Gasto Medio Diario Extraído (L/s)	Volumen Anual (m^3)	Horas de operación al año
1	AP20	Loma Blanca	16.27	513,216	7,920
2	AP58	Balcones de San José	13.56	427,680	7,920
3	AP61	Ramón Pérez 3	4.52	142,560	7,920

No.	ID	Mes	Gasto Medio Diario Extraído (L/s)	Volumen Anual (m^3)	Horas de operación al año
4	AP12	Balcones de Alcalá II	16.27	513,216	7,920
5	AP13	Balcones de Alcalá III	22.60	712,800	7,920
6	AP50	Los Almendros	22.60	712,800	7,920
7	AP55	Paseo de las Flores 1	18.08	570,240	7,920
8	AP56	Rincón de las Flores	27.12	855,360	7,920
9	AP62	Pirámides I (Pozo2)	18.08	570,240	7,920
10	AP65	Valle Soleado	25.32	798,336	7,920
11	AP34	Villas del Roble	22.60	712,800	7,920
12	AP40	Nuevo México 1	17.18	541,728	7,920
13	AP40	Nuevo México 2	15.37	484,704	7,920
		Suma	**239.59**	**7,555,680**	

Tabla 65. Volumen de producción registrado durante un año (2014)

Mes	Volumen Mensual (m^3)	Gasto Medio Diario Extraído (L/s)	Captaciones en Operación
Enero	641,715	239.6	13
Febrero	579,614	239.6	13
Marzo	641,715	239.6	13
Abril	621,015	239.6	13
Mayo	641,715	239.6	13
Junio	621,015	239.6	13
Julio	641,715	239.6	13
Agosto	641,715	239.6	13
Septiembre	621,015	239.6	13
Octubre	641,715	239.6	13
Noviembre	621,015	239.6	13
Diciembre	641,715	239.6	13
Suma	**7,555,680**	**239.6**	**13**

Volumen producido corregido

Como se mencionó al principio de este subapartado, la información de los registros de volúmenes producidos de la COMAPA, deben de considerarse como **volúmenes no corregidos de agua producida,** mismos que deben ajustarse o corregirse por los errores que pudieran presentarse.

Para llevar a cabo la corrección de los volúmenes registrados de extracción o producción por la COMAPA en el periodo de análisis, se llevaron a cabo en las obras de toma mediciones con equipos de pitometría y registradores de velocidad simplex, los cuales permiten conocer el caudal que pasa por un conducto a

través del tiempo, ya que este último recibe las presiones diferenciales obtenidas por el tubo Pitot y las transforma en velocidades, registrándolas en una carta circular acotada en pies/seg. Con la información que se obtuvo del volumen que se extrae en un día de un mes determinado, sirvió como parámetro para revisar y en su caso ajustar los volúmenes registrados durante el año, conservando el histograma de extracción.

Las mediciones efectuadas sobre las líneas de conducción de las captaciones a las plantas potabilizadoras (extracción agua cruda), se llevaron a cabo en periodos extendidos, es decir un día continuo con registros cada 15 minutos, lo cual permitió conocer para cada una de las obras de captación superficiales con las que cuenta la COMAPA el histograma de la demanda y el volumen de agua que se extrae.

En la siguiente figura se presenta un plano de la ciudad de Reynosa con la localización de los puntos donde se realizaron las mediciones.

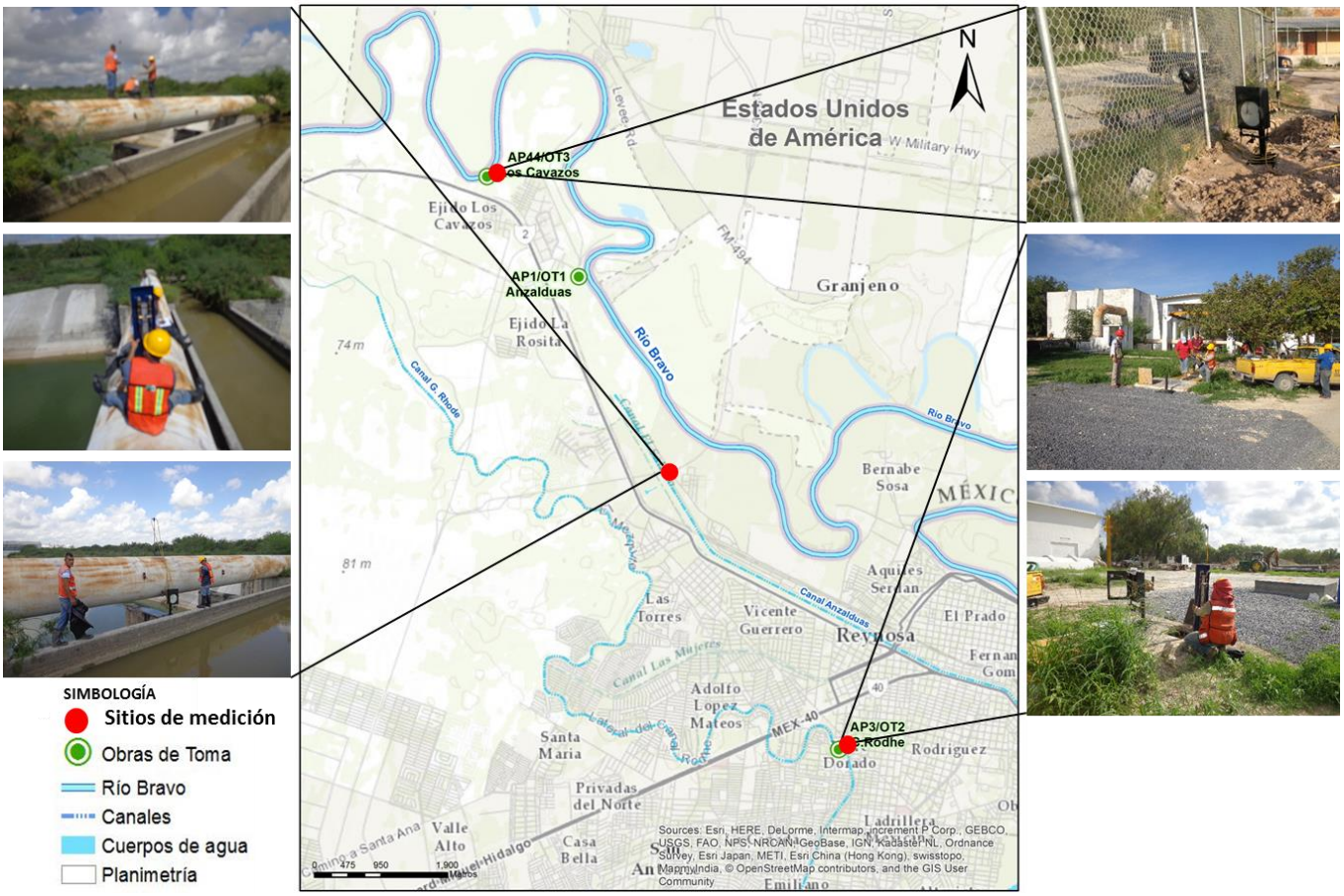


Figura 73. Estaciones de medición para determinar el volumen extraído

En la siguiente tabla se presenta los resultados obtenidos en las mediciones, así como en el Anexo 7 se presentan todos los reportes de las mediciones efectuadas en campo y el álbum fotográfico.

Tabla 66. Resultados de las mediciones efectuadas a la llegada a las plantas potabilizadoras

Nombre	Sitio	Medición extendida (más de 24 hrs.)						Comportamiento de producción en un día (24 hrs)		
		Fecha	Fecha	Vol. Total m³	Q med L/s	Q max L/s	Q min L/s	Fecha	Vol. Total m³/día	Q L/s
Acueducto Anzaldúas - Reynosa	Salida	18/09/15	20/09/15	282,563.04	1,920.39	2,126.18	1,328.86	19/09/15	176,129.24	2,038.53
P.P. Los Cavazos	Entrada	22/09/15	23/09/15	750.34	8.64	8.76	6.14	22/09/15	746.46	8.64
Acueducto Rodhe - B. Juárez	Salida	22/09/15	23/09/15	60,971.41	702.07	709.65	628.00	22/09/15	60,688.81	702.42
Total				**344,284.79**	**2,631.10**	**2,844.58**	**1,963.01**		**237,564.51**	**2,749.59**

Como puede observarse en la tabla anterior el gasto medio bombeado de la estación de bombeo Anzaldúas a las plantas potabilizadoras Pastor Lozano y Rancho Grande fue de **2,038.5 L/s**.; de la estación de bombeo Canal Rodhe a la planta potabilizadora Benito Juárez fue de **702.6 L/s**. y a la planta potabilizadora Cavazos fue de **8.64 L/s**., extracciones que suman un volumen diario extraído del Río Bravo y del canal Rodhe de **237,565 m³**, que representan **2,750 L/s**.

En cuanto al comportamiento horario de la extracción del agua del Río Bravo a las plantas potabilizadoras Pastor Lozano y Rancho Grande, se puede señalar que la mayor parte del día se bombea con 4 equipos, los cuales proporcionan todo el tiempo el mismo caudal con la misma presión de trabajo, y solo durante 5 horas en la madrugada (2:00 a 7:00 hrs) se bombea con solo 3 equipos, lo que genera una disminución del caudal bombeado con el consecuente incremento en la presión de trabajo, y para el caso del bombeo de la obra de toma del canal Rodhe, se presenta una condición muy similar donde la mayor parte del día se bombea con 3 equipos y solo en una hora se bombeo con 2 equipos, lo que generó una disminución del caudal bombeado al igual que de la presión de trabajo, debido a que la CDT depende mayormente a las pérdidas por fricción y no al desnivel topográfico como en el caso de la obra de toma Anzaldúas. En las siguientes figuras se presenta el comportamiento horario de la extracción de agua de las dos principales obras de toma y en el Anexo 7 se presenta los análisis efectuados.

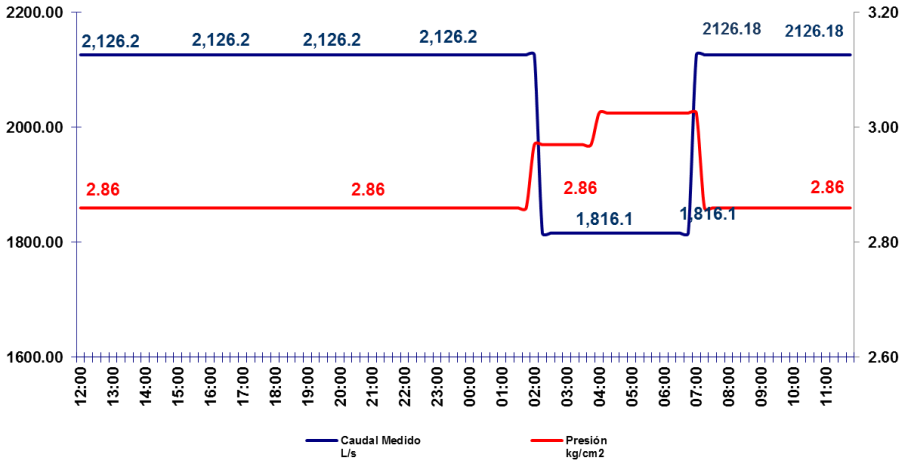


Figura 74. Comportamiento horario del bombeo de la OT Anzaldúas a las Potabilizadoras Pastor Lozano y Rancho Grande

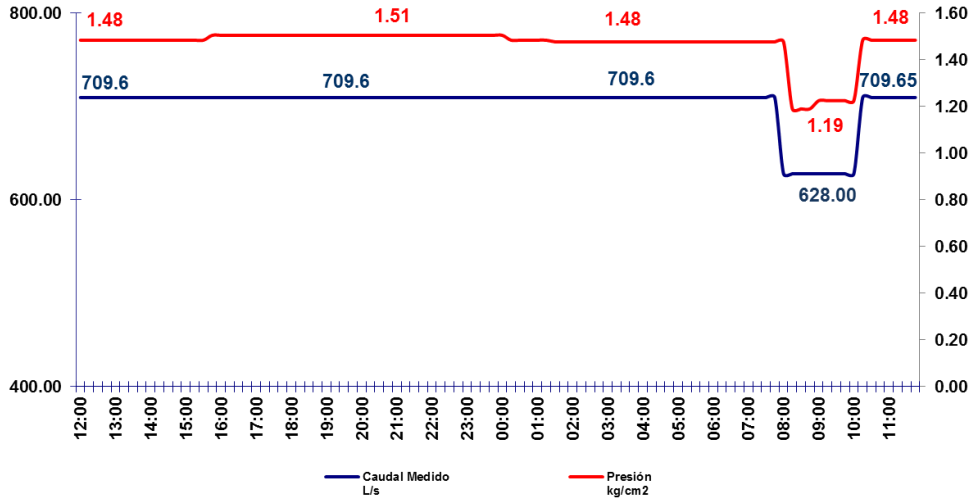


Figura 75. Comportamiento horario del bombeo de la OT Canal Rodhe a la Potabilizadora Benito Juárez

Algo similar sucede en la obra de toma Cavazos, ya que las veinticuatro horas del día se bombea con dos equipos de bombeo que suman entre los dos 20 hp, los cuales proporcionan la mayor parte del día el mismo caudal con la misma presión de trabajo, con algunas ligeras variaciones debido a la manera de operar de la potabilizadora, tal y como se muestra en la siguiente figura.

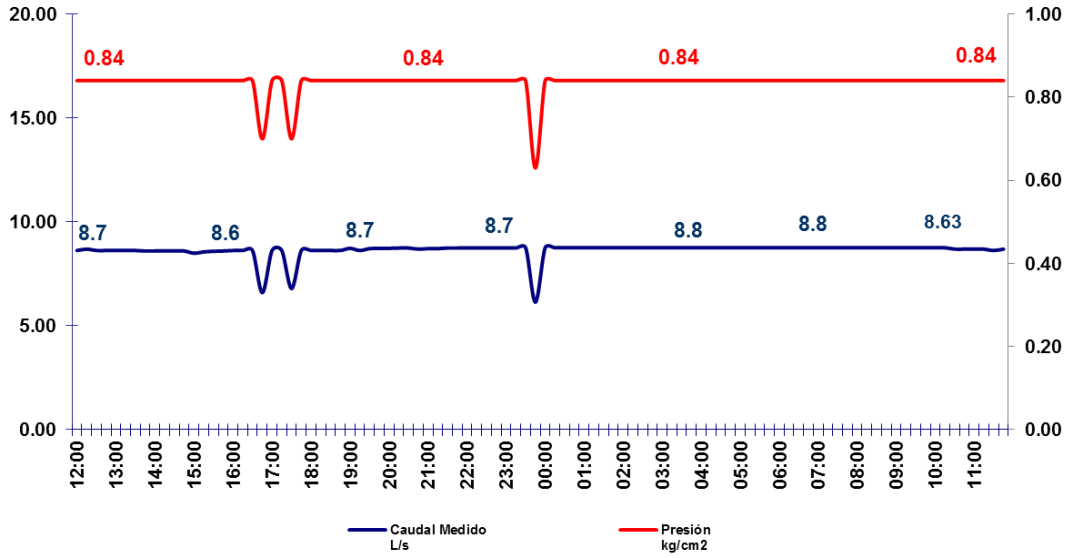


Figura 76. Comportamiento horario del bombeo de la OT Cavazos

Para llevar a cabo la corrección de los volúmenes estimados de extracción o producción en los pozos que opera la COMAPA en el periodo de análisis, se llevaron a cabo aforos puntuales con equipos de pitometría.

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos en los aforos realizados en los pozos, con los cuales se pudo determinar el gasto puntual y el gasto medio diario que depende del número de horas al día que opera cada uno de los pozos.

Tabla 67. Resultado de los aforos de los pozos

No.	Pozo	Fecha	Hora	Presión (Kg/cm2)	Gasto Aforado (L/s)	Horas de Operación (horas)	Volumen (m3/día)	Gasto Medio L/s	Dato de Gasto de COMAPA (L/s)
1	Villa Del Roble	17/09/2015	15:30	1.000	16.83	19	1,151.17	13.32	22.60
2	Valle Soleado	24/09/2015	14:11	0.180	59.30	12	2,561.76	29.65	25.32
3	San José	19/09/2015	13:58	0.300	14.56	11	576.58	6.67	13.56
4	Rincón De Las Flores	23/09/2015	15:10	0.250	36.16	24	3,124.22	36.16	
5	Ramón Pérez	19/09/2015	17:25	0.350	5.34	14	269.29	3.12	4.52
6	Puerta Del Sol II	17/09/2015	16:00	1.270	11.46	13	536.33	6.21	
7	Pirámides	24/09/2015	11:36	0.470	24.05	24	2,077.92	24.05	18.08
8	Paseo De Las Flores II	19/09/2015	18:30	0.420	26.00	24	2,246.40	26.00	27.12
9	Paseo De Las Flores I	19/09/2015	18:00	0.400	14.89	24	1,286.50	14.89	18.08
10	Nuevo México 2	17/09/2015	16:35	0.100	10.83	24	935.63	10.83	15.37
11	Nuevo México 1	17/09/2015	16:20	0.100	7.44	24	642.82	7.44	17.18
12	Misión Santa Fe	24/09/2015	15:30	0.380	34.75	10	1,251.00	14.48	
13	Almendros	23/09/2015	12:23	0.300	26.08	11	1,032.77	11.95	22.60
14	Juárez	17/09/2015	13:20	0.300	20.74	24	1,791.94	20.74	
15	Buganvilias 2	17/09/2015	15:57	0.650	6.39	24	552.10	6.39	
16	Balcones De Alcalá 3	21/09/2015	14:00	0.460	19.71	15	1,064.34	12.32	22.60
17	Balcones De Alcalá 2	19/09/2015	17:17	0.600	26.40	24	2,280.96	26.40	16.27
				Total	**360.9**			**270.62**	**223.30**
				Suma de pozos que operaron en el 2014				**186.64**	**223.30**

Con estos resultados de las mediciones en las obras de toma y de los aforos en los pozos se determinó el error de precisión o estimación de los volúmenes registrados como producidos o extraídos por la COMAPA a partir de los procedimientos y las recomendaciones señaladas en las Normas Mexicanas y en las publicaciones de la CONAGUA[11]que establecen como error de precisión o estimación el que se obtiene con la siguiente ecuación:

$$\mathrm{Err} = \frac{(\mathrm{Q_{medidor}} - \mathrm{Q_{patrón}})}{\mathrm{Q_{patron}}} \mathrm{X}100$$

De esta manera se tiene que el error de estimación del volumen extraído de agua cruda en las tres obras de toma resultó de -**24.16%,** lo que significa que de manera global la COMAPA Subestima el volumen extraído de sus obras de toma. En la siguiente tabla se presenta el ajuste realizado a los volúmenes extraídos registrados por la COMAPA durante el 2014.

[11] Manual de Incremento de Eficiencia Física, Hidráulica y Energética en Sistemas de Agua Potable.- CONAGUA

Tabla 68. Corrección del volumen extraídos de las fuentes superficiales en el periodo de análisis

No.	Tipo de fuente de abastecimiento	Volumen Registrado sin corregir		% de Error de estimación de macromedición	Volumen Registrado corregido		Diferencia de Caudal L/s
		Volumen Total m³/año	Caudal L/s		Volumen Total m³/año	Caudal L/s	
1	Superficial	79,177,030	2,510.7	-24.16%	98,309,384	3,117.4	606.7

En cuanto al error de estimación del agua producida en los 13 pozos que operaron resulto de **16.42%,** lo que significa que de manera global la COMAPA Sobreestima el volumen extraído de sus pozos profundos. En la siguiente tabla se presenta el ajuste realizado a los volúmenes extraídos estimados por la COMAPA durante el 2014

Tabla 69. Corrección del volumen extraído de las fuentes subterráneas en el periodo de análisis

No.	Tipo de fuente de abastecimiento	Volumen Registrado sin corregir		% de Error de estimación de macromedición	Volumen Registrado corregido		Diferencia de Caudal L/s
		Volumen Total m³/año	Caudal L/s		Volumen Total m³/año	Caudal L/s	
1	Subterráneas	7,555,680	239.6	16.42%	6,315,402	200.3	-39.3

Con estos errores de subestimación y sobreestimación en las fuentes superficiales y subterráneas, respectivamente, se procedió a corregir los datos de volumen producido de cada mes, extrapolando dichos resultados a todos los meses del año para cada una de las captaciones. En la siguiente tabla se presenta el volumen corregido extraído por mes.

Tabla 70. Volumen producido corregido de las fuentes superficiales y subterráneas, durante el periodo de análisis

Mes	Volumen Mensual Superficial (m^3)	Gasto Medio Diario Extraído Superficial (L/s)	Volumen Mensual Subterráneo (m^3)	Gasto Medio Diario Extraído Subterráneo (L/s)	Volumen Mensual Total (m^3)	Gasto Medio Diario Extraído Total (L/s)
Enero	8,004,476	2,988.5	536,377	200	8,540,852	3,188.8
Febrero	8,202,771	3,390.7	484,469	200	8,687,240	3,591.0
Marzo	9,601,144	3,584.7	536,377	200	10,137,521	3,784.9
Abril	8,962,499	3,457.8	519,074	200	9,481,573	3,658.0
Mayo	9,517,321	3,553.4	536,377	200	10,053,698	3,753.6
Junio	9,019,572	3,479.8	519,074	200	9,538,647	3,680.0
Julio	7,315,964	2,731.5	536,377	200	7,852,340	2,931.7
Agosto	7,077,622	2,642.5	536,377	200	7,613,999	2,842.7
Septiembre	7,545,471	2,911.1	519,074	200	8,064,545	3,111.3
Octubre	7,504,946	2,802.0	536,377	200	8,041,323	3,002.3
Noviembre	7,126,935	2,749.6	519,074	200	7,646,009	2,949.8
Diciembre	8,430,661	3,147.6	536,377	200	8,967,038	3,347.9
Suma /promedio	**98,309,384**	**3,117.4**	**6,315,402**	**200**	**104,624,786**	**3,317.6**

Como se observa en la tabla anterior el volumen corregido extraído de las fuentes de abastecimiento que operó la COMAPA en el periodo de análisis (2014) fue de **104, 624,786 m^3 (104.62 Hm^3/año),** que representan un caudal medio diario extraído (Q med diario) de **3,318 L/s.,** de la misma forma se observa que del total del volumen producidos el 94% corresponde a las fuentes superficiales y el 6% a las fuentes

subterráneas; para mayor detalle de información de las fuentes subterráneas, volumen producido y calidad del agua consultar los anexos 6 y 8.

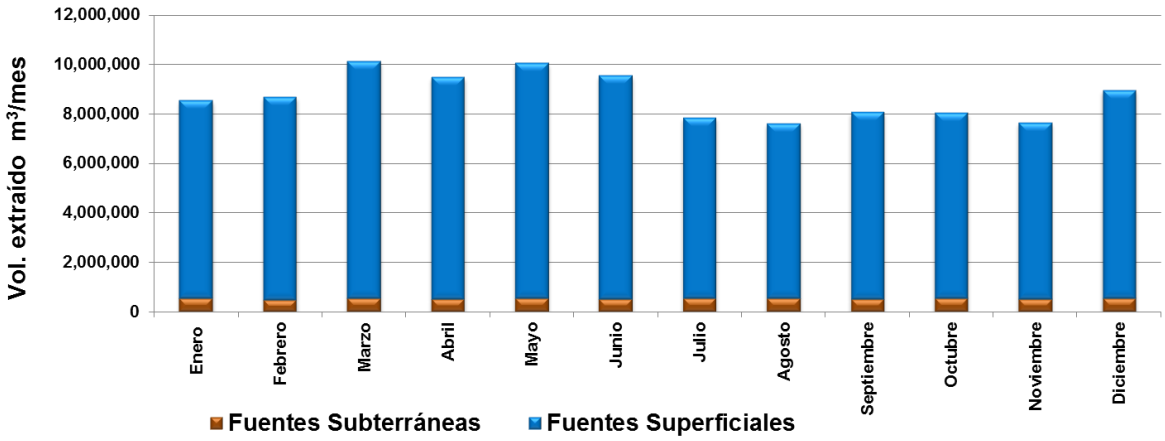


Figura 77. Histograma de producción de las fuentes de abastecimiento que opera la COMAPA

A partir de la información presentada respecto a las obra de captación de las fuentes de abastecimiento, se presentan las siguientes conclusiones:

- La fuente de abastecimiento principal son las aguas del Río Bravo, concesionada por la CONAGUA para extraer, usar y aprovechar un volumen de 48.40 Hm^3 anuales (1,535 L/s) al amparo del título de concesión No. 06TAM10226/24HAOC08 de fecha 14 de octubre de 2004 por un plazo de 10 años y en menor cantidad las aguas del canal Rodhe que viene de la presa Marte R Gómez para el DR -026.

- La COMAPA cuenta con dos obras de toma sobre el Río Bravo y una sobre el canal Rodhe, de las cuales extrajo durante el 2014 un volumen estimado corregido de 98.31 Hm^3 al año, que representan 3,117 L/s.

- Adicionalmente a las obras de toma existentes la COMAPA construyó dos obras de toma sobre el canal Rodhe para suministrar agua a las plantas potabilizadoras, motivado por el proyecto de trasvase del agua del canal Anzaldúas alimentado por el Río Bravo al canal Rodhe que viene de la presa Marte R. Gómez y que atraviesa la ciudad de Reynosa de Noroeste a Sureste, a través de la puesta en operación de la planta de bombeo Anzaldúas – Rodhe, las cuales dejaran fuera de operación a las tres existentes y cuya autorización correspondió a la CONAGUA.

- Las captaciones del agua subterránea son pozos profundos que aportan caudales puntuales de entre 6 y 60 L/s y medios diarios de entre 6 y 36 L/s, muchos de ellos con una serie de problemas de: mala calidad del agua, falta de equipamiento, vandalismo, entre otros. La gran mayoría de los pozos opera las 24 horas los 365 días del año, sin embargo, existen algunos pozos que operan un determinado número de horas al día bajo un horario especifico, siendo la finalidad de su operación apoyar el abasto de agua a las colonias que se encuentran localizadas a gran distancia de las plantas potabilizadoras, por lo cual no les llega agua suficiente para cubrir la demanda de agua, las cuales se ubican dentro de los sectores de distribución: Granjas, Juárez Poniente y Juárez Oriente.

- La extracción de agua subterránea se llevó a cabo a través de la operación de 13 pozos durante el 2014, con los cuales se obtuvo un volumen estimado corregido de 6.32 Hm^3 al año, que representan 200 L/s.

- En el 2014 ninguna obra de captación (obra de toma y pozo profundo) contaba con equipos de medición que registraran tanto los caudales instantáneos como los volúmenes de agua acumulados.

- Por la falta de macromedidores instalados en las obras de toma, que indiquen con precisión el caudal extraído e ingresado a las plantas potabilizadoras, se tiene la necesidad de estimar la dosificación de los productos químicos en función de un gasto supuesto a partir de la capacidad de las bombas instaladas.

- La calidad del agua de la fuente de abastecimiento superficial no es periódicamente monitoreada y analizada en todas sus características, imposibilitando la modificación o implementación de los tratamientos específicos para reducir los contaminantes objetables (que rebasen los límites permisibles), ya sean químicos o agentes infecciosos que pudieran existir, lo que permitiría darle seguridad y confianza a los usuarios de que reciben un agua apta para uso y consumo humano, que no causará efectos nocivos a la salud del consumidor.

- La calidad del agua de las fuentes subterráneas no es monitoreada y analizada, a pesar de tener informes de que la calidad del agua del acuífero Bajo Río Bravo no es buena, ya que se ha determinado que el agua subterránea de este acuífero presenta concentraciones de STD de 600 a 15,000 mg/L, lo cual la sitúa como un agua no apta para uso y consumo humano, puesto que puede causar efectos nocivos a la salud del consumidor.

Con base en la información anterior y a la obtenida en campo se hacen las siguientes recomendaciones:

- Es necesario que en su momento se tramité la prórroga a la asignación y permiso para descargar aguas residuales, por igual término al amparo del titulo de concesión No. 06TAM10226/24HAOC08 de fecha 14 de octubre de 2004 por un plazo de 10 años, que incluya los derechos de las aguas del distrito 025 (Río Bravo) ya que no se puede seguir extrayendo agua de manera informal.

- Es indispensable que se realicen los estudios necesarios para determinar el potencial real del acuífero y la posibilidad de considerarlo como una fuente segura de abastecimiento para los próximos años.

- Es imprescindible y urgente que las captaciones cuenten con macromedición, instalando medidores a la salida de los múltiples de las estaciones de bombeo de las obras de toma o a la llegada de las plantas potabilizadoras, así como en los trenes de descarga de los pozos, con el fin de registrar los volúmenes extraídos de la fuente de abastecimiento y con ello controlar la dosificación de los productos químicos en el proceso de potabilización.

- Para que la COMAPA asegure el suministro de agua a la ciudad de Reynosa, requiere de acciones que permitan fortalecer la Coordinación de Mantenimiento, mediante la adquisición de un stock de

equipos y refacciones, que permita reducir al mínimo el tiempo de paro de los equipos de bombeo por alguna eventualidad y así mantener la continuidad en el servicio.

- Es necesario llevar a cabo los registros de las variables eléctricas de los equipos de bombeo e hidráulicas, con el objeto de determinar periódicamente las eficiencias electromecánicas del conjunto bomba – motor en cada una de las líneas, así como de forma global (en paralelo), para estar en condiciones de realizar modificaciones y/o rehabilitaciones que incrementen las eficiencias y reduzcan los costos de producción.

- Se requiere llevar a cabo un estudio completo de la calidad del agua de la fuente de abastecimiento (con apego a la NOM – 127) y efectuar pruebas de tratabilidad a nivel de laboratorio, para fundamentar la potabilización del agua, esto de forma periódica (mínimo 2 veces al año).

Potabilización

Actualmente la COMAPA cuenta con 4 Plantas Potabilizadoras que reciben el agua del Río Bravo y del Canal Rodhe durante los doce meses del año, debido a que del total de agua que consume el 94% proviene de las fuentes superficiales, las cuales por lo regular requieren de un tratamiento para su potabilización. En la siguiente figura se presenta la localización de las cuatro plantas potabilizadoras que existen, indicando sus coordenadas referidas a la proyección cartográfica Universal Tranversal de Mercator (UTM) y la elevación obtenida de la información LIDAR tipo terreno, así como información técnica:

Tabla 71. Ubicación geográfica de las plantas potabilizadoras de la COMAPA

No.	ID	Nombre	Coordenadas UTM		Elevación msnm	Sector	Status
			X	Y			
1	AP4/PP1	Pastor Lozano	570,000	2,884,272	47.47	Poniente	En Operación
2	AP/9PP2	Benito Juárez	574,481	2,878,640	44.69	Juárez Oriente	En Operación
3	AP47/PP3	Rancho Grande	567,473	2,886,315	51.00	Rancho Grande	En Operación
4	AP43/PP5	Los Cavazos	564,913	2,892,220	35.32	Rancho Grande	En Operación

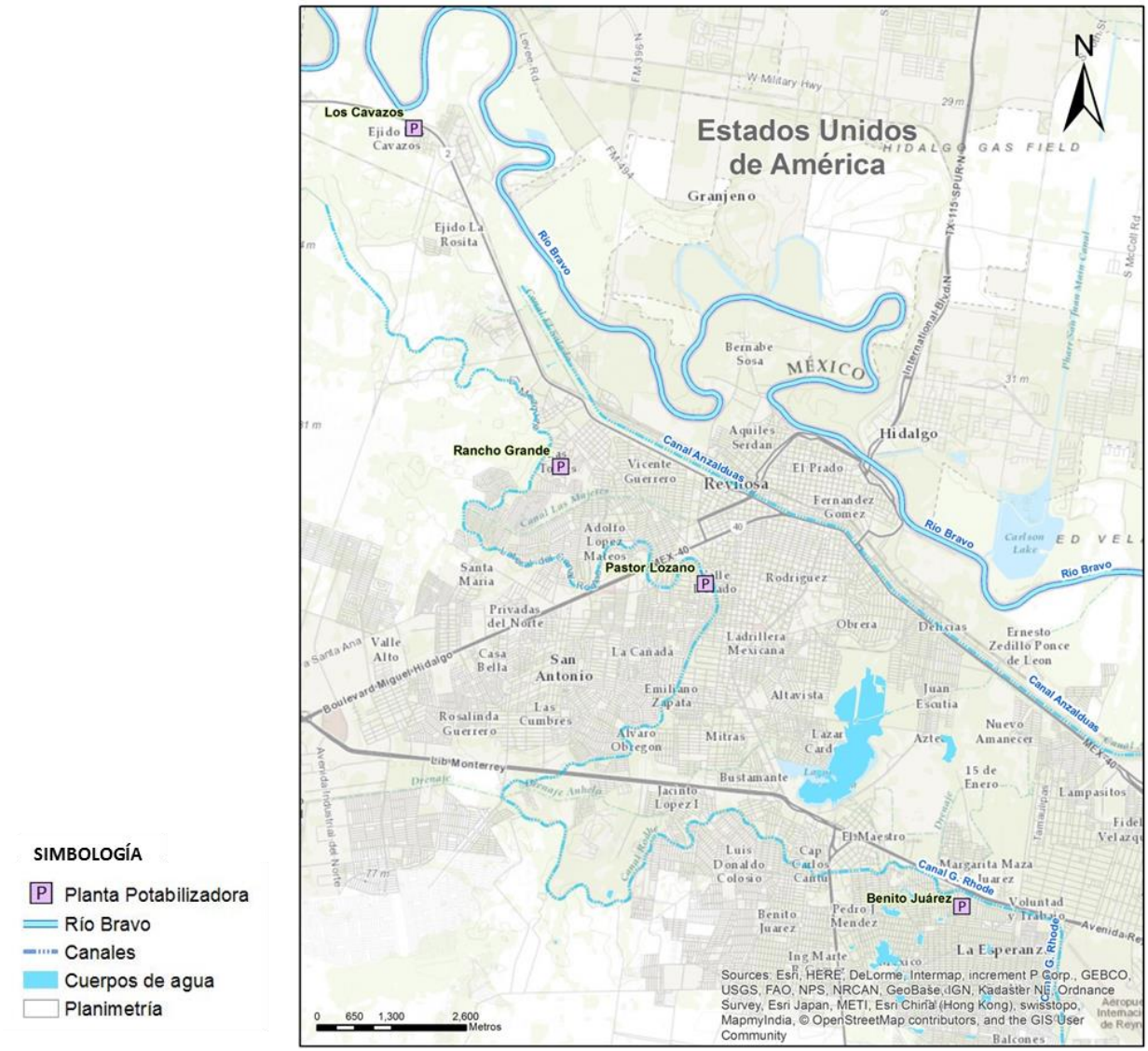


Figura 78. Localización de las Plantas Potabilizadoras de Reynosa

Tabla 72. Información técnica de las Plantas Potabilizadoras

No.	ID	Nombre	Proceso	Tipo de Desinfectante	Tipo y capacidad de tanques y cilindros	Capacidad de potabilización (L/s)
1	AP4/PP1	Pastor Lozano	Coagulación, Floculación, Sedimentación, Filtración, Desinfección	Gas-Cloro	7 cilindros de 907 kg	1,800
2	AP/9PP2	Benito Juárez	Coagulación, Floculación, Sedimentación, Filtración, Desinfección	Gas-Cloro	Cilindro de 907 kg	750
3	AP47/PP3	Rancho Grande	Coagulación, Floculación, Sedimentación, Filtración, Desinfección	Gas-Cloro	Cilindro de 907 kg	250
4	AP43/PP5	Los Cavazos	Coagulación, Floculación, Sedimentación, Filtración, Desinfección	Tablas de hipoclorito	Tabletas	7

En la planta potabilizadora Pastor Lozano (Loma Linda) se potabiliza el 68.3% del agua que se suministra; en la planta Benito Juárez el 26%; en la planta Rancho Grande el 5.4% y en la planta Cavazos solo el 0.3% del agua suministrada.

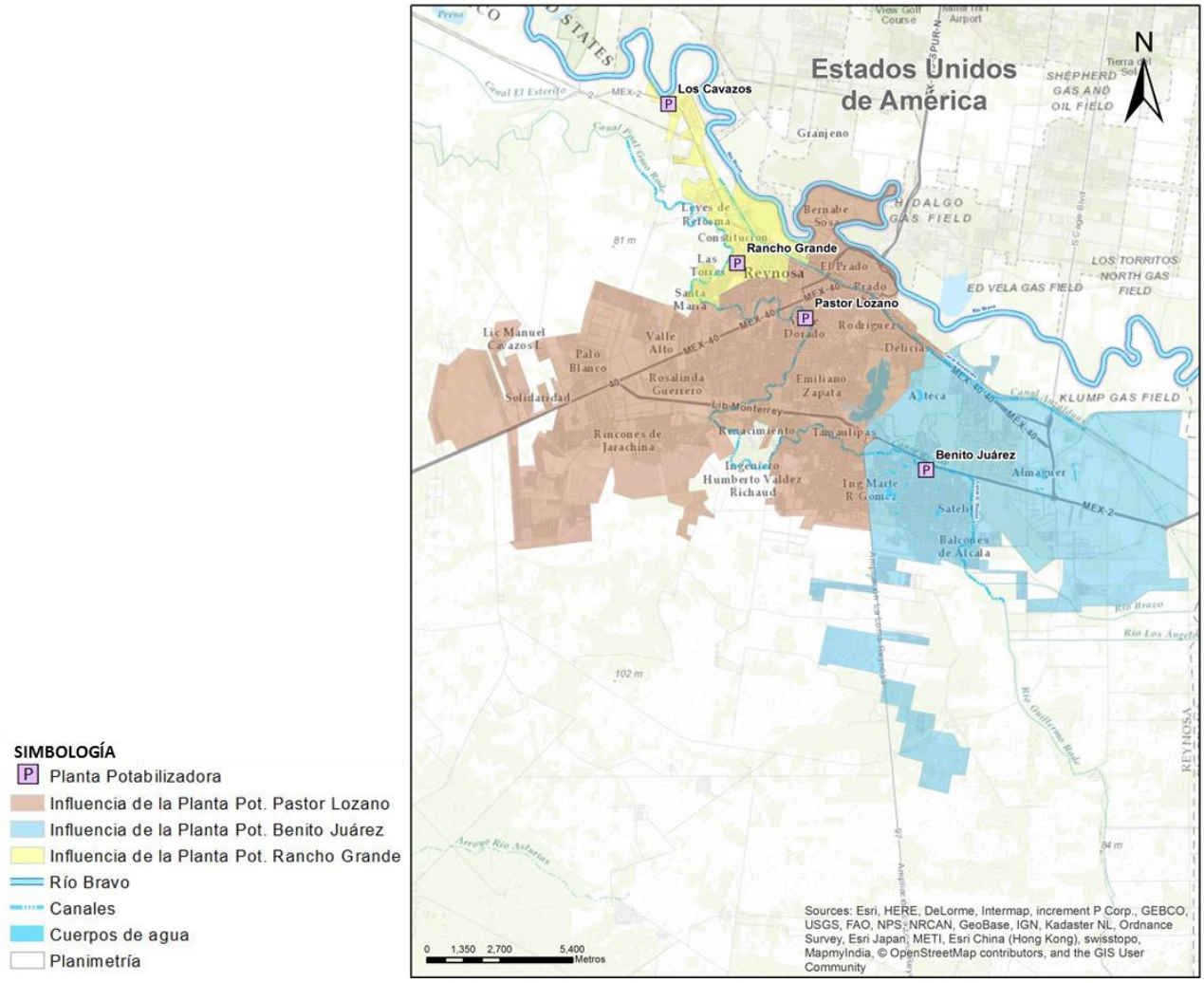


Figura 79. Áreas de influencia de las plantas potabilizadoras

Las plantas potabilizadoras con las que cuenta la COMAPA se encuentran funcionando perennemente, mostrando actualmente una mejora en sus diferentes procesos de tratamiento, a los que presentaba en años anteriores (2013), sin embargo, persisten algunas fallas o se han generado nuevas fallas por el paso de los años, que requieren su atención para poder mantenerlas por largo tiempo, operando en mejores condiciones de eficiencia y eficacia, pero sobre todo garantizando la calidad del agua que se suministra a los habitantes de la ciudad de Reynosa, por lo que se requiere de algunos proyectos y reingenierías para su mejora.

A continuación se presenta una breve descripción de los procesos de potabilización de cada una de las plantas potabilizadoras así como de sus fallas o problemas de funcionamiento más significativos y de las propuestas o proyectos que se tienen contemplados para dar solución a las diferentes fallas.

Planta Potabilizadora Pastor Lozano

Actualmente en esta planta se potabiliza como ya se mencionó el 68.3% del total del agua, la cual es enviada a los sectores Centro, Granjas, Poniente y Juárez Poniente.

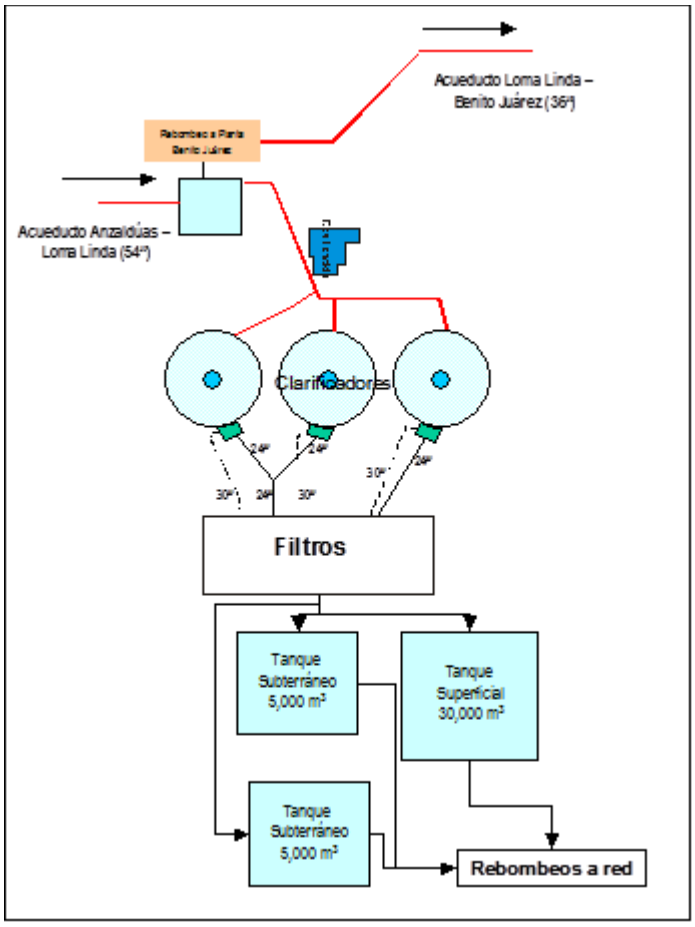


Figura 80. Esquema de funcionamiento de la Plata Pastor Lozano

La planta Pastor Lozano es una planta potabilizadora clarificadora de patente alemana (Pintch Bamag) construida en 1964 y diseñada originalmente en tres módulos con capacidad unitaria de 275 L/s, para una capacidad total de 825 L/s, el diseño original contempló dos clarificadores, que posteriormente en 1980 se incrementaron a tres para aumentar su capacidad a 1,000 L/s, y en 1990 se realizaron algunas adecuaciones para aumentar su capacidad a 1,500; siendo está la última vez en la que se llevó a cabo una inversión importante para la planta y sobre todo que se concluyeron las obras contratadas, ya que posteriormente se han hecho algunos trabajos provisionales que le han permitido incrementar su capacidad a 1,800 L/s.

El proceso de potabilización de acuerdo con el último Proyecto Ejecutivo de Rehabilitación de 1987 incluye: mezcla mecánica, dosificación de reactivos (sulfato de aluminio y polímero), clarifloculación, filtración rápida con precloración y postcloración y almacenamiento de agua potabilizada en varios tanques, para su posterior bombeo a la red de los diferentes sectores de abastecimiento.

En los últimos tres años se han llevado a cabo trabajos de mantenimiento correctivo y preventivo en la planta potabilizadora, los cuales enlistamos a continuación:

- Rehabilitación del clarificador #3
- Mantenimiento preventivo del sistema de cloración
- Rehabilitación del sistema de válvulas neumáticas en mesas de control
- Desazolve de la laguna de lodos
- Reposición del medio filtrante
- Mantenimiento preventivo a bombas de inyección de polímeros

Adicionalmente en los últimos años se han realizado proyectos de reingenierías para esta planta, con los cuales se han realizado modificaciones que han servido para mejorar las diferentes etapas del proceso, siendo estas:

1. La recuperación de toda el agua clarificada que anteriormente se tiraba por falta de capacidad en las canaleta, realizándose un bypass en dichas canaletas para enviar el agua hacia la galería de filtros o al tanque de aguas claras, siempre y cuando el agua lleve una concentración de turbidez menor de 5 NTU.

2. El Modulo de potabilización acelerada, el cual se construyó en una estructura que había sido construida hace varios años para el proceso de floculación, el cual nunca funcionó, por lo que se aprovechó la estructura para convertirlo en un tren de floculación y clarificación con módulos de alta tasa, con el cual se incrementó la producción de agua potabilizada entre 180 a 200 L/s, con una calidad del agua que no rebasa los 4 NTU de turbidez en este nuevo módulo. El agua que se produce en este módulo es enviada por la línea MIOX al tanque de agua clara.

La ejecución de estas obras han venido a resolver el problema de capacidad y han contribuido a mejorar un poco la calidad del agua producida, sin embargo, como se ha apuntado la planta tiene tres clarifloculadores que son las estructuras circulares superficiales de concreto armado, las cuales todas presentan fisuras con fugas en la parte superior, además las rastras no funcionan porque están dañadas y los tubos sedimentadores están tapados, el clarificador está a un tercio de lodo, pero no se puede parar para limpiarlo porque la producción bajaría considerablemente y se ocasionaría un problema de desabasto en la ciudad. Se ha metido el camión hidroneumático (Vactor) para limpiarlo, pero no ha podido solucionar el problema ya que los lodos no se pueden extraer por estar taponeado los tubos de salida.

Por lo anterior, al no tener donde llevar a cabo la floculación de toda el agua tuvieron que coagular en la obra de toma, inyectando el sulfato de aluminio y los polímeros para que en los 9 km. de conducción, hidráulicamente reaccionen los químicos y llegue floculada el agua a la planta potabilizadora.

La fontanería de salida hacia los filtros presenta deterioro y las válvulas de seccionamiento tipo compuerta ya no funcionan debido a que ya tienen bastante tiempo en operación, es decir los filtros están directos, no tienen válvulas de control, por lo que nunca deja de caer agua pero no hay control, los filtros se lavan porque se hicieron algunas aberturas para que entre el agua y se laven.

El bajo dren, las válvulas de control, las mesas de mando, no se han tocado desde 1980, son las originales, las válvulas son de 1964 y ya no operan. Proponiéndose en 1996 substituir el bajo dren integrado por bloques tipo "M" (misma patente), en virtud de que los existentes se encuentran fracturados en su mayoría, porque datan del año de 1964, fecha en la que se construyó la planta, existiendo puntos de ebullición que hacen que la arena se vaya al canal Rodhe.

No tienen variadores de velocidad para el soplador y las bombas.

La cloración se hace en los 4 tubos de salida y hay que estar dosificar para cada uno de ellos, lo cual representa una problemática, debiéndose conectar para llevarlo a cabo en un solo lugar.

Falta infraestructura para dosificar, al igual que el laboratorio no cuenta con toda la instrumentación y materiales para los análisis de control de calidad.

Por otro lado, el tanque de almacenamiento y regulación (30 mil m^3) tiene algunas fallas estructurales por lo que solo lo llenan a 2.8 m de tirante (de 10 a 15 mil m^3), además de que la losa de techo ya se está cayendo. En caso de que ocurriera alguna contingencia en la obra de toma que obligará a parar el suministro de agua cruda hacia las plantas potabilizadoras, no se cuenta con un gran almacenamiento de agua potable que pudiera mitigar el problema de desabasto a la ciudad, ya que la reserva con la que se cuenta es mínima, la cual pudiera mantener el abasto a la ciudad entre 4 a 5 horas como máximo.

Por último el tanque elevado no se ha puesto en operación permanente, a pesar de que cuenta con las conexiones correctas para que funcione de manera independiente de los rebombeos y con la fontanería que le permite mandar agua a cualquier sector que abastece la planta potabilizadora Pastor Lozano.

Derivado de las fallas persistentes en la planta potabilizadora, la COMAPA tiene contemplado llevar a cabo los proyectos de reingeniería con los cuales se ejecuten las obras necesarias para mejorar los procesos de tratamiento, que permitirán reducir en un 50% el valor de la turbidez que actualmente tienen a la salida de la potabilizadora, siendo estas obras requeridas:

a) La Rehabilitación del sistema de floculación en los 3 clarificadores circulares.- Consiste a la reingeniería para fabricar las estructuras de floculación en material inoxidable, así como el sistema de soporte y sujeción en la loza principal del tanque floculador, incluye el sistema de conducción eléctrica, así como los controladores de arranque, protección y paro de cada uno de los 12 sistemas. Es necesario realizar el anteproyecto con todos los datos técnicos necesarios para confirmar las capacidades de los equipos de floculación.
b) Adecuación del sistema de clarificación por módulos de alta taza en los 3 clarificadores.- Consiste en la adquisición e instalación de sistemas de clarificación de alta taza (módulos) en la circunferencia total del clarificador, respetando el ancho de operación del puente de la rastra principal, así como la instalación de la cortina laminar, para influir al ascenso del agua a través de los módulos de clarificación.
c) La rehabilitación del sistema de válvulas en el área de filtros.- Adquisición e instalación de 26 válvulas tipo mariposa de 16", incluye el sistema de operación a través de actuadores con solenoide, hasta la mesa de control de cada uno de los filtros.

d) Recuperación del nivel óptimo del medio filtrante (arena silica).- Adquisición e instalación de al menos 20 cm de arena (según muestra) en el total de los 12 unidades de filtración (150 toneladas) aproximadamente.
e) La sustitución del falso fondo.- Consiste en desmontar el actual falso fondo y adquirir e instalar el falso fondo tipo Leopold.
f) La Rehabilitación del nuevo tren de potabilización acelerada.- Consiste en la rehabilitación del sistema de floculación (6 equipos), incluye transmisión de uso rudo de un rango de hasta 6 RPM, motor de al menos 3 hp, uso rudo, tipo nema, así como la alineación de las estructuras de agitación.

Adicionalmente se tiene contemplado otras obras en la planta y en el laboratorio, para mejorar la dosificación de los polímeros y el control de calidad del agua en la planta, siendo estas:

a) La adecuación del área de preparación y dosificación química.- Consiste en la adquisición e instalación de 2 tanques de preparación de sulfato de aluminio, adquisición e instalación de 6 bombas de soluciones acidas (tipo Apollo 2000), instalación de rotámetros en los distintos puntos de dosificación.
b) La adquisición e instalación de analizadores en línea de turbidez, cloro residual y SDT del agua clarificada y agua filtrada.- Consiste en la adquisición e instalación de equipos de análisis en línea de turbiedad, cloro residual y SDT en agua clarificada y agua potable, incluyen envió de señal a pc.
c) La adecuación del área de microbiología en el laboratorio central de pruebas.- Consiste en realizar adecuaciones en la instalación actual del área de análisis bacteriológicos, se propone la prolongación del espacio destinado para ello (obra civil), así como la adquisición e instalación de una campana de flujo laminar, 2 autoclaves y bomba de vacío.
d) Adquisición de un Espectofotometro y un Turbidimetro para la realización de algunos análisis que aseguren la calidad del agua del proceso de potabilización de acuerdo a la normatividad vigente.

En cuanto a las estructuras de almacenamiento, la COMAPA también tiene considerado llevar a cabo otras obras y acciones que le permitan aprovechar la infraestructura existente:

a) La rehabilitación del tanque semienterrado de 30,000 m³ de capacidad, ya que por los daños estructurales que tiene no es posible utilizar su capacidad máxima.
b) Poner en operación permanente el tanque elevado para el sector Poniente, ya que todo el sector puede manejarse a partir de este tanque

En resumen la planta se encuentra funcionando en mejores condiciones que las que tenía hace un par de años, pero persisten algunas fallas que hay que corregir con el propósito de remover con mayor eficiencia los agentes contaminantes para así estar en condiciones de garantizar la calidad del agua suministrada a la población.

Por lo que toca a la calidad del agua que se obtiene actualmente de la planta potabilizadora Pastor Lozano, la COMAPA proporcionó la información de sus reportes diarios de control de procesos y se obtuvo un promedio trimestral, los cuales se presentan a continuación.

Tabla 73. Resultados de la calidad del agua que sale de la Pastor Lozano

No.	Nombre de la Planta Potabilizadora:			Pastor Lozano			
	Parámetros NOM-127-SSA1-1994	Límite permisible (NOM 127)		1er trimestre	2do trimestre	3er trimestre	4to trimestre
				Periodo de muestreo	Periodo de muestreo	Periodo de muestreo	Periodo de muestreo
				Ene-Mar 2014	Abr-Jun 2014	Jul-Sep 2014	Oct-Dic 2014
Características microbiológicas							
1	Coliformes totales	ausencia	NPM/100 mL	N/D	N/D	N/D	N/D
2	Coliformes fecales	ausencia	UFC/100 mL	N/D	N/D	N/D	N/D
Características físicas u organolépticas							
3	Turbiedad	5.0	NTU	3.8	4.4	4.1	4.3
Características químicas							
4	Cloro residual libre	0.2	1.5	1.6	1.4	1.2	1.4
5	Dureza total	500	mg/L	356	313	298	350
6	pH*	6.5	8.5	7.76	7.64	7.60	8.52
7	Temperatura	No aplica		23	17	24	27
8	Conductividad	No aplica		1450.0	1167.4	1092.0	1078.9
9	Alcalinidad	No aplica		140	115	114	94
10	SST			584	555.4	539.02	640.04

Como puede observarse en la tabla anterior, los resultados del control diario de la calidad del agua que se produce en la planta potabilizadora Pastor Lozano permiten considerar que el agua es apta para uso y consumo humano, porque no contiene contaminantes objetables que causen efectos nocivos a la salud de quien la consume, sin embargo, la COMAPA no lleva una vigilancia y evaluación del control de calidad del agua para uso y consumo humano como lo establece la NOM – 179 – SSA1 - 1998, que además de establecer la periodicidad en la que debe de realizarse el programa de análisis de la calidad del agua, indica los parámetros que deben de analizarse según el Apéndice Normativo No. 1 de la misma Norma, e indica que el Organismo Operador debe contar con Certificado de Calidad Sanitaria del Agua, otorgado por la Secretaría de Salud, siendo el propio Organismo el responsable del cumplimiento de los Programas de Análisis de Calidad del Agua, Inspección de Instalaciones Hidráulicas, Mantenimiento y Capacitación.

En cuanto a los registros de producción que proporcionó la COMAPA del periodo analizado (2014) se tiene que en la planta Pastor Lozano se produjo y por lo tanto se suministró a la zonas que abastece dicha planta un volumen de **59, 681,440 m³/año**, que representan un gasto medio diario de **1,892.5 L/s**, el cual debe de considerarse también como **volumen no corregido de agua producida** en el periodo de análisis por la inexistencia de macromedidores. En la siguiente figura se presenta el histograma de producción (suministro) durante el 2014.

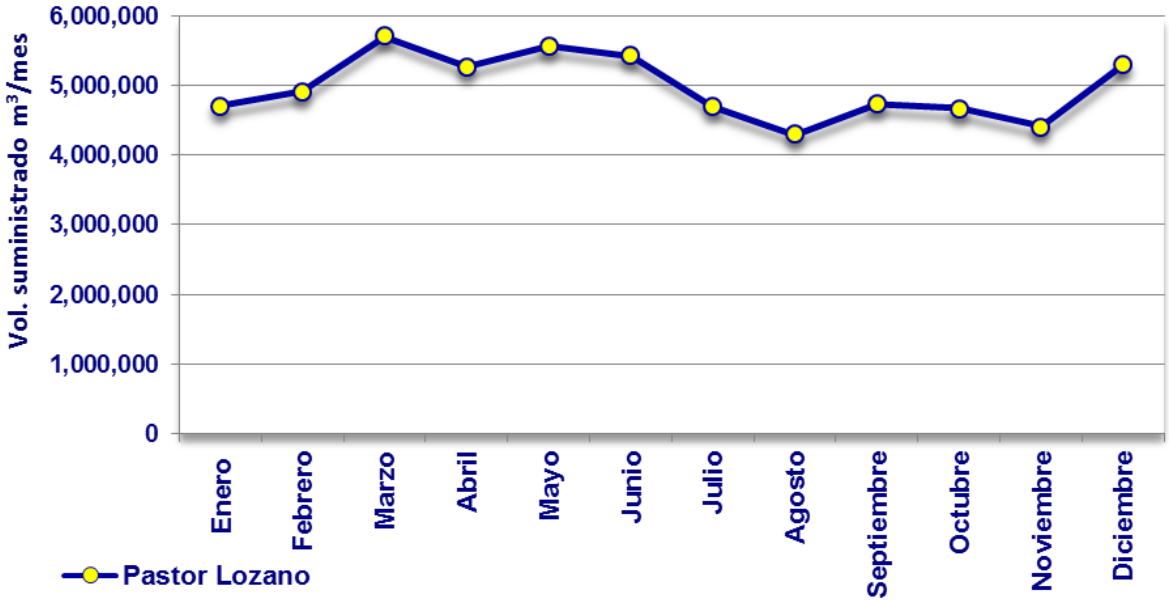


Figura 81. Histograma del volumen suministrado a la red a partir de la Planta Pastor Lozano

De esta manera se tiene que el agua que llega a la planta potabilizadora Pastor Lozano, lo hace por medio del acueducto Anzaldúas con una tubería de 54" de concreto preesforzado, la cual tiene en ruta una derivación hacia el rebombeo Rancho Grande con el cual se alimenta a la planta potabilizadora del mismo nombre. Y el agua que se produce y se suministra a la red de distribución se extrae de la planta potabilizadora Pastor Lozano a través de 4 casas de bombeo, localizadas dentro del mismo predio de la planta y dentro de las cuales se tienen instalados 26 equipos de bombeo abasteciendo a:

- Bombeo 1 abastece al Sector Centro (Centro Poniente y Centro Oriente).
- Bombeo 2 abastece al Sector Juárez y a PEMEX, y apoya al Sector Poniente
- Bombeo 3 abastece al Sector Poniente y al Sector Granjas
- Bombeo 4 abastece al Sector Jarachinas

En las siguientes figuras se presentan en primer lugar un plano donde se muestra la ubicación que tienen las plantas de bombeo dentro del predio de la planta Pastor Lozano, así como las líneas de salida con las que se suministra el agua a los diferentes componentes del sistema de abastecimiento y por el otro lado algunas fotografías de cada una de las cuatro plantas de bombeo; para mayor información de la potabilización y la calidad del agua consultar los anexos 6 y 8.



Figura 82. Plantas de Bombeo en la Planta Pastor Lozano



Figura 83. Planta de Bombeo No 1 (Centro Pte y Centro Ote.)



Figura 84. Planta de bombeo No.2 (Sector Juárez, PEMEX y Sector Poniente)



Figura 85. Planta de bombeo No. 3 (Sector Poniente y Sector Granjas)



Figura 86. Planta de Bombeo No. 4 (Sector Jarachinas)

Por lo que toca a los equipos instalados en las casetas de bombeo, en la que se presenta información técnica de cada uno de ellos.

Tabla 74. Información técnica de los equipos de las Plantas de Bombeo en la Pastor Lozano

No	ID	Nombre	Capacidad (m^3)	Cantidad de Equipos de Bombeo	Potencia Total (hp)	No. Equipos	Status por Equipo	Tipo de Equipo de Bombeo	Potencia (hp)
1	AP5	P. Pastor Lozano (Bombeo No. 1)	5,000	4	800	1	En Operación	Vertical	200
						2	En Operación	Vertical	200
						3	En Operación	Vertical	200
						4	F.O.	Horizontal bipartida	200
2	AP6	P. Pastor Lozano (Bombeo No. 2)	15,120	10	1475	1	En Operación	Horizontal Centrifuga	100
						2	F.O.	Horizontal Centrifuga	250
						3	Mantenimiento	Horizontal Centrifuga	250
						4	F.O.	Horizontal Centrifuga	150

No	ID	Nombre	Capacidad (m^3)	Cantidad de Equipos de Bombeo	Potencia Total (hp)	No. Equipos	Status por Equipo	Tipo de Equipo de Bombeo	Potencia (hp)
						5	En Operación	Horizontal Bipartida	100
						6	En Operación	Horizontal Bipartida	100
						7	F.O.	Horizontal Centrifuga	150
						8	Mantenimiento	Horizontal Bipartida	125
						9	En Operación	Horizontal Bipartida	100
						10	En Operación	Horizontal Centrifuga	150
3	AP7	P. Pastor Lozano (Bombeo 3)	16,254	6	1200	1	En Operación	Horizontal	200
						2	En Operación	Horizontal	200
						3	En Operación	Horizontal	200
						4	P. Inst.	Horizontal	200
						5	En Operación	Horizontal	200
						6	Mantenimiento	Horizontal	200
4	AP8	P. Pastor Lozano (Bombeo 4)	Interconectado al Bombeo # 3	6	950	1	En Operación	Vertical	150
						2	Mantenimiento	Vertical	200
						3	Mantenimiento	Vertical	200
						4	En Operación	Vertical	200
						Aux.1 TQ 2	F.O.	Vertical	75
						Aux.2 TQ 2	En Operación	Vertical	125

Con la finalidad de llevar a cabo la corrección de los volúmenes registrados como potabilizados o suministrados a la red por la COMAPA en el periodo de análisis, se llevaron a cabo a las salidas de las plantas de bombeo mediciones con equipos de pitometría y registradores de velocidad simplex, los cuales permiten conocer el caudal que pasa por un conducto a través del tiempo, ya que este último recibe las presiones diferenciales obtenidas por el tubo Pitot y las transforma en velocidades, registrándolas en una carta circular acotada en pies/seg. Con la información que se obtuvo del volumen que se suministra en un día de un mes determinado, sirvió como parámetro para revisar y en su caso ajustar los volúmenes registrados durante el año, conservando el histograma de suministro.

Las mediciones efectuadas sobre las líneas de conducción que salen de las plantas de bombeo de la Pastor Lozano a los tanques, rebombeo o a la propia red de distribución (suministro de agua potable), se llevaron a cabo en periodos extendidos, es decir un día continuo con registros cada 15 minutos, lo cual permitió conocer para cada una de las salidas de las plantas de bombeo con las que cuenta la COMAPA el histograma de la demanda y el volumen de agua que se entrega.

En la siguiente tabla se presenta los resultados obtenidos en las mediciones, así como en el Anexo 7 se presentan todos los reportes de las mediciones efectuadas en campo y el álbum fotográfico.

Tabla 75. Resultados de las mediciones efectuadas a la salida de la P.P. Pastor Lozano

Nombre	Sitio	Medición extendida (más de 24 hrs.)						Comportamiento de producción en un día (24 hrs)		
		Fecha	Fecha	Vol. Total m3	Q med L/s	Q max L/s	Q min L/s	Fecha	Vol. Total m3/día	Q L/s
Acueducto Anzaldúas - Reynosa	Salida	18/09/15	20/09/15	282,563.04	1,920.39	2,126.18	1,328.86	19/09/15	176,129.24	2,038.53
P.P. Rancho Grande	Entrada	23/09/15	24/09/15	12,304.80	142.02	207.49	95.77	23/09/15	12,255.24	141.84
Centro Pte (REB1)	Salida	18/09/15	20/09/15	12,510.35	84.06	117.51	0.00	19/09/15	7,984.18	92.41
Centro Ote (REB1)	Salida	18/09/15	19/09/15	36,877.94	246.19	297.40	145.24	19/09/15	22,008.55	254.73
Sector Juárez (REB2)	Salida	18/09/15	20/09/15	28,598.62	191.99	197.09	187.71	19/09/15	16,766.93	194.06
Sector PEMEX (REB2)	Salida	18/09/15	20/09/15	14,323.29	96.74	102.68	91.20	18/09/15	8,311.82	96.20
Sector Pte (REB2 y REB3)	Salida	18/09/15	19/09/15	69,963.45	466.97	527.32	371.35	18/09/15	40,877.16	473.12
Sector Granjas (REB3)	Salida	18/09/15	20/09/15	40,380.38	266.29	274.08	252.64	18/09/15	23,042.22	266.69
Sector Jarachina (REB4)	Salida	18/09/15	20/09/15	50,283.58	357.04	370.71	335.53	18/09/15	30,960.99	358.34
Vol Producido (Extracción)				**282,563.04**	**1,920.39**	**2,126.18**	**1,328.86**		**176,129.24**	**2,038.53**
Derivado a P.P. Rancho Grande				12,304.80	142.02	207.49	95.77		12,255.24	141.84
Vol Producido para Pastor Lozano (Extracción)				**270,258.24**	**1,778.38**	**1,918.68**	**1,233.09**		**163,874.00**	**1,896.69**
Entrega P.P. Pastor Lozano				252,937.60	1,709.28	1,886.79	1,383.69		149,951.85	1,735.55
Balance de Producción-Entrega Pastor Lozano				**17,320.63**	**69.10**	**31.89**	**-150.59**		**13,922.15**	**161.14**

Como puede observarse en la tabla anterior, el gasto medio bombeado de la estación de bombeo Anzaldúas a las plantas potabilizadoras fue de **2,038.5 L/s**., de los cuales se derivan en ruta hacia la planta Rancho Grande un caudal de **141.8 L/s**., por lo que a la planta Pastor Lozano le llega un caudal de **1,896.7 L/s**., y de este salen por las cuatro plantas de bombeo localizadas en la Pastor Lozano hacia los siete destinos establecidos en la operación del sistema de distribución, un caudal de **1,735.6 L/s**., lo que significa que en las fallas de las estructuras de los procesos y de los almacenamientos, asi como del agua de rechazo del proceso de potabilización se pierde un caudal de **161.1 L/s**.

A continuación se presentan las gráficas del comportamiento horario del suministro de agua de las plantas de bombeo de la Pastor Lozano hacía los siete destinos establecidos por la COMAPA para la entrega de agua de esta planta potabilizadora. En el Anexo 7 se presenta los análisis efectuados.

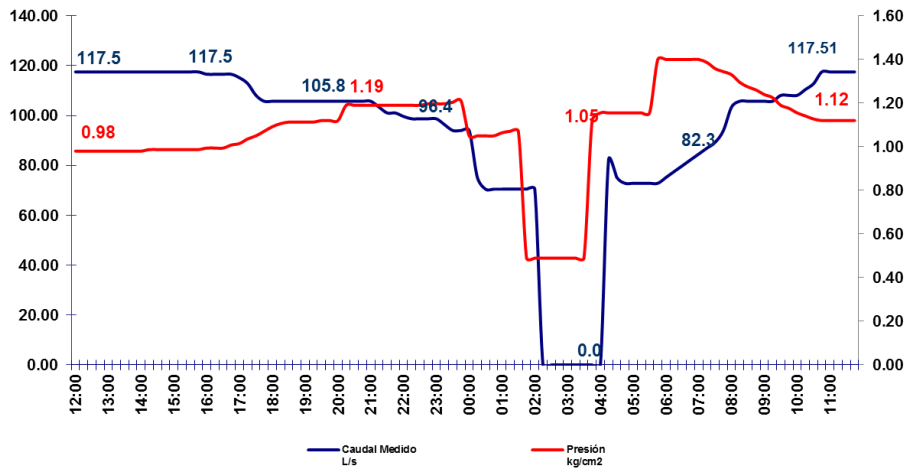


Figura 87. Comportamiento horario de la salida de la PB 1 al Sector Centro (Centro Pte.)

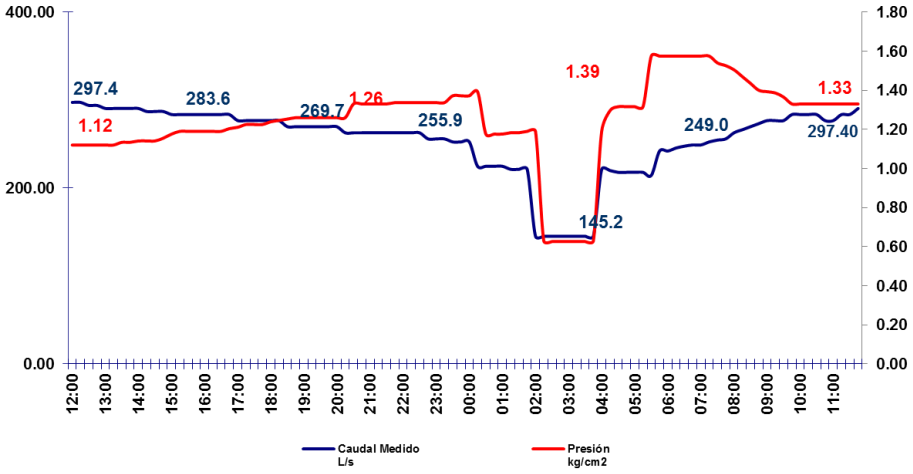


Figura 88. Comportamiento horario de la salida de la PB 1 al Sector Centro (Centro Ote.)

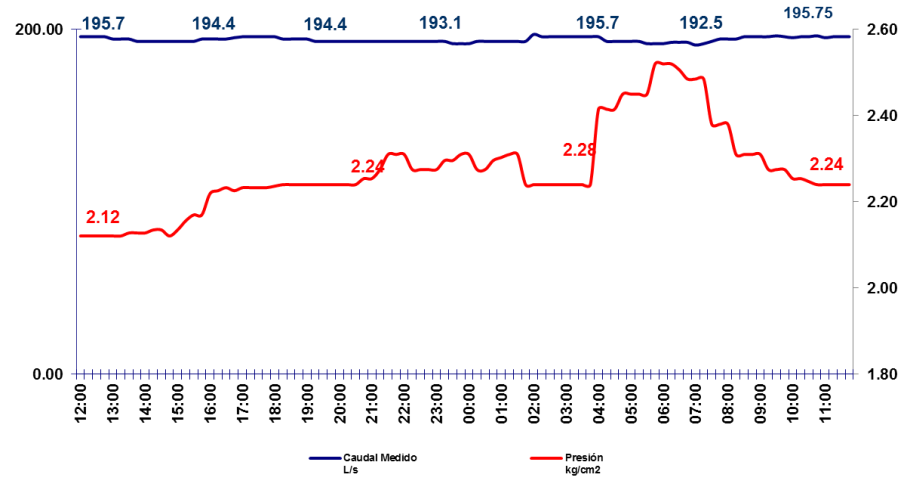


Figura 89. Comportamiento horario de la salida de la PB 2 al Sector Juárez

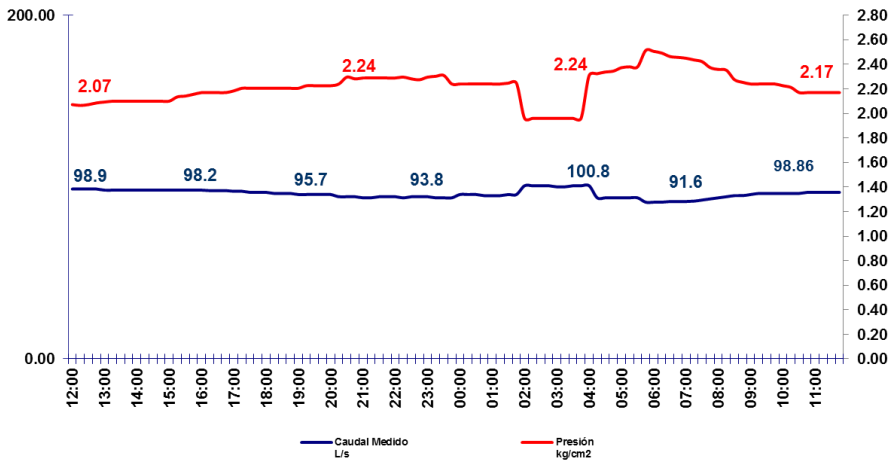


Figura 90. Comportamiento horario de la salida de la PB 2 a PEMEX

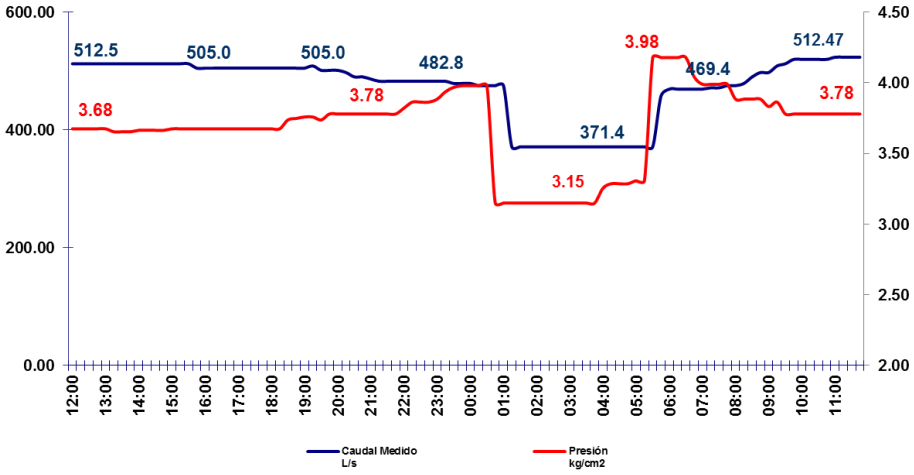


Figura 91. Comportamiento horario de la salida de la PB 2 y PB 3 al Sector Poniente.

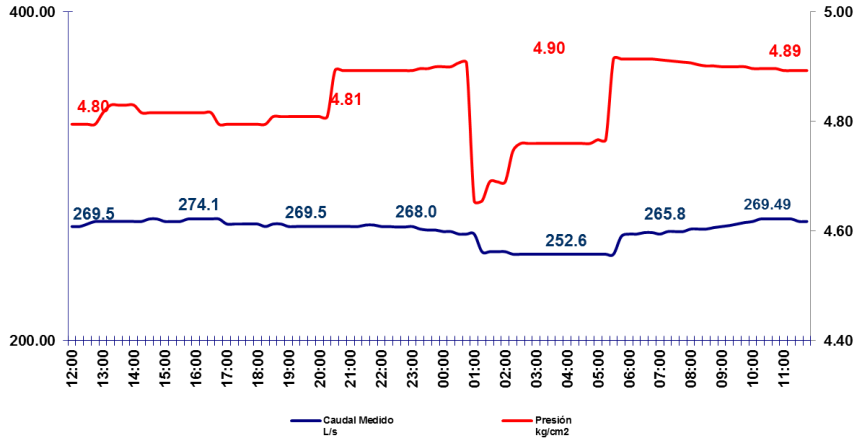


Figura 92. Comportamiento horario de la salida de la PB 3 al Sector Granjas

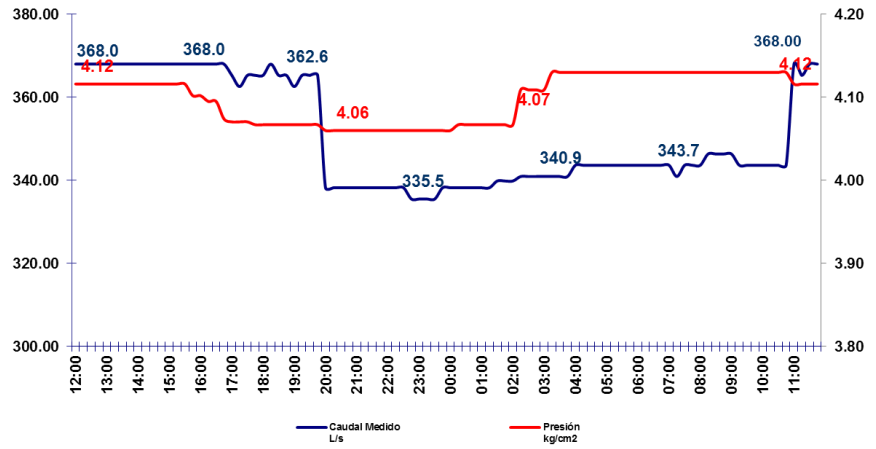


Figura 93. Comportamiento horario de la salida de la PB 4 al Sector Jarachinas

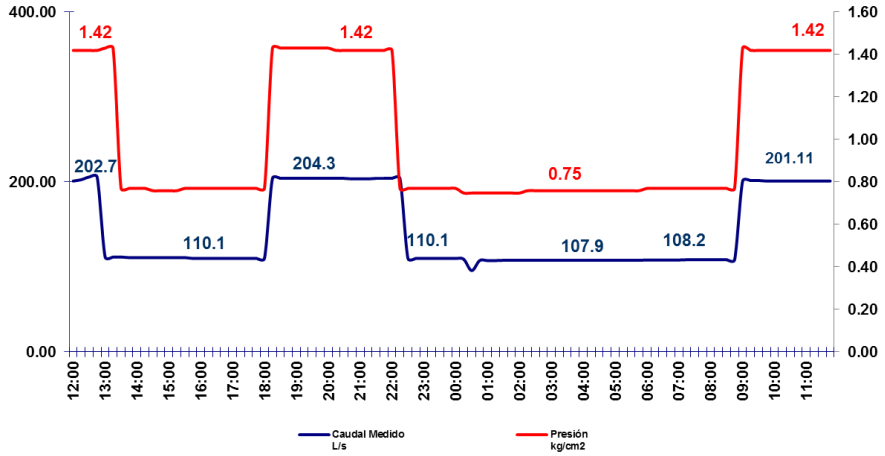


Figura 94. Comportamiento horario de la derivación del acueducto Anzaldúas al rebombeo Rancho Grande

Como puede observarse en las figuras anteriores las plantas de bombeo que mandan a los sectores Juárez y Granjas, así como a PEMEX mantienen su operación constante durante todo el día, no así los bombeos que mandan al sector Centro (Pte. y Ote.), sector Poniente y Jarachinas, donde la operación de los equipos tiene variaciones a lo largo del día, llegando en el caso del bombeo al Centro Poniente a dejar de bombear por un tiempo de dos horas durante la madrugada (2:00 a 4:00 hrs), lo que significa que en estos bombeos si se ve reflejado ligeramente la ley de demandas de agua potable de la población, ya que estos paros de equipos se dan siempre en la madrugada, cuando el consumo de los usuarios en teoría debe ser menor al que se tiene durante el día, lo cual hasta cierto punto permite recuperar niveles en los tanques de almacenamiento de agua clara.

Planta Potabilizadora Benito Juárez

Actualmente en esta planta se potabiliza el 26% del total del agua que se suministra a la red, con la cual se abastecen los sectores Juárez Oriente y Sector Oriente. Hoy por hoy están metiéndole a la planta 680 L/s, llegando en algunas ocasiones a meterle los 700 L/s, y están llegando a sacar de la planta hasta 710 L/s en algunas horas del día, gracias al amortiguamiento que se tiene en el tanque de agua clara.

El proceso de la planta Benito Juárez es muy bueno, la eficiencia de filtrado es muy aceptable, produciendo agua con 2.5 a 3 NTU a diferencia de la Pastor Lozano que tienen un agua filtrada de 4.5 a 5 NTU.



El agua suministrada mediante el acueducto de 36” de diámetro proviene principalmente del Canal Rodhe y y en algunas ocasiones le mandan agua del acueducto Anzalduás, a través del tanque multiusos y de los equipos de bombeo instalados a la salida de dicho tanque que está muy próximo a la OT del Canal Rodhe, interconectándose ambas tuberías al acueducto de 36" que va a la Planta Benito Juárez.

El agua que se envía del Canal Rodhe o del Anzaldúas entra a una caja de llegada, donde el agua recibe un tratamiento de precloración. En esta caja se agrega el polímero al agua cruda.



Desde la caja de llegada y precloración, se envía el agua a otra caja de derivación, mediante la cual se distribuye el líquido hacia los floculadores. Esta caja es de concreto armado y uno de sus muros presenta ligeras filtraciones. Se le han hecho algunas modificaciones a las cajas de distribución para aumentar su capacidad colocándole tubos en la parte superior que desborden el agua a los floculadores.

La estructura de los tanques floculadores y clarificadores de los tres módulo se encuentran en buenas condiciones.

De los clarificadores, el agua pasa a los filtros, la cual es una estructura de concreto armado que se encuentra en condiciones aceptables, aunque existen pequeñas filtraciones en la pared que colinda con el cuarto de control de motores y dosificación de cloro.

La diferencia de la calidad del agua del Río Bravo y el canal Rodhe es de 2 NTU, muchas veces se recibe agua del canal Rodhe de muy mala calidad, sobre todo en los meses de estiaje cuando no hay lluvias, por el estancamiento que tiene el agua.

Cuando se le mete más agua a la planta se les presenta rebote de floc, lo cual han resuelto modificando la dosificación de los coagulantes. También se presentan rebotes de floc cuando el agua trae baja turbidez, es decir, cuando entra a la planta agua de mejor calidad con una turbidez de 12 a 15 NTU, siendo en estos casos el color la única característica problemática, la cual es tratada con la aplicación de cloro.

En la siguiente figura se presenta un esquema de los trenes de tratamiento de la planta potabilizadora Benito Juárez.

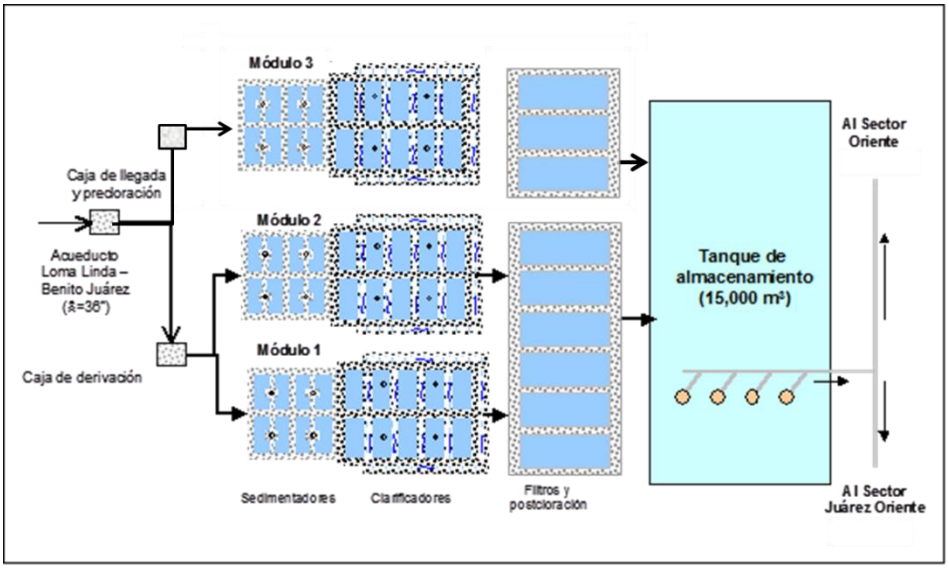


Figura 95. Arreglo funcional de la Planta Potabilizadora Benito Juárez

En los últimos tres años se han llevado a cabo trabajos de mantenimiento correctivo y preventivo en la planta potabilizadora, los cuales enlistamos a continuación:

- Rehabilitación del sistema de floculación del módulo #3
- Mantenimiento preventivo de los módulos de clarificación 1, 2 y 3
- Mantenimiento preventivo al sistema de cloración
- Desazolve de la laguna de lodos
- Reposición del medio filtrante

Adicionalmente en los últimos años se han realizado proyectos de reingenierías para esta planta, con los cuales se han realizado modificaciones que han servido para mejorar las diferentes etapas del proceso, siendo estas:

1. En la laguna de clarificación que está a lado de la planta se le diseño y construyó un sistema de reciclado continuo, es decir, con dos bombas se sube el agua del purgado de lodos y se manda a la laguna en donde se asientan los lodos (se quedan) y el agua circula por el perímetro de la laguna y va hacia un cárcamo de donde se bombea esa agua semiclarificada al cárcamo de lavado de filtros para ser utilizada en el proceso de la planta, evitando así el tiradero de agua que se tenía, ya que anteriormente el problema estaba en las bombas, que no eran las adecuadas para lo que se habían instalado, ya que eran bombas verticales, con largas columnas, con bujes que no resistían la

agresividad del agua. Por lo que se analizó con el Departamento de Ingeniería de la COMAPA y se optó por poner dos bombas sumergibles tipo mineras que soportan la agresividad del agua (antrasita). Con estas adecuaciones se logró tener una planta de cero descargas, con el confinamiento de los lodos en la misma planta.

Esta obra vino a mejorar mucho la operación de la planta y a darle el aseguramiento de que es una planta de cero descargas, sin embargo, como se ha señalado anteriormente, cuando ingresan a la planta los 250 L/s se tienen algunos problemas en los procesos de potabilización que repercuten en la calidad del agua y en específico en la concentración de turbidez con la que sale el agua.

Además se tiene un serio problema con el tanque de almacenamiento semienterrado de 15,000 m³, el cual presenta fisuras en las paredes y losa de piso que generan considerables pérdidas de agua potable, las cuales se han tratado de corregir mediante la aplicación de algunos sellos sin que a la fecha hayan dado resultados favorables.

Por otro lado, se cuenta con un tanque elevado de 4,500 m³ de capacidad que pocas veces se ha utilizado, normalmente se encuentra fuera de operación. El tanque se diseñó como un tanque de excedencias para que cuando la red estuviera presurizada se llenara el tanque y se parara el bombeo, para que posteriormente en un número de horas determinadas el abastecimiento fuera a partir del tanque, pero como esto nunca ha sucedido el tanque se encuentra sin utilizar, ya que el arreglo de la fontanería del tanque no permite el llenado del mismo de forma directa a partir de la planta de bombeo del tanque de agua clara, teniéndose que operar cuando se intenta llenarlo de forma directa una válvula que está en pésimas condiciones y que requiere de la fuerza de 5 a 6 personas para girar el vástago, lo cual es inoperable.

Por último, la planta ha mantenido su capacidad original sin ningún crecimiento, el cual sería muy conveniente ampliar para poder extender la zona de abasto de esta planta potabilizadora.

Derivado de las fallas persistentes en la planta potabilizadora, la COMAPA tiene contemplado llevar a cabo los proyectos de reingeniería con los cuales se ejecuten las obras necesarias para mejorar los procesos de tratamiento, incrementar la capacidad y utilizar al 100% la infraestructura existente, siendo estas obras requeridas:

a) Conversión del sistema de floculación mecánica a hidráulica (en 3 módulos).- Consiste en la sustitución de los agitadores del tanque de floculación, por mamparas que permitan llevar a cabo la floculación hidráulica en lugar de la electromecánica que se tiene actualmente, para una mayor eficiencia en el efecto del coagulante.
b) Adecuación del sistema de clarificación por módulos de alta taza en los 3 clarificadores.- Consiste en la adquisición e instalación de sistemas de clarificación de alta taza (módulos) en los tamaños del clarificador, adecuar la estructura de sujeción de dichos módulos, así como la mampara de protección para obtener una mejora notable en la clarificación del agua.
c) Adecuación del sistema de aire (soplador a lóbulos) para el retrolavado de filtros.- Consiste en realizar el proyecto para adquirir un soplador con la capacidad adecuada para realizar el lavado con agua/aire.

d) Rehabilitación de los lavadores superficiales (aspersores).- Consiste en fabricar e instalar 9 sistemas de lavado superficial, en material tubo galvanizado de 2", para la conducción y tubo galvanizado de 1 1/4" para el aspersor.
e) Recuperación del nivel en el medio filtrante (arena silica, antracita).- Consiste en la adquisición e instalación de al menos 40 ton de arena silica y 40 toneladas de antracita.
f) Rehabilitación del sistema de válvulas del de agua clarificada (16") 9 unidades y agua de lavado (16") 9 unidades.- Consiste en realizar una reingeniería que permita una automatización (neumática) en el control de apertura y cierre.

Adicionalmente se tiene contemplado otras obras en la planta y en el laboratorio, para mejorar la dosificación de los polímeros y el control de calidad del agua en la planta, siendo estas:

a) La adecuación del área de preparación y dosificación química.- Consiste en la rehabilitación de las pilas de preparación de sulfato de aluminio, además de equiparlas con agitadores, líneas de conducción al punto de aplicación, rotámetros y líneas de suministro de agua clarificada.
b) La adquisición e instalación de analizadores en línea de turbidez y cloro residual del agua clarificada y agua filtrada.- Consiste en la adquisición e instalación de equipos de análisis en línea de turbiedad y cloro residual con la capacidad de enviar la información de manera remota.

En cuanto a las estructuras de almacenamiento, la COMAPA también tiene considerado llevar a cabo otras obras y acciones que le permitan aprovechar la infraestructura existente:

a) La reparación de fugas en el tanque de agua clara.- Consiste en el sellado de las fugas en las paredes del tanque, mediante el uso de algún material de alta adherencia (aquaplus), con una logística bien analizada para llevar a cabo el trabajo, utilizando solo una parte del tanque y utilizando el tanque elevado.
b) Incorporación del tanque elevado de 4,500 m^3 de capacidad para algún sector en particular.- Consiste en la interconexión del tanque elevado hacia el sector oriente maquiladoras, lo que permitirá eficientizar el servicio de manera continua.

En resumen la planta también se encuentra funcionando en mejores condiciones que las que tenía hace un par de años, pero persisten algunas fallas que hay que corregir con el propósito de remover con mayor eficiencia los agentes contaminantes para así estar en condiciones de garantizar la calidad del agua suministrada a la población.

Por lo que toca a la calidad del agua que se obtiene actualmente de la planta potabilizadora Benito Juárez, la COMAPA proporcionó la información de sus reportes diarios de control de procesos y se obtuvo un promedio trimestral, los cuales se presentan a continuación:

Tabla 76. Resultados de la calidad del agua que sale de la Benito Juárez

No.	Nombre de la Planta Potabilizadora:			Benito Juárez			
				1er trimestre	2do trimestre	3er trimestre	4to trimestre
	Parámetros NOM-127-SSA1-1994	Límite permisible (NOM 127)		Periodo de muestreo	Periodo de muestreo	Periodo de muestreo	Periodo de muestreo
				Ene-Mar 2014	Abr-Jun 2014	Jul-Sep 2014	Oct-Dic 2014
Características microbiológicas							
1	Coliformes totales	ausencia	NPM/100 mL	N/D	N/D	N/D	N/D
2	Coliformes fecales	ausencia	UFC/100 mL	N/D	N/D	N/D	N/D
Características físicas u organolépticas							
3	Turbiedad	5.0	NTU	2.9	2.4	2.1	1.9
Características químicas							
4	Cloro residual libre	0.2	1.5	1.6	1.8	1.5	1.8
5	Dureza total	500	mg/L	331.28	330.28	253.21	322
6	pH*	6.5	8.5	7.41	7.38	7.41	5.19
7	Temperatura	No aplica		23	16	26	28
8	Conductividad	No aplica		1450.0	1338.96	1347.19	1172.22
9	Alcalinidad	No aplica		140	89.62	99.13	102.01
10	SST			670.57	666.89	589.72	601.0

Como puede observarse en la tabla anterior, los resultados del control diario de la calidad del agua que se produce en la planta potabilizadora Benito Juárez permiten considerar que el agua es apta para uso y consumo humano, porque no contiene contaminantes objetables que causen efectos nocivos a la salud de quien la consume, sin embargo, la COMAPA no lleva una vigilancia y evaluación del control de calidad del agua para uso y consumo humano como lo establece la NOM – 179 – SSA1 - 1998, que además de establecer la periodicidad en la que debe de realizarse el programa de análisis de la calidad del agua, indica los parámetros que deben de analizarse según el Apéndice Normativo No. 1 de la misma Norma, e indica que el Organismo Operador debe contar con Certificado de Calidad Sanitaria del Agua, otorgado por la Secretaría de Salud, siendo el propio Organismo el responsable del cumplimiento de los Programas de Análisis de Calidad del Agua, Inspección de Instalaciones Hidráulicas, Mantenimiento y Capacitación.

En cuanto a los registros de producción que proporcionó la COMAPA del periodo analizado (2014) se tiene que en la planta Benito Juárez se produjo y por lo tanto se suministró a la zonas que abastece dicha planta un volumen de **14, 179,217 m³/año**, que representan un gasto medio diario de **449.6 L/s**, el cual debe de considerarse también como **volumen no corregido de agua producida** en el periodo de análisis por la inexistencia de macromedidores. En la siguiente figura se presenta el histograma de producción (suministro) durante el 2014.

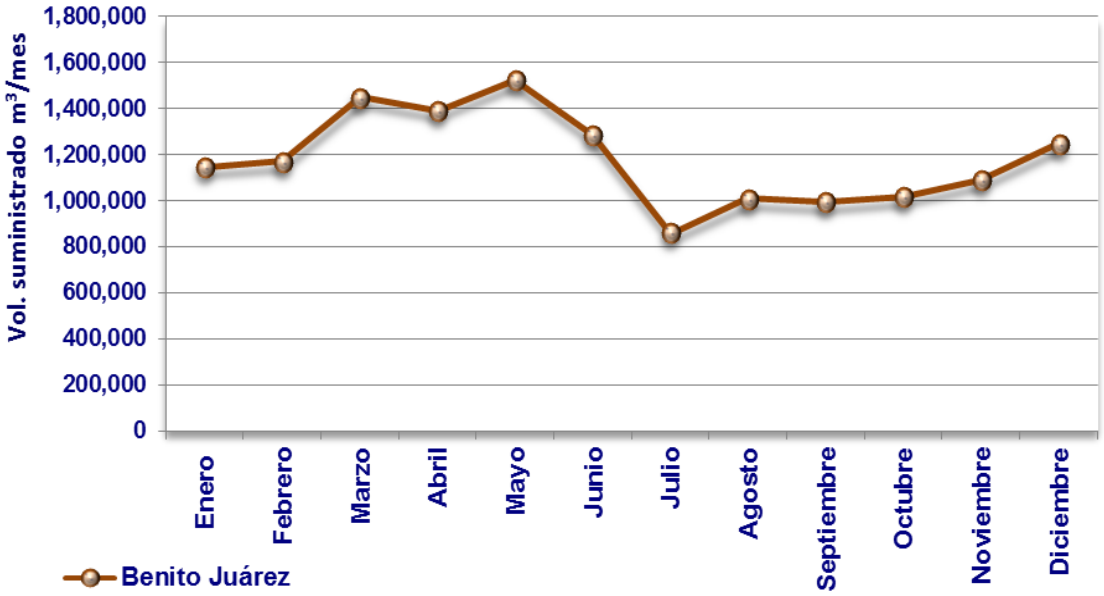


Figura 96. Histograma del volumen suministrado a la red a partir de la Planta Benito Juárez

De esta manera se tiene que el agua que llega a la planta potabilizadora Benito Juárez, lo hace por medio del acueducto que viene de la obra de toma del Canal Rodhe y del tanque de usos múltiples con una tubería de 36" de concreto pres forzado y el agua que se produce y se suministra a la red de distribución se extrae de la planta potabilizadora Benito Juárez a través de una planta de bombeo nueva localizada dentro del mismo predio y en la cual se tienen instalados 5 equipos de bombeo abasteciendo a:

- Bombeo 1 abastece a los Sectores Juárez Oriente y Oriente con una línea de 30" de diámetro que se divide en tres líneas de distribución

En las siguientes figuras se presentan en primer lugar un plano donde se muestra la ubicación que tienen las plantas de bombeo dentro del predio de la planta Benito Juárez, así como las líneas de salida con las que se suministra el agua a los diferentes componentes del sistema de abastecimiento y por el otro lado algunas fotografías de la estación de bombeo.

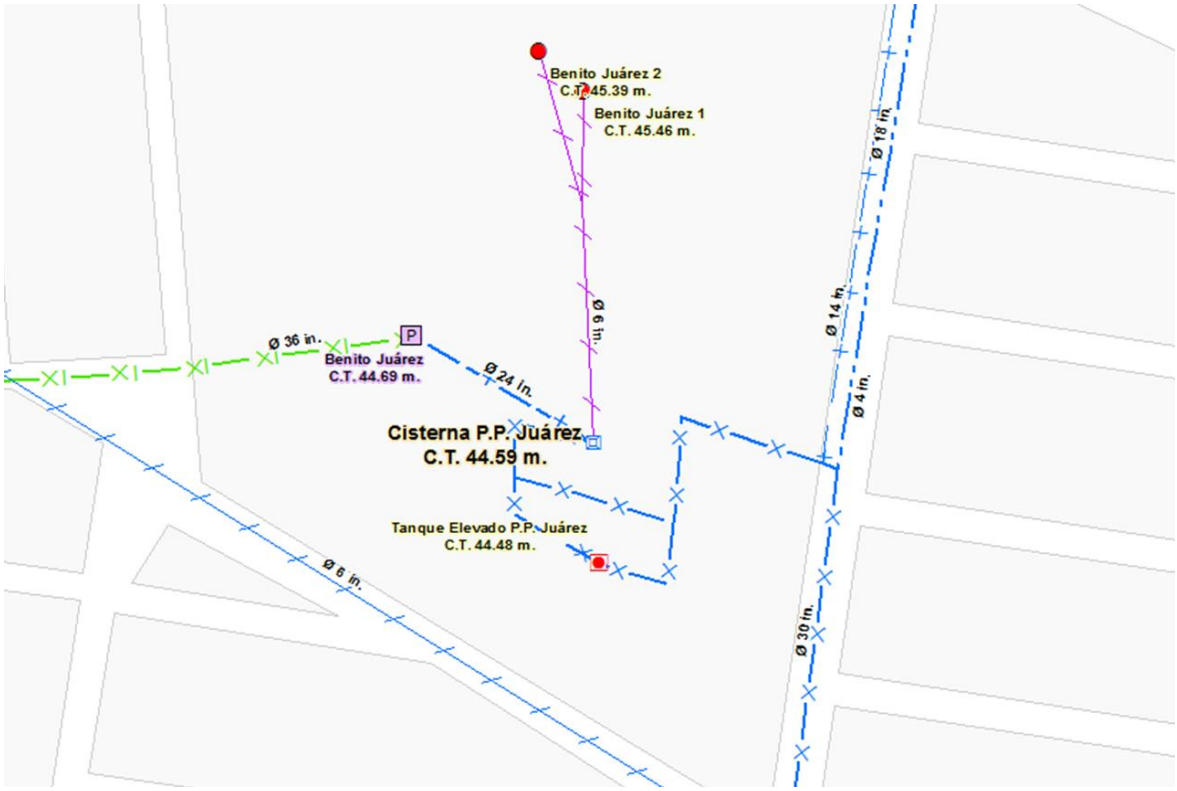


Figura 97. Plantas de Bombeo en la Planta Benito Juárez



Figura 98. Planta de Bombeo (Sector Juárez Oriente y Oriente)

Por lo que toca a los equipos instalados en la planta de bombeo, en la siguiente tabla se presenta información técnica de cada uno de ellos.

Tabla 77. Información técnica de los equipos de las Planta de Bombeo en la Benito Juárez

No.	ID	Nombre	Capacidad (m^3)	Cantidad de equipos de bombeo	Potencia total (hp)	No. de equipos	Status	Tipo de equipo de bombeo	Potencia (hp)
1	AP-1	Cisterna P.P. Juárez	15,000	5	1,250	1	En Operación	Vertical	250
						2	En Operación	Vertical	250
						3	En Operación	Vertical	250
						4	F.O	Vertical	250
						5	En Operación	Vertical	250

Con la finalidad de llevar a cabo la corrección de los volúmenes registrados como potabilizados o suministrados a la red por la COMAPA en el periodo de análisis, también se llevaron a cabo a las salidas de las plantas de bombeo mediciones con equipos de pitometría y registradores de velocidad simplex, los cuales permiten conocer el caudal que pasa por un conducto a través del tiempo, ya que este último recibe las presiones diferenciales obtenidas por el tubo Pitot y las transforma en velocidades, registrándolas en una carta circular acotada en pies/seg. Con la información que se obtuvo del volumen que se suministra en un día de un mes determinado, sirvió como parámetro para revisar y en su caso ajustar los volúmenes registrados durante el año, conservando el histograma de suministro.

Las mediciones efectuadas sobre la línea de conducción que sale de la planta de bombeo de la Benito Juárez a los tanques, rebombeo o a la propia red de distribución (suministro de agua potable), se llevaron a cabo en periodos extendidos, es decir un día continuo con registros cada 15 minutos, lo cual permitió conocer para cada una de las salidas de las plantas de bombeo con las que cuenta la COMAPA el histograma de la demanda y el volumen de agua que se entrega.

En la siguiente tabla se presenta los resultados obtenidos en las mediciones, así como en el Anexo 7 se presentan todos los reportes de las mediciones efectuadas en campo y el álbum fotográfico.

Tabla 78. Resultados de las mediciones efectuadas a la salida de la P.P. Benito Juárez

Nombre	Sitio	Medición extendida (más de 24 hrs.)						Comportamiento de producción en un día (24 hrs)		
		Fecha	Fecha	Vol. Total m^3	Q med L/s	Q max L/s	Q min L/s	Fecha	Vol. Total m^3/día	Q L/s
Acueducto Rodhe - B. Juárez	Salida	22/09/15	23/09/15	60,971.41	702.07	709.65	628.00	22/09/15	60,688.81	702.42
P.P. Benito Juárez	Entrada	22/09/15	23/09/15	60,588.72	697.84	745.90	609.70	22/09/15	60,314.36	698.08
P.P. Benito Juárez	Salida	22/09/15	23/09/15	57,554.58	663.24	777.66	244.41	22/09/15	57,206.94	662.12
Vol. Producido (Extracción)				**60,971.41**	**702.07**	**709.65**	**628.00**		**60,688.81**	**702.42**
Vol. Entregado (Potabilizado)				**57,554.58**	**663.24**	**777.66**	**244.41**		**57,206.94**	**662.12**
Balance de Producción-Entrega				**3,416.83**	**38.83**	**-68.02**	**383.60**		**3,481.87**	**40.30**

Como puede observarse en la tabla anterior, el gasto medio bombeado de la estación de bombeo de la obra de toma del Canal Rodhe a la planta potabilizadora fue de **702.4 L/s**., de los cuales solo llegaron a la potabilizadora **698.1 L/s**., y de este se entregaron con la planta de bombeo localizadas en la Benito Juárez hacia las tres líneas de alimentación del sistema de distribución de los Sectores Juárez Oriente y Oriente, un caudal de **662.1 L/s**., lo que significa que en las fallas del acueducto pero sobre todo en las del tanque de agua clara se pierde un caudal de **40.3 L/s**., por que debemos recordar que esta planta es de cero descargas.

A continuación se presentan las gráficas del comportamiento horario del suministro de agua de la plantas de bombeo de la Pastor Lozano hacía los siete destinos establecidos por la COMAPA para la entrega de agua de esta planta potabilizadora. En el Anexo 7 se presenta los análisis efectuados:

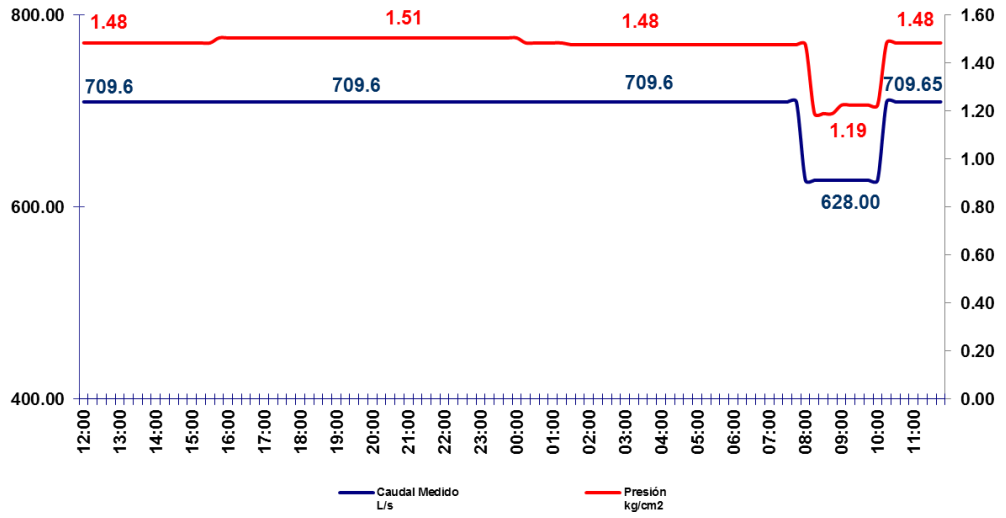


Figura 99. Comportamiento horario de la salida de la OT Canal Rodhe a Planta Benito Juárez

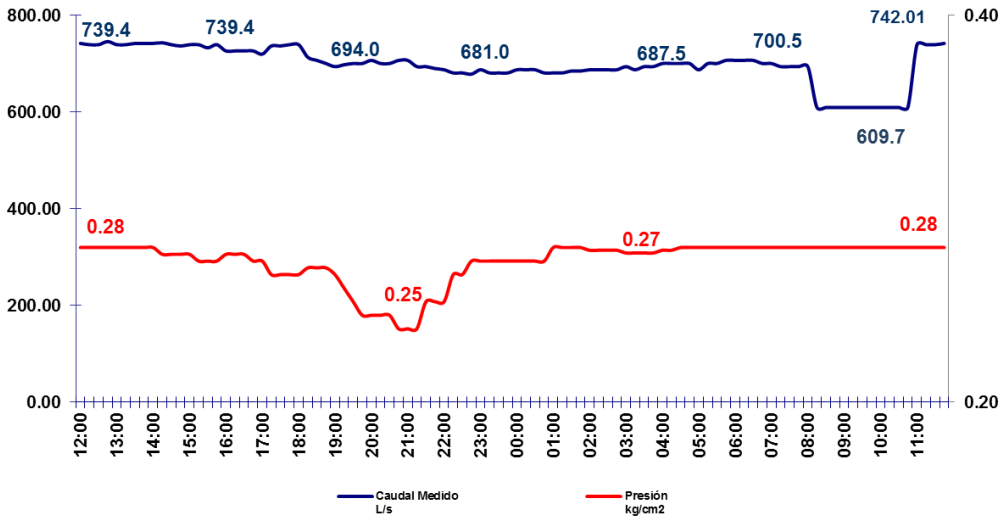


Figura 100. Comportamiento horario a la llegada a la P.P. Benito Juárez

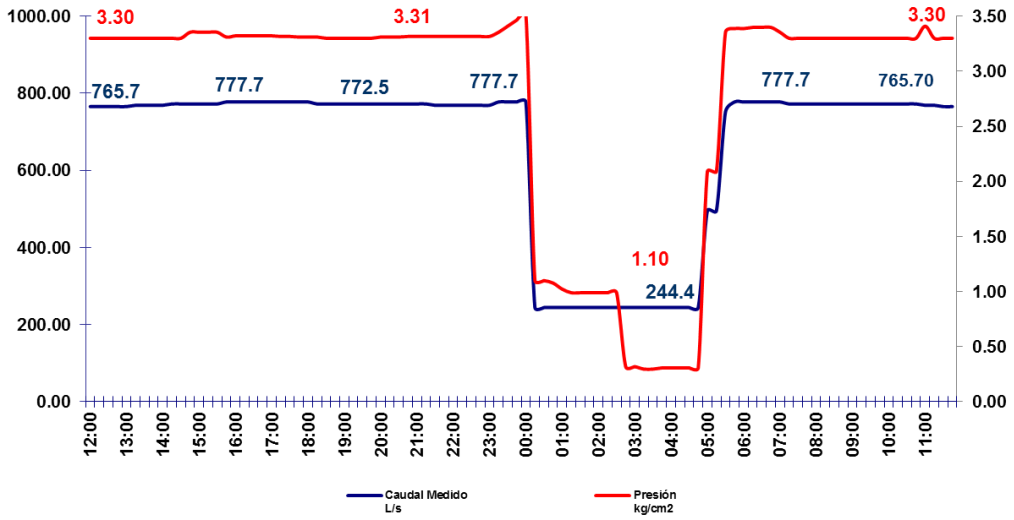


Figura 101. Comportamiento horario de la salida de la PB de la P.P. Benito Juárez

Como puede observarse en las figuras anteriores, en el bombeo de la OT del Canal Rodhe se paró un equipo de bombeo de las 8:00 a las 11:00 horas del día, situación que se vio reflejada en una disminución del caudal tanto a la salida de la OT como a la llegada a la Planta Potabilizadora y por otro lado, se observa que en la planta de bombeo de la planta potabilizadora Benito Juárez en los horarios nocturnos (0:00 a las 5:30) paran varios equipos para reducir el caudal entregado, en respuesta a la demanda horaria que se presenta en los sectores que abastece, lo que permite recuperar tirante en el tanque de agua clara de la potabilizadora, razón por la cual a veces sale más agua que la que llega a la planta (amortiguamiento del tanque de agua clara).

<u>Planta Potabilizadora Rancho Grande</u>

Los asentamientos humanos del llamado Ejido Rancho Grande son de los más antiguos de la ciudad y dada su ubicación respecto a la Planta Potabilizadora Pastor Lozano, por años sufrieron de un abastecimiento irregular de agua potable, que había llegado a ser en las estaciones más calurosas del año casi nulo, lo que llevó a la COMAPA a resolver de manera adecuada este problema y apoyar el desarrollo de todo el sector, construyendo una planta potabilizadora en esta zona conocida como Rancho Grande, la cual incluye la posibilidad de abastecerse de agua cruda de dos fuentes: el Río Bravo a través del acueducto de 54" que viene de la presa derivadora Internacional Anzaldúas y del canal Rodhe por su cercanía.



La capacidad de potabilización de la planta Rancho Grande es 250 L/s con dos trenes de tratamiento de 125 L/s cada uno de ellos y se encuentra ubicada en la calle Francisco González Bocanegra, esquina con Las Torre.

El proceso está muy cuidado, ofrece buena calidad del agua, se está produciendo 170 L/s, pero se puede producir más, pero actualmente no se requiere, habrá que incrementar la cobertura de la planta.

Esta planta ha tenido varias modificaciones desde que se construyó, ya que al principio tenía unos tanques de floculación, tanque de agua clara, filtros y equipo de cloración y actualmente entra el agua a unos serpentines donde se realiza la floculación para pasar a los conos de sedimentación y después a los clarificadores y posteriormente a los filtros.



Tienen en total 6 filtros tipo salchichas, de los cuales operan diariamente tres mientras los otros tres son lavados, el agua del lavado de los filtros se manda a 4 recipientes de 10,000 litros, donde se deja el agua que repose un tiempo antes de recircularla a los conos de sedimentación, mientras por el otro lado tiran los lodos a un estanque que está al pie de los tanques, condición de operación que permite definir también a esta planta como de cero descargas.

Tiene un problema la planta cuando se le ha metido más agua y este tiene que ver con el tubo que va de los floculadores a los clarificadores, porque este llega por abajo a la altura del cono y con la presión que tiene remueve la cama de sólidos en los clarificadores.

Además, no se le ha dado mantenimiento al medio filtrante provocando un deterioro de los mismos y por otro lado, actualmente tienen en mantenimiento dos equipos de bombeo de los clarificadores que mandan a los filtros, pero esto no es de consideraciones ya que una vez que estén de regreso los equipos la planta volverá a funcionar dentro de los estándares del proceso.

En los últimos tres años se han llevado a cabo trabajos de mantenimiento correctivo y preventivo en la planta potabilizadora, los cuales enlistamos a continuación:

- Limpieza y desazolve en los módulos de clarificación
- Mantenimiento preventivo al sistema de cloración
- Desazolve de la laguna de lodos

En los últimos años se han realizado proyectos de reingenierías para esta planta, con los cuales se modificara el ingreso del agua a la planta, siendo estas:

1. La obra de toma nueva de Rancho Grande, con su canal de llamadas y la caseta, faltando por ejecutar el equipamiento y la línea de conducción, que están consideradas en el programa de obra de este año.

Con esta obra se podrá contar con agua cruda a menor costo, ya que el bombeo de esta será mínimo comparado con el bombeo y rebombeo que se tiene actualmente de la planta Anzaldúas y Rancho grande, respectivamente.

Se requieren llevar a cabo algunas adecuaciones sobre el acueducto Anzaldúas mientras no entre en operación la nueva obra de toma del canal Rodhe a la potabilizadora Rancho Grande que contempla reducir el número de equipos que bombean al acueducto Anzaldúas, con la finalidad de solo contar con el agua que requiere esta planta (Rancho Grande), colocándole además una tapa al acueducto en lugar de una válvula para que solo quede presurizado el acueducto hasta la derivación a Rancho Grande y no se envié a Pastor Lozano o con una válvula que está a la entrada del tanque de usos múltiples, cerrarla para que no fluya agua a la Pastor Lozano y solo se derive hacia Rancho Grande, quedando presurizado el tramo de la derivación al tanque de usos múltiples pero sin circulación.

Por otro lado, se cuenta con un tanque elevado de 1,000 m³ de capacidad que pocas veces se ha utilizado, normalmente se encuentra fuera de operación debido a que tiene fallas estructurales en su cimentación.

Derivado de las fallas persistentes en la planta potabilizadora, la COMAPA tiene contemplado llevar a cabo los proyectos de reingeniería con los cuales se ejecuten las obras necesarias para mejorar los procesos de tratamiento, incrementar la capacidad y utilizar al 100% la infraestructura existente, siendo estas obras requeridas:

a) Suministro e instalación de módulos de alta taza y canaletas radiales en el total del área del clarificador 1 y 2.- Consiste en instalar módulos de clarificación de alta taza en el total de la superficie del clarificador, así como el diseño de canaletas radiales que conduzcan el líquido clarificado hasta la canaleta principal.
b) Fabricación e instalación del dispositivo “tranquilizador” en cada clarificador en tubo PAD de 30”.- Consiste en la fabricación de una pieza especial que evite que la presión del agua floculada ocasione daños en el colchón de lodos y origine la emersión del “floc” hacia la superficie ocasionando deterioro de agua clarificada.
c) Rehabilitación del sistema de válvulas de operación de filtros, incluye los dispositivos de operación de (actuadores).- Consiste en sustituir las válvulas de 6” tipo mariposa, incluyendo el sistema de operación neumática, de las 6 unidades de filtrado.
d) Recuperación del nivel en el medio filtrante (arena silica, antracita).- Consiste en la adquisición e instalación de al menos 40 ton de arena silica y 40 toneladas de antracita.

Se tiene contemplado otras obras en la planta y en el laboratorio, para mejorar la dosificación de los polímeros y el control de calidad del agua en la planta, siendo estas:

a) La adecuación del área de preparación y dosificación química.- Consiste en el acondicionamiento de los dos tanques de disolución química, en material fibra de vidrio, de una capacidad de 5,000 lts, así como su sistema de agitación y rotámetros en las líneas de dosificación.

b) La adquisición e instalación de analizadores en línea de turbidez y cloro residual del agua clarificada y agua filtrada.- Consiste en la adquisición e instalación de equipos de análisis en línea de turbiedad y cloro residual con la capacidad de enviar la información de manera remota.

Y en cuanto a las estructuras de obra de toma y almacenamiento, la COMAPA también tiene considerado llevar a cabo otras obras y acciones que le permitan aprovechar la infraestructura existente:

a) Equipamiento electromecánico de la obra de toma nueva del canal Rodhe
b) Construcción de la línea de conducción de la obra de toma a la planta potabilizadora Rancho Grande.
c) Revisión estructural del tanque elevado para determinar si es posible utilizarlo o habrá que sustituirlo.
d) Incorporar al sistema de distribución un tanque elevado para extender la zona de influencia de la planta potabilizadora hacia el Sureste hasta llegar al canal Rodhe.

En resumen la planta también se encuentra funcionando en mejores condiciones que las que tenía hace un par de años, pero persisten algunas fallas que hay que corregir con el propósito de remover con mayor eficiencia los agentes contaminantes para así estar en condiciones de garantizar la calidad del agua suministrada a la población.

Por lo que toca a la calidad del agua que se obtiene actualmente de la planta potabilizadora Rancho Grande, la COMAPA proporcionó muy poca información de sus reportes diarios de control de procesos, de los cuales se obtuvo un promedio trimestral que se presentan a continuación.

Tabla 79. Resultados de la calidad del agua que sale de la Rancho Grande

No.	Nombre de la Planta Potabilizadora:			Rancho Grande			
	Parámetros NOM-127-SSA1-1994	Límite permisible (NOM 127)		1er trimestre	2do trimestre	3er trimestre	4to trimestre
				Periodo de muestreo	Periodo de muestreo	Periodo de muestreo	Periodo de muestreo
				Ene-Mar 2014	Abr-Jun 2014	Jul-Sep 2014	Oct-Dic 2014
Características microbiológicas							
1	Coliformes totales	ausencia	NPM/100 mL	N/D	N/D	N/D	N/D
2	Coliformes fecales	ausencia	UFC/100 mL	N/D	N/D	N/D	N/D
Características físicas u organolépticas							
3	Turbiedad	5.0	NTU	4.5	4.2	3.3	2.6
Características químicas							
4	Cloro residual libre	0.2	1.5	1.6	1.7	1.7	1.6
5	Dureza total	500	mg/L				
6	pH*	6.5	8.5				
7	Temperatura	No aplica					
8	Conductividad	No aplica					
9	Alcalinidad	No aplica					
10	SST						

Como puede observarse en la tabla anterior, los resultados del control diario de la calidad del agua que se produce en la planta potabilizadora Rancho Grande no permiten considerar con toda objetividad que el agua es apta para uso y consumo humano, porque no contiene contaminantes objetables que causen efectos nocivos a la salud de quien la consume, porque la COMAPA no lleva una vigilancia y evaluación del control de calidad del agua para uso y consumo humano como lo establece la NOM – 179 – SSA1 - 1998, que además de establecer la periodicidad en la que debe de realizarse el programa de análisis de la calidad del agua, indica los parámetros que deben de analizarse según el Apéndice Normativo No. 1 de la misma Norma, e indica que los Organismo Operador debe contar con Certificado de Calidad Sanitaria del Agua, otorgado por la Secretaría de Salud, siendo el propio Organismo el responsable del cumplimiento de los Programas de Análisis de Calidad del Agua, Inspección de Instalaciones Hidráulicas, Mantenimiento y Capacitación.

Los registros de producción que proporcionó la COMAPA del periodo analizado (2014) muestran que en la planta Rancho Grande se produjo y por lo tanto se suministró a la zonas que abastece dicha planta un volumen de **4, 802,005 m³/año**, que representan un gasto medio diario de **152.3 L/s**, el cual debe de considerarse también como **volumen no corregido de agua producida** en el periodo de análisis por la inexistencia de macromedidores. En la siguiente figura se presenta el histograma de producción (suministro) durante el 2014.

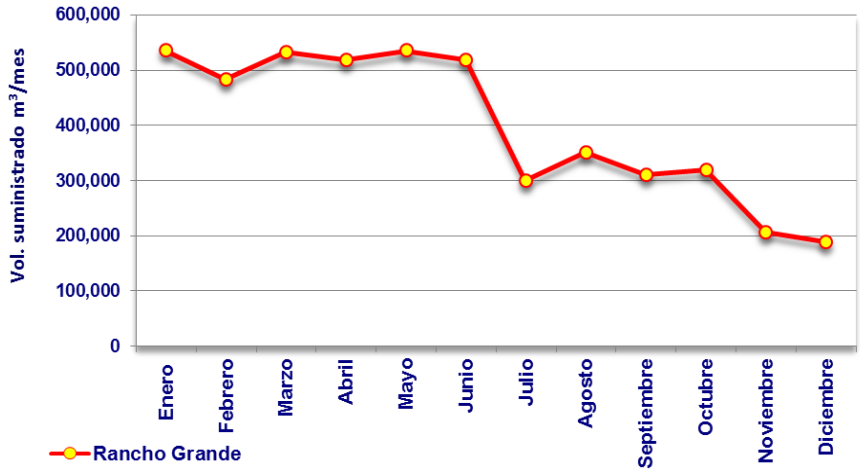


Figura 102. Histograma del volumen suministrado a la red a partir de la Planta Rancho Grande

De esta manera se tiene que el agua que llega a la planta potabilizadora Rancho Grande, viene de una derivación sobre el acueducto Anzaldúas, pasando por el rebombeo rancho Grande del cual se bombea por una línea de 24" de diámetro hacia la potabilizadora y el agua que se produce y se suministra a la red de distribución se extrae de la planta potabilizadora Rancho Grande a través de un cárcamo circular superficial con dos plantas de bombeo localizadas dentro del mismo predio y en las cuales se tienen instalados 5 equipos de bombeo que abastecen a:

- Planta de Bombeo No. 1 que abastece a la red de distribución del Sector Rancho Grande con una línea de 18" de diámetro.
- Planta de Bombeo No. 2 que abastece a las colonias del Noroeste como las Haciendas y próximamente Actrices Mexicanas con una línea de 12" de diámetro.

En las siguientes figuras se presentan en primer lugar un plano donde se muestra la ubicación que tienen las plantas de bombeo dentro del predio de la planta Rancho Grande, así como las líneas de salida con las que se suministra el agua a los diferentes componentes del sistema de abastecimiento y por el otro lado algunas fotografías de las estaciones de bombeo.



Figura 103. Plantas de Bombeo en la Planta Rancho Grande



Figura 104. Planta de Bombeo (Hacienda – 12" de diámetro)



Figura 105. Planta de Bombeo (Línea de 18")

Por lo que toca a los equipos instalados en la planta de bombeo, en la siguiente tabla se presenta información técnica de cada uno de ellos.

Tabla 80. Información técnica de los equipos de las Planta de Bombeo en Rancho Grande

No.	ID	Nombre	Capacidad (m^3)	Estación de Bombeo	Cantidad de equipos de bombeo	Potencia total (hp)	No. de equipos	Status	Tipo de equipo de bombeo	Potencia (hp)
51	AP-7	P.P Rancho Grande (2 Estaciones de Bombeo en un solo cárcamo)	2,500	A la red de la zona Sur del Sector	3	90	1	En Operación	Horizontal	30
							2	En Operación	Horizontal	30
							3	Mantenimiento	Horizontal	30
				A la red de la zona Noroeste del Sector	2	42	4	En Operación	Horizontal	21
							5	En Operación	Horizontal	21

Con la finalidad de llevar a cabo la corrección de los volúmenes registrados como potabilizados o suministrados a la red por la COMAPA en el periodo de análisis, también se llevaron a cabo a las salidas de las plantas de bombeo mediciones con equipos de pitometría y registradores de velocidad simplex, los cuales permiten conocer el caudal que pasa por un conducto a través del tiempo, ya que este último recibe las presiones diferenciales obtenidas por el tubo Pitot y las transforma en velocidades, registrándolas en una carta circular acotada en pies/seg. Con la información que se obtuvo del volumen que se suministra en un día de un mes determinado, sirvió como parámetro para revisar y en su caso ajustar los volúmenes registrados durante el año, conservando el histograma de suministro.

Las mediciones efectuadas sobre las líneas de conducción que salen de las plantas de bombeo de la Rancho Grande a la propia red de distribución (suministro de agua potable), se llevaron a cabo en periodos extendidos, es decir un día continuo con registros cada 15 minutos, lo cual permitió conocer para cada una de las salidas de las plantas de bombeo con las que cuenta la COMAPA el histograma de la demanda y el volumen de agua que se entrega.

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos en las mediciones, así como en el Anexo 7 se presentan todos los reportes de las mediciones efectuadas en campo y el álbum fotográfico.

Tabla 81. Resultados de las mediciones efectuadas a la salida de la P.P. Rancho Grande

Nombre	Sitio	Medición extendida (más de 24 hrs.)						Comportamiento de producción en un día (24 hrs)		
		Fecha	Fecha	Vol. Total m^3	Q med L/s	Q max L/s	Q min L/s	Fecha	Vol. Total m^3/día	Q L/s
P.P. Rancho Grande	Entrada	23/09/15	24/09/15	12,304.80	142.02	207.49	95.77	23/09/15	12,255.24	141.84
P.P. Rancho Grande (14")	Salida	23/09/15	24/09/15	10,691.05	116.20	193.85	0.00	23/09/15	9,988.22	115.60
P.P. Rancho Grande (Haciendas)	Salida	23/09/15	25/09/15	1,805.76	20.80	39.95	14.80	23/09/15	1,795.77	20.78
Vol. Entregado (Potabilizado)				**12,496.81**	**137.00**	**233.80**	**14.80**		**11,783.99**	**136.39**
Balance de Producción-Entrega				**-192.02**	**5.02**	**-26.30**	**80.97**		**471.25**	**5.45**

Como puede observarse en la tabla anterior, el gasto derivado y bombeado por la planta de rebombeo Rancho Grande a la planta potabilizadora fue de **141.8 L/s**., y de este se entregaron con las dos plantas de bombeo localizadas en la Rancho Grande hacia las dos líneas de alimentación del sistema de distribución del Sector Rancho Grande (Sur y Noroeste) un caudal de **136.5 L/s**., lo que significa que se existe una diferencia de **5.5 L/s**., que pudiera ser parte del almacenamiento en el carcamo circular o de algunas fallas que pudieran existir en las estructuras de almacenamiento, por que debemos recordar que esta planta también es de cero descargas.

A continuación se presentan las gráficas del comportamiento horario del suministro de agua de la plantas de bombeo de la Pastor Lozano hacía los siete destinos establecidos por la COMAPA para la entrega de agua de esta planta potabilizadora. En el Anexo 7 se presenta los análisis efectuados.

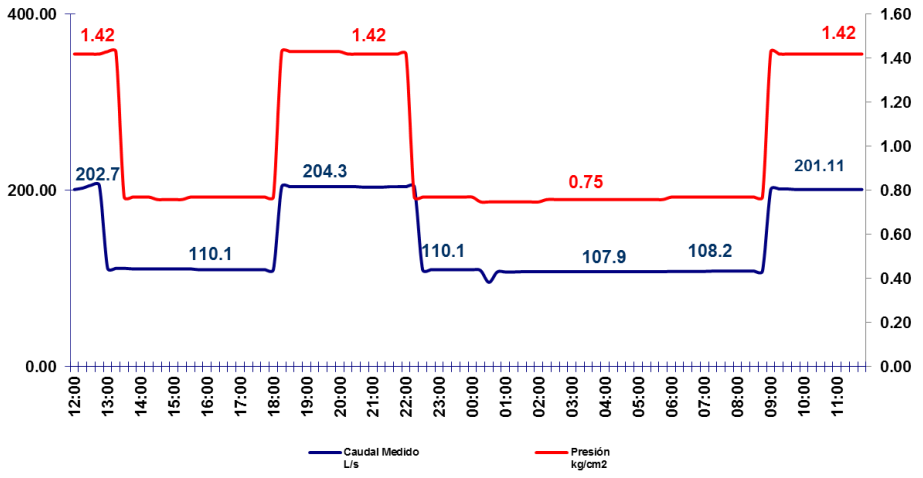


Figura 106. Comportamiento horario a la entrada de la P.P. Rancho Grande

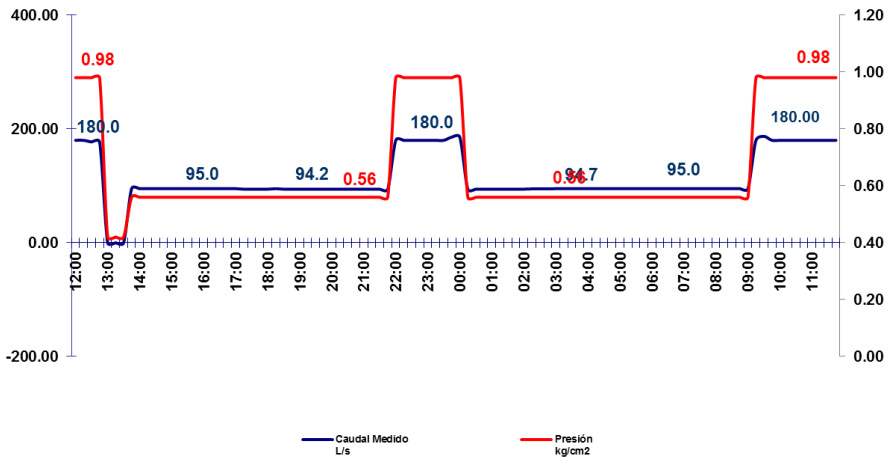


Figura 107. Comportamiento horario a la salida hacia la red (18" de diám.)

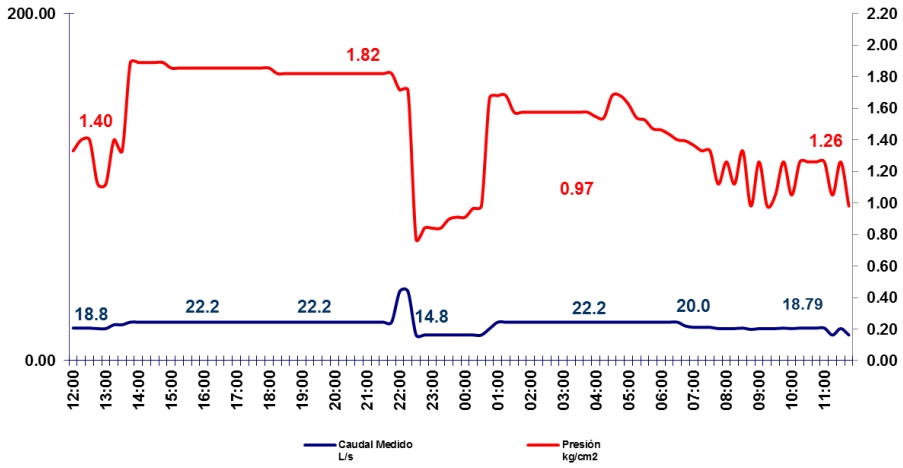


Figura 108. Comportamiento horario a la salida hacia Hacienda y Actrices Mexicanas (12" de diám.)

Como puede observarse en las figuras anteriores, tanto el volumen de agua que llega a la planta potabilizadora como el que sale de ella están programados por horarios que coinciden en mayor y menor volumen tanto en la entrada como en la salida, además de que este depende directamente de la demanda de agua que se tenga en la planta potabilizadora Pastor Lozano.

De esta manera se tiene que entra más agua a la potabilizadora de las 9:00 a las 13:00 hrs y de las 18:00 a las 22:00, similar con los horarios de los mayores volúmenes que salen de la potabilizadora hacia la red a través de la planta de bombeo que envía al Sur del Sector Rancho Grande por la tubería de 14" de diámetro, ya que la otra planta de bombeo que manda hacia el Noroeste del Sector mantiene casi constante el caudal entregado a la red.

Planta Potabilizadora Los Cavazos

Con la planta potabilizadora los Cavazos se abastece de agua al ejido del mismo nombre, esta planta recibe el agua cruda de una obra de toma directa del Río Bravo a través de un bombeo equipado con dos bombas horizontales centrifugas, una de 10 y otra de 5 hp, con las que se envía el agua por una línea de conducción de 4" de diámetro de PVC y aproximadamente 150 m. de longitud.

La planta tiene una capacidad de 10 L/s pero realmente se pueden potabilizar sólo 7 L/s, el agua que se produce en esta planta no es suficiente para abastecer a los cuatro zonas que dependen de ella, por lo que se considera necesario abastecer a estas zonas a partir de la planta Rancho Grande, incrementando la cobertura de esta última.

La planta Cavazos ha dado muchos problemas para su operación y cuesta lo mismo que operar la planta potabilizadora Benito Juárez.

La potabilizadora Cavazos se encuentra en malas condiciones, por diferentes motivos entre los cuales se puede mencionar los siguientes:

- La planta está mal adaptada para el manejo del volumen actual de agua a potabilizar y enviar a la red de distribución, presentándose continuamente interrupciones por la falta de una estructura de almacenamiento construida correctamente que brinde las condiciones óptimas de bombeo hacia los filtros que a su vez mandan hacia el cárcamo que bombea a la red de distribución.

- El lavado de filtros y purgado de lodos no se lleva a cabo periódicamente, por lo distante que está la planta y lo inseguro que resulta la zona donde se encuentra.

La operación de la planta se da en los siguientes términos:

La alimentación a la planta se lleva a cabo a través de una línea de 4" que conduce permanentemente el volumen que se extrae de la obra de toma, descargándolo por la base de un módulo construido con placas de lámina (hechizas), el cual se va llenando hasta un cierto nivel que al rebasarlo vierte al clarificador en donde se lleva a cabo la sedimentación, para posteriormente bombear el agua a los filtros



Dicho funcionamiento impuesto por las inadecuadas instalaciones obliga a un constante paro y arranque de los equipos de bombeo del proceso.

En la siguiente figura se presenta un esquema del arreglo de conjunto que tiene la planta potabilizadora Los Cavazos ubicada al Norponiente de la ciudad de Reynosa, Tamps.

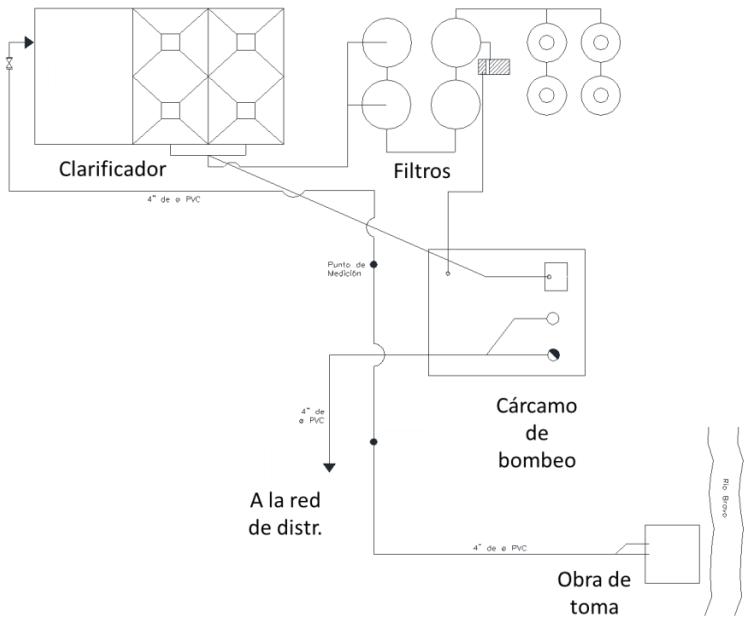


Figura 109. Arreglo de conjunto de la Planta Los Cavazos

En los últimos tres años se han llevado a cabo trabajos de mantenimiento correctivo y preventivo en la planta potabilizadora, los cuales enlistamos a continuación:

- Construcción de un nuevo múltiple de salida que esta fuera de servicio
- Instalación de macromedidor en la línea de salida

En resumen la planta también se encuentra funcionando en mejores condiciones que las que tenía hace un par de años, persistiendo algunas fallas que hay que corregir o en su defecto hay que remplazar el agua potable de esta planta por agua potable de la planta potabilizadora Rancho Grande, ya que como se ha señalado la zona ha crecido considerablemente y la capacidad de la planta ya resulta insuficiente, además de que es muy inseguro el sitio de la planta Cavazos.

Por lo que toca a la calidad del agua que se obtiene actualmente de la planta potabilizadora Cavazos, la COMAPA no proporcionó información al respecto, por lo que emitir un dictamen sobre el tema es imposible.

En cuanto a los registros de producción que proporcionó la COMAPA del periodo analizado (2014) se tiene que en la planta Cavazos se produjo y por lo tanto se suministró a la zonas que abastece dicha planta un volumen de **193,309 m³/año**, que representan un gasto medio diario de **6.1 L/s**, el cual debe de considerarse también como **volumen no corregido de agua producida** en el periodo de análisis por la inexistencia de macromedidores. En la siguiente figura se presenta el histograma de producción (suministro) durante el 2014.

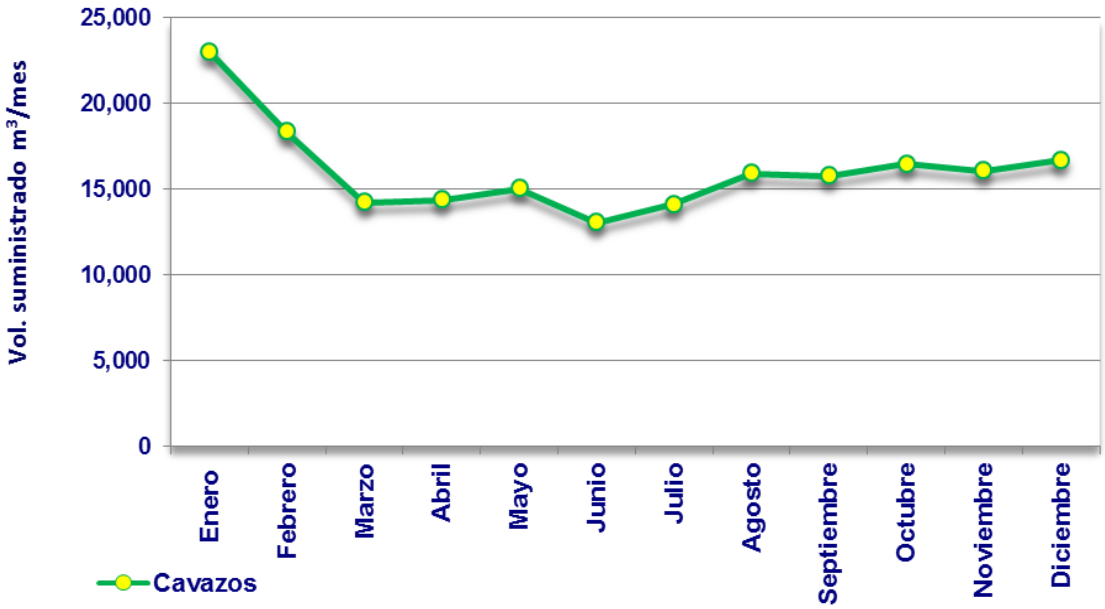


Figura 110. Histograma del volumen suministrado a la red a partir de la Planta Cavazos

De esta manera se tiene que el agua que llega a la planta potabilizadora Cavazos, lo hace por medio de la Obra de Toma directa del Río Bravo, con una línea de 4" de diámetro que conduce el agua cruda hacia la potabilizadora y el agua que se produce y se suministra a la red de distribución se extrae de la planta potabilizadora Cavazos a través de una planta de bombeo localizada dentro del mismo predio, que tiene instalados 2 equipos de bombeo con los cuales abastece a:

- Bombeo 1 abastece a cuatro zonas del Noroeste de la ciudad con una línea de 4" de diámetro

En las siguientes figuras se presentan en primer lugar un plano donde se muestra la ubicación que tienen las plantas de bombeo dentro del predio de la planta Benito Juárez, así como las líneas de salida con las que se suministra el agua a los diferentes componentes del sistema de abastecimiento y por el otro lado algunas fotografías de la estación de bombeo.

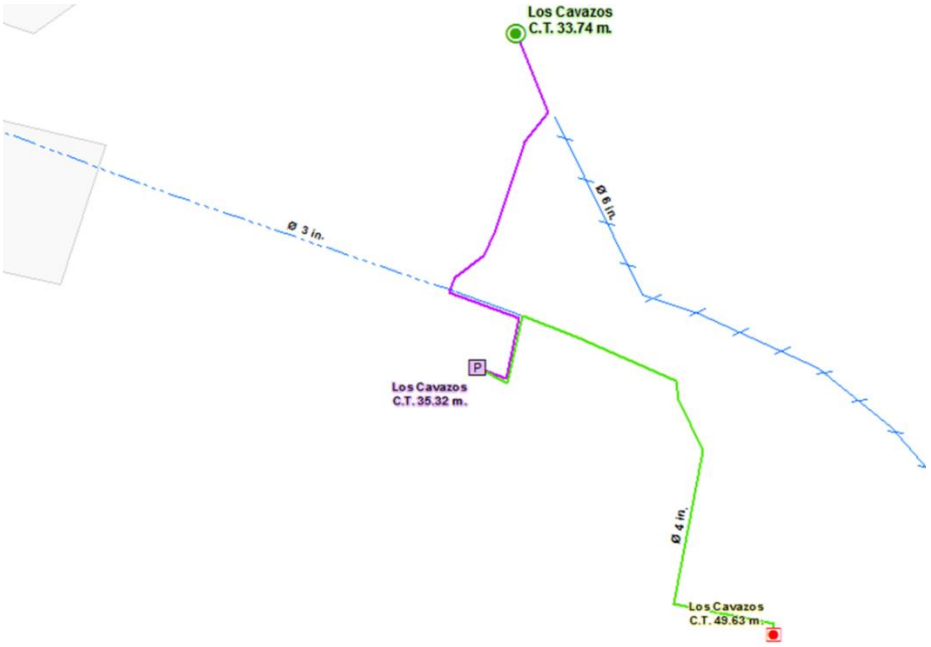


Figura 111. Plantas de Bombeo en la Planta Cavazos



Figura 112. Planta de Bombeo al tanque (F.O)

En la siguiente tabla se presenta información técnica de los equipos instalados:

Tabla 82. Información técnica de los equipos de las Planta de Bombeo Cavazos

No.	ID	Nombre	Capacidad (m^3)	Cantidad de equipos de bombeo	Potencia total (hp)	No. de equipos	Status	Tipo de equipo de bombeo	Potencia (hp)
1	AP-43	Cisterna P.P. Cavazos	--	2	30	1	En Operación	Horizontal-Cent	15
						2	Mantenimiento	Horizontal	15

Para llevar a cabo la corrección de los volúmenes registrados como potabilizados o suministrados a la red por la COMAPA en el periodo de análisis, también se llevaron a cabo a las salidas de las plantas de bombeo mediciones con equipos de pitometría y registradores de velocidad simplex, los cuales permiten conocer el caudal que pasa por un conducto a través del tiempo, ya que este último recibe las presiones diferenciales obtenidas por el tubo Pitot y las transforma en velocidades, registrándolas en una carta circular acotada en pies/seg. Con la información que se obtuvo del volumen que se suministra en un día de un mes determinado, sirvió como parámetro para revisar y en su caso ajustar los volúmenes registrados durante el año, conservando el histograma de suministro.

Las mediciones efectuadas sobre la línea de conducción que sale de la planta de bombeo de la Cavazos al tanque o a la propia red de distribución (suministro de agua potable), se llevaron a cabo en periodos extendidos, es decir un día continuo con registros cada 15 minutos, lo cual permitió conocer para cada una de las salidas de las plantas de bombeo con las que cuenta la COMAPA el histograma de la demanda y el volumen de agua que se entrega.

En la siguiente tabla se presenta los resultados obtenidos en las mediciones, así como en el Anexo 7 se presentan todos los reportes de las mediciones efectuadas en campo y el álbum fotográfico.

Tabla 83. Resultados de las mediciones efectuadas a la salida de la P.P. Cavazos

Nombre	Sitio	Medición extendida (más de 24 hrs.)						Comportamiento de producción en un día (24 hrs)		
		Fecha	Fecha	Vol. Total m^3	Q med L/s	Q max L/s	Q min L/s	Fecha	Vol. Total m^3/día	Q L/s
P.P. Los Cavazos	Entrada	22/09/15	23/09/15	750.34	8.64	8.76	6.14	22/09/15	746.46	8.64

Como puede observarse en la tabla anterior, solo se midió a la salida de la planta Cavazos registrándose un gasto medio de la estación de bombeo de **8.6 L/s**. y por otro lado se aforo de manera volumetrica el agua que se descarga de la purga de lodos que se realiza a las 5 unidades dos veces al día durante 5 minutos en cada purga y del lavado de filtros que se realiza a 4 filtros dos veces al día durante 5 minutos en cada lavado, obteniendose un caudal medio diario de **0.07 L/s.,** ya que en la purga se llevan 5.4 L/s en cada purga y en el lavado de filtros se llevan 4.6 L/s en cada lavado.

A continuación se presentan las gráficas del comportamiento horario del suministro de agua de la plantas de bombeo de Cavazos hacía la red de distribución de las 4 zonas que abastece. En el Anexo 7 se presenta los análisis efectuados.

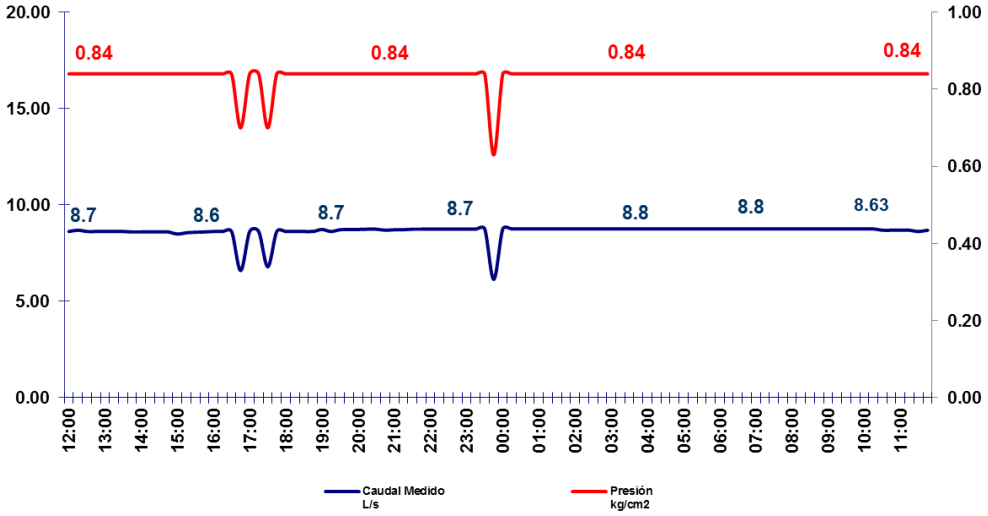


Figura 113. Comportamiento horario de la salida de la P.P. Cavazos hacia la red.

Como puede observarse en la figura anterior, el caudal bombeado de la planta de Cavazos se mantiene constante durante las 24 horas del día con una presión también constante, lo que significa que no se presenta a lo largo del día el comportamiento típico de la ley de demandas horaria, con altos consumos diurnos y bajos consumos nocturnos, lo que viene a confirmar que el agua no es suficiente para cubrir la demanda de la zona que abastece, ya que no se presurizan las líneas y se reduce el caudal de bombeo.

Volumen suministrado corregido

Como se mencionó al principio de este subapartado, la información de los registros de volúmenes producidos y suministrados por la COMAPA, deben de considerarse como **volúmenes no corregidos de agua producida,** mismos que deben ajustarse o corregirse por los errores que pudieran presentarse.

Es así como, a partir de los resultados presentados anteriormente por cada una de las planta potabilizadora, respecto a las mediciones realizadas a la(s) salida(s) de dichas plantas, y de los aforos realizados en los pozos, se determinó el error de precisión o estimación de los volúmenes registrados como **suministrados** por la COMAPA, a partir de los procedimientos y las recomendaciones señaladas en las Normas Mexicanas y en las publicaciones de la CONAGUA[12]que establecen como error de precisión o estimación el que se obtiene con la siguiente ecuación:

$$\mathrm{Err} = \frac{(\mathrm{Q_{medidor}} - \mathrm{Q_{patrón}})}{\mathrm{Q_{patron}}} \mathrm{X}100$$

De esta manera se tiene que el error de estimación del volumen suministrado de agua potable de las cuatro plantas potabilizadoras resultó de -**15.14%,** lo que significa que de manera global la COMAPA Subestima el volumen suministrado de sus plantas potabilizadoras. En la siguiente tabla se presenta el ajuste realizado a los volúmenes extraídos registrados por la COMAPA durante el 2014.

[12] Manual de Incremento de Eficiencia Física, Hidráulica y Energética en Sistemas de Agua Potable.- CONAGUA

Tabla 84. Corrección del volumen suministrado de las plantas potabilizadoras en el periodo de análisis

No.	Captación	Volumen Registrado sin corregir		% de Error de estimación de macromedición	Volumen Registrado corregido		Diferencia de Caudal L/s
		Volumen Total m³/año	Caudal L/s		Volumen Total m³/año	Caudal L/s	
1	Plantas Potabilizadoras	78,983,721	2,504.6	**-15.14%**	90,945,054	2,883.8	379.3

El error de estimación del agua producida en los 13 pozos que operaron, resultó de **16.42%,** lo que significa que de manera global la COMAPA Sobreestima el volumen extraído de sus pozos profundos. En la siguiente tabla se presenta el ajuste realizado a los volúmenes extraídos estimados por la COMAPA durante el 2014.

Tabla 85. Corrección del volumen extraído de las fuentes subterráneas en el periodo de análisis

No.	Captaciones	Volumen Registrado sin corregir		% de Error de estimación de macromedición	Volumen Registrado corregido		Diferencia de Caudal L/s
		Volumen Total m³/año	Caudal L/s		Volumen Total m³/año	Caudal L/s	
1	Pozos	7,555,680	239.6	**16.42%**	6,315,402	200.3	-39.3

Con estos errores de subestimación y sobreestimación en las captaciones de fuentes superficiales y subterráneas, respectivamente, se procedió a corregir los datos de volumen producido de cada mes, extrapolando dichos resultados a todos los meses del año para cada una de las captaciones. En la siguiente tabla se presenta el volumen corregido extraído por mes.

Tabla 86. Volumen suministrado corregido de las captaciones de las fuentes superficiales y subterráneas, durante el periodo de análisis

Mes	Volumen Mensual Captaciones Superficial (m^3)	Gasto Medio Diario Suministrado Superficial (L/s)	Volumen Mensual Captaciones Subterráneo (m^3)	Gasto Medio Diario Suministrado Subterráneo (L/s)	Volumen Mensual Total Suministrado (m^3)	Gasto Medio Diario Total Suministrado (L/s)
Enero	7,396,486	2,761.5	536,377	200.3	7,932,863	2,961.8
Febrero	7,585,735	3,135.6	484,469	200.3	8,070,204	3,335.9
Marzo	8,887,256	3,318.1	536,377	200.3	9,423,633	3,518.4
Abril	8,294,849	3,200.2	519,074	200.3	8,813,924	3,400.4
Mayo	8,808,592	3,288.8	536,377	200.3	9,344,969	3,489.0
Junio	8,349,255	3,221.2	519,074	200.3	8,868,329	3,421.4
Julio	6,768,202	2,527.0	536,377	200.3	7,304,578	2,727.2
Agosto	6,545,110	2,443.7	536,377	200.3	7,081,487	2,643.9
Septiembre	6,979,166	2,692.6	519,074	200.3	7,498,240	2,892.8
Octubre	6,940,767	2,591.4	536,377	200.3	7,477,144	2,791.6
Noviembre	6,590,677	2,542.7	519,074	200.3	7,109,751	2,743.0
Diciembre	7,798,957	2,911.8	536,377	200.3	8,335,334	3,112.1
Suma /promedio	**90,945,054**	**2,883.8**	**6,315,402**	**200.3**	**97,260,456**	**3,084.1**

Como se observa en la tabla el volumen suministrado corregido de las captaciones que operó la COMAPA en el periodo de análisis (2014) fue de **97, 260,456 m^3 (97.26 Hm^3/año),** que representan un caudal medio diario extraído (Q med diario) de **3,084 L/s.,** de la misma forma se observa que del total del volumen producidos el 93.5% corresponde a las obras de captación de las fuentes superficiales y el 6.5% a las fuentes subterráneas

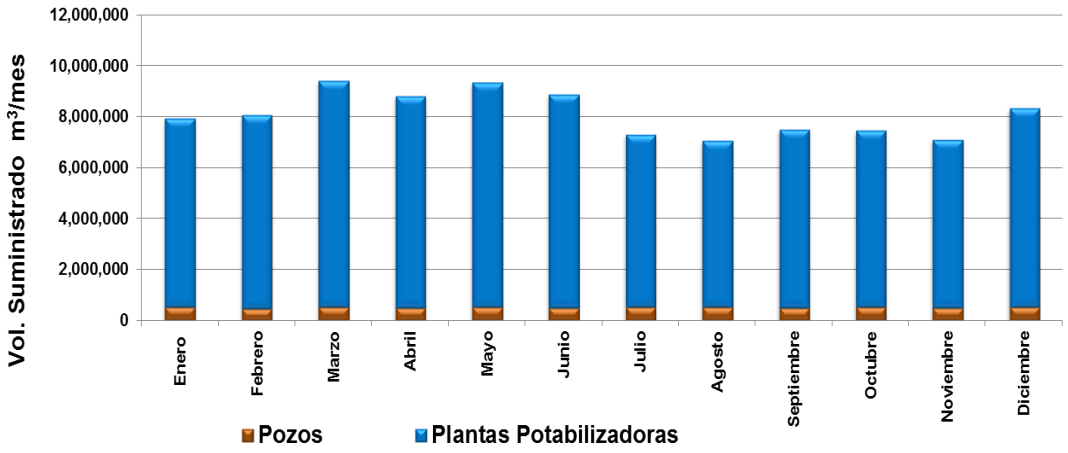


Figura 114. Histograma de suministro de agua de las captaciones que opera la COMAPA

Conducción

Dentro de la infraestructura principal con la que cuenta la COMAPA para la transportación y manejo del agua tanto cruda como potable, a los diferentes puntos de potabilización y almacenamiento, respectivamente, se tienen algunos acueductos, líneas de conducción, interconexión y alimentación que operan constantemente para el abasto de agua potable a la población de Reynosa, con una longitud total de 89.12 km construidos con tuberías que van de las 3” a 72” en diferentes materiales de PVC, concreto pre-esforzado, A-C, y concreto.

En la siguiente figura se presenta un mapa de la ciudad de Reynosa indicando el trazo que tienen las principales líneas del sistema de agua potable que opera la COMAPA, siendo en su gran mayoría líneas de interconexión entre estructuras del sistema de abastecimiento, seguidas por los acueductos de agua cruda que salen de las obras de toma y algunas líneas de conducción que salen de las plantas potabilizadoras.

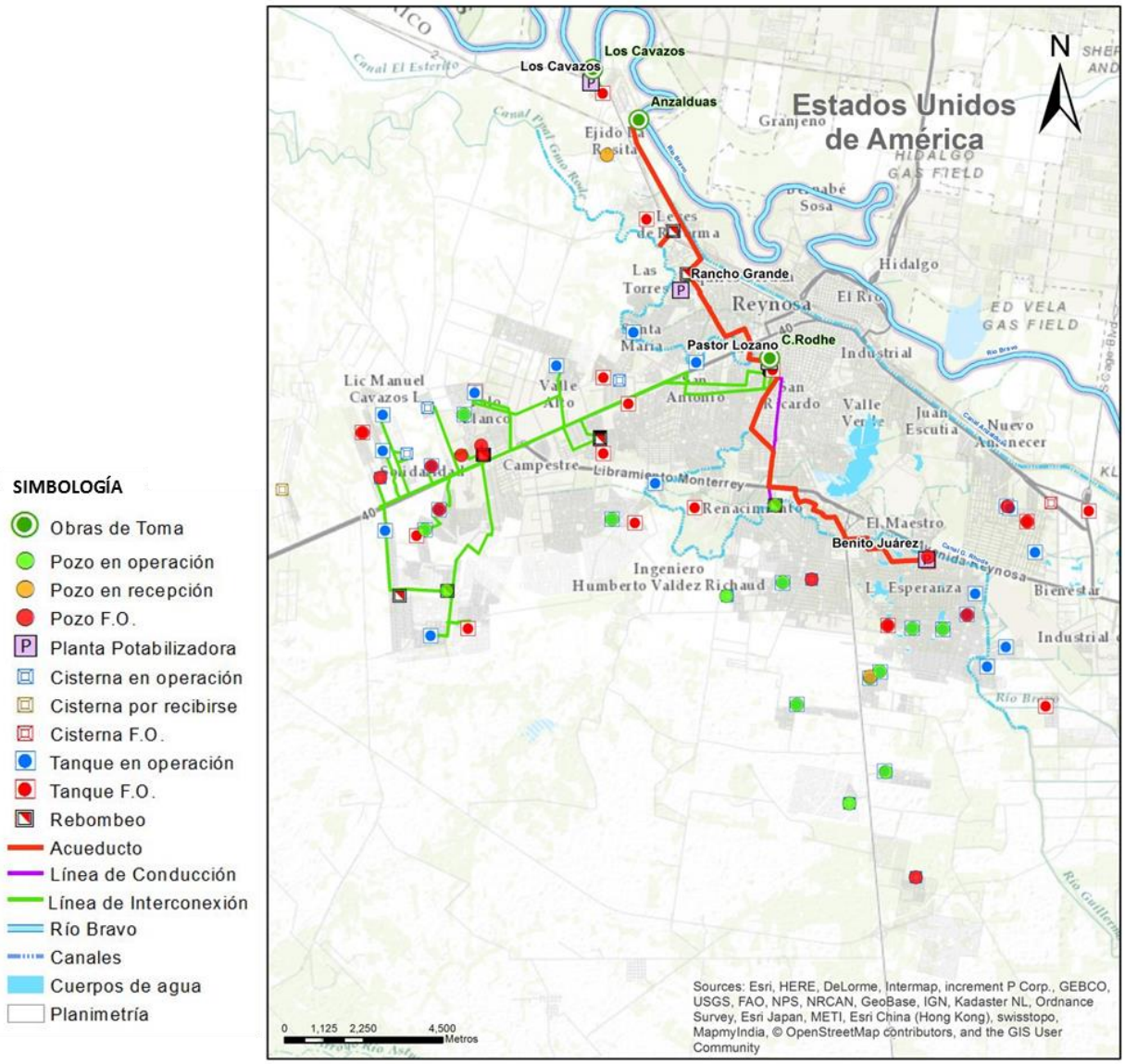


Figura 115. Líneas principales en el sistema de agua de Reynosa, Tamps.

En la siguiente tabla y figura se presenta la información de las longitudes de las líneas principales por diámetro.

Tabla 87. Líneas principales (acueductos, líneas de conducción, interconexión y alimentación)

Líneas Principales	Longitud (km) de Diámetros (in)														Total km
	3"	4"	6"	8"	10"	12"	14"	16"	18"	20"	24"	36"	54"	72"	
Acueductos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.36	9.31	0.58	**20.25**
Conducción	0.08	0.60	0.32	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	4.31	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	**5.46**
Interconexión	0.00	0.72	0.07	12.66	0.79	7.60	2.98	18.31	9.25	0.05	11.43	0.12	0.00	0.00	**64.00**
Total	**0.08**	**1.32**	**0.39**	**12.67**	**0.79**	**7.60**	**2.98**	**18.31**	**13.57**	**0.05**	**11.43**	**10.61**	**9.31**	**0.58**	**89.71**

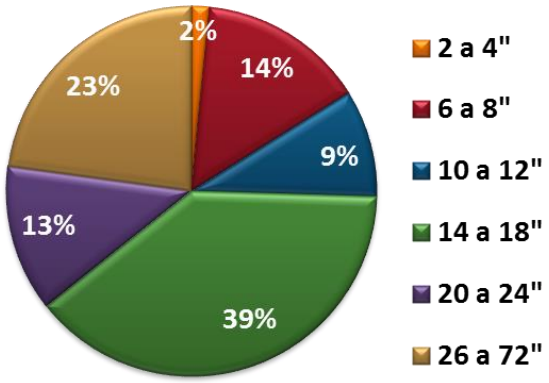


Figura 116. Líneas primarias por grupo de diámetros.

De acuerdo a la información anterior, del total de las líneas principales (agua cruda y potable) el 36% son tuberías de más de 20" de diámetro; el 48% son tuberías entre las 10 a las 18" de diámetro y el resto que representan el 16% son tuberías entre las 2 a las 8" de diámetro.

Los materiales con los cuales fueron construidas estas líneas principales del sistema de abastecimiento de Reynosa, se presentan en la siguiente tabla y figura elaboradas con información proporcionada por la COMAPA.

Tabla 88. Materiales de las líneas principales

Tipo de tubería	Longitud (Km) de Material						Total (Km)
	A-C	Acero	Concreto	Concreto Preforzado	PAD	PVC	
Acueductos	0.00	**0.18**	**7.53**	**12.54**	0.00	0.00	**20.25**
Conducción	**4.31**	**0.13**	0.00	0.00	0.00	**1.01**	**5.46**
Interconexión	**5.88**	**0.16**	0.00	**0.00**	**0.06**	**57.89**	**64.00**
Suma	**10.20**	**0.48**	**7.53**	**12.54**	**0.06**	**58.90**	**89.71**

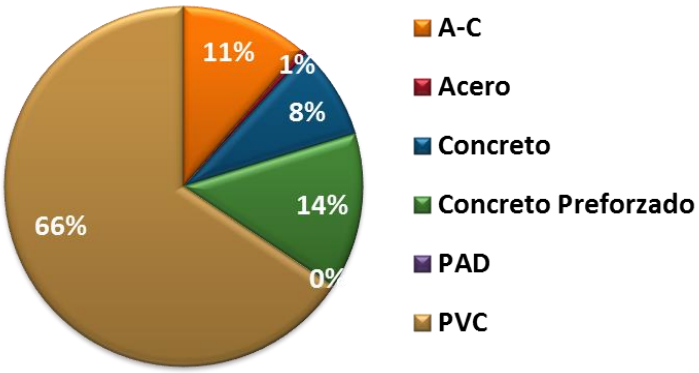


Figura 117. Materiales de las líneas principales

Como se observa en la tabla y figura anterior el 66% de las tuberías son de PVC lo que significa que no son muy antiguas; el 22% son de concreto y concreto pre-esforzado que como se verá más adelante

corresponden a los acueductos de agua cruda, los cuales tienen algunos problemas y el resto de las tuberías que representan solo el 11% son de A-C, en las cuales existen mínimos problemas de fugas, causadas por el deterioro de sus paredes. Por lo anterior se puede establecer en términos generales que la condición de conservación de las líneas principales de agua potable están en muy buen estado y las de agua cruda en buen y regular estado (ver párrafos siguientes).

Dentro de estas líneas principales se tiene los acueductos de agua cruda que opera la COMAPA, los cuales tienen una longitud total entre los tres de **20.51 Km**, de los cuales 9.31 Km pertenecen al acueducto Anzaldúas – Pastor Lozano, el cual fue construido gracias al acuerdo de coordinación suscrito el 6 de septiembre de 1990 en el que intervinieron el ejecutivo federal y los ejecutivos de los estados de Nuevo León y Tamaulipas. Actualmente el acueducto sigue siendo el principal abastecedor de agua a la ciudad de Reynosa, dejando en su recorrido agua para la planta potabilizadora Rancho Grande y abasteciendo a la planta potabilizadora Pastor Lozano, desde la cual se rebombea a la mayor parte de la ciudad, incluyendo el apoyo que pudiera dársele a la planta potabilizadora Benito Juárez a través del rebombeo localizado en las inmediaciones del tanque de usos múltiples que está conectado con la línea que sale de la obra de toma del Canal Rodhe. El acueducto Anzaldúas tiene más de 25 años de antigüedad y se encuentra en regulares condiciones de conservación, ya que por una parte al conducir agua cruda del Río Bravo con elevados niveles de sólidos suspendidos, estos se han ido incrustado en las paredes de los tubos de concreto, reduciendo el área hidráulica de los mismos y por otro lado, en donde se empleó tubería de acero se han presentado importantes fugas en el acueducto debido a la corrosión exterior generada por la agresividad de los suelos salinos de la región.

El segundo acueducto de agua cruda, que sale de la obra de toma del Canal Rodhe y que va hacia la interconexión con el rebombeo del tanque de usos múltiples y se dirige con dirección hacia la planta potabilizadora Benito Juárez, tiene una longitud de 10.61 Km con tuberías de concreto pre-esforzado y concreto de 36” de diámetro. Al igual este acueducto tiene más de 25 años de antigüedad.

Por último se tiene el acueducto de agua cruda que sale de la planta de bombeo Anzaldúas – Rodhe y va a descargar al canal Rodhe, con una longitud de 0.58 Km con tuberías de concreto pre-esforzado de 72” de diámetro. Este acueducto fue construido por la CONAGUA y se ha considerado su puesta en operación para trasvasar el agua del canal Anzaldúas al canal Rodhe, y que la COMAPA tome el agua asignada a partir de una nueva obra de toma sobre el canal Rodhe, lo que contribuirá a la reducción del consumo de energía eléctrica en la extracción del agua cruda.





En la siguiente figura se presenta un plano con el trazo de los dos acueductos que transportan el agua de las captaciones Anzaldúas y Rodhe a las plantas potabilizadoras Pastor Lozano y Benito Juárez, respectivamente y el tercero que servirá para trasvasar el agua del canal Anzalduás al Rodhe.

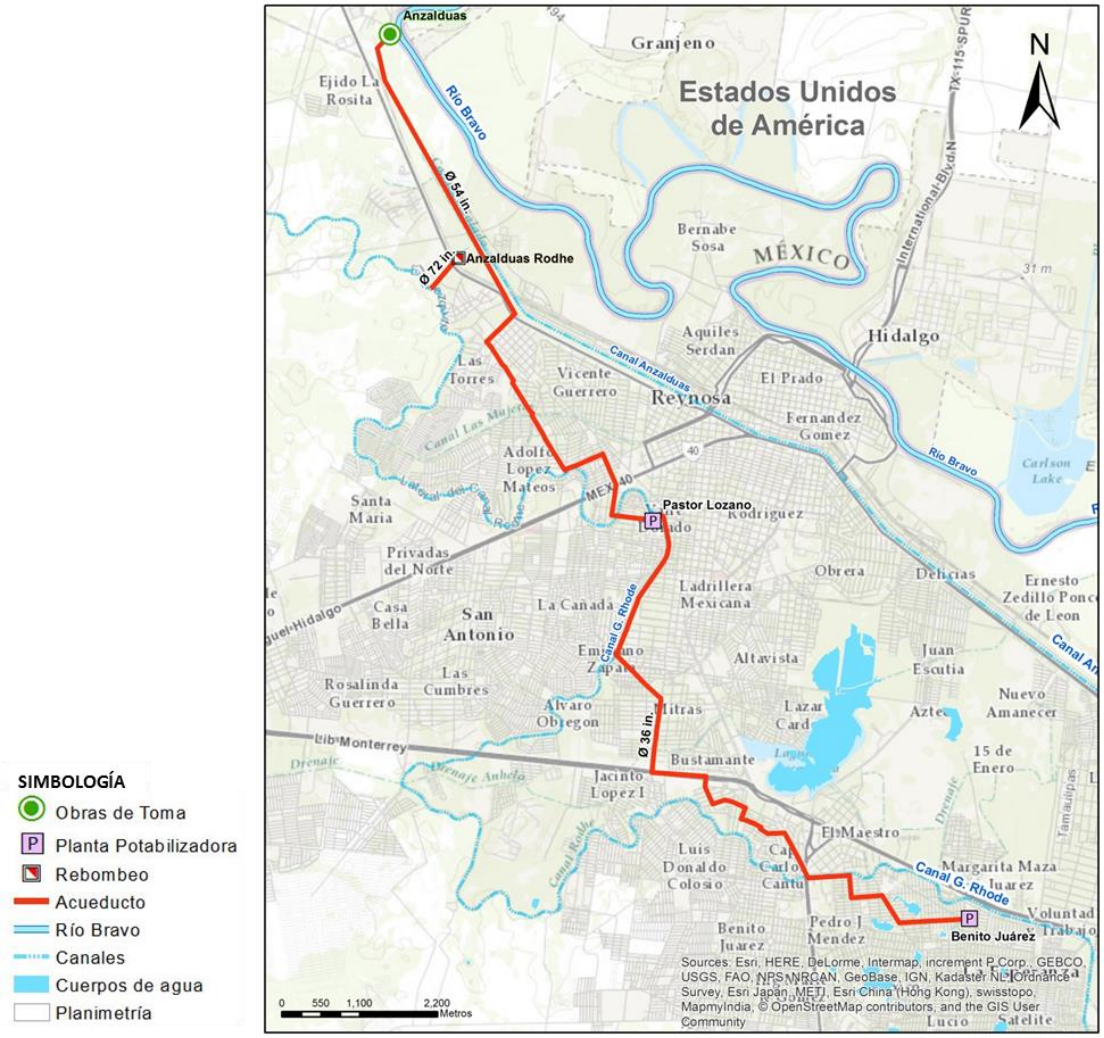


Figura 118. Acueductos de agua cruda en Reynosa, Tamps.

Otro punto es que las líneas de conducción e interconexión son una de las principales causas del desabasto que se presenta en las colonias más alejadas de las Plantas Potabilizadoras, esto debido a que se ha permitido la instalación de derivaciones o disparos en ruta, con las cuales se han ido abasteciendo a las nuevas colonias que se han formado dentro de la mancha urbana, afectando severamente a la macro-distribución del agua, ya que el caudal que debería de llegar a su destino específico (rebombeo, tanque, o a la misma red de una colonia) no llega porque se va quedando en el camino, abasteciendo a otros sitios en condiciones de cantidad y presión óptimas, en contraste con lo que reciben las colonias que se abastecen a partir del destino final que tienen las líneas de conducción e interconexión, lo que conlleva a que el servicio de agua en estas colonias alejadas sea de manera tandeada (intermitente), mientras que los que la tomaron en ruta con las derivaciones antes mencionadas tienen un servicio de forma continua, lo que se traduce en una distribución del agua de forma inequitativa y deficiente.

La principal razón por la cual se encuentra la macro-distribución en un estado de inequidad, es la manera en la que se ha procedido durante muchos años en el otorgamiento de las factibilidades, ya que en algunos casos la COMAPA además de requerir el pago de los derechos del agua, requiere la ejecución de algunas obras o el suministro de algunos equipos de bombeo que faciliten la entrega de agua a quien la solicita, siendo que estas obras no se ejecutan como tampoco los equipos se suministran, sin perjuicio del otorgamiento de la factibilidad, comprometiendo a la COMAPA a autorizar la conexión a la línea más cercana a el desarrollo donde requieren el agua, lo que ha provocado un descontrol en la operación del sistema y una deficiencia en el suministro de agua a las zonas más alejadas de las plantas potabilizadoras.

En conclusión se puede señalar que el estado de conservación que guardan las líneas principales (acueductos, conducción, interconexión y alimentación) es bueno, con una operación restringida y deficiente por la gran cantidad de derivaciones en ruta que tienen, siendo estas la principal causa del desabasto que se presenta en las colonias más alejadas de las Plantas Potabilizadoras Pastor Lozano y Benito Juárez.

Para mayor detalle de la información de las líneas principales consultar el anexo 6 y 8.

Plantas de bombeo y Cisternas

Otra de las estructuras principales con las que cuenta la COMAPA para proporcionar el agua en cantidad y calidad óptima a la población asentada en las diferentes colonias de la ciudad, son las plantas de bombeo, rebombeo y cisternas, localizadas algunas de ellas dentro de los predios de las mismas plantas potabilizadoras, como en las partes alejadas a estas, así como en los predios de algunos tanques elevados.

Dichas estructuras se hacen necesarias para la distribución del agua en la ciudad de Reynosa debido a que existe un desnivel topográfico de hasta 44 m entre las plantas potabilizadoras y los tanques de regulación.

La COMAPA cuenta con 16 estaciones de bombeo, de las cuales todas se encuentran operando. En las siguientes tablas y figuras se presenta la información de la localización de las estaciones de bombeo, con sus coordenadas basadas en la proyección cartográfica Universal Tranversal de Mercator (UTM) y la elevación obtenida de la información LIDAR tipo terreno, así como información de algunos aspectos constructivos de dichas plantas:

Tabla 89. Plantas de bombeo de la COMAPA

No	ID	Nombre	Coordenadas UTM			Sector	Status EBAP	Capacidad (m^3)	Tipo
			X	Y	Z				
1	AP2	P.P Lozano Reb. A Pta.B.Juárez (agua cruda)	569968	2884327	46.2	P	En Operación	1,500	Superficial
2	AP5	P. Pastor Lozano (Bombeo No. 1)	570025	2884037	47.5	P	En Operación	5,000	Enterrado
3	AP6	P. Pastor Lozano (Bombeo No. 2)	570054	2884057	47.6	P	En Operación	15,120	Semienterrado
4	AP7	P. Pastor Lozano (Bombeo 3)	570023	2884086	47.5	P	En Operación	16,254	Enterrado
5	AP8	P. Pastor Lozano (Bombeo 4)	569998	2884088	47.9	P	En Operación	Intercon. al Bomb # 3	Enterrado
6 y 7	AP15-1 AP15-2	Granjas C1 y C2	561857	2881618	62.2	G	En Operación	450	Superficial
			561842	2881612	62.2	G		1,000	

No	ID	Nombre	Coordenadas UTM			Sector	Status EBAP	Capacidad (m^3)	Tipo
			X	Y	Z				
8	AP15-3	Granjas C3	561820	2881619	62.3	G	En Operación	5,000	Superficial
9	AP21-1	TQ1. Jarachina	565165	2882121	64.4	G	En Operación	1,500	Superficial
10	AP21-2	TQ2. Jarachina	565166	2882094	63.9	G	En Operación	1,750	Semienterrado
11	AP21-3	TQ3. Jarachina	565160	2882057	63.2	G	En Operación	1,500	Semienterrado
12	AP27	Juárez	570157	2880181	47.9	JP	En Operación	3,000	Semienterrado
13	AP48	Rancho Grande (agua cruda)	567644	2886772	49.2	RG	En Operación	----	Superficial
14	AP-1	Nuevo México	560814	2877741	70.1	G	En Operación	2,080	Semienterrado
15	AP64	San Valentín 2	559447	2877606	75.8	G	En Operación	3,200	Semienterrado
16	AP65	Anzaldúas Rodhe	567247.3	2887988.43	47.58	RG	En Operación	----	Superficial

No.	Clave	Nombre
1	AP-1	Nuevo México
2	AP2	P.P Lozano Reb. a Pta.B.Juárez
3	AP5	P. Pastor Lozano (Bombeo No. 1)
4	AP6	P. Pastor Lozano (Bombeo No. 2)
5	AP7	P. Pastor Lozano (Bombeo 3)
6	AP8	P. Pastor Lozano (Bombeo 4)
7	AP15-1	Granjas C1
8	AP15-2	Granjas C2
9	AP15-3	Granjas C3
10	AP21-1	TQ1. Jarachina
11	AP21-2	TQ2. Jarachina
12	AP21-3	TQ3. Jarachina
13	AP27	Juárez
14	AP48	Rancho Grande
15	AP64	San Valentín 2
16	AP65	Anzalduas Rodhe

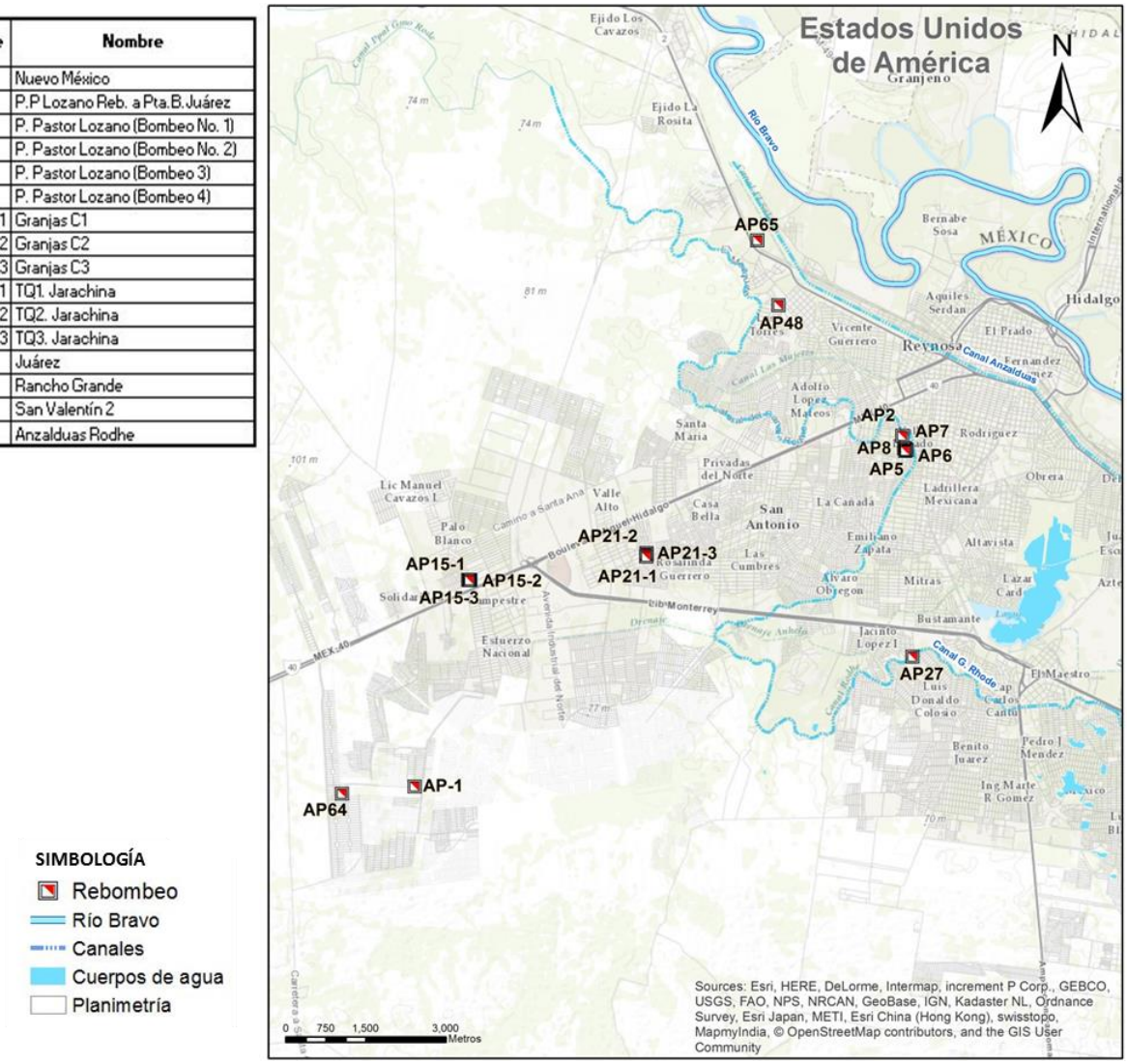


Figura 119. Localización de las Plantas de bombeo de la COMAPA.

De las 16 plantas de bombeo, 2 funcionan para enviar el agua cruda a las plantas potabilizadoras, las conocidas como P.P. Lozano a Pta. B. Juárez y la Rancho Grande, con las que se envía agua a las plantas potabilizadoras Benito Juárez y Rancho Grande, respectivamente; una va a funcionar para trasvasar el agua del canal Anzaldúas al canal Rodhe para que a partir de este último con una nueva obra de toma se abastezca de agua cruda a las plantas potabilizadoras Pastor Lozano y Benito Juárez; cuatro de las plantas de bombeo en operación están equipadas para bombear el agua de la planta potabilizadora Pastor Lozano a diferentes Sectores de distribución y en algunos casaos a otras plantas de bombeo (rebombeo) como son Jarachinas y Granjas y el resto de las estaciones de bombeo como ya se vio en los dos casos anteriores sirven de rebombeos para hacer llegar el agua potable a las colonias de la ciudad que se encuentran más alejadas o elevadas, las cuales se localizan al Suroeste, Sur y Este de la mancha urbana, las cuales requieren de un doble impulso para hacerles llegar el agua en cantidad y con presión suficiente para que alcance a entrar a los depósitos de almacenamiento domiciliarios o a los propios domicilios.

En las siguientes tablas se presenta información técnica relevante de las 16 plantas de bombeo que opera la COMAPA, así como sus requerimientos de equipamiento.

Tabla 90. Equipamiento de las plantas de bombeo y sus requerimientos

No	ID	Nombre	Cantidad de Equipos de Bombeo	Potencia Total (hp)	No. Equipos	Status por Equipo	Tipo de Equipo de Bombeo	Potencia (hp)	Requerimientos
1	AP2	P.P Lozano Reb. A Pta.B.Juárez	4	500	1	En Operación	Horizontal	125	Un equipo de obra de Toma Canal Rodhe descarga a P.P Benito Juárez
					2	Mantenimiento	Horizontal	125	
					3	En Operación	Horizontal	125	
					4	En Operación	Horizontal	125	
2	AP5	P. Pastor Lozano (Bombeo No. 1)	4	800	1	En Operación	Vertical	200	Motor hor stock. Req 29990 gomisa. Se requiere eq. Nuevo para posición 4
					2	En Operación	Vertical	200	
					3	En Operación	Vertical	200	
					4	F.O.	Hor. bipartida	200	
3	AP6	P. Pastor Lozano (Bombeo No. 2)	10	1475	1	En Operación	Hor. Centrifuga	100	Eq. P2 y Eq. P4, requiere equipo nuevo, REQ. 33945 eq3.- motor hor con palomo x proyecto. Eq. 7 requiere equipo nuevo
					2	F.O.	Hor. Centrifuga	250	
					3	Mantenimiento	Hor. Centrifuga	250	
					4	F.O.	Hor. Centrifuga	150	
					5	En Operación	Hor. bipartida	100	
					6	En Operación	Hor. bipartida	100	
					7	F.O.	Hor. Centrifuga	150	
					8	Mantenimiento	Hor. bipartida	125	
					9	En Operación	Hor. bipartida	100	
					10	En Operación	Hor. Centrifuga	150	
4	AP7	P. Pastor Lozano (Bombeo 3)	6	1200	1	En Operación	Horizontal	200	Req. 26231 h .m bomba de stock equipo # 3 bomba 150 hp req 26519 e.v osmar
					2	En Operación	Horizontal	200	
					3	En Operación	Horizontal	200	
					4	P. Inst.	Horizontal	200	
					5	En Operación	Horizontal	200	
					6	Mantenimiento	Horizontal	200	

No	ID	Nombre	Cantidad de Equipos de Bombeo	Potencia Total (hp)	No. Equipos	Status por Equipo	Tipo de Equipo de Bombeo	Potencia (hp)	Requerimientos
5	AP8	P. Pastor Lozano (Bombeo 4)	6	950	1	En Operación	Vertical	150	Bomba 25202 h.m------ bomba aux req 29396 con h.m ----------req 29911 bomba 4 vertical con h.m ----req 29972 motor vertic. Gomisa ----- mot pos 3 metalizaciones req 29336
					2	Mantenimiento	Vertical	200	
					3	Mantenimiento	Vertical	200	
					4	En Operación	Vertical	200	
					Aux.1 TQ 2	F.O.	Vertical	75	
					Aux.2 TQ 2	En Operación	Vertical	125	
6 y 7	AP15-1 AP15-2	Granjas C1 y C2	3	210	1	En Operación	Vertical	75	Se desconoce la cantidad de equipos pertenecientes a cada cisterna
					2	En Operación	Vertical	75	
					3	En Operación	Vertical	60	
8	AP15-3	Granjas C3	4	240	1	Mantenimiento	Vertical	60	eq. 1 req. 33188 con h.m
					2	En Operación	Vertical	60	
					3	En Operación	Vertical	60	
					4	En Operación	Vertical	60	
9	AP21-1	TQ1. Jarachina	3	425	1	En Operación	Horizontal	200	No está equipado, solo sirve de almacenamiento y después trasvasa el agua a los tanques 2 y 3
					2	F.O.	Horizontal	125	
					3	En Operación	Horizontal	100	
10	AP21-2	TQ2. Jarachina	3	180	1	Mantenimiento	Vertical	60	TQ 2 y TQ 3 están interconectados y dan servicio a los rebombeos Granjas, Vista Hermosa, Nvo. México, Villa Florida y a las colonias Jarachina Nte y Sur, Puertas del Sol, Parque Industrial del Norte.
					2	En Operación	Vertical	60	
					3	En Operación	Vertical	60	
11	AP21-3	TQ3. Jarachina	3	260	1	Mantenimiento	Vertical	100	TQ 2 y TQ 3 están interconectados (ídem)
					2	Mantenimiento	Vertical	100	
					3	Mantenimiento	Vertical	60	
12	AP27	Juárez	4	330	1	En Operación	Horizontal	100	A la red (Río Purificación), Ramón Pérez, Juárez, Jacinto L
					2	En Operación	Horizontal	100	
					3	En Operación	Horizontal	100	
					4	En Operación	Sumer - Pozo	30	
13	AP48	Rancho Grande	4	200	1	En Operación	Horizontal	50	Bombea el agua cruda del acueducto Anzaldúas a la Pot. Rancho Grande
					2	En Operación	Horizontal	50	
					3	En Operación	Horizontal	50	
					4	En Operación	Horizontal	50	
14	AP-1	Nuevo México	4	240	1	Mantenimiento	Horizontal	60	A Rebombeos San Valentín I, San
					2	En Operación	Horizontal	60	

No	ID	Nombre	Cantidad de Equipos de Bombeo	Potencia Total (hp)	No. Equipos	Status por Equipo	Tipo de Equipo de Bombeo	Potencia (hp)	Requerimientos
					3	En Operación	Horizontal	60	Valentín 2, Nvo México, y Col. Nvo. México
					4	En Operación	Horizontal	60	
15	AP64	San Valentín 2	4	80	1	En Operación	Centrifuga	20	Mant. preventivo, cambio de rondamientos (6209-6309) y sello mecánico (1 3/4")- se empezó el 12- ju-15
					2	En Operación	Centrifuga	20	
					3	En Operación	Centrifuga	20	
					4	En Operación	Centrifuga	20	
16	AP65	Anzaldúas Rodhe	6	0	1	En Operación	----	----	Descargan de forma individual a un múltiple de 72"
					2	En Operación	----	----	
					3	En Operación	----	----	
					4	En Operación	----	----	
					5	En Operación	----	----	
					6	En Operación	----	----	

Como puede observarse en la tabla anterior, se cuenta con 16 plantas de bombeo que tienen instalados un total de 68 equipos de bombeo con una capacidad total de 12,076 hp. En las siguientes tablas se presenta un resumen de los equipos de acuerdo a su estatus de operación y al tipo de bomba instalada.

Tabla 91. Resumen de equipos de bombeo por status de operación en la Plantas

Condición	Cantidad	h.p
Operación	49	9,386
F.O.	6	950
Mantenimiento	12	1,540
Por instalar	1	200
Suma	**68**	**12,076**

Tabla 92. Resumen de equipos de bombeo por tipo en las Plantas

Tipo de bomba	Cantidad	hp
Horizontal	30	7,851
Vertical	22	2,440
Horizontal Bipartita	5	625
Horizontal centrifuga	10	1,130
Sumergible	1	30
Suma	**68**	**12,076**

En las siguientes figuras se presentan tres arreglos de las instalaciones de las plantas de bombeo más importantes con las que la COMAPA cuenta para abastecer de agua potable a la red de distribución de las colonias en la ciudad de Reynosa.

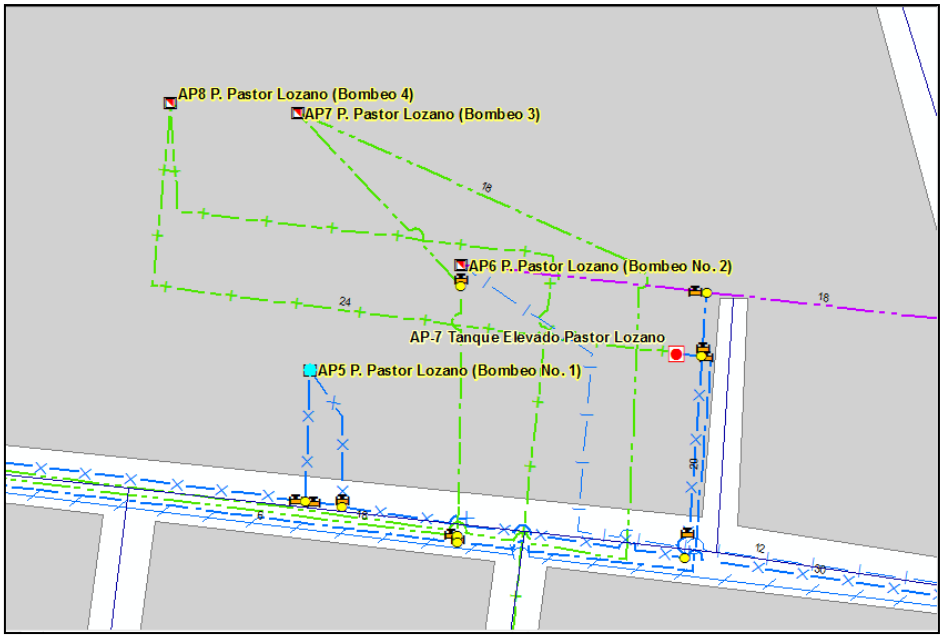


Figura 120. Estaciones de bombeo de la Planta Potabilizadora Pastor Lozano

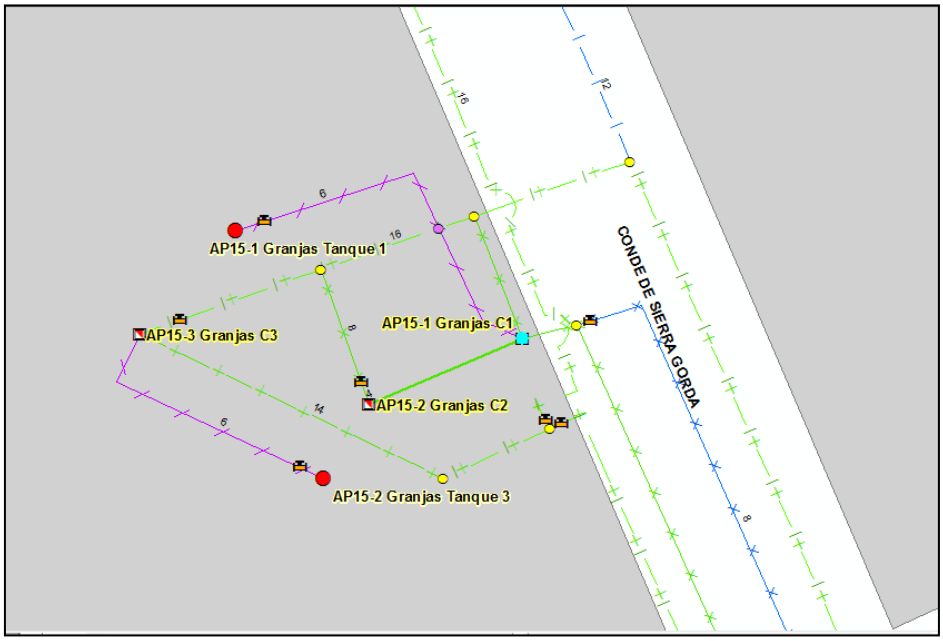


Figura 121. Estaciones de bombeo Granjas

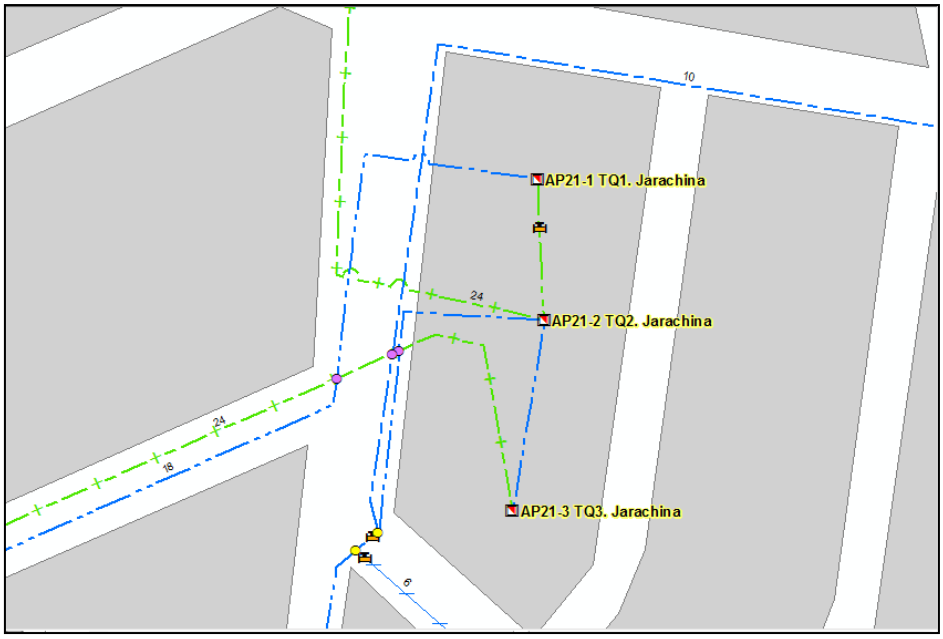


Figura 122. Estaciones de bombeo de Jarachinas

De igual forma como se ha señalado, la COMAPA cuenta con 53 cisternas, de las cuales 38 se encuentran operando; 13 están fuera de operación y una está por recibirse. En la siguiente tablas y figuras se presenta la información de la localización de las estaciones de bombeo, con sus coordenadas basadas en la proyección cartográfica Universal Tranversal de Mercator (UTM) y la elevación obtenida de la información LIDAR tipo terreno, así como información de algunos aspectos constructivos de dichas plantas.

Tabla 93. Cisternas de la COMAPA

No.	ID	Nombre	Coordenadas UTM			Sector	Status	Tipo	Material	Capacidad (m^3)
			X	Y	Z					
1	AP11	Balcones de Alcalá I	573379.0124	2876760.445	45.46	JO	F.O.	Subterráneo	Concreto	2,000
2	AP12	Balcones de Alcalá II	574947.3701	2876664.973	44.11	JO	Operando	Superficial	Acero	1,000
3	AP13	Balcones de Alcalá III	574083.4488	2876675.264	45.19	JO	Operando	Superficial	Acero	1,000
4	AP14	El Mezquite	577343.1173	2879718.138	40.13	O	F.O.	Superficial	Concreto	162
5	AP16	Hacienda Las Fuentes	566125.7575	2885119.76	43.75	RG	Operando	Superficial	Acero	1,200
6	AP17	La Cima	565261.2241	2883821.569	65.42	G	F.O.	Subterráneo	Concreto	1,935
7	AP18	La Joya	575635.6956	2877052.028	42.97	JO	Operando	Superficial	Acero	1,325
8	AP19	Las Haciendas	566489.8196	2888324.936	41.87	RG	F.O.	-----	-----	-----
9	AP20	Loma Blanca	576783.6462	2880151.476	40.18	O	Operando	Superficial	Acero	450
10	AP22	Jarachina (GEO)	565259.7299	2881650.296	63.66	G	F.O.	Semienterrado	Concreto	-----
11	AP23	Nvo. Reynosa	578026.1282	2880249.866	38.30	O	F.O.	Semienterrado	-----	-----
12	AP24	Puente Nuevo	579077.4957	2880010.583	32.66	O	F.O.	Semienterrado	Concreto	330
13	AP25	Puerta Del Sol I	566155.6016	2879693.532	56.36	G	F.O.	Superficial	Acero	1,000

No.	ID	Nombre	Coordenadas UTM			Sector	Status	Tipo	Material	Capacidad (m^3)
			X	Y	Z					
14	AP26	Puerta Del Sol II	565503.013	2879781.752	62.15	G	Operando	Superficial	Acero	1,000
15	AP28	Riberas Del Carmen	576213.5121	2875583.061	39.88	JO	Operando	Semienterrado	Concreto	1,100
16	AP29	Rincón de Valle	565723.1174	2883741.113	65.13	G	Operando	Semienterrado	Concreto	150
17	AP30	San José	565983.8273	2883074.2	65.60	G	F.O.	Subterráneo	Concreto	-----
18	AP31	San Pedro	567866.1572	2880120.759	41.99	JP	F.O.	Subterráneo	Concreto	330
19	AP32-1	Villa Florida Cisterna 1	561595.1266	2883355.863	76.24	G	F.O.	Superficial	Acero	1100
20	AP33	Villas Del Palmar	577584.908	2878842.139	39.00	O	Operando	Semienterrado	Concreto	252
21	AP32-2	Villa Florida 2	561600.1124	2883387.191	76.75	G	Operando	Semienterrado	Concreto	1100
22	AP35	Vista Hermosa	563923.2781	2884158.059	64.49	G	Operando	Semienterrado	Concreto	1100
23	AP37	Buganvilias 1	560573.9846	2880050.922	72.42	G	Operando	Semienterrado	Concreto	----
24	AP39	San Valentín 1	559051.7927	2879480.555	86.14	G	Operando	Superficial	Acero	1200
25	AP41	Los Fresnos I	558905.3983	2880961.733	84.62	G	Operando	Superficial	----	850
26	AP46	Loma Real	558996.3452	2881716.513	82.97	G	Operando	Superficial	Acero	1910
27	AP49	Villa Diamante	575872.8869	2877668.533	42.36	JO	Operando	Semienterrado	Concreto	1700
28	AP50	Fracc. Los Almendros	573143.4253	2875442.893	48.31	JO	Operando	Superficial	Acero	3000
29	AP51	Puerta Sur	561412.0619	2876670.901	73.92	G	F.O.	Superficial	Acero	4000
30	AP52	Sector B y C Cisterna 3 Villa Florida	561613.3567	2883440.7	77.82	G	Operando	Semienterrado	Acero	----
31	AP53	Hda. Buganvilias 2	560176.0294	2879486.261	71.77	G	Operando	Semienterrado	Concreto	2000
32	AP54	Amp. Hda. Buganvilias	559948.4766	2879312.406	78.99	G	F.O.	Semienterrado	Concreto	1100
33	AP55-1	Paseo De Las Flores Norte	572871.6364	2875280.203	47.81	JO	F.O.	Superficial	----	----
34	AP55-2	Paseo De Las Flores Sur	572857.9049	2875246.678	47.56	JO	Operando	Superficial	Acero	2000
35	AP56	Rincón De las Flores	570784.6128	2874502.88	54.12	JO	Operando	Superficial	Acero	2000
36	AP57	Loma Bonita	560366.3134	2881297.007	82.28	G	Operando	Superficial	Acero	1200
37	AP58	Balcones de San José	570375.0441	2877981.415	55.81	JP	Operando	Superficial	Acero	700
38	AP59	Paseo del Prado	566731.6728	2880803.709	43.13	JP	Operando	Superficial	Acero	----
39	AP60	Nuevo México Sec. IV	560354.6749	2876461.598	78.35	G	Operando	Superficial	Concreto	700
40	AP62	Pirámides	574178.1855	2869588.21	51.46	JO	Operando	Superficial	Acero	----
41	AP63	Las Palmas	576740.5666	2876143.83	42.46	JO	Operando	Superficial	Acero	----
42	AP65	Valle Soleado	573306.3144	2872595.424	49.99	JO	Operando	Superficial	Acero	----
43	AP66	Zimatlan	571197.8139	2878065.895	55.85	JP	Operando	Semienterrado	Acero	----
44	AP67	Unidad y Esfuerzo	560252	2882964	80.67	G	Operando	Superficial	Concreto	-----
45	AP70	Ventura	559657.0066	2881654.26	76.77	G	Operando	Superficial	Acero	3,600
46	AP71	Misión Santa Fe	572281.1965	2871688.863	53.84	JO	Operando	Superficial	Acero	1800
47	SC1	Villa Las Fuentes	567927	2884261	42.92	P	Operando	Semienterrado	Concreto	150
48	AP-1	Cisterna P.P. Juárez	574531.2356	2878610.545	44.58	JO	Operando	Semienterrado	----	15,000.00

No.	ID	Nombre	Coordenadas UTM			Sector	Status	Tipo	Material	Capacidad (m^3)
			X	Y	Z					
49	AP-3	Los Arcos	556107.5587	2880625.811	104.07	G	Por recibirse	Superficial	Acero	3000
50	AP-4	Los Pinos	559006.6583	2882767.242	80.47	G	Operando	Superficial	----	----
51	AP-7	P.P Rancho Grande (2 Estaciones de Bombeo)	567529.7539	2886306.883	48.5	RG	Operando	Superficial	----	----
52	AP61	Ramón Pérez 3	568799.6045	2877598.774	54.01	JP	Operando	----	----	----
53	AP43/PP5	Cisterna P.P. Cavazos	564921.3597	2892215.821	35.32	RG	Operando			

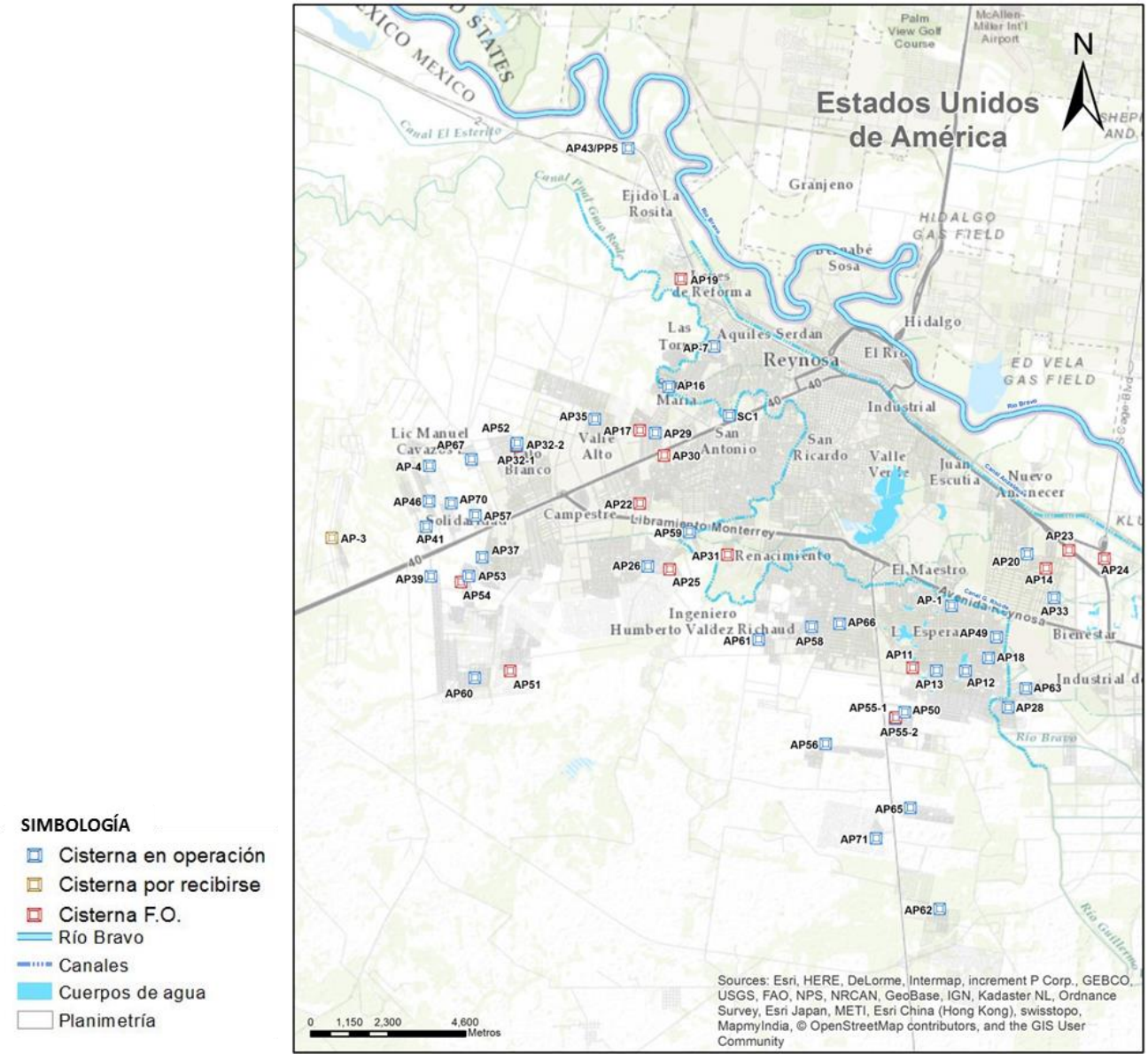


Figura 123. Localización de las Cisternas que opera la COMAPA

De las 53 cisternas, 3 están equipadas para bombear el agua de las plantas potabilizadoras Benito Juárez, Rancho Grande y Cavazos a los diferentes sectores de distribución que abastecen y en algunos casos a otras plantas de bombeo o cisternas (rebombeo) para que de ahí se manden a los sectores, el resto de las cisternas sirven de rebombeos para subir el agua de pozos o de la propia red a tanques elevados y de ahí poder entregarla a las colonias localizan al Suroeste, Sur y Este de la mancha urbana, las cuales requieren de este tipo de instalaciones para recibir el servicio en mejores condiciones de presión.

En las siguientes tablas se presenta información técnica relevante de las 53 cisternas que opera la COMAPA, así como información del funcionamiento de las mismas.

Tabla 94. Equipamiento de las cisternas y sus requerimientos

No.	ID	Nombre	Cantidad de equipos de bombeo	Potencia total (hp)	No. de equipos	Status	Tipo de equipo de bombeo	Potencia (hp)	Conduce a
1	AP11	Balcones de Alcalá I	2	50	1	F.O	Horizontal	25	Se alimenta del pozo y envía a tanque elevado y la red
					2	F.O	Horizontal	25	
2	AP12	Balcones de Alcalá II	2	20	1	Mantenimiento	Horizontal	10	Se alimenta del pozo profundo y envía a tanque elevado y la red
					2	En Operación	Horizontal	10	
3	AP13	Balcones de Alcalá III	2	60	1	En Operación	Horizontal	30	Se alimenta del pozo profundo y envía a tanque elevado y la red
					2	En Operación	Horizontal	30	
4	AP14	El Mezquite	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Se alimenta del pozo profundo Benito Juárez y envía el tanque elevado
5	AP16	Hacienda Las Fuentes	3	45	1	Mantenimiento	Horizontal	15	Pozo profundo le llega el agua a la cisterna de Rancho Grande y de ahí se sube al tanque
					2	F.O	Horizontal	15	
					Auxiliar	En Operación	Horizontal	15	
6	AP17	La Cima	2	30	1	En Operación	Horizontal	15	Recibe del pozo profundo p. lozano y envía al tanque elevado
					2	En Operación	Horizontal	15	
7	AP18	La Joya	3	80	1	En Operación	Horizontal	30	Llega el agua de la planta Benito Juárez y de ahí se sube al tanque
					2	F.O	Horizontal	30	
					Auxiliar	En Operación	Horizontal	20	
8	AP19	Las Haciendas	0	-----	-----	-----	-----	-----	
9	AP20	Loma Blanca	2	30	1	En Operación	Horizontal	15	Llega el agua de la planta Benito Juárez, y bombea hacia tanque metálico
					2	En Operación	Horizontal	15	
10	AP22	Jarachina (GEO)	No hay equipos	-----	-----	-----	-----	-----	Recibe de Reb. Jarachina y envía a red. No opera
11	AP23	Nvo. Reynosa	No hay equipos	-----	-----	-----	-----	-----	Recibe de P.P. Benito Juárez y envía a red. No opera
12	AP24	Puente Nuevo	No hay equipos	-----	-----	-----	-----	-----	Recibe de la P. P. B. J. y envía a red. Fuera de operación
13	AP25	Puerta Del Sol I	-----	-----	-----	-----	-----	-----	Recibe de Rebombeo Jarachina y envía al tanque
14	AP26	Puerta Del Sol II	2	30	1	En Operación	Horizontal	15	Recibe de rebombeo Jarachina y bombea al tanque
					2	En Operación	Horizontal	15	

No.	ID	Nombre	Cantidad de equipos de bombeo	Potencia total (hp)	No. de equipos	Status	Tipo de equipo de bombeo	Potencia (hp)	Conduce a
15	AP28	Riberas Del Carmen	2	80	1	En Operación	Horizontal	40	Recibe de la Planta Benito Juárez y va hacia el tanque
					2	En Operación	Horizontal	40	
16	AP29	Rincón de Valle	2	6	1	En Operación	Horizontal	3	Le llega agua de Pastor Lozano y de ahí a la red
					2	F.O	Horizontal	3	
17	AP30	San José	3	45	1	En Operación	Vertical	15	Recibe P.P. Pastor lozano y envía al tanque
					2	En Operación	Vertical	15	
					3	F.O	Vertical	15	
18	AP31	San Pedro	2	20	1	F.O	Vertical	10	Recibe de la P.P. Pastor lozano y bombea al tanque
					2	F.O	Vertical	10	
19	AP32-1	Villa Florida Cisterna 1	6	240	1	En Operación	Horizontal	50	Recibe de Reb. Jarachina y envía a tanque metálico
					2	En Operación	Horizontal	50	
					3	En Operación	Horizontal	50	
					4	F.O	Horizontal	30	
					5	En Operación	Horizontal	30	
					6	En Operación	Horizontal	30	
20	AP33	Villas Del Palmar	2	30	1	En Operación	Sumergible	15	De Planta Benito Juárez y va hacia tanque elevado
					2	En Operación	Sumergible	15	
21	AP32-2	Villa Florida 2	----	----	----	----	----	----	Recibe el agua de Jarachina Reb. Y envía a tanque elevado
22	AP35	Vista Hermosa	3	90	1	En Operación	Horizontal	30	Recibe del rebombeo Jarachinas y va hacia el tanque elevado
					2	En Operación	Horizontal	30	
					3	En Operación	Horizontal	30	
23	AP37	Buganvilias 1	2	60	1	En Operación	Sumergible	20	Recibe de Jarachinas y Granjas y manda al tanque elevado
					2	En Operación	Sumergible	40	
24	AP39	San Valentín 1	2	80	1	En Operación	Horizontal	40	Recibe del rebombeo Nuevo México y manda al tanque elevado
					2	En Operación	Horizontal	40	
25	AP41	Los Fresnos I	2	80	1	En Operación	Horizontal	40	Recibe de Reb. Granjas y envía a la red
					2	Mantenimiento	Horizontal	40	
26	AP46	Loma Real	2	80	1	En Operación	Horizontal	40	Recibe del rebombeo Granjas y sube al tanque elevado
					2	En Operación	Horizontal	40	
27	AP49	Villa Diamante	3	120	1	F.O	Sumergible	40	De Planta Benito Juárez y va hacia tanque
					2	F.O	Sumergible	40	
					Auxiliar	En Operación	Hor. Autoceb.	40	
28	AP50	Fracc. Los Almendros	2	80	1	En Operación	Horizontal	40	Recibe del pozo y de Planta Benito Juárez y va hacia tanque
					2	En Operación	Horizontal	40	
29	AP51	Puerta Sur	2	80	1	En Operación	Horizontal	40	Recibe del rebombeo Nuevo México y va hacia tanque
					2	En Operación	Horizontal	40	
30	AP52	Sector B y C	2	80	1	En Operación	Horizontal	40	Le manda agua al sector B y

No.	ID	Nombre	Cantidad de equipos de bombeo	Potencia total (hp)	No. de equipos	Status	Tipo de equipo de bombeo	Potencia (hp)	Conduce a
		Cisterna 3 Villa Florida			2	En Operación	Horizontal	40	C, recibe agua de Jarachinas y la sube al tanque elevado
31	AP53	Hda. Buganvilias 2	3	120	1	En Operación	Sumergible	40	Recibe agua del pozo y del rebombeo Jarachinas y Granjas y sube al tanque elevado
					2	F.O	Sumergible	40	
					Auxiliar	En Operación	Sumergible	40	
32	AP54	Amp. Hda. Buganvilias	No hay equipos	-----	-----	-----	-----	-----	Recibe agua del pozo y del rebombeo Jarachinas y Granjas y sube al tanque elevado
33	AP55-1	Paseo De Las Flores Norte	2	40	1	Mantenimiento	Centrifuga	20	Recibe agua de la P.P. Benito Juárez y de los 2 pozos profundos y envía al tanque elevado
					2	En Operación	Centrifuga	20	
34	AP55-2	Paseo De Las Flores Sur	3	90	1	En Operación	Centrifuga	20	Recibe el agua de la P.P. Benito Juárez y del os 2 pozos profundos y envía al tanque elevado
					2	En Operación	Centrifuga	20	
					1 pozo	En Operación	Sumer-Pozo	50	
35	AP56	Rincón De las Flores	2	40	1	En Operación	Centrifuga	20	Le llega agua del pozo Rincón de las Flores y también le llega muy poco de la Planta Benito Juárez
					2	Mantenimiento	Centrifuga	20	
36	AP57	Loma Bonita	3	55	1	En Operación	Centrifuga	20	Le llega el agua del rebombeo Granjas y del pozo Loma Bonita
					2	En Operación	Centrifuga	20	
					3	En Operación	Sumer-Pozo	15	
37	AP58	Balcones de San José	2	40	1	En Operación	Centrifuga	20	Recibe agua de la Planta Benito Juárez y de un pozo profundo del rebombeo Purificación y va hacia el tanque
					2	En Operación	Centrifuga	20	
38	AP59	Paseo del Prado	2	40	1	En Operación	Centrifuga	20	Le llega agua de la Planta Pastor Lozano y envía al tanque elevado
					2	Mantenimiento	Centrifuga	20	
39	AP60	Nuevo México Sec. IV	2	30	1	En Operación	Centrifuga	15	Recibe agua del rebombeo Nuevo México y Granjas y va hacia el tanque
					2	En Operación	Centrifuga	15	
40	AP62	Pirámides	4	100	1	En Operación	Centrifuga	25	Se alimenta del pozo profundo y Bombean a la red directo
					2	En Operación	Centrifuga	25	
					3	En Operación	Centrifuga	25	
					4	En Operación	Centrifuga	25	
41	AP63	Las Palmas	----	----	----	----	----	----	Le llega el agua de la planta Benito Juárez y va hacia el tanque elevado
42	AP65	Valle Soleado	----	----	----	----	----	----	Recibe el agua del pozo Valle Soleado y de ahí se envía al tanque elevado
43	AP66	Zimatlan	4	400	1	En Operación	Centrifuga	100	Recibe el agua de la Planta Benito Juárez y rebombea a la red
					2	En Operación	Centrifuga	100	
					3	En Operación	Centrifuga	100	

No.	ID	Nombre	Cantidad de equipos de bombeo	Potencia total (hp)	No. de equipos	Status	Tipo de equipo de bombeo	Potencia (hp)	Conduce a
					4	En Operación	Centrifuga	100	
44	AP67	Unidad y Esfuerzo	3	22.5	1	En Operación	Centrifuga	7.5	Del rebombeo Granjas, está en proceso de recibir la instalación AP67 Unidad y Esfuerzo por la COMAPA. Bombea a la red
					2	En Operación	Centrifuga	7.5	
					3	En Operación	Centrifuga	7.5	
45	AP70	Ventura	2	40	1	En Operación	Centrifuga	20	Le llega de Granjas y de ahí va a la red
					2	En Operación	Centrifuga	20	
46	AP71	Misión Santa Fé	----	----	----	----	----	----	Se alimenta del pozo y envía a tanque elevado
47	SC1	Villa Las Fuentes	----	----	----	----	----	----	Envía a tanque elevado. Recibe de P.P. Pastor lozano. En proceso de recibir la estructura por COMAPA, fue construido por los fraccionadores y los colonos la operan.
48	AP-1	Cisterna P.P. Juárez	5	1250	1	En Operación	Vertical	250	Recibe de P.P. Pastor lozano y bombea a la red
					2	En Operación	Vertical	250	
					3	En Operación	Vertical	250	
					4	F.O	Vertical	250	
					5	En Operación	Vertical	250	
49	AP-3	Los Arcos	No hay equipos	-----	-----	-----	-----	-----	En proceso de recepción. Recibe de Reb. Granjas y bombeo a la red
50	AP-4	Los Pinos	----	----	----	----	----	----	Recibe de Reb. Granjas y bombea a la red
51	AP-7	P.P Rancho Grande (2 Estaciones de Bombeo)	3	90	1	En Operación	Horizontal	30	Envía a la red de distribución de las colonias Hacienda, Actrices Mexicanas y parte del Sector Rancho Grande Sur
					2	En Operación	Horizontal	30	
					3	Mantenimiento	Horizontal	30	
			2	42	4	En Operación	Horizontal	21	
					5	En Operación	Horizontal	21	
52	AP61	Ramón Pérez 3	No hay equipos	-----	-----	-----	-----	-----	
53	AP43	Cisterna P.P. Cavazos	2	30	1	En Operación	Horizontal-Cent	15	Manda a los cuatro sectores de abastecimiento que cubre
					2	Mantenimiento	Horizontal	15	

Como puede observarse en la tabla anterior, se cuenta con 53 cisternas que tienen instalados 114 equipos de bombeo con una capacidad total de 3,945 hp. En las siguientes tablas se presenta un resumen de los equipos de acuerdo a su estatus de operación, con la observación que de 15 equipos no se contó con la información de la potencia y el tipo de bomba instalada.

Tabla 95. Resumen de equipos de bombeo por status de operación en la Plantas

Condición	Cantidad	h.p
Operación	78	3,242
F.O.	13	533
Mantenimiento	8	170
Sin información	15	0
Suma	**114**	**3,945**

Como se observa en la tabla anterior existen algunas cisternas donde sus equipos están fuera de operación o estos han sido retirados por el vandalismo que se presenta en algunas zonas de la ciudad, situación que ha complicado la operación de algunas cisternas, al grado de tenerlas abandonadas.

Para mayor detalle de la información de la estaciones de bombeo y cisternas consultar el anexo 6 y 8.

En resumen se cuenta con 16 estaciones de bombeo y 53 cisternas con las cuales se ingresa el agua cruda a las plantas potabilizadoras; se trasvasa agua de canales; se bombea de las potabilizadoras a la red y estructuras de almacenamiento y se rebombea de los pozos y la red a los tanques elevados, con la finalidad de abastecer de agua potable a todos los usuarios del servicio que atiende la COMAPA.

Regulación y almacenamiento

Para regular la demanda de agua, la COMAPA cuenta con **47 tanques** con una capacidad total de **19,090 m³**, de los cuales **29** se encuentran en operación con una capacidad de almacenamiento de **5,548 m³** y 18 no se encuentran en operación con una capacidad de almacenamiento de **13,542 m³**.

Es importante señalar que la regulación tiene como objeto lograr la transformación de un régimen de suministro (de la conducción) que normalmente es constante, en un régimen de consumo o demanda (de la red de distribución) que siempre es variable, de acuerdo a los usos y costumbres de las localidades. Los tanques de regulación deben proporcionar un servicio eficiente bajo normas estrictas de seguridad y sanitarias como lo es la NOM-230-SSA1-2002.

En la siguiente tablas y figuras se presenta la información de la localización de los tanques de regulación, con sus coordenadas basadas en la proyección cartográfica Universal Tranversal de Mercator (UTM) y la elevación obtenida de la información LIDAR tipo terreno, así como información de algunos aspectos constructivos de dichos tanques.

Tabla 96. Tanque de regulación de la COMAPA

No.	ID	Nombre	Coordenadas UTM			Sector	Status	Tipo	Material	Capacidad (m^3)
			X	Y	Z					
1	AP11	Balcones de Alcalá I	573379.78467	2876756.50890	45.45	JO	F.O.	Elevado	Concreto	300
2	AP12	Balcones de Alcalá II	574937.70388	2876645.16535	44.00	JO	Operando	Elevado	Metálico	200
3	AP13	Balcones de Alcalá III	574070.68989	2876676.56277	45.19	JO	Operando	Elevado	Metálico	200
4	AP14	El Mezquite	577341.24117	2879710.12907	40.02	O	F.O.	Elevado	Concreto	50
5	AP16	Hacienda Las Fuentes	566120.14847	2885109.07589	43.84	RG	Operando	Elevado	Metálico	250
6	AP17	La Cima	565263.38251	2883822.22405	65.48	G	F.O.	Elevado	Concreto	210
7	AP18	La Joya	575629.18018	2877068.74147	42.84	JO	Operando	Elevado	Metálico	350

No.	ID	Nombre	Coordenadas UTM			Sector	Status	Tipo	Material	Capacidad (m^3)
			X	Y	Z					
8	AP19	Las Haciendas	566491.19797	2888327.51655	41.87	RG	F.O.	----	----	----
9	AP20	Loma Blanca	576758.01782	2880154.31985	40.50	O	operando	Elevado	Metálico	100
10	AP20	Loma Blanca Industrial	576861.2615	2880099.317	40.62	O	Operando	Superficial	Metálico	----
11	AP22	Jarachina (GEO)	565268.01815	2881656.72746	63.67	G	F.O.	Elevado	Concreto	2,100
12	AP24	Puente Nuevo	579102.70499	2880016.81585	32.61	O	F.O.	Elevado	Concreto	43
13	AP25	Puerta Del Sol I	566162.5955	2879682.862	56.67	G	F.O.	Elevado	Metálico	200
14	AP26	Puerta Del Sol II	565509.7044	2879781.163	62.18	G	Operando	Elevado	Metálico	200
15	AP28	Riberas Del Carmen	576201.2965	2875582.773	39.89	JO	Operando	Elevado	Concreto	300
16	AP-3	Los Cavazos	565248.7036	2891916.302	49.63	RG	F.O.	----	----	----
17	AP30	San José	565975.0962	2883070.611	65.67	G	F.O.	Elevado	Concreto	46
18	AP31	San Pedro	567866.2838	2880116.461	42.06	JP	F.O.	Elevado	Concreto	43
19	AP32-1	Villa Florida	561621.5564	2883439.713	77.82	G	F.O.	Superficial	Metálico	350
20	AP32-2	Villa Florida 2	561596.2506	2883385.448	76.67	G	Operando	Elevado	Concreto	350
21	AP33	Villas Del Palmar	577567.3551	2878842.356	38.85	O	Operando	Elevado	Concreto	28
22	AP34	Villas del Roble	561294.7383	2882765.469	81.40	G	Operando	Superficial	PEAD	30
23	AP35	Vista Hermosa	563922.7918	2884157.14	64.49	G	Operando	Elevado	Concreto	350
24	AP37	Bugambilias Tanque 1	560576.5688	2880051.699	72.40	G	Operando	Elevado	Concreto	250
25	AP39	San Valentín 1	559039.7558	2879457.368	85.19	G	Operando	Elevado	Metálico	350
26	AP-4	Los Pinos	558977.0249	2882757.717	80.19	G	Operando	Elevado	Metálico	----
27	AP42	Los Fresnos II	558392.1467	2882259.819	91.12	G	F.O.	Superficial	Concreto	200
28	AP46	Loma Real	558976.3997	2881730.845	83.82	G	Operando	Elevado	Metálico	350
29	AP49	Villa Diamante	575868.3796	2877663.928	42.31	JO	Operando	Elevado	Concreto	300
30	AP-5	Tanque de Usos Múltiples	569963.1805	2884314.576	46.39	P	Operando	Superficial	Concreto	----
31	AP50	Fracc. Los Almendros	573153.0473	2875432.777	48.32	JO	Operando	Elevado	Metálico	350
32	AP51	Puerta Sur	561405.5486	2876670.541	74.05	G	F.O.	Elevado	Metálico	750
33	AP53	Hda. Buganvilias Tanque 2	560173.1372	2879475.493	71.88	G	Operando	Elevado	Concreto	400
34	AP54	Amp. Hda. Buganvilias	559942.0346	2879311.722	79.08	G	F.O.	Elevado	Concreto	250
35	AP55	Paseo De Las Flores	572857.4087	2875250.539	47.55	JO	Operando	Elevado	Metálico	250
36	AP56	Rincón De las Flores	570779.002	2874503.959	54.17	JO	Operando	Elevado	Metálico	250
37	AP57	Loma Bonita	560365.9547	2881296.93	82.28	G	Operando	Elevado	Metálico	250
38	AP58	Balcones de San José (Arecas)	570366.9076	2877969.176	55.85	JP	Operando	Elevado	Metálico	200
39	AP59	Paseo del Prado	566742.54	2880803.605	43.19	JP	Operando	Elevado	Metálico	----
40	AP-6	Tanque Elevado P.P. Juárez	574532.8231	2878577.208	44.48	JO	F.O.	Elevado	Metálico	4000
41	AP60	Nuevo México Sec. IV	560337.9837	2876465.951	78.38	G	Operando	Elevado	Metálico	200
42	AP63	Las Palmas	576740.3804	2876140.079	42.49	JO	Operando	Elevado	Metálico	----
43	AP65	Valle Soleado	573276.7518	2872604.665	49.97	JO	Operando	Elevado	Metálico	----
44	AP-7	Tanque Elevado Pastor Lozano	570094.724	2884040.215	46.77	P	F.O.	Elevado	Metálico	4000

No.	ID	Nombre	Coordenadas UTM			Sector	Status	Tipo	Material	Capacidad (m^3)
			X	Y	Z					
45	AP-9	Vamos Tamaulipas	577879.9072	2874458.217	37.65	JO	F.O.	----	----	----
46	SC1	Villas Las Fuentes	567910.6379	2884248.985	43.71	P	Operando	Elevado	Concreto	40
47	AP47	Tanque Elevado Rancho Grande	567487.5839	2886291.077	50.07	RG	F.O.	Elevado	Metálico	1000

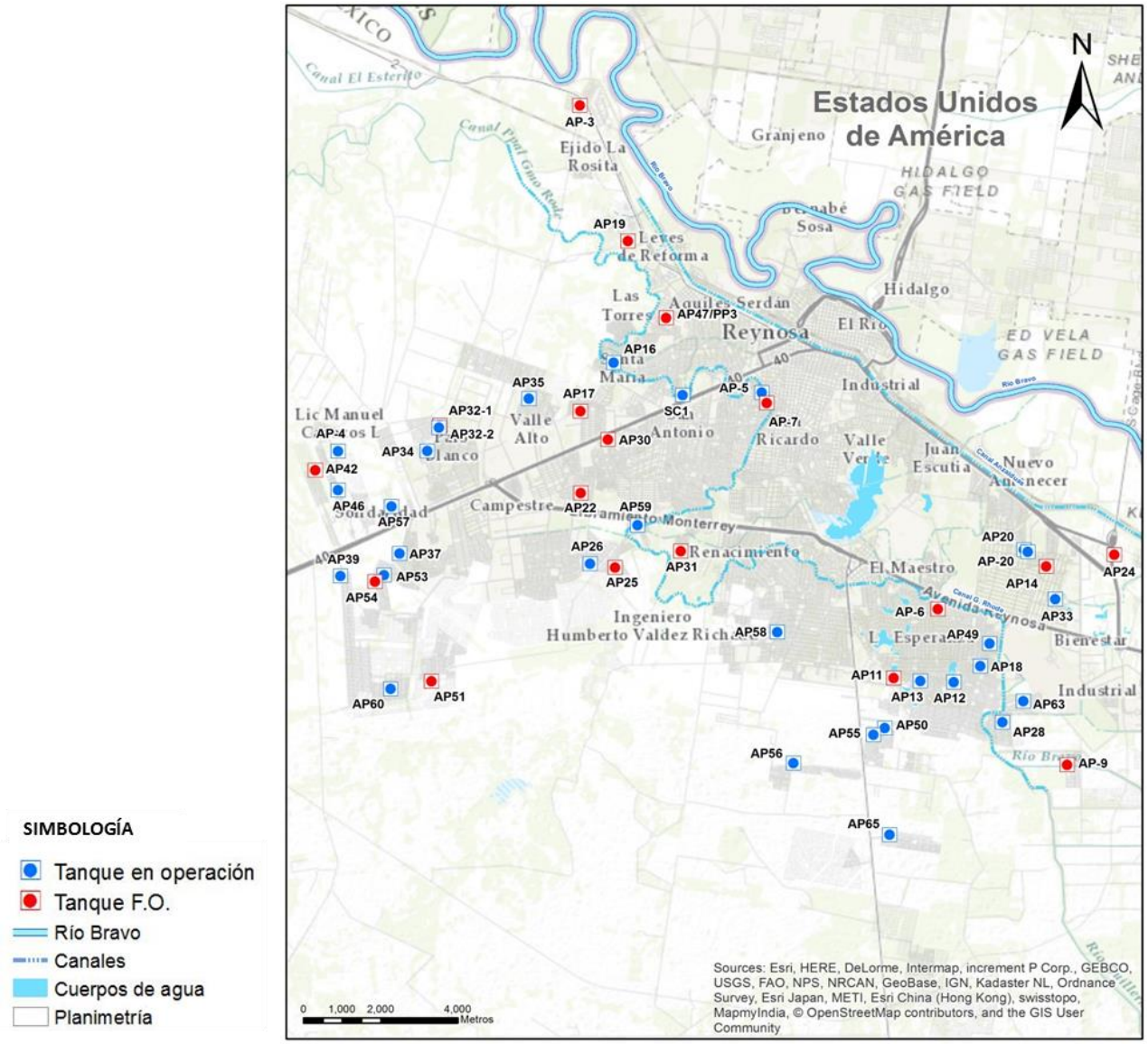


Figura 124. Localización de tanques de regulación

De la información proporcionada por la COMAPA se puede señalar que la cantidad de tanques que están en operación es superior a la cantidad de tanques que están fuera de operación, con la peculiaridad de que la capacidad de regulación en los tanques que están fuera de operación es superior a la que se tiene en los tanques que están en operación, lo cual significa que existen muchos tanques dispersos en la ciudad de

muy restringida capacidad de regulación, que probablemente se utilicen más para dar carga constante a la distribución del agua que para regular el consumo de agua del sector que abastecen.

Tabla 97. Capacidades de tanque en operación y fuera de operación

Condición	Cantidad	Cap. (m3)
Operación	29	5,548
Fuera de operación	18	13,542
Suma	**47**	**19,090**

También se puede señalar a partir de la información de la COMAPA, que se cuenta con 5 tanques superficiales y 39 elevados, de estos últimos 26 están operando con una capacidad de regulación de 5,518 m³ y 13 están fuera de operación con una capacidad desaprovechada de 12,992 m³, lo que significa, que del total de tanques en operación la gran mayoría son elevados con capacidades de regulación muy bajas entre los 40 a 350 m³, ratificándose lo que se había señalado, que los tanques en operación son utilizados más para asegurar una carga constante que para regular la demanda de agua de la zona que abastecen, o si son de regulación pero local, es decir para un solo fraccionamiento, ejido o colonia.

Tabla 98. Capacidad de tanques por tipo

Tipo	Cant. Total	Cap. Total	Cant. Op	Cap. Op	Cant. F.O.	Cap. F.O.
Elevado	39	18,510	26	5,518	13	12,992
Superficial	5	580	3	30	2	550
Sin Información	3	0	0	0	0	0
Suma	**47**	**19,090**	**29**	**5,548**	**15**	**13,542**



Figura 125. Tanques de regulación

Por otro lado, es importante mencionar que existe otras estructuras de almacenamiento que pudiera estar funcionando como de regulación, las cuales pertenecen a las instalaciones de las plantas de bombeo y las cisternas, tal y como se muestra en la siguiente tabla

Tabla 99. Capacidad de almacenamiento

Estructura	Cap (m^3)
Tanques (OP)	5,548
Plantas de Bombeo (OP)	57,354
Cisternas (OP)	49,987
Total	**112,889**

Dentro de estos tanques de las plantas de bombeo están en primer lugar los 3 tanques de agua clara de la planta potabilizadora Pastor Lozano, que suman en conjunto una capacidad de 36,400 m³, pero de los cuales el más grande (30 ,000 m³) tiene algunas fallas estructurales en la parte superior y en la losa de techo que no permite utilizar más del 60% de su capacidad, que corresponde a un tirante de aproximadamente 2.7 m de altura, adicionalmente se tienen otros tanques como son los 3 de la estación de bombeo Jarachinas con una capacidad de almacenamiento de 4,750 m³, y los otros 2 de la estación de bombeo Granjas con una capacidad de almacenamiento de 5,450 m³, los cuales en ambos casos son superficiales y semienterrados que deben estar regulando parte de la demanda de las zonas a donde bombean.

En cuanto a las estructuras de almacenamiento de las cisternas, dentro de estas se encuentra en primer lugar el tanque de agua clara de la planta potabilizadora Benito Juárez con una capacidad de 15,000 m³, el cual también presenta algunas fallas estructurales que han generado considerables pérdidas de agua por filtraciones; la cisterna superficial de la planta potabilizadora Rancho Grande con una capacidad de 2,500 m³ y número importante de estructuras de almacenamiento semienterradas y superficiales de 1,000 a 4,000 m³ de capacidad.

Por lo anterior, es difícil establecer con precisión cual es la capacidad de regulación con la que cuenta la COMAPA, ya que como se ha mencionado solo tienen 29 tanques en operación con una capacidad de regulación de 5,548 m³, así como algunos tanques en las plantas de bombeo con volumen útil de 38,154 m³ y algunas cisternas superficiales en operación que suman un volumen de 27,435 m³, que dan en conjunto un volumen de regulación probable de 71,137 **m³**

Tabla 100. Volumen de regulación en estructuras

Estructura	Capacidad (m^3)	Cap. útil (m^3)
Tanques (OP)	5,548	5,548
Plantas de Bombeo (OP)	57,354	38,154
Cisternas (OP-SUP)	49,987	27,435
Total	**112,889**	**71,137**

Con la finalidad de evaluar si la capacidad de regulación de los tanques con los que cuenta la COMAPA es suficiente para cubrir los requerimientos de regularización actuales, se llevó a cabo un análisis global, considerando todos los factores que intervienen en la determinación de la capacidad de regulación.

En este sentido, para llevar a cabo los cálculos correspondientes se utilizaron los resultados de los análisis efectuados para determinar el consumo per-cápita de los diferentes usuarios y el cálculo de la demanda de agua potable (ver apartado 2.2) ya que la capacidad de regularización depende de esta última. Los datos utilizados en este balance general, que se analizan y describen en otros apartados de este informe son los siguientes:

- Consumos per – cápita de cada tipo de usuario doméstico y no doméstico, obtenidos de los registros de facturación, corregidos por las pérdidas comerciales y aparentes.
- Índice de toma, factor de ajuste para asociar el número de habitantes actuales con servicio y el número de cuentas domésticas del padrón de usuarios de la COMAPA.
- Porcentaje de fugas en el sistema de distribución de Reynosa, Tamps., obtenido a partir de los volúmenes de agua suministrados por las fuentes de captación “corregidos” menos los volúmenes consumidos totales (autorizados y no autorizados) y las pérdidas aparentes (comerciales y clandestinaje).

El procedimiento para calcular la demanda de agua potable se describe detalladamente en el apartado 2.2 de este informe, por lo que en este apartado sólo señalaremos que la demanda se calculó en **3,084.1 L/s** con una dotación promedio ponderada incluyendo todos los usos de 410 l/hab/día y un consumo per-cápita incluyendo todos los usos de 240 l/hab/día, que representa una demanda diaria de 266,472 **m^3 de agua al día.**

La capacidad de regulación se calcula de acuerdo a lo establecido por la CONAGUA en sus MAPAS, siguiendo el procedimiento que a continuación se describe:

- ✓ Definición de un comportamiento típico de la ley de demandas horaria para una ciudad como Reynosa, Tamps., (mayor de 50,000 habitantes) a partir de las recomendaciones de la CONAGUA en sus MAPAS.

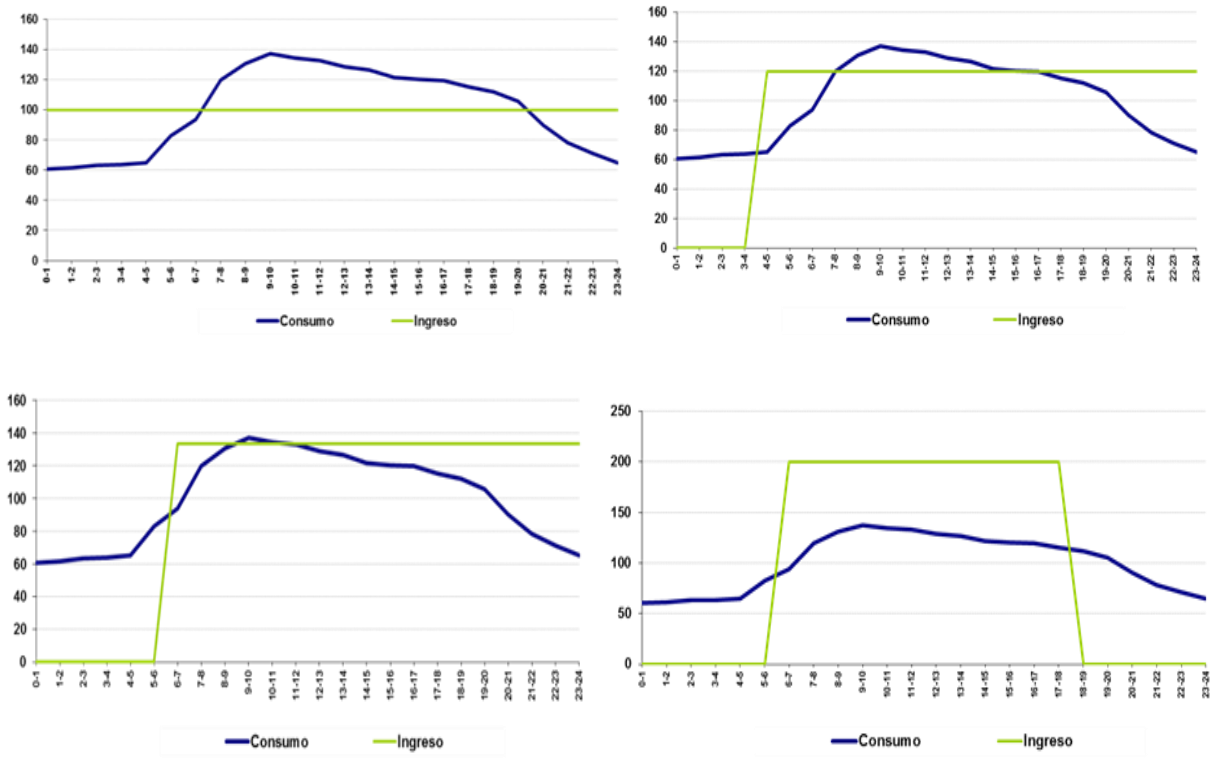


Figura 126. Comportamientos típicos de la demanda para suministros de 24, 20, 18 y 12 horas

- ✓ Determinación del coeficiente y del volumen de regulación requerido para diferentes condiciones de operación de las fuentes de abastecimiento, es decir, para diferentes periodos de suministro de agua de las fuentes de captación (24, 20, 18, 15, 12 y 10 horas).

- ✓ Balance de las capacidades de regulación actuales y requeridas (2014) para estos seis esquemas de suministro de agua de las captaciones a los tanques.

En la siguiente tabla y figura se muestran los resultados obtenidos en dicho proceso de cálculo aplicado al total de la ciudad de Reynosa para obtener un dato global del sistema que opera la COMAPA y en el Anexo 6 se encuentra el cálculo de la capacidad de regulación requerida de manera global para cada escenario de suministro, así como el balance entre lo requerido y lo instalado actualmente.

Es importante señalar que la capacidad actual de regulación se consideró como la suma de las capacidades de los tanques de regulación en operación más la capacidad útil de los tanques de las estaciones de bombeo más la capacidad de las cisternas superficiales en operación (71,137 m^3), no considerando para el balance tanto los tanques que esta fuera de operación como el volumen no utilizado por fallas estructurales y las cisternas enterradas.

Tabla 101. Capacidad de regulación Global (condición actual) 2014

Horas de Bombeo	Caudal a Bombear Qmed (L/s)	Vol. Demandado (m^3/día)	Capacidad de Regularización Requerida (m^3)	Capacidad Actual de Regularización (m^3)
24	3,084.17	266,472	47,332	47,500
20	3,701.01	266,472	38,736	39,000
18	4,112.23	266,472	61,633	62,000
15	4,934.68	266,472	95,069	95,000
12	6,168.34	266,472	142,914	143,000
10	7,402.01	266,472	179,396	180,000

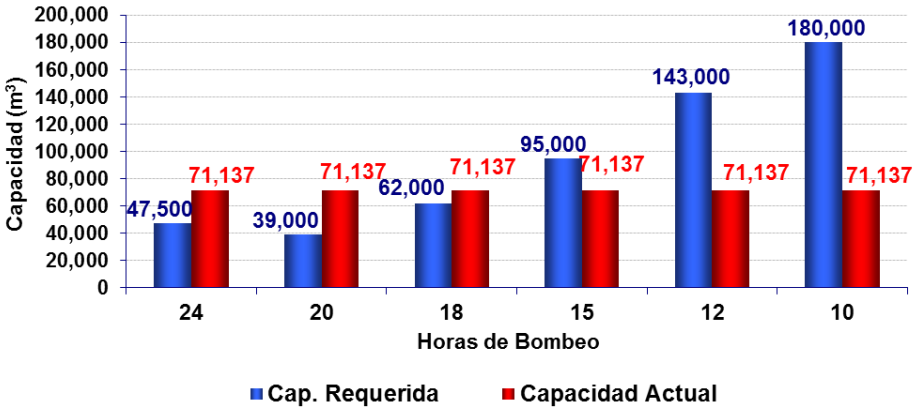


Figura 127. Requerimientos de Regulación vs Capacidad Actual, sector Global (condición actual)

Como puede observarse en la tabla y figura anterior, al considerar una condición de suministro de agua de 24 horas al día (situación actual), tanto de las potabilizadoras como de los pozos hacia los tanques y rebombeos, el resultado indica que se tiene de forma global un superávit de regulación de 23,637 m^3 de capacidad, sin embargo, por lo que se ha señalado en párrafos anteriores pudiera existir un déficit de regulación de hasta 41,952 m^3, si las estructuras de almacenamiento que se encuentran en las plantas de bombeo y en las cisternas no estén regulando la demanda horaria de la población por la manera de operar que tienen.

Para mayor detalle de información de tanques y su capacidad de regulación consultar los anexos 6 y 8.

En resumen la COMAPA cuenta con un sistema de abastecimiento a la ciudad de Reynosa, donde los tanques que se han construido no funcionan en su totalidad, como tampoco cumplen con su función de regular la demanda de agua horaria de la p oblación, existiendo un déficit de volumen de regulación, el cual pudiera modificarse si se considera los volúmenes de las estructuras de almacenamiento de las plantas de bombeo y cisternas como volumen aprovechables para la regulación de la demanda, condición nada fácil de establecer por la complejidad del sistema de abastecimiento de Reynosa, por lo que se recomienda la construcción de nuevos tanque o macrotanques ubicados estratégicamente que regulen la demanda horaria y que los depósitos existentes sirvan como reserva en caso de alguna contingencia en el servicio.

Redes de distribución

En primer lugar se plantea en este apartado el tema de la cobertura de agua potable en la ciudad de Reynosa.

La definición y determinación de la cobertura de agua potable en el Centro de Población de la Ciudad de Reynosa se basó en los resultados definitivos del XII Censo de Población y Vivienda del INEGI 2010, publicados en marzo del 2011.

Por lo anterior, es importante referir en este documento las claves con sus respectivas descripciones de los indicadores involucrados en la determinación de la cobertura de agua potable, según el INEGI.

VIVPAR_HAB.- Viviendas particulares habitadas de cualquier clase: casa independiente, departamento en edificio, vivienda o cuarto en vecindad, vivienda o cuarto en azotea, local no construido para habitación, vivienda móvil, refugios o clase no especificada. Excluye a las viviendas particulares sin información de ocupantes.

PROM_OCUP.- Promedio de ocupantes en viviendas particulares habitadas, que resulta de dividir el número de personas que residen en viviendas particulares habitadas, entre el número de esas viviendas.

VPH_AGUADV.- Viviendas particulares habitadas que disponen de agua entubada dentro de la vivienda o fuera de la vivienda pero dentro del terreno.

VPH_AGUAFV.- Viviendas particulares habitadas que tienen disponibilidad de agua de una llave pública o hidrante, de otra vivienda, de pipa, de pozo, río, arroyo, lago u otro.

De acuerdo con los resultados del XII Censo de Población y Vivienda INEGI 2010, el municipio de Reynosa, tiene una población de 608,891 habitantes, los cuales habitan en 153,086 viviendas con un índice de hacinamiento de 3.98 hab./vivienda. Por otra parte, el área de estudio que comprende la ciudad de Reynosa, tiene una población de **589,462 habitantes**, que habitan **148,125 viviendas**, con un índice de hacinamiento de **3.98 hab/vivienda**.

Tabla 102. Población y viviendas en la Ciudad de Reynosa, según datos oficiales del INEGI

No.	Ciudad de Reynosa	Viviendas Particulares Habitadas 2010	Población 2010
1	Reynosa	148,125	589,426
Total		**148,125**	**589,426**

Fuente: XII Censo de Población y Vivienda de INEGI 2010

Del mismo Censo se obtuvo que en el Centro de Población de la Ciudad de Reynosa la cobertura global de viviendas con agua entubada dentro del predio es del **97.77%,** tal y como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 103. Cobertura del servicio de agua potable según datos oficiales de INEGI

No	Localidad	Viviendas					Cobertura (%)	
		VIVPAR_HAB	VPH_AGUADV	VPH_AGUAFV	VPH_AGUADV + VPH_AGUAFV	Sin A.P.	Disp. Agua DV	Disp. Agua DV+FV
1	Reynosa	148,125	141,654	3,137	144,791	3,334	95.6%	97.7%
	Total	**148,125**	**141,654**	**3,137**	**144,791**	**3,334**	**95.6%**	**97.7%**

Fuente: XII Censo de Población y Vivienda de INEGI 2010

En la tabla anterior se observa que en la Ciudad de Reynosa la cobertura de las viviendas que disponen de agua por cualquier forma (hidrante, pipa, pozo, río, arroyo, lago o de los vecinos) incluyendo la red pública, es del **97.7%,** lo cual significa que existen 3,334 viviendas que no tienen acceso al agua potable por ningún medio.

En la siguiente figura se muestra la población de la Ciudad de Reynosa que cuenta con el servicio y la población que no tiene servicio de agua potable, la cobertura de agua potable es de **97.8%**

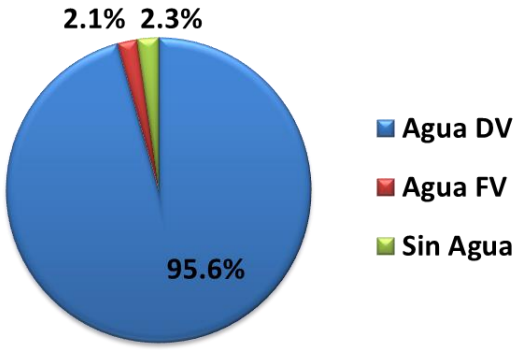


Figura 128. Cobertura del servicio de agua potable en la localidad de Reynosa, atendida por la COMAPA

Fuente: XII Censo de Población y Vivienda de INEGI 2010

En segundo lugar se presenta los resultados de la configuración de la red primaria que es operada por la COMAPA para prestar el servicio de agua potable a sus usuarios.

Actualmente se dispone de aproximadamente **515 km** de tuberías que conforman la red de distribución primaria de agua potable, con diámetros que van de 3” a 30”, en materiales de PVC, asbesto cemento. En las siguientes tablas y figuras se presenta la información de las tuberías de la red de distribución primaria por diámetro.

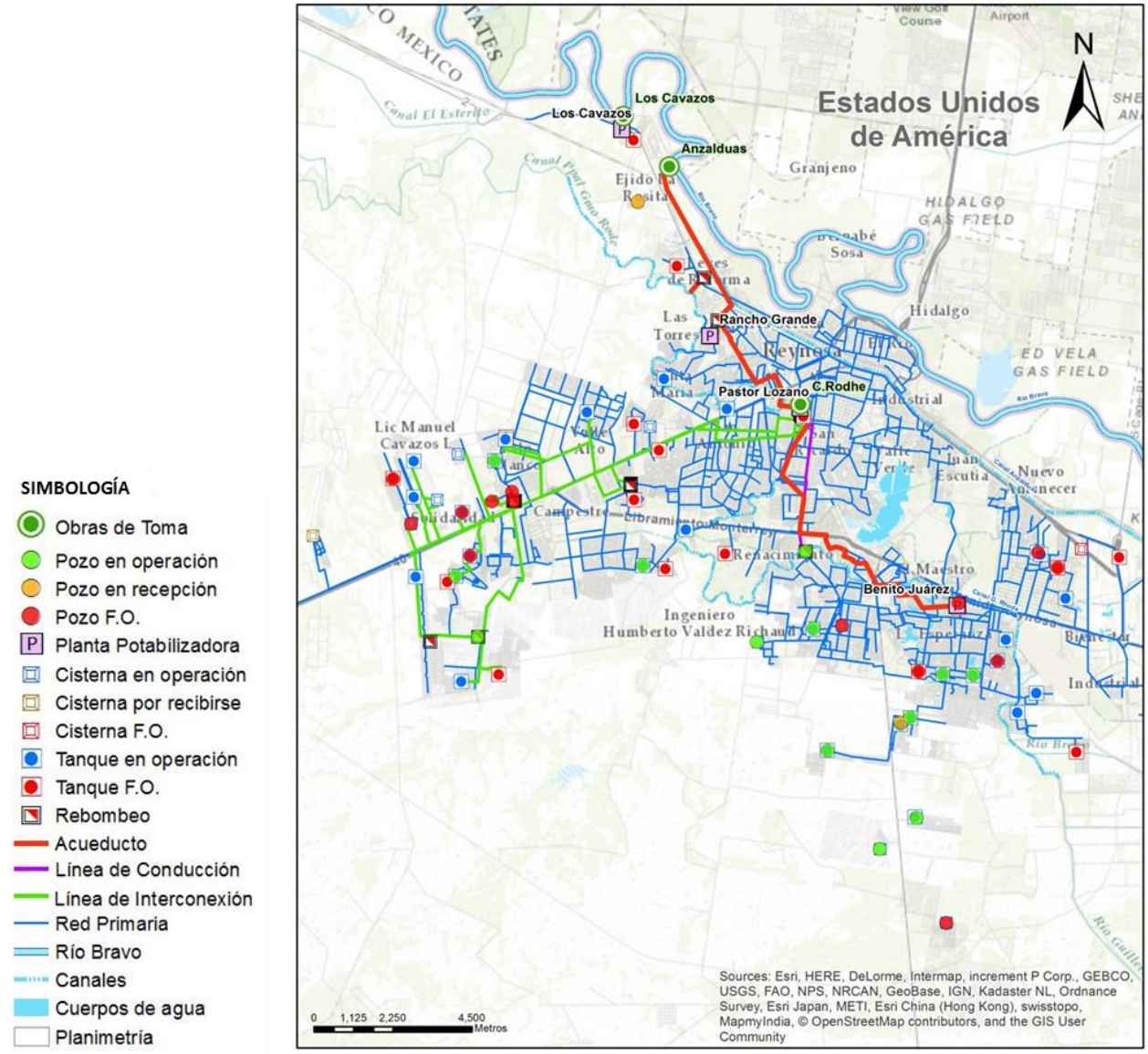


Figura 129. Red de distribución de agua potable primaria

Tabla 104. Red de distribución primaria por diámetros

Tipo de línea	3 a 4"	6 a 8"	10 a 12"	14 a 18"	20 a 30"	Total
Primaria	3.17	357.64	90.10	53.60	9.99	514.51
Suma	**0.6%**	**69.5%**	**17.5%**	**10.4%**	**1.9%**	**100.0%**

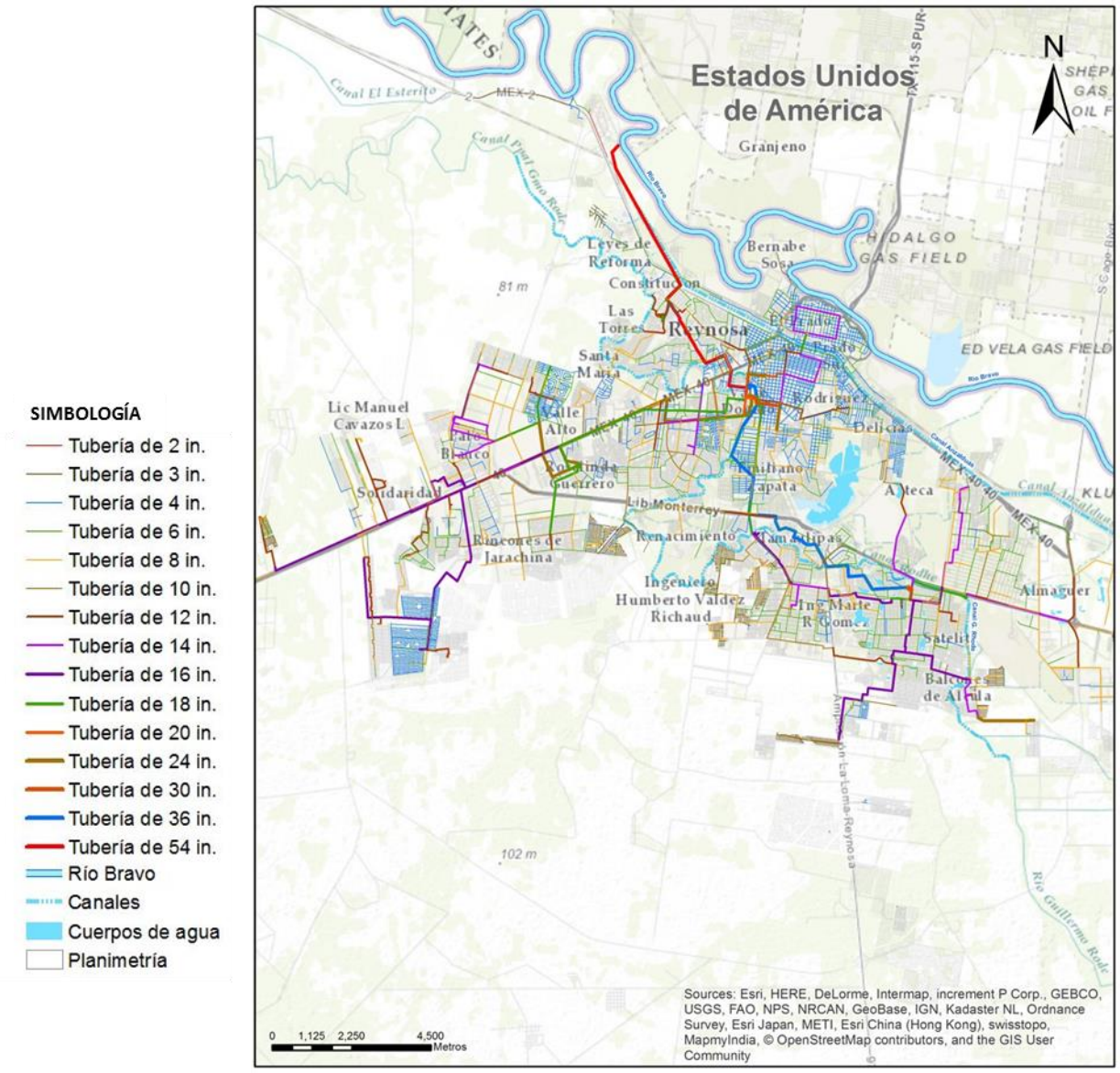


Figura 130. Diámetros de la red de distribución primaria

Como se observa en la tabla anterior, el 70% de la red primaria tiene diámetros de 6 a 8; el 18% de 10 a 12”; el 10% de 14 a 18% y solo el 2% de 20 a 30” de diámetro; así como en el plano se observa que toda la mancha urbana está cubierta con este tipo de infraestructura, que se ha ido construyendo para poder trasladar el agua de la planta potabilizadora Pastor Lozano hacia la parte Suroeste de la ciudad (Sector Granjas), Centro (Sector Centro) y Sur (Sector Juárez Poniente), y de la planta Benito Juárez hacia la parte Sureste (Sector Juárez Oriente) y Este (Sector Oriente) y distribuirla a todas las colonias.

Por lo anterior se puede señalar que la COMAPA no cuenta con infraestructura de diámetros adecuados para el manejo y distribución del agua, sin que esto signifique que la que existe no sea suficiente para el objetivo planteado, lo cual se establecerá en apartados posteriores de este informe, cuando se realice la revisión hidráulica de la infraestructura en condiciones actuales.

Por otro lado, la red de distribución primaria y secundaria que opera la COMAPA para entregarles el agua a los usuarios, en su mayoría es de PVC, lo que significa que no es muy antigua (dentro de su vida útil) o que se ha venido sustituyendo en los últimos años; seguida por tubería de asbesto cemento y muy poca de Acero y Fo. Fo. En la siguiente tabla y figura se presenta la información de la red de distribución primaria y secundaria clasificada por los materiales de las tuberías que la componen.

Es importante señalar que la cuantificación que se hizo de la red de distribución secundaria obedece a la información que la COMAPA proporcionó en planos (dwg.), dentro de la cual existen muchas zonas (planimetría) sin información de tuberías, como si no contaran con el servicio formal, lo cual es incorrecto puesto que existen evidencias que indican que son zonas que tienen servicio formal de agua potable, ya que están dadas de alta en el padrón de usuarios y por lo tanto están dentro del proceso de facturación y cobranza de la COMAPA, pero por alguna razón nunca se ha plasmado la información de los atributos de la infraestructura hidráulica de dichas zonas en los planos del catastro de la red, por lo que consideramos que la longitud de la red de distribución secundaria pudiera incrementarse del orden de un 150 a 170%, es decir, que en lugar de tener 420 Km de red secundaria cuantificados, existan del orden de 1,050 a 1,150 Km de tuberías de dicha red secundaria.

En la siguiente tabla y figuras se presenta la información de la longitud de la red primaria y secundaria contenida en los planos hidráulicos de la COMAPA.

Tabla 105. Red de distribución primaria por tipo de materiales

Tipo de tubería	Longitud (Km) de Material					Total Km
	A-C	Acero	Fo. Fo.	PAD	PVC	
Red Primaria	101.33	0.61	0.07	0.71	411.79	514.51
Red Secundaria	170.47	0.00	0.00	0.00	250.04	420.51
Suma	**271.80**	**0.61**	**0.07**	**0.71**	**661.83**	**935.02**
%	29.07%	0.07%	0.01%	0.08%	70.78%	100.00%

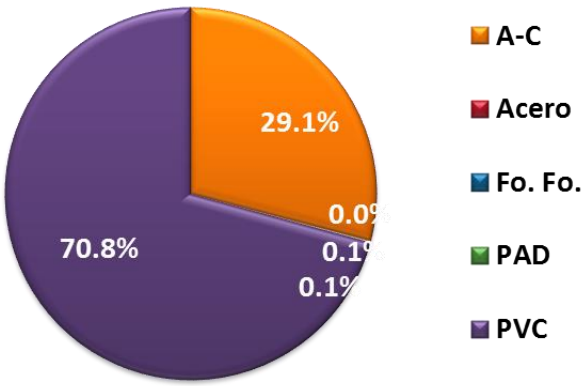


Figura 131. Composición de la red por materiales de las tuberías

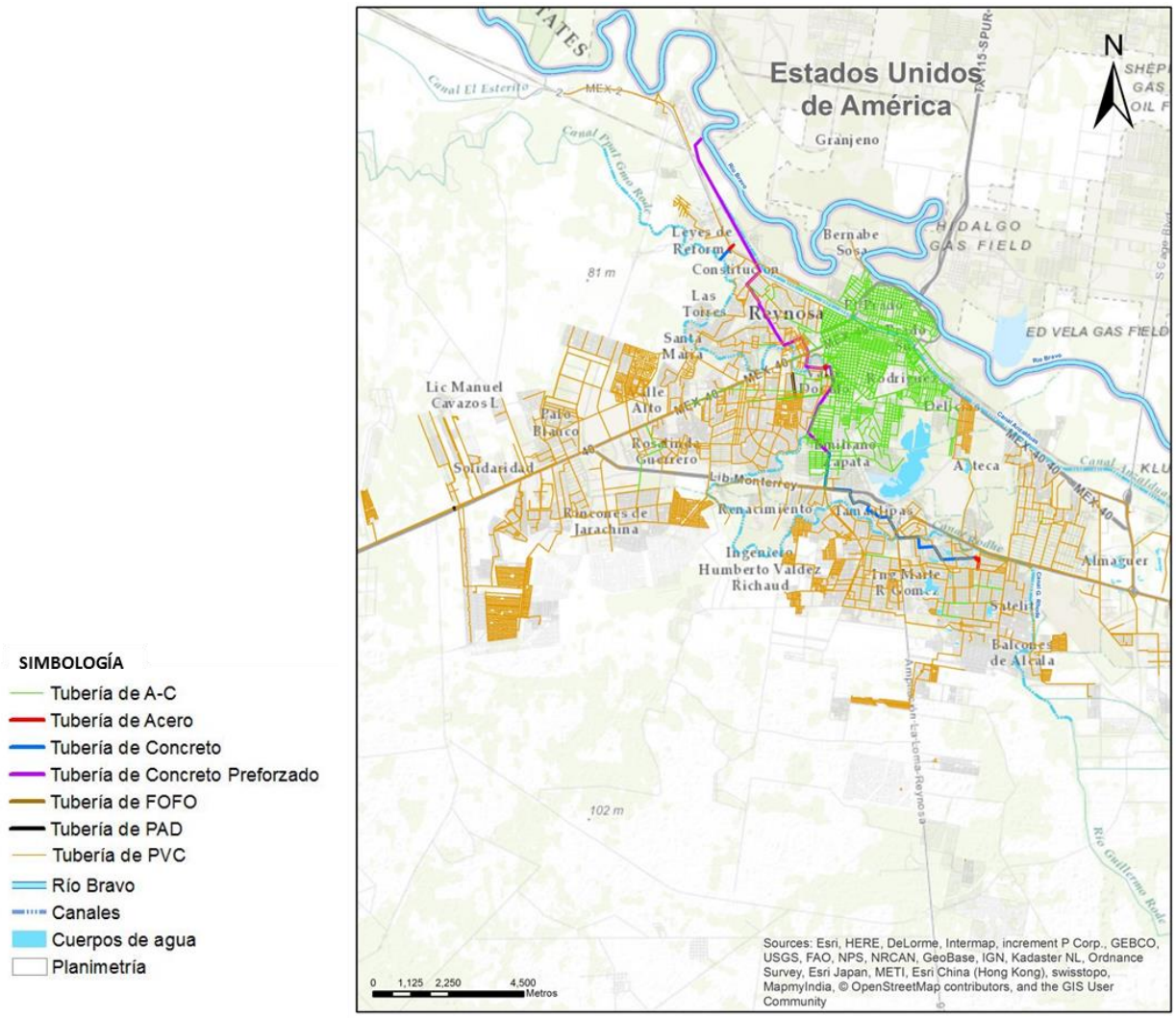


Figura 132. Materiales de la red de distribución primaria

De esta manera se tiene que la COMAPA no cuenta con un catastro de la infraestructura de agua potable con aceptable cobertura y confiabilidad, ya que el último levantamiento que se hizo de las cajas de válvulas está contenido en el Plan Maestro del 2002 y de ahí a la fecha no se ha actualizado, requiriéndose de ubicar cada caja y obtener la información correspondiente para integrarla a los planos y así tener toda la información del catastro, ya que se han seguido construyendo redes y no se ha actualizado el plano de catastro, por lo que se puede concluir que el catastro con el que se cuenta no está actualizado y este no puede ser un elemento muy confiable para la toma de decisiones en cuanto a sectorización y distribución del agua.

Como se ha señalado esta infraestructura es de PVC en su gran mayoría, lo cual significa que no es tan antigua, sin embargo, existe también una parte de la ciudad donde la red de distribución ha rebasado su vida útil, con antigüedades de más de 40 años, como es el caso del centro de la ciudad donde perduran las tuberías de A-C; llevando a cabo la COMAPA programas de instalación de infraestructura con tuberías de PVC.

En la siguiente figura se presenta un plano donde se indica por zonas la antigüedad de la infraestructura de distribución, de la cual se obtuvo información.

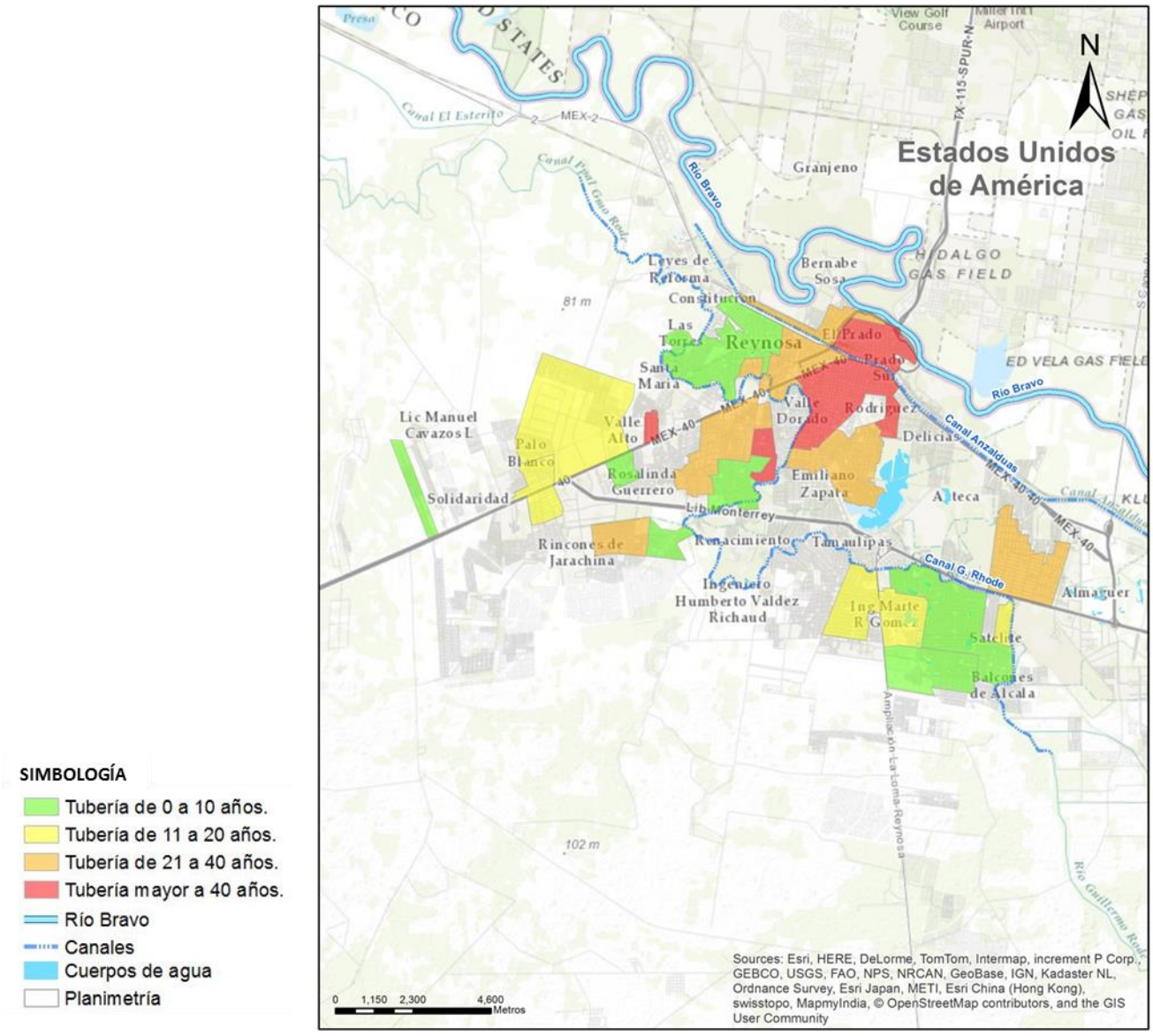


Figura 133. Antigüedad de la red de distribución primaria

Se puede señalar que las políticas de operación que tiene la COMAPA, están establecidas de acuerdo a los esquemas de abastecimiento establecidos, los cuales son muy variados, ya que hay zonas que se abastecen a partir de las plantas de bombeo localizadas en las plantas potabilizadoras; las que se abastecen a partir de los rebombeos que se proveen de las plantas de bombeo de las potabilizadoras; las que se abastecen de los tanques de regulación que a su vez son provistos de los rebombeos y por último las zonas que se abastecen a partir de la inyección directa de los pozos profundos.

Es por ello que la operación global del sistema de abastecimiento y distribución es complejo, sin considerar la serie de problemas a los que se enfrenta como los ya comentados en apartados anteriores que tienen que ver con la falta de equipos de bombeo tanto en las plantas como en los rebombeos y la existencia de

innumerables derivaciones sobre las líneas de conducción e interconexión, lo cual en conjunto provoca un suministro deficiente e inequitativo, ya que existen colonias que reciben un servicio continuo en condiciones de presión optimas, en contraste con algunas colonias que reciben un servicio tandeado en condiciones de bajas presiones, que les obliga a estos últimos a enterrar tanques para captar la poca agua que llega a nivel de piso.

Adicional a las complejas condiciones de operación y fallas en el sistema, existen otros factores en la red de Reynosa que intervienen para complicar aún más la prestación del servicio de forma equitativa y eficiente, los cuales son:

1. La existen en la red de distribución de válvulas en condiciones de inoperatividad, las cuales por muchos años no se han movido (abierto y cerrado) y por lo tanto su mecanismo se ha dañado, además de que el mantenimiento a la red a lo largo de mucho tiempo ha sido nulo y por lo tanto en estas piezas se han acumulado incrustaciones que les ha afectado considerablemente reduciendo el área hidráulica y llegando a formar tapones no controlados que generan altas presiones aguas arriba de las válvulas y bajas presiones aguas abajo de las válvulas descompuestas u obstruidas.

2. La red de distribución en su estructura no cuenta con sectores o circuitos con los dispositivos necesarios (válvulas de seccionamiento, de control de presiones, reguladoras de gasto, de admisión y expulsión de aire, medidores, entre otras) para controlar, regular y medir el agua que se distribuye a la red de distribución, así como en algunas partes los diámetros no son los óptimos para conducir el agua sin tantas pérdidas de carga (presión).

3. La red de distribución ha ido ampliándose en respuesta al crecimiento de la ciudad, en ausencia y apego a un Plan Rector que haya considerado como parte de su planeación hidráulica a corto, mediano y largo plazo, las obras primarias o de cabeza que deberían haberse construido para atender las necesidades de abastecimiento de agua a las diferentes zonas de crecimiento según el Plan de Desarrollo Urbano, es decir, la red de distribución ha crecido sin planeación y orden alguno.

4. Se estimó que se pierde el 41.4% del agua que se extrae, se potabiliza y se suministra, en las fugas que existen en el sistema de distribución (tomas domiciliarias, redes de distribución, líneas de conducción e interconexión y tanques de regulación), lo cual es un altísimo porcentaje del agua suministrada que no llega a los usuarios porque se queda en las fugas del sistema, las cuales en su mayoría no afloran a la superficie y por lo tanto no son eliminadas, por la falta de equipos de detección y localización de fugas, así como de sustitución de tomas por métodos no destructivos

Estos problemas en conjunto conducen a una distribución deficiente e inequitativa, con dificultades por demás complicadas para resolver, cuya atención requiere de una serie de acciones que además de representar fuertes inversiones requieren tiempo y modificaciones a sus procesos y responsabilidades, ya que una parte importante de la razón por la que se encuentran en tan difícil situación se debe a la flexibilidad con la que se ha actuado por muchos años, al momento de autorizar las factibilidades y llevarlas a cabo, permitiendo que el desarrollador incumpla con los requerimientos señalados originalmente y se le permita conectarse a la línea de conducción más próxima al lugar de la factibilidad, provocando un desbalance en la operación, ineficiencia en los equipos de bombeo y en las propias líneas de conducción. Al igual que el aceptar peticiones de interés de unas minorías afectando el suministro de las mayorías, como

fue el caso de la colonia Las Quintas de alto nivel socioeconómico que solicitó mejores condiciones de servicio y se le autorizó una nueva derivación a la ya existente con una tubería de 24" de diámetro, perjudicando a las colonias que se abastecen de la línea que va al Poniente de la Potabilizadora Pastor Lozano.

La situación en la que se encuentra la COMAPA respecto a la distribución del agua obliga a considerar que el porcentaje de utilización general de la red no es superior al **90%**, ya que existen zonas que no reciben agua las 24 horas los 7 días de la semana a pesar de que las fuentes de captación como las plantas potabilizadoras funcionan las 24 horas del día, los 365 días del año, entregando agua permanentemente al sistema de distribución, lo que en la realidad no sucede en toda la ciudad ya que existen zonas que reciben el agua de manera terciada o bajo un horario restringido, opuesto a lo que sucede en otras zonas donde se recibe el agua de manera continua, lo que en algunos casos ocasiones dispendio de agua. Situación que resulta complicada para la COMAPA porque no cuenta como ya se mencionó, con los dispositivos de control y la infraestructura y equipo suficiente para modificar la actual situación en la distribución del agua.

De esta manera se tienen colonias que se van abasteciendo de la línea que sale de la Planta Potabilizadora Benito Juárez que no tienen problemas de abasto porque es un sector no tan grande y hay suficiente agua, comparado con los Sectores que se abastece de la Planta Pastor Lozano, donde se tienen colonias que reciben el agua de manera tandeada o en algunos casos no reciben agua por su lejanía con respecto a la potabilizadora.

Es importante señalar que el tener algunas zonas con un suministro discontinuo, les afecta también en el sentido de que tienen sometidas a las tuberías a un presurización y despresurización incesante, que es de las principales causas de las fallas que se presentan en las tuberías por fatiga de los materiales de las mismas, debido en primer lugar a los vaciados que pueden llegar a generar presiones negativas en los conductos, las cuales son absorbidas por las paredes de los tubos hacia el interior de los mismos, causando daños irreversibles a la estructura de las tuberías, y en segundo lugar provocadas por el ingreso de aire, el cual genera bolsas que se internan en las puntos altos (cambio de pendiente) de los conductos y que al ingresar el agua e iniciar la presurización del conducto, el aire contenido al no tener por donde salir ocasiona severos daños a las tuberías por el incremento exponencial de la presión de trabajo en esos puntos de las líneas de conducción y redes de distribución.

En la siguiente tabla y figura se presenta la información de la superficie, población y longitud de red que cuenta tanto con servicio continuo como con servicio tandeado en la ciudad de Reynosa, así como la localización en un plano de dichas zonas con servicio continuo e intermitente.

Tabla 106. Servicio continuo y discontinuo en la ciudad de Reynosa

Servicio	Superficie (Ha)	Población 2014	Longitud de Tubos (Km.)	% de la población
Continuo	15,888	572,751	838.8	88.1%
Intermitente	1,565	71,180	178.2	**11.0%**
Sin especificar	*	5,877	7.2	0.9%
Total	**17,453**	**649,807**	**1,024.2**	**100.0%**

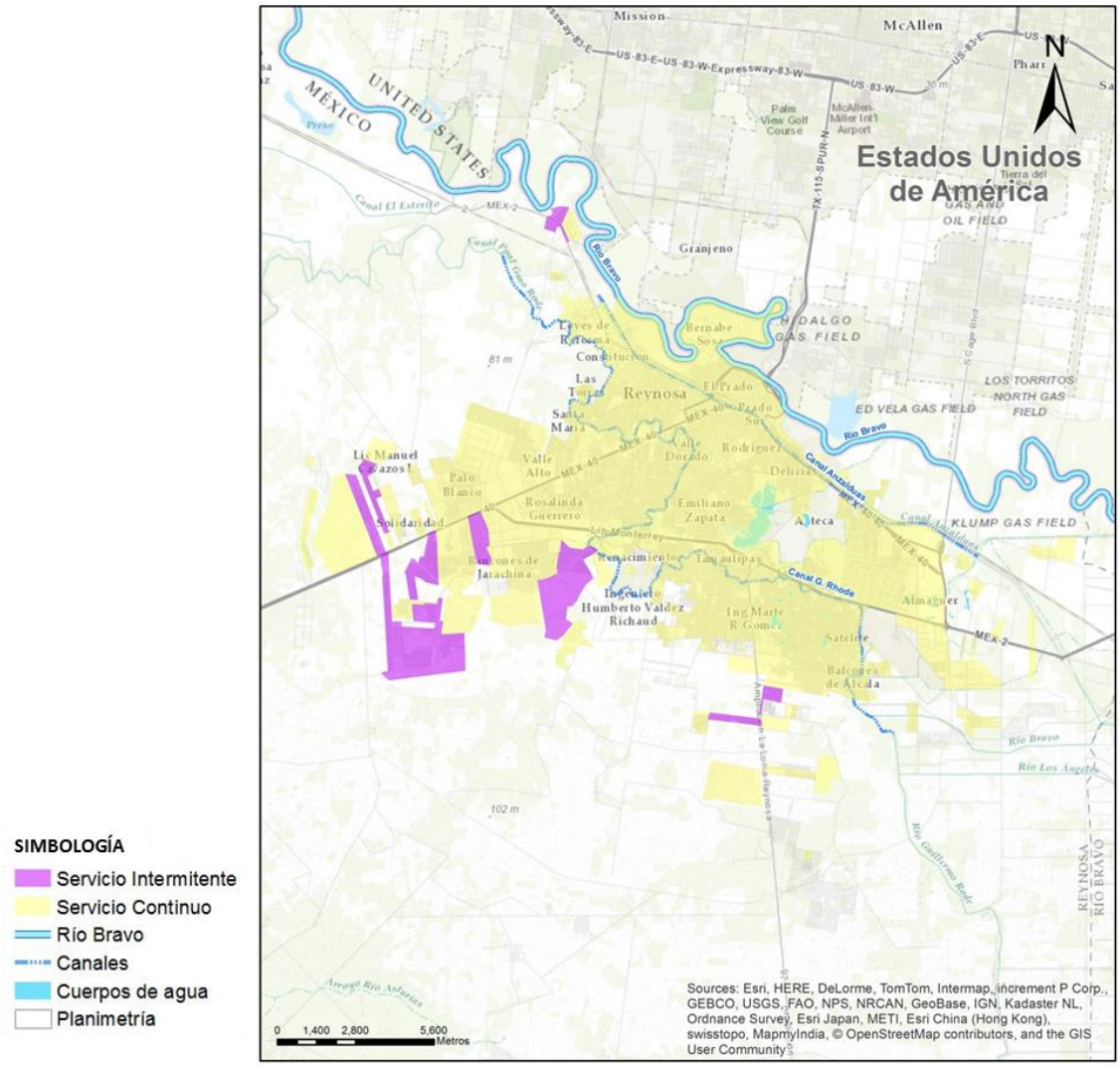


Figura 134. Continuidad del servicio de agua potable en Reynosa

Por otro lado, la COMAPA tiene dividida a la ciudad en 7 sectores a partir de las zonas de influencia de las plantas potabilizadora con las que cuenta y a la zonificación de la red de distribución, de la siguiente manera:

1. Planta potabilizadora Pastor Lozano
    - Sector Centro
    - Sector Poniente
    - Sector Juárez Poniente y
    - Sector Granjas
2. Planta potabilizadora Rancho Grande
    - Sector Rancho Grande
3. Planta potabilizadora Benito Juárez
    - Sector Juárez Oriente
    - Sector Oriente

En las siguientes figuras se presentan las zonas de influencia de las 3 plantas potabilizadoras y la sectorización hidráulica y geográfica que tiene la COMAPA actualmente en 7 sectores.

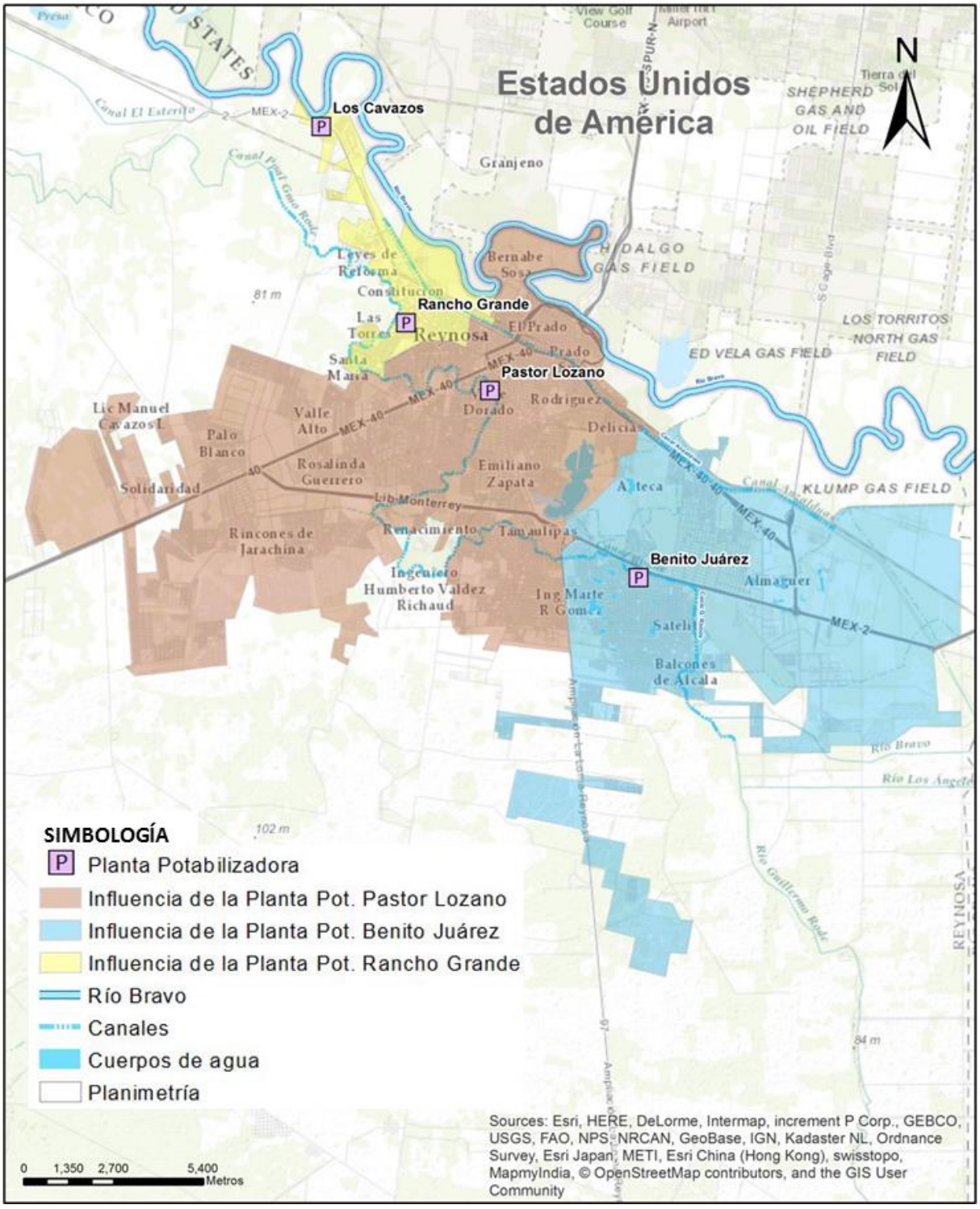


Figura 135. Zonas de influencia de las plantas potabilizadoras

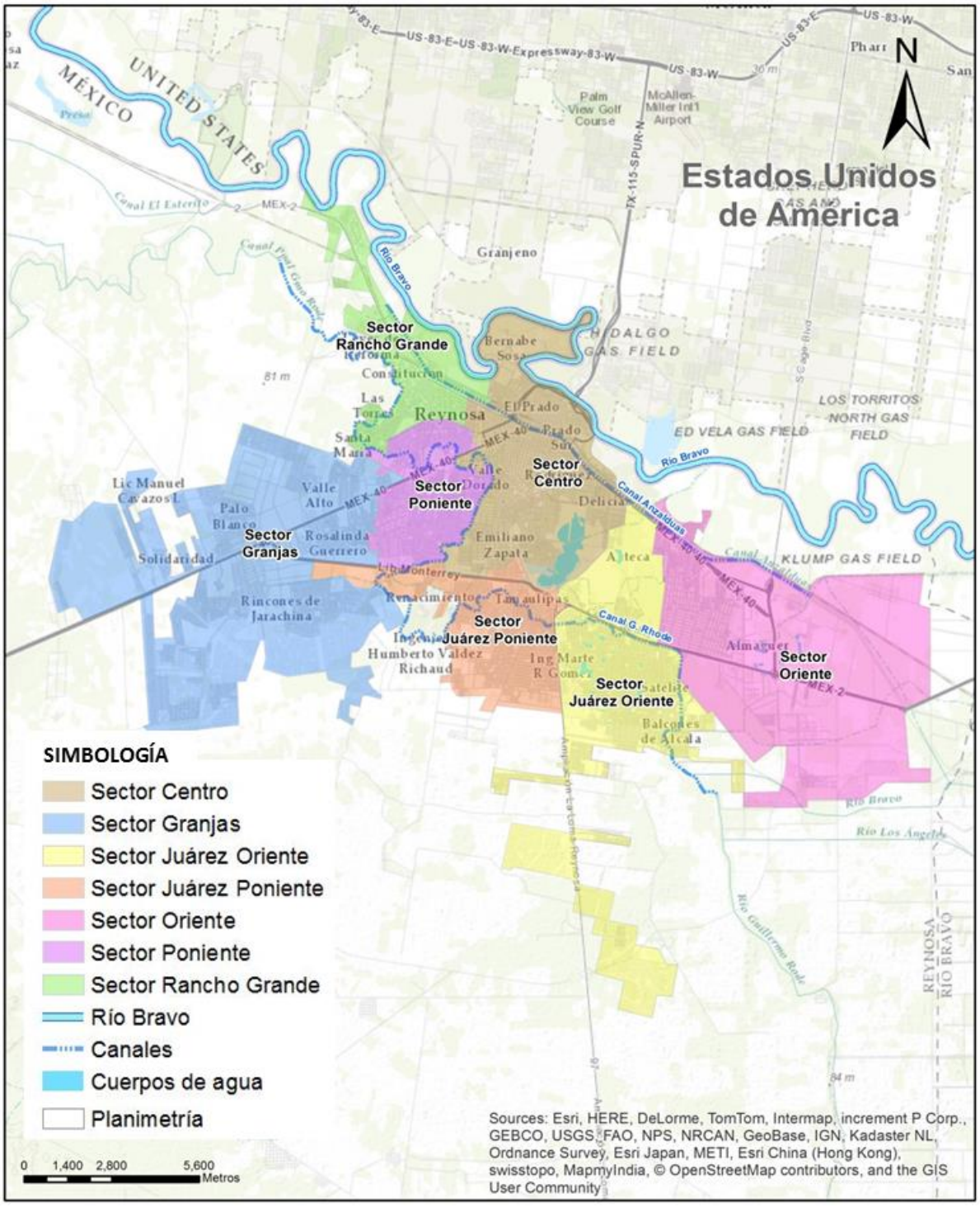


Figura 136. Sectores en los que está divida la ciudad.

Es importante señalar que actualmente la COMAPA está poniendo en marcha el Sector Rancho Grande como su primer sector de operación y mantenimiento, donde se mejorara la operación y se descentralizara el mantenimiento y la recaudación, llevándose para ello en primer lugar el levantamiento de la infraestructura hidráulica y el censo de los contratos de agua potable y alcantarillado, con el fin de aislarlos

mediante la sectorización y atenderlo como pequeños COMAPAS, con el fin de mejorar las eficiencias físicas, energéticas e hidráulicas del Sector.

Para mayor detalle de información de la cobertura de agua potable y la red de distribución consultar el anexo 6 y 8.

2.4.1.2 Actualización del mapa base del sistema de Agua Potable

Con la información física y verbal que fue proporcionada por la COMAPA respecto a su infraestructura existente en la ciudad de Reynosa, se procedió a actualizar el mapa base del sistema de agua potable, transfiriendo toda la información a una plantilla con plataforma GIS con el software ArcGis, el cual se integró al sistema de información geográfica (SIG). Adicionalmente se volvió a transferir la información de GIS a CAD para generar los planos en formato digital que pueden ser consultados en AutoCad.

Todos los planos de Actualización del Plan Maestro de Reynosa, están representados sobre la siguiente información de referencia:

- **Límite estatal.-** Fuente de información INEGI.
- **Polígono de localidad.-** Fuente de información INEGI.
- **Planimetría (manzanas).-** Se utilizó la planimetría ocupada por el INEGI que corresponde a cartografía geo estadística con clave 70282531536_s con proyección Conforme Cónica de Lambert, tal planimetría se re proyecto a Universal Transversal de Mercator con Datum WGS 1984, Zona 14 N siendo este el sistema de proyección a ocupar en el SIG y se complementó con información cartográfica proporcionada en planos .dwg por el organismo operador, como se muestra en la siguiente imagen:

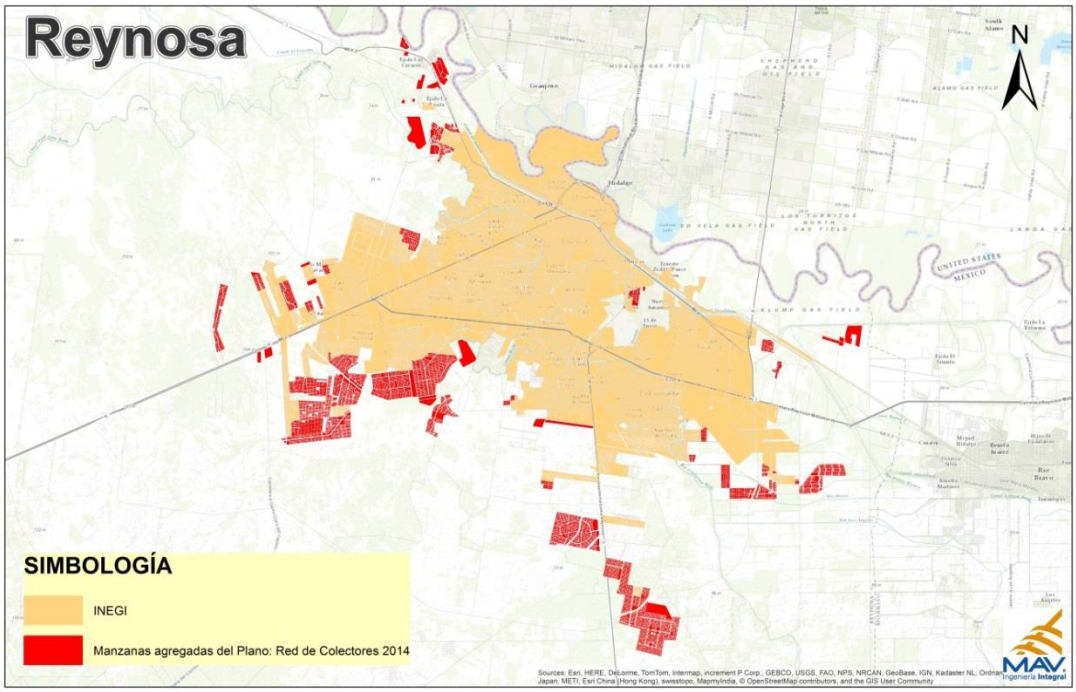


Figura 137. Cartografía de Reynosa

- **Ejes de vialidad (nombres de calles).-** Fuente de información INEGI.
- **Imagen satelital.-** Fuente de información ESRI, empleada en planos temáticos.
- **Información geográfica de agua potable**: La representación de la información se encuentra concentrada en archivos Shapefile clasificados de la siguiente manera:
    - **Estructuras:** Obras de toma, Pozos, Plantas potabilizadoras, Plantas potabilizadoras, Cisternas, Tanques y Plantas de rebombeo.
    - **Red de Agua Potable:** Acueductos, Líneas de conducción, interconexión, Líneas Primarias y Red de distribución.
    - **Áreas de cobertura:** Sectores de distribución.

Estos archivos Shapefile contienen atributos para dichas entidades, en dónde se almacena la información que permite la configuración de cada mapa temático. Todos los archivos Shapefile se encuentran proyectados en el sistema de coordenadas **WGS_1984_UTM_Zone_14N** y la fuente de información se extrajo de archivos AUTOCAD, tablas de información proporcionadas por el organismo operador y un importante número de reuniones con personal operativo de la COMAPA, los cuales aportaron sus conocimientos respecto al sistema de abastecimiento y distribución del agua potable, a partir de los cuales se actualizó la información con la que contaba el área técnica del Organismo, ya que las modificaciones que se le hicieron al plano base fueron incontables, puesto que se modificaron y ampliaron: trazos, diámetros, tubos, válvulas, conexiones y desconexiones, que en conjunto le dan una mayor credibilidad y cobertura al plano base que de origen fue proporcionado, quedándole pendiente al Organismo llevar a cabo por administración o por contrato la verificación de la información del plano base, con levantamientos de cajas de válvulas y sondeos exploratorios como se debe de realizar en un trabajo de actualización de catastro.

Se conformaron planos en formato JPG y PDF en tamaño carta, con la finalidad de tener mayor entendimiento de la información plasmada en el GIS, en la siguiente tabla se encuentra la distribución de estas imágenes o planos en tamaño carta y una imagen ejemplo de los planos elaborados en este tamaño.

Tabla 107. Planos elaborados de Agua Potable

Plano	Shape
01 Obras de Toma	Obras de Toma
02 Pozos	Pozos
03 Acueductos (2)	Acueductos
04 Plantas Pot	Plantas _Pot
05 Tanques	Tanques
06 Plantas de Bombeo	Rebombeos
07 Líneas de Conduc Inter	Red_AP
08 Líneas Primarias	Red_AP
09 Red Secundaria	Red_AP
10 Sistema de Agua Potable	
11 Sectores de distribución	Coberturas_Sectores

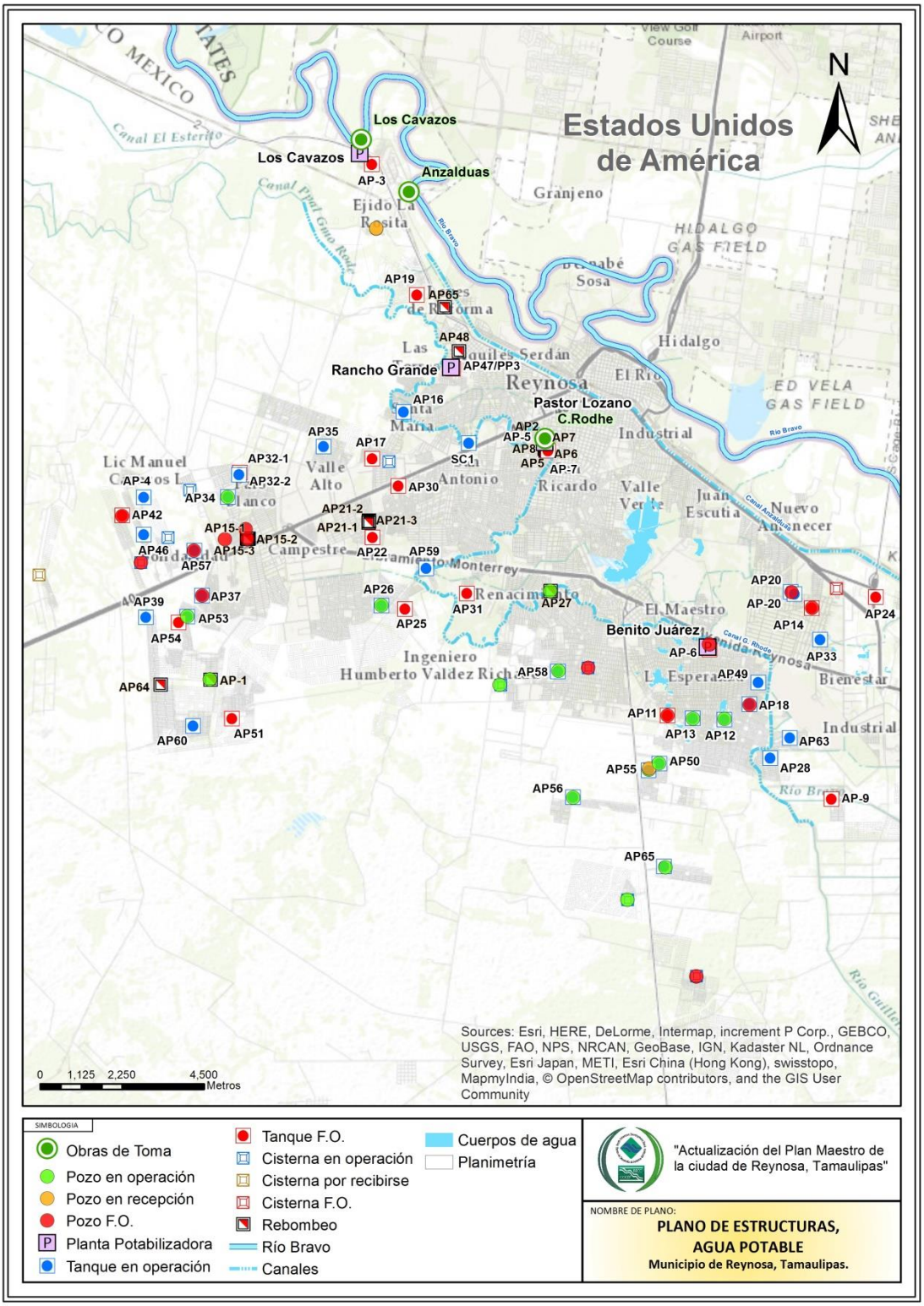


Figura 138. Sistema de Agua Potable

Elaborado por: MAV Ingeniería Integral

Los planos conformados para la plataforma GIS se encuentran en tamaño 1.20 x 0.90 m conteniendo la representación de los shapes anteriormente mencionados, mismos que se encuentran ligados a layers (capas) en grupos, en la misma plataforma con la finalidad de hacer manejable la información existente, contiene escala gráfica ajustable a la escala requerida para la visualización de la información y la simbología es dinámica, es decir, aparece según los layers (capas) que se tengan encendidas, como se muestra a continuación.

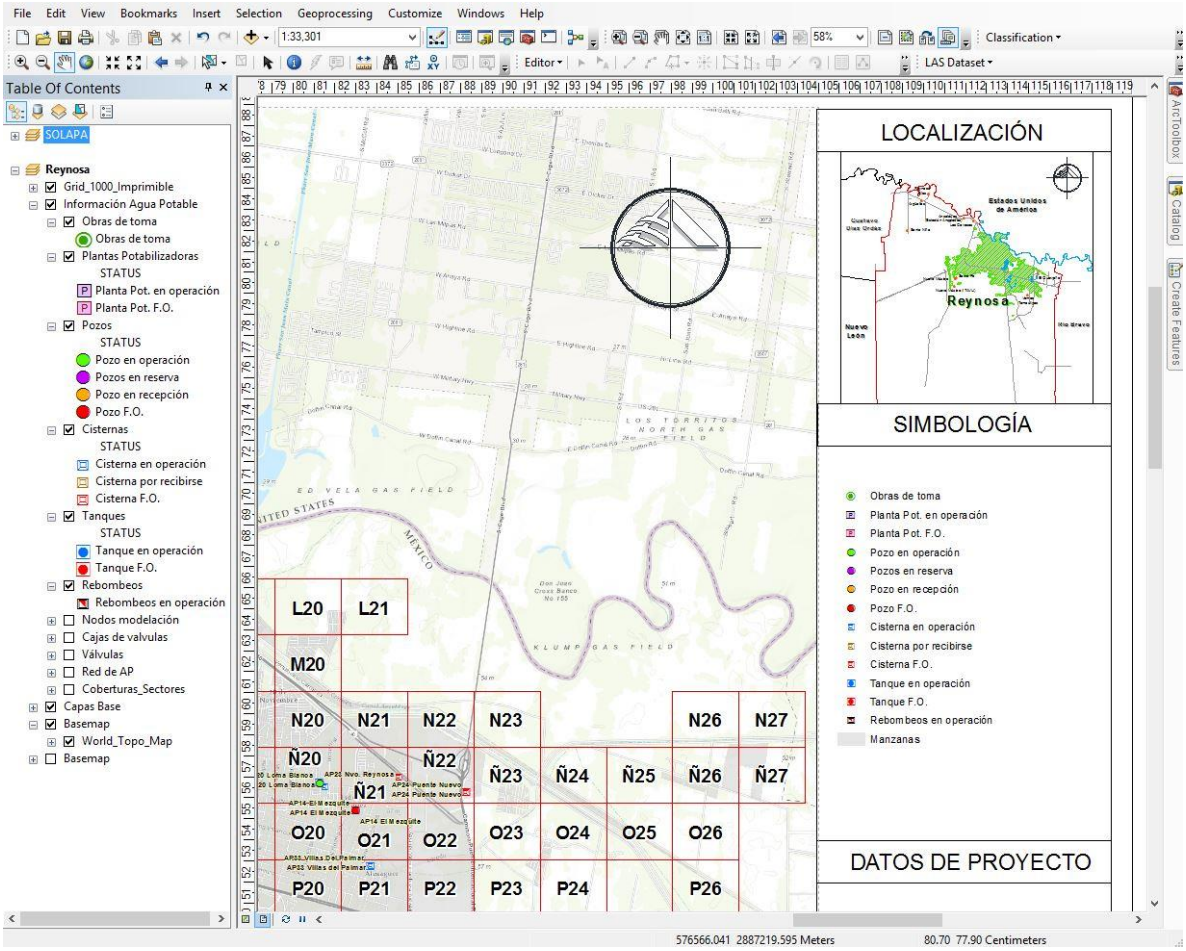


Figura 139. Plano de Agua Potable en Shapes

Elaborado por: MAV Ingeniería Integral

El espacio de dibujo de la plantilla está diseñado para ser ajustado a 327 áreas de impresión escala 1:1,000 que conforman un grid, como se muestra a continuación.

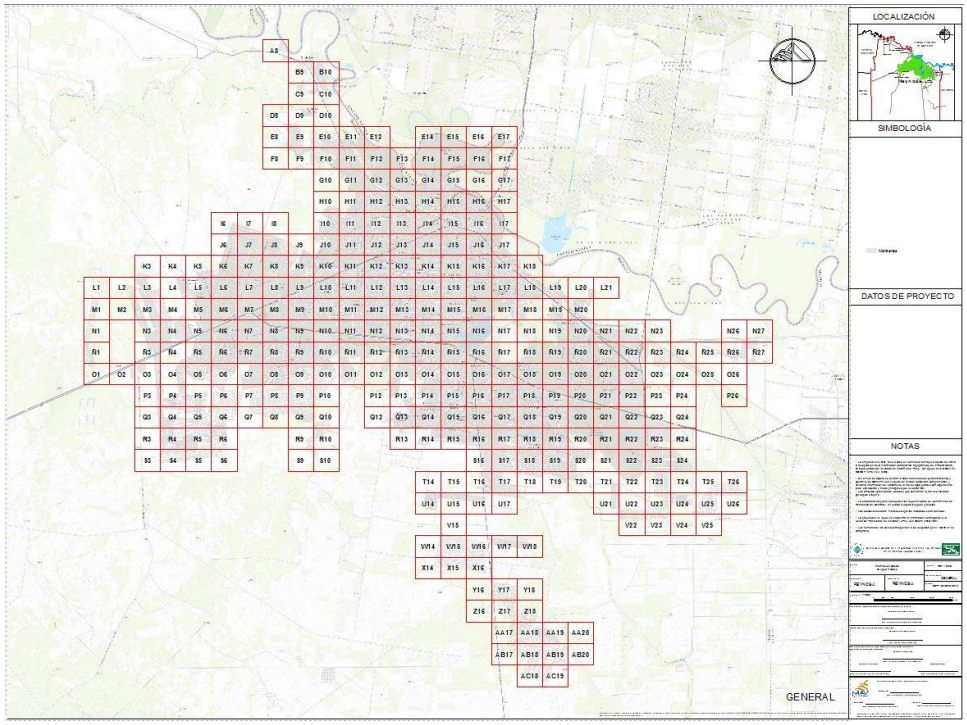


Figura 140. División del plano de agua potable en Shape

Elaborado por: MAV Ingeniería Integral

Los planos CAD se encuentran distribuidos en 11 planos los cuales se mencionan en la siguiente tabla haciendo referencia al shape de donde proviene la información.

Tabla 108. Planos y shapes del sistema de agua potable

Plano	Shape
01 Obras de Toma	Obras Toma
02 Pozos	Pozos
03 Plantas Potabilizadoras	PlantasPot
04 Tanques Cisternas y Pozos	Tanques
05 Plano de Rebombeos	Rebombeos
06 Líneas Principales	Red_AP
07 Líneas Primarias	Red_AP
08 Red Secundaria	Red_AP
09 Coberturas de Agua Potable	Coberturas_Sectores
10 Diagramas	------
11 Cajas de válvulas	Válvulas

La visualización de la información se conformó en 90 x 120 m. en escala 1:1,000 conteniendo la representación de la información trasladada del SIG a CAD, esta información se encuentran ordenada por grupos de layers (capas), en el mismo CAD, con la finalidad de hacer manejable la información existente, como se muestra a continuación.

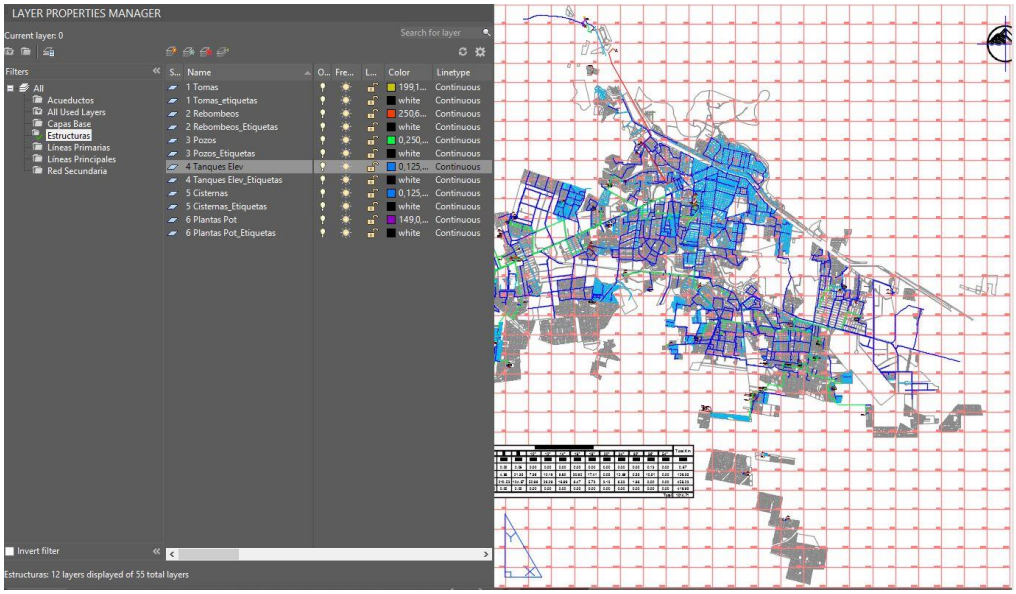


Figura 141. Plano de Agua Potable en CAD

Elaborado por: MAV Ingeniería Integral

Los planos contienen escala gráfica ajustable a la escala requerida para la visualización de la información y la simbología que se muestra en cada plano es la información que se representa en él.

El espacio de dibujo de la plantilla está diseñado para ser ajustado a 818 áreas de impresión escala 1:1,000 que conforman un grid, como se muestra a continuación.

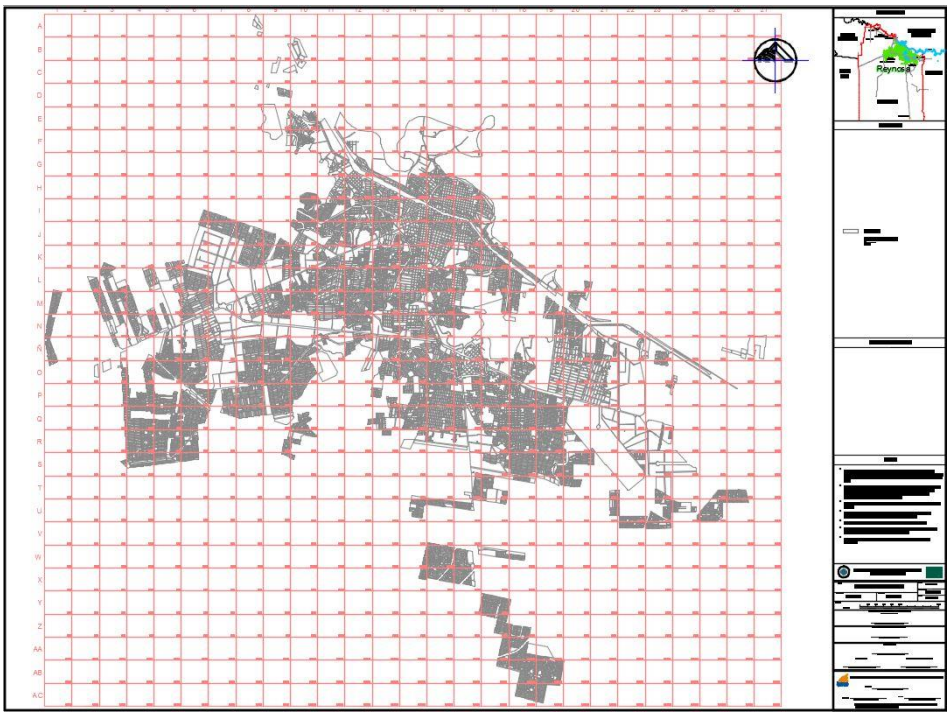


Figura 142. División del plano de agua potable en CAD

Cada plano contiene las vistas de cada una de las áreas de impresión en donde contiene información según sea el plano, es decir, en la parte inferior del plano CAD se encuentran estas vistas correspondiendo el nombre de la vista al área de impresión como se muestra en las siguientes figuras.

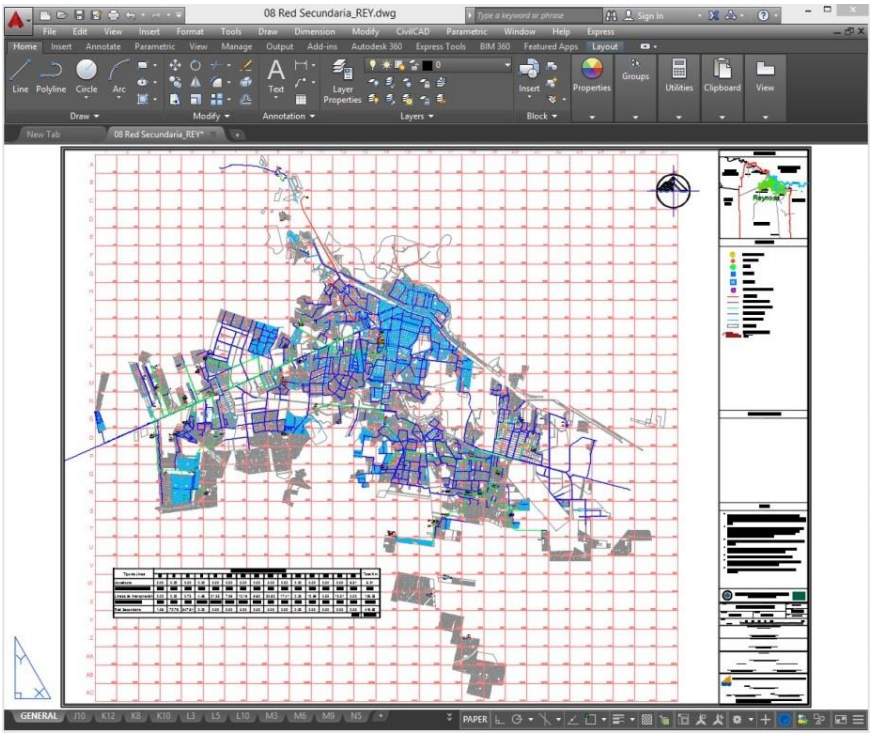


Figura 143. Vistas del área de impresión de los planos CAD

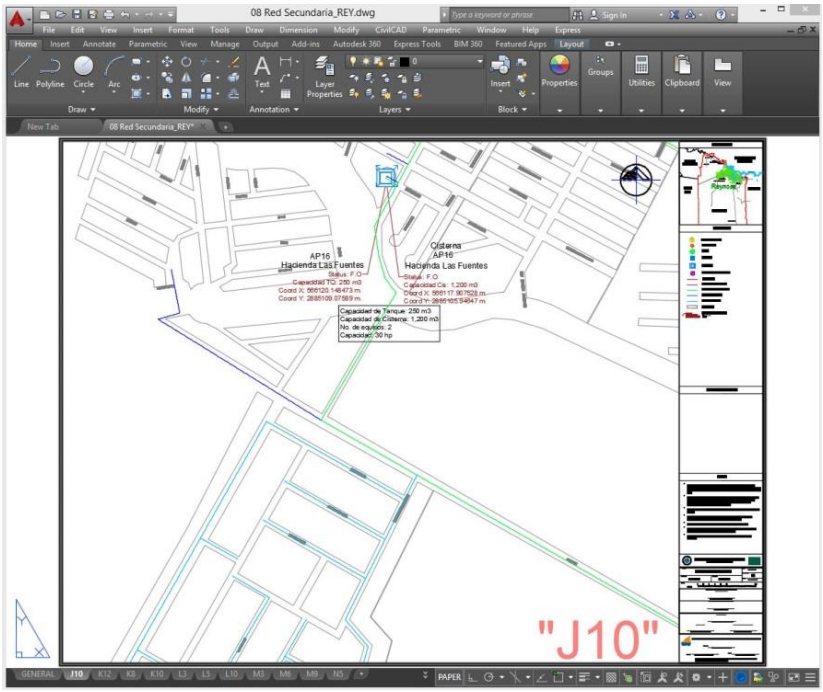


Figura 144. Plano de agua potable de un mosaico en CAD

A partir de la información de los planos en archivos Shapefile se generaron las tablas de las estructuras existentes y de las tuberías con información de longitudes por diámetro, material, antigüedad, presiones, entre otras.

Para mayor detalle de los planos elaborados para agua potable en GIS y CAD consultar el anexo 8.

2.4.1.3 Analizar el Sistema de Agua Potable para condiciones actuales

El objetivo principal de este apartado es el presentar tanto la construcción del modelo hidráulico computarizado como los resultados obtenidos del mismo, empleando para ello el software de modelación WaterGEMS, el cual se consideró toda la información proporcionada por la COMAPA, más la elaborada como parte de los análisis efectuados en el Diagnóstico de la infraestructura.

Antes de iniciar con el análisis del sistema de agua potable en condiciones actuales, es importante mencionar y resaltar que la definición de la estructura de la red de distribución primaria, no solo consistió en la recopilación de la información en planos y la migración de dicha información, de formato dwg a shapefile, si no que fue necesario como ya se mencionó llevar a cabo reuniones de trabajo con el personal técnico pero sobre todo con el personal operativo de la COMAPA, con la finalidad de revisar, modificar y ampliar la información plasmada en los planos técnicos de infraestructura dibujados en CAD y denominados antes de este Estudio como “planos de catastro de las redes de agua potable”. Obteniéndose de las mencionadas reuniones una cantidad extraordinaria de modificaciones e incrementos de tuberías, conexiones, desconexiones, estructuras y dispositivos (válvulas), que enriquecieron los planos de infraestructura, aumentando en consecuencia su confiabilidad y cobertura de manera considerable, ya que fue documentada y dibujada información que solo personal de operación tenía como parte de su conocimiento cotidiana de las redes, la cual nunca había sido plasmada en papel.

Lo anterior nos permite asegurar que el resultado obtenido en la modelación es por mucho más cercano a la realidad, que el que se hubiera alcanzado sin la realización de estas reuniones de escrutinio de la información del catastro hidráulico por personal operativo de la COMAPA, ya que el alcance del trabajo de la modelación en condiciones actuales no consideró la calibración del modelo con mediciones en campo de presiones y gastos en puntos estratégicos de control de la red, con lo que se hubiera podido realizar los ajustes pertinentes tanto a la configuración de la red, los datos de diámetros y materiales de los tubos, así como a los valores de los coeficientes de rugosidad empleados en los cálculos del modelo.

Para el análisis del sistema de agua potable en condiciones actuales y también futuras fue necesario determinar la **demanda de agua por sector**, exponiendo los fundamentos y elementos que se utilizaron para su determinación, mismos que se replicaron para cualquier polígono de interés del que se requirió el dato de la demanda de agua potable.

Dicha determinación partió de la información que se recopiló tanto en dependencias (INEGI y CONAPO), como en la propio COMAPA, así como la que se obtuvo del balance de agua que se realizó en el presente estudio, la cual se enlista a continuación:

a) Zonificación de la infraestructura de agua potable por sectores de abastecimiento

b) Información de los microdatos por manzana de Reynosa, del Censo de Población y Vivienda 2010 del INEGI.

c) Información del Directorio Nacional de Unidades Económicas (DENUE) para la ciudad de Reynosa

d) Registros de consumos de agua potable de un año (enero a diciembre 2014) de todos los usuarios del servicio, tanto los que están bajo el régimen de servicio medido como los de cuota fija.

e) Porcentaje de pérdidas físicas en el sistema de distribución, el cual resultó del 41.44% (ver apartado 2.2).

f) Consumos unitarios por tipo de usuario: doméstico y no doméstico (comercial, industrial y servicios públicos), obtenidos de la facturación de los diferentes regímenes de consumo (servicio medido y cuota fija).

g) Consumos unitarios corregidos para cada uno de los diferentes usuarios del servicio, obtenidos a partir de los consumos facturados sin corregir (autorizados medidos y no medidos), más todos los consumos no controlados por la COMAPA entre los que se encuentran las pérdidas comerciales (error de precisión de micromedidores, error por la incidencia en toma de lecturas, error de estimación de cuota fija, consumos no medidos autorizados, entre otros) y las pérdidas aparentes (clandestinaje).

Toda esta información se plasmó en bases de datos, la cual se ligó (join) a un punto (centroides de manzana) utilizando el software ArcGIS como Sistema de Información Geográfico, para determinar por manzana cualquier dato requerido como: población, número de viviendas (total y habitadas), volumen consumido (sin pérdidas) y volumen demandado (con pérdidas), a partir de los cuales se puedo obtener la demanda de agua para cualquier polígono de interés, de acuerdo con el siguiente procedimiento de cálculo:

- ✓ Definición de los polígonos de los sectores o zonas de influencia de las plantas potabilizadoras en la ciudad de Reynosa.
- ✓ Determinación del número de habitantes por manzana de cada zona de influencia al 2010.
- ✓ Proyección de la población al 2014 con las tasas de crecimiento obtenido de la CONAPO.
- ✓ Determinación del número y tipo de usuarios no domésticos por cada zona de influencia o sector con base en el DENUE.
- ✓ Cálculo del caudal de agua consumido (sin pérdidas físicas) tanto por los usuarios domésticos como los no domésticos y definición del consumo per-cápita promedio ponderado incluyendo todos los usos, por zona de influencia de plantas potabilizadoras y sectores hidráulicos.
- ✓ Cálculo del caudal demandado (con pérdidas físicas) tanto por los usuarios domésticos como los no domésticos y definición de la demanda per-cápita promedio ponderada incluyendo todos los usos, por zona de influencia de plantas potabilizadoras y sectores hidráulicos.

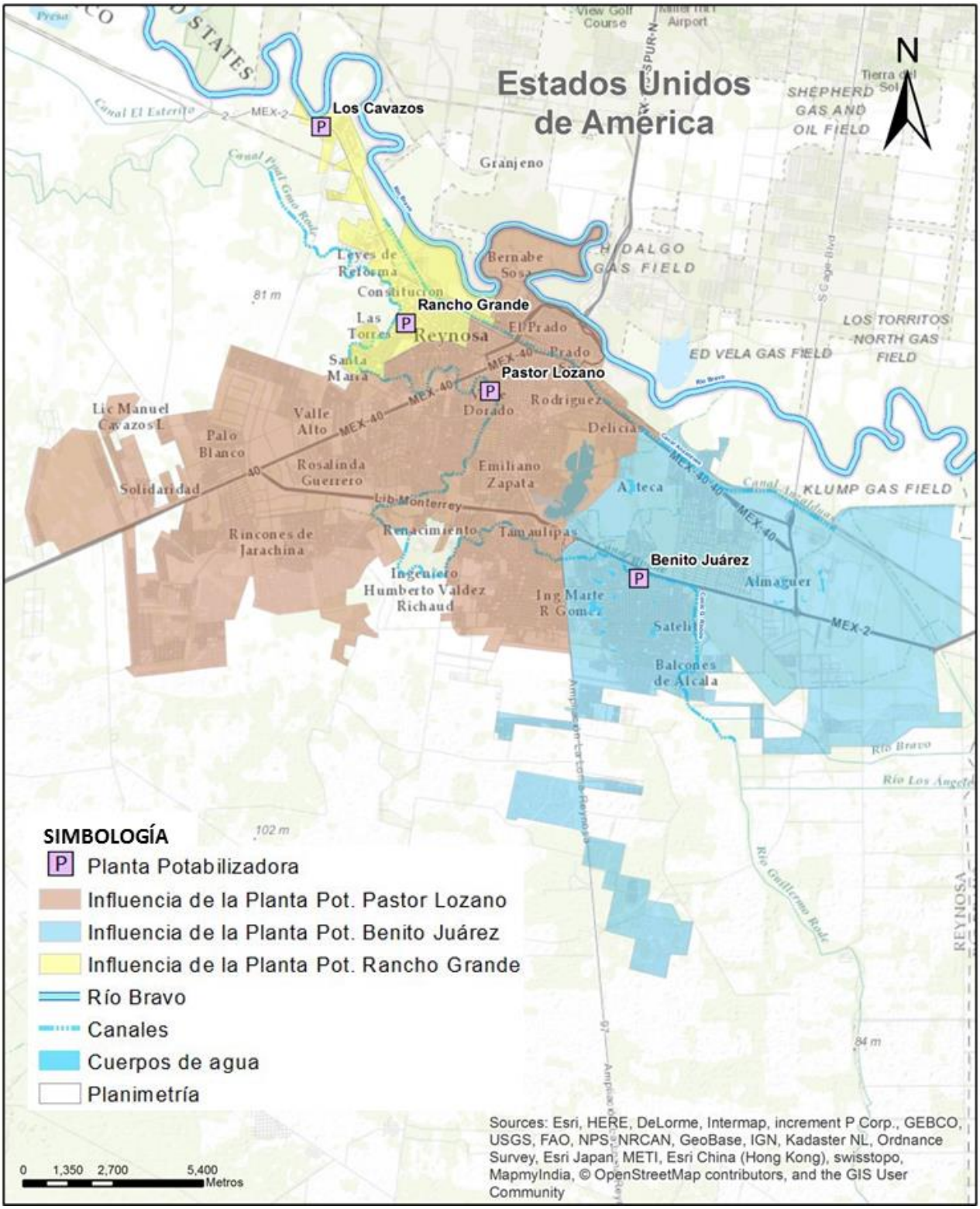


Figura 145. Zonas de influencia de las plantas potabilizadoras

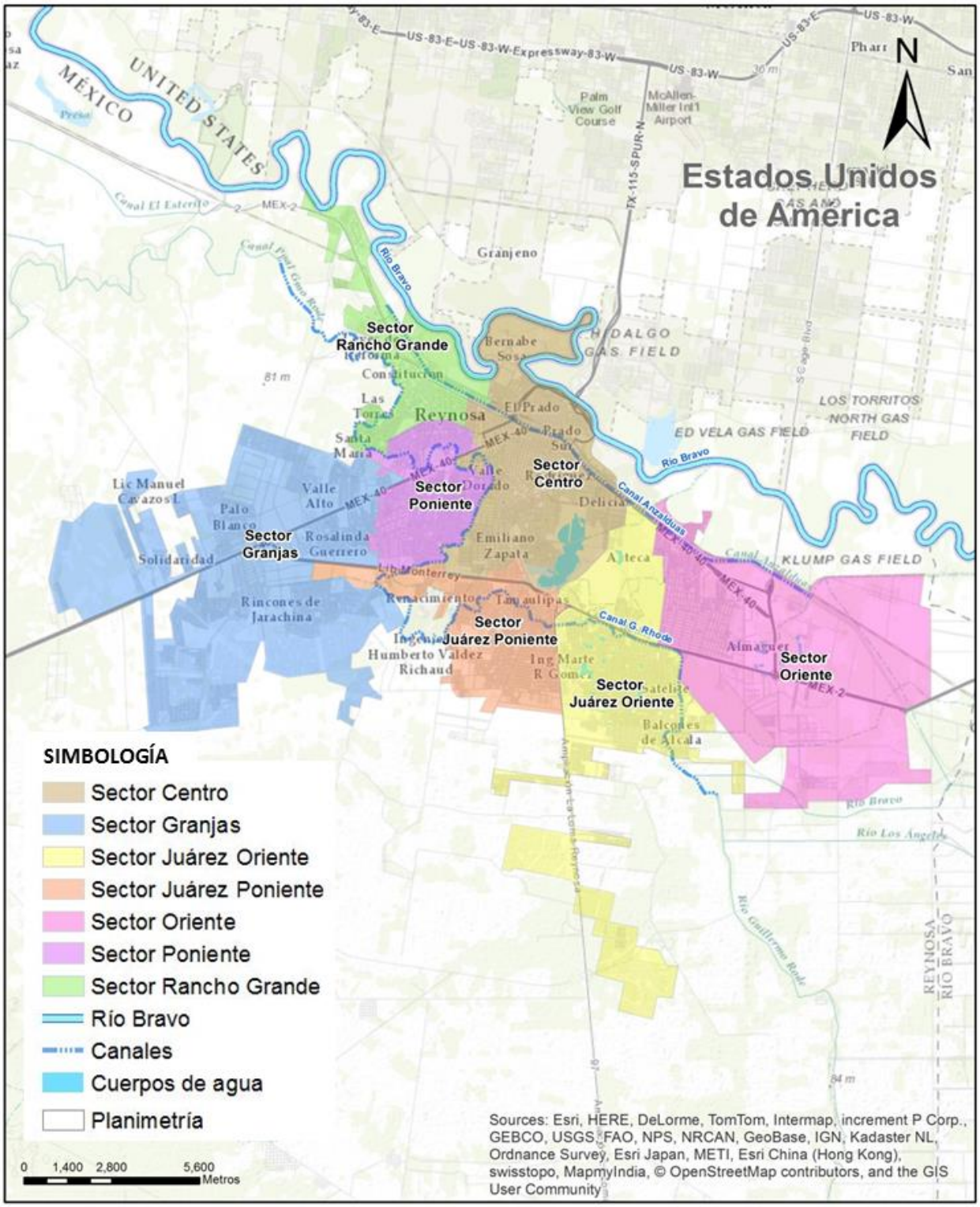


Figura 146. Sectores hidráulicos de distribución de agua potable

A continuación se presentan los resultados del análisis realizado para obtener la demanda por zona de influencia de cada planta potabilizadora así como de cada sector hidráulico en los que está dividida la ciudad de Reynosa y en el Anexo 4 se presentan todos los cálculos realizados.

En la siguiente tabla y la figura se muestran los resultados obtenidos del cálculo de la población y el número de tomas no domésticas por sector y por zona de influencia de las plantas potabilizadoras.

Tabla 109. Población y número de tomas por Sector Hidráulico y Zona de influencia de Planta Potabilizadora

No	Sectores	Población Total 2014	Tomas del Sector	Tomas Domésticas	Tomas No Domésticas	Total de No Domésticas		
						Comercial	Serv. Públicos	Industria
1	Centro	98,168	35,626	32,523	3,103	2,732	116	255
2	Poniente	86,667	30,127	28,712	1,414	1,244	44	126
3	Juárez Oriente	149,366	50,787	49,484	1,303	1,181	35	87
4	Granjas	169,736	58,120	56,233	1,888	1,624	59	205
	P.P. Pastos Lozano	**419,000**	**146,063**	**138,813**	**7,250**	**6,336**	**240**	**674**
5	Juárez Oriente	149,366	50,787	49,484	1,303	1,181	35	87
6	Oriente	52,034	17,982	17,239	744	598	21	124
	P.P. Benito Juárez	**201,400**	**68,770**	**66,723**	**2,047**	**1,779**	**57**	**211**
7	Rancho Grande	29,407	9,991	9,742	249	222	7	20
	P.P. Rancho Grande	**29,407**	**9,991**	**9,742**	**249**	**222**	**7**	**20**
Total		**649,807**	**224,824**	**215,278**	**9,546**	**8,337**	**304**	**905**

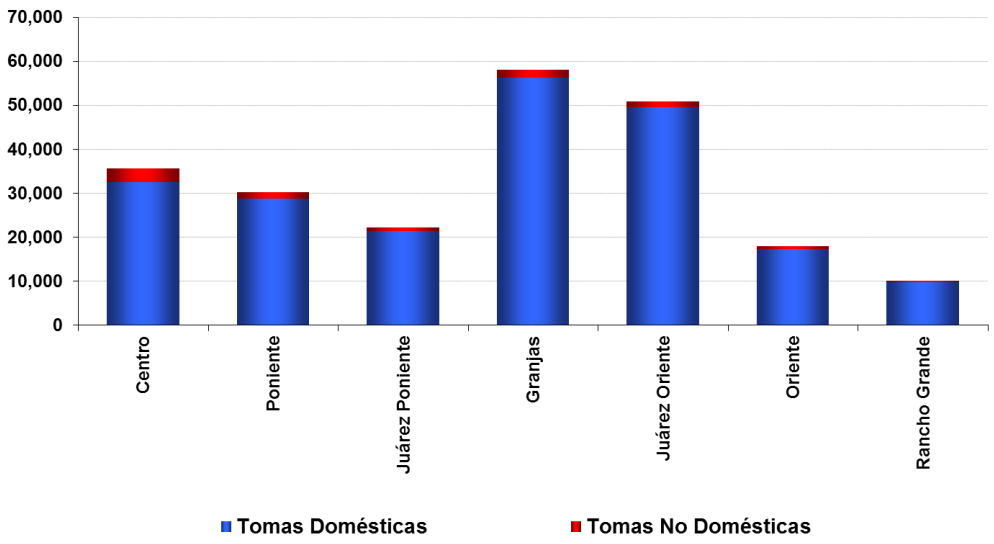


Figura 147. Usuarios por Sector

Como se observa en las tablas y figura anterior, en el sector Granjas se asienta la mayor cantidad de población y en el Sector Centro se asienta el mayor número de toma no doméstica. Así como la población que es abastecida por la planta potabilizadora Pastor Lozano es de 419,000 habitantes, por la planta Benito Juárez es de 201,400 habitantes y por la planta Rancho Grande es de 29,407 habitantes.

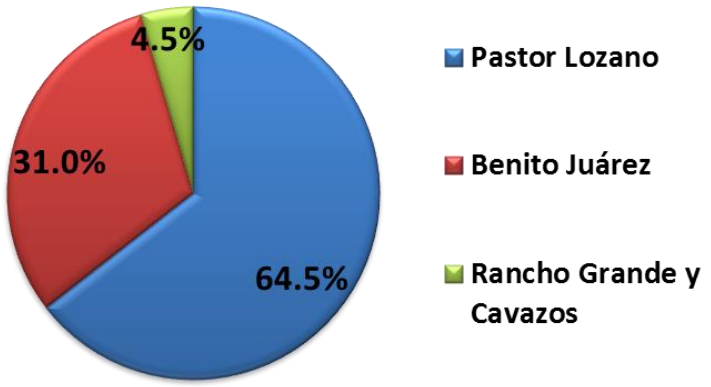


Figura 148. Población abastecida por Planta Potabilizadora en Reynosa

En la siguiente tabla se presenta los resultados obtenidos del cálculo del consumo (sin pérdidas físicas) de los usuarios asentados en cada uno de los sectores hidráulicos, así como para cada zona de influencia de las tres plantas potabilizadoras que agrupan a dichos sectores Caudal de agua consumida sin pérdidas de los sectores de abastecimiento

Tabla 110. Consumos sin pérdidas físicas por Sector Hidráulico y Zona de Influencia de Planta Potabilizadora

Sectores	Total Doméstico L/s	Usuarios No Domésticos (L/s)			Total No Doméstico L/s	Consumo L/s	Consumo promedio (lts/hab/día)
		Comercial	Serv. Público	Industrial			
Centro	237.62	39.55	6.83	26.73	73.11	**310.73**	**273**
Poniente	209.78	18.01	2.59	13.21	33.81	**243.59**	**243**
Juárez Poniente	155.95	10.66	1.26	9.18	21.10	**177.05**	**237**
Granjas	410.85	23.51	3.48	21.47	48.45	**459.30**	**234**
P.P. Pastor Lozano	**1,014.20**	**91.73**	**14.15**	**70.59**	**176.47**	**1,190.67**	**246**
Juárez Oriente	361.54	17.10	2.08	9.08	28.26	**389.80**	**225**
Oriente	125.95	8.66	1.26	13.00	22.92	**148.87**	**247**
P.P. Benito Juárez	**487.49**	**25.76**	**3.33**	**22.09**	**51.18**	**538.67**	**231**
Rancho Grande	71.18	3.21	0.44	2.06	5.71	**76.89**	**226**
P.P. Rancho Grande	**71.18**	**3.21**	**0.44**	**2.06**	**5.71**	**76.89**	**226**
Suma/ Promedio	**1,572.87**	**120.71**	**17.92**	**94.74**	**233.37**	**1,806.24**	**240**

El consumo total (sin pérdidas físicas) es de **1,806 L/s**, siendo la zona de influencia de la planta potabilizadora Pastor Lozano la de mayor consumo de agua (1,191 L/s) y el sector Granjas el de mayor consumo de agua potable (459 L/s). Así como el Sector Centro el de mayor consumo de los usuarios no domésticos (73 L/s).

Los consumos per – cápita por habitante (promedio ponderado incluyendo todos los usos), señalan que el más elevado corresponde al sector Centro (273 L/hab/día) y el más bajo al sector Juárez Oriente (226 L/hab/día), siendo el promedio de toda la ciudad de Reynosa de 240 **L/hab/día**.

En las siguientes figuras se presenta los consumos promedios ponderados incluyendo todos los usos de cada sector y cada zona de influencia de las plantas potabilizadoras.

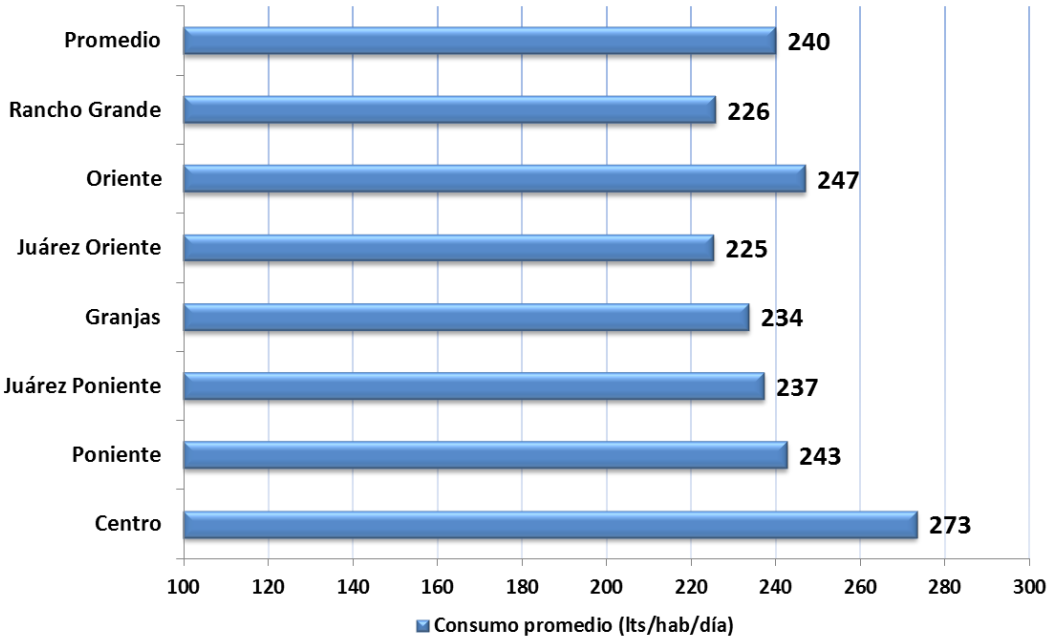


Figura 149. Consumos promedios ponderados incluyendo todos los usos, en los sectores hidráulicos

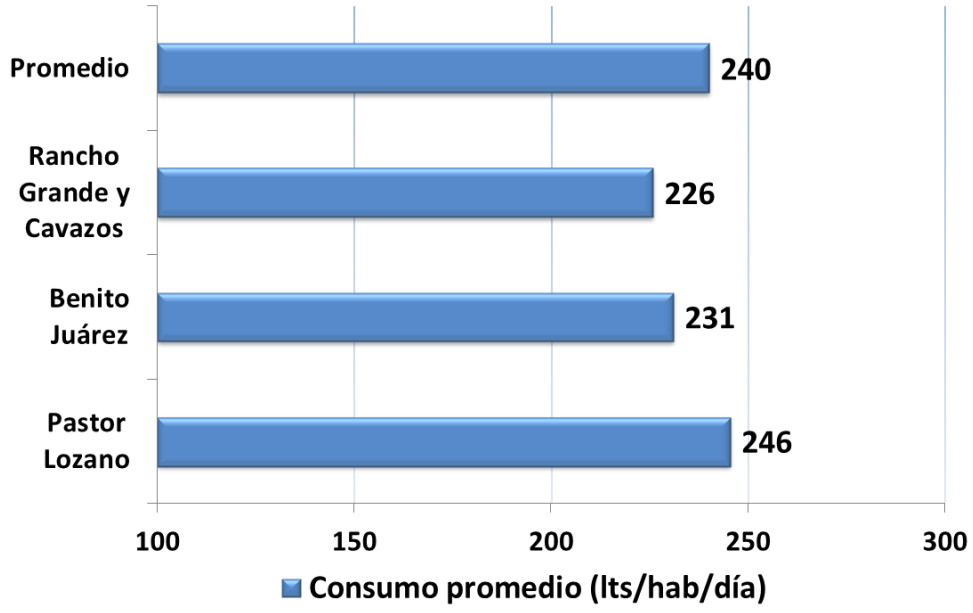


Figura 150. Consumos promedios ponderados incluyendo todos los usos, en las zonas de influencia de las Plantas Potabilizadoras

En el mismo orden de ideas en la siguiente tabla y figura se presenta el resultado del cálculo de la demanda de agua potable (incluyendo pérdidas físicas) que se tiene en cada sector y en cada zona de influencia de las plantas potabilizadoras.

Tabla 111. Demanda de agua potable en los sectores de abastecimiento

Sectores	Total Doméstico L/s	Usuarios No Domésticos (L/s)			Total No Doméstico L/s	Demanda L/s	Dotación promedio (lts/hab/día)
		Comercial	Serv. Público	Industrial			
Centro	405.74	67.54	11.66	45.64	124.84	**530.57**	**467**
Poniente	358.20	30.76	4.42	22.56	57.73	**415.93**	**415**
Juárez Poniente	266.29	18.20	2.15	15.68	36.03	**302.32**	**405**
Granjas	701.53	40.14	5.94	36.65	82.73	**784.26**	**399**
P.P. Pastor Lozano	**1,731.76**	**156.64**	**24.16**	**120.53**	**301.33**	**2,033.09**	**419**
Juárez Oriente	617.34	29.20	3.54	15.51	48.25	**665.59**	**385**
Oriente	215.06	14.79	2.15	22.20	39.14	**254.20**	**422**
P.P. Benito Juárez	**832.40**	**43.99**	**5.69**	**37.71**	**87.39**	**919.79**	**395**
Rancho Grande	121.54	5.48	0.75	3.52	9.75	**131.30**	**386**
P.P. Rancho Grande	**121.54**	**5.48**	**0.75**	**3.52**	**9.75**	**131.30**	**386**
Suma/Promedio	**2,685.70**	**206.11**	**30.60**	**161.77**	**398.47**	**3,084.17**	**410**

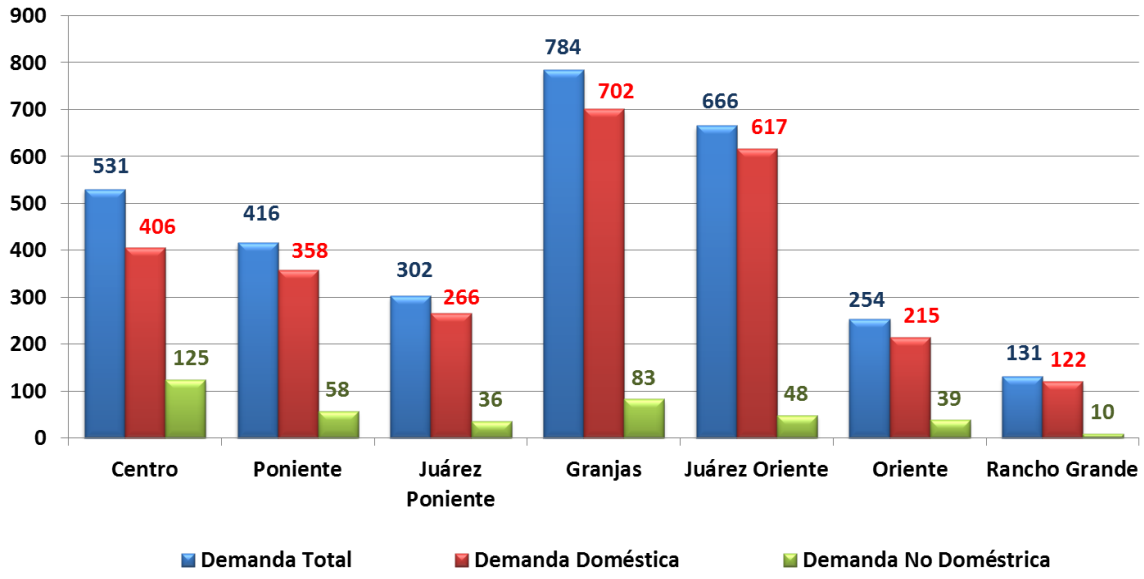


Figura 151. Demandas totales, domésticas y no domésticas por sector hidráulico

Como se observa en la tabla y figura anterior la demanda total de la ciudad de Reynosa es de **3,084 L/s**, presentándose la mayor demanda en la zona que es abastecida a partir de la planta potabilizadora Pastor Lozano, ya que dentro de dicha zona se encuentran dos de los tres los sectores de mayor demanda, el Sector Granjas con 784 L/s y el Sector Centro con 531 L/s.

Además se observa que el sector Centro tiene la dotación per-cápita promedio ponderada incluyendo todos los usos más alta, y esto debido a que en dicho sector se asienta la mayor cantidad de usuarios no domésticos. En la siguiente figura se presenta las dotaciones per – cápita resultantes para cada sector hidráulico y zona de influencia de las potabilizadoras.

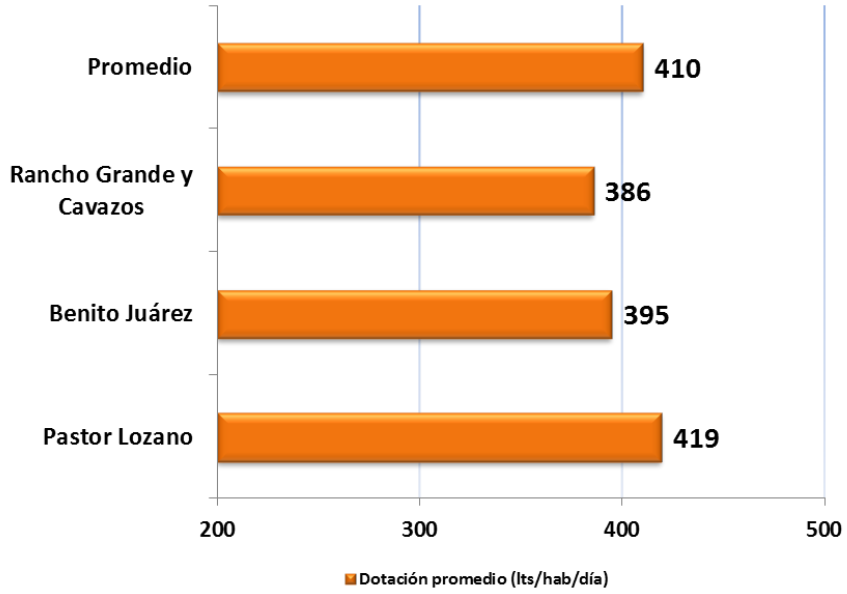


Figura 152. Demandas per-cápita promedio ponderado incluyendo todos los usos por zonas de influencia de las Plantas Potabilizadoras.

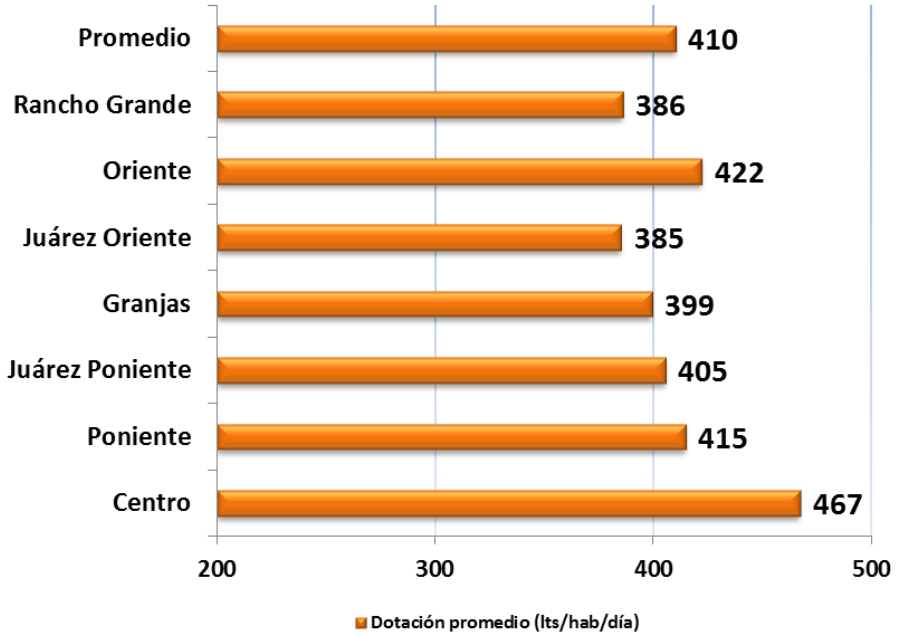


Figura 153. Demandas per-cápita promedio ponderado incluyendo todos los usos por sectores

Por último se presenta el resultado del balance entre la oferta y la demanda por planta potabilizadora únicamente, ya que solo se midieron y corrigieron los volúmenes que salen de las potabilizadoras, los cuales se denominaron volúmenes suministrados corregidos, no habiendo por parte de la COMAPA registros de los volúmenes que ingresan a los sectores por la falta de una sectorización completa, así como por la falta de cruceros de control equipados con medidores y dispositivos. En la siguiente tabla y figura se presenta el resultado de dicho balance.

Tabla 112. Balance de Oferta – Demanda por Planta Potabilizadora

Datos Generales				Demanda (L/s)			Oferta (L/s)			Diferencia (L/s)
No.	Planta Pot.	Superficie (ha)	Población 2014	Total	Dom.	No Dom.	Sup.	Sub.	Total	Total
1	P. Lozano	12,429	419,000	**2,033**	1,732	301	2,179	61	**2,240**	**207**
2	B. Juárez	9,042	201,400	**920**	832	87	529	139	**668**	**-251**
3	R. Grande	1,427	29,407	**131**	122	10	175	0	**175**	**44**
Total		**22,898**	**649,807**	**3,084**	**2,686**	**399**	**2,884**	**200**	**3,084**	**0**

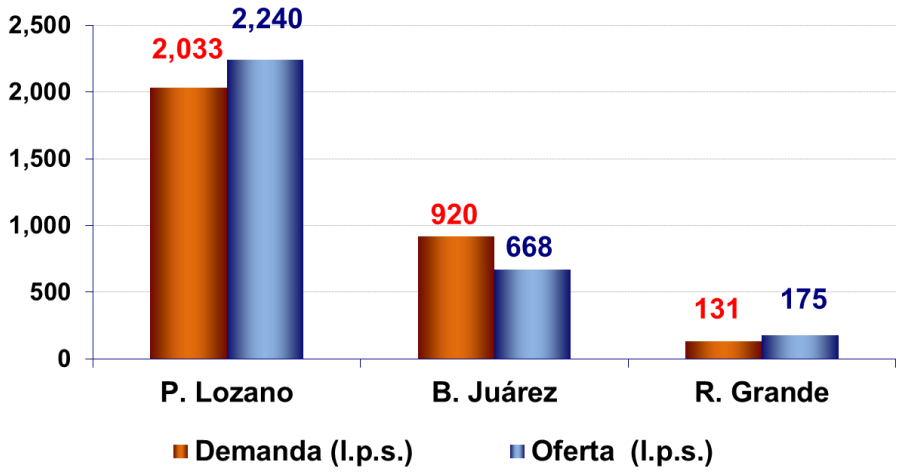


Figura 154. Balance oferta - demanda por zona de influencia de las plantas potabilizadoras

Como se observa en la tabla y figura anterior, de acuerdo con los resultados obtenidos de los cálculos de la demanda por zonas de influencia comparados con la oferta corregida existe un superávit de agua en la zona de influencia de la planta potabilizadora Pastor Lozano de más de 250 L/s, mientras que en la zona de abastecimiento de la planta potabilizadora Benito Juárez hay un déficit de 207 L/s y en la zona de influencia de la planta Rancho Grande hay un superávit de 44 L/s.

Los resultados anteriores pudieran ser diferentes cuando se tenga georreferenciado el padrón de usuarios, ya que los consumos y por ende las demandas estarán calculadas por manzana de acuerdo al tipo de usuario asentado en cada una de ellas.

A partir de este análisis y de la comparativa entre la oferta y la demanda por zona de influencia de las plantas potabilizadoras, en el apartado de 3.2.1.2 *"Analizar el Sistema de Agua Potable para condiciones futuras"* se hará un planteamiento para la redistribución de caudales con el objeto de equilibrar todas las zonas.

Mientras tanto en este apartado, el cálculo de la demanda presentado por sector o zona de influencia de cada planta potabilizadora sirve como punto de partida para la modelación hidráulica, la cual no es más que

la integración de las demandas calculadas por manzana dentro de un polígono de interés, siendo estas últimas las que se van a emplear en el modelo de simulación computarizado, distribuyéndolas en los nodos de los tubos que intervengan en la distribución de cada una de las zonas que se analizaran.

Una vez contando con los planos base del catastro de las principales estructuras y líneas de agua potable, se procedió a ingresar la información contenida en los archivos tipo Shapefile directamente al modelo de simulación numérica, bajo las consideraciones que a continuación se describen.

Los criterios para evaluar el desempeño de los sistemas se definieron a partir de la Normatividad vigente y de los criterios particulares definidos en reuniones con la COCEF, NADBANK, CONAGUA, COMAPA y MAV.

A continuación se mencionan los criterios empleados para el modelado del sistema de agua potable:

Tabla 113. Criterios empleados para la modelación del sistema de agua potable

No	Concepto	Valor
1	Capacidad de abastecimiento y producción de agua potabilizada.	Gasto medio.
2	Diseño de estaciones de bombeo de alto rendimiento.	Gasto máximo diario
3	Líneas de alimentación.	Gasto máximo horario.
4	Red de distribución.	Gasto máximo horario.
5	Coeficiente de variación diaria (Cvd).	1.4
6	Coeficiente de variación horaria (Cvh).	1.55
7	Gasto máximo diario.	Cvd X Gasto medio diario.
8	Gasto máximo horario.	Cvh X Gasto máximo diario.
9	Tuberías existentes	El valor fluctuó entre 0.009 y 0.016, según el material y su estado de conservación de las mismas
10	Tuberías nuevas	PVC de hasta 60 cm - 0.009
		Polietileno de alta densidad - 0.009
		Acero - 0.016.
11	Presión a la descarga de la planta de bombeo.	Variable
12	Presión mínima en la red con gasto máximo diario.	1.20 kg/cm^2
13	Presión mínima en la red con gasto máximo horario.	1.00 kg/cm^2
14	Velocidad de conducción máxima con gasto máximo diario.	2.00 m/s
15	Velocidad de conducción máxima con gasto máximo horario.	3.00 m/s
16	Volumen de almacenamiento operacional.	Volumen = 24 horas de suministro con la ley de demandas horarias para ciudades de más de 50,000 habitantes.
17	Volumen de almacenamiento en emergencias.	Volumen = 25% del Almacenamiento Operacional.
18	Volumen de almacenamiento contra incendios.	Volumen incluido en el almacenamiento de emergencias.

Periodo de diseño

El periodo de diseño se entiende como el intervalo de tiempo durante el cual la obra llega a su nivel de saturación, debiendo de ser menor este periodo a la vida útil. El periodo de diseño está vinculado con los aspectos económicos, los cuales están en función del costo del dinero.

La CONAGUA recomienda siempre que sea factible concebir proyectos modulares, que permitan diferir las inversiones el mayor tiempo posible, buscando siempre el máximo rendimiento de la inversión, al disponer de infraestructura con bajos niveles de capacidad ociosa en el corto plazo.

En la siguiente tabla se presenta los periodos de diseño utilizados en este estudio para los componentes de los sistemas de agua potable, que corresponden a los recomendados por la CONAGUA.

Tabla 114. Periodos de Diseño

Elemento	Periodo de diseño (años)
Pozo	5
Embalse (presa)	hasta 50
Línea de conducción	de 5 a 20
Planta Potabilizadora	de 5 a 10
Estación de Bombeo	de 5 a 10
Tanque	de 5 a 20
Distribución primaria	de 5 a 20
Distribución secundaria	a saturación

Por lo que toca a la vida útil, la cual es el tiempo que se espera que la obra sirva a los propósitos de diseño, sin tener gastos de operación y mantenimiento elevados que hagan antieconómico su uso o que requiera ser eliminada por insuficiente, se presenta en la siguiente tabla para algunos elementos del sistema de agua potable, considerando una buena operación y mantenimiento.

Tabla 115. Vida útil de los componentes del sistema de agua potable

Elemento	Periodo de diseño (años)
Pozo	
Civil	de 10 a 30
Electromecánica	de 2 a 20
Línea de conducción	de 20 a 40
Planta Potabilizadora	
Civil	40
Electromecánica	de 5 a 20
Estación de Bombeo	
Civil	40
Electromecánica	de 5 a 20
Tanque	
Superficial	40

Elemento	Periodo de diseño (años)
Elevado	20
Distribución primaria	de 20 a 40
Distribución secundaria	de 15 a 30

Generalidades

La topología de la red se expresa por la forma en que están conectados los diferentes elementos que la componen. Cabe señalar que el principal elemento que integra toda la red Topológica, es el Nodo, ya que es ahí donde se unen las tuberías que conforman la red de abastecimiento de agua.

Para este caso, se utilizaron los Nodos como los elementos que ayudan a representar Tanques, Bombas, uniones entre tuberías, cambios de dirección, válvulas, pozos entre otros elementos conectores dentro del modelo. A continuación se muestra una figura representativa de la topología construida para el proyecto de la simulación de la red principal de distribución de la ciudad de Reynosa, con el programa de simulación hidráulica llamado WaterGEMS:

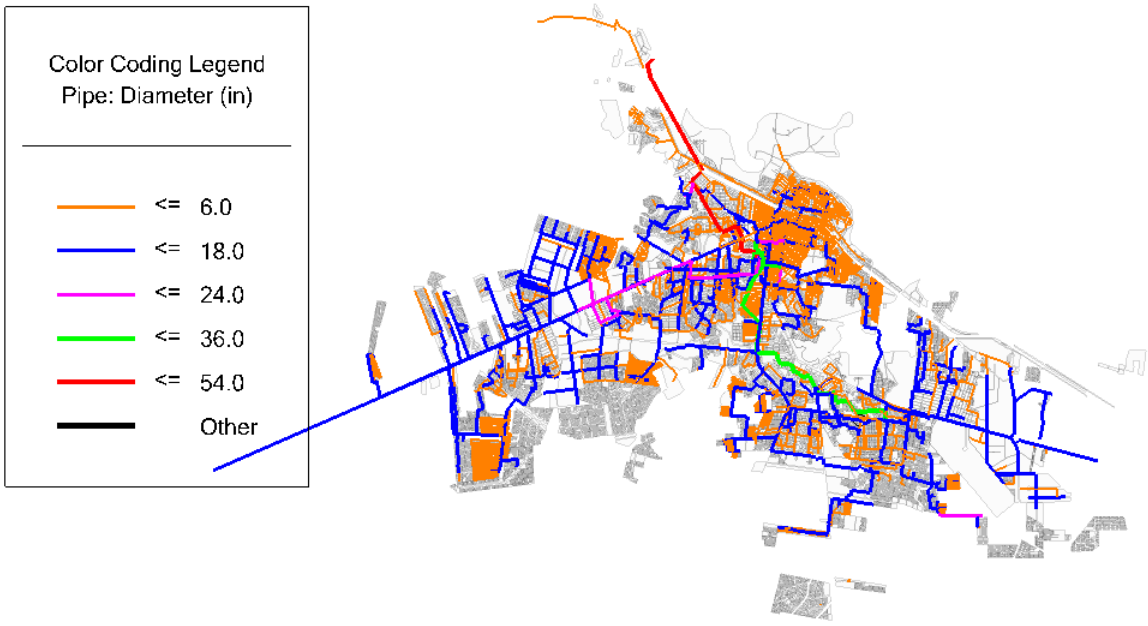


Figura 155. Esquema general de la red principal de distribución de Reynosa

La red principal de distribución de agua en la ciudad está formada por las tuberías con diámetros de 6” y mayores. La red secundaria está formada entonces con tuberías de diámetros menores a las 6 pulgadas.

En condiciones de simulación hidráulica en estado estático, como en el presente proyecto, los nodos requieren de dos datos principales: cota de terreno y demanda. Cabe señalar que para simulaciones en periodos extendidos, es necesario contar con la curva de la variación de la demanda.

En términos generales, en esta etapa se determinaron qué tuberías serían incluidas en el modelo y qué identificadores o etiquetas llevarían los nodos y las tuberías. Se verificó la información en campo cuando se

tuvieron algunas sospechas de datos erróneos o poco confiables y se revisó la conectividad de todos los elementos que intervinieron en el modelo.

En esta tarea fue muy valiosa la participación del personal técnico del organismo operador, ya que las inquietudes y dudas siempre fueron atendidas con prontitud por el personal del área de proyectos y con la valiosa participación del personal de campo, quienes ayudaron a corroborar la información existente (en planos impresos y en archivos digitales) con la información real del sistema.

A continuación se describe la forma en que cada elemento que compone la red de distribución, debe especificarse en el modelo de simulación numérica:

Nodos

Los nodos son los elementos donde se unen las tuberías. Estos elementos representan a los cruceros donde se hacen las conexiones de las redes y donde se ubican algunas válvulas de los sistemas de distribución. En el modelo de simulación hidráulica de la red principal de la ciudad de Reynosa, Tamaulipas, se tienen registrados un total de 4,105 nodos de presión.

En el modelo se representan con un círculo relleno, color negro, así como el nombre o etiqueta que se le asigna en el modelo, tal como se muestra la figura siguiente.

Figura 156. Representación esquemática de los nodos en el modelo.

La información que se ingresa en los nodos es la cota de la tubería y la demanda de los usuarios que se encuentren cerca de dichos cruceros.

Vale la pena recordar que un modelo de simulación numérica es una simplificación de la realidad, y las tomas domiciliarias que existen en la red, se concentran en los cruceros o nodos del modelo y éstos agrupan entonces los caudales de las demandas que se consumen en cada predio, como un gasto de salida del sistema, en el balance de masas que se realiza en un modelo de simulación.

Los nodos tienen otra propiedad llamada “Emisor”, el cual permite simular una demanda que está en función de la presión, como lo pueden ser las fugas. En caso de que en un sistema ya se tenga cuantificado o calculado un índice de agua no facturada, entonces se podrá usar el campo del emisor para considerar que además de las demandas ordinarias de los usuarios, se tendrá que adicionar un caudal de salida perteneciente a una fuga, que será directamente proporcional a la presión que se tenga en ese punto.

Válvulas

Las válvulas de corte o seccionamiento suman un total de 2,996 en la red, y se consideran abiertas para fines de modelación, a menos que el personal de operación indique lo contrario. En la siguiente figura se muestra la representación gráfica de las válvulas de corte en el modelo.

Estos elementos son los que ayudan durante la operación a aislar zonas para realizar cualquier tipo de reparación que se tenga que hacer, como puede ser una fuga, una incorporación de un nuevo usuario, maniobras de limpieza y drenaje de las tuberías, corte de servicio para dar mantenimiento a un tanque, etc.

El elemento válvula de seccionamiento en un modelo de simulación hidráulica tiene una configuración de abierta o cerrada.

Las válvulas reguladoras de presión (VRP) son elementos que, como su nombre lo indica, permiten controlar la presión hacia el lado aguas abajo. Se ubican normalmente en zonas donde la topografía va descendiendo, lo que origina un incremento en la presión del sistema, pero que ser contrarresta con las VRP al generar pérdidas de energía y con esto escalonar la línea piezométrica. En la red principal de la ciudad de Reynosa no se cuenta con este tipo de válvulas de regulación de presión.

Figura 157. Representación esquemática de las válvulas de corte en el modelo.

Los tanques pueden ser elevados o superficiales y tienen implícita una válvula de elevación, de tal forma que cuando el agua llega al punto máximo del depósito, se cierra y ya no pasa agua por la tubería de llegada.

Una válvula check se encuentra configurada en los equipos de bombeo en el modelo de simulación, así cuando el agua tiende a fluir en sentido inverso en la bomba, la válvula check se cierra para impedir el flujo inverso en las bombas.

Finalmente, los tubos también cuentan con un elemento válvula check y un elemento válvula de corte, implícitas, que por defecto se encuentran deshabilitadas.

Bombas

Las bombas añaden energía al flujo, al transformar energía mecánica en energía de presión al sistema. En la siguiente figura se muestran los diferentes bombeos que salen de la Planta Potabilizadora Pastor Lozano.

Figura 158. Equipos de bombeo representados en el modelo.

Reservorios

Los reservorios representan una fuente de abastecimiento, de volumen infinito y nivel constante de agua.

Un reservorio puede ser un acuífero, una presa o embalse, un río, un pozo, etc., cuya disponibilidad para los tiempos de simulación es siempre del 100 %

En el catastro de la infraestructura hidráulica de la ciudad de Reynosa, se contabilizaron 35 fuentes de abastecimiento, principalmente pozos profundos.

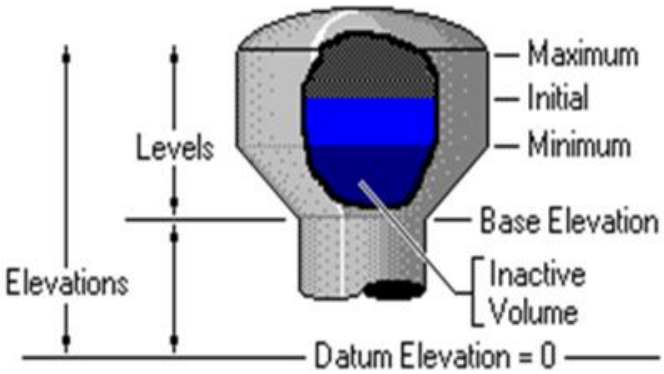
En la figura que se muestra enseguida, se observa la representación esquemática de la captación para esta ciudad, nombrada en el modelo como **OT_2_RG** y representa la obra de toma Anzaldúas.

Figura 159. Representación esquemática de los reservorios en el modelo.

En aquellos pozos en donde no fue posible obtener los datos de los equipos de bombeo, como el caudal y la carga de operación, únicamente se les dio la elevación adecuada y se consultó con los operadores para conocer el caudal aproximado que está incorporando hacia el sistema.

Tanques

Los tanques son depósitos de agua que en el modelo representan un elemento de frontera, de volumen finito, nivel de agua variable (durante las simulaciones en período extendido). Se le tienen que ingresar datos como el nivel inicial de agua y geometría.



Los objetivos principales de los tanques son:

- Aprovechar la energía potencial (altura)
- Proveer almacenamiento de emergencia
- Regular presiones
- Balancear consumo
- Proveer presión en períodos extremos durante horas pico

- Pueden tener impactos negativos para la calidad del agua cuando están sobredimensionados o los tiempos de residencia son altos.

En la red principal de abastecimiento de la ciudad de Reynosa, se contabilizaron un total de 49 tanques distribuidos entre los distintos sectores que actualmente se tienen identificados. En la figura siguiente se muestra la representación de un tanque en WaterGEMS.

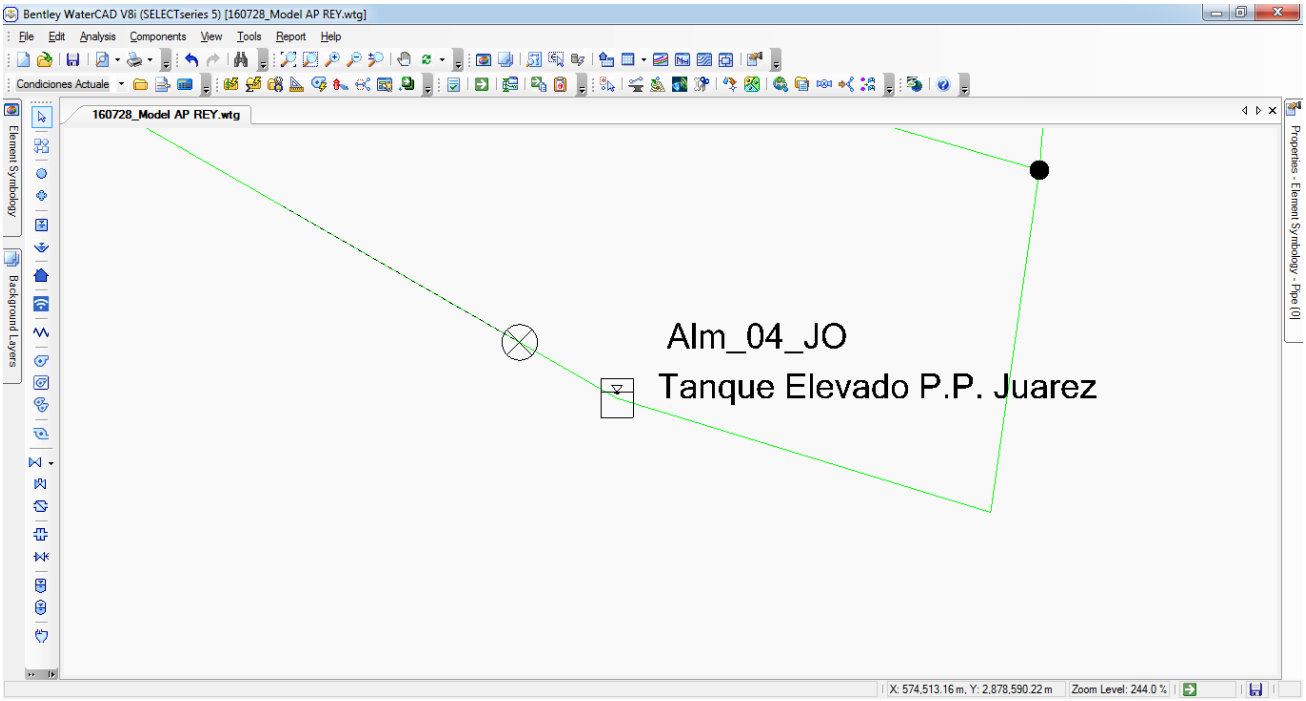


Figura 160. Tanque de almacenamiento en el modelo de simulación.

Tubos

Se incluyeron todas las tuberías de la red principal que se levantaron del censo catastral, las cuales suman en total 5,815 elementos. La longitud total de tubería, con base en los datos obtenidos del catastro es de aproximadamente 1,017 km de tubería. A continuación se muestra la longitud de cada diámetro de la red.

Tabla 116. Inventario de red del modelo de simulación

DIÁMETRO (pulg)	PVC (m)	AC (m)	PAD (m)	FoFo (m)	ACERO (m)	CONCRETO Presforzado (m)	CONCRETO (m)	HIERRO DÚCTIL (m)	TODOS LOS MATERIALES (m)	VOLUMEN (m^3)
2	1,381	0	0	0	0	0	0	0	1,381	3
3	72,692	1,503	0	0	0	0	0	0	74,195	338
4	171,918	169,310	0	0	0	0	0	0	341,229	2,766
6	174,092	48,805	709	0	0	0	0	0	223,605	4,079
8	128,464	19,102	59	0	0	0	0	0	147,624	4,787
10	50,874	9,103	0	0	0	0	0	0	59,976	3,039
12	31,412	6,141	0	0	0	0	0	0	37,552	2,740
14	21,292	8,136	0	0	0	0	0	0	29,428	2,923
16	37,086	0	0	0	0	0	0	0	37,086	4,811
18	8,305	14,301	0	65	31	0	0	17	22,718	3,730
20	90	2,642	0	0	0	0	0	0	2,732	554
24	14,927	1,303	0	0	59	0	0	308	16,596	4,844
30	46	1,818	0	0	554	0	0	0	2,418	1,103
36	0	5	0	0	313	3,230	7,127	0	10,674	7,010
48	0	0	0	0	0	0	0	171	171	200
54	0	0	0	0	0	9,316	0	0	9,316	13,765
Todos los diámetros	**712,577**	**282,168**	**767**	**65**	**957**	**12,546**	**7,127**	**495**	**1,016,701**	**56,691**

En la figura siguiente se observa la representación gráfica de las tuberías en el modelo:

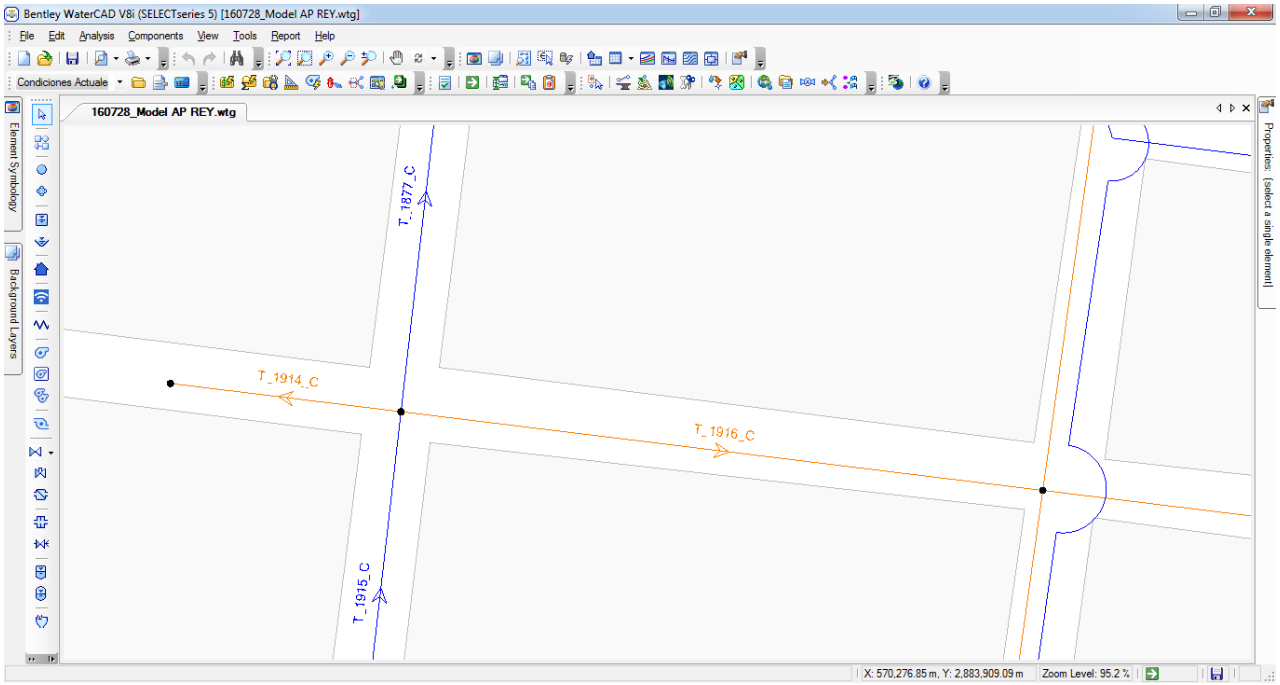


Figura 161. Representación esquemática de los tubos en el modelo.

Simulación Hidráulica

La simulación hidráulica se realizó mediante el uso del programa especializado llamado WaterGEMS y se configuró para resolver las ecuaciones de continuidad en cada nodo o también llamada ecuación de

conservación de masa, mientras que en cada una de las tuberías, se resuelve la ecuación de conservación de la energía.

Ecuación de Continuidad.

Podemos decir que dada una sección genérica A y un flujo que atraviesa con velocidad media perpendicular a la misma *v*, se define como gasto másico, *G* como la masa por unidad de tiempo que atraviesa dicha sección, por tanto el caudal *Q*, como el volumen de fluido que atraviesa esa misma sección por unidad de tiempo:

$G = pvA;$ $Q = vA$: $G = pQ$

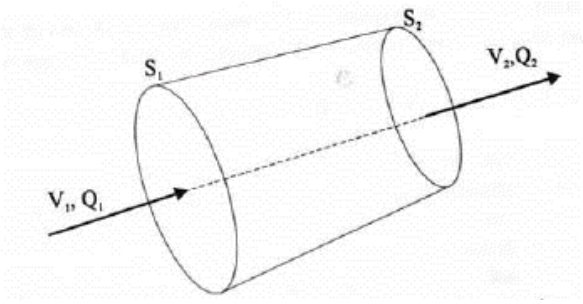


Figura 162. Volumen de control.

Por lo tanto la ecuación continuidad viene de aplicar el principio de conservación de la masa a un volumen de control.

Ecuación de conservación de energía (ecuación de Bernoulli)

La variación de la energía en un volumen de control es igual al trabajo aportado al mismo menos la energía cedida en forma de calor por el volumen de control. El trabajo aportado al volumen de control puede ser debido por ejemplo a una bomba, mientras que el calor disipado a través de la superficie de control engloba las pérdidas de carga y la variación de la energía interna del fluido como aumento de la temperatura del mismo. Finalmente la ecuación de Bernoulli puede expresarse como:

$$H_b - h_f = \left(z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2_g} \right) + \left(z_1 + \frac{p_1}{\gamma} - \frac{v_1^2}{2_g} \right)$$

Donde:

H_b = *Energía añadida al flujo*

h_f = *Pérdidas por fricción*

$\frac{p}{\gamma}$ = Energía *de Presión*

$\frac{v^2}{2g}$ = *Energía Cinética, debido a la energía que lleva el fluido*

$z =$ *Energía Potencial*, debida a la cota a la que está situada la partícula de fluido

Mediante la ecuación de conservación de la energía pueden calcularse las pérdidas por fricción que se generan por el paso de un caudal a través de una tubería.

Existen diferentes metodologías para calcular las pérdidas por fricción, pero las más difundidas son:

1. Darcy – Weisbach
2. Hazen – Williams
3. Manning

La metodología utilizada en el presente trabajo de simulación hidráulica fue Hazen – Williams, debido a la simplicidad de la ecuación y los valores de los coeficientes de fricción. Esta fórmula está expresada como:

$$h_f = \frac{kL}{D^{4.87}}\left(\frac{Q}{C}\right)^{1.85}$$

Donde:

h_f= *Pérdidas por fricción, en metros de columna de agua*

k= *Constante para unidades del Sistema Internacional = 10.67*

L= *Longitud de la tubería, en metros*

D= *Diámetro interior de la tubería, en metros*

Q= *Gasto, en* m^3/s

C= *Coeficiente de fricción de Hazen – Williams*

Para analizar las condiciones actuales de la red de distribución de agua de la ciudad de Reynosa, se incorporaron todos los datos recopilados del sistema, y fueron puestos en formato shapefile, desde donde se tomaron para poblar los campos necesarios solicitados en el modelo de simulación numérica. Los campos que son indispensables para poder simular el comportamiento hidráulico de la red de distribución de agua existente son:

1. Diámetros, materiales y coeficientes de rugosidad en tuberías.
2. Elevaciones en todos los elementos tipo punto (nodos, tanques, reservorios, bombas, válvulas)
3. Demandas en los nodos.
4. Dimensiones en los tanques (elevaciones de la base del depósito, elevación máxima, inicial)
5. Curvas Gasto – Carga de las bombas.

Al momento de crear el modelo, toda la información anterior quedó incorporada, con excepción de las demandas en los nodos y las curvas de las bombas. Estos dos tipos de datos se procesaron por separado.

Primero se analizaron los diámetros de la red de distribución.

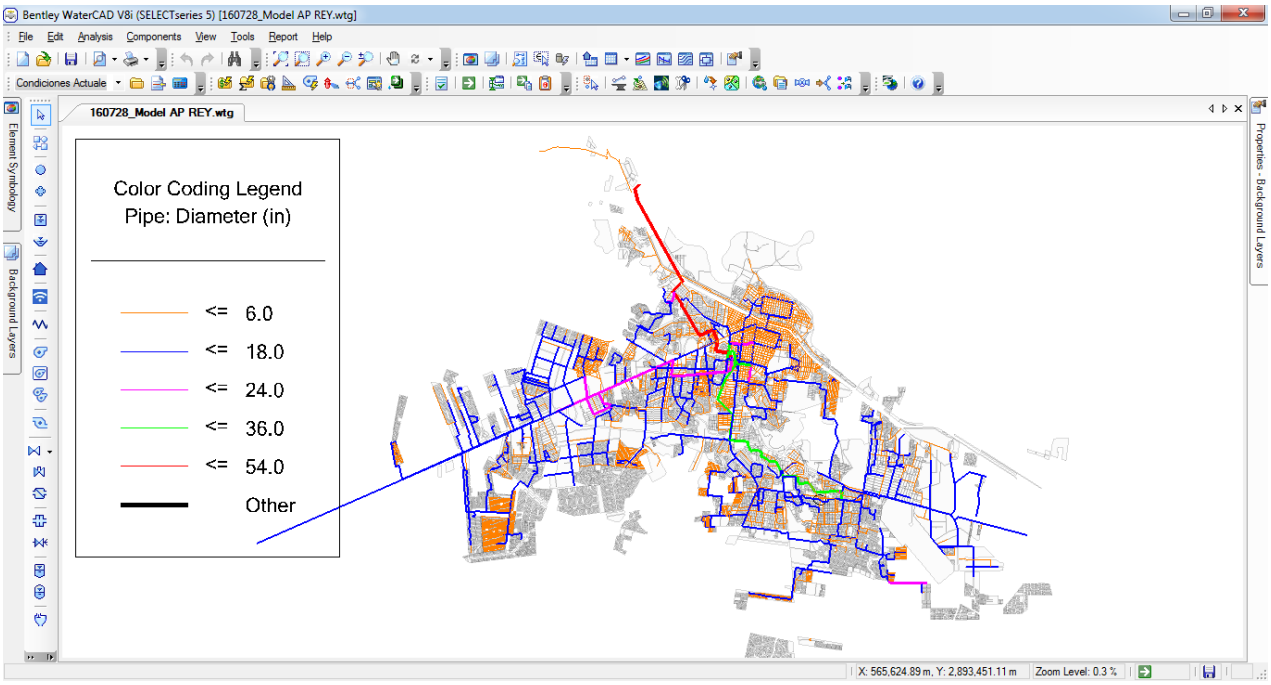


Figura 163. Diámetros de la red de distribución en condiciones actuales.

Del gráfico anterior puede observarse que en la zona centro y norte cuenta con muchos diámetros de 6”, pero también puede observarse el diámetro de 54” que baja desde la Obra de Toma Anzaldúas, así como la tubería que lleva agua cruda a la Planta Potabilizadora Benito Juárez, desde donde se abastece la zona sur y la zona este de la ciudad.

También se observa el crecimiento que se ha dado hacia la zona oeste de Reynosa, por la carretera Estatal hacia los asentamientos residenciales que han crecido hacia el norte y el sur de esta importante vialidad.

En la simulación de la red de distribución de Reynosa se utilizó un coeficiente C = 150 para las tuberías de PVC y PAD, y un coeficiente de C = 130 para el resto de materiales, como son fierro fundido, acero, concreto y asbesto cemento.

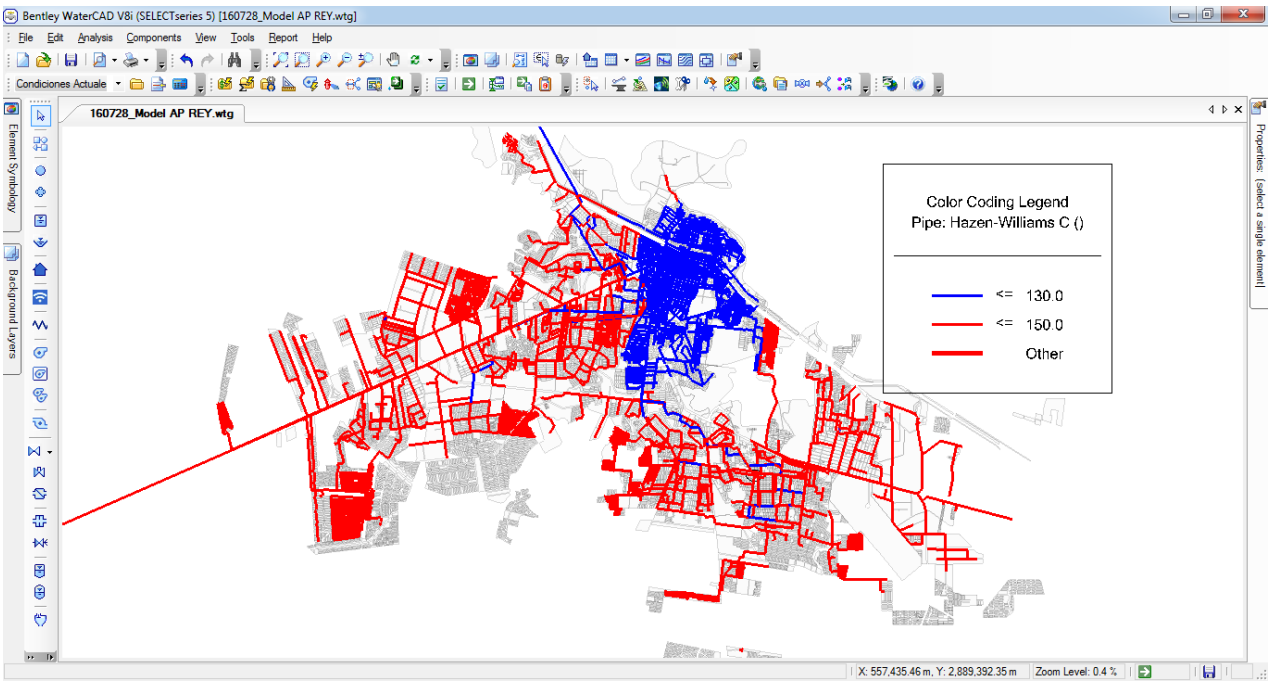


Figura 164. Coeficientes de rugosidad en la red.

En la figura anterior puede observarse claramente que la zona centro prevalecen las tuberías que cuentan con coeficientes de rugosidad de 130 (tubos de Asbesto – Cemento, Acero, Hierro dúctil, fierro fundido, etc.), es decir, tubos que no son plásticos como el PVC y el PAD.

La información topológica y física de las tuberías fue incorporada pero aún se necesita cargar los datos de las demandas en los nodos. Este dato como ya se ha mencionado se incorpora tomando en cuenta su ubicación geográfica. De esta manera, donde se tiene una mayor concentración de usuarios y demandas, se tendrán nodos con demandas mayores y esto repercute en las velocidades en las tuberías y por consiguiente en las pérdidas de energía.

Incorporación de demandas en los nodos.

Los datos de las demandas actuales en la ciudad de Reynosa fueron concentradas en un archivo shapefile de puntos a nivel de manzanas. Cada uno de estos puntos se encuentra geo referenciado, por tanto la incorporación de las demandas en los nodos tuvo una ubicación espacial determinada.

Figura 165. Incorporación de demandas en los nodos.

En estas condiciones actuales, las demandas son abastecidas mediante un sistema de cisterna y tanque, lo que significa una complejidad operativa, ya que cada cisterna necesita contar con un equipo de bombeo y por consiguiente el consumo energético también puede resultar costoso para el organismo operador.

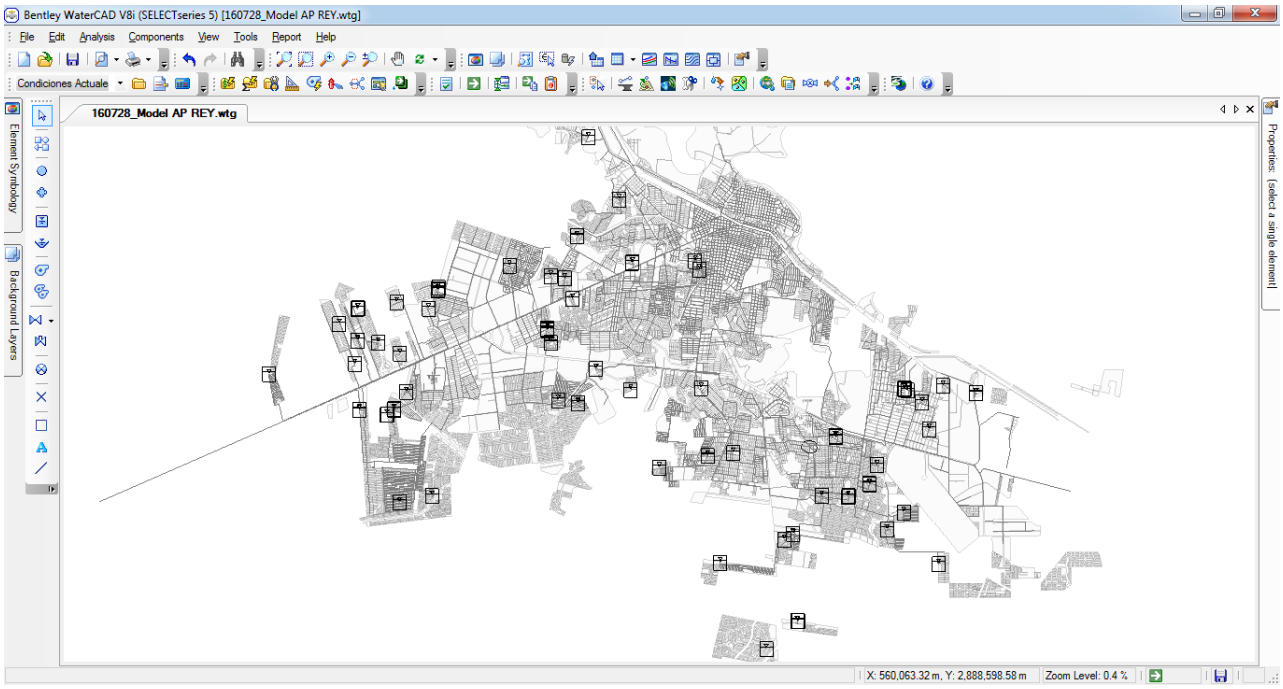


Figura 166. Tanques de almacenamiento en condiciones actuales.

Curvas Carga – Gasto de las bombas

Otro de los datos que también falta cargar es el de la curva de las bombas. Cada bomba cuenta con su propia curva de operación que relaciona el caudal que puede mandar al sistema dependiendo de la carga o presión que exista en el lado de la descarga de la bomba (resistencia del sistema)

Con relación a los equipos de bombeo, sólo se contó con mediciones de presión y caudal, pero no con las curvas completas, por lo que se tuvieron que construir en el modelo de simulación. Para esto se construyeron las curvas del sistema correspondiente y se determinó un único equipo de bombeo equivalente, para aquellas estaciones que cuentan con dos o más equipos funcionando en paralelo.

Teniendo la curva del sistema, se cruza con la curva de la bomba propuesta, la cual tiene como dato el gasto deseado. Se busca entonces que la intersección de las curvas ocurra en el punto de caudal requerido y con esto se obtiene en el eje de las ordenadas el dato de la carga que debe tener la bomba.

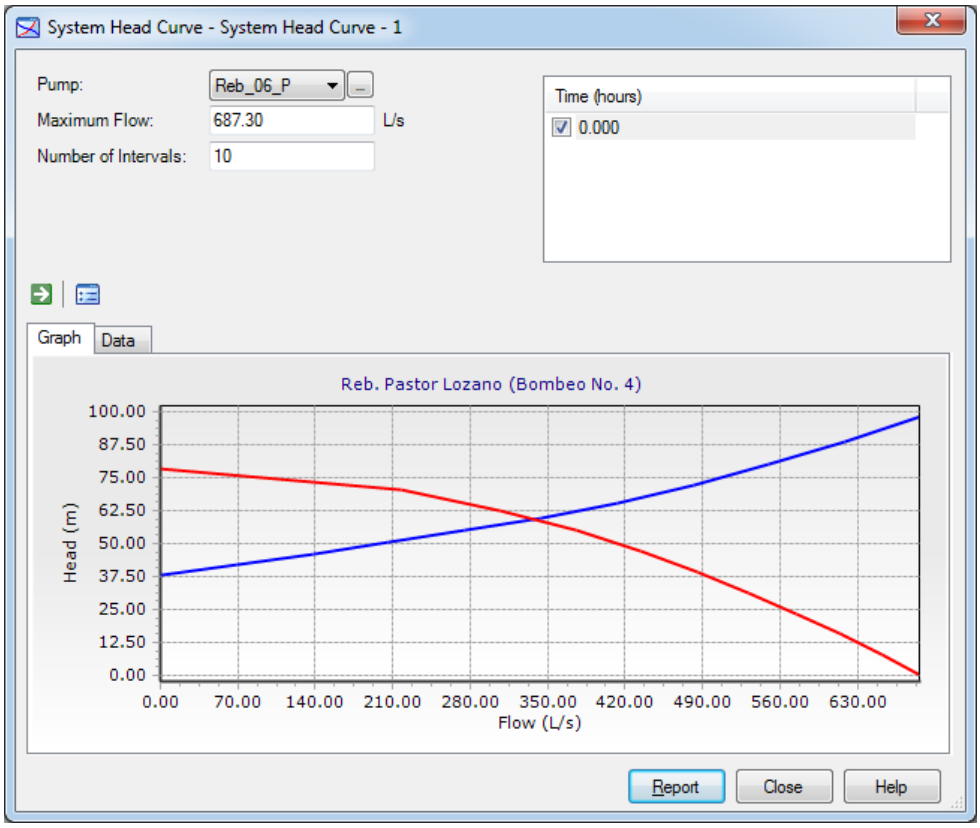


Figura 167. Curva del sistema para Rebombeo Pastor Lozano (Bombeo 4)

Este procedimiento se realizó para cada una de las estaciones de bombeo, con excepción de los bombeos de las cisternas a los tanques correspondientes, en donde se consideró como premisa que el tanque ya contaba con un nivel suficiente para dotar de agua a su zona correspondiente, es decir, se consideró que los bombeos de cisterna a tanque estaban apagados.

Una vez que se tuvo toda la información del sistema de distribución de agua de Reynosa, se procedió con la simulación numérica de la red. Los resultados que se buscan son:

1. Para los tubos: Gasto, velocidad, pérdidas por fricción, gradiente de pérdidas.
2. Para los nodos: Piezométrica, elevación, presión disponible.
3. Para las bombas: Carga y caudal de operación.

El análisis de los resultados para los tubos arroja la siguiente información:

Con relación a las velocidades en las tuberías, se tiene que, del total de la longitud de la red, que son 1,016.7 km, un 94.5% tienen velocidades menores a 1 m/s, es decir, 960.3 km de red. Tramos con velocidades mayores a 1 m/s y menores a 2 m/s representan un 5.2%, lo que equivale a una longitud de red de 52.8 km. El resto de las tuberías (0.3%) tienen velocidades mayores a los 2 m/s. Estas velocidades se presentan en algunos puntos críticos en la red, como se podrá observar en el siguiente gráfico.

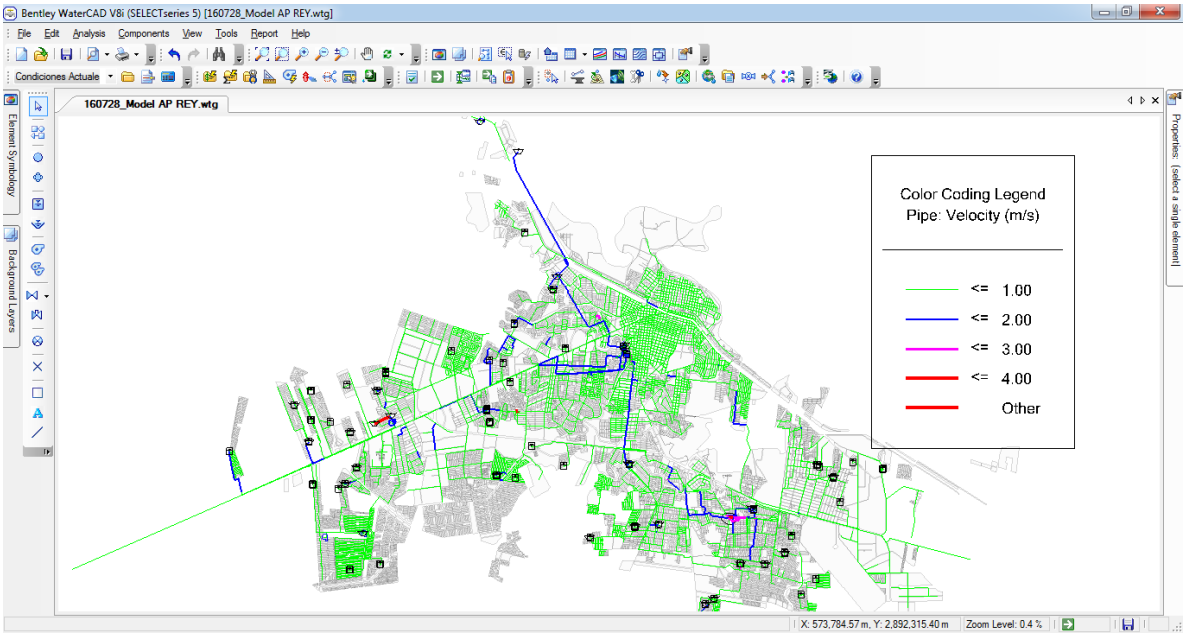


Figura 168. Velocidades en el sistema de distribución. Condiciones Actuales.

Los gastos que se presentan en el sistema de distribución están relacionados con la velocidad y los diámetros de las tuberías. En la figura siguiente se muestra la distribución de caudales en el sistema.

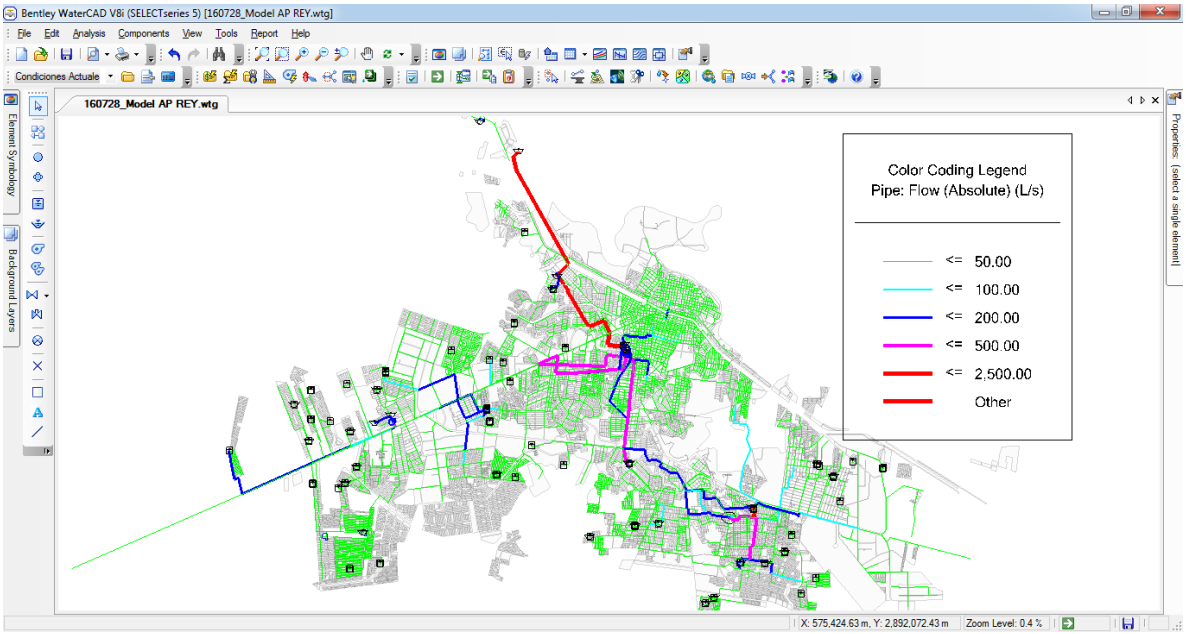


Figura 169. Gastos en el sistema de distribución. Condiciones Actuales.

Los resultados de la simulación en condiciones actuales para los nodos muestran variaciones de presión importantes, ya que se tienen zonas con presiones de más de 50 metros de columna de agua, principalmente cerca de las estaciones de bombeo, pero también hay zonas con presiones menores a los 10 metros de columna de agua.

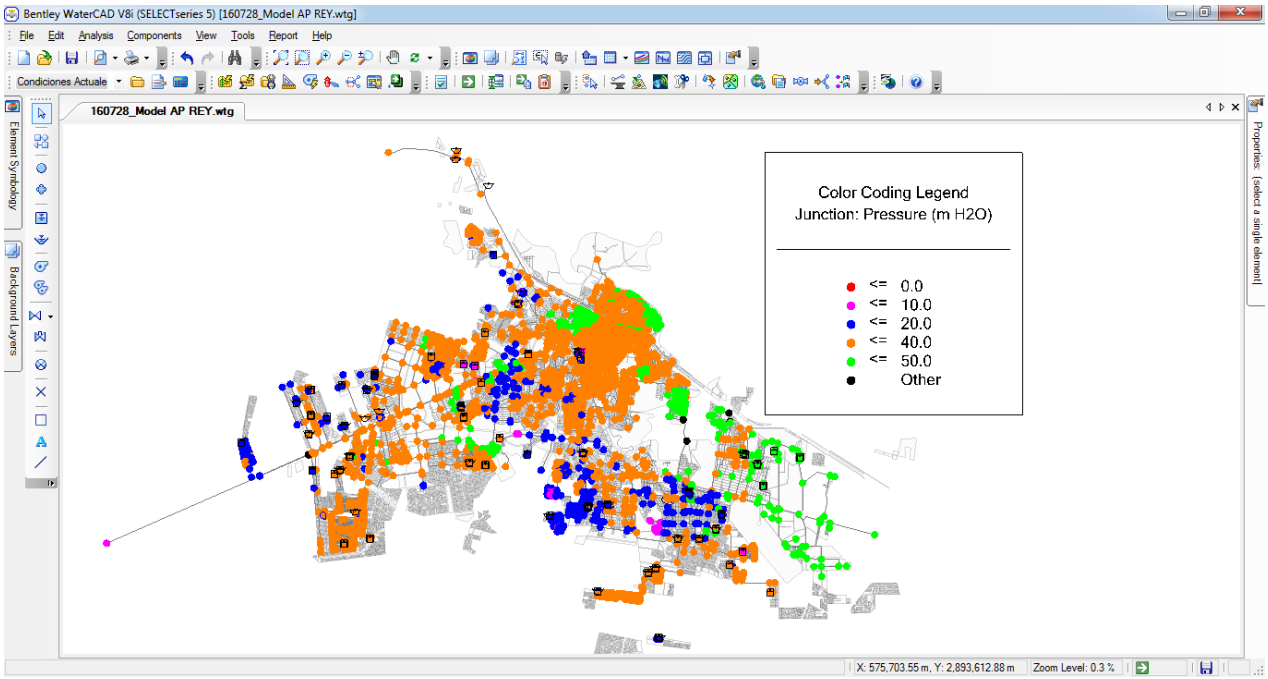


Figura 170. Presiones en el sistema de distribución. Condiciones Actuales.

Esta distribución de presiones en el sistema, es el resultado de contar con bombeos directos a la red de distribución y una falta de sectorización bien delimitada. Los bombeos directos a red que se tienen en la red

de Reynosa son en su mayoría por contar con tanques fuera de operación. Los bombeos directos a red no son recomendables porque se tienen variaciones significativas en las presiones, lo que provoca que se incremente la incidencia de fugas, sobre todo en los puntos en donde se tienen las conexiones de las tomas domiciliarias.

Continuando con la evaluación de los resultados de la simulación en condiciones actuales, y en lo que respecta a las bombas, éstas se simularon con un solo elemento en cada estación de bombeo, y para calcular la potencia teórica instalada se consideró una eficiencia del 50% en todas las bombas.

En la siguiente tabla se detallan los equipos de bombeo, con sus datos de carga y caudal, así como la eficiencia y finalmente la potencia de la bomba, en caballos de fuerza.

Tabla 117. Datos de las bombas. Condiciones Actuales.

Bomba	Nombre	Elev Bomba (m)	Estado (Inicial)	Gasto (L/s)	Carga (m)	Efic (%)	Potencia Bomba (HP)
Reb_01_G	Reb_01-Nuevo México	70.12	On	17.31	26.73	50	12.2
Reb_02_P	Reb_02-PLoz-BJuarez	46.23	On	194.26	1.69	50	8.6
Reb_03_P	Reb_03-PLoz-C_Ote-Pte	47.55	On	395.53	25.78	50	268.3
Reb_04_P	Reb_04-PLoz-Pemex_Purific	47.62	On	242.21	31.3	50	199.5
Reb_05_P	Reb_05-PLoz-Granjas	47.5	On	233.05	31.63	50	194.0
Reb_06_P	Reb_06-PLoz-Jarachinas	47.88	On	339.22	59.28	50	529.1
Reb_07_G	Reb_07-Granjas C1	62.19	On	44.74	18.42	50	21.7
Reb_08_G	Reb_08-Granjas C2	62.18	On	19.91	0.12	50	0.1
Reb_09_G	Reb_09-Granjas C3	62.31	On	93	1.8	50	4.4
Reb_10_G	Reb_10-Tanque 1 Jarachinas	64.35	On	168.69	35.32	50	156.8
Reb_11_G	Reb_11-Tanque 2 Jarachinas	63.95	On	182.13	24.1	50	115.5
Reb_12_G	Reb_12-Tanque 3 Jarachinas	63.21	On	152	32.97	50	131.9
Reb_13_JP	Reb_13-Juarez - Purificación	47.92	Off	0	0	50	0.0
Reb_14_RG	Reb_14-Rancho Grande	49.22	On	100.31	1.69	50	4.5
Reb_15_G	Reb_15-San Valentín	75.8	On	2.14	19.77	50	1.1
RG-Las Haciendas	Reb_Rancho Gde - Las Haciendas	48.57	On	42.08	21.94	50	24.3
RG-Red	Reb_Rancho Grande - Red	48.41	On	39.51	20.16	50	21.0
Cavazos	Reb_Cavazos	39.09	On	1.02	26.39	50	0.7
Reb_Cisterna-Benito Juárez	Reb_PP-Juarez	44.5	On	898.57	41.4	50	978.9

También, para cada una de las bombas se obtuvieron sus gráficos de operación en donde puede observarse la curva que relaciona un gasto con un caudal, y la línea de operación que está sucediendo en el momento del análisis hidráulico.

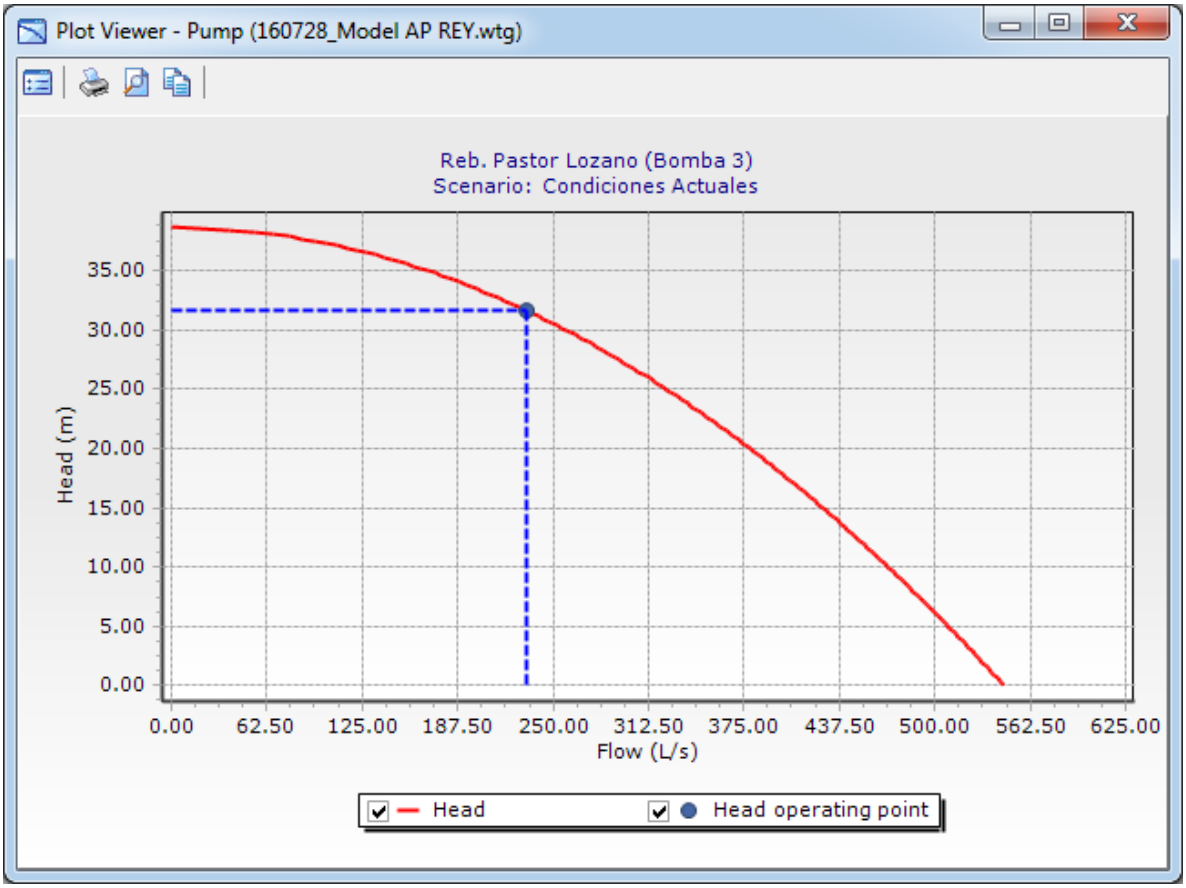


Figura 171. Curva de la bomba con punto de operación. Condiciones Actuales.

En la siguiente figura se hace un rastreo hacia aguas abajo del rebombeo del tanque 1 en la estación Jarachina.

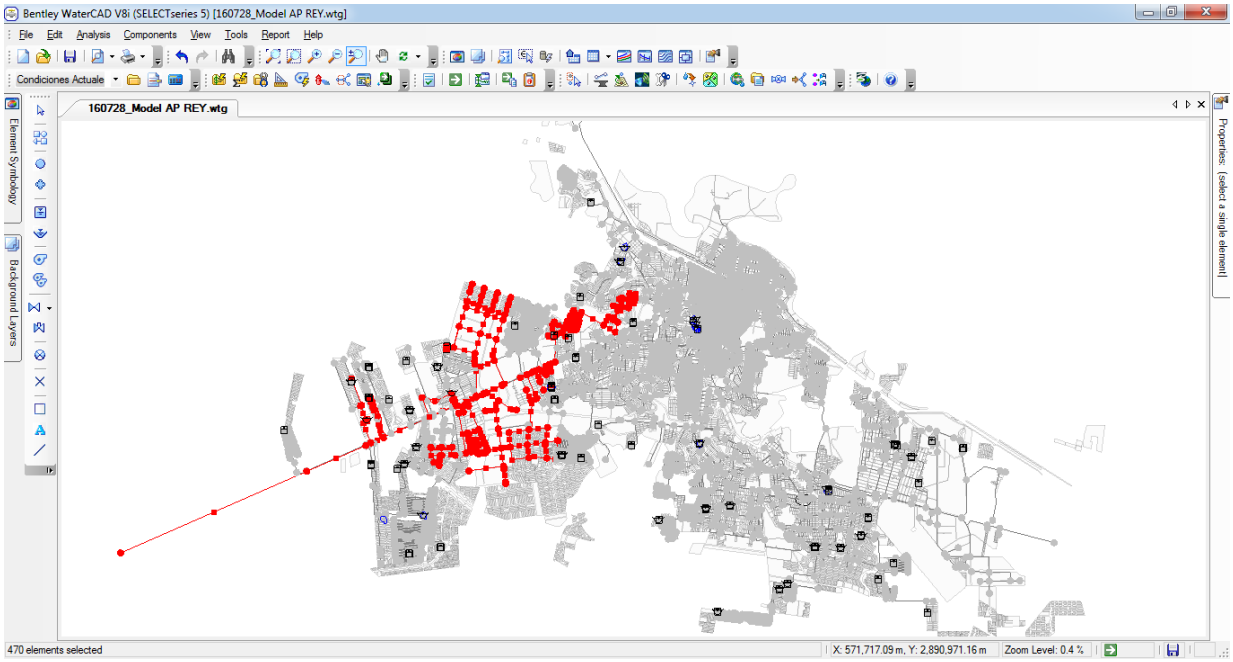


Figura 172. Rastreo aguas abajo del rebombeo del Tanque 1 Jarachina. Condiciones Actuales.

En esta figura se observa que la estación de bombeo del tanque 1 en Jarachina, inyecta el agua directamente a la red de distribución. Y así como se encuentra esta estación de bombeo, otras zonas de la red están sufriendo los cambios de presión por los paros y arranques de estos equipos. La zona marcada en esta figura es una de las zonas que cuenta con presiones de entre 20 y 40 metros de columna de agua.

En el presente trabajo se estará proponiendo la sectorización de la red de distribución, mediante la implementación de bombeos directos a tanques, sin conexiones a red, con lo que se estarán mejorando las condiciones de presión del sistema, debido a que los tanques proporcionan una presión constante o con variaciones mínimas, además de la instalación de válvulas de corte para delimitar hidráulicamente cada uno de los sectores. Este trabajo se estará describiendo en capítulos posteriores.

Con el propósito de que los resultados obtenidos en la modelación del sistema de agua potable que opera la COMAPA en condiciones actuales, sean más entendibles y puntuales, se presenta a continuación dichos resultados en tablas y planos.

En primer lugar se presenta la situación hidráulica respecto a los gradientes hidráulicos con los que funcionan las líneas principales, el cual exponen el nivel de pérdidas por fricción que se tienen, mismas que dependen del gasto que se bombea, del diámetro del conducto y del material que determina el grado de resistencia que tienen las paredes de los tubos al flujo del agua (coeficiente de rugosidad). En la siguiente figura y tabla se presenta la longitud de las líneas analizadas en el modelo agrupadas por niveles de gradientes hidráulicos.

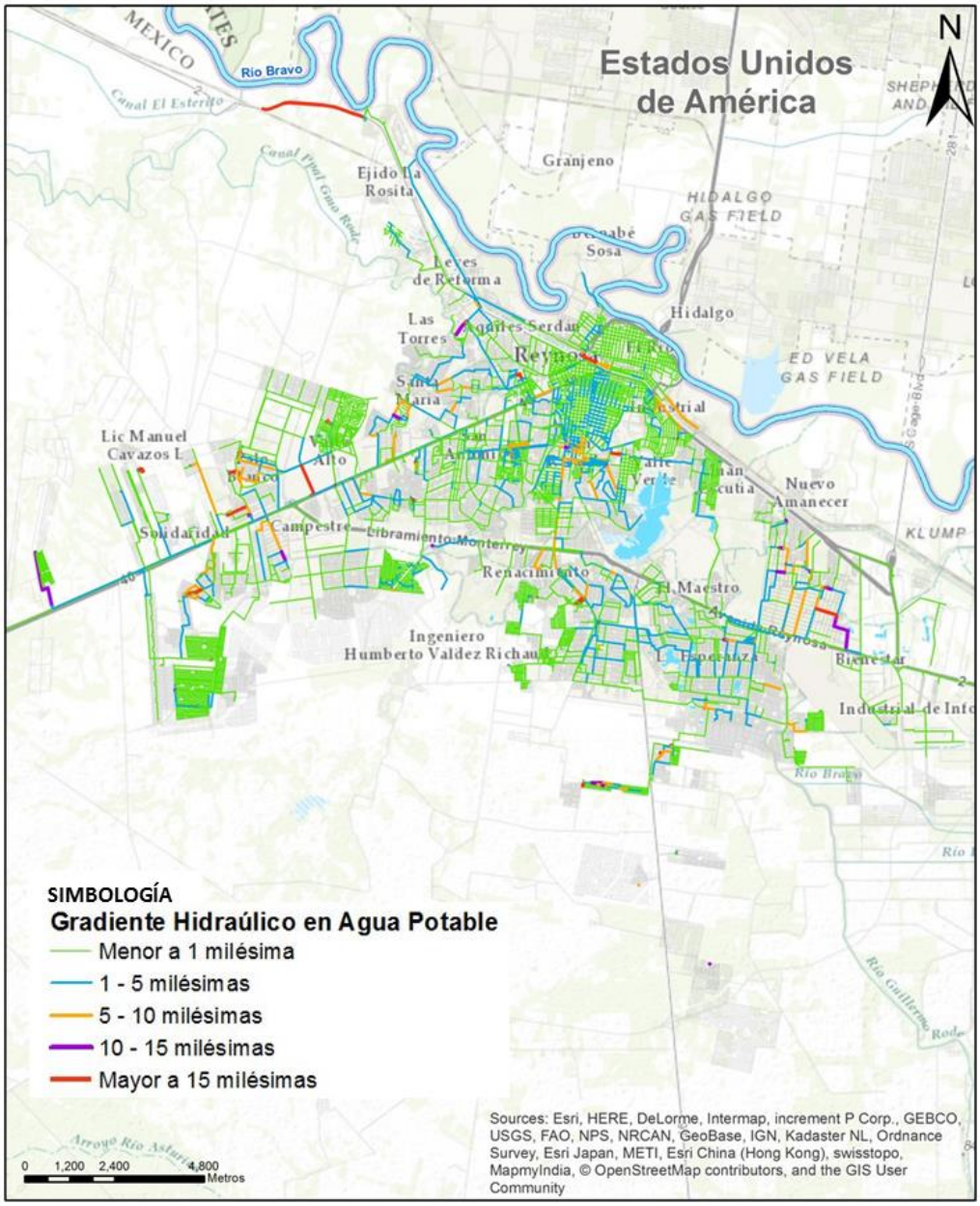


Figura 173. Gradientes hidráulicos en las líneas de impulsión

Tabla 118. Gradientes hidráulicos en las Líneas principales

Gradiente Hidráulico	Longitud (km)	%
Menor a 1 milésima	760.43	74.8%
1 a 5 milésimas	200.11	19.7%
De 5 a 10 milésimas	41.15	4.0%
10 a 15 milésimas	5.34	0.5%
Mayor a 15 milésimas	9.73	1.0%
TOTAL	**1,016.77**	**100.0%**

De la tabla anterior se observa que 760 Km de las líneas principales (75%) tienen un gradiente hidráulico de menos de 1 milésima, lo que representa que se pierde por fricción 1 metro por cada kilómetro, lo cual es un valor muy aceptable y significa que el diámetro de las líneas es el adecuado, así como el material, pero también existen 242 Km (24%) de líneas que presentan un gradiente hidráulico de entre 1 a 10 milésimas, lo que representa que se pierde por fricción de 1 a 10 metros por cada kilómetro de línea, lo cual es un valor no muy aceptable y significa que el diámetro pudiera no ser el adecuado para el gasto que se transporta y que muy probablemente sean de A-C con un coeficiente de rugosidad mayor y por último existen 15 Km (1.5%) de las líneas que se pierde por fricción de 10 a 15 metros por cada kilómetro de línea, lo cual es un valor nada aceptable y significa que el diámetro no es el adecuado para el gasto que se transporta y que muy probablemente sean de Fo. Fo con alto grado de incrustaciones lo que genera que se incremente la resistencia al flujo del agua, provocando una mayor pérdida de carga (presión). En la siguiente figura se muestra las líneas con mayor pérdida de carga.



Figura 174. Líneas de agua con mayor pérdida de carga

En segundo lugar se presenta la situación hidráulica que prevalece respecto a las presiones que se manejan en la red conforme a la operación actual, que se basa en bombeos a partir de los tanques de agua clara de las plantas potabilizadoras hacia algunos rebombeos y/o tanques de regulación y de bombeos directos a la red de distribución de las potabilizadoras o de los pozos profundos con los que se cuentan.

Esta situación se generó a partir de los resultados del modelo de simulación, el cual se ajustó en gabinete para tratar de igual las presiones que según la información proporcionada por la COMAPA existen en los sectores de distribución, ya que no estaba prevista en el contrato la calibración del modelo con trabajos de mediciones en campo, además de que el resultado obedece a una modelación estática porque así estaba establecido en los alcances del estudio y no dinámica en la cual se considera el comportamiento de la demanda horaria que impacta en el las presiones que se tiene en la red, motivo por el cual los resultados de esta situación hidráulica deben tomarse con las reservas del caso.

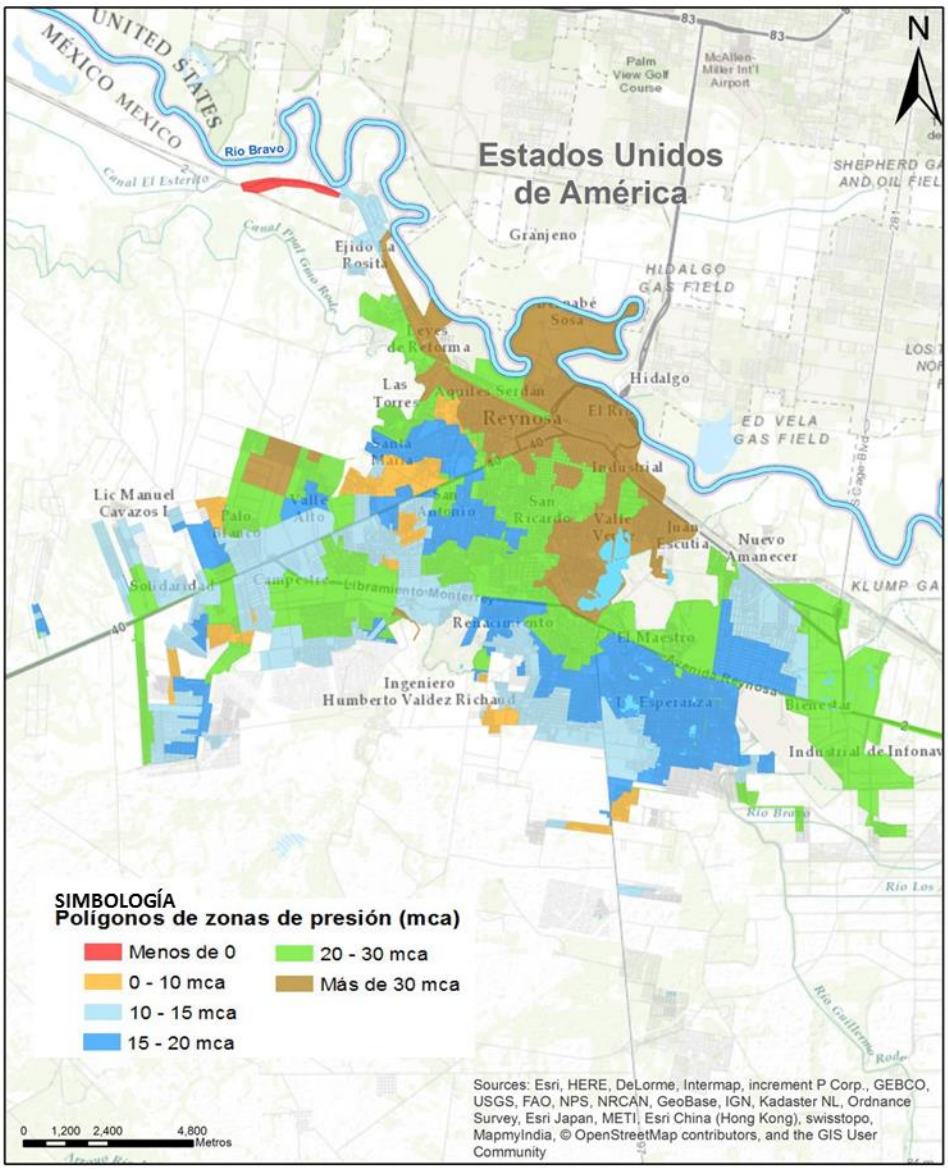


Figura 175. Presiones en la red de acuerdo a la modelación hidráulica

Tabla 119. Presiones en la red de acuerdo al modelo de simulación

Zonas de Presión (mca)	Longitud de la tubería		Superficie	
	(km)	%	(ha)	%
Menor a 0	2.81	0.3%	75.0	0.5%
0 a 10 mca	53.65	5.3%	629.0	4.2%
10 a 15 mca	191.72	18.9%	3,329.7	22.0%
15 a 20 mca	221.84	21.8%	2,850.2	18.9%
20 a 30 mca	327.71	32.2%	5,312.4	35.2%
Mayor a 30 mca	219.03	21.5%	2,913.2	19.3%
TOTAL	**1016.77**	**100.0%**	**15,109.5**	**100.0%**

Como se observa estas dos situaciones hidráulicas son realmente el problema que presenta el sistema de agua potable, que debido a que existen tuberías con diámetros y materiales inadecuados se genera una gran pérdida de carga que provoca que se bombé con mayor potencia, lo que genera a su vez un mayor consumo de kWh que provoca un mayor costo de operación por consumo de energía eléctrica. Así como entregar el agua en los sitios más alejados o altos de la ciudad con mínimas presiones o en algunos casos sin poderla entregar a su destino, obligando a la COMAPA a proporcionar el servicio tandeado, requiriendo de llevar a cabo maniobras en las válvulas para permitir que el agua bajo otra condición de operación llegue a estos puntos alejados y elevados con respecto a las plantas potabilizadoras y en particular a la planta potabilizadora Pastor Lozano.

Por último se presentan los resultados de la capacidad de los equipos de bombeo (hp) calculadas con el modelo de simulación para bombear el gasto máximo diario en las condiciones actuales de cada estación de bombeo, partiendo de la suposición de que los equipos que están instalados deben tener una eficiencia electromecánica del orden del 60%. Además se presenta el cálculo del consumo en kWh a partir de la suposición de que el equipo opera las 24 horas del día, así como el costo de energía eléctrica al año.

Tabla 120. Consumos de kWh y Energía eléctrica de las EB de acuerdo al modelo de simulación

No.	ID	Nombre	Status	Elevación (m s.n.m)	Datos (WaterGEMS)			Potencias y Costos de Operación		
					Gasto Máximo Diario (L/s)	Carga Dinámica Total (m)	Eficiencia	Potencia Simulación (hp)	Consumo E.E. Equipo 1 (kWh)	Importe facturado $/día
1	AP-1	Nuevo México	OP	70.12	**19.26**	**13.14**	60%	**6.0**	39,194	75,111
2	AP2	P.P Lozano Reb. a Pta.B.Jußrez	OP	46.23	**194.26**	**1.69**	60%	**7.5**	48,992	85,478
3	AP5	P. Pastor Lozano (Bombeo No. 1)	OP	47.55	**310.21**	**25.98**	60%	**180.0**	1,175,820	1,959,006
4	AP6	P. Pastor Lozano (Bombeo No. 2)	OP	47.62	**385.90**	**26.64**	60%	**225.0**	1,469,775	2,447,753
5	AP7	P. Pastor Lozano (Bombeo 3)	OP	47.50	**352.58**	**27.38**	60%	**215.0**	1,404,451	2,339,142
6	AP8	P. Pastor Lozano (Bombeo 4)	OP	47.88	**390.59**	**37.28**	60%	**320.0**	2,090,346	3,479,551
7	AP15-1	Granjas C1	OP	62.19	**28.47**	**55.07**	60%	**35.0**	228,632	384,157

No.	ID	Nombre	Status	Elevación (m s.n.m)	Datos (WaterGEMS)			Potencias y Costos de Operación		
					Gasto Máximo Diario (L/s)	Carga Dinámica Total (m)	Eficiencia	Potencia Simulación (hp)	Consumo E.E. Equipo 1 (kWh)	Importe facturado $/día
8	AP15-2	Granjas C2	**F.O**	62.18	**28.47**	**0.00**	60%	**0.0**	0.00	4,021
9	AP15-3	Granjas C3	OP	62.31	**93.80**	**17.86**	60%	**40.0**	261,293	438,462
10	AP21-1	TQ1. Jarachina	OP	64.35	**216.23**	**15.16**	60%	**75.0**	489,925	818,598
11	AP21-2	TQ2. Jarachina	OP	63.95	**218.80**	**13.93**	60%	**67.5**	440,932	737,140
12	AP21-3	TQ3. Jarachina	OP	63.21	**223.05**	**11.86**	60%	**60.0**	391,940	655,683
13	AP27	Juárez	OP	47.92	**220.65**	**27.57**	60%	**135.0**	881,865	1,470,260
14	AP48	Rancho Grande	OP	49.22	**167.10**	**3.95**	60%	**15.0**	97,985	166,936
15	AP64	San Valentín 2	OP	75.80	**2.14**	**19.77**	60%	**1.0**	6,532	14,882
16	AP47/ PP3 N	Rancho Gde. a Las Haciendas	OP	48.57	**34.13**	**23.56**	60%	**20.0**	130,647	221,241
17	AP47/ PP3 S	Rancho Gde. a la Red	OP	48.41	**55.42**	**13.87**	60%	**17.5**	114,316	194,089
18	AP43/ PP5	Cavazos	OP	39.09	**5.02**	**9.97**	60%	**1.5**	9,799	20,312
Total					**2,946.8**			**1,421**	**9,282,444**	**15,511,822**

Como se observa en la tabla anterior para bombear el gasto máximo diario de las estaciones de bombeo que forman parte esencial del sistema de agua potable de la ciudad de Reynosa, se requiere de equipos por un total de 1,421 HP, los cuales estarían consumiendo un total de 9, 282,444 kWh al año, lo que representa un gasto por concepto de energía eléctrica de $15.51 millones de pesos al año.

Para mayor detalle de los cálculos efectuados de las demandas por zona de influencia y la modelación de agua potable en condiciones actuales en WaterGEMS, consultar el anexo 4 y 9.

2.4.2. Alcantarillado

Cobertura

Para la definición y determinación de la cobertura de alcantarillado de la ciudad de Reynosa, se partió de los resultados definitivos del XII Censo de Población y Vivienda del INEGI 2010 publicados en marzo del 2011. Es por esto que resulta conveniente hacer referencia en esta parte del informe de las claves que emplea el INEGI, con sus respectivas descripciones, respecto a los indicadores involucrados en la determinación de la cobertura de alcantarillado.

- VIVPAR_HAB.- Viviendas particulares habitadas de cualquier clase: casa independiente, departamento en edificio, vivienda o cuarto en vecindad, vivienda o cuarto en azotea, local no construido para habitación, vivienda móvil, refugios o clase no especificada. Excluye a las viviendas particulares sin información de ocupantes.
- PROM_OCUP.- Promedio de ocupantes en viviendas particulares habitadas, que resulta de dividir el número de personas que residen en viviendas particulares habitadas, entre el número de esas viviendas.
- VPH_DRENAJ.- Viviendas particulares habitadas que disponen de drenaje conectado a la red pública, fosa séptica, barranca, grieta, río, lago o mar.
- VPH_NODREN.- Viviendas particulares habitadas que no disponen de drenaje.

Del análisis de esta información se desprende que de acuerdo con los resultados del XII Censo de Población y Vivienda INEGI 2010, la ciudad de Reynosa contaba en el año 2010 con una población de 589,466 habitantes, que habitaban en 148,125 viviendas.

Tabla 121. Población y viviendas del Centro de Población de la Ciudad de Reynosa, según datos oficiales del INEGI

No.	Ciudad de Reynosa	Viviendas Particulares Habitadas 2010	Población 2010
1	Reynosa	148,125	589,466
Total		**148,125**	**589,466**

Fuente: XII Censo de Población y Vivienda de INEGI 2010

Tabla 122. Cobertura de drenaje según datos oficiales del INEGI

No.	Ciudad de Reynosa	Cobertura (%)			
		VIVPAR_HAB	VPH_DRENAJ	VPH_NODREN	Cobertura Drenaje
1	Reynosa	148,125	139,526	5,237	94.2%
Total		**148,125**	**139,526**	**5,237**	**94.2%**

Fuente: XII Censo de Población y Vivienda de INEGI 2010

En la tabla anterior se observa que en el año 2010 en la ciudad de Reynosa la cobertura de drenaje conectado a la red pública, fosa séptica, barranca, grieta, río, lago o mar, era del 94.2%, que es un valor superior a la cobertura media nacional urbana de alcantarillado (90.5%) y la estatal para Tamaulipas (88.5%)

para diciembre 2011 (Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, CONAGUA Edición 2013).

De esta forma se tiene que en la ciudad de Reynosa de las 148,125 viviendas habitadas existen 5,237 viviendas (5.8%) que no cuentan con drenaje. No obstante, este porcentaje podría aumentar si sólo se contabilizarán las viviendas que están conectadas formalmente al alcantarillado sanitario.

En la siguiente tabla se presenta un resumen de la cobertura del servicio de drenaje de la Ciudad de Reynosa de acuerdo con los datos oficiales de INEGI.

Tabla 123. Cobertura de drenaje según datos oficiales de INEGI

Nombre de ciudad	Población 2010	Cobertura (%)		Población	
		Con Drenaje	Sin Drenaje	Con Drenaje	Sin Drenaje
Ciudad de Reynosa	589,466	94.2%	5.8%	555,246	34,220

Fuente: XII Censo de Población y Vivienda de INEGI 2010

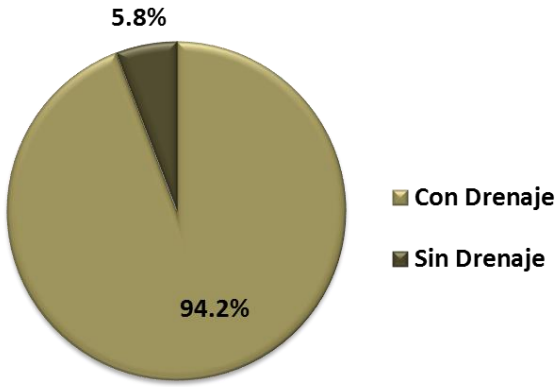


Figura 176. Cobertura del servicio de drenaje en la ciudad de Reynosa, Tamp.

Fuente: XII Censo de Población y Vivienda de INEGI 2010

A continuación se presenta los datos actualizados (2014) de las zonas que no cuentan con un sistema formal de recolección y alejamiento de las aguas negras que genera la población asentada en algunas colonias de la ciudad de Reynosa, Tamps., de acuerdo a la información proporcionada por la COMAPA.

Tabla 124. Cobertura en superficie del servicio de alcantarillado

Nombre	Superficie (ha)
Con servicio de alcantarillado	15,940
Sin servicio de alcantarillado	1,513
Total	**17,453**

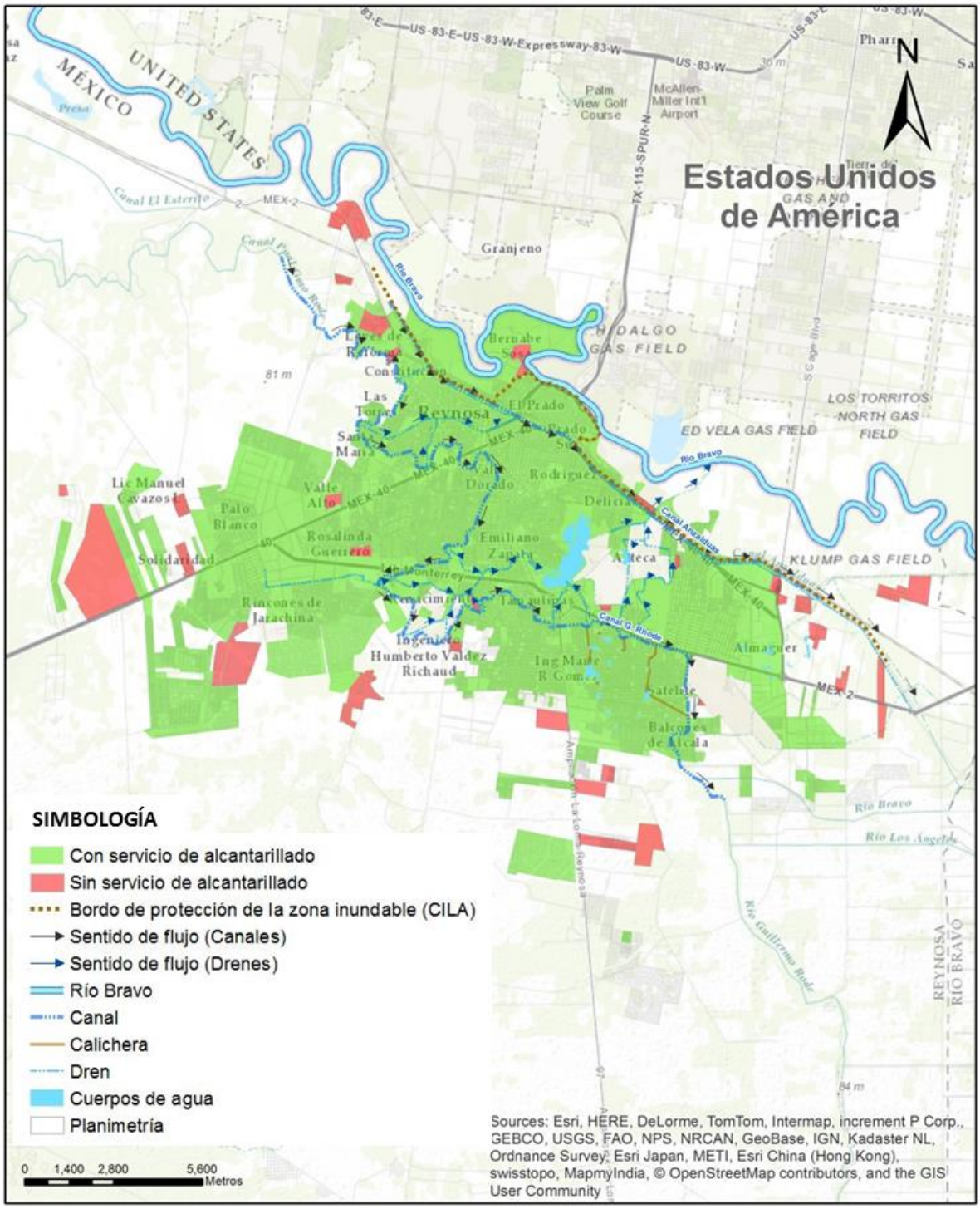


Figura 177. Cobertura del servicio de alcantarillado en Reynosa

En la siguiente tabla se presenta un listado de 35 colonias que no cuentan con el servicio de alcantarillado, con información de la superficie que ocupan en Ha., y la longitud de sus calles en Km., de acuerdo con la cartografía de la ciudad.

Tabla 125. Colonias sin servicio de alcantarillado

ID	Nombre Asentamiento	Superficie (ha)	Longitud de Red (Eje calle) (Km.)
1	Los Cavazos	52.63	9.46
2	Parque Industrial Maquilpark	47.67	3.78
3	Actrices Mexicanas	14.59	4.41
4	Las Haciendas	50.46	7.15
5	Ejido Rancho grande 1	12.67	1.72
8	Canterías	19.97	1.57
9	Unidad Y Esfuerzo	26.51	6.72
10	Loma Bonita - Unidad Y Esfuerzo	33.70	9.25
11	Alta Vista	466.78	4.20
12	Fracc. San Ángel	9.20	1.27
13	Santa Lucia	53.59	14.71
14	Nuevo Santander	137.89	34.26
15	Fracc. Vista Linda	19.90	0.77
16	Laderas De Monterreal	99.05	28.43
17	Col. Ayuntamiento	14.24	4.92
18	Jacinto Lopez Sur	8.16	2.91
20	1o. De Mayo	7.75	3.08
21	Valles Del Sol	6.66	1.29
22	Parque Industrial Kim Corey	59.13	2.52
23	Los Olivos	19.83	4.50
24	La Retama	44.07	2.70
25	Valle Soleado	55.17	12.16
26	Fracc. Los Cipreses	88.90	1.26
27	Valle Escondido	3.04	1.63
28	Puente Internacional	16.50	2.17
29	Fracc. Puente Nuevo	8.60	1.53
30	Campestre Del Lago	27.32	8.55
31	Ejido El "Guerreño"	30.25	3.83
32	Club Deportivo Mediterráneo	9.55	0.73
33	C.N.A	10.78	0.33
34	Parque Industrial Pharr Bridge Prologis	25.65	0.81
35	Eco Parque Industrial	32.54	1.83
TOTAL		**1,512.73**	**184.46**

Es importante señalar que existen otras 5 colonias sin servicio de alcantarillado que se ubican del otro lado del bordo de protección, es decir, en la zona inundable establecida por la CILA, las cuales en este estudio no se consideran viables para equiparlas con los servicios de agua potable y alcantarillado por el riesgo que representa que se ubiquen en una zona vulnerable, dichas colonias son: Bernabe Sosa (Ejido Los Longoria), Álvaro Obregón, Nuevo Tamaulipas, Santa Ana Ejido, Fracc. Santa Ana.

Redes de atarjeas

La red de atarjeas constituye un componente muy importante del sistema de recolección de las aguas residuales ya que es la parte que conecta las descargas domiciliarias con los colectores que concentran el agua residual para su conducción hasta el sitio de su disposición final, de esta forma se tiene que el sistema de alcantarillado residual inicia en la descarga domiciliaria del albañal y termina en el vertido del agua residual a un cuerpo receptor propiedad de la Nación, previo tratamiento, para cumplir con las obligaciones establecidas en el permiso de descarga correspondiente, según lo instituye la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento.

En cuanto a los atributos de la red de atarjeas como son longitudes, diámetros y materiales que componen el sistema de recolección de aguas residuales en la ciudad, la COMAPA no proporcionó información al respecto. Por lo que únicamente señalaremos que gran parte del sistema de alcantarillado tiene más de 40 años de antigüedad, razón por la cual opera con serios problemas de corrosión y azolve.

En la siguiente figura se presenta un diagrama de flujo que representa el origen y las consecuencias de los problemas que se presentan en el sistema de drenaje de la ciudad de Reynosa:

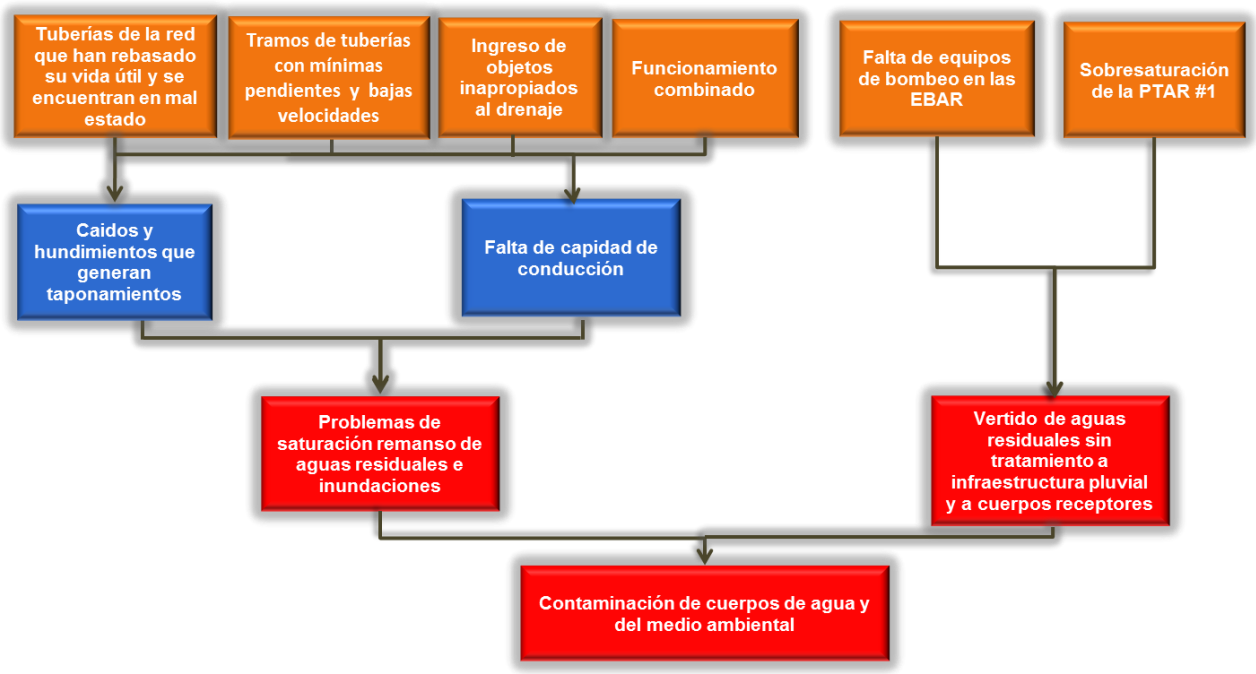


Figura 178. Fallas y consecuencias más comunes en el Sistema de Alcantarillado

De acuerdo con la figura anterior, se puede señalar que el grave problema que tiene el sistema de recolección de aguas residuales que opera la COMAPA es la saturación de las líneas, que generan remansos, desbordamientos en pozos y coladeras e inundaciones, estas últimas a veces producidas por la misma saturación de la red y otras veces producidas por la falta de equipos suficientes en las estaciones de bombeo que obligan a inundar los predios de las zonas aledañas.



Figura 179. Desbordamiento de pozos

Como también se puede apreciar en la figura anterior la causa de la saturación de las líneas de drenaje tienen tres orígenes:

1. Los caídos ocasionados por la corrosión en las claves de los tubos, producida en primer lugar por la antigüedad de los conductos y en segundo lugar por las bajas velocidades del flujo del agua debido a las reducidas pendientes con las que se construyeron, lo cual provoca una mayor exposición de las paredes de los tubos a los gases agresivos que generan la corrosión del concreto de las paredes de los tubos al grado de desaparecerlos, permitido el ingreso de tierra al conducto, sobre todo en época de lluvias cuando se ablanda el material del subsuelo, lo cual genera taponamientos que a su vez forman remansos y desbordamientos en pozos y coladeras

2. Redes de drenaje que están limitadas en su capacidad de conducción, por los diámetros y las condiciones topográficas de la región, ya que se construyeron con mínimas pendientes que ahora restringen la capacidad de desalojo de las aguas residuales de colonias aledañas conectadas a esas tuberías.

3. Ingreso de objetos inapropiados a las tuberías como el caso de tierra de calles no pavimentadas que son arrastradas por la lluvia y raíces de árboles aledaños a los tubos.

En este sentido, se puede señalar que más del 50% de los pozos de visita del sistema de alcantarillado se encuentran saturados con una carga hidráulica que hace que trabajen a presión, además de que es imposible ver la clave y el arrastre de los tubos, situación en el sistema que ha ido aumentando año tras año por la falta de mantenimiento preventivo y correctivo a las redes de drenaje, como por la falta de programas intensivos y vastos de reparación de caídos y sustitución de tuberías deterioradas, sin demeritar las inversiones que la COMAPA ha ejercido para llevar a cabo algunas obras de sustituciones de tuberías colapsadas o muy deterioradas.

En las siguientes figuras y tablas se presenta la información de los caídos existentes en el sistema de alcantarillado, los cuales no han sido atendidos por falta de recursos económicos, así como las zonas identificadas con tuberías deterioradas y muy deterioradas.

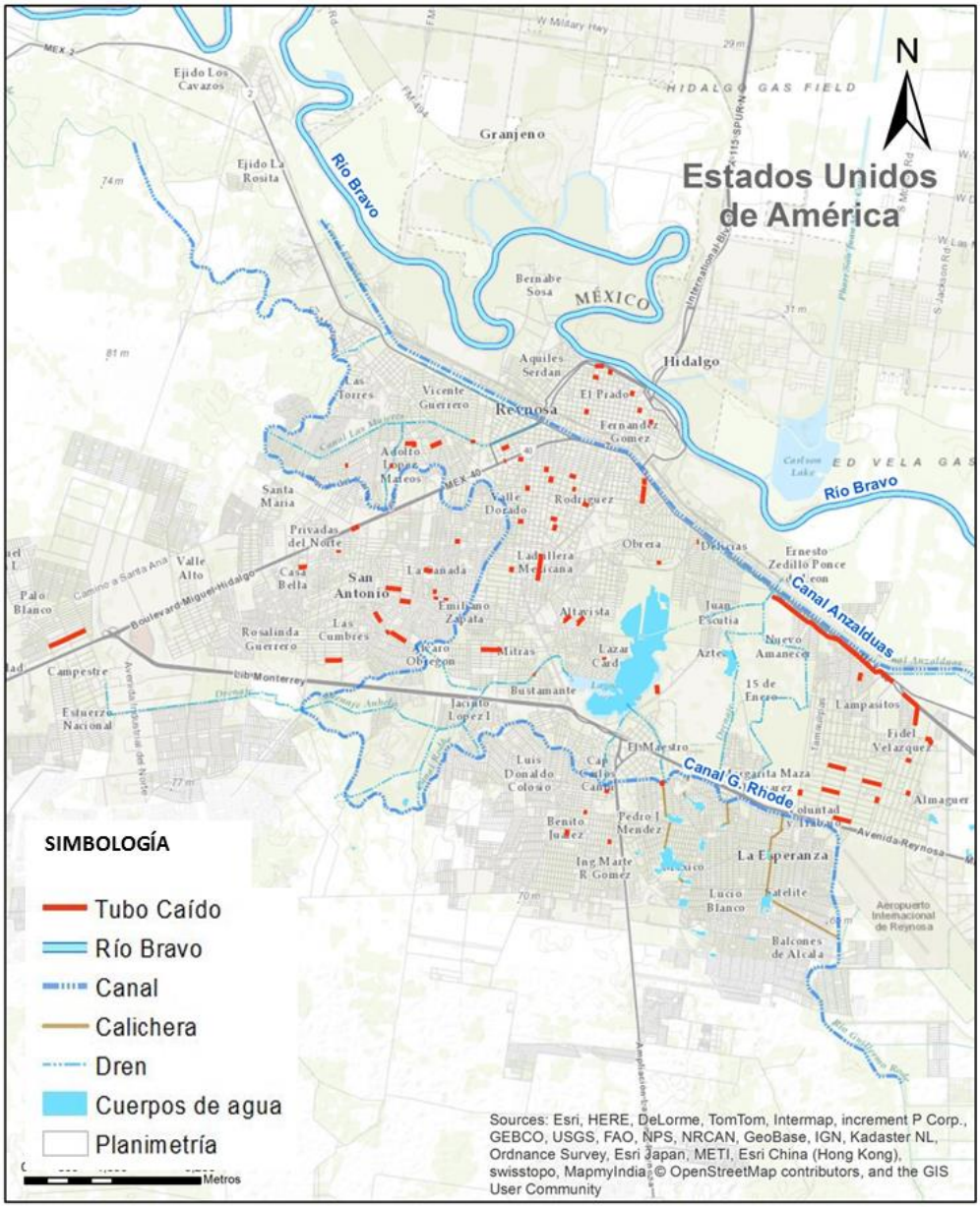


Figura 180. Caídos existentes no corregidos por la COMAPA

Tabla 126. Longitud de caídos por diámetro

Zona	Longitud (Km) de Diámetros (cm)								Total
	20	30	38	40	45	61	76	91	
Caídos existentes	5.65	0.84	0.03	0.11	0.36	2.44	0.73	3.55	**13.71**

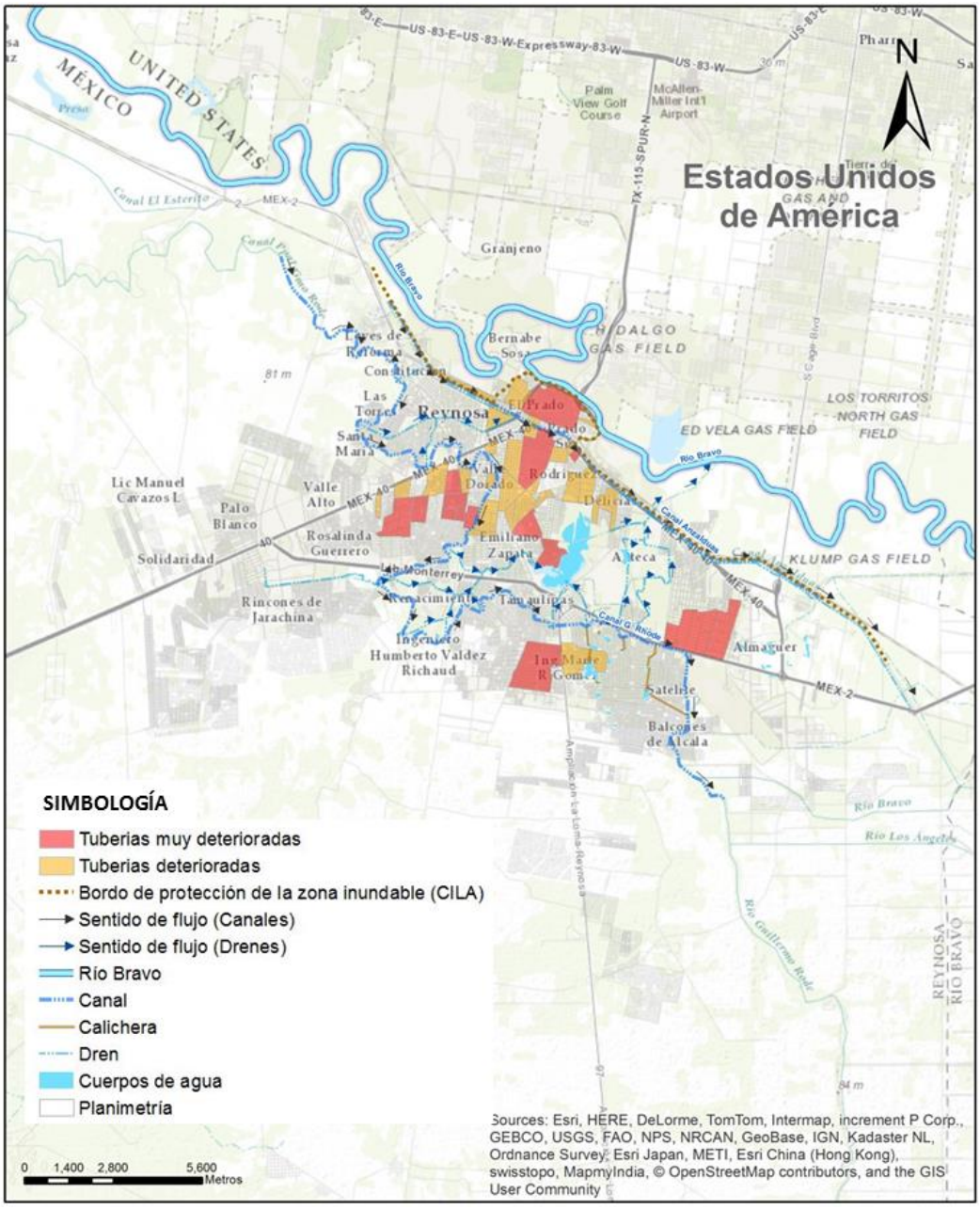


Figura 181. Zonas con tuberías en mal estado

Tabla 127. Infraestructura de alcantarillado en mal estado

No	Zona	Longitud (Km) de Diámetros (cm)									Total
		20	25	30	38	45	61	76	91	107	
1	Tuberías muy deterioradas	9.13	50.58	186.62	3.45	7.70	5.34	5.64	0.52	1.06	**270.03**
2	Tuberías deterioradas	10.05	43.79	162.40	3.32	1.52	3.28	1.57	0.99	0.00	**226.92**
	Suma	**19.18**	**94.37**	**349.02**	**6.77**	**9.21**	**8.61**	**7.21**	**1.51**	**1.06**	**496.95**

Tabla 128. Zonas con tuberías de alcantarillado en mal estado

Nombre	Superficie (Ha)	Longitud de Red (Eje calle) (Km.)
Tuberías muy deterioradas	1,136.1	270
Tuberías deterioradas	875.6	227
Suma	**2,011.7**	**497**

De lo anterior se desprende que existen actualmente **13.7 Km** de tuberías de 20 a 91 cm de diámetros que se han colapsado y que han generado obstrucción al flujo del agua, los cuales no se han podido arreglar por la falta de recursos económicos para realizar las obras correspondientes.

De igual manera se puede señalar que en la red de drenaje de alrededor de 2 mil Ha, donde se alberga aproximadamente 500 Km de tuberías, se tienen y tendrán mayormente problemas similares a los indicados en el párrafo anterior, ya que son tuberías de concreto simple o reforzado que han sido expuestas durante un tiempo muy prolongado por su antigüedad, a los gases corrosivos que generan las aguas residuales debido a las bajas velocidades ocasionadas por las mínimas pendientes que tienen los tubos o por las propias obstrucciones de caídos en tuberías aguas abajo.

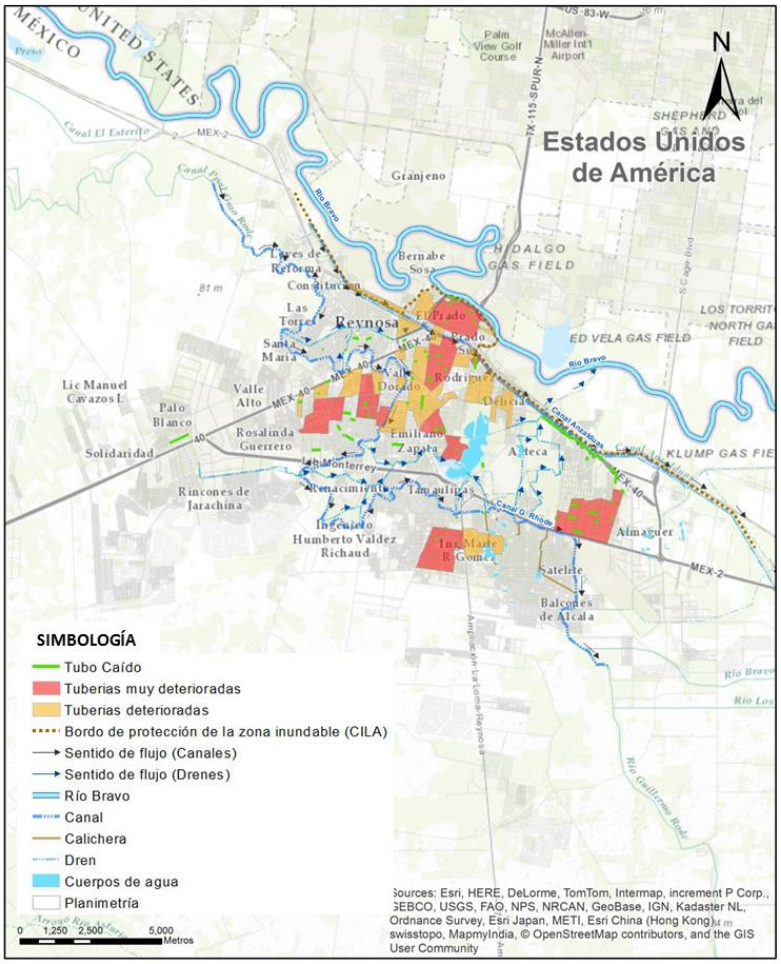


Figura 182. Caídos y zonas con tuberías en mal estado

Por lo que se refiere al catastro de la infraestructura de alcantarillado con el que cuenta la COMAPA, este no tiene sistematizada su actualización conforme a las obras de rehabilitaciones y ampliación que se van realizando, por lo que se encuentra desactualizado, no conteniendo los nuevos fraccionamientos y colonias, por lo que se estima tiene una cobertura del 30% y una confiabilidad del 50% (no aceptable).

De las deficiencias detectadas se tiene que faltan colectores, líneas de impulsión, pero sobre todo las redes de atarjeas, además no cuentan con información de cotas de brocal, plantillas y profundidades, así como algunas trayectorias están mal trazadas tanto de colectores como de líneas de impulsión, no están dibujadas las conexiones de los colectores y líneas de impulsión con las estaciones de bombeo que operan y las que están fuera de operación, por otro lado las estructuras principales no tiene las coordenadas físicas reales y la cartografía no se encuentra proyectada en el sistema de coordenadas WGS_1984_UTM_Zone_14N, en resumen no es confiable en trayectorias y en información de tuberías, por lo que es necesario que se lleve a cabo la actualización del catastro basado en datos reales obtenidos en campo a fin de que sea confiable para estudios posteriores y la toma de decisiones para los programas de mantenimiento preventivo y correctivo, así como los de rehabilitación y sustitución.

Por último, en cuanto a la vigilancia de la calidad de las aguas residuales descargadas al sistema municipal por parte de los usuarios no domésticos, entre los cuales se pueden mencionar a las industrias, los comercios y los servicios, la COMAPA no lleva a cabo ningún programa de muestreo y control, para dar cumplimiento a la Norma Oficial Mexicana NOM-002-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.

Es necesario implementar dicho programa para prevenir y controlar la contaminación de las descargas de aguas residuales no domésticas que vierten a la red de drenaje y alcantarillado municipal, mediante la aplicación de la normatividad establecida para proteger y hacer más eficiente la infraestructura de recolección, conducción, pero sobre todo la de tratamiento a cargo de la COMAPA y coadyuvar al bienestar de la población de Reynosa.

En este sentido se puede señalar la conveniencia de poner en marcha el proyecto para la prevención y control de las descargas en la COMAPA, con personal, equipo y espacios adecuados, que permitan llevar a cabo los trabajos de vigilancia al 100% en el menor tiempo posible, ya que de no llevarse a cabo las verificaciones y posibles sanciones a los propietarios de las descargas no domésticas que incumplan la normatividad vigente, se corre el riesgo de no asegurar las condiciones de operación adecuadas de las PTAR existentes.

Colectores y subcolectores

La red de subcolectores y colectores que conforman el sistema de alcantarillado residual, está constituida por tuberías con diámetros que van desde 20 hasta 122 cm, con una longitud que suman **320.1 Km**. En la siguiente tabla se muestran las longitudes y diámetros de la red de colectores y subcolectores y en la siguiente figura se presenta el trazo que siguen los colectores y subcolectores que van interceptando las redes de atarjeas para transportar las aguas residuales en la mayoría de los casos hasta las EBAR de donde se bombea a los sitios de emplazamiento de las PTARs.

Tabla 129. Red de colectores y subcolectores

Nombre	Longitud (Km) de Diámetros (cm)										Total Km
	20	25	30	38	45	61	76	91	107	122	
Colectores	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	66.1	35.3	19.1	1.9	4.2	**126.6**
Subcolectores	6.4	15.1	69.6	39.5	63.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**193.5**
Suma	**6.4**	**15.1**	**69.6**	**39.5**	**63.0**	**66.1**	**35.3**	**19.1**	**1.9**	**4.3**	**320.1**

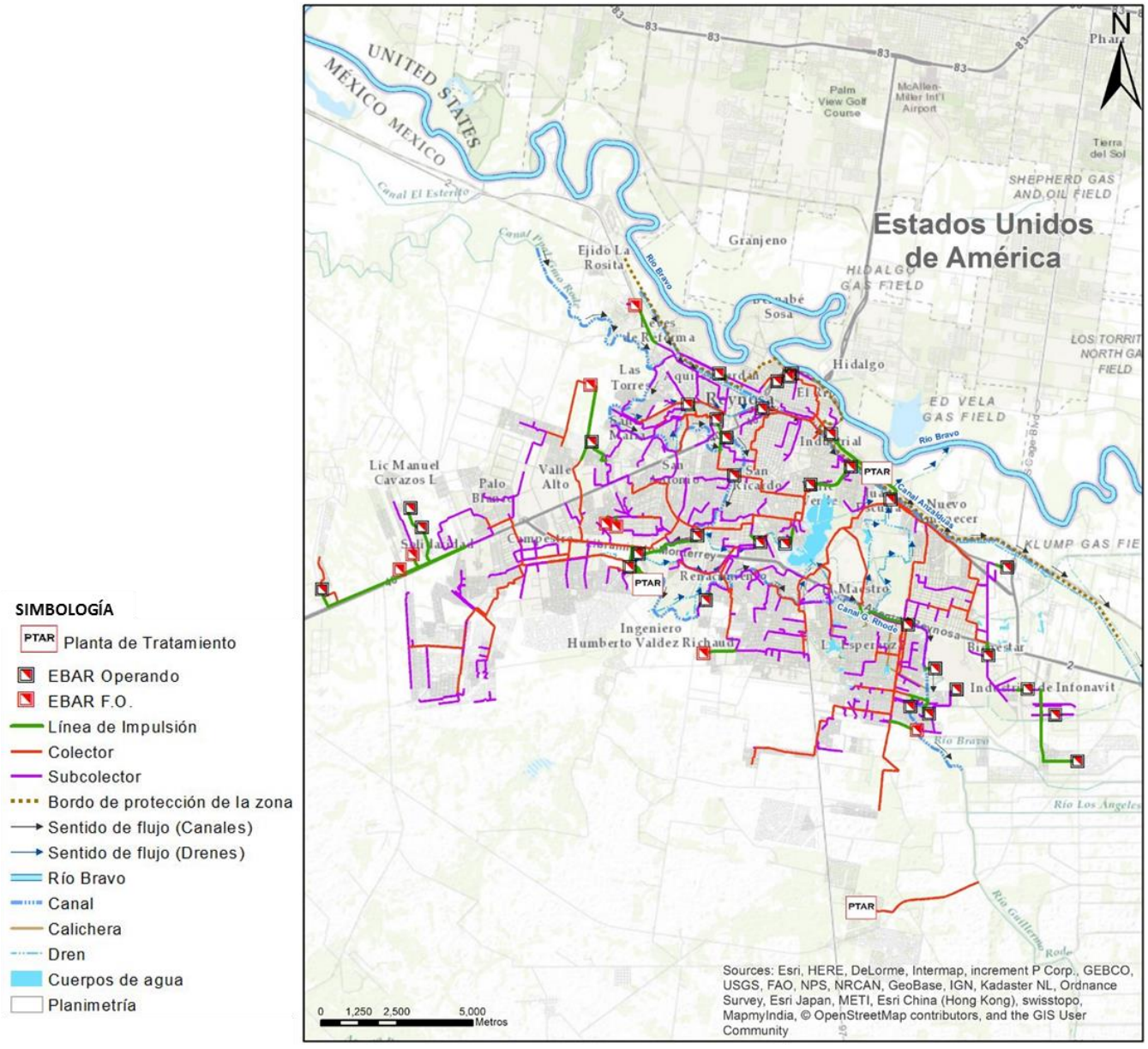


Figura 183. Trazo de colectores y subcolectores en Reynosa

Ahora bien, en cuanto a los materiales de las tuberías de los colectores y subcolectores se tiene que el 75% son de PVC sanitario, el 24% de concreto (simple y reforzado) y sólo el 1% es de PEAD. En la siguiente figura se presenta un plano donde se puede observar el material de las tuberías de los colectores.

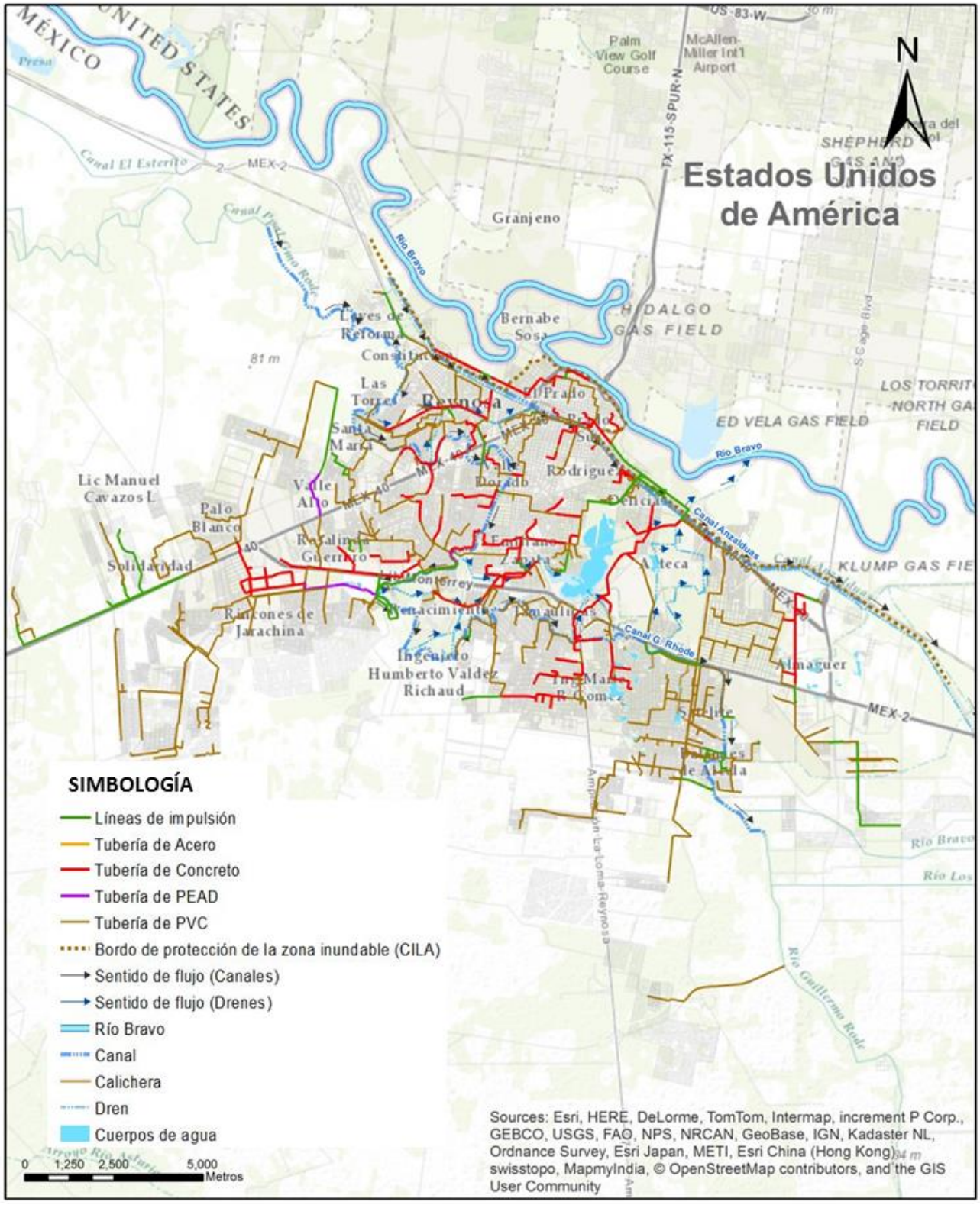


Figura 184. Materiales de las tuberías de los colectores y subcolectores

Tabla 130. Materiales de las tuberías de colectores y subcolectores

Tipo	Longitud (Km) Material				Total Km
	Acero	Concreto	PEAD	PVC Sanitario	
Colectores	0.05	29.16	4.30	93.77	127.29
Subcolectores	0.15	48.43	0.00	144.24	192.83
Suma	**0.20**	**77.59**	**4.30**	**238.02**	**320.12**

Lo anterior significa que en las últimas décadas se han llevado a cabo las nuevas obras de colectores con tuberías de PVC, así como se han ejecutado sustituciones de colectores y subcolectores de concreto con daños estructurales severos, en los cuales se han utilizado tuberías de PVC para su remplazo, aprovechando dicha obra en algunos casos para incrementar el diámetro del conducto.

Adicionalmente a los colectores y subcolectores por gravedad, el sistema de recolección y alejamiento de las aguas residuales requiere de líneas de impulsión (presión), para conducir el agua de las EBAR a los pozos o cajas rompedoras de presión o cambio de régimen, para que a partir de estas últimas el agua residual fluya por gravedad por los conductos hasta el sitio de otra EBAR o de una PTAR. Actualmente el sistema de alejamiento cuenta con **47.1 Km** de tuberías de impulsión de diferentes diámetros y materiales como puede verse en las siguientes tablas.

Tabla 131. Longitud por diámetros de las líneas de impulsión

Nombre	Longitud (Km) de Diámetros (Pulg)											Total Km
	3"	6"	8"	10"	12"	14"	18"	20"	24"	30"	36"	
Líneas de Presión	0.20	4.28	7.13	2.29	4.72	3.48	0.13	5.54	7.15	8.53	3.70	**47.13**

Tabla 132. Materiales de las tuberías de las líneas de impulsión

Nombre	Longitud (Km) Material				Total Km
	A-C	Acero	PEAD	PVC	
Líneas de impulsión	**5.70**	**0.15**	**10.26**	**31.03**	**47.13**

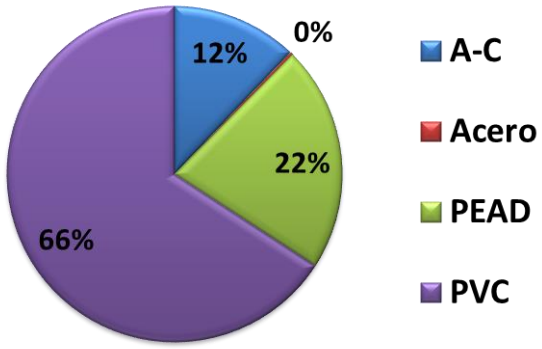


Figura 185. Composición por material de las tuberías de las líneas de impulsión



Figura 186. Localización y trazo de las líneas de impulsión en Reynosa

No obstante que existe una importante longitud de colectores y subcolectores y líneas de impulsión de PVC, perduran algunos problemas de funcionamiento en el sistema de recolección y alejamiento del agua residual, que generan molestia a los usuarios del servicio y en algunos casos a los transeúntes de las vialidades, los cuales se describen a continuación:

1. Existen algunos colectores que se construyeron sin la previsión de un crecimiento considerable de la mancha urbana, por lo que han quedado rebasados en su capacidad de conducción, por el diámetro con el que se construyeron.

2. Existe una gran cantidad de colectores que por las condiciones topográficas de la región, se profundizaron, requiriendo de bombeos aguas abajo para subir el agua residual hasta los pozos a partir de los cuales se pudiera conducir por gravedad hasta el sitio de disposición final, lo que origina que el adecuado funcionamiento del sistema de recolección dependa intrínsecamente de la correcta operación de las estaciones de bombeo, que a su vez dependen en primer lugar de la existencia de todos los equipos necesarios para sacar el agua y en segundo lugar de la eficiencia y potencia de los equipos instalados en dichas estaciones, así como del mantenimiento que se le dé a los diferentes componentes, tanto electromecánicos como hidráulicos.

3. Existen algunos colectores que tienen problemas de corrosión en las claves de los tubos, debido a la antigüedad de los mismos, a las bajas velocidades del flujo del agua por las reducidas pendientes con las que se construyeron, que provocan una mayor exposición de las paredes de los tubos a los gases agresivos que provocan la corrosión del concreto de los tubos.

4. Existen colectores con problemas de saturación provocados por las fallas o caídos de las claves de los tubos que han permitido el ingreso de tierra al conducto, generando taponamientos que a su vez generan remansos y desbordamientos en pozos y coladeras.

Por otro lado, el diseño del funcionamiento del sistema de recolección y alejamiento de las aguas residuales de la ciudad de Reynosa, hasta los sitios de disposición final que son las PTARs, donde los colectores, subcolectores y líneas de impulsión, además de las EBARs son los elementos fundamentales, está compuesto e integrado por 44 microcuencas pertenecientes a 13 subcuencas concernientes a 8 cuencas principales de 3 Macrocuencas de las PTARs.

En las siguientes tablas se presenta la información de las microcuencas, cuencas y macrocuencas que constituyen el sistema de recolección y alejamiento de las aguas residuales en la ciudad de Reynosa, Tamps.

Tabla 133. Microcuencas del sistema de recolección y alejamiento

Cvo.	Microcuencas	Subcuenca	Cuenca	Macrocuenca	Superficie (ha)	Población 2014
1	San Valentín- Sta Lucia-Esfuerzo Nacional	EBAR #22	EBAR #22	PTAR #2	1951.22	49422
2	EBAR #25 - Lomas de Jarachina	EBAR #30	EBAR #30	PTAR #2	481.64	7,570
3	PTAR PIRAMIDE	PTAR PIRAMIDE	PTAR PIRAMIDE	PTAR Pirámide	578.80	89
4	EBAR #7	EBAR #1	EBAR #1	PTAR #1	708.65	15,507
5	EBAR #13	EBAR #13	EBAR #13	PTAR #1	207.07	8579
6	Paseo de las Flores - Nuevo Amanecer	EBAR #10 Col. Zacatecas	EBAR #10	PTAR #1	2,385.00	108,667
7	EBAR 27 - Flores Magon - La Laguna	EBAR #4	EBAR #4	PTAR #1	686.59	23195
8	Jarachinas Sur - Puerta del Sol II	PTAR #2 gravedad	PTAR #2	PTAR #2	914.02	830
9	Villa Florida - EBAR #25	EBAR #30	EBAR #30	PTAR #2	751.29	15632

Cvo.	Microcuencas	Subcuenca	Cuenca	Macrocuenca	Superficie (ha)	Población 2014
10	La CIMA -Valle Alto - Las Cumbres	EBAR #30	EBAR #30	PTAR #2	954.58	70,632
11	Mocambo- Hidalgo	EBAR #5	EBAR #4	PTAR #1	31.42	1170
12	Villa las Haciendas	EBAR #5	EBAR #4	PTAR #1	496.09	959
13	Jardines Coloniales -Las Fuentes	EBAR #5	EBAR #4	PTAR #1	111.84	3775
14	Las Quintas - Fracc. Moderno	EBAR #5	EBAR #4	PTAR #1	134.59	1,918
15	Olmo - Sta Cecilia	EBAR #5	EBAR #4	PTAR #1	76.78	2555
16	Valle Alto - Arboledas	EBAR #5	EBAR #4	PTAR #1	239.25	10,156
17	López Mateos	EBAR #5	EBAR #4	PTAR #1	45.91	2330
18	Rancho Grande - Riveras del Bosque	EBAR #5	EBAR #4	PTAR #1	82.35	2,657
19	Hacienda las Fuentes - Campestre	EBAR # 11	EBAR #4	PTAR #1	75.58	8844
20	Vicente Guerrero	EBAR #5	EBAR #4	PTAR #1	169.47	6,529
21	Rancho Grande	EBAR #5	EBAR #4	PTAR #1	287.38	3932
22	Hacienda las Fuentes	EBAR #5	EBAR #4	PTAR #1	156.74	9,975
23	Infonavit Canada - Modulo 2000	EBAR #6	EBAR #4	PTAR #1	106.86	13853
24	EBAR #5 - Enrique Cárdenas	EBAR #6	EBAR #4	PTAR #1	118.79	7,097
25	EBAR #16	EBAR #4	EBAR #4	PTAR #1	434.90	13860
26	Puerta del Sol	EBAR #22	EBAR #22	PTAR #2	110.94	11,741
27	Los Arcos - Paseo Residencial	EBAR #22	EBAR #22	PTAR #2	1247.06	16718
28	Jarachinas Sur - Tecnológico	EBAR #30	EBAR #30	PTAR #2	346.83	23,377
29	Villa Florida - Industrial Norte	EBAR #22	EBAR #22	PTAR #2	669.12	13621
30	EBAR 29, 28, 18 y 9	EBAR #10 Col. Independencia	EBAR #10	PTAR #1	1,234.18	6,365
31	Bienestar - Fco. Villa	EBAR #10 Col. Independencia	EBAR #10	PTAR #1	1328.93	32965
32	EBAR #33 - Tamaulipas	EBAR #10 Col. Principal	EBAR #10	PTAR #1	932.73	49,450
33	EBAR #14 - Lomas del Villar	EBAR #10 Col. Principal	EBAR #10	PTAR #1	1464.42	56797
34	EBAR #34 - Lomas de las Torres	EBAR #4	EBAR #4	PTAR #1	230.89	4,357
35	EBAR #6 - Altavista	EBAR #4	EBAR #4	PTAR #1	213.97	6498
36	EBAR #15	EBAR #1	EBAR #1	PTAR #1	304.88	2,534
37	EBAR #2 - Centro	EBAR #1	EBAR #1	PTAR #1	110.43	3687
38	EBAR #1	EBAR #1	EBAR #1	PTAR #1	210.05	5,728
39	Centro - R. El Maestro	EBAR #1	EBAR #1	PTAR #1	73.38	2980
40	EBAR #3	EBAR #1	EBAR #1	PTAR #1	151.37	6,105
41	EBAR #12 - Rosita	EBAR #1	EBAR #1	PTAR #1	153.71	8490
42	Rodríguez	EBAR #1	EBAR #1	PTAR #1	90.99	4,355
43	Refinería PEMEX - Flovigar	EBAR #1	EBAR #1	PTAR #1	150.57	2740
44	Beatty - Altamira	EBAR #1	EBAR #1	PTAR #1	52.83	1,563
				Total	**21,264.09**	**649,804**

Tabla 134. Cuencas principales del sistema de alcantarillado de Reynosa

No.	Cuenca	Macrocuenca	Superficie (Has)	Población 2014	Longitud Colectores (Km)	Longitud Líneas de Impulsión (Km)
1	Cuenca EBAR #1	PTAR #1	2,006.87	53,691	27.38	4.94
2	Cuenca EBAR #13	PTAR #1	207.07	8,579	5.30	5.69
3	Cuenca EBAR #10	PTAR #1	7,345.41	254,244	114.43	11.08
4	Cuenca EBAR #4	PTAR #1	3,699.41	123,661	70.17	4.52
5	Cuenca PTAR #2 gravedad	PTAR #2	914.02	830	0.00	0.97
6	Cuenca EBAR #22	PTAR #2	3,978.34	91,503	54.67	10.55
7	Cuenca EBAR #30	PTAR #2	2,534.34	117,210	44.39	9.38
8	Cuenca PTAR Pirámide	PTAR Pirámide	578.80	89	4.14	0.00
	Suma		**21,264.26**	**649,807**	**320.48**	**47.13**

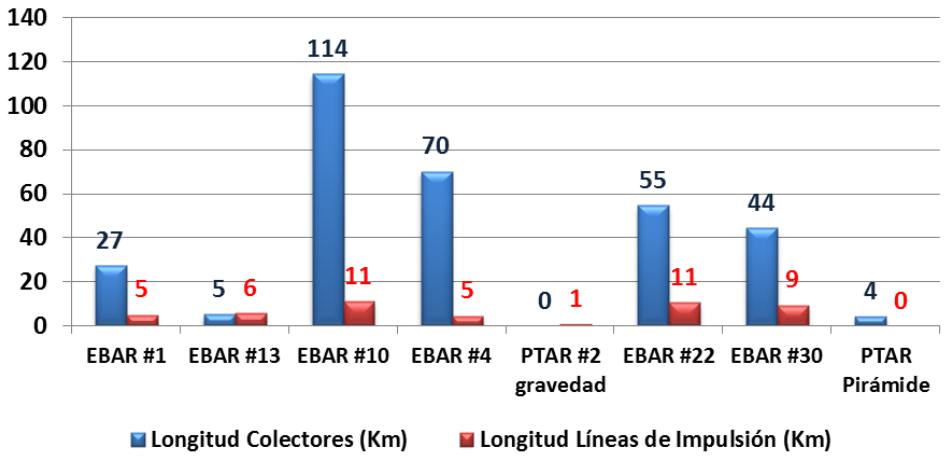


Figura 187. Longitud de colectores y subcolectores y líneas de impulsión por Cuencas

Tabla 135. Macrocuencas del sistema de alcantarillado de Reynosa

No.	Macrocuenca	Superficie (Has)	Población 2014	Longitud Colectores (Km)	Longitud Líneas de Impulsión (Km)
1	PTAR #1	13,258.76	440,175	217.28	26.24
2	PTAR #2	7426.70	209543	99.07	20.90
3	PTAR Pirámide	578.80	89	4.14	0.00
	Suma	**21,264.25**	**649,807**	**320.48**	**47.13**

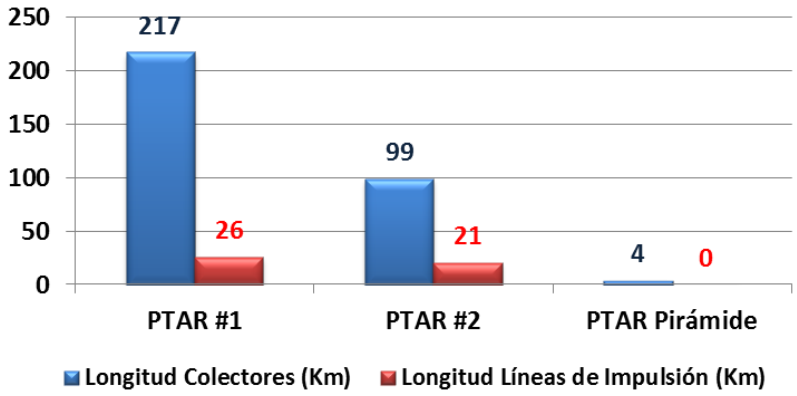


Figura 188. Longitud de colectores y subcolectores y líneas de impulsión por Cuencas

En las siguientes figuras se presentan los planos de la ciudad de Reynosa con la división por microcuencas, cuencas y macrocuencas que constituyen el sistema de recolección y alejamiento de las aguas residuales hasta los sitios de emplazamiento de las PTARs.

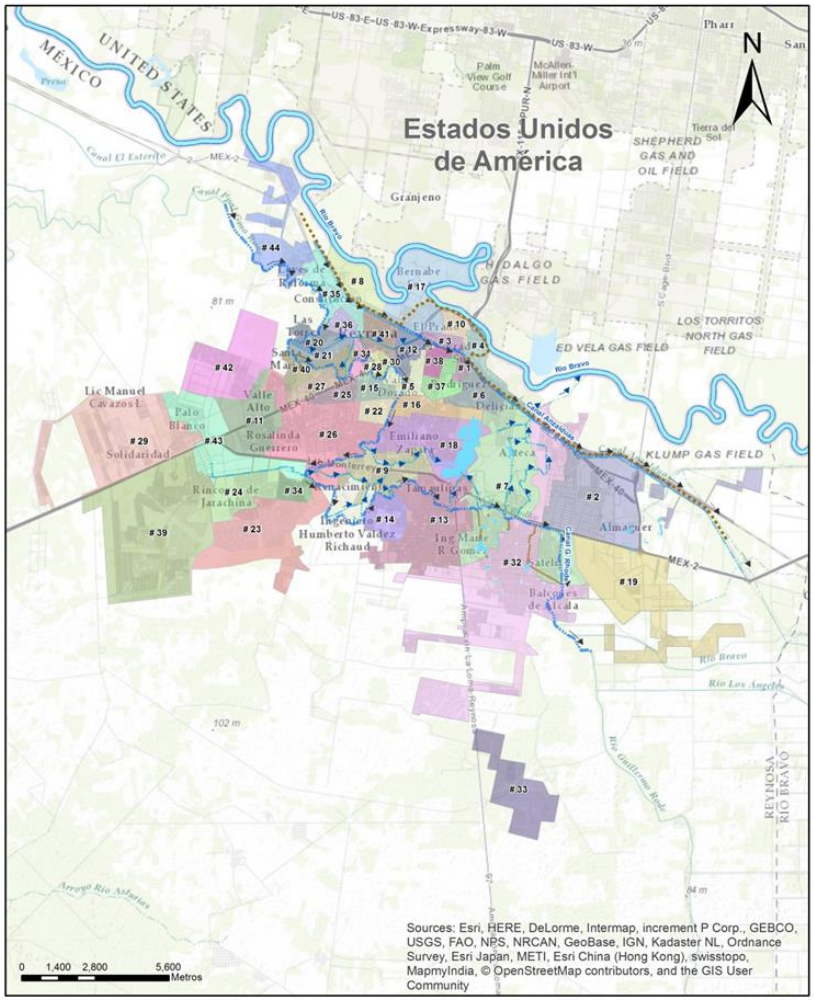


Figura 189. Microcuencas del sistema de recolección y alejamiento de las aguas residuales

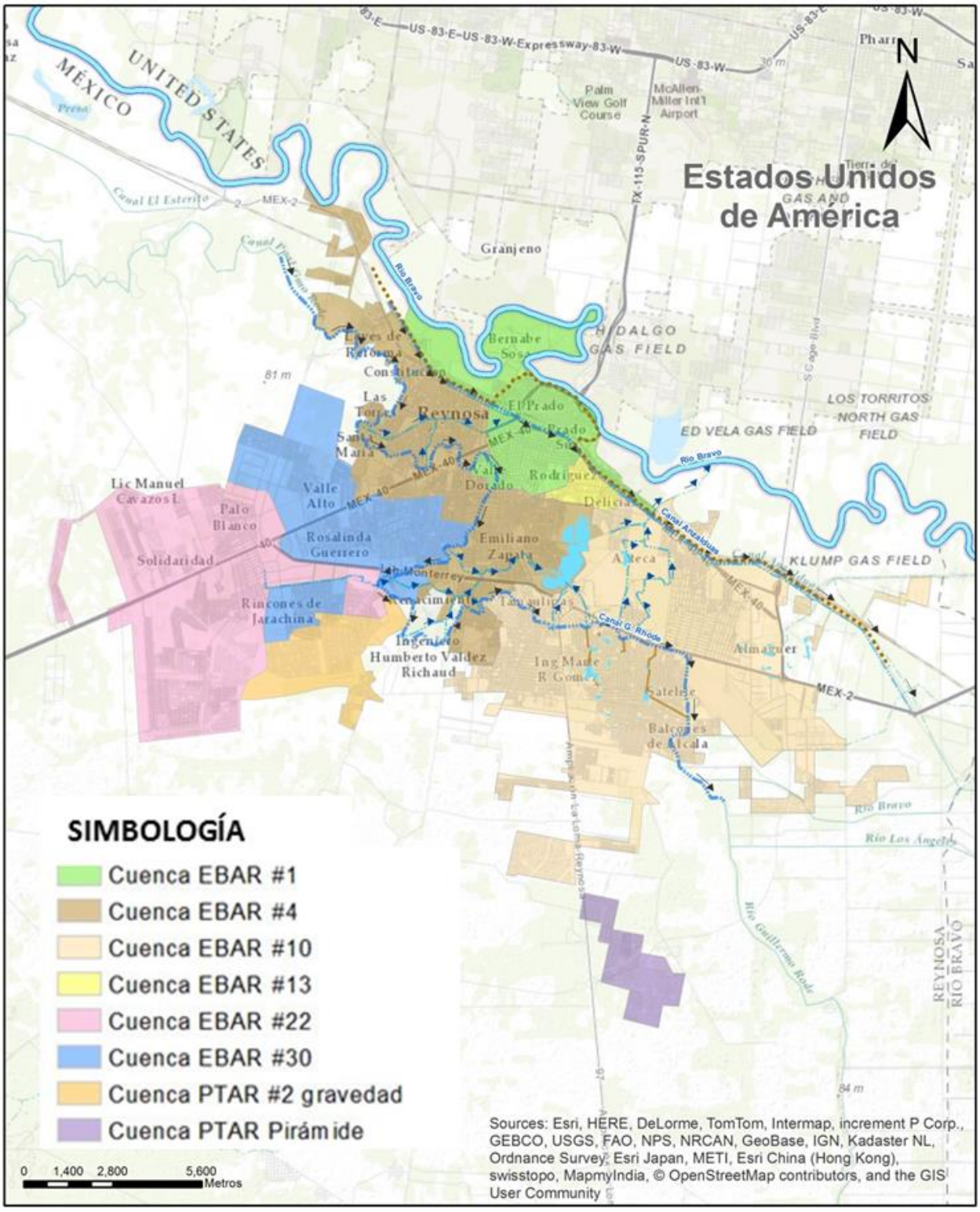


Figura 190. Cuencas del sistema de recolección y alejamiento de las aguas residuales

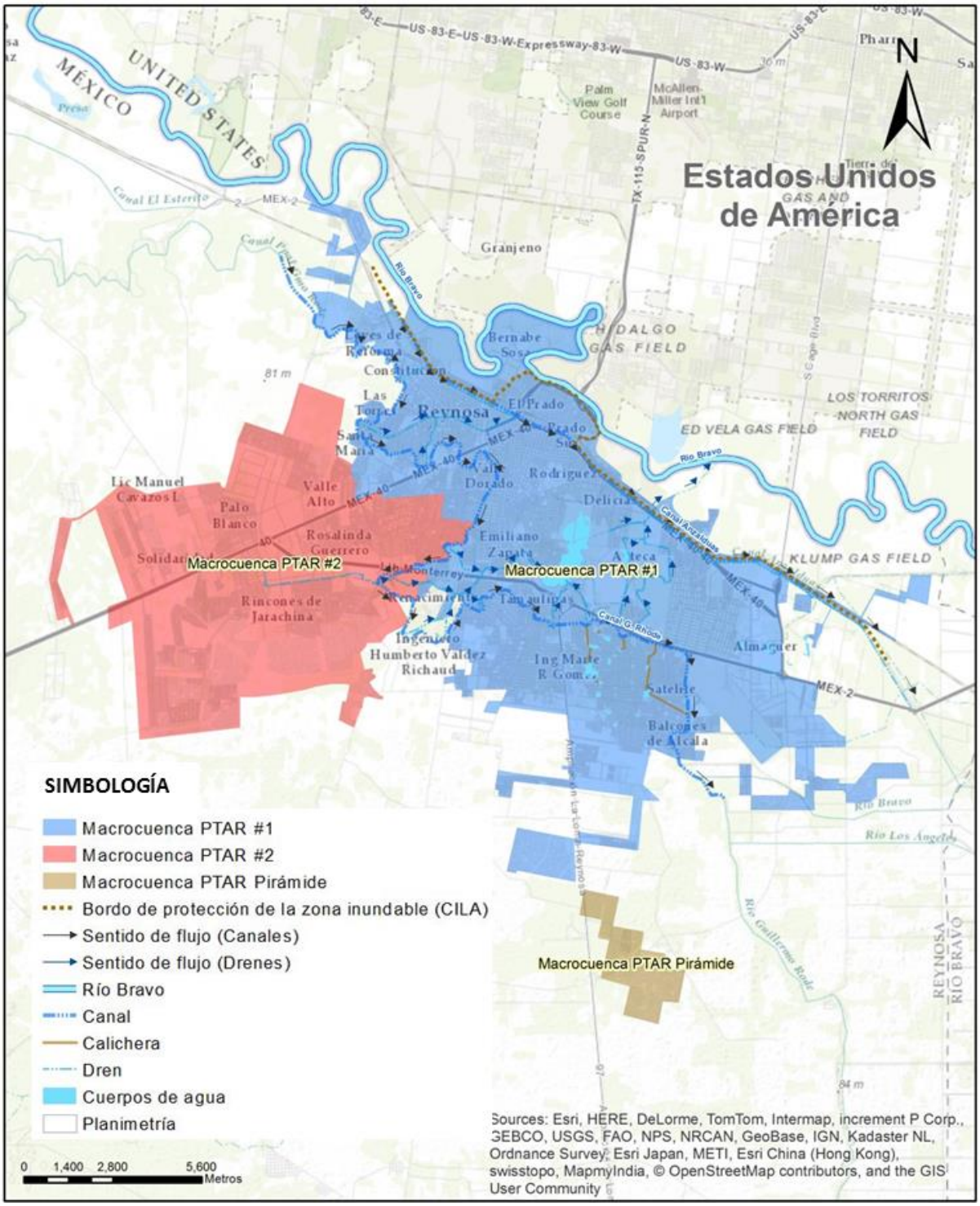


Figura 191. Macrocuencas del sistema de recolección y alejamiento de las aguas residuales

Para un mejor entendimiento de la manera en la que funciona el sistema de recolección y alejamiento de las aguas residuales de la ciudad de Reynosa a cargo de la COMAPA se elaboraron unos diagramas denominados “Diagramas de Recolección” que esbozan las conexiones entre los elementos del sistema de alejamiento de cada cuenca de aportación.

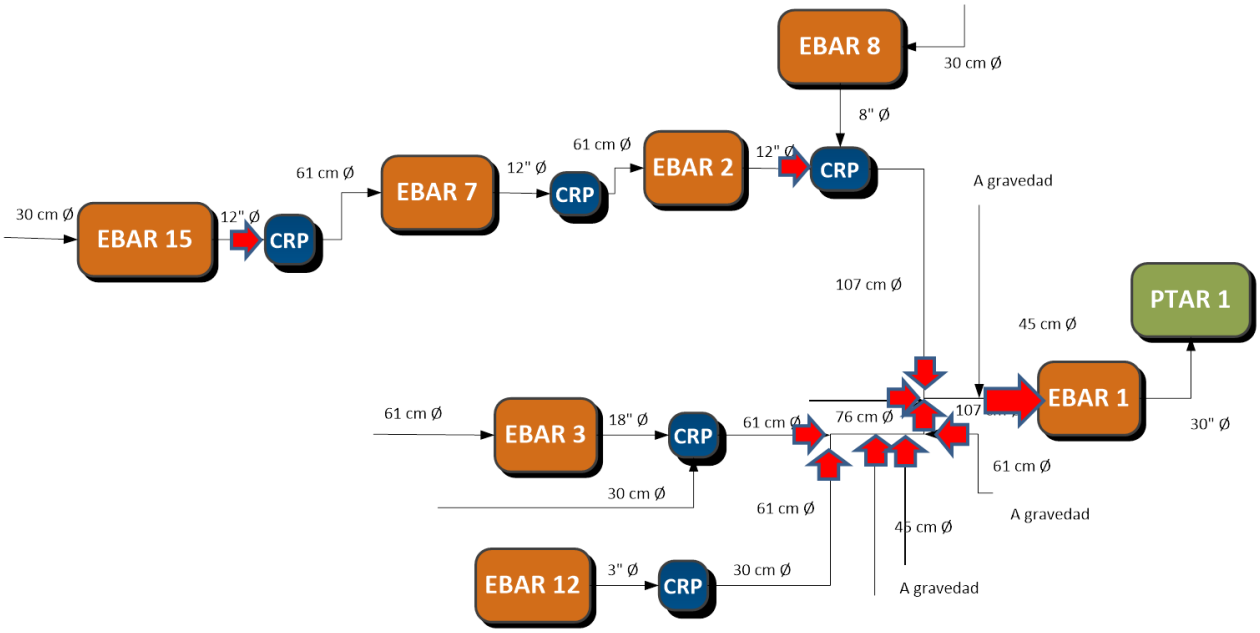


Figura 192. Diagrama de Recolección de la cuenca EBAR #1

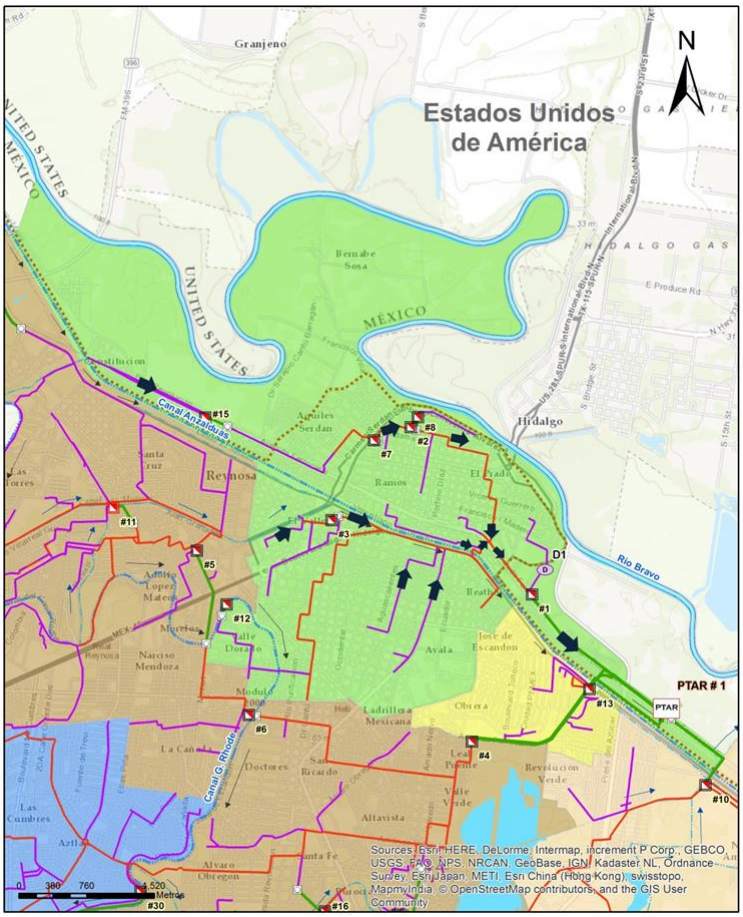


Figura 193. Cuenca de la EBAR #1

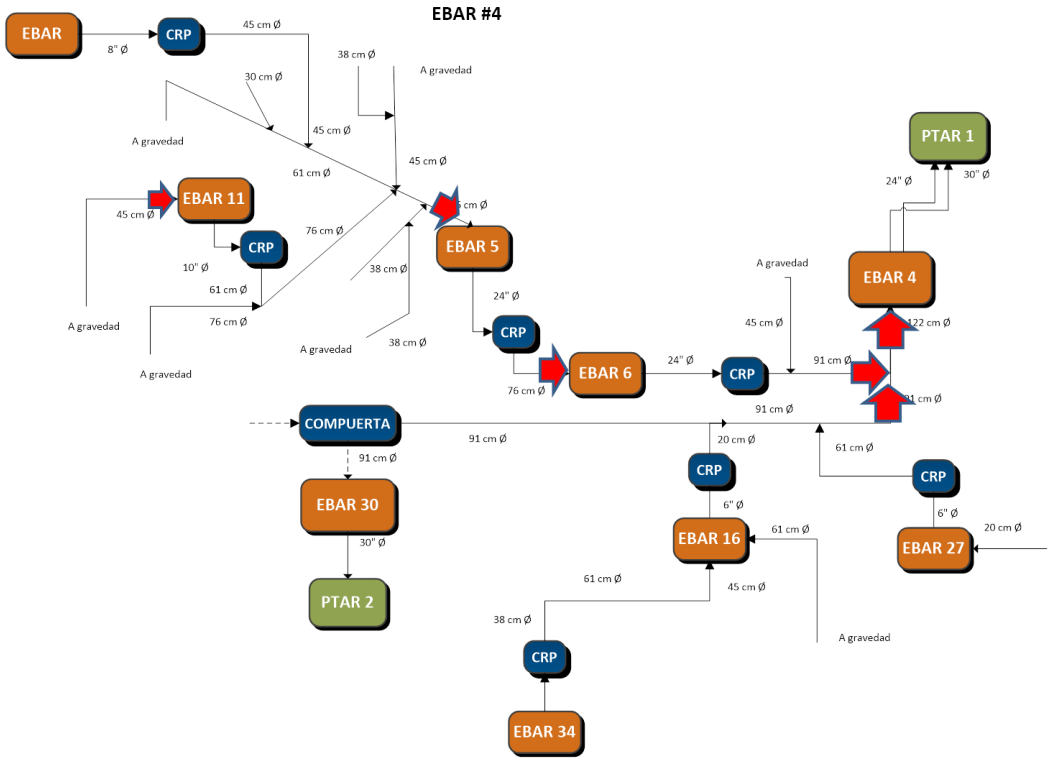


Figura 194. Diagrama de Recolección de la EBAR #4

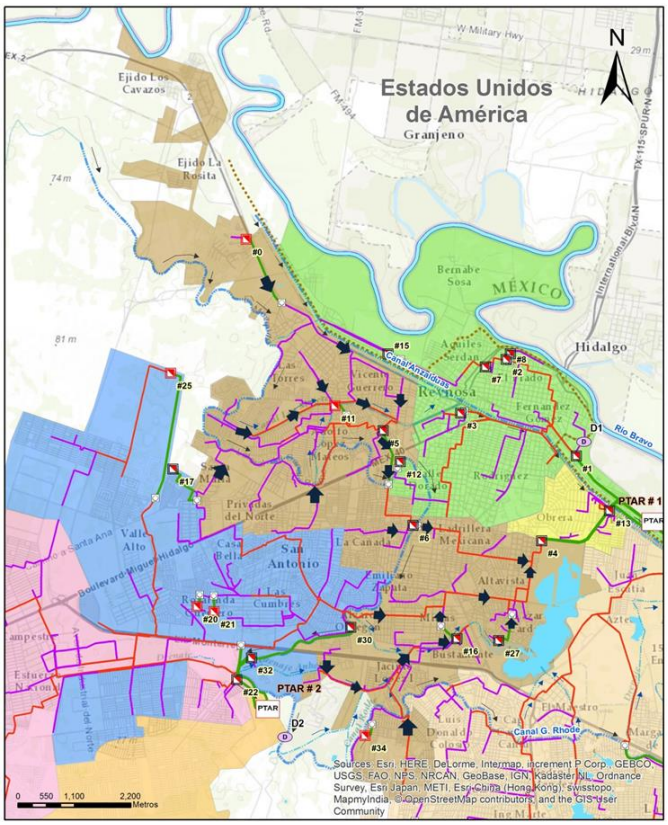


Figura 195. Cuenca de la EBAR #4

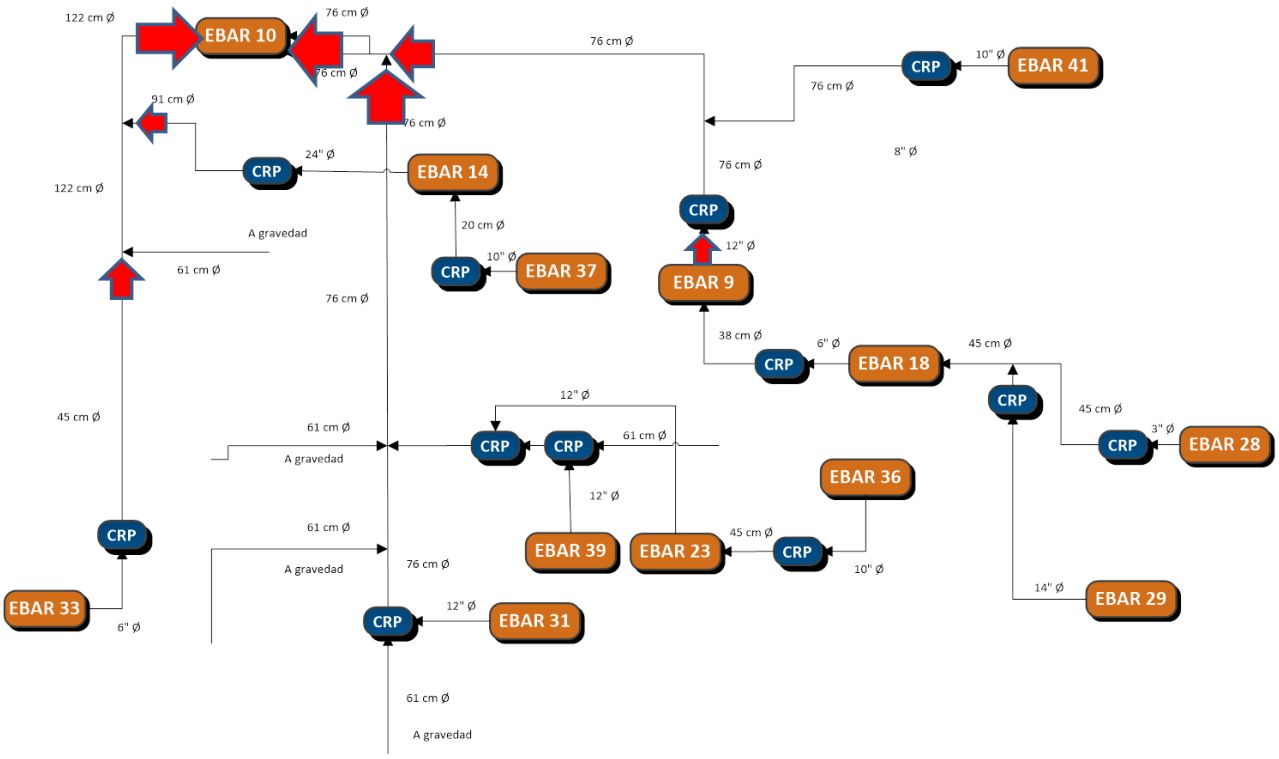


Figura 196. Diagrama de Recolección de la EBAR #10

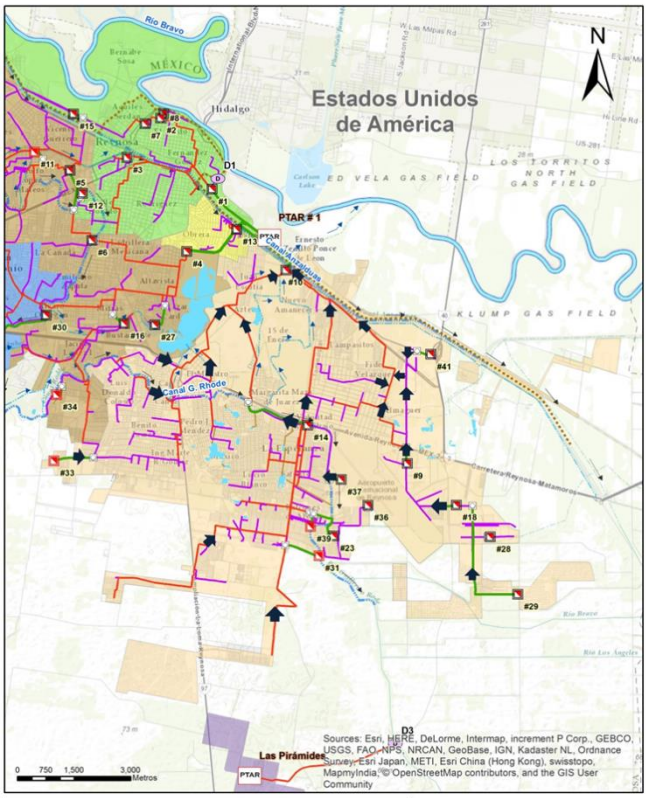


Figura 197. Cuenca de la EBAR #10

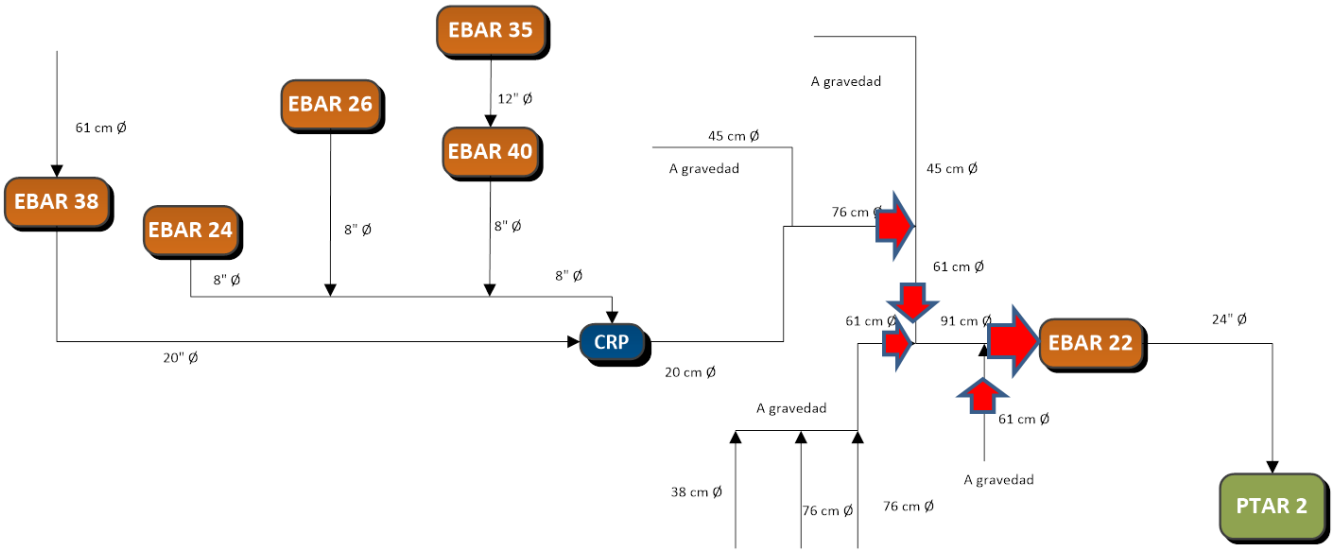


Figura 198. Diagrama de Recolección de la EBAR #22

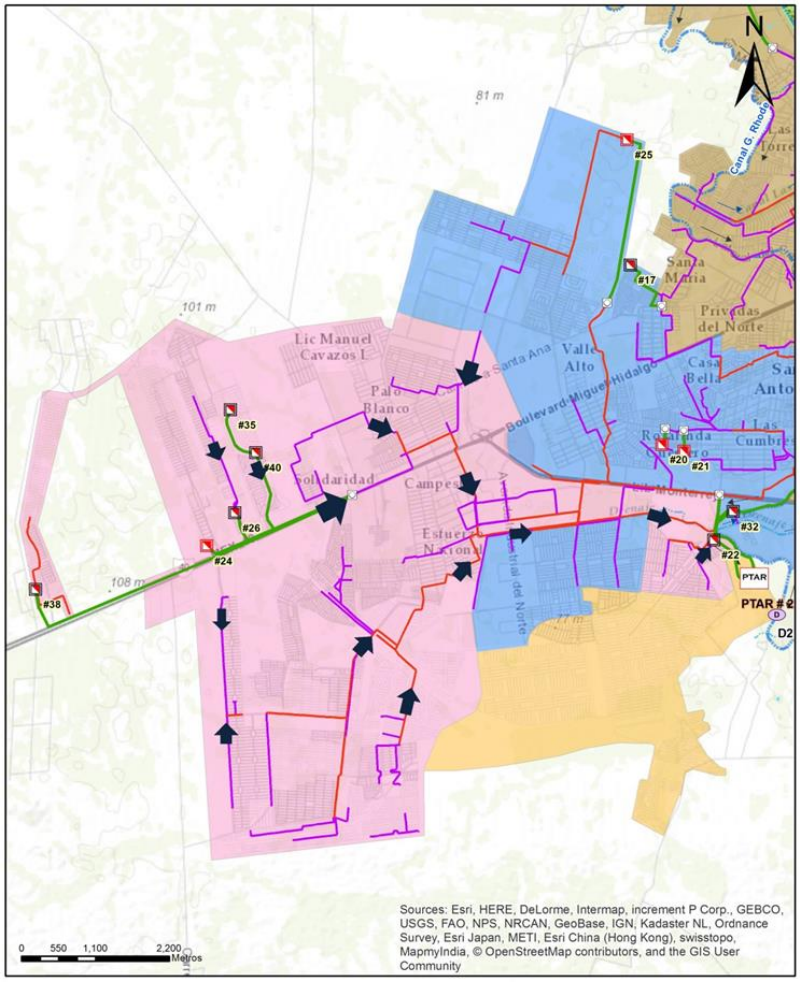


Figura 199. Cuenca del EBAR #22

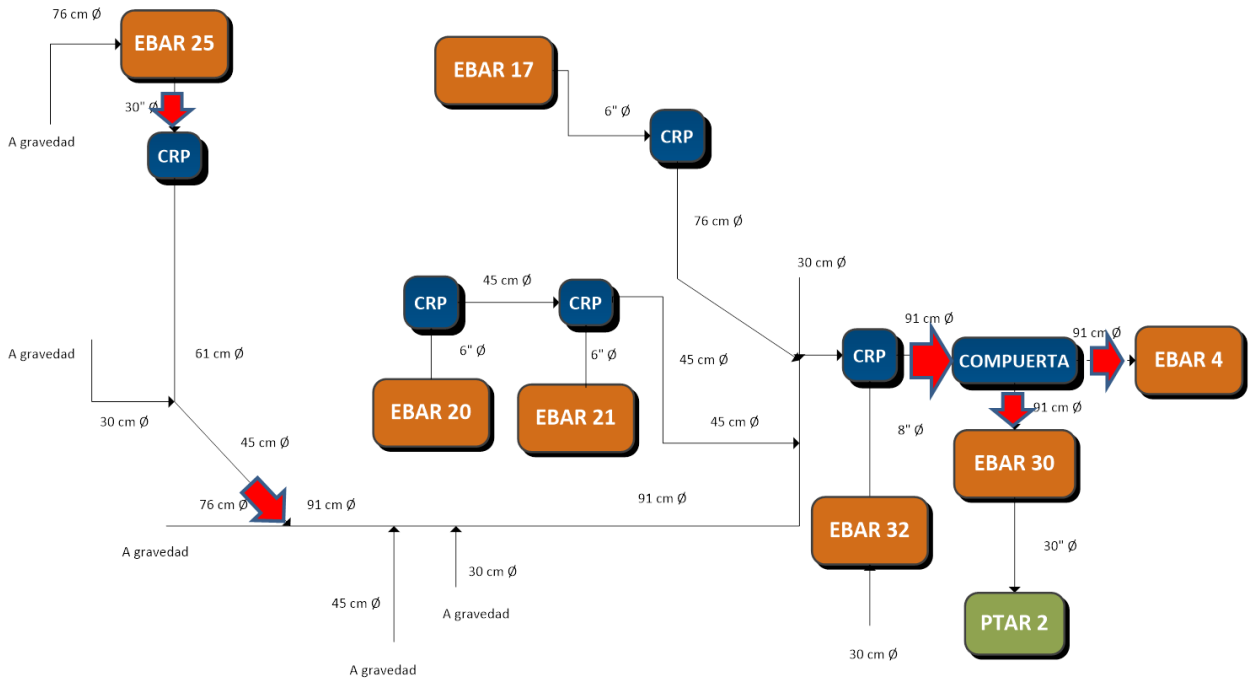


Figura 200. Diagrama de Recolección de la EBAR #30

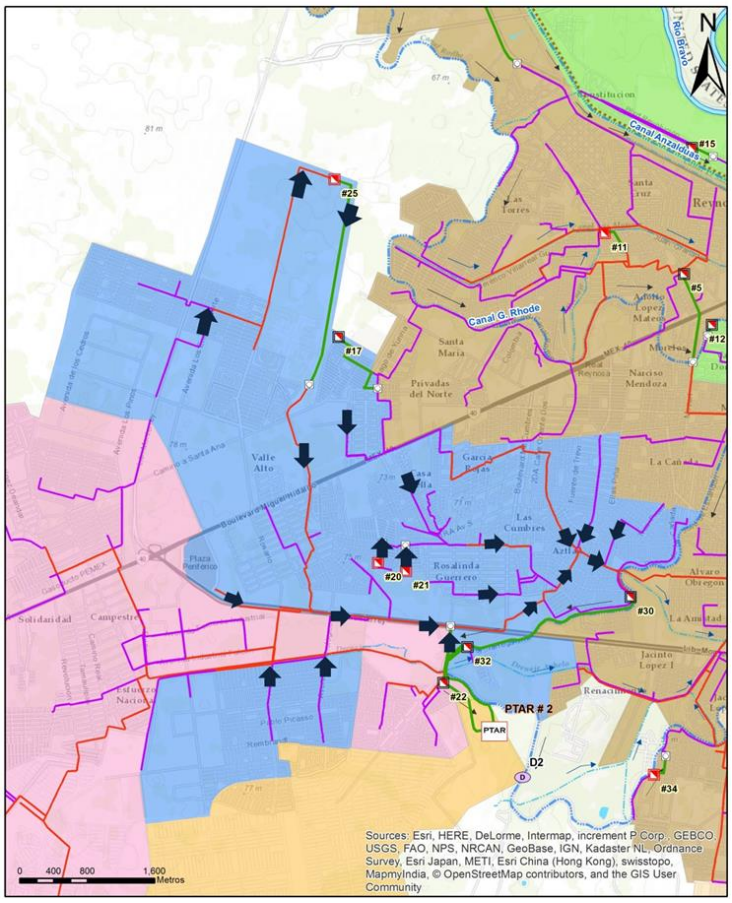


Figura 201. Cuenca de la EBAR #30

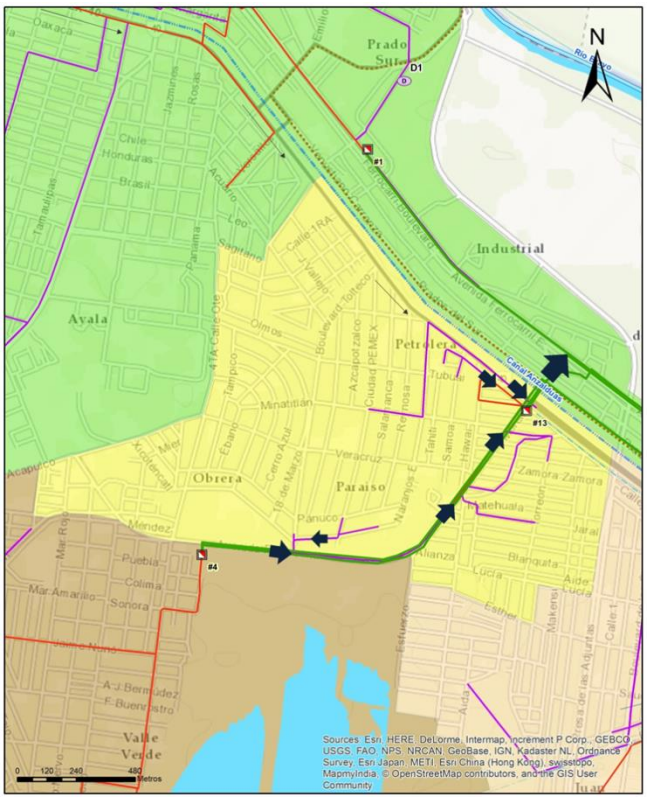


Figura 202. Cuenca de la EBAR #13

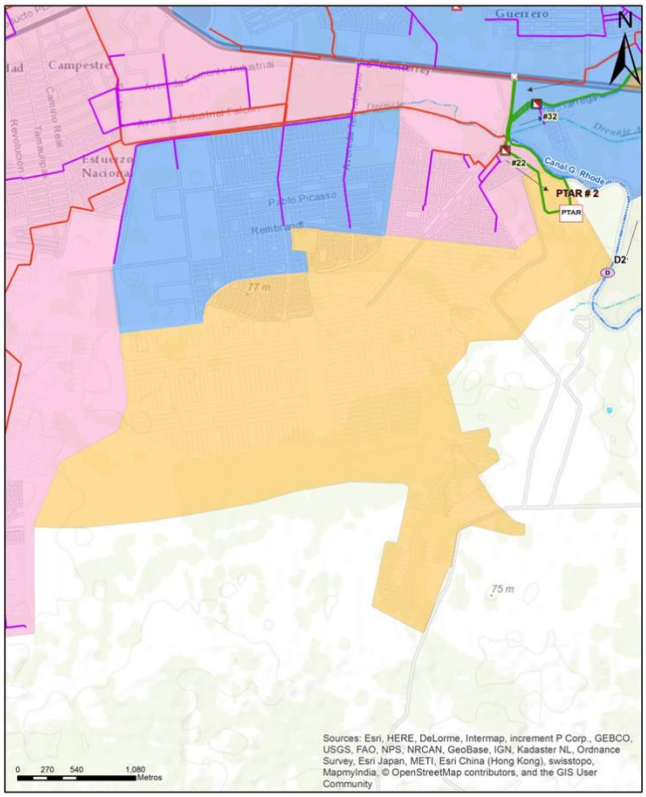


Figura 203. Cuenca de la PTAR #2 (Gravedad)

En resumen se tiene que el sistema de recolección y alejamiento de las aguas residuales en la ciudad de Reynosa tiene 8 cuencas principales de las cuales 4 (EBAR #1, 4, 10 y 13) descargan en la macrocuenca de la PTAR #1; 3 cuencas (EBAR #22, 30 y una a gravedad) descargan en la macrocuenca de la PTAR #2 y la cuenca Pirámides que descarga en la macrocuenca de la PTAR Pirámides.

Por último, a lo largo de los colectores y subcolectores se tienen los pozos de visita que son las estructuras de acceso a los conductos, los cuales sirven principalmente para darle mantenimiento al drenaje, existiendo en los 320.1 Km de tubos principales que opera la COMAPA para recolectar y alejar el agua residual hasta las EBARs y PTARs una cantidad de **4,723 pozos de visita**.

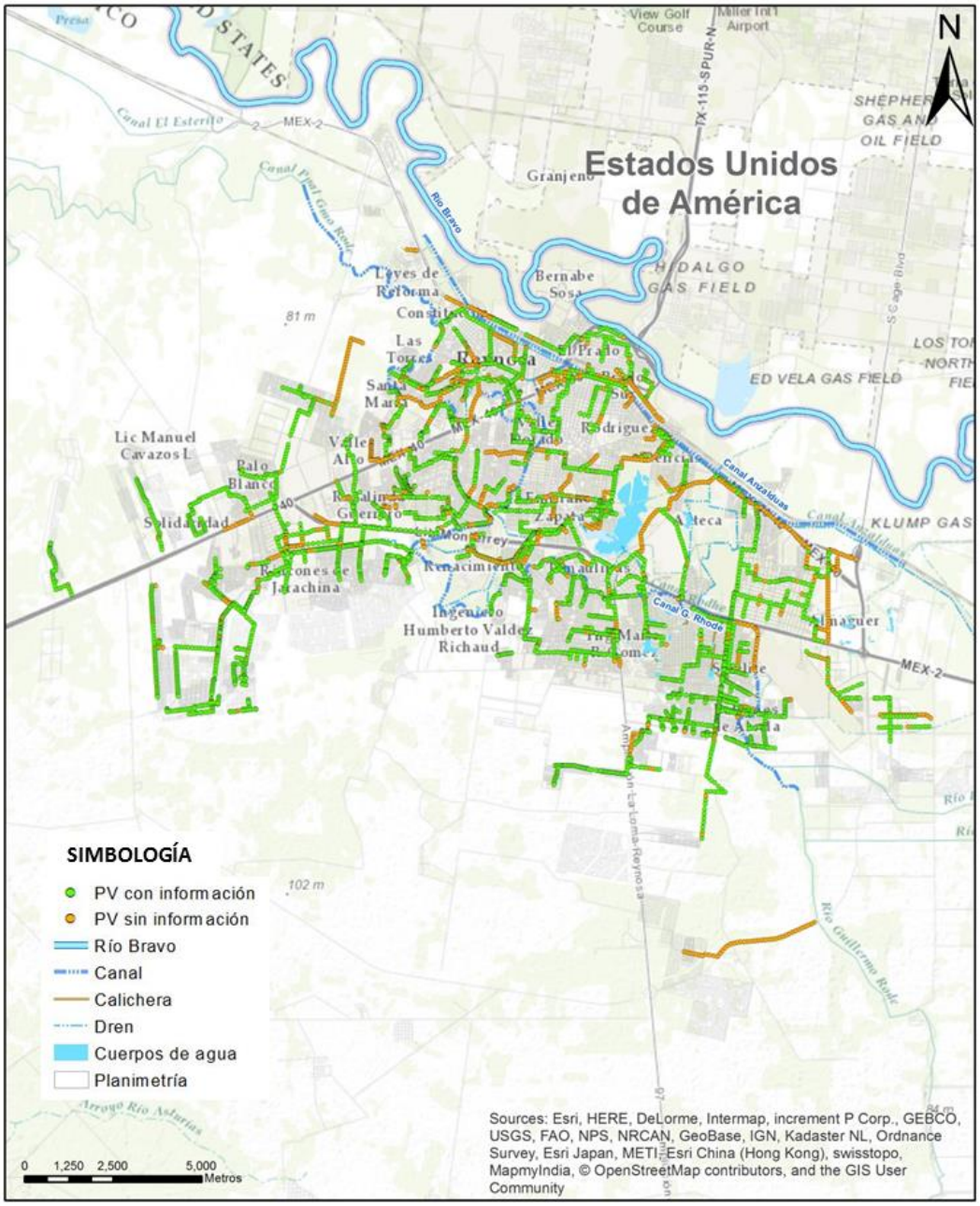


Figura 204. Pozos de visita en los colectores y subcolectores

Es importante señalar que la COMAPA antes de este estudio contaba con muy poca información concentrada acerca de las profundidades de las plantillas o arrastres en los pozos, ya que mucha de ella se encontraba en planos propios de los proyectos de fraccionamientos o colonias y en muchos casos ni siquiera en ese tipo de planos, por lo que les fue necesario llevara a cabo trabajos de campo para determinar cuando menos la profundidad del pozo de visita, sin que eso asegure que es la profundidad a la que llegan todos los tubos que convergen en cada pozo de visita, ya que como se mencionó en párrafos anteriores más del 50% de los pozos están azolvados e inundados, lo que impide obtener con precisión la profundidad del pozo, como las profundidades de los tubos que llegan a los pozos de visita, así como el diámetro de los tubos, por lo mismo de que los pozos funcionan ahogados.

En la siguiente tabla se presenta un resumen de la cantidad de pozos existentes en los colectores y subcolectores, así como de los que se pudieron obtener cuando menos un valor de profundidad.

Tabla 136. Resumen de los pozos de visita de los colectores y subcolectores

No.	Conductos	Status de PVs		Total
		Con información	Sin información	
1	Colectores	1,405	399	1,804
2	Subcolectores	2,265	654	2,919
	Suma	**3,670**	**1,053**	**4,723**

Plantas de bombeo

Como se mencionó en párrafos anteriores el sistema de alcantarillado sanitario como el pluvial requieren de una gran cantidad de estaciones de bombeo con las cuales se eleve el agua hasta un pozo de visita a partir del cual el agua fluya por gravedad y en otros casos para descargarla a las Plantas de Tratamiento. En la actualidad cuentan con **41 estaciones de bombeo (EBAR)** de las cuales 33 se encuentran operando de manera constante. En la siguiente tablas y figuras se presenta la información de la localización de las estaciones de bombeo de aguas residuales (EBAR), con sus coordenadas basadas en la proyección cartográfica Universal Tranversal de Mercator (UTM) y la elevación obtenida de la información LIDAR tipo terreno, así como información de algunos aspectos constructivos de dichas plantas.

Tabla 137. Localización de las Estaciones de bombeo de aguas residuales (EBAR)

No.	ID	Nombre	Status	X	Y	Z	Aporta a	Número de equipos	Número de Equipos operando	Potencia Total (hp)	Potencia en operación (hp)
1	EBAR#1	Col. La Copa	Operando	573062.55	2884759.15	30.39	PTAR #1	6	2	310	195
2	EBAR#2	Zona Centro	Operando	571694.58	2886644.79	32.83	EBAR #1	2	1	30	15
3	EBAR#3	Col. Longoria	Operando	570804.02	2885597.24	33.07	EBAR #1	2	1	30	15
4	EBAR#4	Col. Leal Puente	Operando	572384.71	2883104.47	30.65	PTAR #1	4	1	645	215
5	EBAR#5	Col. Hidalgo	Operando	569288.04	2885254.40	33.46	EBAR #6	3	2	183	108
6	EBAR#6	Col. Módulo 2000	Operando	569873.06	2883403.69	46.58	EBAR #4	4	2	150	70
7	EBAR#7	Zona Centro	Operando	571283.68	2886496.76	31.20	EBAR #2	1	1	7.5	7.5
8	EBAR#8	Zona Centro	Operando	571775.79	2886756.65	31.66	EBAR #1	1	1	5	5.0
9	EBAR#9	Parque Ind. Reynosa	Operando	578238.35	2877477.99	38.30	EBAR #10	2	1	27	12

No.	ID	Nombre	Status	X	Y	Z	Aporta a	Número de equipos	Número de Equipos operando	Potencia Total (hp)	Potencia en operación (hp)
10	EBAR#10	Col. Ernesto Zedillo	Operando	575015.56	2882612.05	28.94	PTAR #1	3	2	630	415
11	EBAR#11	Col. Las Torres	Operando	568345.70	2885737.46	32.40	EBAR #5	1	1	10	10
12	EBAR#12	Col. del Bosque Sur	Operando	569620.41	2884647.57	44.78	EBAR #1	1	1	5	5
13	EBAR#13	Col. Las Delicias	Operando	573710.62	2883692.21	31.10	PTAR #1	3	2	35	28
14	EBAR#14	Villas de IMAQ	Operando	575595.73	2878495.59	43.52	EBAR #10	3	2	225	150
15	EBAR#15	Col. Módulo 2000 Rancho Grande	Operando	569382.03	2886753.58	32.63	EBAR #7	1	1	5	5
16	EBAR#16	Col. Roma	Operando	570729.33	2881191.81	32.41	EBAR #4	2	2	30	30
17	EBAR#17	Fraccionamiento La Cima	Operando	565180.28	2884505.21	52.10	EBAR # 30 y EBAR # 4	4	1	100	10
18	EBAR#18	Parque Industrial Colonial	Operando	579536.59	2876375.42	35.00	EBAR #9	3	1	55	30
19	EBAR#20	Los Muros I	F.O.	565652.27	2881818.54	55.91	EBAR #30 y EBAR # 4	2	0	9	0
20	EBAR#21	Los Muros II	F.O.	565982.99	2881719.94	56.88	EBAR #30 y EBAR # 4	2	0	12	0
21	EBAR#22	Puerta del Sol	Operando	566427.04	2880392.86	45.20	PTAR #2	4	2	370	150
22	EBAR#23	Riberas del Carmen	Operando	576291.04	2875556.08	39.69	EBAR #10	3	1	135	15
23	EBAR#24	Los Fresnos	F.O.	558856.69	2880305.00	76.13	EBAR #22	1	0	5	0
24	EBAR#25	Vista Hermosa	F.O.	565134.10	2886378.08	51.86	EBAR #30 y EBAR # 4	4	0	400	0
25	EBAR#26	Loma Real	F.O.	559275.69	2880796.86	81.01	EBAR # 22	2	1	50	10
26	EBAR#27	El Anhelo	Operando	571544.69	2881154.36	29.22	EBAR #4	3	1	47.5	7.5
27	EBAR#28	Parque Ind. Colonial	Operando	580436.72	2875531.50	34.42	EBAR # 18	3	1	27.5	7.5
28	EBAR#29	El Campanario	Operando	581170.12	2874007.00	33.24	EBAR # 18	1	1	15	15
29	EBAR#30	Las Fuentes S/Lomas	Operando	568652.84	2881413.76	47.14	PTAR #2	6	4	815	430
30	EBAR#31	Los Almendros II	F.O.	575896.73	2875028.68	40.43	EBAR #10	2	0	40	0
31	EBAR#32	Paseo del Prado	Operando	566714.42	2880818.56	43.05	EBAR # 30 y EBAR # 4	4	1	23.5	10
32	EBAR#33	Ramón Pérez	F.O.	568862.54	2877547.75	52.46	EBAR #10	2	0	30	0
33	EBAR#34	Lomas del Pedregal	Operando	568931.06	2879301.22	44.10	EBAR #16	3	1	40	10
34	EBAR # 35	Los Pinos	Operando	559211.97	2882336.60	77.46	EBAR #40	3	3	90	90
35	EBAR # 36	Las Palmas	Operando	577193.33	2876369.22	37.68	EBAR #23	4	3	129	69
36	EBAR # 37	Aeropuerto	Operando	576485.62	2877052.26	40.85	EBAR #14	1	1	20	20
37	EBAR # 38	Los Arcos	Operando	556303.84	2879652.54	94.22	EBAR #22	3	3	144	144
38	EBAR # 39	Villa Esmeralda	Operando	575668.08	2875800.60	41.96	EBAR #10	1	1	10	10
39	EBAR # 40	Ventura	Operando	559589.87	2881698.33	76.95	EBAR #22	3	1	160	40
40	EBAR # 41	Agencia Aduanales	Operando	578858.10	2880376.05	35.03	EBAR #10	-----	-----	-----	-----
41	EBAR	Las Haciendas	F.O.	566611.44	2888988.64	32.23	EBAR #5	-----	-----	-----	-----

No.	Clave	Nombre
#0	EBAR #0	Las Haciendas (F.O.)
#1	EBAR # 1	Col. Industrial
#2	EBAR # 2	Zona Centro
#3	EBAR # 3	Col. Longoria
#4	EBAR # 4	Col. Leal Puente
#5	EBAR # 5	Col. Hidalgo
#6	EBAR # 6	Col. Modulo 2000
#7	EBAR # 7	Zona Centro
#8	EBAR # 8	Zona Centro
#9	EBAR # 9	Parque Ind. Reynosa
#10	EBAR # 10	Col. Ernesto Zedillo
#11	EBAR # 11	Col. Las Torres
#12	EBAR # 12	Col. del Bosque Sur
#13	EBAR # 13	Col. Las Delicias
#14	EBAR # 14	Villas de IMAQ
#15	EBAR # 15	Col. Modulo 2000 Rancho Grande
#16	EBAR # 16	Col. Roma
#17	EBAR # 17	Fraccionamiento La Cima
#18	EBAR # 18	Parque Industrial Colonial
#20	EBAR # 20	Los Muros I (F.O.)
#21	EBAR # 21	Los Muros II (F.O.)
#22	EBAR # 22	Puerta del Sol
#23	EBAR # 23	Riberas del Carmen
#24	EBAR # 24	Los Fresnos (F.O.)
#25	EBAR # 25	Vista Hermosa (F.O.)
#26	EBAR # 26	Loma Real (F.O.)
#27	EBAR # 27	El Anhelo
#28	EBAR # 28	Parque Ind. Colonial
#29	EBAR # 29	El Campanario
#30	EBAR # 30	Las Fuentes S/Lomas
#31	EBAR # 31	Los Almendros II (F.O.)
#32	EBAR # 32	Paseo del Prado
#33	EBAR # 33	Ramón Pérez (F.O.)
#34	EBAR # 34	Lomas del Pedregal
#35	EBAR # 35	Los Pinos
#36	EBAR # 36	Las Palmas
#37	EBAR # 37	Aeropuerto
#38	EBAR # 38	Los Arcos
#39	EBAR # 39	Villa Esmeralda
#40	EBAR # 40	Ventura
#41	EBAR # 41	Agencia Aduanales

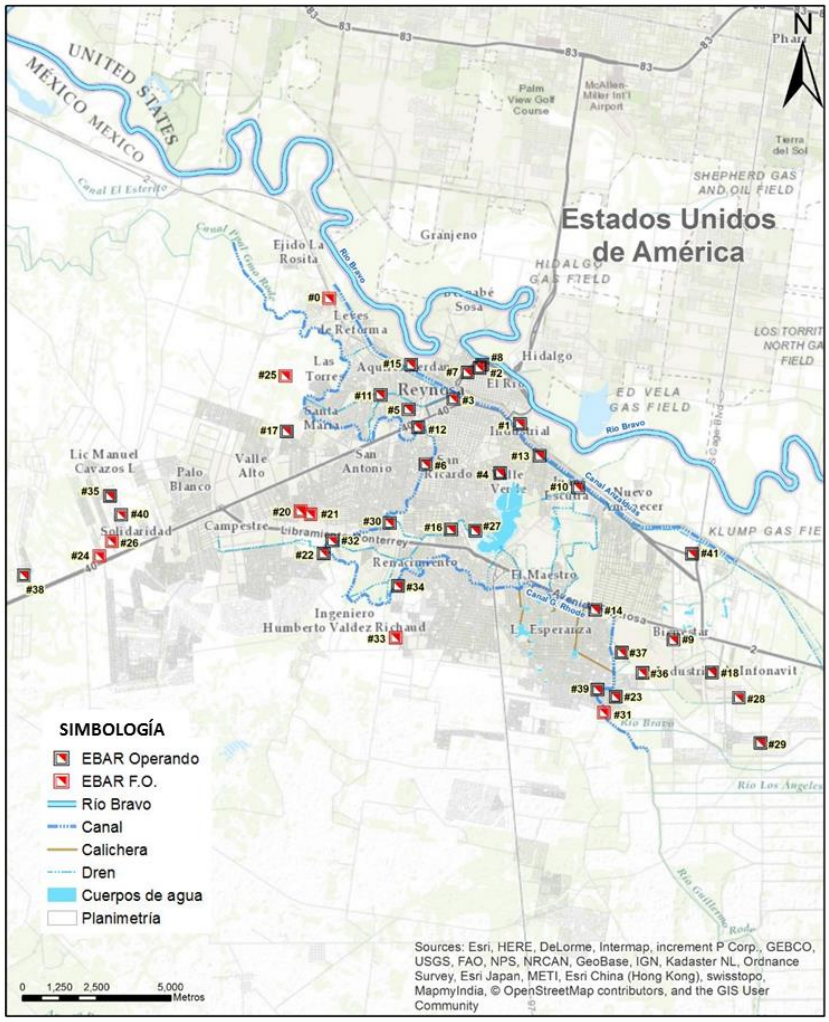


Figura 205. Estaciones de bombeo de aguas residuales

A partir de la información presentada por la COMAPA en cuanto a sus EBARS, la cual fue mostrada en la tabla anterior, se puede establecer que en dichas estaciones de bombeo de aguas residuales solo se encuentran instalados y operando el 50% de los equipos que se requieren y para los cuales están construidas las EBARs, es decir, que existen múltiples de descarga en las estaciones con preparación para acoplárseles un total de 103 equipos de bombeo, de los cuales solo se encuentran instalados y operando 50 equipos de bombeo. Situación que resulta ser aún más grave porque en las 6 principales EBARs (1, 4, 10, 13, 22 y 30) con las que se debería de mandar la totalidad del agua residual generada por la ciudad a las PTARs, solo se tienen instalados y operando 13 equipos de 26 que debieran estar instalados y operando.

La falta de equipos de bombeo en las EBARs representa uno de los mayores problemas que tiene el sistema de recolección y alejamiento de las aguas residuales, ya que resulta imposible desalojar el gasto máximo instantáneo y máximo extraordinario y en algunos casos hasta el gasto medio de aguas residuales que llegan a las EBARs, teniendo que desfogarlos a los canales de riego afluentes del Río Bravo, sin tratamiento.



Figura 206. Desfogues a canales (Anhelo, La Tortuga y la Laguna)

En la siguiente tabla se presenta la situación que predomina en estas seis EBARs principales del sistema de recolección y alejamiento de las aguas residuales que se generan en la ciudad de Reynosa.

Tabla 138. Status de las seis principales EBARs

No.	ID	Nombre	Aporta a	No. Bomba	Tipo	Status	Marca	Potencia (hp)	Presión manométrica a la salida (mca)
1	EBAR#1	Col. La Copa	PTAR #1	1	-----	F.O	-----	-----	-----
				2	-----	F.O	-----	-----	-----
				3	Sumergible	Operando	BARNES	75	20
				4	Vertical	Operando	WARSON	120	20
				5	-----	F.O	-----	75	-----
				6	-----	F.O	-----	40	-----
2	EBAR#4	Col. Leal Puente	PTAR #1	1	Sumergible	Operando	FLYGT	215	28
				2	Sumergible	F.O	-----	215	28
				3	Sumergible	F.O	-----	215	-----
				4	Sumergible	F.O	-----	-----	-----
3	EBAR#10	Col. Ernesto Zedillo	PTAR #1	1	Sumergible	F.O	-----	215	24
				2	Sumergible	Operando	-----	215	24
				3	Sumergible	Operando	NABOHI	200	24

No.	ID	Nombre	Aporta a	No. Bomba	Tipo	Status	Marca	Potencia (hp)	Presión manométrica a la salida (mca)
4	EBAR#13	Col. Las Delicias	PTAR #1	1	Sumergible	F.O	-----	7.5	11
				2	Sumergible	Operando	NABOHI	20	19
				3	Sumergible	Operando	-----	7.5	19
5	EBAR#22	Puerta del Sol	PTAR #2	1	Sumergible	F.O	FLYGT	110	-----
				2	Stock	Operando	FLYGT	110	-----
				3	Sumergible	F.O	-----	110	-----
				4	Sumergible	Operando	FLYGT	40	-----
6	EBAR#30	Las Fuentes S/Lomas	PTAR #2	1	Pluvial	F.O	FLYGT	85	28
				2	Pluvial	F.O	-----	85	-----
				3	loderas	Operando	-----	-----	-----
				4	loderas	Operando	-----	-----	-----
				5	Sumergible	F.O	-----	215	10
				6	STOCK	Operando	-----	215	-----
				7	Sumergible	Operando	-----	215	-----

Como se observa la situación es muy grave debido a la falta de equipos de bombeo en las EBARs, pero sobre todo en las EBARs principales que concentran el 99.9% del agua que debe ser enviada a las PTARs para ser tratada en cumplimiento a lo dispuesto en las Ley de Aguas Nacionales, Titulo de asignación y permiso de descarga y en las Normas Mexicanas vigentes.

Además de estos seis cárcamos principales, se tienen los cárcamos pequeños que descargan a estos principales, en los cuales el mantenimiento y la vigilancia de la operación es aún más efímera, es decir, que la gran mayoría solo operan con un equipo, lo cual es muy vulnerable y riesgoso en caso de una falla de cualquier tipo, lo que provocaría desbordamiento en los pozos de visita generándose inundaciones de aguas negras en las zonas más bajas.

Otro aspecto que presentan estos cárcamos pequeños es que en su mayoría los equipos que se les instalan vienen de una rotación, es decir, que se retiran equipos para darles mantenimiento o reparación y cuando ya están listos se instalan en donde se tiene la necesidad de equipos, siendo que muchas de las veces estos equipos no cumplen con la capacidad requerida del cárcamo donde se instalaron, generándose complicaciones, además de gastos innecesarios de energía eléctrica por bajas eficiencias.

A su vez, estos cárcamos tienen trenes de descarga con válvulas de seccionamiento pegadas, sin manómetros indicadores de presión y tampoco válvulas de expulsión de aire, les falta además trabajos de limpieza y acabados de pintura. Las áreas de las instalaciones requieren de limpieza, las casetas de los operadores que también albergan los tableros de control, en muchos de los casos carecen de una puerta segura, acabados de pintura e iluminación adecuada, ventilación suficiente y condiciones de seguridad para el operador.

Finalmente en cuanto al aspecto eléctrico las instalaciones no cumplen con las normas y recomendaciones de la CONAGUA y la CFE, ya que se encuentran los cableados de alimentación de los equipos de bombeo sin

su tubería y canalizaciones, cajas y gabinetes adecuados, en muchos de los casos ni siquiera aterrizados están los tableros de control de arranque y paro de los equipos de bombeo.

En conclusión la gran mayoría de las estaciones de bombeo se encuentran en regulares y malas condiciones, además de que en ninguna de ellas se han realizado estudios de eficiencia de los equipos de bombeo, por lo que se desconoce la eficiencia con la que operan, así como datos básicos de gasto y presión de salida.

En las siguientes figuras se presentan las condiciones en las que se encuentran algunas de ellas y en la siguiente tabla se presenta sus requerimientos señalados por la COMAPA.



Figura 207. Estado de conservación de las estaciones de bombeo de aguas negras

Tabla 139. Requerimientos en las EBARs

No.	ID	Nombre	Aporta a	Tipo (Mixta, Pluvial, Residual)	Deficiencias o requerimientos
1	EBAR#1	Col. La Copa	PTAR #1	Residual	Suministro de 2 bombas sumergibles de 100 hp 8", para 120 lps y 18 mca, reparación de loza de cárcamos y rehabilitación de 2 trenes de descarga completos y columnas. Suministro de 2 arrancadores a tensión reducida para 100 hp, 440 vca, 3 fases. desazolve de cárcamo
2	EBAR#2	Zona Centro	EBAR #1	Residual	Reparación de loza de cárcamo, rehabilitación de sistema de retención de sólidos, fabricación de columnas de 6", tren de descargas completo, 1 bomba sumergible trifásica de 15 hp, 6" para 45 lps con 6 mca. Un arrancador a tensión plena para 15 hp, 220 vca 3 fases. desazolve de cárcamo
3	EBAR#3	Col. Longoria	EBAR #1	Residual	Fabricación de sistema de rejillas de retención de sólidos. Suministro o reparación de 1 bomba sumergible de 15 hp, 6", trifásica, para 8 mca y 35 lps. 1 arrancador a tensión plena para 15 hp, 220 vca, 3 fases.
4	EBAR#4	Col. Leal Puente	PTAR #1	Residual	Rehabilitación de manifould y trenes de descarga rehabilitación de generador de emergencia suministro e instalación de alimentaciones eléctricas para equipos de bombeo de 215 hp, fuerza y control. Limpieza general del cárcamo, suministro o reparación de 1 bomba sumergible para 450 lps y 24 mca. 1 arrancador electrónico para 250 hp, 440 vca, 3 fases
5	EBAR#5	Col. Hidalgo	EBAR #6	Residual	Suministro de 3 arrancadores a tensión reducida para 75 hp, 440 vca, 3 fases. Suministro o reparación de 1 bomba sumergible de 75 hp, 8” para 14 mca y 60 lps.
6	EBAR#6	Col. Módulo 2000	EBAR #4	Residual	Desazolve de cárcamo. Rehabilitación de sistema de retención de sólidos. Suministro o reparación de 2 bombas sumergibles de 40 hp, 8" trifásicas para 70 lps 8 mca. Suministro de 3 arrancadores a tensión reducida para 40 hp, 3 fases 440 vca.
7	EBAR#7	Zona Centro	EBAR #2	Residual	Rehabilitación de manifould. Desazolve de cárcamos. Rehabilitación de sistema de retención de sólidos, suministro de 1 bomba sumergible de 10 hp, 4" trifásica, para 7 mca y 25 lps. suministro de columna de acero de 4"
8	EBAR#8	Zona Centro	EBAR #1	Residual	Rehabilitación de tapas metálicas de cárcamo. Suministro de columna de 4". Juego de válvulas de no retorno y compuerta de 6" bridadas para 150 psi. Suministro de bomba sumergible de 7.5 hp 4" trifásica. Suministro de arrancador a tensión plena para 7.5 hp, 3 fases 220 vca. Desazolve de cárcamo.
9	EBAR#9	Parque Ind. Reynosa	EBAR #10	Residual	Desazolve de cárcamo suministro o reparación de 1 bomba de 15 hp 4" para 8 mca y 25 lps. suministro de arrancador a tensión plena para 15 hp, 3 fases 440 vca
10	EBAR#10	Col. Ernesto Zedillo	PTAR #1	Residual	Desazolve de cárcamo. Rehabilitación de manifoul. Rehabilitación de trenes de descarga. Suministro de 1 columna de 14". Suministro o reparación de 1 bomba de 215 hp, trifásica para 450 lps a 24 mca. Suministro de 1 arrancador electrónico para 250 hp, 3 fases 440 vca. Rehabilitación de generador de emergencia.

No.	ID	Nombre	Aporta a	Tipo (Mixta, Pluvial, Residual)	Deficiencias o requerimientos
11	EBAR#11	Col. Las Torres	EBAR #5	Residual	Desazolve de cárcamo. Fabricación de sistema de retención de sólidos. Suministro de 2 juegos de columnas de 4". Suministro o reparación de 1 bomba sumergible de 10 hp, trifásica para 7 mca, 35 lps. Suministro de 1 arrancador a tensión plena para 10 hp, 3 fases, 220 vca.
12	EBAR#12	Col. del Bosque Sur	EBAR #1	Residual	Desazolve de cárcamo. Reparación de manifould. Suministro de columna de 3". Rehabilitación de trenes de descarga. Suministro de bomba sumergible de 5 hp trifásica. Suministro de arrancador a tensión plena para 5 hp. 3 fases, 220 vca.
13	EBAR#13	Col. Las Delicias	PTAR #1	Residual	Desazolve de cárcamo. Reparación de manifould. Reparación de estructura de maniobras y rejillas de piso. Rehabilitación de trenes de descarga. Suministro de 2 columnas de 4". Suministro o reparación de 2 bombas sumergible de 15 hp, 4" trifásicas para 25 lps a 15 mca. Suministro de 2 arrancadores a tensión plena para 15 hp, 3 fases 220 vca.
14	EBAR#14	Villas de IMAQ	EBAR #10	Residual	Rehabilitación de sistema de retención de sólidos. Rehabilitación de estructura y rejillas de piso. Reparación o suministro de un arrancador electrónico para 75 hp, 3 fases, 440 vca.
15	EBAR#15	Col. Módulo 2000 Rancho Grande	EBAR #7	Residual	Suministro de 1 arrancador a tensión plena para 5 hp, 3 fases 220 vca. Suministro de 1 bomba sumergible de 5 hp trifásica para 7 mca y 15 lps. Rehabilitación de sistema de retención de sólidos.
16	EBAR#16	Col. Roma	EBAR #4	Residual	Desazolve de cárcamo. Rehabilitación de sistema de retención de sólidos. Suministro o reparación de 2 bombas sumergibles de 15 hp, 4" trifásicas para 7 mca y 30 lps. Suministro de 2 columnas de 4". Suministro de piezas para trenes de descarga. Rehabilitación de manifould. Suministro de 2 arrancadores para 15 hp, 3 fases 440 vca.
17	EBAR#17	Fraccionamiento La Cima	EBAR # 30 y EBAR # 4	Residual	Desazolve de cárcamo. Rehabilitación de sistema de retención de sólidos, rehabilitación de trenes de descarga y columnas de 4". Suministro o reparación de 2 bombas sumergibles de 30 hp, 6" trifásicas, para 15 mca y 45 lps. suministro de 2 arrancadores a tensión reducida para 30 hp, 3 fases, 440 vca
18	EBAR#18	Parque Industrial Colonial	EBAR #9	Residual	Desazolve de cárcamo. Rehabilitación de sistema de retención de sólidos. Rehabilitación de estructura de maniobras y rejillas de piso de cárcamo. Rehabilitación de columnas y trenes de descarga. Suministro o reparación de 2 bombas de 10 hp 4" trifásicas para 7 mca y 25 lps. Suministro de 2 arrancadores a tensión plena para 440 vca, 3 fases.
19	EBAR#20	Los Muros I	EBAR #30 y EBAR # 4	Residual	Desazolve de cárcamo. Rehabilitación de sistema de retención de sólidos, rehabilitación de trenes de descarga y columnas de 4". Suministro de 2 bombas sumergibles de 7.5 hp, 4" trifásicas, para 10 mca y 15 lps. suministro de 2 arrancadores a tensión plena para 7.5 hp, 3 fases, 4, 220 vca

No.	ID	Nombre	Aporta a	Tipo (Mixta, Pluvial, Residual)	Deficiencias o requerimientos
20	EBAR#21	Los Muros II	EBAR #30 y EBAR # 4	Residual	Desazolve de cárcamo. Rehabilitación de sistema de retención de sólidos, rehabilitación de trenes de descarga y columnas de 4". Suministro de 2 bombas sumergibles de 7.5 hp, 4" trifásicas, para 10 mca y 15 lps. suministro de 2 arrancadores a tensión plena para 7.5 hp, 3 fases, 4, 220 vca
21	EBAR#22	Puerta del Sol	PTAR #2	Residual	Sin requerimientos
22	EBAR#23	Riberas del Carmen	EBAR #10	Residual	Desazolve de cárcamo. Rehabilitación de sistema de retención de sólidos. Rehabilitación de trenes de descarga de equipo y columnas. Suministro de 2 bombas de 15 hp 4" trifásicas para 10 mca y 25 lps. suministro de 2 arrancadores a tensión plena para 15 hp, 3 fases 440 vca
23	EBAR#24	Los Fresnos	EBAR #22	Residual	Desazolve de cárcamo. Rehabilitación de trenes de descarga y columnas de 4". Suministro de 2 bombas de 4.5 hp, 4" trifásicas para 8 mca y 15 lps. Suministro de 2 arrancadores para 4.5 hp, 3 fases, 220 vca.
24	EBAR#25	Vista Hermosa	EBAR #30 y EBAR # 4	Residual	Desazolve de cárcamo. Rehabilitación de sistema de retención de sólidos, rehabilitación de trenes de descarga y columnas de 8". Suministro o reparación de 2 bombas sumergibles de 100 hp, 8" trifásicas. Suministro de 2 arrancadores a tensión reducida para 100 hp, 3 fases, 440 vca. Suministro de alimentación eléctrica de fuerza y control.
25	EBAR#26	Loma Real	EBAR # 22	Residual	Desazolve de cárcamo. Rehabilitación de trenes de descarga y columnas de 4". Rehabilitación de sistema de retención de sólidos. Suministro de 2 arrancadores para 15 hp a tensión plena, 3 fases 440 vca.
26	EBAR#27	El Anhelo	EBAR #4	Residual	Desazolve de cárcamo. Fabricación de sistema de retención de sólidos. Suministro o reparación de 2 bombas sumergibles de 20 hp, 4" trifásicas. Rehabilitación de generador de emergencia.
27	EBAR#28	Parque Ind. Colonial	EBAR # 18	Residual	Desazolve de cárcamo. Fabricación de sistema de retención de sólidos. Suministro o reparación de 2 bombas de 10 hp, 4" trifásicas para 6 mca y 15 lps. Suministro de 2 arrancadores a tensión plena para 10 hp 220vca 3 fases.
28	EBAR#29	El Campanario	EBAR # 18	Residual	Desazolve de cárcamo. Rehabilitación de trenes de descarga. Suministro o reparación de 2 bombas sumergibles de 30 hp 4" trifásicas, para 24 mca, 25 lps. Suministro de 2 arrancadores a tensión plena para 30 hp, 3 fases, 440 vca.
29	EBAR#30	Las Fuentes S/Lomas	PTAR #2	Mixta	Desazolve de cárcamo. Rehabilitación de sistema de retención de sólidos. Suministro reparación de 2 bombas sumergibles de 85 hp para 16 mca y 150 lps.
30	EBAR#31	Los Almendros II	EBAR #10	Residual	Desazolve de cárcamo. Rehabilitación de sistema de retención de sólidos, rehabilitación de trenes de descarga y columnas de 4". Suministro de 2 bombas sumergibles de 20 hp, 4" trifásicas. Suministro de 2 arrancadores a tensión plena para 20 hp, 3 fases, 440 vca. Suministro de alimentaciones eléctricas de fuerza y control.

No.	ID	Nombre	Aporta a	Tipo (Mixta, Pluvial, Residual)	Deficiencias o requerimientos
31	EBAR#32	Paseo del Prado	EBAR # 30 y EBAR # 4	Residual	Desazolve de cárcamo. Suministro o reparación de 2 bombas sumergible de 7.5 hp, 4" para 10 mca y 20 lps. suministro de 2 arrancadores para 7.5 hp
32	EBAR#33	Ramón Pérez	EBAR #10	Residual	Suministro o reparación de 2 bombas sumergibles de 15 hp, 4", para 15 mca y 25 lps. Trifásicas.
33	EBAR#34	Lomas del Pedregal	EBAR #16	Residual	Rehabilitación de trenes de descarga. Suministro de 1 bomba sumergible de 15 hp, 4" trifásica. Suministro de 1 arrancador a tensión plena para 15 hp, 3 fases 440 vca.
34	EBAR # 35	Los Pinos	EBAR #40	Residual	sin requerimientos
35	EBAR # 36	Las Palmas	EBAR #23	Mixta	Reparación de 1 arrancador a tensión reducida para 60 hp
36	EBAR # 37	Aeropuerto	EBAR #14	Residual	Reparación de equipo de bombeo existente: 2 bombas de 15 hp, 4", marca NABOHI
37	EBAR # 38	Los Arcos	EBAR #22	Residual	revisión y mantenimiento a generador de emergencia
38	EBAR # 39	Villa Esmeralda	EBAR #10	Residual	Suministro o reparación de 2 bombas sumergibles de 10 hp, 4" trifásicas, para 25 lps y 8 mca. Suministro de 2 arrancadores a tensión plena para 10 hp, 3 fases, 440 vca.
39	EBAR # 40	Ventura	EBAR #22	Residual	Reparación de 2 bombas sumergibles de 60 hp, 4", trifásicas.
40	EBAR # 41	Agencia Aduanales	EBAR #10	Residual	
41	EBAR	Las Haciendas	EBAR #5	Residual	

Para mayor detalle de información de la infraestructura de alcantarillado consultar los anexos 10 y 11.

Control de Avenidas

Como parte del control de avenidas del Río Bravo, principal corriente que está en Reynosa, existen dos presas de almacenamiento Internacionales, la presa La Amistad, cerca de Ciudad Acuña Coahuila, la presa Falcón, aguas abajo de Nuevo Laredo, destinadas al mejor aprovechamiento de las aguas del río Bravo, en cuanto a riego, generación de energía eléctrica y control de avenidas entro otros usos.

A continuación se describe brevemente las características de dichas presas:

Presa de Almacenamiento La Amistad

La Presa de La Amistad se localiza cerca de Ciudad Acuña, Coahuila y del Río Texas. Aun cuando se encuentra alejada de Reynosa, la presa provee las funciones de almacenamiento de agua, control de avenidas además de generación de energía eléctrica para México y Estados Unidos de acuerdo Tratado de Aguas en 1944. Consta de una cortina mixta de sección por gravedad vertedora situada en el cauce del río con una longitud de 315.16 m y con una altura total de 87 m; una obra no vertedora con una longitud de 349.94 m; cortinas de roca situadas en ambos lados de la de concreto con una longitud de 2,588.6 m en los Estados Unidos y 6,505.52 m en el lado de México y altura de 32.30 m; tanque amortiguador al pie de la cortina vertedora; obra de toma y dos plantas hidroeléctricas para ambos países.



Presa de Almacenamiento Falcón

Se localiza aproximadamente a 120 km aguas abajo de Laredo, 170 km aguas arriba de Reynosa y cerca de 12 km al norte de Ciudad Mier del Estado de Tamaulipas sobre el Río Bravo. Juega un papel importante para el control de avenidas y la generación de energía eléctrica para ambos países. En la siguiente imagen se presenta la ubicación de dicha presa:

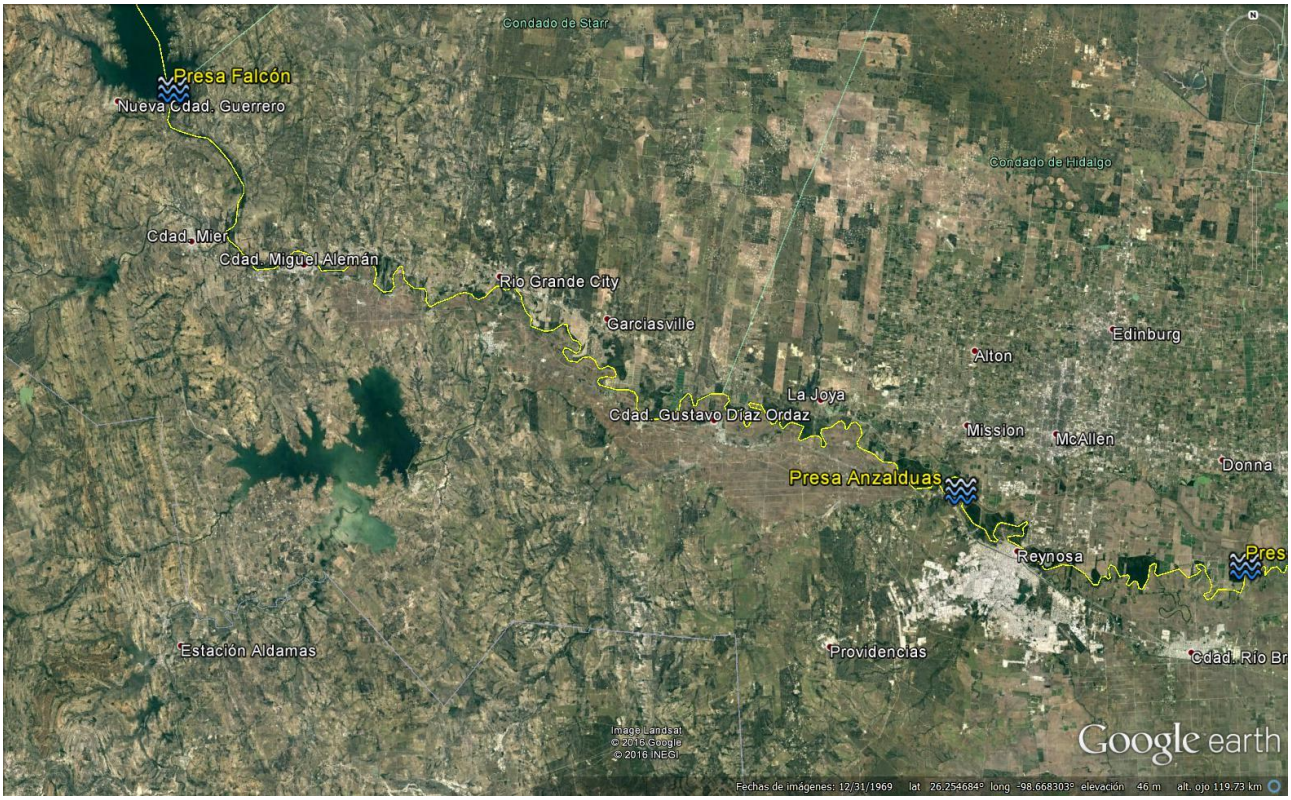


Figura 208. Ubicación de la Presa Falcón

Esta presa consiste en una cortina del tipo gravedad de materiales graduados; una obra de excedencias ubicada en la margen izquierda, constituida por seis grandes compuertas reguladoras del tipo Storey; dos obras de toma, una para cada país, del tipo de torre de conducto de concreto para México y para los Estados Unidos queda alojada en una sección de gravedad adyacente al vertedor de excedencias y dos plantas hidroeléctricas situadas una en cada país.



Adicionalmente se cuenta con otras presas sobre el cauce del Río Bravo y sobre el río el San Juan, las cuales se describen a continuación:

Presa Marte R. Gómez

La presa Marte R. Gómez también conocida como Presa El Azúcar, su función principal es la del riego agrícola del Distrito de Riego 026 Bajo San Juan 026. Almacena 1,256 millones de metros cúbicos, cuenta con dos canales principales Guillermo Rodhe con capacidad de 70 m^3/s y una longitud de 194 km y el canal San Pedro con un gasto de 10 m^3/s y 20 km de largo, así como una red de canales de distribución que mide en conjunto 1,000 Km de largo.



Figura 209. Localización de la Presa Marte R. Gómez

En el Río Bravo existen otras dos presas derivadoras: Anzaldúas y Retamal, La primera deriva agua para riego al distrito de Riego 025 a través del canal principal Anzaldúas y la segunda se utiliza para control de avenidas para protección a las ciudades fronterizas de Matamoros en Tamaulipas y Brownsville en Texas, ambas son operadas por la CILA junto con la CONAGUA. En la siguiente imagen se presenta la ubicación de las presas mencionas con respecto a Reynosa:

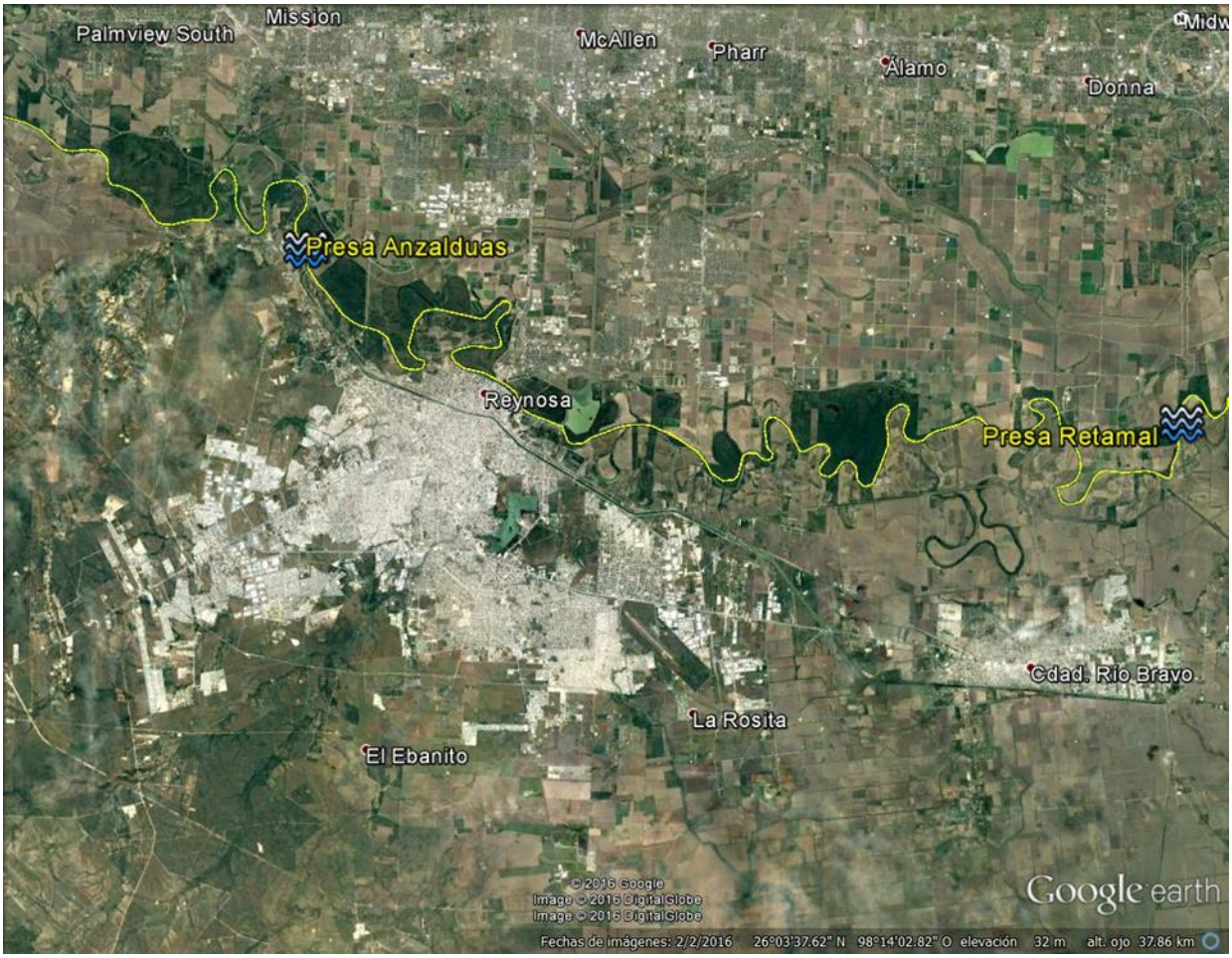


Figura 210. Localización de las Presas Anzaldúas y Retamal

A continuación se describe brevemente las características de las presas

Presa Derivadora Anzaldúas

Se encuentra situada a 8 km río arriba de la ciudad de Reynosa Tamaulipas y a 180 km aguas debajo de la presa Falcón, deriva el agua para riego del DR025 por el Canal Principal Anzaldúas hacia la planicie comprendida al sur de la margen derecha del río Bravo. La presa consta de un dique bajo, de materiales graduados, de 7 m de altura y de 1.5 km de largo sobre la llanura de inundación en la margen izquierda y un sistema de compuertas junto a la margen mexicana, teniendo anexa la obra de toma.

La estructura de compuertas que es la más importante, consta de 6 claros controlados por otras compuertas metálicas cilíndricas de 4.27 m de diámetro y con un espolón inferior, están apoyados en 7 pilas de concreto reforzado provistas de escotaduras sobre las que se apoyan por medio de un sistema de cremalleras en escotadura y rueda dentada en la compuerta, de modo que al girar ascienden y descienden.



Presa Derivadora Retamal

Forma parte de los acuerdos entre México y Estados Unidos para el control de avenidas del RÍO Bravo. Su construcción fue convenida de acuerdo con el Acta Núm. 238 de la Comisión Internacional de Límites y Aguas con fechas del 10 de septiembre de 1970. Se localiza a 10 km al noroeste de la Ciudad de Río Bravo, Tamaulipas y a 13 km al sur de Weslaco, Texas.

La estructura derivadora es de concreto constituida por una losa de cimentación de 26m x 55m, con dos pilas extremas de 11m de altura por 26 m de largo; dos filas intermedias de las mismas características y dos pilas centrales sobre las que habrá de apoyar de la compuerta radial de operación automática de 25 m x 7.3 m; dos compuertas radiales de 12.2 m x 8.8. A dicha estructura la complementan el canal de descarga con plantilla y taludes revestidos de concreto, dos pantallas de tablestacado metálico, la de aguas arriba de 19m de profundidad, los muros de sostenimiento en ambos extremos que ligan las terrecerías de los diques mexicano y de los Estados Unidos.



Cabe mencionar que la presas cumplen con la función de proteger a la ciudades cercanas contra grandes inundaciones y evitar siniestros catastróficos, llevando a cabo periódicamente planes de mantenimiento supervisados por la CILA, para el mantenimiento y conservación del Río Bravo en puntos críticos donde el cauce del Río presente más problemas, además de llevar a cabo talleres anuales de Control de Avenidas en las Presas Internacionales de La Amistad y Falcón, así como también en el proyecto de control de Avenidas del Bajo Río Bravo. El propósito de este taller es asegurar que el personal de la Comisión se encuentre totalmente capacitado y preparado para la operación en caso de avenidas extraordinarias en las presas internacionales usando criterios del control de avenidas de la Comisión, contando también con la participación del personal de la CONAGUA.

Por otro lado, la ciudad de Reynosa cuenta con un bordo de protección que tiene una antigüedad de más de 50 años, el cual ya ha empezado a presenta problemas de porosidad y fallas en algunos tramos, que han ocasionado encharcamientos e inundaciones del otro lado del bordo (lado sur) debido al incremento de las lluvias torrenciales y al gran número de descargas de aguas pluviales de Reynosa hacia el Río Bravo. La zona al norte del bordo es una zona natural protegida que comprende del Bordo de Protección del Canal Anzaldúas hacia el propio Río Bravo, existiendo en esta zona una cantidad considerable de población, misma que tendría que ser evacuada en caso de un huracán o de eventos hidrometeorológicos de gran magnitud.

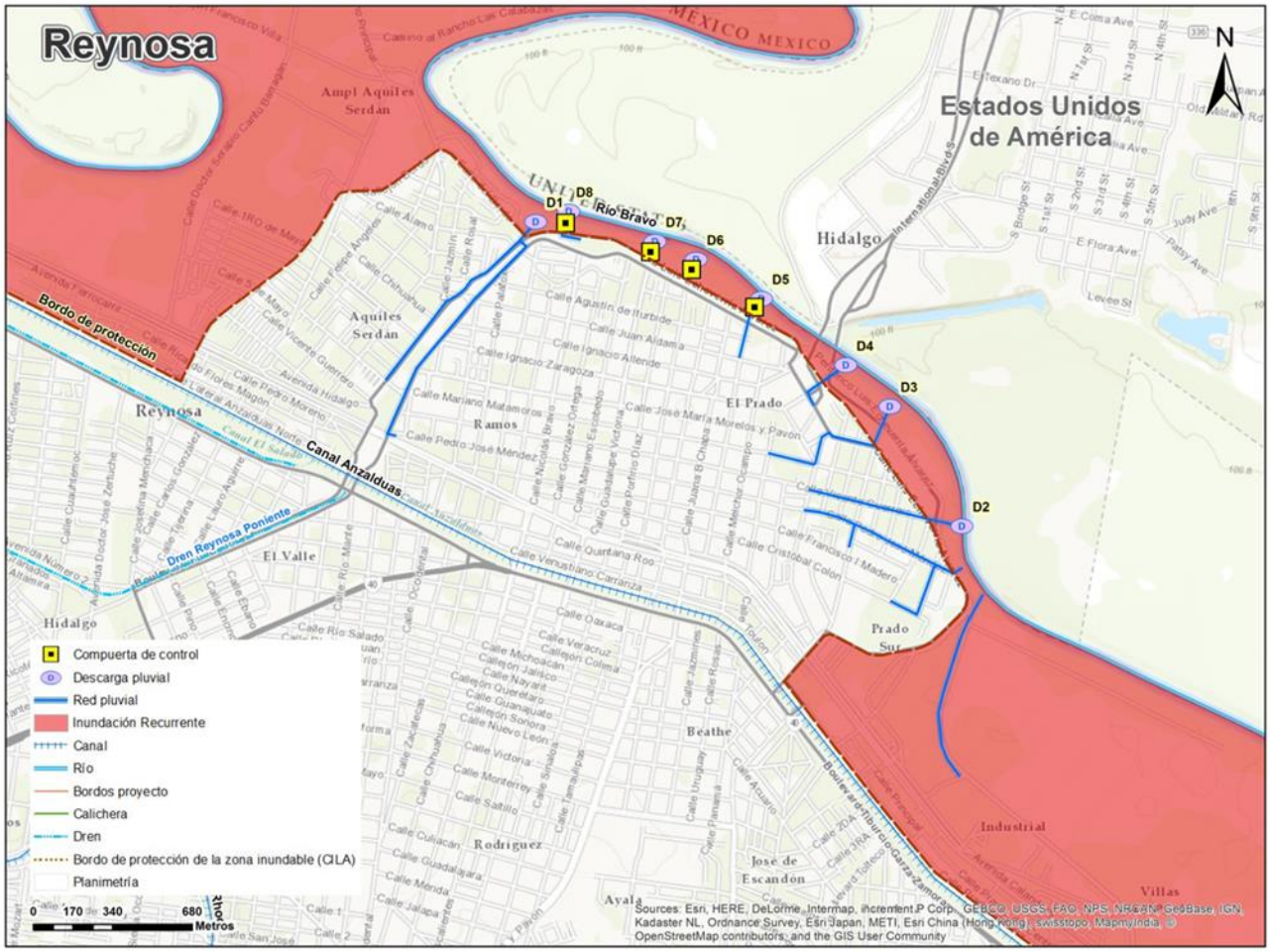


Figura 211. Zona recurrente por inundación delimitado por el bordo de protección del Canal Anzaldúas

Durante décadas, particulares y dependencias del sector público han socavado parte del material que compone el bordo, ya sea para rellenar terrenos o para construir nueva infraestructura. A finales de los 90´s se construyó la avenida Fundadores, que corre paralelo al libramiento María J. González pero sobre el lado norte del bordo, para ello se tuvo que cortar buena parte de la barrera de protección, siendo éste uno de los puntos vulnerables del bordo. Otra "ventana" se ubica en Las Calabazas, donde el bordo da una brusca vuelta hacia el poniente, dejando sin protección a las colonias Los Patos y 10 de mayo.

El tercer punto vulnerable es la parte donde conecta la avenida Fundadores con el libramiento María J. González, a la altura de la Cruz del Migrante. En ese lugar, se permitió que un hospital particular socavara el bordo para hacer un estacionamiento, pero además la construcción de la vialidad y posteriormente del carril SENTRI, disminuyeron la altura del bordo de contención.

Cerca de la colonia Del Prado, la Aduana construyó el Módulo CITEV para el trámite de la importación temporal de vehículos. Nuevamente se tuvo que rebajar varios metros la altura del bordo y más aún cuando se construyó el acceso a las casetas de peaje del puente internacional, hace apenas unos años.

Por último, el bordo da un nuevo giro hacia el sur, después de la colonia Del prado y desaparece en la Manuel Tárrega.

Colonias como el propio Manuel Tárrega, la Industrial y la Ferrocarril son completamente vulnerables ante eventuales crecientes.

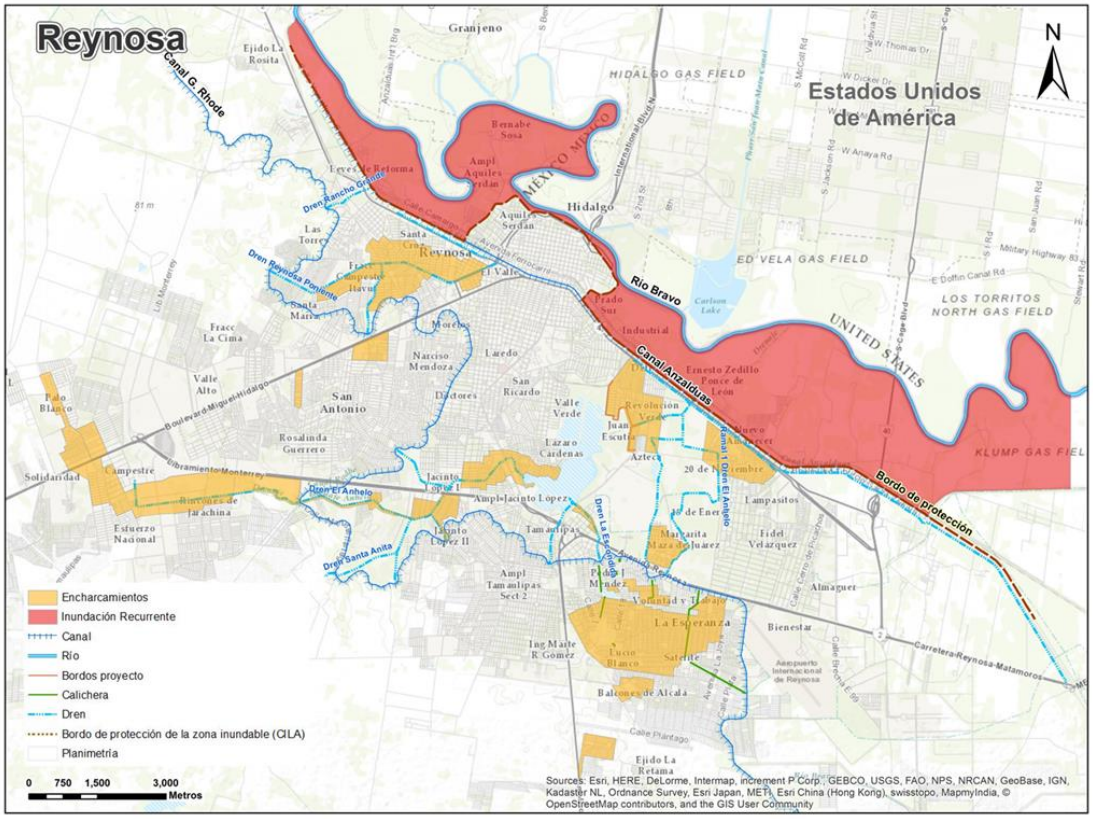


Figura 212. Inundaciones recurrentes en reserva protegida

El problema es lo viejo de los bordos ya que ha empezado a presentar porosidad, además de raíces de los mezquites que debilitan el subsuelo.

Mientras tanto, al subir el nivel del río, colonias como la Manuel Tárrega se vieron amenazadas y el Municipio tuvo que construir una improvisada prolongación del bordo para proteger la zona centro, siendo que vecinos de la parte oriente, la que quedaba en riesgo de inundarse, partieron el bordo y el esfuerzo de las autoridades quedó en vano.

El planteamiento del Municipio es que se invierta en dar mantenimiento al bordo y prolongarlo hasta las lagunas de oxidación para brindar protección a todo el sector oriente de la Ciudad, ya que en esta barrera, específicamente, las autoridades han detectado entre cuatro y cinco vulnerabilidades, sitios por donde el agua del río puede saltar hacia la zona urbana y causar inundaciones más serias.

Hasta el momento no hay un cálculo del costo que implicaría construir completo un nuevo bordo.

Ahora bien, en la siguiente imagen se presenta información en cuanto a localización de dos estructuras de bombeo para el desalojo de agua tratada y pluvial:

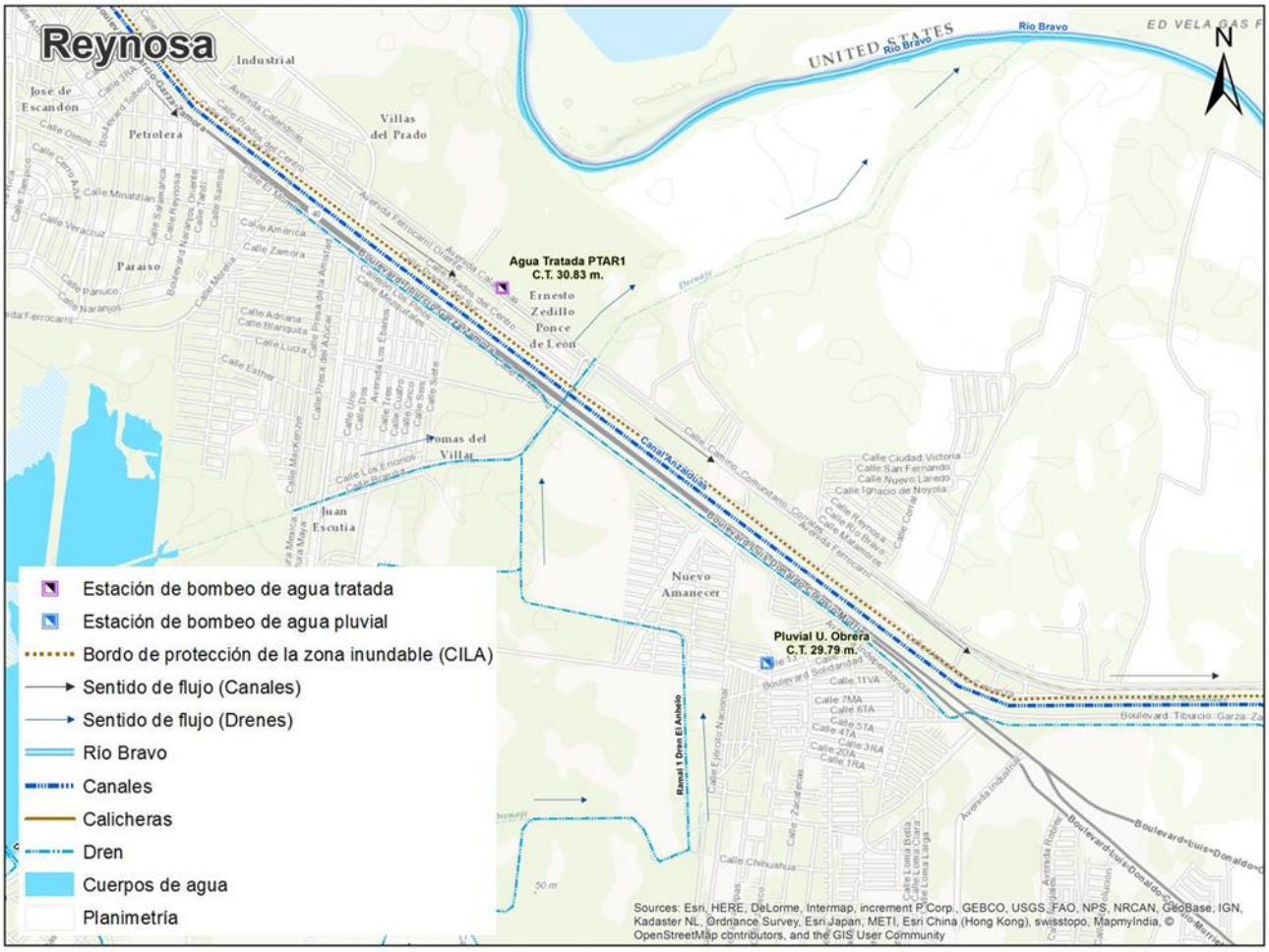


Figura 213. Estaciones de bombeo pluviales

Los problemas por encharcamientos se hacen presentes en las zonas urbanas donde la ineficiencia por fallo o inexistencia de sistema de alcantarillado pluvial, del mismo modo se produce como consecuencia de las intensas precipitaciones pluviales debido a que el terreno se encuentran en las zonas más bajas provocando saturaciones y el agua de lluvia excedente comience a acumularse por un periodo de tiempo provocando que se incremente el nivel del agua. En la siguiente imagen se presentan los puntos considerados como críticos por problemas de desbordamientos de canales y drenes detectados por la COMAPA junto con las curvas de nivel:

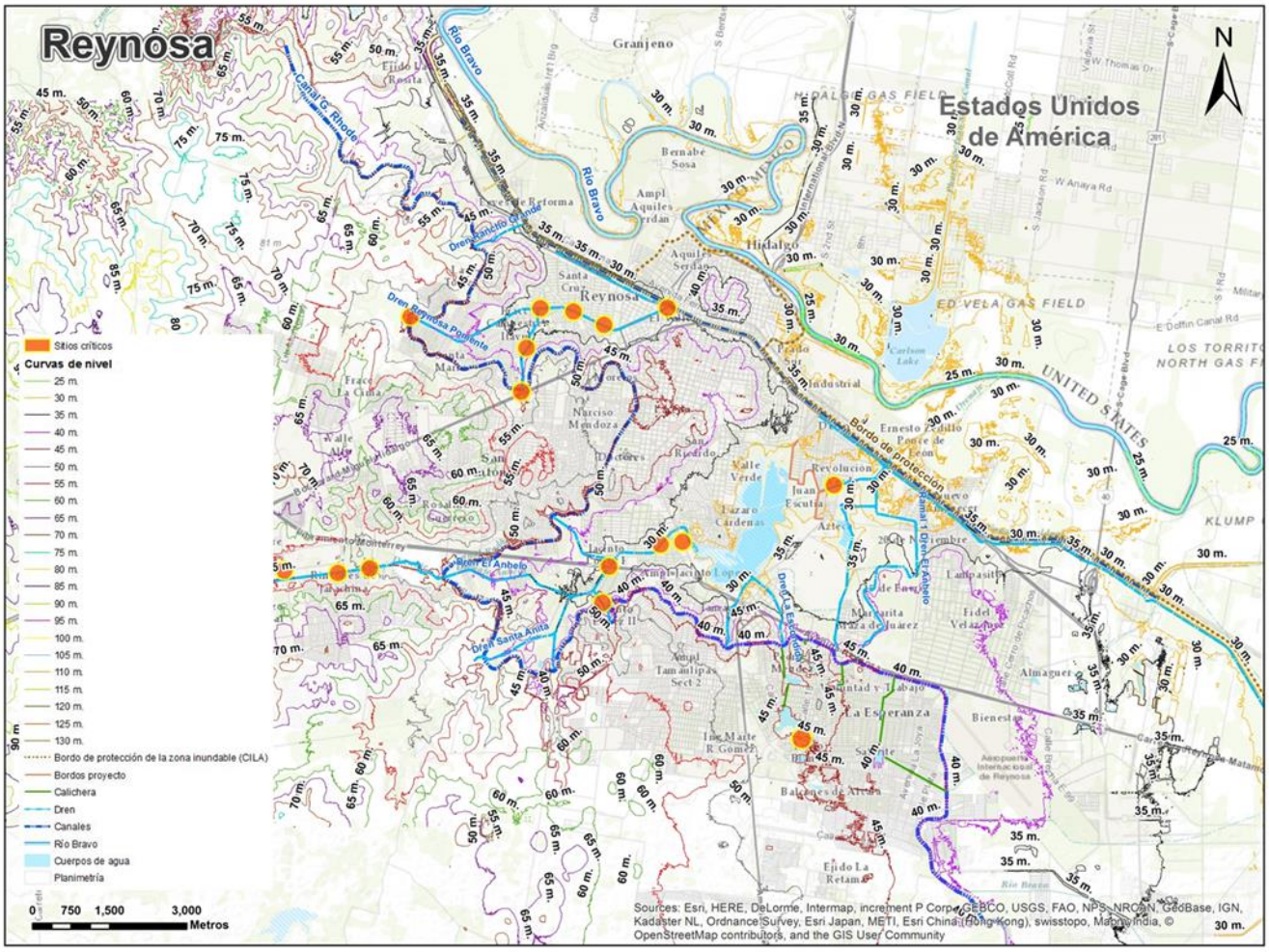
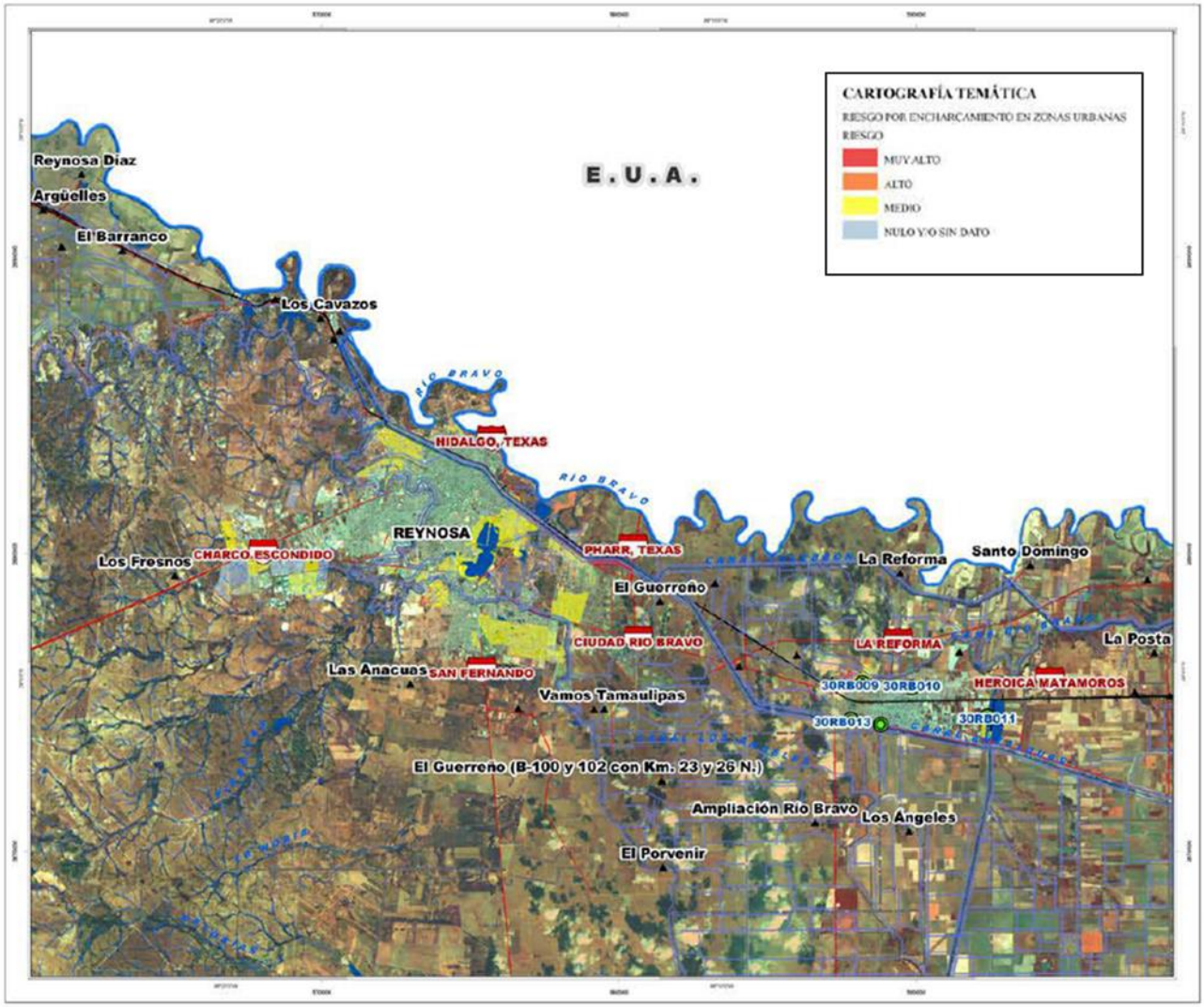


Figura 214. Puntos críticos considerados por la COMAPA por el desbordamiento de cauces

Por otra parte, en un estudio realizado en el Atlas de Riego, tiene delimitadas las zonas de peligro por desbordamiento de cauces, realizando un análisis con el fin de calcular la vulnerabilidad según el tipo de viviendas de acuerdo a un índice aplicado, lo cual se desprende el costo de las pérdidas totales en caso de inundación por desbordamiento y de esta forma clasificar a las zonas en alto, medio y bajo riesgo:



Atlas de Riesgo, Municipio de Reynosa y Río Bravo

Figura 215. Clasificación de riesgo por encharcamiento en zonas urbanas de Reynosa

De acuerdo a la información proporcionada por la COMAPA, se cuentan con estructuras para el desalojo de las aguas pluviales en caso de inundaciones, las cuales se encuentran sobre los canales o en áreas identificadas con problemas de inundaciones o encharcamientos. En la siguiente imagen se presenta la ubicación de las zonas críticas de encharcamiento, así como la ubicación de los cárcamos de bombeo:

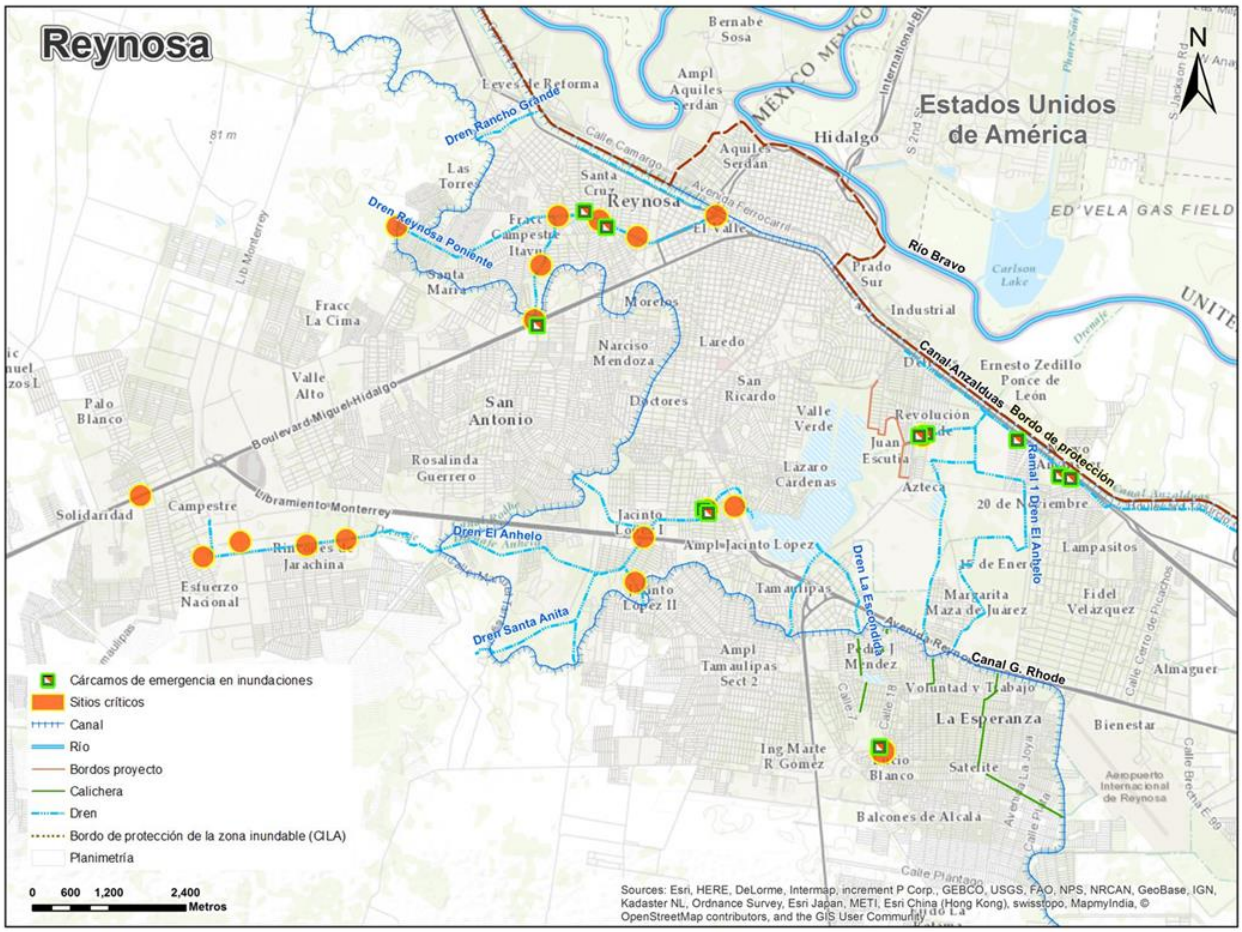


Figura 216. Cárcamos de emergencia utilizados para el desalojo del agua

De acuerdo a lo anterior, se ha propuesto diseñar acciones y programas para mitigar y reducir oportunamente estos riesgos a través del reforzamiento y adecuación de la infraestructura, mejorando normas y procurando su aplicación, al mismo tiempo, preparar e informar a la población para que sepa cómo actuar antes, durante y después de una contingencia, sobre todo en zonas consideras como de mayor peligro, mencionados a detalle en el apartado 2.4.1 Sistema Pluvial

Por otra parte, es importante que la COMAPA establezca una gerencia de drenaje pluvial, encargada exclusivamente de este, en donde se puedan establecer los derechos de vía de estos causes para evitar invasiones, para ello debe declararse de utilidad pública y también pueda estudiar el aplicar una cuota dentro del cobro del impuesto predial a fin de que toda la población participe en la solución de este problema además de establecer y los recursos recibidos se mezclen con otro tanto del gobierno del Estado y de la Federación.

Para mayor detalle de la información pluvial y control de avenidas consultar el anexo 13.

2.4.2.1 Actualización del mapa base del sistema de Alcantarillado y Saneamiento

Con la información física y verbal que fue proporcionada por la COMAPA respecto a su infraestructura existente en la ciudad de Reynosa, se procedió a actualizar el mapa base del sistema de agua potable, transfiriendo toda la información a una plantilla con plataforma GIS con el software ArcGis, el cual se integró al sistema de información geográfica (SIG). Adicionalmente se volvió a transferir la información de GIS a CAD para generar los planos en formato digital que pueden ser consultados en AutoCad.

Todos los planos de Actualización del Plan Maestro de Reynosa, están representados sobre la siguiente información de referencia:

- **Límite estatal.-** Fuente de información INEGI.
- **Polígono de localidad.-** Fuente de información INEGI.
- **Planimetría (manzanas).-** Se utilizó la planimetría ocupada por el INEGI que corresponde a cartografía geo estadística con clave 70282531536_s con proyección Conforme Cónica de Lambert, tal planimetría se re proyecto a Universal Transversal de Mercator con Datum WGS 1984, Zona 14 N siendo este el sistema de proyección a ocupar en el SIG y se complementó con información cartográfica proporcionada en planos .dwg por el organismo operador, como se muestra en la siguiente imagen.

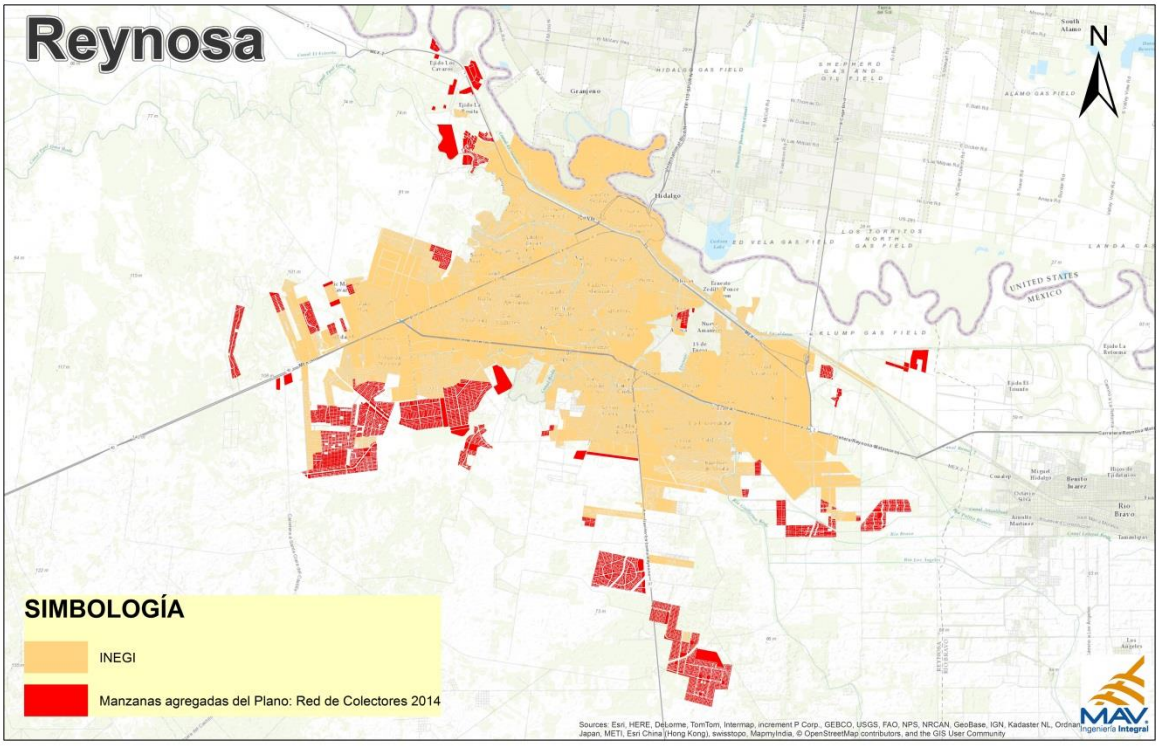


Figura 217. Cartografía de Reynosa, Tamps.

Elaborado por: MAV Ingeniería Integral

- **Ejes de vialidad (nombres de calles).-** Fuente de información INEGI.
- **Imagen satelital.-** Fuente de información ESRI, empleada en planos temáticos.
- **Imágenes LIDAR.**- Fuente de información COCEF, empleadas para la extracción de elevaciones.
- **Información geográfica de alcantarillado**: La representación de la información se encuentra concentrada en archivos Shapefile clasificados como a continuación se menciona:
    - **Estructuras:** Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), Estaciones de Bombeo de Aguas Residuales (EBARS).
    - **Red de alcantarillado:** Colectores, Emisores, Líneas de Presión Sanitarias y Red de Atarjeas.
    - **Pozos de visita.**
    - **Cuencas de aportación:** Cuencas de aportación de las Plantas de Tratamiento.

Estos archivos Shapefile contienen atributos para dichas entidades, en dónde se almacena la información que permite la configuración de cada mapa temático. Todos los archivos Shapefile se encuentran proyectados en el sistema de coordenadas **WGS_1984_UTM_Zone_14N** y la fuente de información se extrajo de archivos CAD tablas de información proporcionadas por el organismo operador y un importante número de reuniones con personal operativo de la COMAPA, los cuales aportaron sus conocimientos respecto al sistema de recolección y alejamiento de las aguas residuales, a partir de los cuales se actualizó la información con la que contaba el área técnica del Organismo, ya que las modificaciones que se le hicieron al plano base fueron incontables, puesto que se modificaron y ampliaron: trazos, diámetros, materiales de los tubos tanto de colectores y subcolectores como de líneas de impulsión, que en conjunto le dan una mayor credibilidad y cobertura al plano base que de origen fue proporcionado, quedándole pendiente al Organismo llevar a cabo por administración o por contrato la verificación de la información del plano base, con levantamientos de los pozos de visita y sondeos exploratorios como se debe de realizar en un trabajo de actualización de catastro.

Se conformaron planos en formato JPG y PDF en tamaño carta, con la finalidad de tener mejor comprensión de la información plasmada en el GIS, en la siguiente tabla se encuentra la distribución de estas imágenes o planos en tamaño carta y una imagen ejemplo de los planos elaborados en este tamaño.

Tabla 140. Planos elaborados de Agua Potable

PLANO	SHAPE
01 Plantas de Tratamiento	PTARs
02 Estaciones de Bombeo de Aguas Residuales	EBARs
03 Colectores	Colectores
04 Interceptores	Interceptores
05 Líneas de presión	LPTUB
06 Red de atarjeas	Red Atarjeas
07 Red de alcantarillado	
08 Pozos de visita	PV
09 Cuencas de aportación de las PTARS	Cuencas PTARs

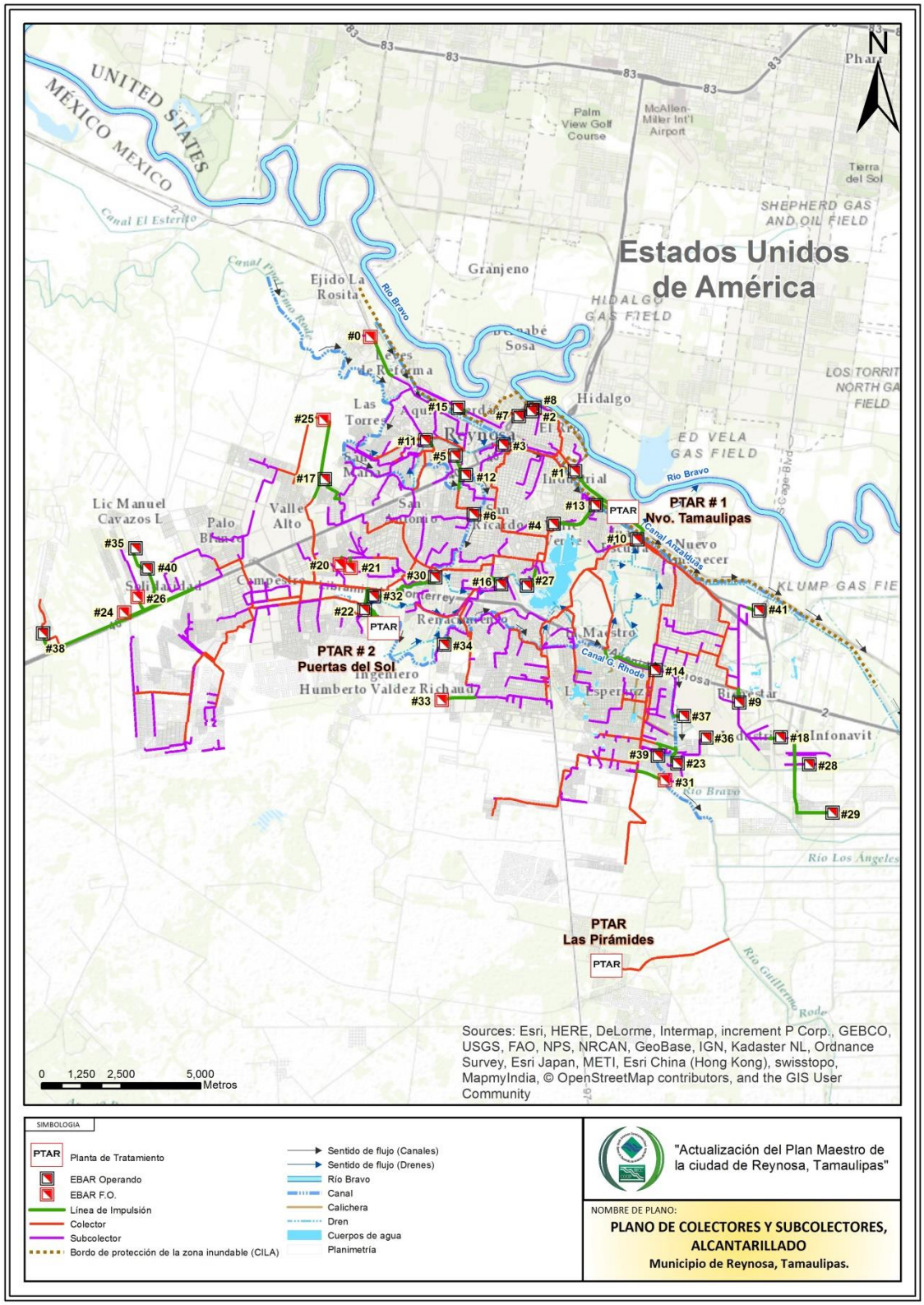


Figura 218. Plano del Sistema de Drenaje Sanitario

Elaborado por: MAV Ingeniería Integral

Los planos conformados para la plataforma GIS se encuentran en tamaño 1.20 x 90 m conteniendo la representación de los shapes anteriormente mencionados, mismos que se encuentran ligados a layers (capas) agrupados en la misma plataforma con la finalidad de hacer manejable la información existente, contiene escala gráfica ajustable a la escala requerida para la visualización de la información y la simbología es dinámica, es decir, aparece según los layers (capas) que se tengan encendidos, como se muestra a continuación.

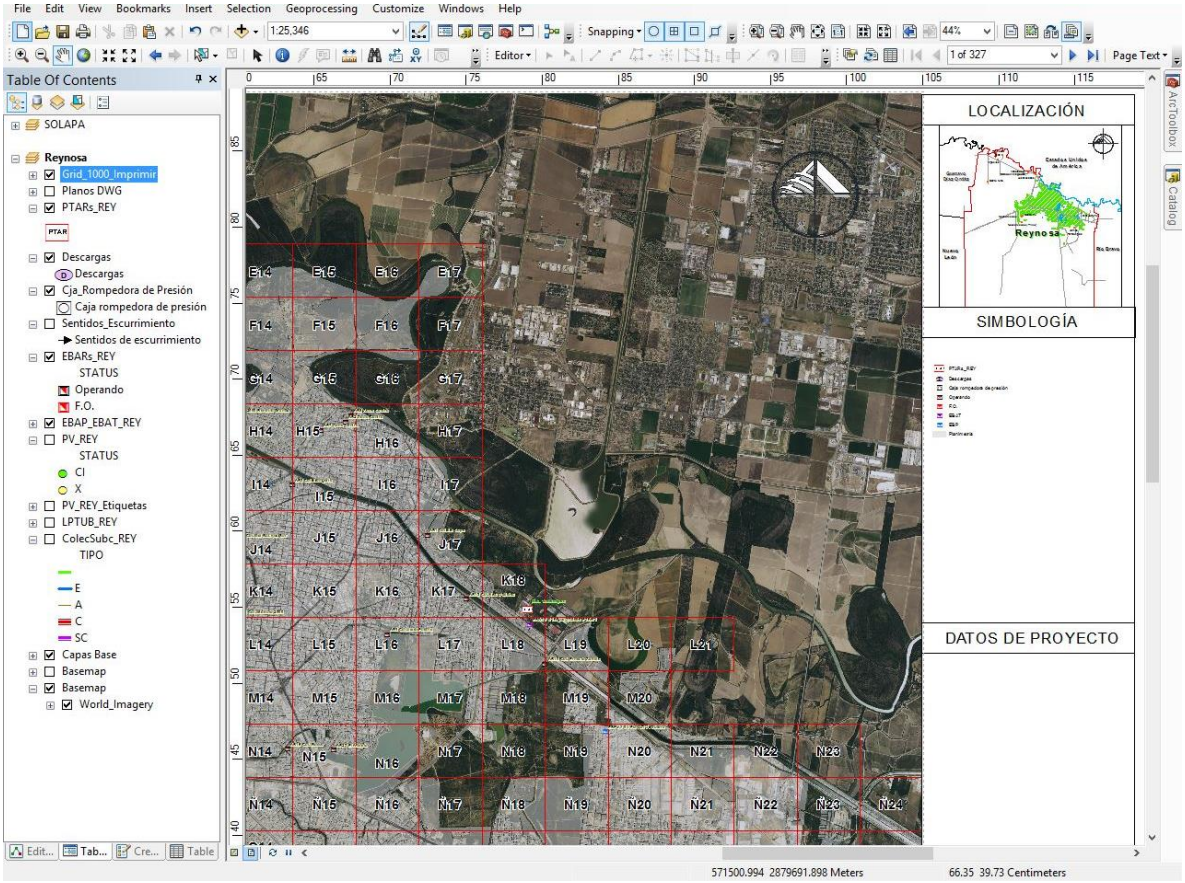


Figura 219. Plano de Alcantarillado en Shapes

Elaborado por: MAV Ingeniería Integral

El espacio de dibujo de la plantilla está diseñado para ser ajustado a 327 áreas de impresión escala 1:1,000 que conforman un grid, como se muestra a continuación.

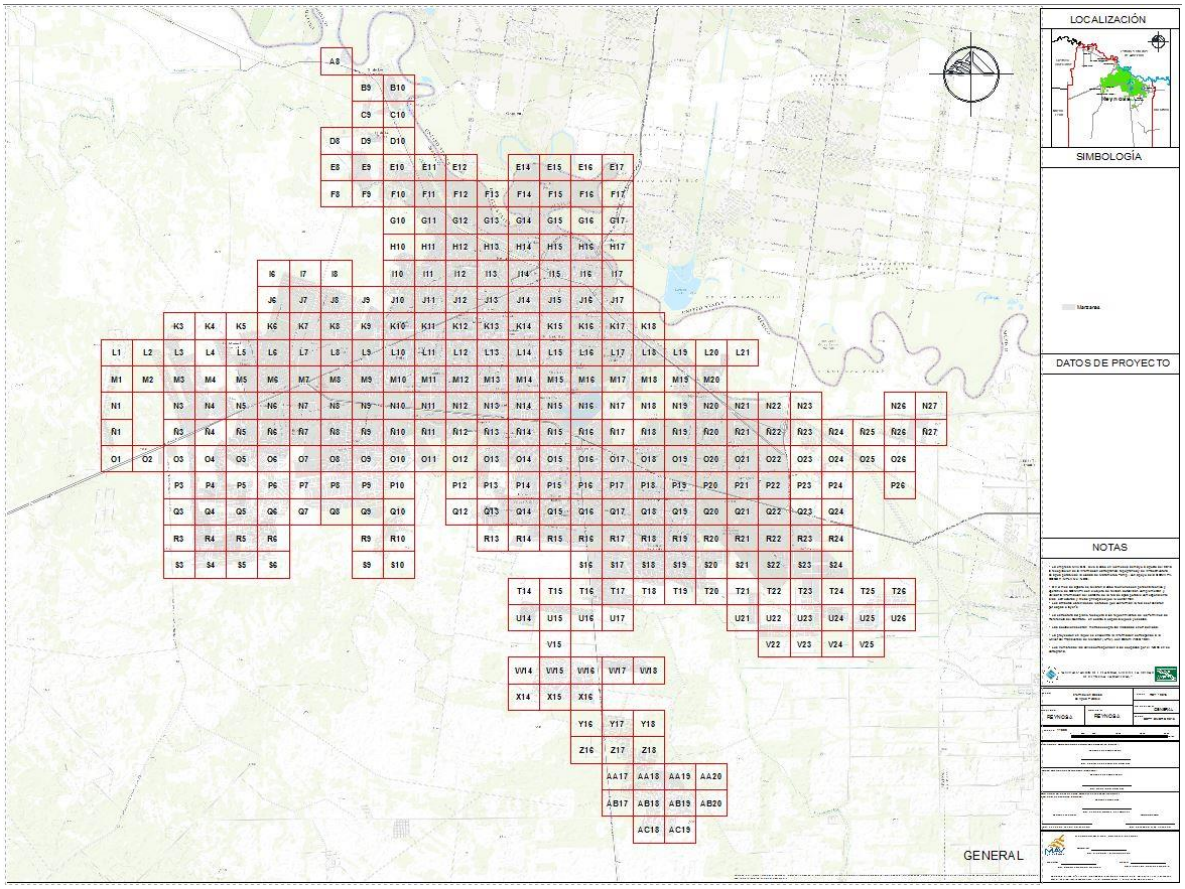


Figura 220. División de plano de alcantarillado en shape

Elaborado por: MAV Ingeniería Integral

Los planos CAD se encuentran distribuidos en 6 planos los cuales se mencionan en la siguiente tabla haciendo referencia al shape de donde proviene la información.

Tabla 141. Planos y shapes del sistema de alcantarillado

Plano	Shape
01 Plantas de Tratamiento	PTARs
02 Estaciones de Bombeo de Aguas Residuales	EBARs
03 Colectores, Interceptores y Líneas de impulsión.	Colectores
04 Red de Atarjeas	Red_Atarjeas
05 Pozos de visita	PV
06 Cuencas de aportación de las Plantas de Tratamiento	CuencasPTARs

La visualización de la información se conformó en 90x120 m. en escala 1:1,000 conteniendo la representación de la información trasladada del SIG a CAD, esta información se encuentran ordenada por grupos de layers (capas), en el mismo CAD, con la finalidad de hacer manejable la información existente, como se muestra a continuación.

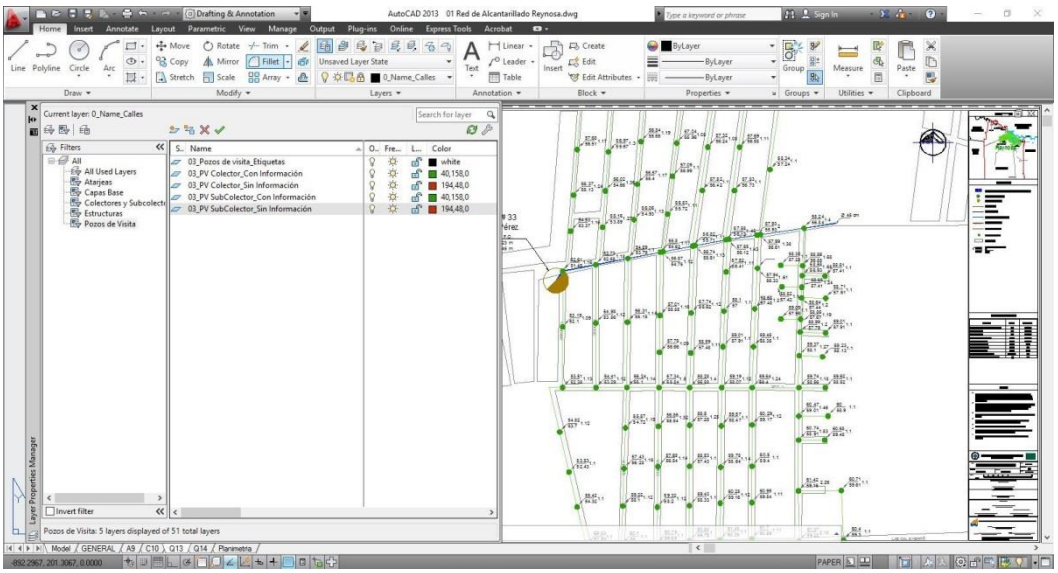


Figura 221. Plano de Alcantarillado en CAD

Elaborado por: MAV Ingeniería Integral

Los planos contiene escala gráfica ajustable a la escala requerida para la visualización de la información y la simbología que se muestra en cada plano es la información que se representa en él.

El espacio de dibujo de la plantilla está diseñado para ser ajustado a 818 áreas de impresión escala 1:1,000 que conforman un grid, como se muestra a continuación.

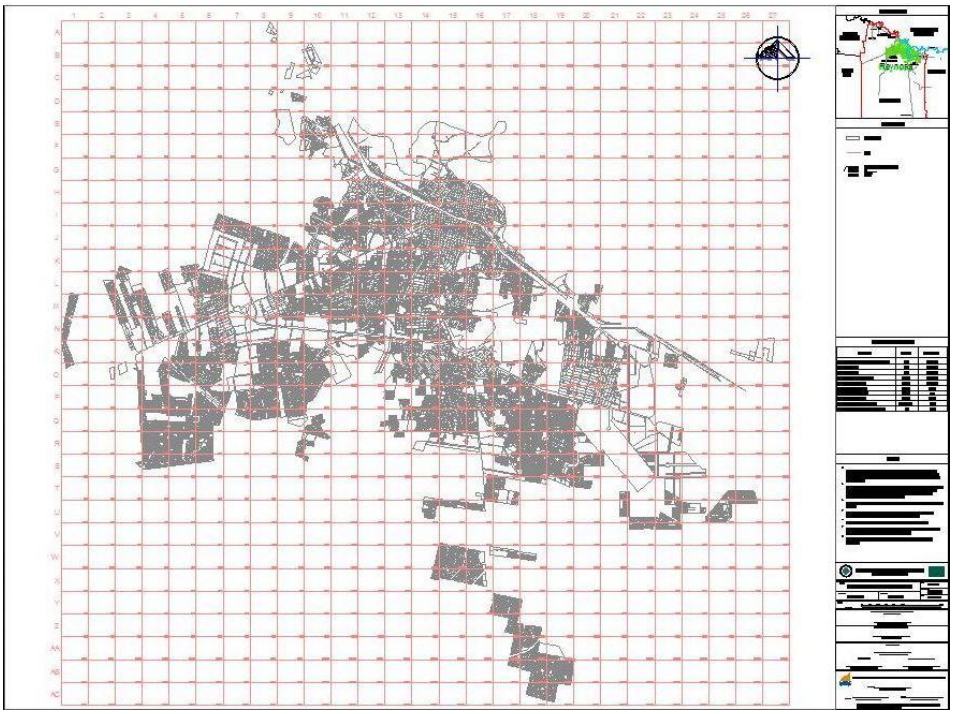


Figura 222. División de plano de alcantarillado en CAD

Cada plano contiene las vistas de cada una de las áreas de impresión en donde contiene información según sea el plano, es decir, en la parte inferior del plano CAD se encuentran estas vistas correspondiendo el nombre de la vista al área de impresión como se muestra en las siguientes figuras.

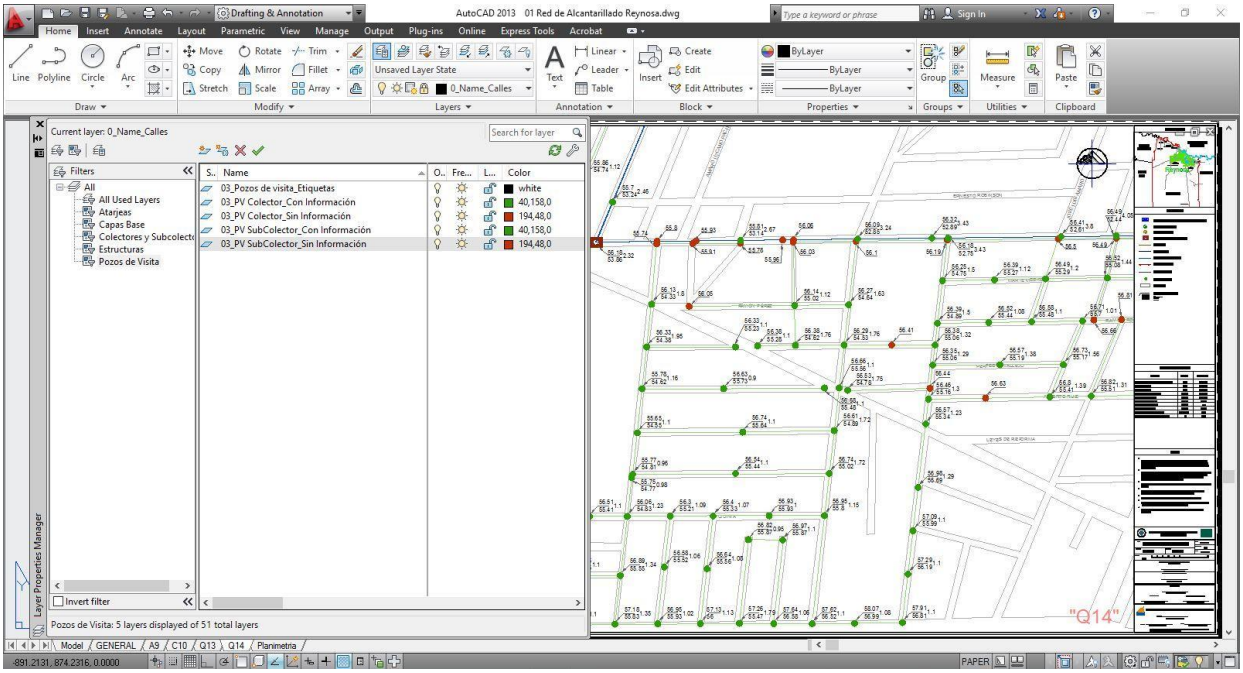


Figura 223. Vista del área de impresión de los planos CAD



Figura 224. Plano de alcantarillado de un mosaico en CAD

A partir de la información de los planos en archivos Shapefile se generaron las tablas de las estructuras existentes y de las tuberías con información de longitudes por diámetro, material, antigüedad, presiones, entre otras.

Para mayor detalle de los planos elaborados de alcantarillado en condiciones actuales en GIS y CAD consultar el anexo 11.

2.4.2.2 Caudal de Aguas Residuales

En este sub-apartado presentaremos el resultado obtenido de la estimación del caudal de aguas residuales, el cual tiene su soporte en el Balance de Agua donde se definieron los consumos per-cápita por tipo de usuario, además de la información de los microdatos de INEGI y las tasas de crecimiento de la CONAPO, así como el Directorio Nacional de Unidades Económicas (DNUE), tal y como se describirá más adelante, ya que primero presentaremos los resultados obtenidos en algunos trabajos realizados por la COMAPA en años anteriores, para determinar el caudal de aguas residuales generado por la población, mediante el aforo de los gastos a las salidas de todas las estaciones de bombeo (EBARs), incluyendo las principales que bombean el agua hacia las PTARs.

En las siguientes tablas se presentan los resultados obtenidos de dos trabajos que la COMAPA contrato para que se determinara el caudal de las aguas residuales que llegan a las PTARs.

Tabla 142. Resultados de aforos realizados en mayo del 2013

Macro Cuenca	Equipos	Caudal Aforado (L/s)	Horas de operación (hrs)	Volumen (m^3)	Gasto Medio (L/s)	Descarga
EBAR # 1	Equipo 5	98	24	8,509	98	P.T.A.R No.1
	Equipo 6	222	24	19,143	222	P.T.A.R No.1
EBAR #10	Equipo 1	94	16	5,563	64	A Dren
	Equipo 5	492	24	42,387	491	P.T.A.R No.1
	Desfogue No. 5	4	18	262	3	Laguna
EBAR #13	Equipo 2	22	12	947	11	A Dren
	Equipo 3	10	24	865	10	P.T.A.R No.1
EBAR #4	Equipo 1	77	24	6,666	77	P.T.A.R No.1
	Equipo 4	403	24	34,850	403	P.T.A.R No.1
	Desfogue Universidad	89	18	5,768	67	Laguna
	Desfogue El Anhelo	4	18	262	3	Laguna
	Desfogue El Puente	40	18	2,620	30	Laguna
	Desfogue La Laguna	80	18	5,163	60	Laguna
	Desfogue La Tortuga	50	18	3,240	38	Laguna
EBAR # 30	Equipo 5	166	24	14,379	166	P.T.A.R No.2
	Equipo 6	188	24	16,209	188	P.T.A.R No.2
	Desfogue Tecnológico	26	18	1,685	20	A drenes
	Desfogue Loma Dorada	28	18	1,814	21	A drenes
Suma		**2,095**		**170,331**	**1,971**	

Tabla 143. Resumen de aforos realizados en mayo 2013

EBAR	Caudal Aforado (L/s)	Volumen (m^3)	Gasto Medio (L/s)
EBAR #1	320	27,651	320
EBAR #10	590	48,212	558
EBAR #13	32	1,812	21
EBAR #4	744	58,569	678
EBAR #30	408	34,087	395
Suma	**2,095**	**170,331**	**1,971**

Como puede observarse en las tablas anteriores los caudales aforados tanto en las tuberías de impulsión de los bombeos como en los canales donde se desfogaba el agua residual de algunas EBARs, debido a la falta de equipos de bombeo como en la actualidad sucede, sumaron en el 2013 un gasto medio total de **1,971 L/s**., y un gasto puntual de **2,095 L/s**., esto bajo un esquema de funcionamiento donde la EBAR #22 bombeaba a la EBAR #30 para de ahí rebombearla a la PTAR #2, lo cual ya no funciona de esa manera, ya que la PTAR #2 recibe de manera independiente el bombeo de la EBAR #22 y el de la EBAR #30.

A continuación se presenta el cálculo del caudal aportado por cuenca y macrocuenca, el cual partió de la información que se recopiló tanto en dependencias (INEGI y CONAPO), como en la propio COMAPA, así como la que se obtuvo del balance que se realizó en el presente estudio, la cual se enlista a continuación:

a) Información de los microdatos por manzana de Reynosa del Censo de Población y Vivienda 2010 del INEGI.

b) Información del Directorio Nacional de Unidades Económicas (DENUE) para la ciudad de Reynosa

c) Registros de consumos de agua potable de un año de todos los usuarios del servicio, tanto los que están bajo el régimen de servicio medido como los de cuota fija.

d) Consumos unitarios por tipo de usuario: doméstico y no doméstico (comercial, industrial y servicios públicos), obtenidos de la facturación de los diferentes regímenes de consumo (servicio medido y cuota fija).

e) Consumos unitarios corregidos para cada uno de los diferentes usuarios del servicio, obtenidos a partir de los consumos facturados sin corregir (autorizados medidos y no medidos), más todos los consumos no controlados por la COMAPA entre los que se encuentran las pérdidas comerciales (error de precisión de micromedidores, error por la incidencia en toma de lecturas, error de estimación de cuota fija, consumos no medidos autorizados, entre otros) y las pérdidas aparentes (clandestinaje)**.**

f) Porcentaje de pérdidas físicas en el sistema de distribución, el cual resultó del 41.4%% (ver apartado 2.2).

Toda esta información se plasmó en bases de datos, la cual se ligó (join) a un punto (centroides de cada manzana) utilizando el software ArcGIS como Sistema de Información Geográfico, para determinar por manzana cualquier dato requerido como: población y viviendas, volumen consumido (sin pérdidas) y volumen demandado (con pérdidas), a partir de los cuales se puedo obtener las aportaciones de aguas residuales para cualquier polígono de interés, de acuerdo con el siguiente procedimiento de cálculo:

- ✓ Delimitación de las cuencas y macrocuencas a partir de la información de los sentidos de escurrimiento de la infraestructura y las curvas de nivel topográficas a cada metro.
- ✓ Determinación del número de habitantes por manzana de cada cuenca.
- ✓ Proyección de la población al 2014 con las tasas de crecimiento obtenido de la CONAPO.
- ✓ Determinación de los consumos totales por manzana de cada cuenca, calculados a partir de los resultados del Balance de Agua, donde se determinaron los consumos per-cápita de los usuarios, que incluyen las pérdidas comerciales y aparentes.
- ✓ Determinación por cuenca del caudal de agua consumido (sin pérdidas físicas).
- ✓ Determinación de las aportaciones por manzana de cada cuenca por los dos criterios de aportación analizados.

Es importante señalar que se presentaran los cálculos integrando de las cuencas de las EBAR #22 y #30 en esta última con el fin de poder comparar los resultados con los obtenidos en los aforos realizados en el 2013. En la siguiente tabla se presenta el resultado de la población y el número de tomas no domésticas por cuenca y en el Anexo 10 se presenta el cálculo completo.

Tabla 144. Población asentada en las cuencas de aportación

Cuencas / Macrocuencas de Aportación	Población	Total Tomas	Tomas Usuarios Domésticos	Total No Doméstico	Tomas Usuarios No Domésticos		
					Comercial	Serv. Públicos	Industrial
EBAR #1	53,691	19,551	17,788	1,763	1,612	49	102
EBAR #4	123,661	43,262	40,968	2,294	2,025	59	210
EBAR #10	254,244	87,062	84,230	2,832	2,460	97	275
EBAR #13	8,579	3,058	2,842	216	164	27	25
PTAR #1	**440,175**	**152,933**	**145,828**	**7,105**	**6,261**	**232**	**612**
EBAR #30 y #22	208,713	71,569	69,146	2,423	2,059	71	293
PTAR No. 2 (Grav.)	830	291	275	16	15	1	0
PTAR #2	**209,543**	**71,859**	**69,421**	**2,439**	**2,074**	**72**	**293**
PTAR Pirámides	89	31	29	2	2	0	0
PTAR Pirámides	**89**	**31**	**29**	**2**	**2**	**0**	**0**
Suma	**649,807**	**224,823**	**215,278**	**9,545**	**8,337**	**304**	**905**

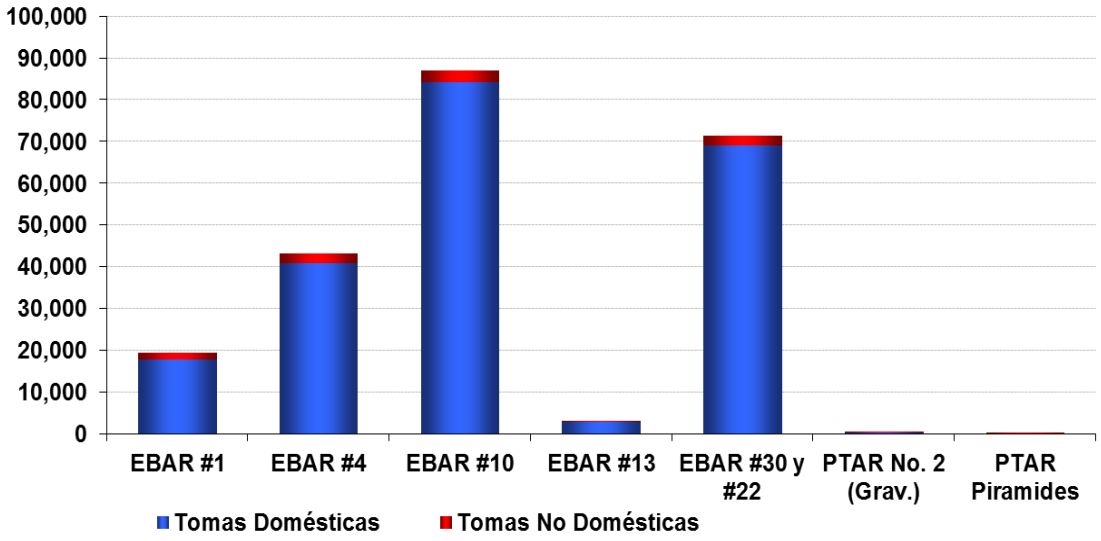


Figura 225. Usuarios por cuenca

Como se observa en la tabla anterior, en la cuenca de la EBAR #10 se asienta la mayor cantidad de población y la mayor cantidad de tomas no domésticas. Así como la población que aporta a la PTAR #1 es de 440,175 habitantes, a la PTAR #2 es de 209,543 habitantes y a la PTAR Pirámides es de 89 habitantes.

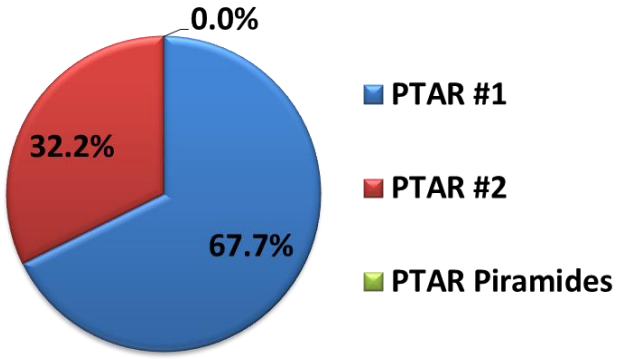


Figura 226. Población aportante a las Plantas de Tratamiento

En la siguiente tabla se presenta los resultados obtenidos del cálculo de las aportaciones por tipo de usuario doméstico y no doméstico asentados en las cuencas principales y las macrocuencas.

El cálculo de las aportaciones de aguas residuales de las cuencas principales y las macrocuencas de las plantas de tratamiento, se realizó a partir del cálculo de la demanda de agua potable, empleando dos criterios de aporte para la obtención de dichas aportaciones en la localidad de Reynosa, los cuales son:

1. Considerando que el agua residual que se genera corresponde al 100% del consumo de agua sin pérdidas físicas, ya que las fugas pueden o no filtrarse al drenaje o quedarse en el subsuelo (propuesto por la CONAGUA)

2. Considerando que el agua residual que se genera corresponde al 80% de la demanda de agua potable incluyendo las pérdidas físicas, en donde se estima que el restante 20% no llega a las alcantarillas por que se evapora (propuesto en los MAPAS de la CONAGUA)

Bajo estos dos criterios se calculó el caudal aportado por la población asentada en cada cuenca y macrocuenca en la ciudad de Reynosa, Tamps. En la siguiente tabla se presenta los resultados obtenidos del primer criterio donde se calculó las aportaciones de aguas residuales correspondiente al 100% del consumo de agua corregido sin pérdidas físicas.

Tabla 145. Aportación actual de aguas residuales bajo el criterio del 100% del consumo corregido sin pérdidas físicas

Cuencas y Macrocuencas de Aportación	Total Doméstico L/s	Usuarios No Domésticos (L/s)			Total No Doméstico L/s	Aportación (100% del Consumo) L/s	Consumo promedio (l/hab/día)
		Comercial	Serv. Público	Industrial			
EBAR #1	129.96	23.34	2.89	10.68	36.91	**166.9**	269
EBAR #4	299.32	29.32	3.48	21.98	54.78	**354.1**	247
EBAR #10	615.40	35.62	5.72	28.79	70.12	**685.5**	233
EBAR #13	20.77	2.37	1.59	2.62	6.58	**27.3**	275
PTAR #1	**1,065.45**	**90.65**	**13.67**	**64.07**	**168.39**	**1,233.8**	**242**
EBAR #30 y #22	505.19	29.81	4.18	30.67	64.67	**569.9**	236
PTAR No. 2 (Grav.)	2.01	0.22	0.04	0.00	0.25	**2.3**	236
PTAR #2	**507.20**	**30.03**	**4.22**	**30.67**	**64.92**	**572.1**	**236**
PTAR Pirámides	0.22	0.03	0.00	0.00	0.03	**0.2**	237
PTAR Pirámides	**0.22**	**0.03**	**0.00**	**0.00**	**0.03**	**0.24**	**237**
Suma/Promedio	**1,572.87**	**120.70**	**17.89**	**94.71**	**233.30**	**1,806.2**	**240**

Como se observa en la tabla anterior la aportación total es de **1,806 L/s**, siendo la macrocuenca de la PTAR #1 donde se presenta la mayor aportación con **1,234 L/s**, así como la cuenca con la mayor aportación corresponde a la EBAR #10 con un caudal de **685 L/s**. Y en cuanto a las aportaciones unitarios por habitante (promedio ponderado incluyendo todos los usos), se observa en la tabla anterior que la aportación promedio para los habitantes de Reynosa es de **240 L/hab/día**.

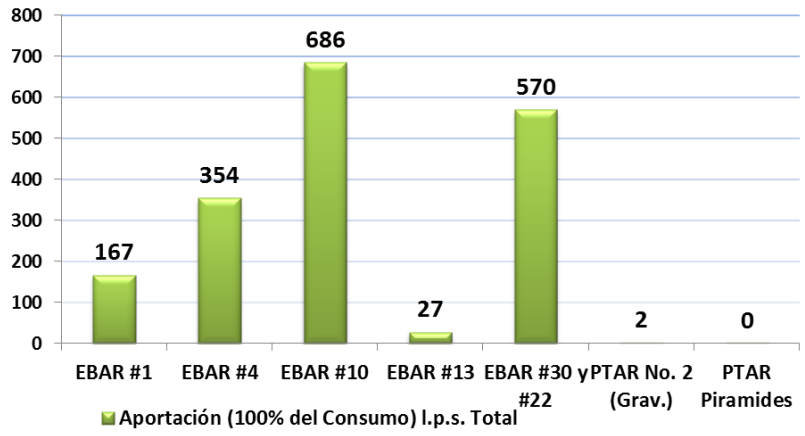


Figura 227. Aportaciones por cuencas principales (criterio 100% del consumo)

De igual manera en la siguiente tabla se presenta la aportación bajo el criterio del 80% de la demanda de agua potable (incluyendo pérdidas físicas) que se presenta en cada cuenca y macrocuenca.

Tabla 146. Aportación actual de aguas residuales bajo el criterio del 80% de la demanda incluyendo las pérdidas físicas

Cuencas y Macrocuencas de Aportación	Total Doméstico L/s	Usuarios No Domésticos (L/s)			Total No Doméstico L/s	Aportación (100% del Consumo) L/s	Consumo promedio (l/hab/día)
		Comercial	Serv. Público	Industrial			
EBAR #1	177.5	31.9	3.9	14.6	50.4	**227.9**	367
EBAR #4	408.9	40.1	4.8	30.0	74.8	**483.7**	338
EBAR #10	840.6	48.7	7.8	39.3	95.8	**936.4**	318
EBAR #13	28.4	3.2	2.2	3.6	9.0	**37.4**	376
PTAR #1	**1,455.4**	**123.8**	**18.7**	**87.5**	**230.0**	**1,685.4**	**331**
EBAR #30	690.1	40.7	5.7	41.9	88.3	**778.4**	322
PTAR No. 2 (Grav.)	2.7	0.3	0.0	0.0	0.3	**3.1**	322
PTAR #2	**692.8**	**41.0**	**5.8**	**41.9**	**88.7**	**781.5**	**322**
PTAR Pirámides	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	**0.3**	324
PTAR Pirámides	**0.3**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.3**	**324**
Suma/Promedio	**2,148.3**	**164.8**	**24.4**	**129.4**	**318.6**	**2,466.8**	**328**

De acuerdo con la tabla anterior la aportación bajo el criterio del 80% de la demanda es de **2,467 L/s**, presentándose la mayor aportación bajo este criterio en la macrocuenca de la PTAR #1 con **1,685 L/s**, y en la cuenca de la EBAR #10 con un caudal de 936 L/s. Y en cuanto a las aportaciones unitarios por habitante (promedio ponderado incluyendo todos los usos), se observa en la tabla anterior que la aportación promedio para los habitantes de Reynosa es de **328 L/hab/día.**

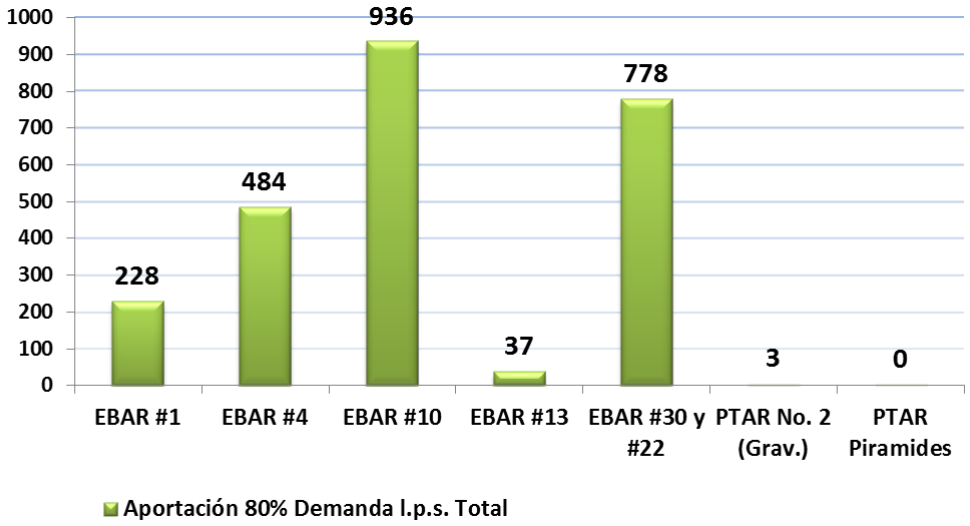


Figura 228. Aportaciones por cuencas principales (80% de la demanda)

A continuación se presenta un comparativo de los resultados obtenidos de los aforos realizados a las salidas de las principales EBARs en el 2013 y los obtenidos a través de los cálculos de las aportaciones por cuenca, bajo los dos criterios señalados en párrafos anteriores.

Tabla 147. Comparativo de caudales aportados en las cuencas principales

Cuencas y macrocuencas de Aportación	Aportación aforada en el 2013 (Aforo Puntual)	Aportación aforada en el 2013 (Gasto Medio)	Aportación (100% del Consumo) L/s	Aportación 80% Demanda L/s	Diferencia entre el aforo puntual y la aportación (100% Consumo) L/s	Diferencia entre el aforo puntual y la aportación (80% Demanda) L/s	Diferencia entre el Gasto Medio aforado y la aportación (100% Consumo) L/s	Diferencia entre el Gasto Medio aforado y la aportación (80% Demanda) L/s
EBAR #1	320	320	167	228	153	92	153	92
EBAR #4	744	678	354	484	390	260	324	194
EBAR #10	590	558	686	936	-96	-346	-128	-378
EBAR #13	32	21	27	37	5	-5	-6	-16
PTAR #1	**1,686**	**1,577**	**1,234**	**1,685**	**452**	**1**	**343**	**-108**
EBAR #30 y #22	408	395	**570**	**778**	-162	-370	-175	-383
PTAR No. 2 (Grav.)			**2**	**3**	-2	-3	-2	-3
PTAR #2	**408**	**395**	**572**	**782**	**-164**	**-374**	**-177**	**-387**
PTAR Pirámides			**0.23**	**0.23**	0	0	0	0
PTAR Pirámides			**0.23**	**0.23**	**0**	**0**	**0**	**0**
Suma	**2,094**	**1,972**	**1,806**	**2,467**	**288**	**-373**	**166**	**-495**

Como se observa en la tabla anterior existen diferencias importantes entre los caudales aforados y los caudales calculados como aportación en las cuencas de las EBAR, y existe una aproximación entre los gastos medios aforados que llegan a las PTARs y los calculados, que interpretaremos de la siguiente manera:

1. En todos los casos los caudales aforados puntualmente son superiores a los gastos calculados de acuerdo al procedimiento indicado con anterioridad, lo cual es entendible por dos razones; una es que los aforos fueron realizados durante el día, es decir cuando el gasto que circula por los conductos pudo haber sido el gasto medio pero más seguro fue el gasto máximo instantáneo, y la otra es porque con toda seguridad el caudal aforado está compuesto tanto del agua residual como del agua que se infiltra por lo deteriorado de los conductos, la cual proviene de las fugas de agua potable y del nivel freático tan elevado que existe en Reynosa.

2. En el 2013 se le derivaba solo una cantidad de agua a la EBAR #30 que manda a la PTAR #2 del colector que va en la Calle Río San Juan que conducía a la EBAR #4, por lo que a la EBAR #4 le llegaba un caudal superior a lo que ahora le está llegando y se está considerando le llegue, derivando toda el agua hacia la EBAR #30, además de que la EBAR #22 ya no descarga al colector de la calle San Juan como era antes. Por esa razón los datos de gasto de las EBAR #4, EBAR #30 y #22 son difíciles de comparar por los cambios que ha habido del 2013 a la fecha.

3. Una vez considerados los horarios que operaban en el 2013 las EBAR, los gastos medios son inferiores a los caudales puntuales y se acercan un poco más a los calculados, sin embargo, persiste el hecho de que el gasto aforado puede corresponder al gasto máximo diario y por lo tanto no se

puede calcular con él el volumen diario de aportación como tampoco sirve para determinar adecuadamente el comportamiento horario de las aportaciones.

Adicionalmente se presenta en la tabla anterior las diferencias globales que resultan de comparar las aportaciones puntuales con los caudales obtenidos de la aplicación de los dos criterios y las diferencias que resultan de comparar las aportaciones medias de los aforos puntuales con los caudales obtenidos de la aplicación de los dos criterios, con las cuales se puede señalar lo siguiente:

1. Para la condición donde se calculó la aportación de aguas residuales como el 100% del consumo sin considerar las pérdidas físicas, los caudales aforados son superiores a los obtenidos, resultando una diferencia global de 288 L/s, que pudieran considerarse como parte del agua que se infiltra por las dos causas ya mencionadas.

2. Para la condición donde se calculó la aportación de aguas residuales como el 80% de la demanda considerando las pérdidas físicas, los caudales aforados son inferiores a los obtenidos, resultando una diferencia global de -373 L/s, lo que significaría que los aforos se realizaron en fechas donde existía desabasto de agua potable que generó una aportación menor a la que realmente pudiera existir, sin embargo, si la aportación alcanzara estos valores, se estaría enviando a la PTAR #1 un caudal de 1,685 L/s cunado su capacidad es de solo 1,000 L/s y a la PTAR #2 se estaría enviando 780 L/s cuando su capacidad hoy en día es de solo 250 L/s, lo cual tendría a la COMAPA en una situación sumamente critica por la falta de capacidad de las PTARs.

3. En la comparación de los gastos medios de los aforos con los obtenidos bajo la aplicación de los dos criterios, se tiene para el caso de la aportación como el 100% del consumo que la diferencia entre los gastos se reduce a 166 L/s y para el caso de la aportación como el 80% de la demanda la diferencia entre los gastos se incrementa a -495 L/s.

Con base en lo expuesto anteriores, en este estudio se considera más apropiado emplear los valores de caudales aportados o gastos medios obtenidos bajo el criterio de que estos corresponden al 100% del consumo y no al 80% de la demanda, ya que comparados con los aforos puntuales son menores, lo cual es entendible porque los otros son gastos medios, así como la diferencia positiva se puede atribuir a infiltraciones de agua potable o freática a los tubos de drenaje que se encuentran en malas condiciones, las cuales representarían del orden del 27%

Además si consideramos que la política actual de la CONAGUA debido a que hay un enorme número de PTAR sin operar o estas están muy excedidas en su capacidad comparándolos con el caudal que están tratando, han establecido la imperante necesidad de economizar en los costos destinados al incremento de cobertura de saneamiento en el país, debiéndose de construir PTAR acordes a las aportaciones reales de las poblaciones asentadas en las ciudades.

De esta manera, se tiene que el gasto medio de aportación para la ciudad de Reynosa, Tamps. Para el año 2014 resultó de **1,806 L/s**, de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 148. Resumen de los Gasto Medios Aportados por cuenca y Macrocuenca

Cuencas y Macrocuencas de aportación	Superficie (ha)	Población 2014	Q med (L/s)
EBAR #1	2,007	53,691	167
EBAR #4	3,699	123,661	354
EBAR #10	7,345	254,244	685
EBAR #13	207	8,579	27
PTAR #1	**13,259**	**440,175**	**1,234**
EBAR #22	3,978	91,503	248
EBAR #30	2,534	117,210	322
EBAR #42	914	830	2
PTAR #2	**7,427**	**209,543**	**572**
Pirámides	579	89	0
PTAR Pirámides	579	89	0.23
Total	**21,264**	**649,807**	**1,806**

Para mayor detalle de los cálculos efectuados en las aportaciones por cuenca consultar el anexo 4.

En conclusión se tiene que el gasto medio aportado por la población asentada en la macrocuenca de la PTAR #1 es de **1,234 L/s**., en la macrocuenca de la PTAR #2 es de **572 L/s** y en la macrocuenca de la PTAR Pirámides es de **0.2 L/s.** y el incremento de este caudal por concepto de infiltración es del orden del **30%**.

2.4.2.3 Analizar el Sistema de Alcantarillado en las condiciones actuales

El cálculo de las aportaciones presentado por macrocuenca de las PTARs sirve como punto de partida para la modelación de alcantarillado, así como expone los fundamentos y elementos empleados para el cálculo de la aportación de aguas residuales por macrocuenca, la cual no es más que la integración de las aportaciones calculadas por manzana dentro de un polígono de interés, siendo estas últimas las que se van a emplear en el modelo de simulación computarizado, distribuyéndolas en los tubos que funcionan como interceptores, colectores y subcolectores de cada una de las macrocuencas que se analizarán.

Sin embargo, consideramos conveniente resaltar en este apartado la situación que prevalece en el sistema de recolección y alejamiento de las aguas residuales de Reynosa, el cual tiene una cobertura muy alta ya que la gran mayoría del agua que se genera llega hasta las EBARs principales (1, 4, 10, 13, 22 y 30), pero esta no llega a las PTAR, por falta de equipos de bombeo en dichas EBARs, provocando una grave contaminación al desfogar a los drenes pluviales afluentes del Río Bravo. En la siguiente figura se presenta un plano de la ciudad donde se puede observar las cuencas de aportación de las principales EBARs que debería bombear sus aguas residuales a las PTARs.

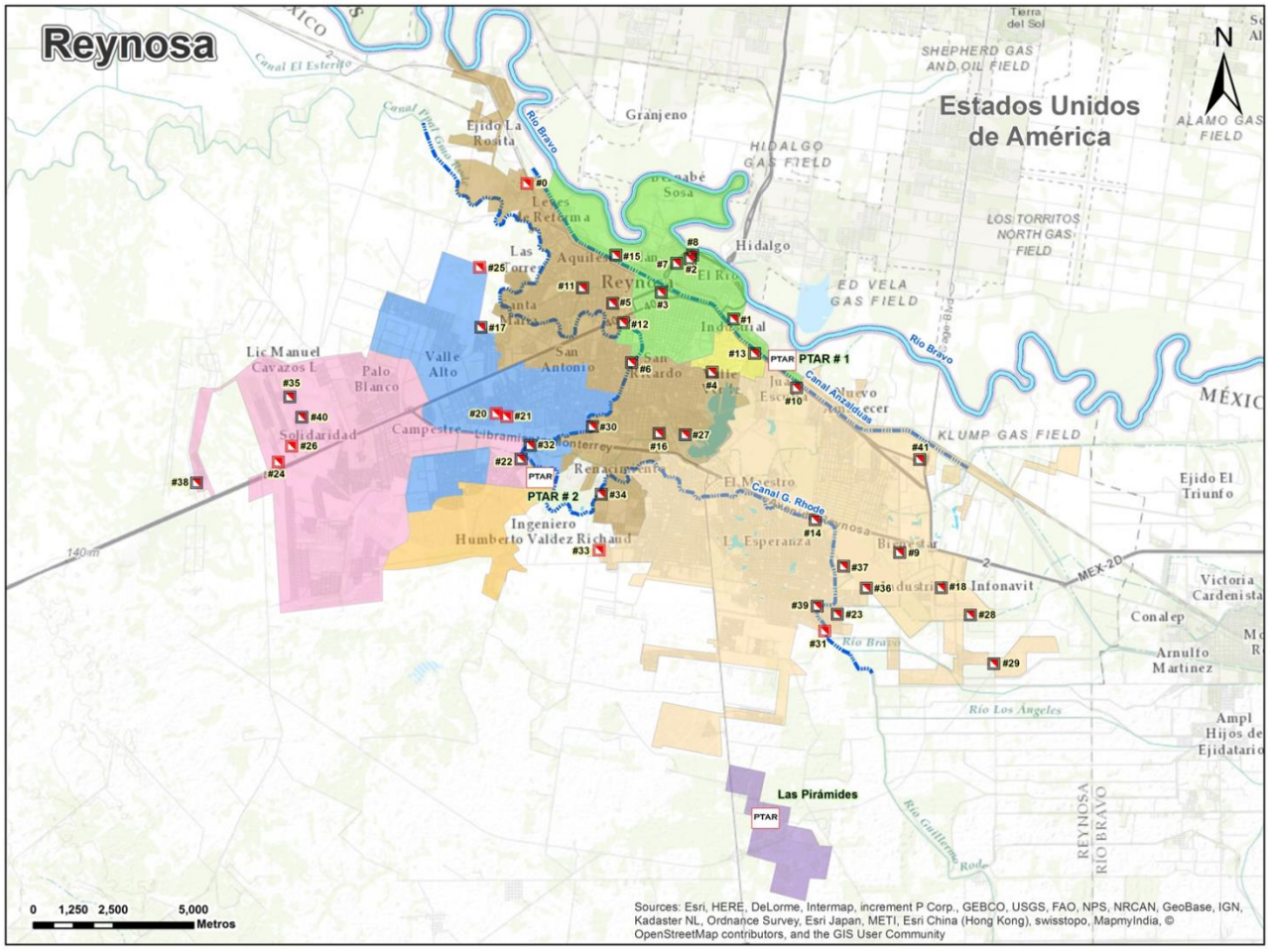


Figura 229. Situación actual de la cobertura de recolección y alejamiento en Reynosa

Una vez presentado la situación que prevalece en cuanto a la cobertura de recolección y alejamiento de las aguas residuales en la ciudad de Reynosa, daremos inicio a la presentación de los resultados obtenidos de la modelación en condiciones actuales.

En este sentido se tiene que el objetivo principal de este apartado es el desarrollo de un modelo de alcantarillado computarizado que contenga la estructura actual del sistema de drenaje de la ciudad de Reynosa, Tamps., empleando para ello el software de modelación SewerGEMS, el cual fue alimentado con toda la información proporcionada por la COMAPA, más la elaborada como parte de los análisis efectuados en el Diagnóstico de la infraestructura.

Antes de iniciar con el análisis del sistema de alcantarillado en condiciones actuales, es importante mencionar y resaltar que la ilustración de la estructura del sistema de alcantarillado en sus diferentes componentes como: interceptores, colectores y subcolectores, no solo consistió en la recopilación de la información en planos y la migración de dicha información, de formato dwg a shapefile, si no que fue necesario llevar a cabo reuniones de trabajo con el personal técnico pero sobre todo con el personal operativo de la COMAPA, con la finalidad de revisar, modificar y ampliar la información plasmada en los

planos técnicos de infraestructura dibujados en CAD y transferida a GIS, la cual era reconocida antes de este Estudio como "Planos de catastro de las redes de alcantarillado". Obteniéndose de las mencionadas reuniones una cantidad de modificaciones e incrementos de tuberías de interceptores, colectores, subcolectores, cárcamos, líneas de presión (impulsión) de aguas residuales, cajas rompedoras de presión y pozos de visita, que enriquecieron los planos de infraestructura, aumentando en consecuencia su confiabilidad y cobertura de manera considerable, ya que fue documentada y plasmada información que solo personal de operación tenía como parte de su conocimiento de las redes, la cual nunca había sido plasmada en papel.

Lo anterior permite asegurar que los resultados que se obtuvieron en la modelación son más cercano a la realidad, de los que se hubieran alcanzado sin la ejecución de estas reuniones que sirvieron para para deliberar y ajustar la información con la parte operativa de la COMAPA.

Una vez contando con los planos base del catastro de las principales estructuras y líneas de Alcantarillado, se procedió a ingresar la información contenida en los archivos tipo Shapefile directamente al modelo de simulación numérica, bajo las consideraciones que a continuación se describen.

Criterios de Diseño

Los criterios para evaluar el desempeño de los sistemas se definieron a partir de la Normatividad vigente y de los criterios particulares definidos en reuniones con la COCEF, NADBANK, CONAGUA, COMAPA y MAV.

A continuación se mencionan los criterios empleados para el modelado del sistema de alcantarillado:

Tabla 149. Criterios empleados para la modelación del sistema de agua potable

No.	DESCRIPCIÓN	VALOR
1	Capacidad de los conductos	Gasto máximo extraordinario
2	Capacidad de las Estaciones de bombeo	Gasto máximo instantáneo
3	Capacidad de las líneas de impulsión	Gasto máximo instantáneo
4	Capacidad de las Plantas de Tratamiento	Gasto de Medio
5	Coeficiente de variación máxima instantánea:	M=1+(14/4+√P)
6	Coeficiente de Infiltración de aguas freáticas	CI = 1.3 Por el estado del sistema de drenaje que no es hermético (tuberías, juntas, pozos de visita, descargas domiciliarias) se considera un volumen de agua freática y de fugas de agua.
7	Coeficiente de seguridad:	CS = 1.5
8	Aportación de aguas negras (Gasto Medio):	El 100% del consumo de agua potable
9	Gasto con infiltraciones:	1.3 X Gasto Medio
10	Gasto mínimo	0.5 X Gasto Medio
11	Gasto máximo instantáneo	Coef. De Harmón (M) X Gasto con Infiltración.
12	Gasto máximo extraordinario	1.5 X Gasto máximo instantáneo
13	Coeficiente de rugosidad	Fórmula de Manning
14	Tuberías existentes	El valor fluctuó entre 0.009 y 0.016, según el material y su estado de conservación de las mismas
15	Tuberías nuevas	Concreto simple hasta 45 cm – 0.013
		Concreto reforzado, de 60 cm y más – 0.014.

No.	DESCRIPCIÓN	VALOR
		Acero - 0.014
		Polietileno de alta densidad - 0.009
		PVC de hasta 60 cm - 0.009
16	Revisión hidráulica	A tubo lleno (sin azolve)
	Velocidades	
17	Máxima en conductos a presión	2 m/s
18	Máxima a conductos a gravedad:	
19	Concreto reforzado	3.50 m/s
20	Cualquier otro material	8.00 m/s
21	Mínima	0.3 m/s para el Qmin.
	Tirantes:	
22	Pendiente máxima	1.00 cm
23	Pendiente mínima	1.50 cm
24	Pendiente de la tubería	En función de la velocidad
25	Sobre carga	0.50 m abajo del nivel del brocal
	Plantas de Bombeo	
26	Bombas	Sumergibles inatascables., dimensionadas para bombear el gasto máximo instantáneo, con la bomba de mayor capacidad en reserva.
27	Frecuencia de arranques	No más de seis por hora.
28	Cárcamo	Con la capacidad mínima para permitir el enfriamiento adecuado de las bombas (no mayor de 30 minutos).
29	Estructuras	De concreto

Periodo de diseño

El periodo de diseño se entiende como el intervalo de tiempo durante el cual la obra llega a su nivel de saturación, debiendo de ser menor este periodo a la vida útil. El periodo de diseño está vinculado con los aspectos económicos, los cuales están en función del costo del dinero.

La CONAGUA recomienda siempre que sea factible concebir proyectos modulares, que permitan diferir las inversiones el mayor tiempo posible, buscando siempre el máximo rendimiento de la inversión, al disponer de infraestructura con bajos niveles de capacidad ociosa en el corto plazo.

En la siguiente tabla se presenta los periodos de diseño utilizados en este estudio para los componentes de los sistemas de agua potable, que corresponden a los recomendados por la CONAGUA.

Tabla 150. Periodos de Diseño

Elemento	Periodo de diseño (años)
Estación de Bombeo	de 5 a 10
Redes de atarjeas	a saturación
Colectores y emisores	de 5 a 20
Plantas de tratamiento	de 5 a 10

Por lo que toca a la vida útil, la cual es el tiempo que se espera que la obra sirva a los propósitos de diseño, sin tener gastos de operación y mantenimiento elevados que hagan antieconómico su uso o que requiera ser eliminada por insuficiente, se presenta en la siguiente tabla para algunos elementos del sistema de agua potable, considerando una buena operación y mantenimiento.

Tabla 151. Vida útil de los componentes del sistema de agua potable

Elemento	Periodo de diseño (años)
Estación de Bombeo	
Civil	40
Electromecánica	de 5 a 20
Red de atarjeas	de 15 a 30
Colectores y emisores	de 20 a 40
Planta de tratamiento	
Civil	40
Electromecánica	de 5 a 20

En el presente estudio, se consideraron únicamente tuberías principales de la red de drenaje sanitario, a partir de diámetros de 45 cm, aunque tuvieron que incorporarse tuberías con diámetros desde los 20 cm, por motivos de conectividad con elementos como cárcamos y estaciones de bombeo.

Para analizar las condiciones actuales del sistema de alcantarillado de Reynosa, tuvo que construirse un modelo de simulación numérica. Este modelo toma la información que se recopiló del catastro de la infraestructura de drenaje sanitario existente, y consiste de datos de:

1. Pozos de visita. Ubicación geográfica, cotas de brocal y fondo.
2. Conductos. Diámetros, longitudes, pendientes.
3. Cárcamos de bombeo. Ubicación geográfica, dimensiones, profundidades.
4. Drenes. Ubicación geográfica, trayectorias.
5. Plantas de tratamiento. Ubicación geográfica, caudales de ingreso.
6. Topografía. Curvas de nivel.

Al construir el modelo inicial, con la información original del levantamiento catastral, se encontraron inconsistencias e información faltante.

Tabla 152. Datos de los pozos importados.

Pozos	Cantidades	%
Importados	4,634	100
CON elevación de plantilla (fondo)	3,656	78.9
SIN elevación de plantilla (fondo)	978	21.1

Además de la gran cantidad de información faltante, crucial para la elaboración de un modelo de simulación, los pozos que se importaron con información de la cota de plantilla, se analizaron y se

generaron perfiles para su análisis, obteniendo los siguientes resultados, que se muestran en la figura siguiente:

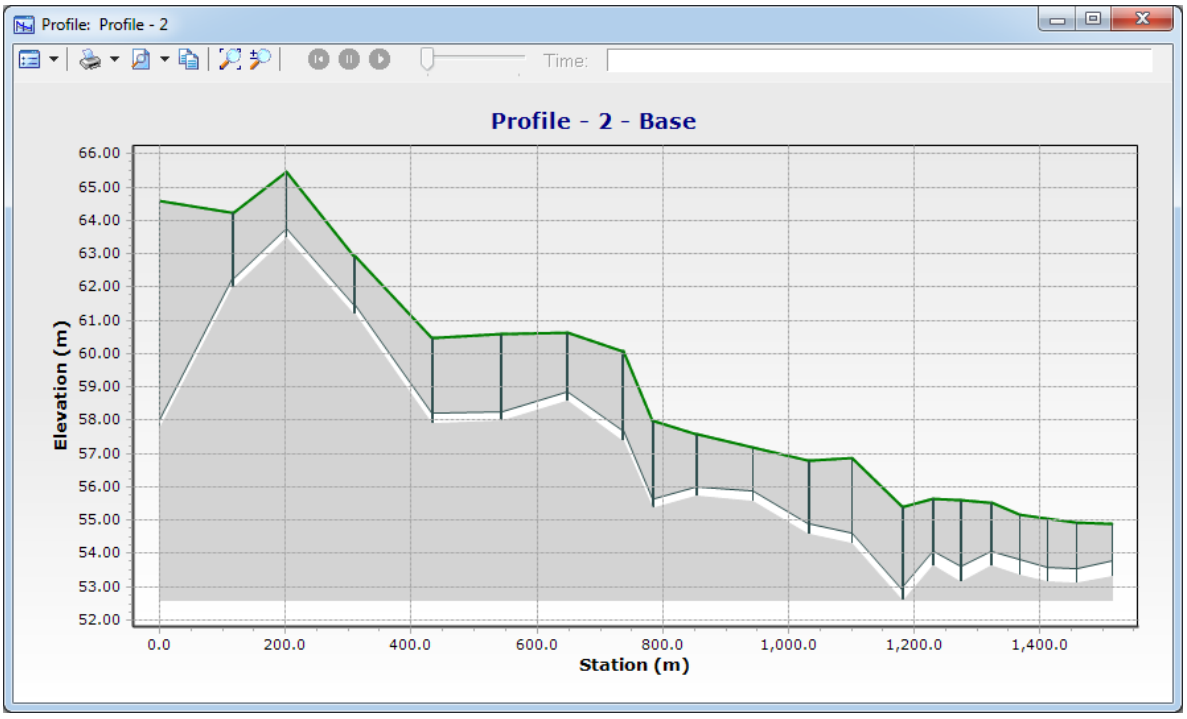


Figura 230. Perfil creado con información original. Pozos con cota de plantilla.

Si se analiza un perfil donde todos los pozos están faltos de información, se observa lo siguiente:

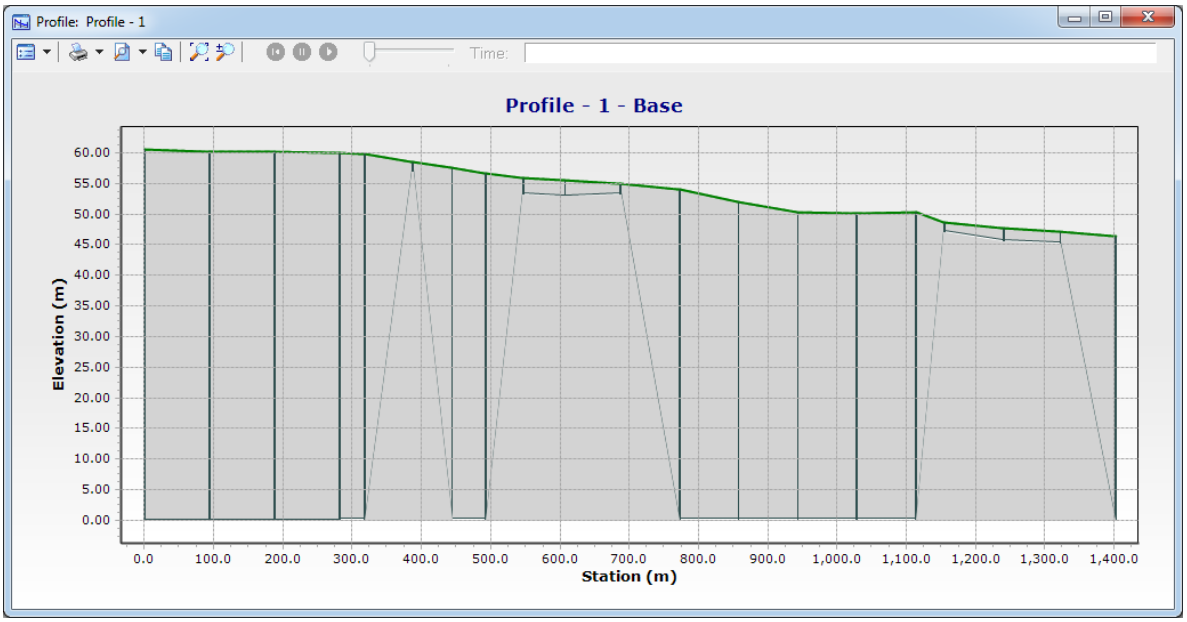


Figura 231. Perfil creado con información original. Pozos sin cota de plantilla.

La información relacionada con los diámetros de las tuberías, fue suficiente, y no se encontraron discrepancias o errores. No se tuvo el dato de la pendiente de las tuberías. El número de conductos a

gravedad importados al modelo fue de 4,675 elementos, que representan una longitud de red de más de 317 km de tuberías.

Se importaron 41 cárcamos de bombeo, de los cuales 10 están fuera de operación. Por tanto, se tienen 31 cárcamos operando en el sistema. De ninguno de los cárcamos se cuenta con información de curvas de operación de los equipos de bombeo.

CONCESIONES Y SUPOSICIONES INICIALES

Partiendo del análisis anterior de la información existente, se tuvieron que plantear suposiciones iniciales, por lo que se asumió que las plantillas de los pozos tenían que redefinirse, y con esto las pendientes de las tuberías, por lo que se comenzó tramo por tramo de la red con este trabajo de reconstrucción de la información, y así, los perfiles fueron quedando de la siguiente manera.

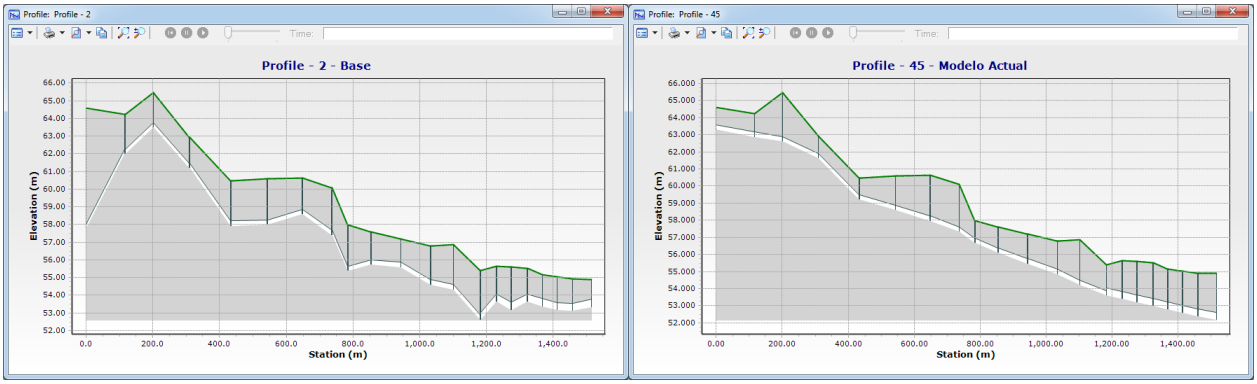


Figura 232. Perfiles con plantillas originales y con plantillas redefinidas.

Otro ejemplo de corrección de plantillas en los pozos.

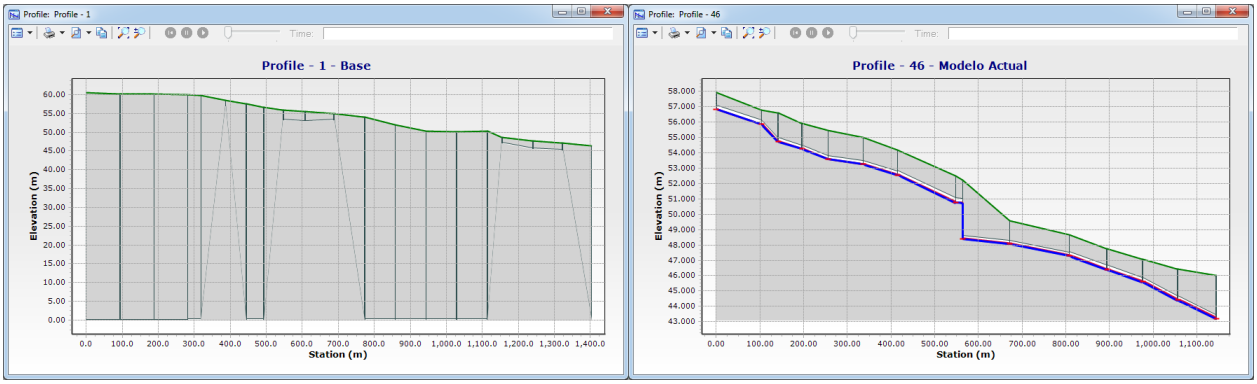


Figura 233. Perfiles con plantillas originales con cota 0 y con plantillas redefinidas.

Este proceso manual de definición de cotas de plantillas se realizó para los más de 4,500 pozos existentes en la red de drenaje de Reynosa, ya que aunque el 80% de los pozos contaban con información de cotas de plantilla, éstas tuvieron que redefinirse para que los perfiles tuvieran consistencia hidráulica.

Para todas las Estaciones de Bombeo de Aguas Residuales (EBAR) se tuvieron que proponer sus curvas de bombas, partiendo de curvas de sistema entre los cárcamos y los pozos donde se tenía la descarga, a los que también se llamaron cajas rompedoras de presión.

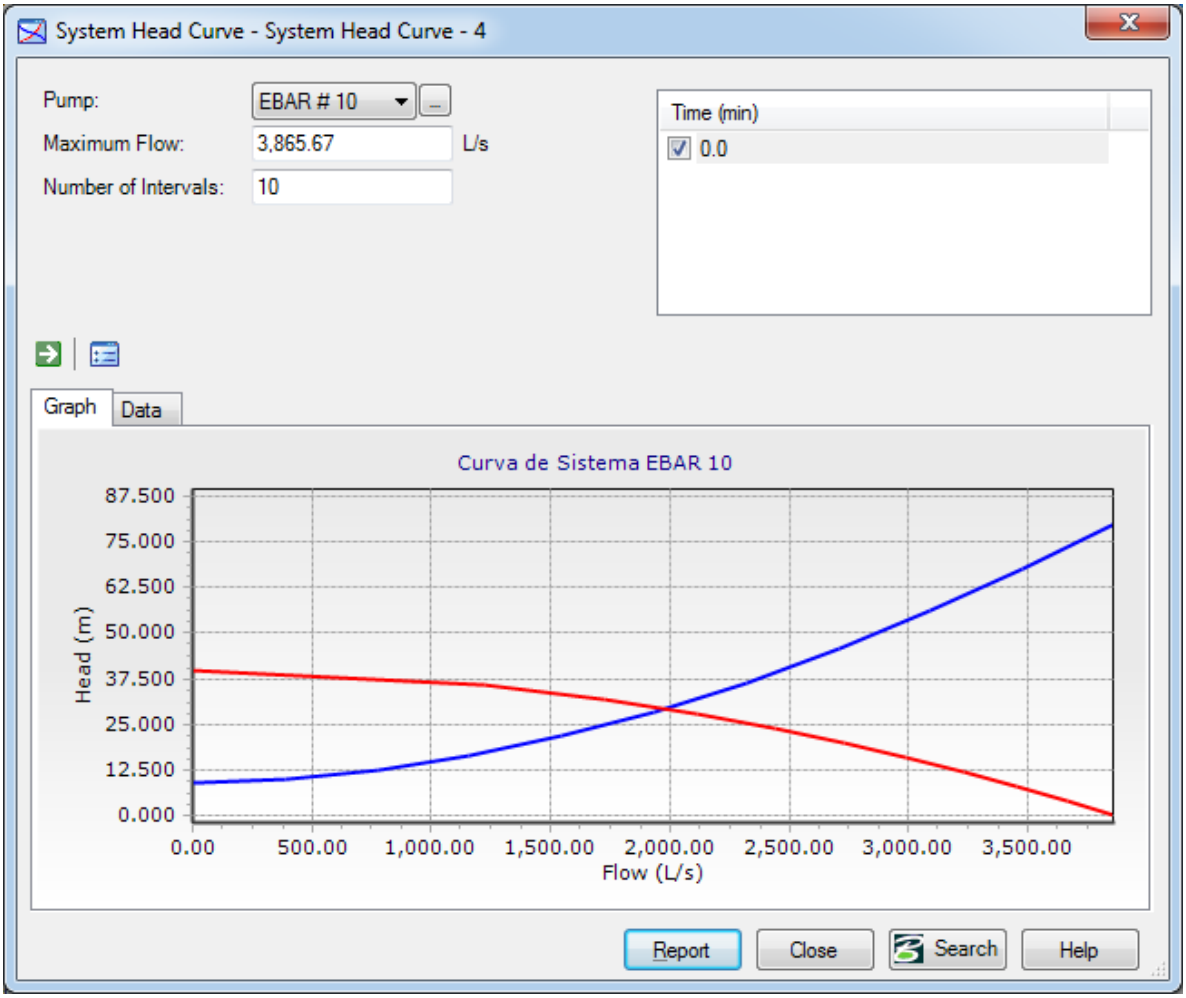


Figura 234. Curva del Sistema en la EBAR #10.

Este proceso fue realizado para cada una de las 41 estaciones de bombeo existentes y en operación en las condiciones actuales de operación del sistema de drenaje sanitario de Reynosa.

Con las curvas del sistema, se propusieron las curvas de las bombas. Enseguida se muestra la figura con la curva de bomba de la EBAR #10.

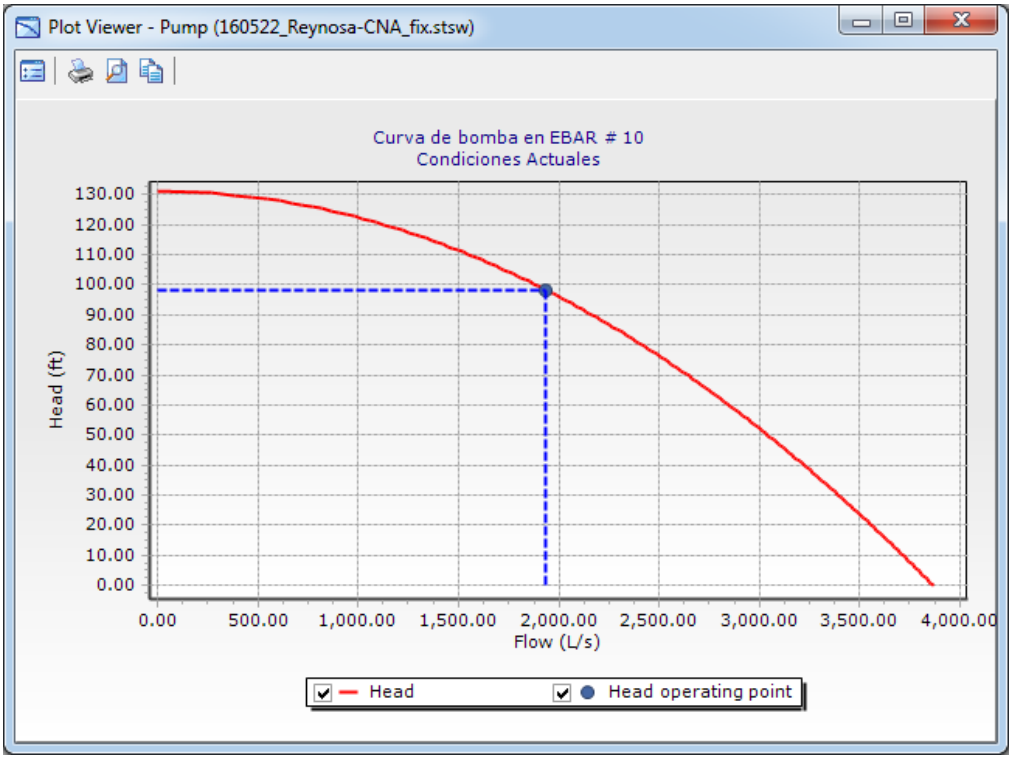


Figura 235. Curva de la bomba en la EBAR #10.

Las curvas de las 31 Estaciones de Bombeo fueron asumidas de la misma manera. En la siguiente tabla se tienen los valores obtenidos para Gasto y Carga.

Tabla 153. Datos de las bombas en las EBAR. Condiciones Actuales.

Bomba	Gasto (L/s)	Carga (m)	Nombre	Notas
EBAR Las Haciendas	7.07	8.945	Las Haciendas	F.O.
EBAR # 1	470.55	7.845	Col. Industrial	Operando
EBAR # 10	1,932.84	29.997	Col. Ernesto Zedillo	Operando
EBAR # 11	68.3	8.658	Col. Las Torres	F.O.
EBAR # 12	11.03	14.541	Col. del Bosque Sur	Operando
EBAR # 13	76.47	13.811	Col. Las Delicias	Operando
EBAR # 14	85.4	1.272	Villas de IMAQ	Operando
EBAR # 15	18.7	3.434	Col. Módulo 2000 Rancho Grande	Operando
EBAR # 16	144.85	13.017	Col. Roma	Operando
EBAR # 17	5.51	15.62	Fraccionamiento La Cima	Operando
EBAR # 18	20.53	8.674	Parque Industrial Colonial	Operando
EBAR # 2	154.96	5.236	Zona Centro	Operando
EBAR # 20	11.57	12.868	Los Muros I	F.O.
EBAR # 21	8.27	7.966	Los Muros II	F.O.
EBAR # 22	699.11	15.511	Puerta del Sol	Operando
EBAR # 23	40.38	11.789	Riberas del Carmen	Operando
EBAR # 24	70.25	52.757	Los Fresnos	F.O.

Bomba	Gasto (L/s)	Carga (m)	Nombre	Notas
EBAR # 25	57.84	17.768	Vista Hermosa	F.O.
EBAR # 26	31.27	34.979	Loma Real	Operando
EBAR # 27	41.35	31.412	El Anhelo	Operando
EBAR # 28	2.17	2.996	Parque Ind. Colonial	Operando
EBAR # 29	5.36	8.269	El Campanario	Operando
EBAR # 3	27.21	3.267	Col. Longoria	Operando
EBAR # 30	907.2	19.865	Las Fuentes S/Lomas	Operando
EBAR # 31	32.3	6.474	Los Almendros II	F.O.
EBAR # 32	22.05	7.19	Paseo del Prado	Operando
EBAR # 33	11.98	11.914	Ramón Pérez	F.O.
EBAR # 34	6.74	9.26	Lomas del Pedregal	F.O.
EBAR # 35	19.16	3.421	Los Pinos	Operando
EBAR # 36	4.24	5.517	Las Palmas	Operando
EBAR # 37	12.8	3.475	Aeropuerto	Operando
EBAR # 38	29.69	0	Los Arcos	Operando
EBAR # 39	48.44	7.179	Villa Esmeralda	F.O.
EBAR # 4	998.78	12.326	Col. Leal Puente	Operando
EBAR # 40	19.01	16.577	Ventura	Operando
EBAR # 41	8.99	8.413	Agencia Aduanales	Operando
EBAR # 5	423.19	22.245	Col. Hidalgo	Operando
EBAR # 6	589.36	6.076	Col. Módulo 2000	Operando
EBAR # 7	134.51	5.415	Zona Centro	Operando
EBAR # 8	8.22	4.09	Zona Centro	Operando
EBAR # 9	51.33	5.733	Parque Ind. Reynosa	Operando

Con estas asunciones o suposiciones iniciales se procedió a calcular hidráulicamente el sistema de recolección de aguas negras de la ciudad de Reynosa, Tamaulipas.

ANÁLISIS DE RESULTADOS BAJO LAS CONDICIONES ACTUALES

Bajo las condiciones actuales, una parte del sistema de drenaje sanitario de la ciudad de Reynosa es recolectado y llevado a 2 puntos de vertido final en planas de tratamiento: Planta de Tratamiento #1 y Planta de Tratamiento #2.

La PTAR #1 tiene un área de influencia de aproximadamente 13,221 hectáreas, y la población estimada que descarga las aguas en la cuenca que escurre hacia esta planta de tratamiento es de 440,175 hab. El gasto medio diario que llega a la PTAR #1 es de 1,233 l/s, que equivale a un 68% del caudal total que se conduce hacia las Plantas de Tratamiento de Reynosa.

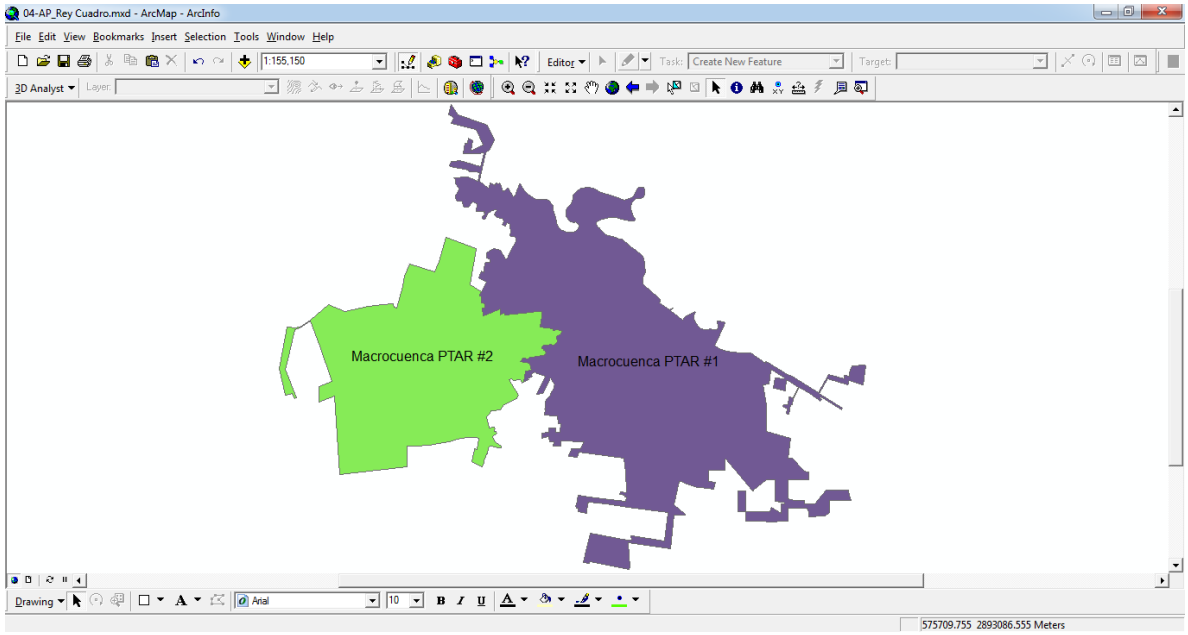


Figura 236. Cuenca de la PTAR #1 y PTAR #2 en condiciones actuales.

Por otro lado la PTAR #2 tiene un área de influencia de aproximadamente 7,422 hectáreas que representan una población de 209,543 habitantes que son servidos mediante esta infraestructura. El gasto medio diario que fluye hacia esta planta de tratamiento es de aproximadamente 572 l/s, que representa un 32% del caudal total del sistema.

Las aportaciones de aguas sanitarias fueron cargadas en el modelo mediante herramientas que permiten ingresar los caudales geo referenciados. Se generaron 44 microcuencas con información de población actual y gastos de aportaciones. Estos gastos fueron los gastos de diseño y el modelo se simuló con el gasto máximo extraordinario, mientras que para los tramos a presión se utilizó el gasto máximo instantáneo. Con estos parámetros o gastos de diseño se modeló el primer escenario, que fue el de las condiciones actuales.

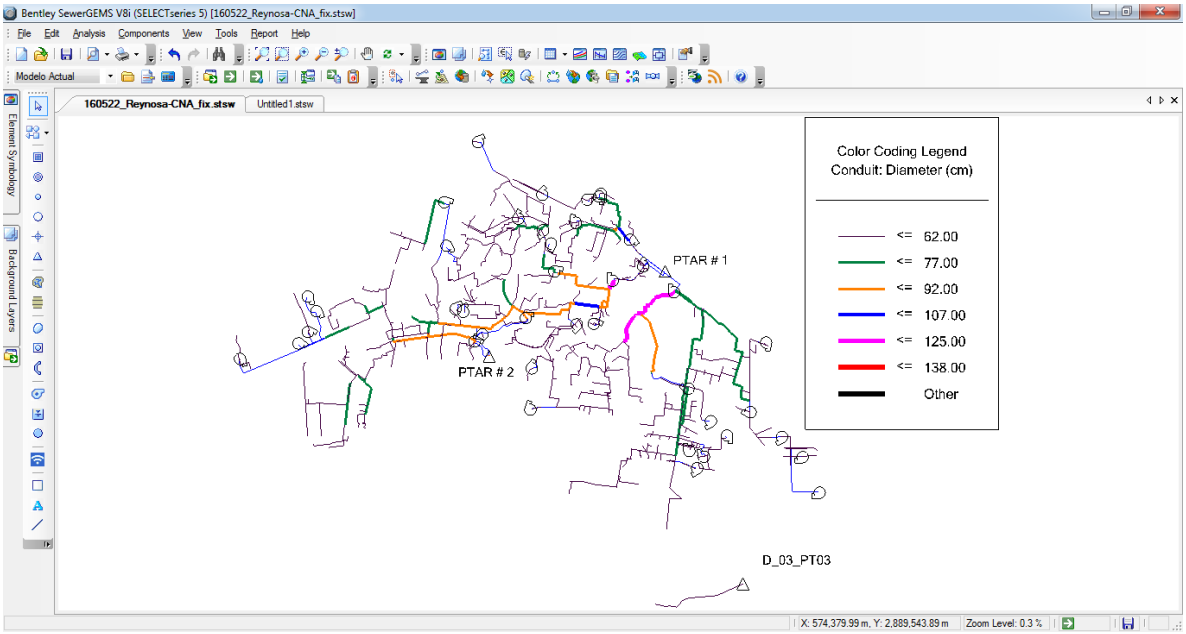


Figura 237. Modelo con simulación de condiciones actuales.

Al correr el escenario de las condiciones actuales y codificar por colores las capacidades de las tuberías existentes, se tienen tramos fluyendo bajo presión y esta es una condición que debe evitarse.

De los más de 317 kilómetros de red, 245.6 km fluyen a un máximo del 50% de su capacidad máxima, esto es un 77.5% de la red; entre el 50% y el 75% se contabilizaron 29.1 km, que equivalen al 9.2% del total; entre el 75% y 100% son 13.8 km, que representan un 4.4% y aproximadamente 28.5 km se encuentran bajo presión, esto es un 8.9% de las tuberías simuladas.

A continuación se muestran los perfiles de dos tramos que presentan esta problemática.

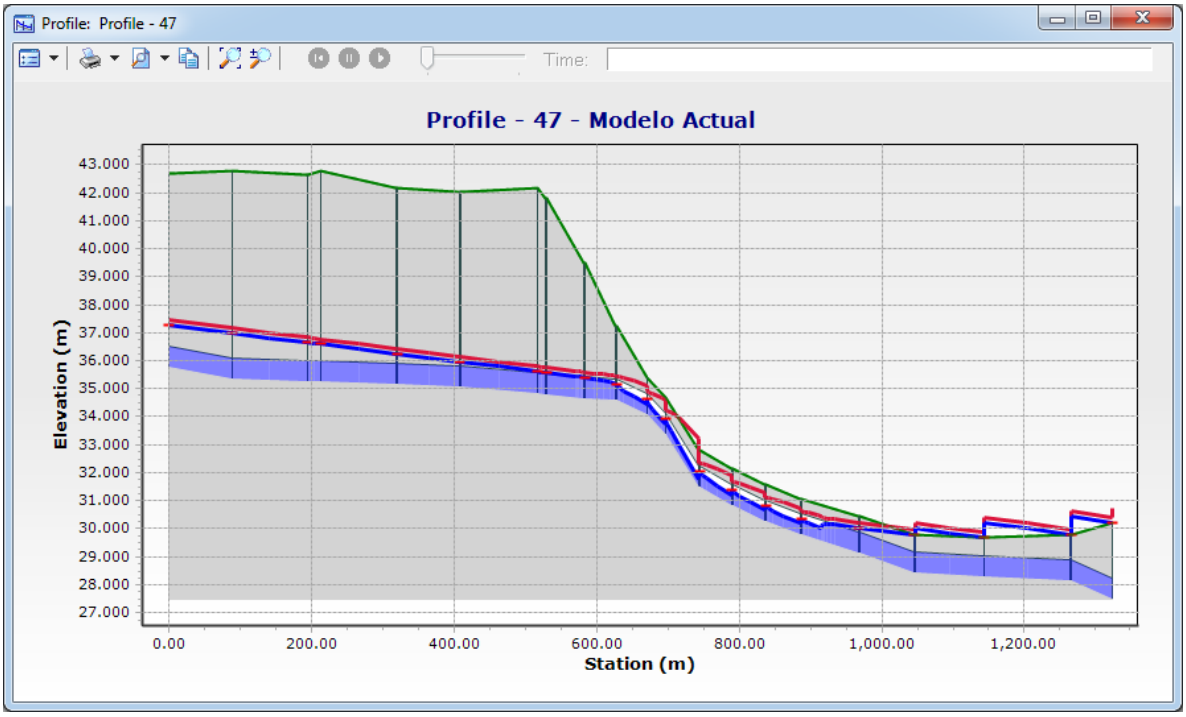


Figura 238. Perfil presurizado en condiciones actuales.

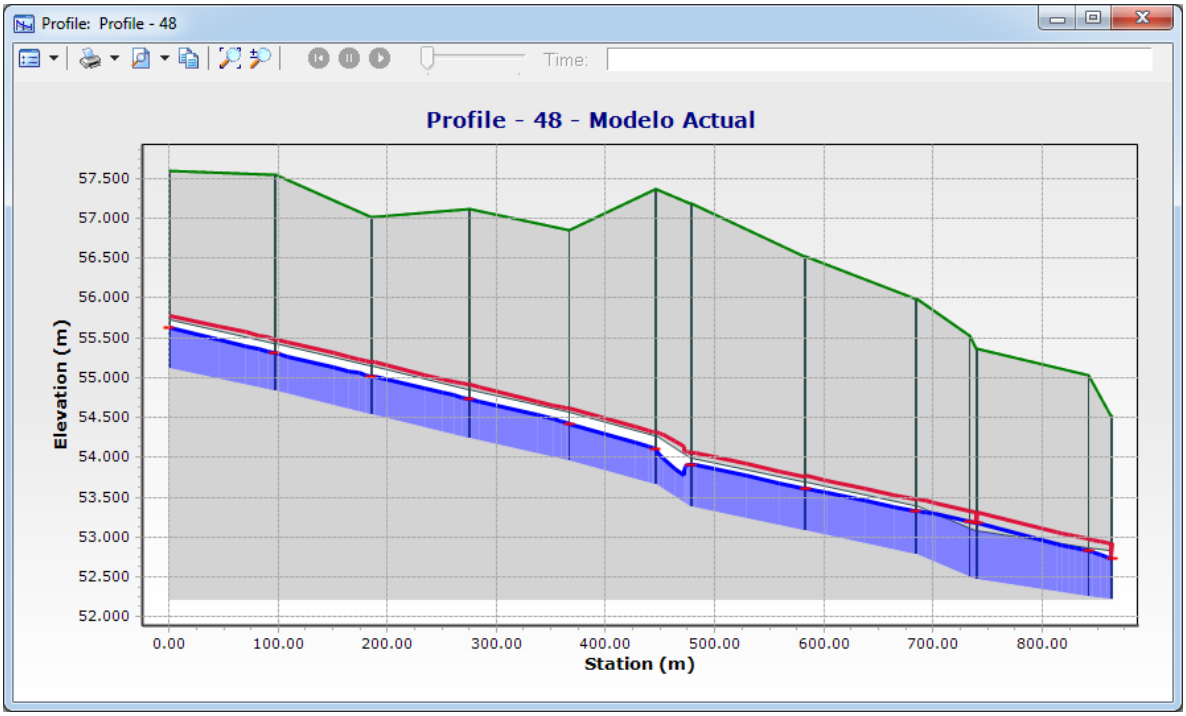


Figura 239. Perfil presurizado de la zona Oeste, en condiciones actuales.

Los problemas principales del sistema de drenaje sanitario de Reynosa son las tuberías que están excedidas de su capacidad, lo cual propicia condiciones anaerobias, velocidades bajas y posteriormente, al volver el

sistema a las condiciones aerobias, con flujo lento, se generan problemas de corrosión y caídos por el ácido sulfhídrico que corroe las tuberías.

Para solucionar esta problemática, se estarán analizando 2 alternativas de solución, con estrategias tanto a Corto y Mediano Plazo así como también a Largo Plazo. De esto se habla en el capítulo 3.2.2.1 del presente informe.

Con el propósito de que los resultados obtenidos en la modelación en condiciones actuales sean más entendibles y puntuales se presenta a continuación en tablas y planos dichos resultados.

En primer lugar se presenta la situación hidráulica que prevalece respecto a la utilización en condiciones actuales de la capacidad de los conductos instalados en el sistema de recolección y alejamiento de las aguas residuales de Reynosa, es decir, la relación que existe entre el gasto que transita por cada tubo y la capacidad que tiene este mismo, siendo que esta última está en función del diámetro, la pendiente de arrastre y el material de las paredes del tubo (coeficiente de rugosidad). En la siguiente figura se presenta un plano donde se puede observar por colores los porcentajes de utilización de los tubos al conducir el gasto máximo extraordinario.

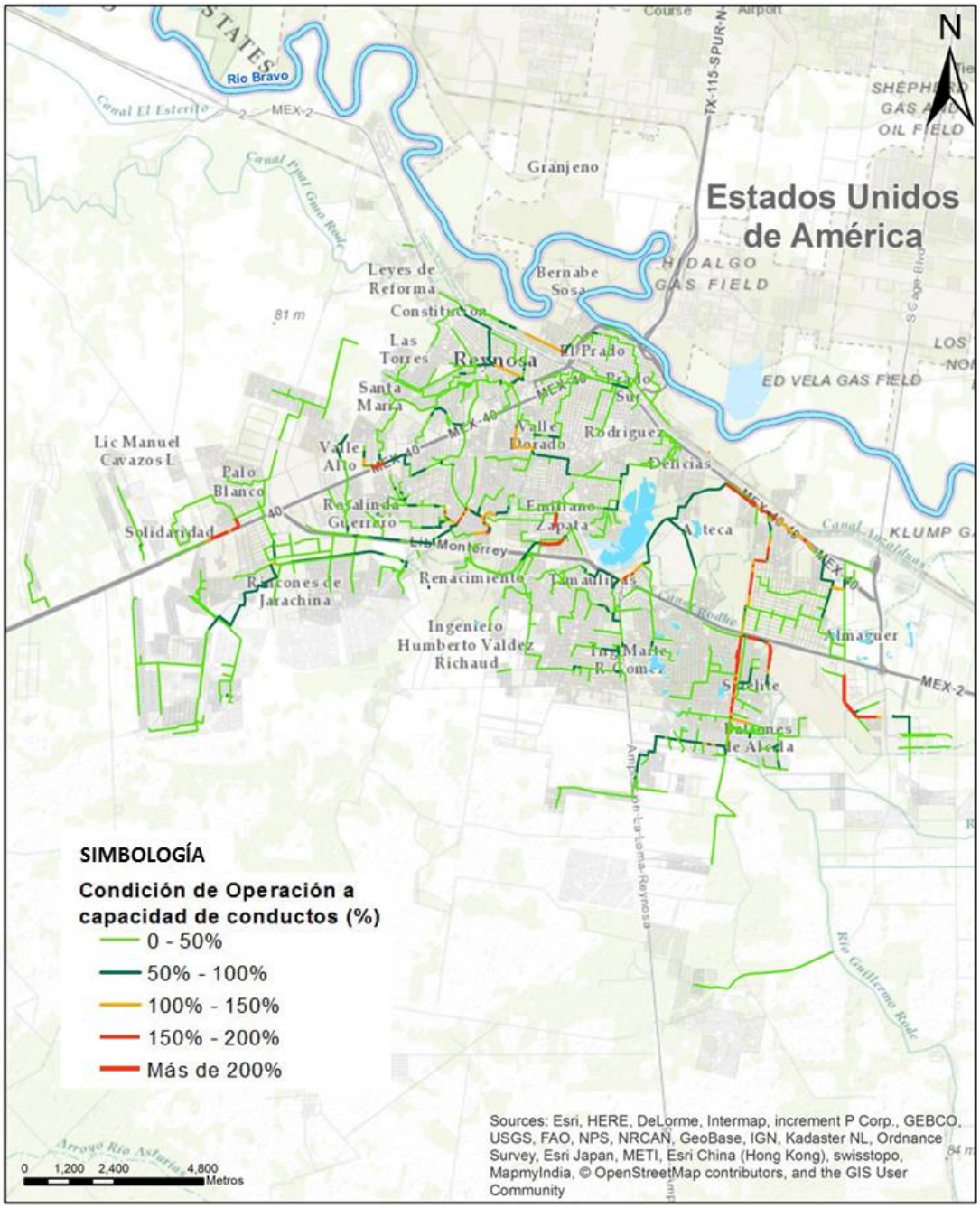


Figura 240. Condición de operación respecto a la capacidad de los conductos

En las siguientes tablas se presenta información general y particular de la condición en las que operan los tubos del sistema principal de alcantarillado de Reynosa, donde se puede observar que en 251 Km de tuberías principales que representan el 79% si se conduce el gasto máximo extraordinario los tubos están trabajando a menos del 50% de su capacidad, lo cual es muy bueno, ya que se puede establecer que la gran mayoría de lo que se ha construido a la fecha tiene la capacidad para conducir los caudales actuales sin problema, de igual forma existen otros 40 Km de tuberías que a gasto máximo extraordinario funcionan adecuadamente, es decir por debajo de la capacidad de los conductos, en contraste con la existencia de 26 Km de tuberías que representan el 8.2% que no tienen la capacidad suficiente para conducir el gasto

máximo extraordinario en condiciones actuales y cuando este se presenta los conductos se sobrecargan trabajando a presión y existiendo la posibilidad de que se presenten remansos y desbordamientos en los pozos de visita, rejillas y bocas de tormenta.

Es importante recordar que el análisis se realizó bajo consideraciones hipotéticas, ya que no se consideraron obstrucciones al flujo del agua por ingreso de material del subsuelo proveniente de algún caído, grasas y aceites cementados o basura arrojada por los usuarios.

Tabla 154. Situación de la utilización de la capacidad hidráulica de los conductos

Condición de operación	Longitud (km)	%
0-50 %	250.77	79.16%
50-100 %	40.21	12.69%
100-150 %	11.00	3.47%
150-200 %	8.51	2.69%
Más de 200 %	6.30	1.99%
TOTAL	**316.80**	**100%**

Tabla 155. Conductos con problemas de falta de capacidad

No	Vialidad	Longitud (m)	Diámetro Existente (cm)	Condición de Operación (%)	Entre vialidades	Colonia
1	Calle Francisco I. Madero	387.21	20	2678%	Entre Calle 20 de Noviembre y Calle 2 de Febrero	Presa La Laguna
2	Calle Brecha E99	1,296.47	30	586%	Entre Calle Primero de Mayo y Calle Datacom	Parque Industrial Prologis
3	Calle Ninguno	494.49	20	398%	Sobre Calle La Joya	Villas de IMAQ
4	Calle Conde de Sierra Gorda	245.45	20	378%	Entre Calle Primera y Carretera Federal a Monterrey	Fracc. Condado del Norte
5	Calle 21 de marzo	737.28	45	368%	Entre Calle Río Purificación y Línea Las Torres	Burocrática
6	Carretera Federal a Monterrey	858.90	20	309%	Entre Brecha el Berrendo y Calle Conde de Sierra Gorda	Privadas de la Hacienda
7	Carretera Federal a Monterrey	708.44	20	297%	Entre Calle 1 y Calle Las Palmas	Valle Alto
8	Calle Ninguno	1,411.54	76	275%	Sobre Calle Zacatecas	Nuevo Amanecer
9	Calle Las Fuentes	29.88	76	271%	Sobre Calle Río San Juan	Las Fuentes Secc. Lomas
10	Lateral del Canal Rodhe	447.19	20	258%	Entre Calle La Joya y Paseo Media Luna	Villa Diamante
11	Calle Villa del Aldama	24.49	30	225%	Entre Calle Villa de Reynosa y Calle Villa Presas del Rey	Fracc. Riveras del Carmen
12	Calle Independencia	126.00	20	223%	Sobre Calle Cerro de la Silla	Loma Bonita
13	Calle Leona Vicario	1,318.45	76	199%	Entre Calle Licenciado Benito Juárez y Calle Agustín Melgar	Voluntad y Trabajo
14	Calle 20 de Noviembre	740.23	61	197%	Entre Calle Punta Arenas y Calle Esmeralda Uno	Ampl. La Joya

No	Vialidad	Longitud (m)	Diámetro Existente (cm)	Condición de Operación (%)	Entre vialidades	Colonia
15	Calle Pemex	418.26	61	197%	Entre Calle Sor Juana Inés de la Cruz y Calle Porfirio Díaz	La Escondida
16	Calle Leona Vicario	1,292.95	61	191%	Entre Calle Ninguno y Calle Emiliano Zapata	Villas de Imaq
17	Calle Datacom	620.55	38	187%	Entre Calle Brecha E99 y Calle Lamda Electrónica	Parque Industrial Prologis
18	Calle Independencia	349.37	91	183%	Sobre Calle Río San Juan	Loma Bonita
19	Calle las Fuentes	471.68	91	180%	Entre Calle Río Florida y Calle Independencia	Las Fuentes Secc. Lomas
20	Calle Independencia	268.26	76	175%	Entre Calle Zacatecas y Calle Fernando Montes de Oca	Ampl. 16 de septiembre
21	Calle Zacatecas	320.12	76	175%	Entre Calle Ninguno y Calle Chihuahua	Unidad Obrera
22	Calle Lateral del Canal Rodhe	394.96	20	174%	Entre Calle Paseo Media Luna y Calle Río La Pelusa	Villa Diamante
23	Calle Chihuahua	340.60	76	170%	Entre Calle Durango y Calle Zacatecas	Lampacitos
24	Calle Manuel Escandón	25.57	76	166%	Sobre Calle Miguel Alemán Valdés	Módulo 2000
25	Calle Zacatecas	219.41	76	165%	Entre Calle Doroteo Arango y Calle Francisco Márquez	Ampl. 16 de septiembre
26	Calle 20 de Noviembre	498.54	76	162%	Entre Calle General Francisco Villa y Calle Lago de Pátzcuaro	Rigoberto Garza Cantú
27	Boulevard Ferrocarril Revolución	157.53	30	161%	Entre Calle Tres y Calle Uno	Ferrocarril Poniente
28	Calle Durango	636.00	76	160%	Entre Calle Coahuila y Calle Ninguno	Lampacitos
29	Calle Independencia	81.05	45	160%	Entre Calle Río Bravo y Calle Río Pesquería	Infonavit Las Lomas
30	Calle Loma Blanca	577.78	76	158%	Entre Calle Ninguno y Calle Robles	Parque Ind. Center
31	Calle Durango	329.13	76	155%	Entre Calle Chihuahua y Calle Coahuila	Lampacitos
32	Calle Doctor Rodríguez	333.24	76	155%	Entre Calle Rosita y Calle Carmina	Fracc. Reynosa
33	Calle Durango	348.57	76	148%	Entre Calle Ninguno y Calle Doctor Rodríguez	Lampacitos
34	Boulevard Ferrocarril Revolución	1,043.01	30	148%	Entre Calle Libertad y Calle Tres	Ferrocarril Poniente
35	Calle Mozart y Del Maestro	1,088.75	76	148%	Entre Calle Soler y Calle Miguel Alemán Valdés	Módulo 2000
36	Calle 20 de Noviembre	88.71	61	147%	Entre Calle Emiliano Zapata y Calle Punta Arenas	La Joya
37	Calle Doctor Rodríguez	345.51	76	147%	Entre Calle Carmina y Calle José María Morales	Fracc. Reynosa
38	Calle Ribera del Sur	816.34	61	147%	Entre Calle Ribera del Norte y Calle Cuauhtémoc	Riberas de Rancho Grande
39	Calle 20 de Noviembre	124.21	61	146%	Entre Calle Minas de Esmeralda y Calle Villas de Esmeralda	Fracc. Villas de Alcalá
40	Calle Independencia	671.14	76	146%	Entre Calle Fernando Montes de Oca y Calle Ninguno	16 de septiembre
41	Calle Río San Juan	126.79	91	145%	Entre Calle Las Fuentes y Calle Cerro de la Bufa	Las Fuentes Secc. Lomas

No	Vialidad	Longitud (m)	Diámetro Existente (cm)	Condición de Operación (%)	Entre vialidades	Colonia
42	Calle General Alberto Carrera Torres	341.52	61	144%	Entre Calle 50 y Calle Segunda	La Escondida
43	Calle Río San Juan	44.87	91	143%	Entre Calle Cerro Gordo y Calle Independencia	Loma Bonita
44	Calle 20 de noviembre	353.69	76	143%	Entre Calle Agustín Melgar y Calle General Francisco Villa	Rigoberto Garza Cantú
45	Carretera Federal a Monterrey	127.67	20	142%	Entre Calle Huizache y Brecha El Berrendo	Privadas de la Hacienda
46	Calle Profirio Díaz	111.38	61	142%	Entre Dren Lateral y Libramiento Reynosa	López Portillo 3
47	Calle Independencia	99.44	30	141%	Sobre Calle Cerro de la Silla	Loma Bonita
48	Calle El Cielo	155.01	20	139%	Entre Calle 5 y Calle 1	Valle Alto
49	Calle Independencia	69.74	76	138%	Entre Calle Llera y Calle Villagrán	Hidalgo
50	Calle Independencia	331.18	20	136%	Entre Calle Sierra Nevada y Calle Cerro de la Silla	Loma Bonita
51	Calle Independencia	153.82	45	132%	Entre Calle Río Bravo y Calle Río Pesquería	Infonavit Las Lomas
52	Calle Acutzingo	353.22	38	131%	Entre Calle Cerro de Padilla y Calle Ninguno	Parque Industrial Reynosa
53	Calle Zacatecas	219.08	76	131%	Entre Calle Zacatecas y Calle Ninguno	Unidad Obrera
54	Calle Mozart	57.57	76	129%	Entre Calle Municipal y Calle Villanueva	Valle Dorado
55	Calle Villas de Esmeralda	512.22	61	126%	Entre Calle 20 de Noviembre y Prolongación Latón	Fracc. Villa Esmeralda
56	Calle Independencia	217.08	45	126%	Entre Calle Tres Picos y Calle Las Fuentes	Infonavit Las Lomas
57	Calle Pico Broad	904.89	76	122%	Entre Calle Lago de Pátzcuaro y Calle Roble	Fracc. Balcones de Alcalá
58	Calle Independencia	522.73	30	120%	Entre Calle Del Cubilete y Calle Ninguno	Fuetes Coloniales
59	Calle Silao	123.41	61	117%	Entre Calle Central y Calle Suiza	Campestre 2
60	Libramiento Monterrey	35.93	91	106%	Entre Calle Ignacio Zaragoza y Calle Emiliano Zapata	Las Cumbres
61	Calle Roble	261.79	61	104%	Entre Calle Kasai y Calle Logan	Los Almendros
Total		**25,810.29**				

Como puede observarse son 25.4 Km de tuberías de las cuales 17.4 Km (69%) corresponden a conductos de 45 cm en adelante, que bajo la condición de transportar el gasto máximo extraordinario estarían trabajando con sobre carga y posibles remansos de agua que pudieran causar e desbordamientos en las calles a partir de los pozos o rejillas. En la siguiente figura se presenta la localización de estos tubos que no tienen capacidad para conducir el gasto máximo extraordinario.

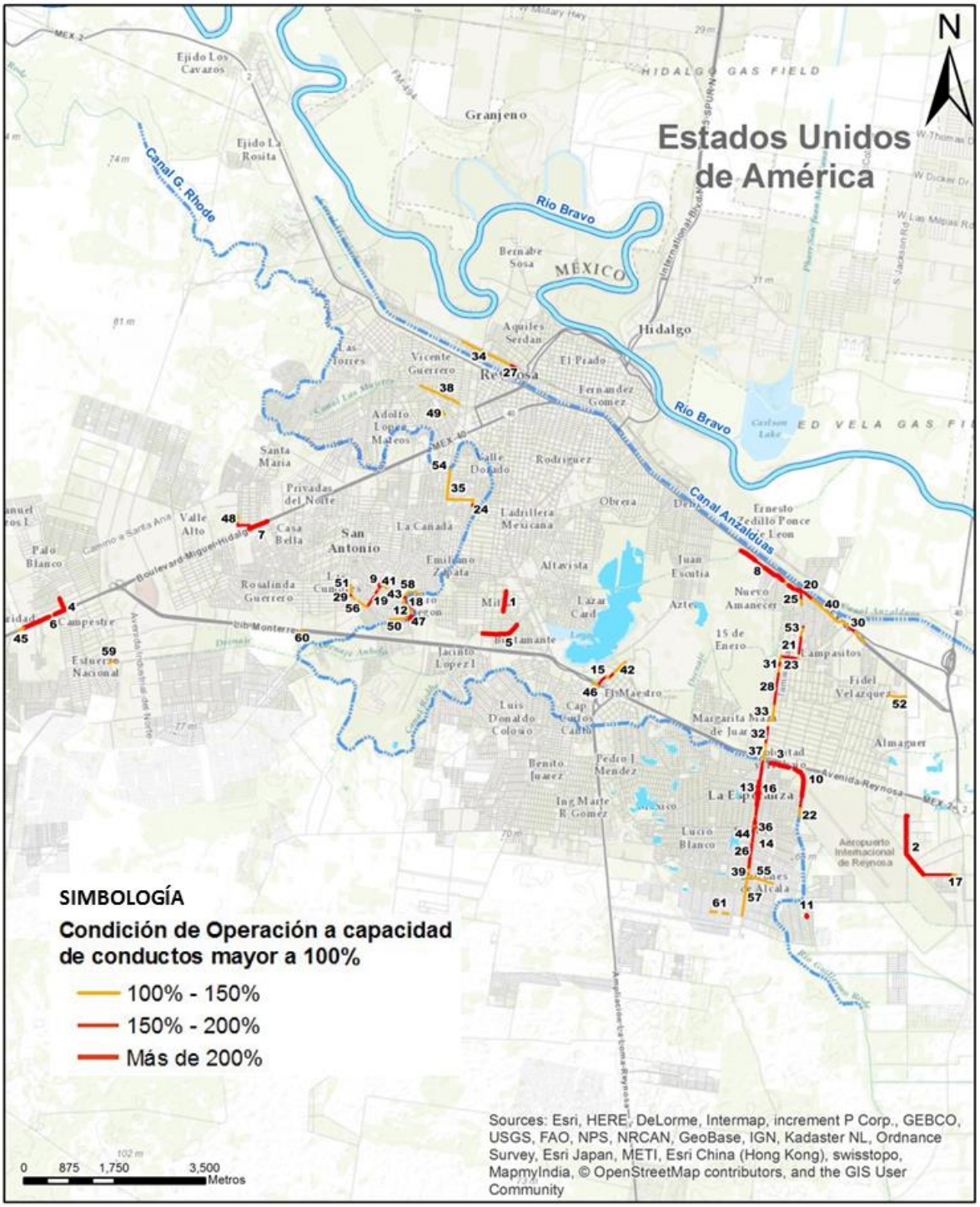


Figura 241. Colectores con problemas de capacidad de conducción

En segundo lugar, se presenta la situación hidráulica que prevalece respecto a las velocidades que se presentan en los conductos al fluir el gasto máximo extraordinario con las pendientes que se tienen en los tubos, las cuales pudieran causar erosión en las tuberías en caso de rebasar los valores máximos recomendados por la CONAGUA.

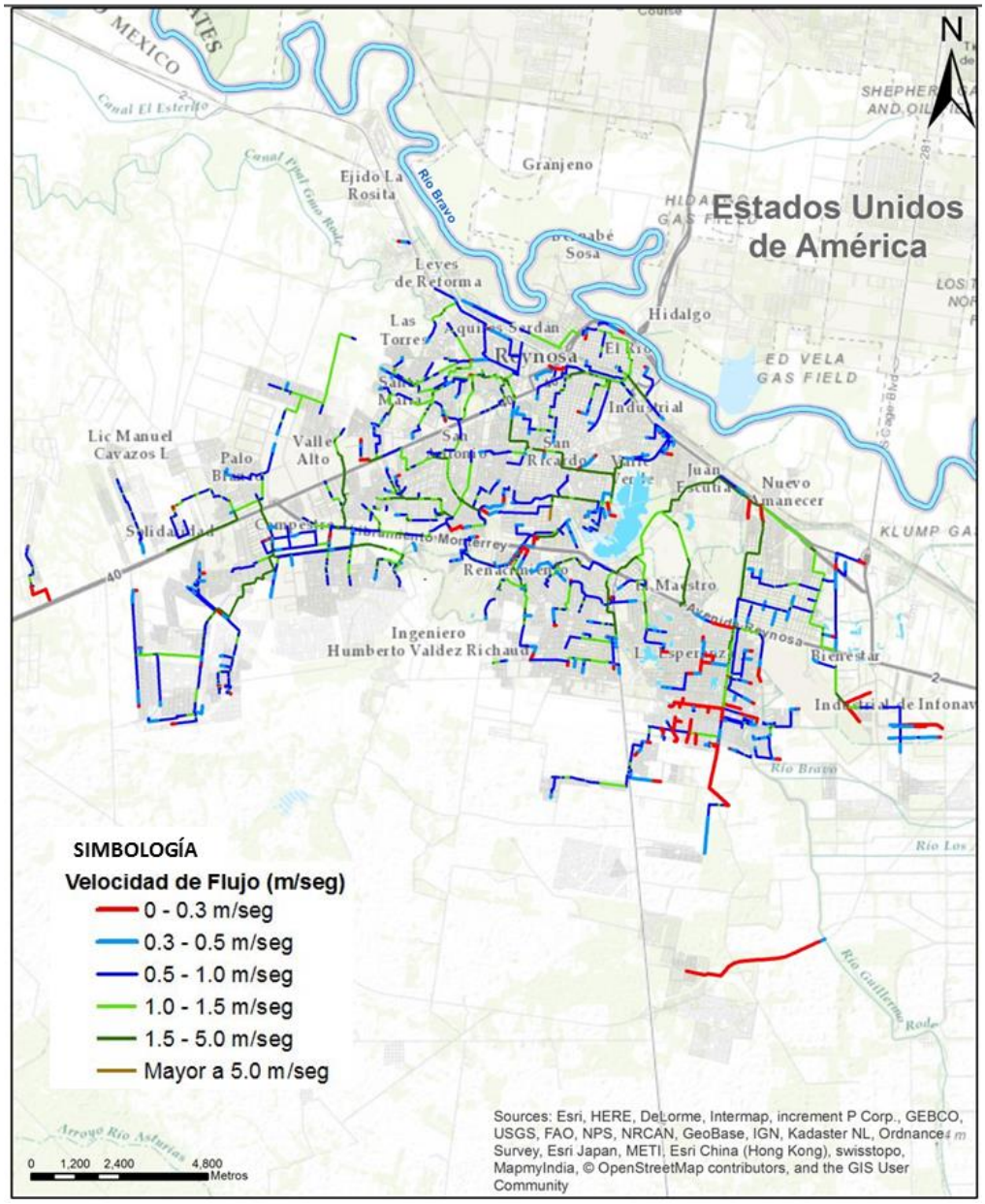


Figura 242. Velocidades en los conductos a gasto Máximo Extraordinario

Tabla 156. Velocidades en los conductos a gasto máximo extraordinario

Velocidad de Flujo	Longitud (km)	%
De 0 a 0.3 m/seg.	27.90	8.8%
De 0.3 a 0.5 m/seg.	38.89	12.3%
De 0.5 a 1 m/seg.	121.58	38.4%
De 1 a 1.5 m/seg.	75.99	24.0%
De 1.5 a 5 m/seg	52.00	16.4%
Más de 5 m/seg	0.44	0.1%
TOTAL	**316.80**	**100%**

Como se observa en la figura y tabla anterior, no existen problemas de erosión en las tuberías del sistema de recolección y alejamiento de las aguas residuales de Reynosa, ya que conduciendo el gasto máximo extraordinario solo en un tramo de 0.4 Km se presentan velocidades mayores a los 5 m/seg, lo cual es consentido porque dicho colector es de PVC sanitario, que de acuerdo a los MAPAS de la CONAGUA la velocidad máxima a gasto máximo extraordinario para tuberías de ese material es de 5.0 m/seg.

Por otro lado, la inmensa mayoría de las tuberías (188.4 Km) conducen el gasto máximo extraordinario con velocidades que no rebasan el 1.0 m/seg., lo cual es relativamente bueno, sin embargo, lo que debe llamar la atención por lo que eso significa es que a gasto mínimo la longitud que tiene velocidades por debajo de los 0.3 m/seg son 69 Km que representan el 22% del total, tal y como se muestra en la siguiente tabla y figura.

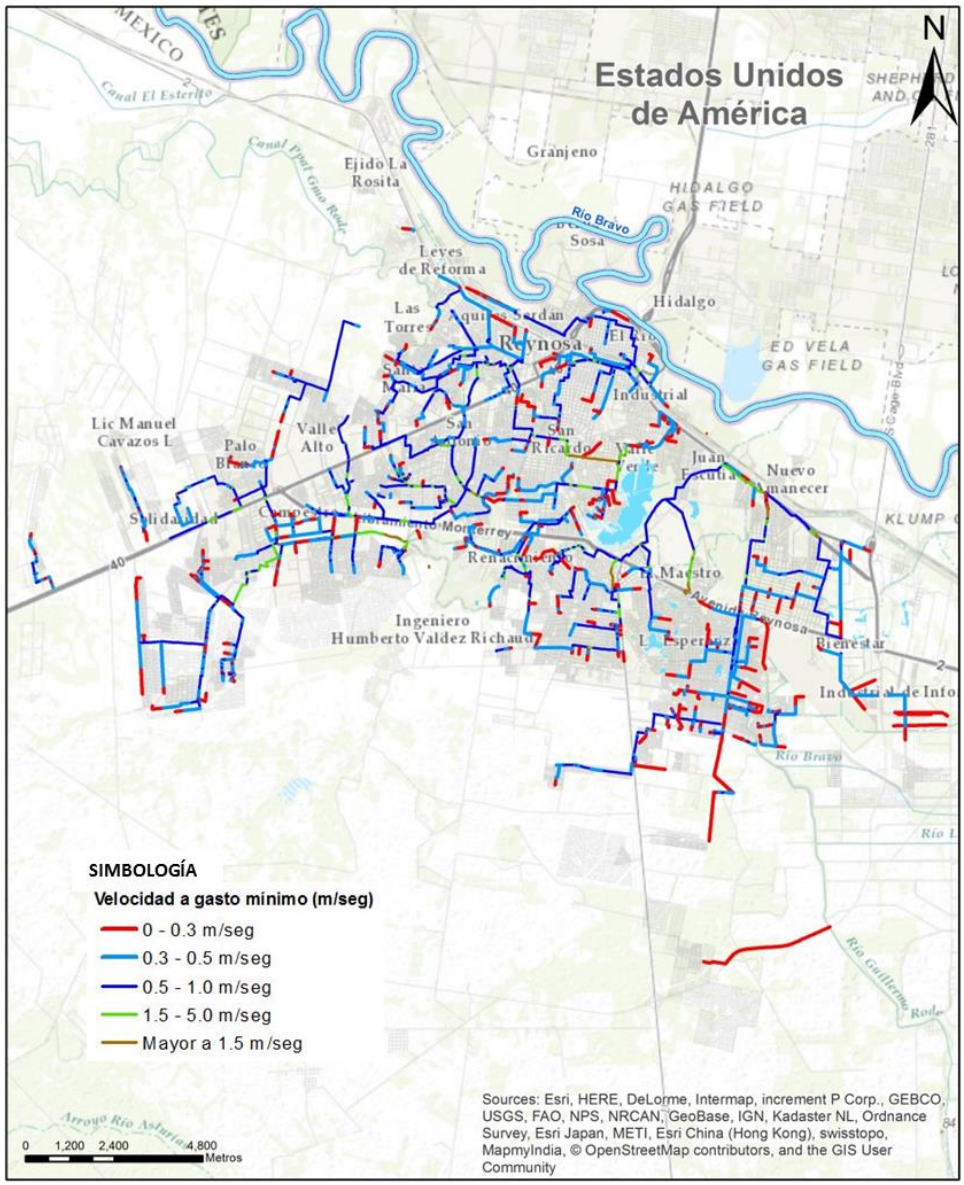


Figura 243. Velocidades en los conductos a gasto mínimo

Tabla 157. Velocidades en los conductos a gasto mínimo

Velocidad de Flujo	Longitud (km)	%
0 a 0.3 m/s	**68.8**	**21.7%**
0.3 a 0.5 m/s	104.5	33.0%
0.5 a 1.0 m/s	119.5	37.7%
1.0 a 1.5 m/s	18.9	6.0%
Mayor a 1.5 m/s	5.1	1.6%
Total	**316.80**	**100.0%**

Esta situación es realmente el problema que presenta el sistema de alcantarillado y en particular el sistema de recolección y alejamiento de las aguas residuales existente, que debido a las mínimas pendientes que tienen los conductos, el agua que fluye lo hace con velocidades bajas y en condiciones de caudales mínimos se maximiza el problema llegando a velocidades muy bajas, que con cualquier obstáculo dentro de los conductos el agua llegaría a presentar estancamiento y en función del tamaño del obstáculo sería el remanso hacia aguas arriba al grado de no permitir ingresar las aguas de las descargas domiciliarias.

En tercer lugar se presenta la situación hidráulica que prevalece respecto a las cargas dinámicas totales (CDT) que se manejan en las líneas de impulsión de acuerdo a la modelación y los gradientes hidráulicos de dichas líneas, que exponen estas últimas el nivel de pérdidas por fricción que se tienen, las cuales dependen del gasto que se bombea, del diámetro del conducto y del material que determina el grado de resistencia que ponen las paredes de los tubos al flujo del agua (coeficiente de rugosidad). En las siguientes tablas se presenta la longitud de las líneas de impulsión analizadas en el modelo agrupadas por niveles de CDT y de gradientes hidráulicos.

Tabla 158. Cargas dinámicas totales en las líneas de impulsión

Carga Dinámica Total	Longitud (km)	%
De 0 a 5 mca	3.70	8.9%
De 5 a 10 mca	11.54	27.9%
De 10 a 15 mca	7.26	17.5%
De 15 a 20 mca	10.67	25.8%
Más de 20 mca	8.23	19.9%
TOTAL	**41.40**	**100%**

Tabla 159. Gradientes hidráulicos en las Líneas de impulsión

Gradiente Hidráulico	Longitud (km)	%
Menor a 1 milésima	18.54	44.8%
1 a 5 milésimas	15.95	38.5%
De 5 a 10 milésimas	2.92	7.1%
De 10 a 15 milésimas	0.55	1.3%
Mayor a 15 milésimas	3.45	8.3%
TOTAL	**41.41**	**100.0%**

Como se puede observar en las tablas anteriores, existen 3.7 Km (9%) de líneas que operan para vencer cargas menores a los 5 m.c.a. (0.5 Kg/cm²); 19 Km (45%) de líneas que operan para vencer cargas entre 5 a 15 m.c.a. (0.5 a 1.0 Kg/cm²) y 19 Km (46%) de líneas que operan para vencer cargas mayores a 15 m.c.a. (1.0 Kg/cm²), lo cual significa que el consumo de kWh debe ser alto y por lo tanto el gasto por energía eléctrica debe ser significativo de sus estaciones de bombeo.

De la misma manera se observa en las tablas anteriores que una gran parte de las líneas de impulsión (45%) tienen un gradiente hidráulico de menos de 1 milésima, lo que representa que se pierde por fricción 1 metro por cada kilómetro, lo cual es un valor muy aceptable y significa que el diámetro de las líneas es el adecuado así como el material, pero por el otro lado existen 18.9 Km (46%) de líneas que presentan un gradiente hidráulico de entre 1 a 10 milésimas, lo que representa que se pierde por fricción de 1 a 10 metros por cada kilómetro de línea, así como 4 Km (9 %) con un gradiente superior a las 10 milésimas, los cuales son valores poco aceptable y significa que el diámetro puede no ser el adecuado para el gasto que se transporta y que muy probablemente sean de A-C con un coeficiente de rugosidad mayor. En las siguientes figuras se presentan un plano donde se indican las líneas de impulsión existentes en el sistema de recolección y alejamiento de las aguas residuales de la ciudad de Reynosa, en donde se les clasifica por los dos parámetros analizados:

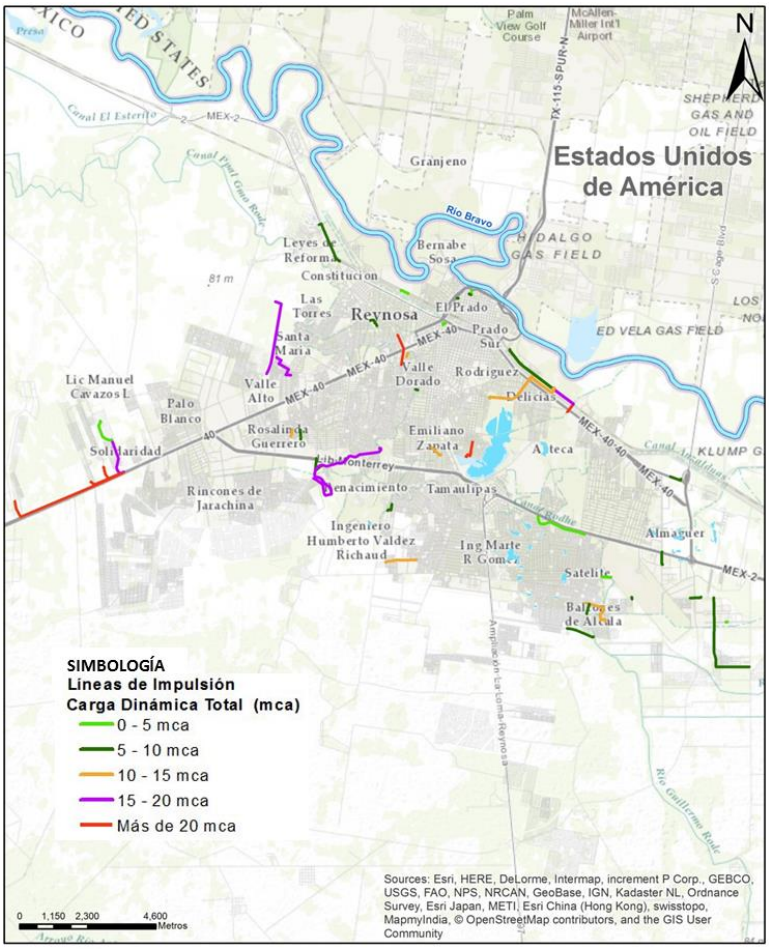


Figura 244. Cargas Dinámicas Totales (CDT) en las líneas de impulsión

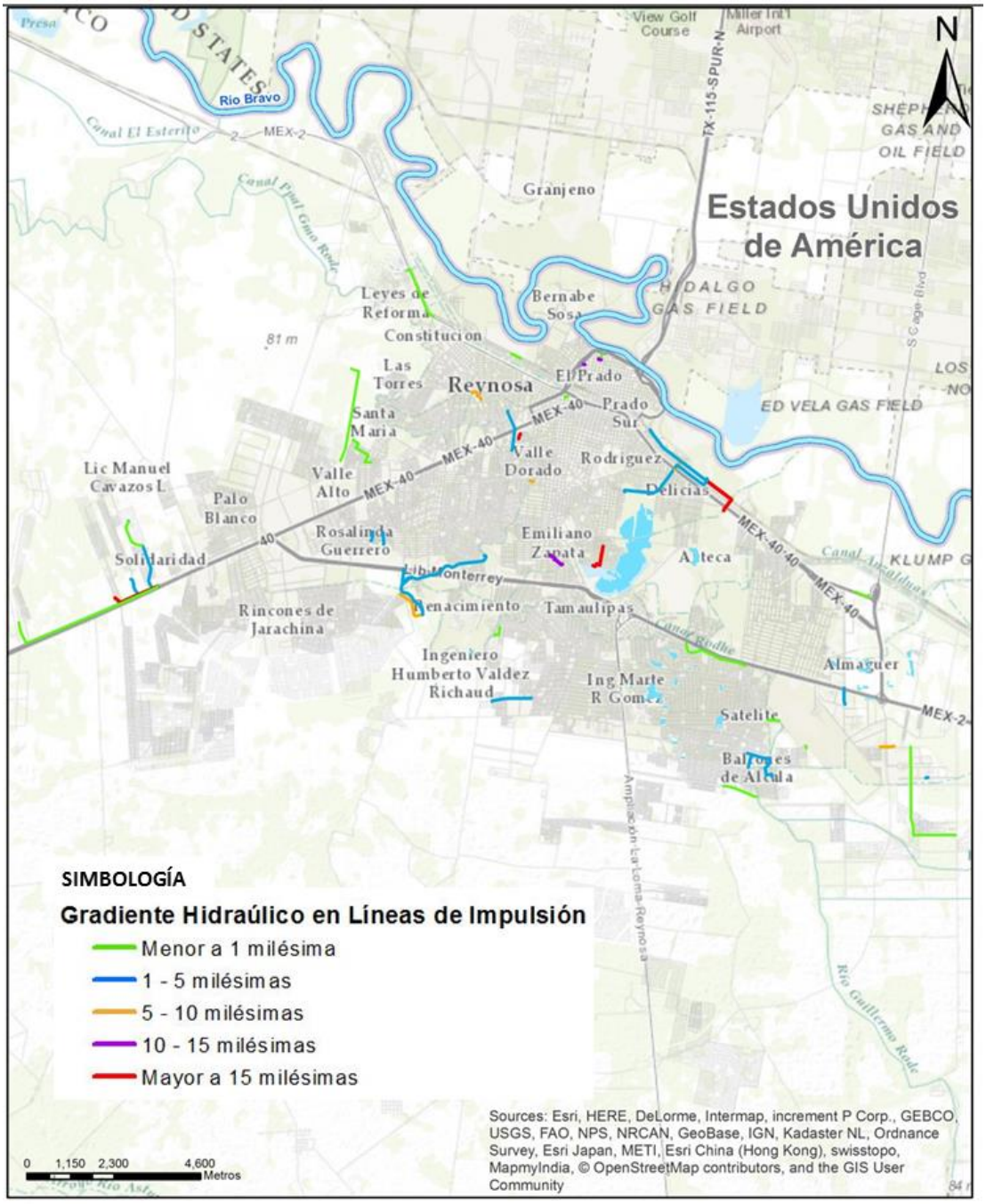


Figura 245. Gradientes hidráulicos en las líneas de impulsión

Por último, se presentan los resultados de la capacidad de los equipos de bombeo (hp) calculadas con el modelo de simulación para las condiciones actuales de cada estación de bombeo, así como la determinación de la potencia comercial de los equipos que se requieren para bombear tanto el gasto medio como el gasto máximo instantáneo (con la suma del equipo 1 y 2) para cada estación de bombeo, partiendo de la suposición de que los equipos que están instalados deben tener una eficiencia electromecánica del orden del 45%.

Además se presenta el cálculo del consumo en kWh a partir de la suposición de que el equipo 1 calculado para bombear el gasto medio con infiltración opera 22 horas al día y el equipo 2 opera solo 8 horas al día, que es el tiempo aproximado en el que se presenta el gasto máximo instantáneo, por lo que en ese lapso de tiempo operan los dos equipos de bombeo, y por último se presenta el costo al año de energía eléctrica de las EBARs en condiciones actuales según el modelo de simulación.

Tabla 160. Consumos de kWh de las EB de aguas residuales

No	ID	Nombre	Datos (SewerGEMS)			Selección de Equipo		Consumos E.E.			Importe facturado $/año
			Gasto Máximo Instantáneo (Calculado) (L/s)	CDT (m)	Eficiencia	Potencia Req. Equipo 1 (hp)	Potencia ReQ. Equipo 2 (hp)	Equipo 1 (kWh)	Equipo 2 (kWh)	Total (kWh)	
1	EBAR # 1	Col. Industrial	470.55	7.85	45%	50	60	37.3	44.7	430,045	784,040
2	EBAR # 2	Zona Centro	154.96	5.24	45%	15	10	11.2	7.5	111,594	206,431
3	EBAR # 3	Col. Longoria	27.21	3.27	45%	2	1	1.5	0.7	14,153	29,692
4	EBAR # 4	Col. Leal Puente	998.78	12.33	45%	175	200	130.5	149.1	1,483,384	2,694,594
5	EBAR # 5	Col. Hidalgo	423.19	22.25	45%	150	150	111.9	111.9	1,224,812	2,225,595
6	EBAR # 6	Col. Módulo 2000	589.36	6.08	45%	50	75	37.3	55.9	462,707	843,282
7	EBAR # 7	Zona Centro	134.51	5.42	45%	10	15	7.5	11.2	92,541	171,873
8	EBAR # 8	Zona Centro	8.22	4.09	45%	0.5	0.5	0.4	0.4	4,083	11,426
9	EBAR # 9	Parque Ind. Reynosa	51.33	5.73	45%	5	5	3.7	3.7	40,827	78,073
10	EBAR # 10	Col. Ernesto Zedillo	1,932.84	30.00	45%	800	900	596.6	671.1	6,750,076	12,247,365
11	EBAR # 11	Col. Las Torres	68.30	8.66	45%	10	7.5	7.5	5.6	76,211	142,252
12	EBAR # 12	Col. Del Bosque Sur	11.03	14.54	45%	3	2	2.2	1.5	22,319	44,503
13	EBAR # 13	Col. Las Delicias	76.47	13.81	45%	15	20	11.2	14.9	133,368	245,926
14	EBAR # 14	Villas de IMAQ	85.40	1.27	45%	2	2	1.5	1.5	16,331	33,642
15	EBAR # 15	Col. Módulo 2000 Rancho Grande	18.70	3.43	45%	1	1	0.7	0.7	8,165	18,831
16	EBAR # 16	Col. Roma	144.85	13.02	45%	30	30	22.4	22.4	244,962	448,336
17	EBAR # 17	Fracc. La Cima	5.51	15.62	45%	2	1	1.5	0.7	14,153	29,692
18	EBAR # 18	Parque Industrial Colonial	20.53	8.67	45%	3	3	2.2	2.2	24,496	48,452
19	EBAR # 20	Los Muros I	11.57	12.87	45%	3	2	2.2	1.5	22,319	44,503
20	EBAR # 21	Los Muros II	8.27	7.97	45%	1	1	0.7	0.7	8,165	18,831
21	EBAR # 22	Puertas del Sol	699.11	15.51	45%	150	200	111.9	149.1	1,333,684	2,423,069
22	EBAR # 23	Riberas del Carmen	40.38	11.79	45%	7.5	7.5	5.6	5.6	61,241	115,099
23	EBAR # 24	Los Fresnos	70.25	52.76	45%	50	60	37.3	44.7	430,045	784,040
24	EBAR # 25	Vista Hermosa	57.84	17.77	45%	15	20	11.2	14.9	133,368	245,926
25	EBAR # 26	Loma Real	31.27	34.98	45%	15	20	11.2	14.9	133,368	245,926
26	EBAR # 27	El Anhelo	41.35	31.41	45%	20	20	14.9	14.9	163,308	300,231

No	ID	Nombre	Datos (SewerGEMS)			Selección de Equipo		Consumos E.E.			Importe facturado $/año
			Gasto Máximo Instantáneo (Calculado) (L/s)	CDT (m)	Eficiencia	Potencia Req. Equipo 1 (hp)	Potencia ReQ. Equipo 2 (hp)	Equipo 1 (kWh)	Equipo 2 (kWh)	Total (kWh)	
27	EBAR # 28	Parque Ind. Colonial	2.17	3.00	45%	0.5	0.5	0.4	0.4	4,083	11,426
28	EBAR # 29	El Campanario	5.36	8.27	45%	1	0.5	0.7	0.4	7,077	16,856
29	EBAR # 30	Las Fuentes S/Lomas	907.20	19.87	45%	250	300	186.4	223.7	2,150,226	3,904,118
30	EBAR # 31	Los Almendros II	32.30	6.47	45%	3	5	2.2	3.7	28,851	56,351
31	EBAR # 32	Paseo del Prado	22.05	7.19	45%	3	2	2.2	1.5	22,319	44,503
32	EBAR # 33	Ramón Pérez	11.98	11.91	45%	2	3	1.5	2.2	18,508	37,591
33	EBAR # 34	Lomas del Pedregal	6.74	9.26	45%	1	1	0.7	0.7	8,165	18,831
34	EBAR # 35	Los Pinos	19.16	3.42	45%	1	1	0.7	0.7	8,165	18,831
35	EBAR # 36	Las Palmas	4.24	5.52	45%	0.5	0.5	0.4	0.4	4,083	11,426
36	EBAR # 37	Aeropuerto	12.80	3.48	45%	1	0.5	0.7	0.4	7,077	16,856
37	EBAR # 38	Los Arcos	29.69	0.00	45%	0.0	0.0	0.0	0.0	0	4,021
38	EBAR # 39	Villa Esmeralda	48.44	7.18	45%	5	7.5	3.7	5.6	46,271	87,947
39	EBAR # 40	Ventura	19.01	16.58	45%	5	5	3.7	3.7	40,827	78,073
40	EBAR # 41	Agencia Aduanales	8.99	8.41	45%	2	0.5	1.5	0.4	13,065	27,718
41	EBAR	Las Haciendas	7.07	8.95	45%	1	1	0.7	0.7	8,165	18,831
Total			**7,319**			**1,861**	**2,142**	**1,388**	**1,597**	**15,806,610**	**28,835,009**

Para mayor detalle de la información de modelación de alcantarillado en condiciones actuales en SewerGEMS, consultar el anexo 11 y 12.

Como se observa en la tabla anterior para desalojar tanto el gasto medio como el gasto máximo instantáneo de las estaciones de bombeo que forman parte esencial del sistema de recolección y alejamiento de las aguas residuales de la ciudad de Reynosa, se requiere de equipos por un total de 2,985 HP, los cuales estarían consumiendo un total de 15, 806,009 kWh al año, lo que representa un gasto por concepto de energía eléctrica de $28.83 millones de pesos al año.

2.4.3. Saneamiento

2.4.3.1 Documento sobre las instalaciones de Saneamiento

Actualmente Reynosa cuenta con 3 plantas de tratamiento, de las cuales la COMAPA opera dos: la PTAR #1 y la PTAR #2, con capacidades de tratamiento de 1,000 L/s y 250 L/s., respectivamente.

Estas capacidades de tratamiento próximamente se incrementarán, ya que la COMAPA tiene en proceso de estabilización un segundo módulo de la PTAR #2 de 250 L/s y un tercer módulo en proceso de construcción de 250 L/s de la misma PTAR #2, lo que elevara la capacidad de esta última a 750 L/s., para obtener en total una capacidad de tratamiento en sus dos plantas de 1,750 L/s.

Adicionalmente existe al Sureste de la ciudad una pequeña planta de tratamiento conocida con el nombre de Pirámides la cual tiene una capacidad de 2 L/s.

En las siguientes tablas y figura se presenta la información de la localización de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), con sus coordenadas basadas en la proyección cartográfica Universal Tranversal de Mercator (UTM) y la elevación obtenida de la información LIDAR tipo terreno, así como información técnica de los procesos de tratamiento de dichas plantas.

Tabla 161. Localización de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)

No.	Nombre	Coordenadas UTM y elevaciones		
		X	Y	Z
1	PTAR No. 1	5745.8119	2883474.67	31.40
2	PTAR No.2	567035.6	2879815.59	51.54
3	PTAR Pirámides	574063.62	2869189.96	51.11

Tabla 162. Información de las PTAR existentes en Reynosa.

Nombre de la PTAR	Operado por	Tipo	Status	Año de Construcción	Capacidad Total de la Planta L/s	Capacidad Actual de la Planta L/s	Cuerpo Receptor	Tipo de Cuerpo receptor (LFD)	Reúso y aprovechamiento de agua Tratada
PTAR #1 Nvo. Tamaulipas	COMAPA	Lagunas de oxidación/ Lodos activados convencionales	En operación	1970 2008	1,000	1,000	Descarga al canal El Anhelo	B	Agrícola
PTAR #2 Puerta del Sol	COMAPA	Filtros percoladores	En operación	2004	750	250	Descarga al Dren Sta. Anita	B	Agrícola
PTAR Las Pirámides	—	Mecanizada, lodos activados	En operación	-------	2	2	Descarga al Canal Rodhe	B	Agrícola



Figura 246. Localización de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales

Es importante señalar que en el apartado 2.4.2 Alcantarillado se hizo una descripción amplia y muy completa de los componentes que intervienen en el sistema de recolección y alejamiento hasta los sitios de

disposición final de las aguas residuales, que para el caso de Reynosa son los sitios de emplazamiento de las PTARs, por lo que en este apartado solo presentaremos un resumen de las instalaciones que componen dicho sistema de alejamiento con el que se logra llevar a cabo por parte de la COMAPA el saneamiento de los cauces y cuerpos receptores que atraviesan la ciudad, constituido básicamente por colectores y subcolectores, estaciones de bombeo (EBARs), líneas de impulsión y plantas de tratamiento, como se puede apreciar en la siguiente figura donde se localizan todos estos elementos mencionados.

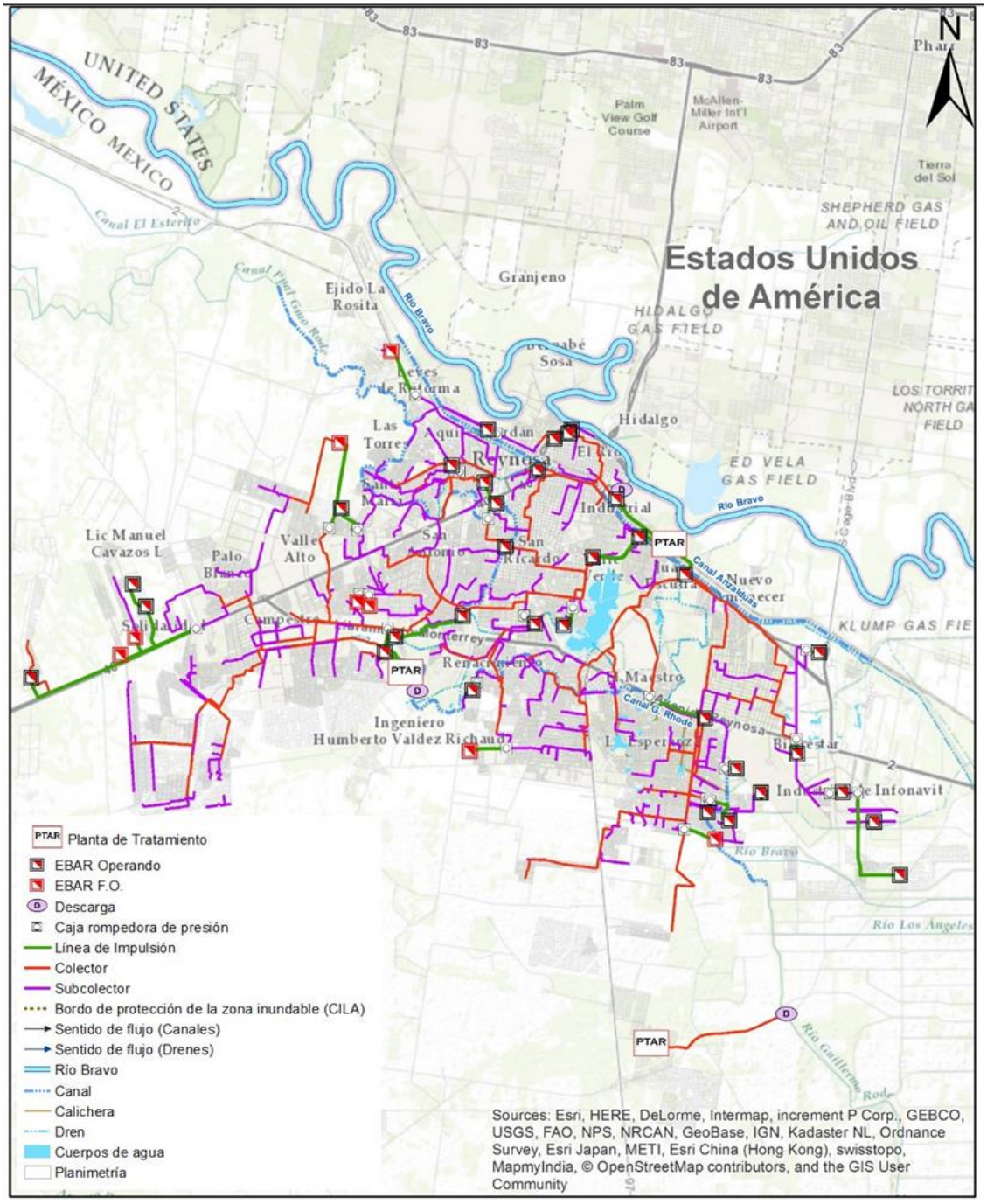


Figura 247. Sistema de Saneamiento de la ciudad de Reynosa

Tabla 163. Resumen de la infraestructura que forma el saneamiento de Reynosa

Componente	Cant.	Información relevante
PTARs	3	Capacidad actual de 1,252 L/s, próximo a entrar en operación dos módulos más de la PTAR #2 (500 L/s) con los que se incrementará la capacidad de tratamiento a 1,750 L/s.
EBARs	33	Existen 41 EBAR, de las cuales operan 33 y en estas últimas existe infraestructura para acoplarles 103 equipos de bombeo, existiendo solo 50 equipos de bombeo instalados y operando con una capacidad de 2,353 hp
Colectores (Km)	127	De 61 a 122 cm de diámetro, con tuberías de PVC sanitario, concreto y PEAD, con 1,809 pozos de visita.
Subcolectores (Km)	194	De 20 a 45 cm de diámetro, con tuberías de PVC sanitario, concreto y PEAD, con 2,919 pozos de visita.
Líneas de impulsión (Km)	47	De 3 a 36" de diámetro, con tuberías de PVC, PEAD, A-C y Acero.

Todo el sistema de recolección y alejamiento se divide en 8 principales cuencas de aportación, de las cuales 4 recolectan y bombean a la PTAR#1; 3 a la PTAR #2 y 1 a la PTAR Pirámides.

A continuación se presenta la descripción de las características de los sistemas y procesos de tratamiento de cada una de las plantas:

PTAR No. 1

La planta de Tratamiento de Aguas residuales No.1, está compuesta en la práctica por dos módulos de diferentes procesos: Lagunas de Oxidación y Lodos Activados, debido a que en 1970 solo se había construido la planta con un proceso de Lagunas de Oxidación, las cuales presentaron algunas fallas que no le permitieron cumplir con las condiciones particulares de descarga y posteriormente en el 2008 se construyó la planta de tratamiento de lodos activados, la cual se encuentra en operación.



Figura 248. Localización de la PTAR No.1

Por lo que toca al módulo de la PTAR No. 1, de Lodos Activados este consiste en oxidar las aguas residuales para agotar la demanda de oxigeno conocida como DBO_5 y los sólidos totales principalmente, para tener como resultado aguas tratadas clarificadas y estables, que se logran al desarrollar cultivos de bacterias saprófitas que toman los nutrientes de las mismas aguas residuales, a la vez que estabilizan los compuestos complejos orgánicos al convertirlos en sustancias químicas simples.

En cuanto al tratamiento de lodos activados convencionales que se tiene en la PTAR #1, este consiste en un sedimentador primario que es la variante que los distingue; el proceso de tratamiento inicia a partir del pre tratamiento, que consiste en remover de las aguas residuales todo el material que inhibe los procesos bioquímicos de la depuración de la materia orgánica, que parte de la remoción del material grueso flotante por medio del cribado con tres canastillas de limpieza manual, en este mismo proceso se realiza la remoción de material granular como gravas finas y arenas por medio de un desarenador que consta de tres canales para la separación de estos materiales; se continúa con la sedimentación primaria a través de dispositivo llamados Conos Imhoff, en este proceso los sólidos suspendidos se van aglomerando de tal modo que se formas flóculos que al ir creciendo adquieren mayor volumen y por consiguiente mayor peso, hasta caer libremente a través del líquido por medio de la fuerza gravitacional, el lodo sedimentado se extrae mediante carga hidráulica y se deposita en lechos de secado; como tercer paso del tratamiento, continúa el proceso de aeración, que consiste en oxidar la materia biodegradable, por lo que se dice que se está sometiendo a un proceso de “lodos activados”, llamado así porque se forman en los tanques de aeración pequeños grumos que contienen materia orgánica muerta, bacterias saprófitas que se alimentan de esta última materia, utilizando al mismo tiempo las pequeñas burbujas de aire de donde obtienen el oxígeno para su metabolismo; el cuarto paso del tren de tratamiento se refiere al clarificador secundario por gravedad o sedimentador secundario, en esta parte se sigue desarrollando la actividad bacteriana y se distingue por la transición suave entre las velocidades altas de entrada y la velocidad uniforme que requiere la zona de asentamiento, que debe controlarse cuidadosamente para evitar turbulencias y arrastres principalmente, así mismo, en esta parte se cuenta con una zona de lodos en donde se depositan y se comprimen de manera natural, para que por medios mecánicos se extraiga el lodo producido sin afectar las velocidades bajas que se requieren en este proceso. Una vez que se tiene el efluente del sedimentador secundario se aplica la desinfección, que consiste en aplicar gas cloro en la entrada de la estructura conocida como tanque de contacto de cloro, la cual fue diseñada con un tiempo de retención para que actúe el desinfectante y se tenga en la descarga del rebombeo un residual para seguir actuando, esta actividad se lleva a cabo por la calidad bacteriológica que solicitan las condiciones particulares de descarga del título de concesión y permiso de descarga.

Por lo que toca al módulo de tratamiento de Lagunas de Oxidación localizado en la PTAR No. 1, este está parcialmente fuera de servicio, ya que se utiliza este tratamiento exclusivamente para el agua excedente, que ya no puede ser ingresada a la planta de lodos activados, dándole un tiempo de retención para la clarificación del agua y posterior cloración.

Este proceso de tratamiento consiste básicamente en una secuencia de un sistema lagunar constituido por estructuras simples para embalsar agua, que tienen profundidades y tiempos de retención variables. En las lagunas se lleva a cabo un proceso de autodepuración ó estabilización natural, en la que ocurren fenómenos de tipo físico-químicos y biológicos.

Respecto a la producción de lodos se tiene que en los sistemas lagunares, como es el caso de la PTAR de Reynosa, al igual que en todos los sistemas de tratamiento, hay una producción de lodos, con la ventaja de que está producción es relativamente menor que la que se produce en otros sistemas como es el caso del sistema de lodos activados. Pero además se tiene una ventaja adicional, que se obtiene al depositarse los lodos en el fondo de las lagunas, ya que esto hace que estos lodos generen con el tiempo un sustrato anaerobio que asimila a su vez los lodos que se van generando, es decir, este sustrato activa un proceso paralelo de destrucción de lodos que reduce significativamente la tasa neta de producción de lodos residuales. No obstante, resulta importante tener en cuenta que siempre esta tasa de producción va a ser positiva, por lo que se requiere que como parte del mantenimiento de la PTAR, a un cierto tiempo se retiren estos lodos del fondo de las lagunas.

En la siguiente figura se presenta el arreglo funcional de la PTAR No. 1 con sus dos módulos o procesos: lagunas de oxidación, actualmente fuera de servicio y lodos activados que tienen una capacidad de 1,000 L/s

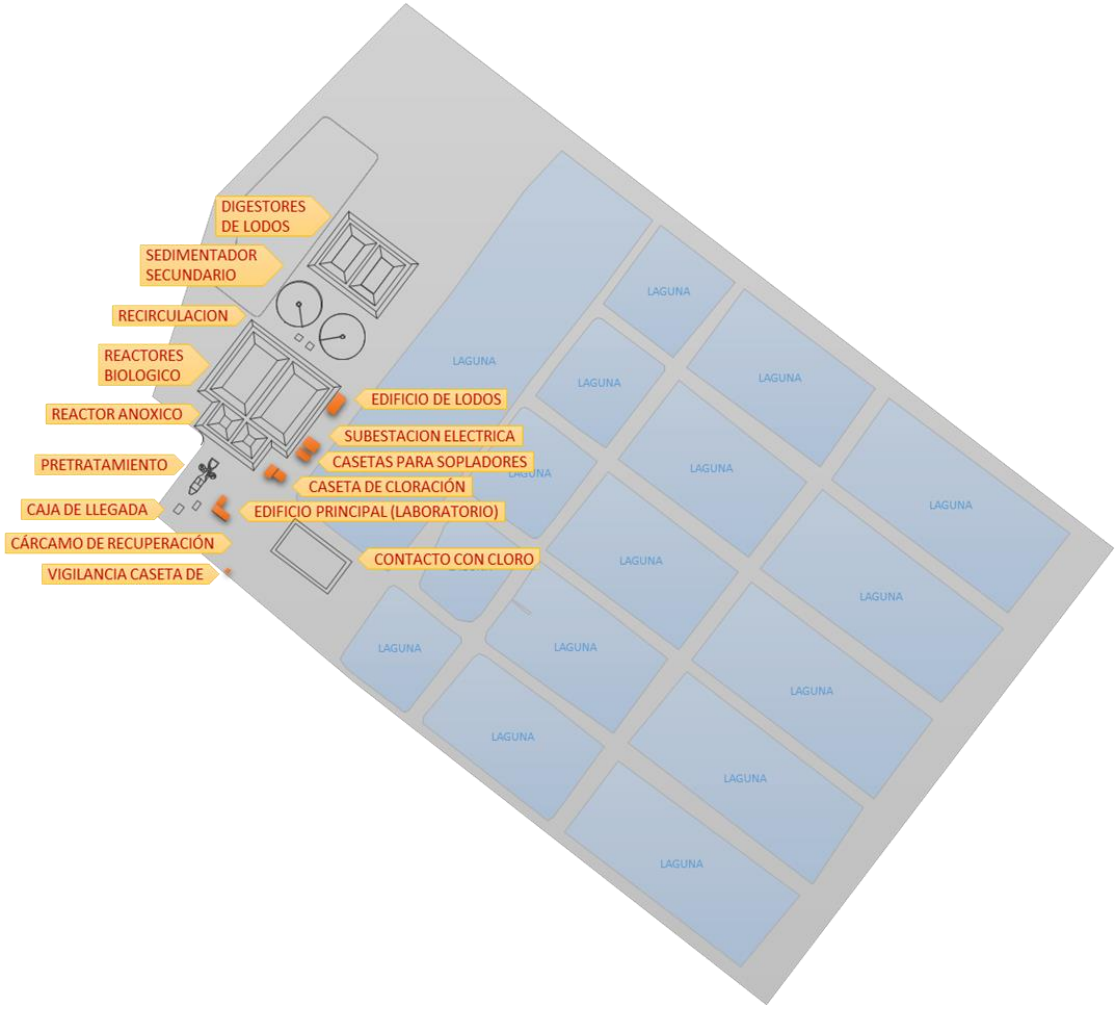


Figura 249. Arreglo funcional de la PTAR #1 (Módulo de lagunas y módulo de Lodos Activados)

PTAR No. 2

Esta planta tiene un tren de tratamiento a base de filtros percoladores, que es un sistema de tratamiento biológico de aguas residuales con la biomasa adherida en un medio fijo, que en su forma más general este medio fijo lo constituye un lecho de piedras empacadas, en las que se adhiere y se desarrollan los micro-organismos que intervienen en el proceso de oxidación de la materia orgánica en presencia de aire. En estas unidades, el agua residual usualmente después del tratamiento químico, es rociada sobre el lecho filtrante y percola a través de él para ser recolectada en el fondo.

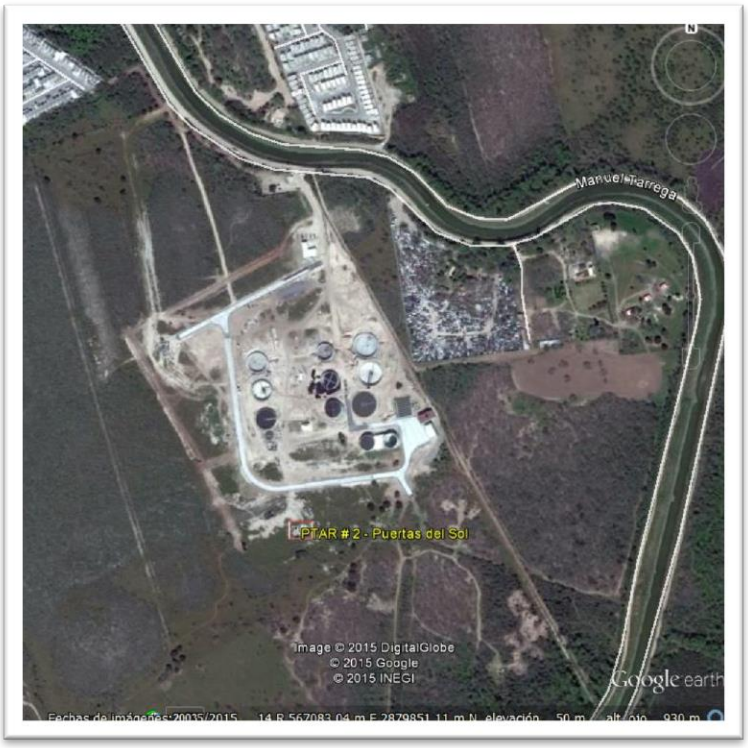


Figura 250. Localización de la PTAR No.2

Al paso de las aguas residuales por el medio filtrante, en las piedras se forma una película bacteriana que aprovecha la materia orgánica contenida en las aguas residuales como alimento al entrar en contacto con ellas. Al crecer esta película bacteriana, los microorganismos se ven limitados en la cantidad de alimento que reciben y eventualmente mueren, siendo arrastrados por el flujo de las aguas residuales. Debido a lo anterior es necesario contar con sedimentadores secundarios después de los filtros, con el objetivo de retener, antes de la descarga del sistema, los sólidos arrastrados del proceso.

En algunos casos y con el objeto de proporcionar tratamiento adicional a las aguas y/o mantener húmedo el medio filtrante, es común la recirculación del efluente del sedimentador secundario al filtro rociador o el agua del efluente del propio filtro.

Avances recientes en tecnología de materiales, han permitido sustituir el medio filtrante convencional (piedras) por elementos plásticos, cuyo peso y diseño permiten incrementar la profundidad del filtro hasta 6 o 7 metros, reduciendo considerablemente el área requerida para su implementación.

Los filtros percoladores son el sistema biológico más sencillo de operar, ya que con una observación adecuada de las características del influente, con el objeto de evitar mediante recirculación, cargas choque en el medio filtrante, se puede garantizar una eficiencia confiable del sistema.

Los filtros percoladores son eficientes para la remoción de materia orgánica de las aguas residuales, aunque la calidad del efluente obtenido en este proceso no es tan alta como la obtenida con el proceso de lodos activados de la PTAR No. 1, además de que la remoción de otros contaminantes como metales pesados e inorgánicos es menor

En la siguiente figura se presenta el arreglo de conjunto que tiene la PTAR No. 2 de la ciudad de Reynosa, Tamps.

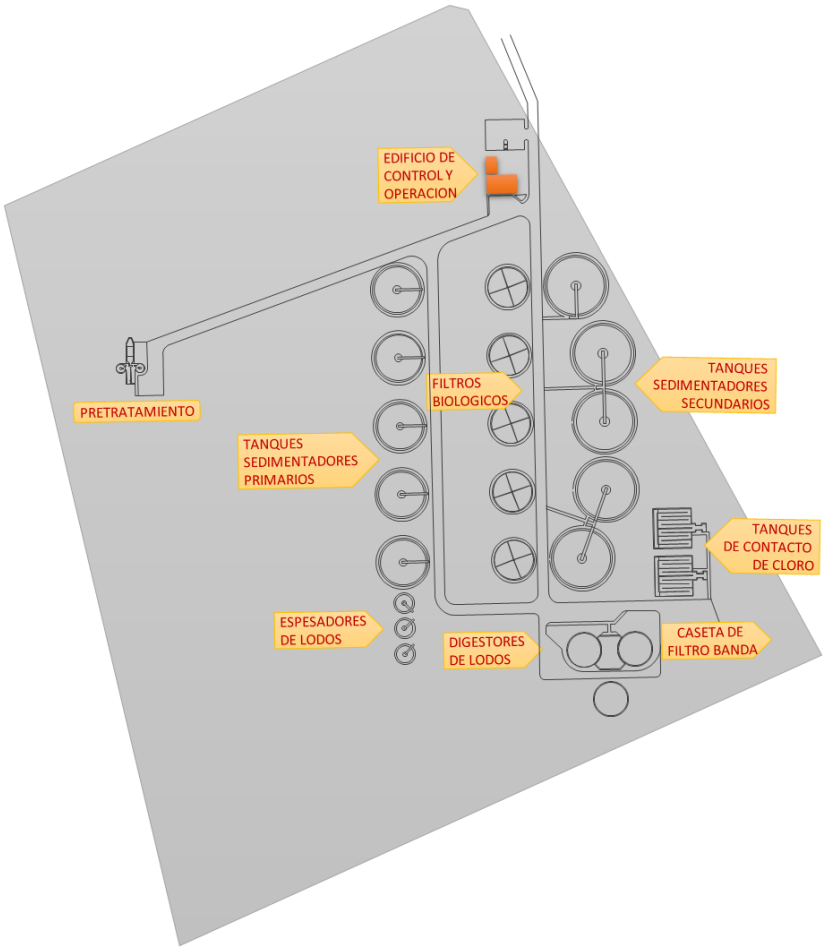


Figura 251. Arreglo funcional de la PTAR #2

Por lo que respecta al volumen autorizado para descargar a cuerpos receptores propiedad de la nación, así como a la calidad del agua tratada que sale del efluente de las PTAR's, la COMAPA cuenta con un título de Asignación y permiso de descarga No. 06TAM100226/24HAOC08 emitido el 14 de octubre de 2004 por un plazo de 10 años, para descargar aguas residuales por un volumen de 38,316,240 m^3 anuales (1,215 L/s) en dos descarga hacia los cuerpos receptores del dren el Anhelo (22,548,240 m^3/año) y el dren Santa Anita (15,768,000 m^3/año).

Tabla 164. Título de Asignación y permiso de descarga NO. O6TAM100226/24HAOC08

No.	Volumen de la descarga (m^3/año)	Cuerpo Receptor	Tipo de descarga	Latitud	Longitud
1	22,548,240	Dren del Anhelo	Servicio urbano municipal	26°01´52.9´´	098°10´53.2´´
2	15,768,000	Dren Santa Anita	Público urbano	26°01´47.3´´	098°19´41.6´´

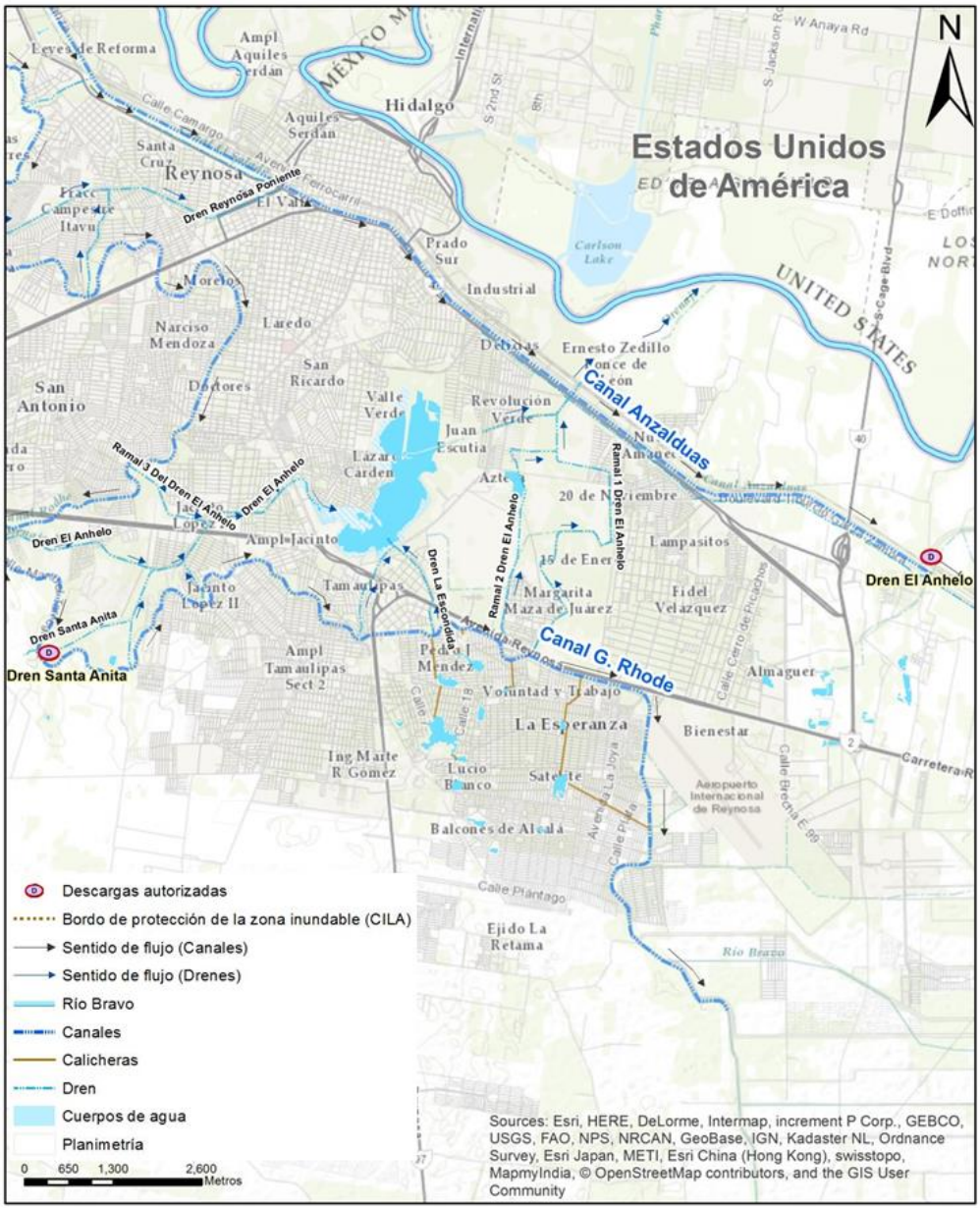


Figura 252. Localización de descargas autorizadas por la CONAGUA en Reynosa



Figura 253. Localización de las descargas autorizadas

En cuanto a la calidad del agua que se autoriza descargar, en la siguiente tabla se presenta las condiciones particulares de descarga fijadas en el mencionado permiso otorgado por la CONAGUA.

Tabla 165. Condiciones particulares de descarga a las que se debe ajustar el permiso

Parámetro	CPD Promedio Mensual	
	Dren del Anhelo	Dren Sta. Anita
Arsénico total (mg/L)	0.1	0.1
Cadmio (mg/L)	0.1	0.1
Cianuro total (mg/L)	1.0	1.0
Cobre total (mg/L)	4.0	4.0
Coliformes fecales (NMP/100 mL)	1000	1000
Cromo total (mg/L)	0.5	0.5
DBO5 (mg/L)	75	75
Grasas y aceites (mg/L)	15	15
Huevos de helminton (org/L)		5

Parámetro	CPD Promedio Mensual	
	Dren del Anhelo	Dren Sta. Anita
Materia flotante (Malla de 3 mm2)	Ausente	Ausente
Mercurio total (mg/L)	0.005	0.005
Níquel total (mg/L)	2.0	2.0
Plomo total (mg/L)	0.2	0.2
SST (mg/L)	75	75
Solidos sedimentables (mg/L)	1.0	1.0
Temperatura (°C)	40	40
Zinc total (mg/L)	10	10

Por otro lado, de acuerdo a la clasificación establecida en la Ley Federal de Derechos en su Artículo 278-A que señala que los cuerpos de propiedad nacional, receptores de las descargas de aguas residuales se clasifican en A, B y C; los dos cuerpos receptores autorizados por la CONAGUA para descargar las aguas de Reynosa están considerados como cuerpos receptores tipo "B", por lo que deben cumplir con las condiciones particulares de descarga (CPD) establecidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, en su tabla 2 " Límites máximos permisibles para contaminantes básicos" para cuerpos tipo B. En las siguientes tablas se presentan los límites máximos permisibles establecidos tanto en el título de asignación como en la NOM -001 para los sitios de descarga autorizados por la CONAGUA.

Tabla 166. Límites máximos permisibles para contaminantes básicos según NOM -001 – ECOL - 1996

PARÁMETROS	RÍOS					
(miligramos por litro, excepto cuando se especifique)	Uso en riego agrícola (A)		Uso público urbano (B)		Protección de vida acuática (C)	
	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D
Temperatura ^{o}C (1)	N.A	N.A	**40**	40	40	40
Grasas y Aceites (2)	15	25	**15**	25	15	25
Materia Flotante (3)	Ausente	Ausente	**Ausente**	Ausente	Ausente	Ausente
Sólidos Sedimentables (mL/L)	1	2	**1**	2	1	2
Sólidos Suspendidos Totales	150	200	**75**	125	40	60
Demanda Bioquímica de $Oxígeno_5$	150	200	**75**	150	30	60
Nitrógeno Total	40	60	**40**	60	15	25
Fósforo Total	20	30	**20**	30	5	10

Tabla 167. Límites máximos permisibles para metales pesados según NOM -001 – ECOL - 1996

PARÁMETROS	RÍOS					
(miligramos por litro)	Uso en riego agrícola (A)		Uso público urbano (B)		Protección de vida acuática (C)	
	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D
Arsénico	0.2	0.4	**0.1**	0.2	0.1	0.2
Cadmio	0.2	0.4	**0.1**	0.2	0.1	0.2
Cianuros	1.0	3.0	**1.0**	2.0	1.0	2.0
Cobre	4.0	6.0	**4.0**	6.0	4.0	6.0
Cromo	1	1.5	**0.5**	1.0	0.5	1.0
Mercurio	0.01	0.02	**0.005**	0.01	0.005	0.01
Níquel	2	4	**2**	4	2	4
Plomo	0.5	1	**0.2**	0.4	0.2	0.4
Zinc	10	20	**10**	20	10	20

De acuerdo con la información que la COMAPA proporcionó respecto a la calidad del agua del efluente de las PTARS, se presenta en las siguientes figuras los resultados obtenidos de dichos monitoreos realizados durante el 2014, comparándolos con el límite máximo permisible de la NOM para cuerpos receptores tipo "B".

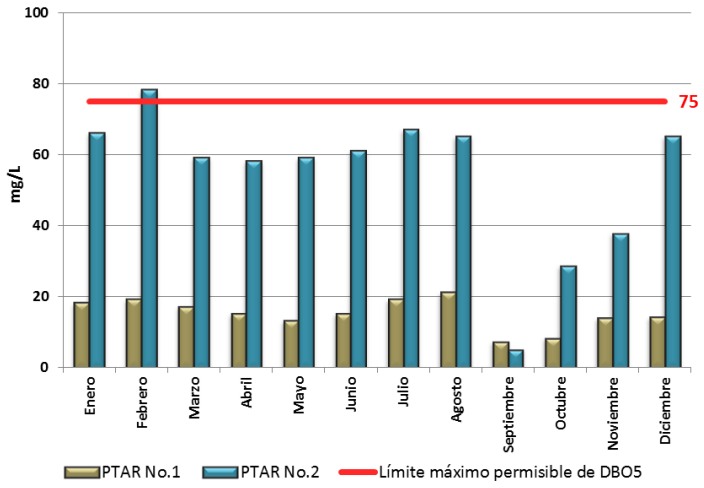


Figura 254. DBO_5 total del efluente en las PTARS, durante el 2014.

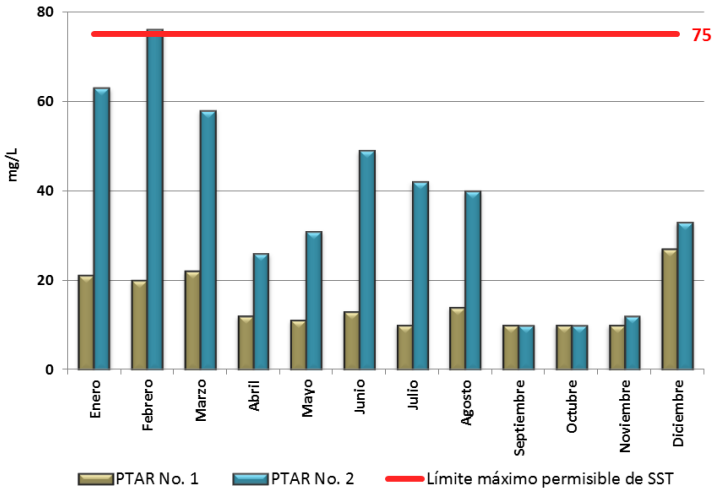


Figura 255. SST total del efluente en las PTARS durante el 2014.

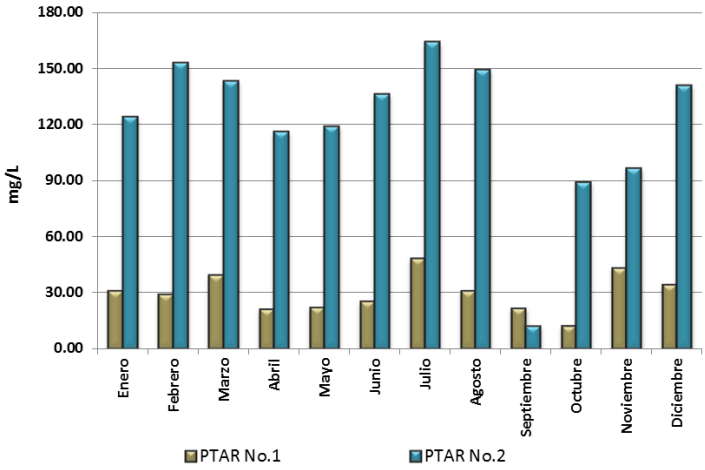


Figura 256. DQO total del efluente en las PTARS durante el 2014

Como puede observarse en las figuras anteriores, de acuerdo con los resultados que la COMAPA proporcionó respecto a la calidad del agua que sale de las PTARS, cumplen con los límites permisibles establecidos en la NOM-001.

En cuanto a los cuerpos receptores de las descargas de aguas residuales como bienes de la nación, la CONAGUA a través de la la Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua, tiene una red de monitoreo para evaluar la calidad del agua en algunas regiones del país. La evaluación de la calidad del agua se lleva a cabo utilizando tres indicadores, la Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco días (DBO5), la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y los Sólidos Suspendidos Totales (SST). El monitoreo de dichos parámetros es muy importante para determinar los niveles de contaminación por aguas residuales tanto domésticas e industriales, así como desechos agrícolas y procesos erosivos en tierras de cultivo y zonas deforestadas.

En el municipio de Reynosa, se realizaron 5 muestreos durante el 2014 en diferentes puntos de gran importancia. En la siguiente figura se presenta la localización de los sitios y en las siguientes tablas se presenta los resultados obtenidos en los muestreos y análisis de laboratorio efectuados.

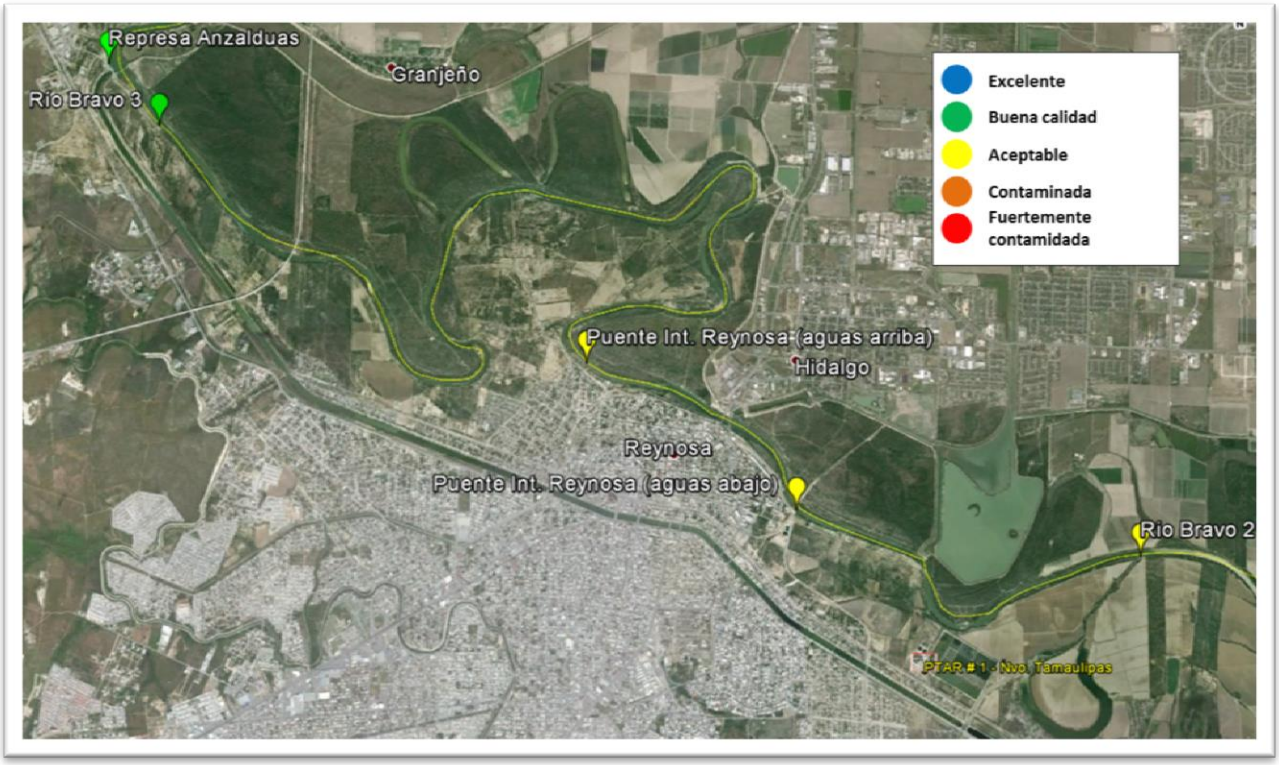


Figura 257. Puntos de monitoreo de la calidad del agua por parte de la Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua de la CONAGUA.

Tabla 168. Resultados del monitoreo de la calidad del agua CONAGUA

No.	Punto de muestreo	DBO	DQO	SST	Coliformes fecales	Toxicidad	Clasificación CONAGUA
1	Represa Anzalduás	3.8	25	20	500	-----	Verde
2	Río Bravo 2	4.8	26.2	45	4600	<1	Amarillo
3	Puente Internacional Reynosa (aguas abajo)	2.4	28.4	53.5	1448	<1	Amarillo
4	Puente Internacional Reynosa (aguas arriba)	2.6	19.8	40	1500	<1	Amarillo
5	Río Bravo 3	3.6	18	30	235	<1	Verde

En las siguientes tablas se presentan las escalas de clasificaciones para cada uno de los parámetros analizados por parte de la Gerencia de calidad del agua de la CONAGUA.

Tabla 169. Escala de clasificación de calidad de agua para DBO5

Criterio (mg/L)	Clasificación		Clasificación CONAGUA
Menor a 3	Excelente	No contaminada	Azul
3-6	Buena calidad	Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable	Verde
6-30	Aceptable	Con indicio de contaminación Aguas superficiales con capacidad de autodepuración o de descargas de aguas residuales tratadas biológicamente	Amarillo

Criterio (mg/L)	Clasificación		Clasificación CONAGUA
30-120	Contaminada	Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas. Principalmente de origen municipal	Naranja
Mayor a 120	Fuertemente contaminada	Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales	Rojo

Tabla 170. Escala de clasificación de calidad de agua para DQO

Criterio (mg/L)	Clasificación		Clasificación CONAGUA
Menor a 10	Excelente	No contaminada	Azul
10-20	Buena calidad	Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable	Verde
20-40	Aceptable	Con indicio de contaminación Aguas superficiales con capacidad de autodepuración o de descargas de aguas residuales tratadas biológicamente	Amarillo
400-200	Contaminada	Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas. Principalmente de origen municipal	Naranja
Mayor a 200	Fuertemente contaminada	Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales	Rojo

Tabla 171. Escala de clasificación de calidad del agua para SST

Criterio (mg/L)	Clasificación		Clasificación CONAGUA
Menor a 25	Excelente	Clase de excepción	Azul
25-75	Buena calidad	Aguas superficiales con bajo contenido de sólidos suspendidos, generalmente condiciones naturales. Favorece la conservación de comunidades acuáticas y el riego agrícola irrestricto	Verde
75-150	Aceptable	Aguas superficiales con indicio de contaminación con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente Condición regular para peces. Riego agrícola restringido	Amarillo
150-400	Contaminada	Aguas superficiales de mala calidad con descargas de aguas residuales cruda. Aguas con alto contenido de material suspendido	Naranja
Mayor a 400	Fuertemente contaminada	Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales con alta carga contaminante. Mala condición para peces	Rojo

Tabla 172. Escala de clasificación de calidad del agua para Coliformes Fecales. (CF)

Criterio (NMP/100 mL)	Clasificación		Clasificación CONAGUA
Menor a 100	Excelente	No contaminada	Azul
100-200	Buena calidad	Aguas superficiales con calidad satisfactoria para la vida acuática y para uso recreativo con contacto primario	Verde
200-1,000	Aceptable	Aguas superficiales con calidad satisfactoria como fuente de abastecimiento de agua potable y riego agrícola	Amarillo
1,000-10,000	Contaminada	Aguas superficiales con contaminación bacteriológica	Naranja

Criterio (NMP/100 mL)	Clasificación		Clasificación CONAGUA
Mayor a 10,000	Fuertemente contaminada	Aguas superficiales con fuerte contaminación bacteriológica	Rojo

Tabla 173. Escala de clasificación de calidad del agua para Toxicidad Agua (TA)

Criterio (UT)	Clasificación		Clasificación CONAGUA
Menor a 1	Excelente	Toxicidad no detectable	Azul
1-1.33	Buena calidad	Toxicidad baja	Verde
1.33-5	Aceptable	Toxicidad moderada	Amarillo
Mayor a 5	Fuertemente contaminada	Toxicidad alta	Rojo

De acuerdo con los resultados de las evaluaciones de calidad del agua para los tres indicadores DBO, DQO Y SST, se determinó que de los 5 monitoreos realizados por la Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua de la CONAGUA en el municipio de Reynosa, 2 se encuentran en condiciones de buena calidad y 3 cuenta con una calidad aceptable, con lo cual se establece que no se presentan contaminantes de aguas residuales que puedas ser perjudiciales para los usuarios consuntivos del agua.

Cobertura de Saneamiento

Como se mencionó con anterioridad, los títulos de concesión y permisos de descarga establecen las CPD que deben cumplir los efluentes de las PTARs, que para el caso que nos ocupa son idénticas a los límites máximos permisibles para descargas de aguas residuales a cuerpos receptores de aguas nacionales tipo B, según la NOM -001 –ECOL - 1996. Siendo estas últimas las que deben de cumplirse.

Comentado lo anterior, se procedió a calcular el índice de tratamiento de las agua residuales (ITRAT), el cual, se define como el volumen de agua que sale de la P.T.A.R y cumple con la NOM-001-SEMARNAT -1996 entre el volumen total producido de aguas residuales, tal y como se muestra en la siguiente fórmula:

$$(\%)\text{ITRAT} = \frac{\text{Volumen de aguas que sale de las PTAR y cumple con la NOM}}{\text{Volumen total producido de aguas residuales}}$$

Es así como se determinó el índice de tratamiento a partir del caudal total aportado o producido actualmente por los **649,807** habitantes de la ciudad de Reynosa (con y sin servicio de alcantarillado), el cual se calculó en **1,806.17 L/s** que representan **56.96 Hm³ al año**; de los cuales solo se tratan según los reportes de la COMAPA 1,143 **L/s**, que representan **36.05 Hm³ al año,** los cuales cumplen con las CPD fijadas en la normatividad vigente.

De esta manera se tiene que la cobertura de saneamiento o índice de tratamiento de las aguas residuales (ITRAT), es del 63.3 **%**.

$$(\%)\ \text{ITRAT} = \frac{\text{Volumen de aguas residuales tratadas}}{\text{Volumen de agua residual producida}} \quad \frac{36.05}{56.96} = 63.3\ \%$$

En cuanto al reúso del agua tratada se tiene que actualmente no se lleva a cabo, descargándose toda el agua tratada a los Drenes mencionados, sin embargo existen algunas posibilidades de comercializar el agua tratada de la siguiente manera:

- El sector agrícola es el que mayor demanda hace del recurso hídrico, una estrategia viable para reducir la cantidad de agua residual depositada en el ambiente, es re-utilizada en el propio sector agrícola, siempre y cuando estas cumplan con parámetros ambientales y sanitarios.

- Aunque el reúso de aguas residuales, especialmente en la agricultura, es un método que contribuye a la gestión del recurso hídrico, se debe tener especial cuidado con el cumplimiento de las directrices y normatividad existentes, con el fin de que no se convierta en un riesgo para la población

Por lo que es necesario realizar un estudio de mercado para la venta del agua tratada, siendo las opciones de reúso las siguientes:

1. El riego de las áreas verdes del Municipio, para recuperar los aprovechamientos de agua de primer uso, para atender la demanda de nuestros usuarios

2. La compactación de tierras para el desarrollo urbano que se presentan en la zona urbana de la ciudad de Reynosa, liberando las aguas de primer uso que se destinan a tal actividad.

3. El intercambio de aguas residuales tratadas de buena calidad, por agua de pozos destinados a riego agrícola, con los mismos beneficios

4. La entrega de aguas residuales a los industriales de Reynosa, y Municipios circunvecinos, que no requieren de agua de primer uso para sus procesos, liberando con ello los volúmenes de agua de primer uso para atención de las demandas de la población

5. La elaboración del concreto, siempre y cuando se les dé un tratamiento adicional para eliminar o reducir el contenido de grasas y aceites, ya que es este parámetro el único que queda fuera de límite, pues podría causar efectos negativos en la adherencia entre el concreto y el acero, así como efectos de retardo en el fraguado.

6. El agua residual tratada deberá utilizarse con muchas reservas para construcciones tales como guarniciones, banquetas, canchas deportivas, instalaciones subterráneas etcétera.

Cualquiera de éstas alternativas de reúso que se lleve a cabo sin duda se traducirá en un impulso al Desarrollo Sustentable, el cual debe tender a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, fundada en medidas apropiadas de preservación del equilibrio ecológico, protección del ambiente y aprovechamiento de recursos naturales sin comprometer la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras.

Para mayor detalle de la información de cobertura, infraestructura y calidad del agua del efluente de las plantas de tratamiento, consultar el anexo 14.

Como ya se mencionó la COMAPA no lleva a cabo la vigilancia de la calidad de las aguas residuales descargadas al sistema municipal por parte de los usuarios no domésticos, entre los cuales se pueden mencionar a las industrias, los comercios y los servicios, a través de un programa de muestreo y control, para dar cumplimiento a la Norma Oficial Mexicana NOM-002-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal. Con la aplicación de dicho programa se estaría en posibilidades de prevenir y controlar la contaminación de las descargas de aguas residuales de industrias, servicios y comercios que vierten a la red de drenaje y alcantarillado municipal, mediante la aplicación de la normatividad establecida para proteger y hacer más eficiente la infraestructura de recolección, conducción y tratamiento a cargo de la COMAPA y coadyuvar al bienestar de la población de Reynosa y en favor de la seguridad de las condiciones de operación de la PTAR.

2.4.4. Sistema Pluvial

2.4.4.1 Documento sobre Instalaciones Existente de Alcantarillado Pluvial

Reynosa se ubica en las subregiones del Bajo Bravo y San Juan, su corriente principal es el Río Bravo que limita al norte con los Estados Unidos , la traza urbana es cruzada por toda una infraestructura hidráulica a cargo del Distrito de Riego 025, constituido por una serie de canales de riego y drenes pluviales. En la siguiente imagen se presenta la ubicación de los mismos:

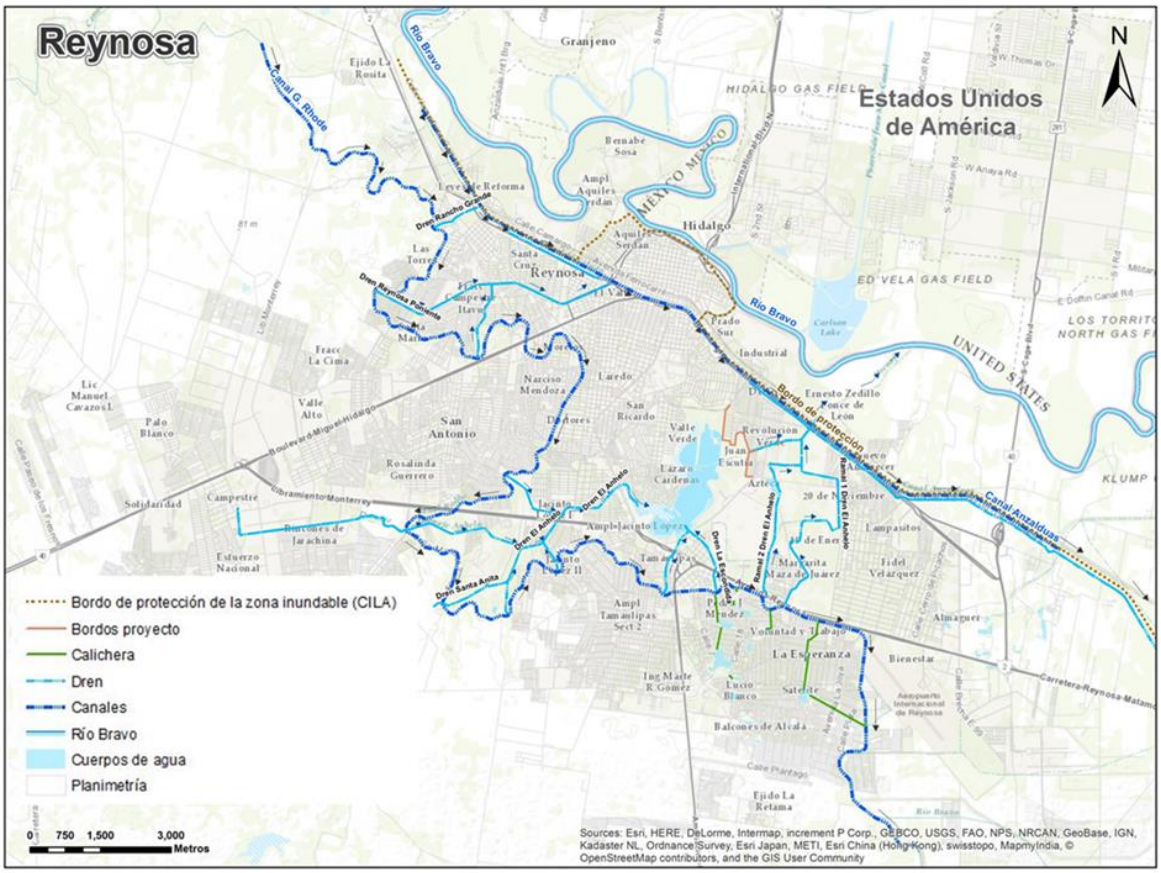


Figura 258. Sistema pluvial en Reynosa

A continuación se describen brevemente los canales y drenes principales que conformar la red para el desalojo de aguas pluviales:

Canal Anzaldúas.- fue construido entre 1964 y 1966, nace en el Río Bravo a la altura de la Presa Anzaldúas en el municipio de Reynosa, recorre un promedio de 150 km antes de desaparecer entre las parcelas del Municipio de Valle Hermoso, abastece de agua para riego a las colonias: Rancho Grande, Riberas de Rancho Grande, Arboledas Country, Virreyes, Ribereña, Ayuntamiento, Del Valle, Vicente Guerrero, Hidalgo, Santa Cruz, Santa Cecilia, Las Torres y Leyes de Reforma

Canal Rodhe.- nace de la Presa Marte R Gómez y que atraviesa las jurisdicciones de los Municipios de Camargo y Díaz Ordaz hasta llegar a la traza urbana de Reynosa. Recorre más de 300 km hasta el municipio de Valle Hermoso y a su paso por Reynosa, deriva una gran cantidad de pequeños canales que antes se usaban para riego agrícola

Dren el Anhelo.- parte del canal Rodhe a la altura de la colonia Jacinto López; gracias al desnivel geográfico que está presente en esa parte de la Ciudad, las aguas corren hacia las partes más bajas a lo largo de este cauce. Este canal fue usado con fines agrícolas, hasta la década de los sesenta cuando empezaron a poblarse las colonias cercanas y cesó la producción de grano. Es uno de los drenes más grandes durante las lluvias suele desbordarse causando inundaciones en colonias.

Dren el Morillo.- dren salinador paralelo al canal Anzaldúas que sirve para desalojar el agua de lluvia de algunos sectores de la Ciudad de Reynosa.

Como parte de la infraestructura para el desalojo de las precipitaciones pluviales, cuenta con una red de calicheras en algunas áreas de la ciudad, las cuales en su momento sirvieron como vasos captadores de agua pluvial para desalojar el caudal hacia las lagunas, pero actualmente se han convertido en focos de infección, ya que se encuentran al 90% de su capacidad provocando que se desborden en temporadas de lluvia afectando varias colonias aledañas.



Figura 259. Calicheras en Reynosa

Estas lagunas hechas por el hombre, sirven ahora como basureros clandestinos, ya que gran parte de los desechos de la población son depositados en esas áreas provocando grandes taponamientos. Debido a la problemática existente en estas áreas la COMAPA está llevando a cabo acciones para poder limpiar y drenar las calicheras, buscando que bajen los niveles de agua y en caso de lluvias fuertes y constantes tengan capacidad para almacenar agua.

Reynosa no cuenta con un sistema de drenaje pluvial, eficiente para desalojar el agua de manera rápida, ya que debido a la acción del ser humano que ha causado modificaciones en los ecosistemas como son: la erosión, degradación de suelos, deforestación, alteraciones en la red de drenaje, así como el mal estado de los principales drenes, impide la rápida evacuación de las aguas pluviales que en paralelo con la topografía plana que representa la ciudad al no existir pendientes pronunciadas y los cambios climáticos que originan una mayor frecuencia de huracanes con lluvias de mayor intensidad ocasionando que los drenes y canales lleguen a toda su capacidad provocando desbordamientos, alterando sustancialmente los cauces naturales que conforman la red hidrológica, originando inundaciones graves y en algunos lugares esto sea un panorama que se presente año tras año, lo que genera un problema severo para la población que habita en estas zonas. En la siguiente imagen se presentan los sitios críticos identificados por la COMAPA por desbordamiento de drenes y canales:

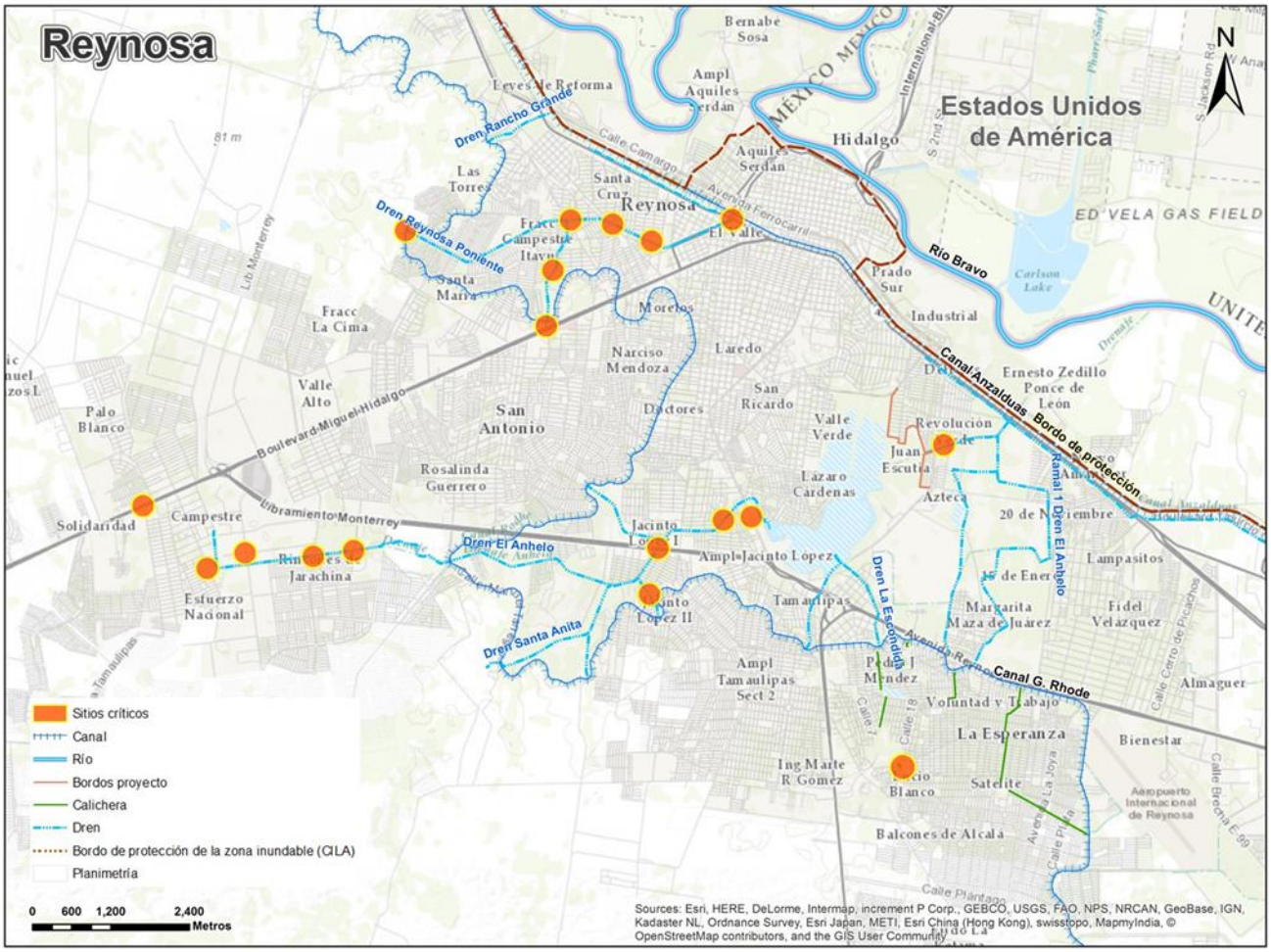


Figura 260. Sitios críticos por desbordamiento de drenes y canales

De acuerdo a la información proporcionada por la COMAPA, cuentan con estructuras emergentes para el desalojo de agua en caso de inundaciones las cuales se encuentran sobre los canales o en áreas identificadas con problemas de inundaciones o encharcamientos, de las cuales se desconoce el status de operación y las condiciones en las que se encuentran dichas estructuras. En la siguiente imagen se presenta la ubicación de dichas estructuras:

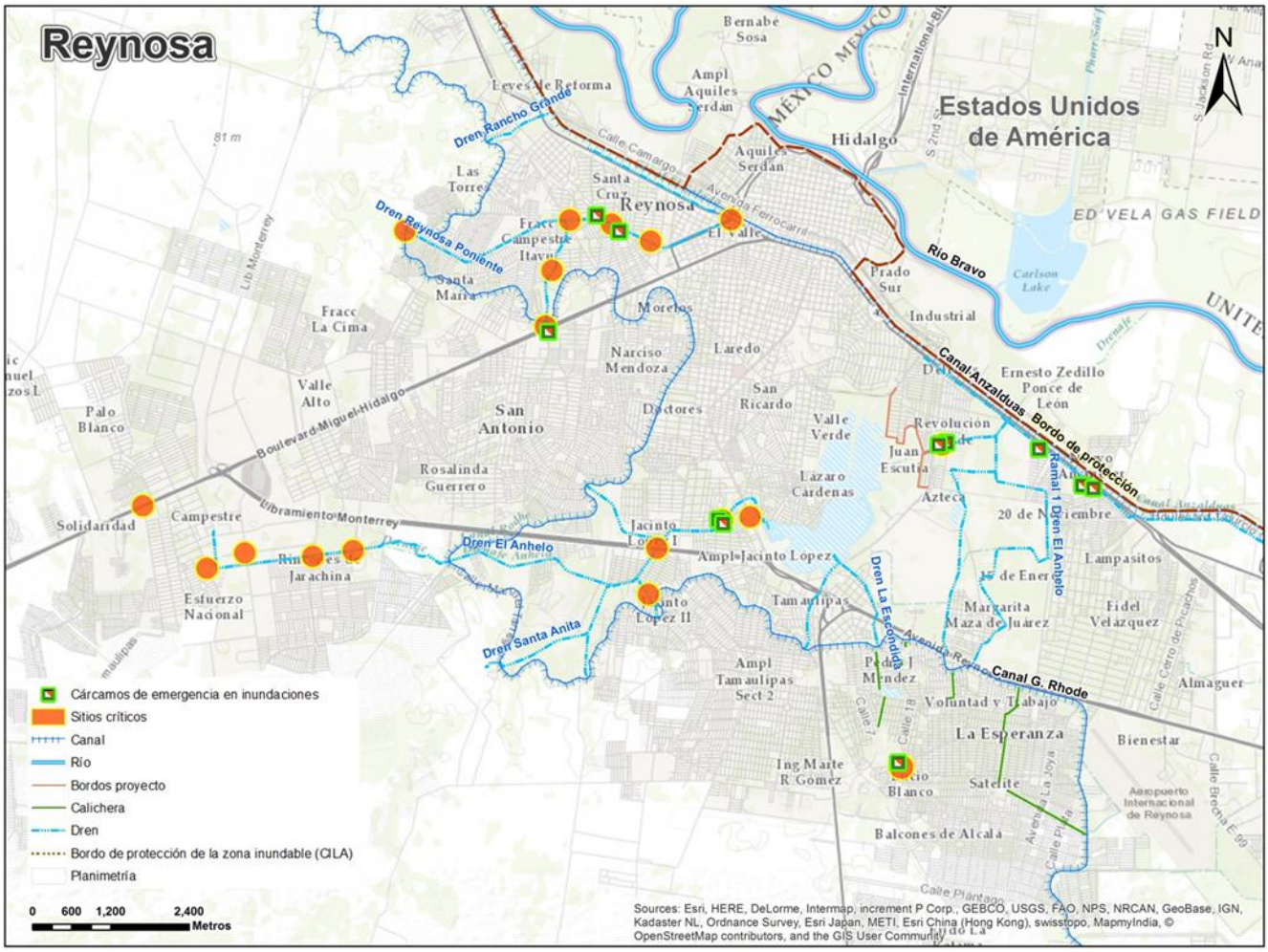


Figura 261. Cárcamos de emergencia utilizados para el desalojo del agua

Los problemas por encharcamientos se hacen presentes en las zonas urbanas donde la ineficiencia por fallo o inexistencia de sistema de alcantarillado pluvial, del mismo modo se produce como consecuencia de las intensas precipitaciones pluviales debido a que el terreno se encuentra en las zonas más bajas provocando saturaciones y el agua de lluvia excedente comience a acumularse por un periodo de tiempo provocando que se incremente el nivel del agua. En la siguiente figura se presentan los puntos críticos inundables por ser zonas deprimidas identificadas por la COMAPA:

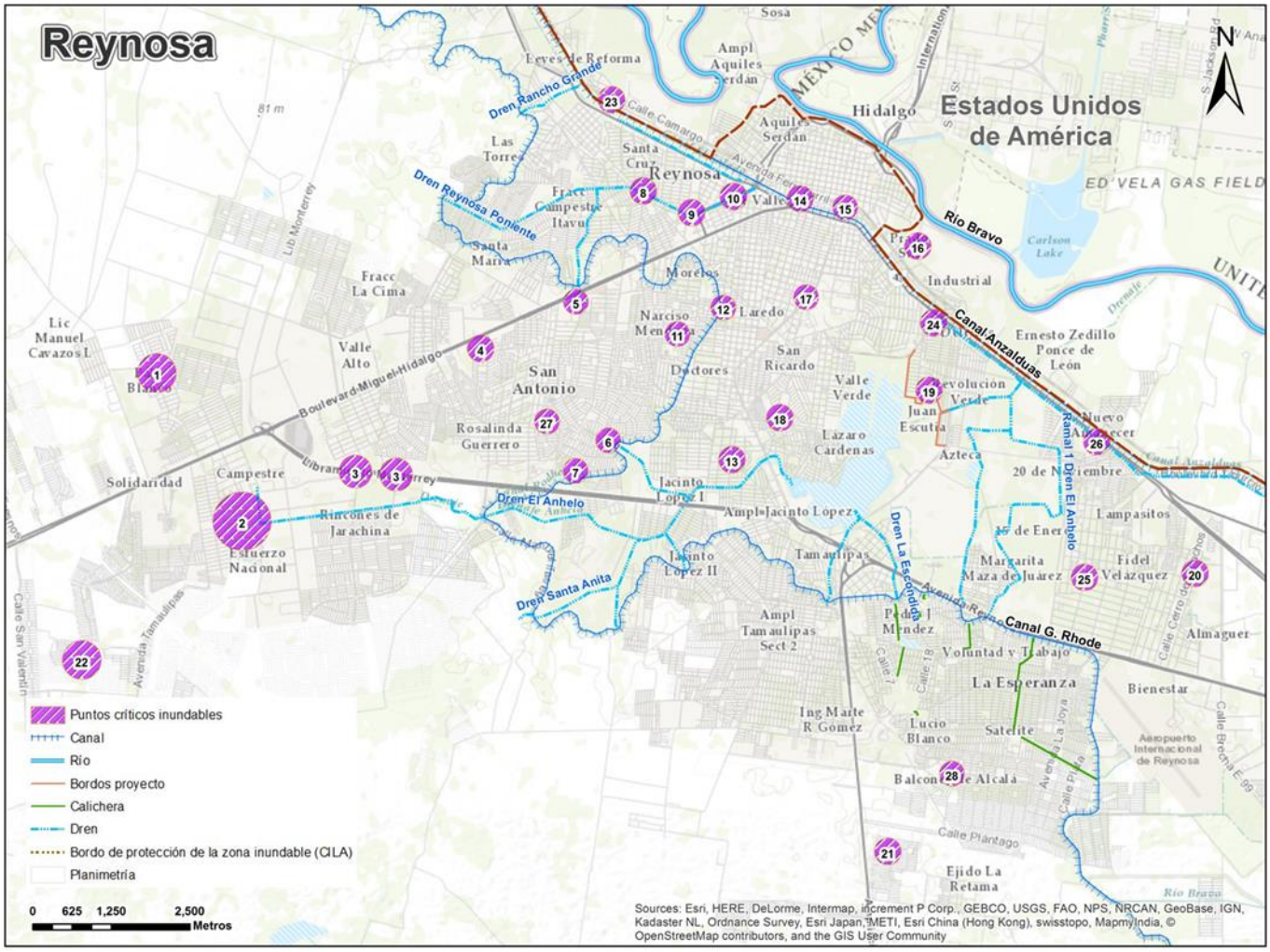


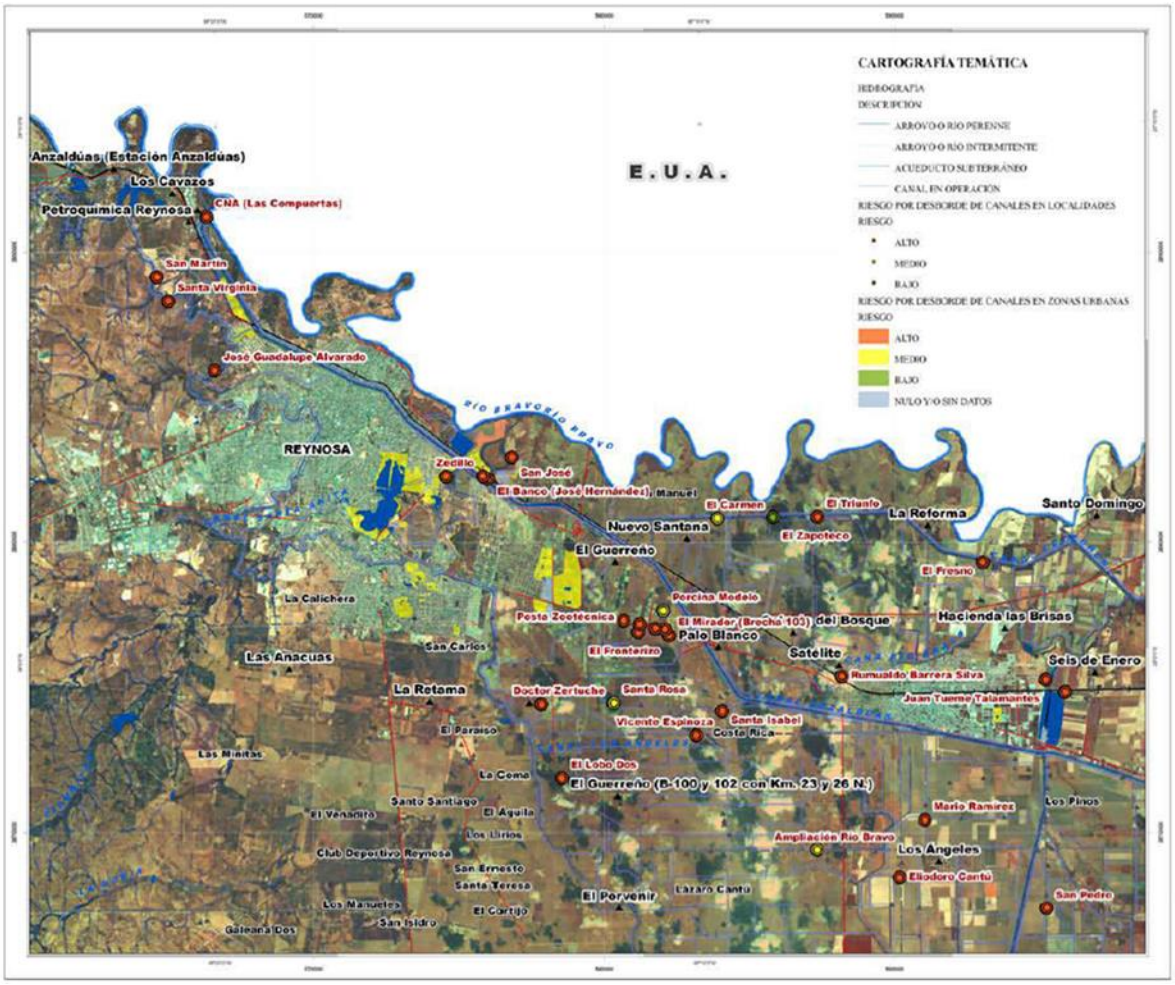
Figura 262. Puntos críticos inundables en zonas deprimidas

En la siguiente tabla se presentan las colonias que la COMAPA tiene identificadas para mitigar los problemas por inundación con respecto al plano anterior:

Tabla 174. Puntos críticos inundables

No	Colonia
1	CETIS 131 Col. Villas del Roble
2	Fraccionamiento Campestre
3	Tecnológico de Reynosa
3	Tecnológico de Reynosa
4	Casa Bella
5	Blvd. Hidalgo y Fuente de Diana
6	Río San Juan y Canal Rodhe
7	Circuito Independencia y Canal Rodhe
8	Riveras de Rancho Grande
9	Soriana Rivereña
10	Col. Ribereña y del Valle
11	Blvd. del Maestro
12	Col. Loma Alta
13	Col. Roma
14	Paso Desnivel 1
15	Paso Desnivel 2
16	Blvd. Oriente
17	Pluvial Guadalajara y Blvd. Morelos
18	Col. El Anhelo y Lázaro Cárdenas
19	Col. Juan Escutia y Ampl. Delicias
20	Almaguer
21	Paseo de las Flores
22	Nuevo México ITAVU
23	Módulo 2000 Rancho Grande
24	Col. Sierra de la Garza
25	Fraccionamiento Reynosa
26	Col. Unidad Obrera
27	Las Fuentes Secc. Lomas (Prol. Sur 3 y Blvd. Independencia)
28	Balcones de Alcalí

De acuerdo a un estudio señalado en el Atlas de Riego, tiene delimitadas las zonas de peligro por desbordamiento de cauces, realizando un análisis con el fin de calcular la vulnerabilidad según el tipo de viviendas de acuerdo a un índice aplicado, lo cual se desprende el costo de las pérdidas totales en caso de inundación por desbordamiento y de esta forma clasificar a las zonas en alto, medio y bajo riesgo:



Fuente: Atlas de Riesgo, Municipio de Reynosa y Río Bravo

Figura 263. Zonas identificadas por desborde de canales

Como se muestra en las imágenes anteriores, una gran cantidad de sectores y calles se ven perjudicadas debido a la desatención por parte de las autoridades y de los organismos operadores de aguas y drenaje, que en paralelo con el crecimiento anárquico propiciado por el fenómeno de la migración de la población del campo a la ciudad y también a la topografía con pendientes bruscas de Reynosa, hace más difíciles los escurrimientos de las precipitaciones pluviales, provocando grandes estancamientos generando caos vial al tránsito vehicular, viviendas dañadas, además de contraer enfermedades hídricas y crear condiciones propicias para la proliferación de mosquitos con el riesgo a brotes.

En un afán de mitigar, reducir y prevenir los efectos del impacto de estos fenómenos hidrometeorológicos La Gerencia de Protección a la Infraestructura y Atención de Emergencias se han implementado una serie de acciones cuya principal finalidad es evitar los asentamientos en sitios considerados como de alto riesgo por inundación, asimismo se han instalado nuevos y sofisticados sistemas de vigilancia y alertamiento ante la presencia de algunos fenómenos hidrometeorológicos, además cuando es necesario se construyen obras de protección para evitar el desbordamiento de ríos y por otra parte ampliando sistemas de monitoreo de niveles de agua en corrientes recurrentes y obras de almacenamiento.

Durante el 2008 La Subdirección general de Infraestructura Hidroagrícola de la CONAGUA realizó un proyecto para el mantenimiento y conservación de los Drenes Reynosa Poniente, Ramal del Dren Reynosa, Dren Rosita, Dren Rancho Grande, Arroyo el Anhelo, Dren Santa Anita y Ramal 1 del Dren el Anhelo, realizando mantenimiento de estructuras y obras de desmontes y desazolve.









No obstante lo anterior, la fuerza e impacto de la naturaleza ha sido tal que en muchos de los casos todos los esfuerzos han sido rebasados, motivo por el cual se tiene un plan de contingencia para atención de emergencias por eventos hidrometeorológicos estableciendo mecanismo de comunicación y coordinación para informar a la sociedad sobre las medidas contundente que deben adoptar para estos casos y las cuales deben enfatizarse como primordiales para salvaguardad su integridad física y la de sus bienes.

Previo a la temporada de lluvias la Comisión Nacional del Agua en cada una de sus Gerencias Regionales y Estatales establece guardias técnicas permanentes con la finalidad de recibir y analizar los boletines que emite el Servicio Meteorológico Nacional, mediante los cuales se da seguimiento a los fenómenos meteorológicos en sus fase I, II y III, mismos que se envían a las dependencias involucradas en resguardar la seguridad e integridad física de la población con las recomendaciones pertinentes, según la fuerza y cercanía del fenómeno hidrometeorológico con el Territorio Nacional y que pudiera representar peligro a algún centro poblacional, a la infraestructura y zonas productivas.

Año con año, la Comisión Nacional del Agua a través de sus Gerencias Regionales y Estatales emite oficios a cada una de las Direcciones Estatales de Protección Civil y Presidencias Municipales para estar atentos con el inicio de la Temporada de Ciclones Tropicales, indicando las fechas de inicio y terminación de cada

temporada, del mismo modo se establecen las recomendaciones pertinentes para realizar la limpieza y desazolve de puentes y alcantarillas, exhortándole a que retire todos los obstáculos que impidan el libre escurrimiento de las corrientes.

De acuerdo al Plan operativo de la Ciudad de Reynosa, para atender inundaciones por fenómenos hidrometeorológicos tiene identificadas obras para mitigar los efectos que ocasionan las lluvias recurrentes mencionadas a continuación:

Dren Reynosa poniente o "Dren Mujeres"

- Reposición de losas de concreto del puente sobre la intersección del Dren Reynosa poniente y Canal Anzaldúas, a la altura de las Colonias Del Valle y Ribereña.
- Demolición y construcción de puente vehicular sobre la Colonia Vicente Guerrero, para dejar libre el cauce del Dren Mujeres en su cruce con la calle Cuauhtémoc.
- Demolición y construcción de puente vehicular en la calle Prolongación Praxédis Balboa, para dejar libre la sección del Dren, dándole mayor capacidad hidráulica.
- Remoción y retiro de tubería de concreto y construcción de puente vehicular en la Colonia Ribereña del Bosque con su cruce con la calle Las Torres Poniente (cruce en las torres de alta tensión).
- Limpieza de la Alcantarilla sifón entre la intersección del Dren Reynosa Poniente y el Canal Rodhe y reforzamiento de bordo, margen derecha del canal Rodhe en un tramo de 100 m. en la colonia Hacienda Las Fuentes sección II.
- Demolición de puente existente sobre la calle Miguel Barragán y construcción de puente vehicular que comunica a las colonias Villas del Roble ampliación y la colonia Campestre Itavu, aumentar la capacidad hidráulica del dren.
- Mantener libre de basura y maleza la intersección de la estructura de Sifón, en el desagüe de las colonias, Las Fuentes y Las Fuentes Sección Lázaro Cárdenas y el canal Rodhe, cuenta con una compuerta en el canal Rodhe con el Ramal Vista Hermosa el cual deben permanecer abierta en temporada de lluvias y el resto del tiempo cerrada.
- Construcción de estructuras de control de drenaje pluvial tipo charnela, en los drenajes de las colonias colindantes con este dren.
- Desazolve en toda la longitud del ramal 1 del Dren Reynosa Poniente, desde la confluencia con el canal Rodhe con una frecuencia de cuatro años.
- Reforzamiento de 4.0 km de bordo en el tramo de la calle Dr José Zertuche hasta la calle Benemérito de las Américas.
- Desazolve de 2.0 km de dren en los tramos, de la calle Dr. José Zertuche hasta la calle Benemérito de las Américas, con una frecuencia de dos años.
- Limpia y deshierbe de 3.4 km de dren Reynosa en el tramo desde la calle Benemérito de las Américas y la confluencia del dren con el canal Rodhe.

Arroyo el Anhelo

- Acceso vial de la carretera Monterrey-Reynosa, sitio crítico, considerado como de alto riesgo por inundación, durante la temporada de lluvias se debe mantener un dispositivo de vigilancia y

monitoreo en este sector, colocar señalamientos tipo semáforo que condicionen el tráfico vehicular y peatonal; evaluar la posibilidad de construir una obra de protección en el sitio donde actualmente se construye un hospital.

- Sitio crítico con inundación severa, calle Silao, colonia Privada Campestre y Campestre II, colocar señalamientos preventivos que condicionen el tráfico vehicular y peatonal
- En temporada de lluvias mantener un dispositivo de vigilancia y monitoreo de los niveles de inundación en este sitio considerado crítico y de alto riesgo por inundación, colocar señalamientos tipo semáforo que condicionen el tráfico vehicular y peatonal dentro de la zona industrial.
- En temporada de lluvias mantener un dispositivo de vigilancia y monitoreo de los niveles de inundación en este sitio considerado crítico y de alto riesgo por inundación, colocar señalamientos tipo semáforo que condicionen el tráfico vehicular y peatonal en las colonias: Lomas de Sinaí, Lomas del Real de Jarachinas Sur, Tecnológico y Jarachinas Sur, mantener limpia de maleza y basura la estructura de drenaje pluvial que permita el libre flujo del agua de lluvia.
- En temporada de lluvias mantener un dispositivo de vigilancia y monitoreo de los niveles de inundación en este sitio considerado crítico y de alto riesgo por inundación, colocar señalamientos tipo semáforo que condicionen el tráfico vehicular y peatonal en las colonias: Lomas del Real de Jarachinas Sur, mantener limpia de maleza y basura la estructura de drenaje pluvial que permita el libre flujo del agua de lluvia.

Dren el Anhelo

- Mantener limpia de maleza, basura y azolves la alcantarilla ubicada en el cruce del libramiento Monterrey-Matamoros.
- Demolición de cruce vehicular del ramal del dren Anhelo que comunica las colonias Jacinto López II y Jacinto López Sur
- Modificación de las estructuras de desfogue de drenaje pluvial de las colonias que descargan al dren Anhelo, modificarlas a tipo charnela y/o en su caso construir cárcamos de bombeo equipados para desfogar las aguas de lluvia de las colonias: Presa la Laguna, Presa la Laguna Ampliación, Burocrática y Roma burocrática.
- Mantener vigilancia en este sitio crítico por considerarlo de alto riesgo por inundación, colocar señalamientos tipo semáforo que condicionen el tráfico vehicular y peatonal, vigilar los establecimientos comerciales afectados que deberán tener implementado un plan de contingencias de evacuación.
- Rehabilitación de la margen izquierda del bordo del Dren El Anhelo desde el libramiento poniente hasta su cruce con Boulevard Colosio.
- Limpia y deshierbe de 3.0 km. del en los tramos libramiento poniente hasta su cruce con Boulevard Colosio y del libramiento Monterrey-Reynosa hasta el Boulevard Morelos.
- Construcción y equipamiento de dos cárcamos de bombeo en la colindancia del Dren Anhelo y la Colonia Ernesto Zedillo.
- Reforzamiento de bordos del Dren el Anhelo en ambos márgenes desde el km 10+000 hasta el km 13+500.
- Desazolve en una longitud de 10.7 km del Dren el Anhelo con una frecuencia de cuatro años.

Laguna Escondida.

- Construcción de bordo de Protección sobre los límites de la colindancia de la laguna con las colonias: La Azteca, Juan Escutia y Revolución Verde.
- Construcción de estructuras de control entre la laguna Escondida y el Dren El Anhelo.
- Con el propósito de aumentar la capacidad de desfogue del dren El Anhelo se sugiere ampliar la capacidad hidráulica del dren, en el tramo del libramiento Oriente hasta el Boulevard Colosio, lo que implica considerar ampliar también la capacidad del puente sobre el dren.

Área de calicheras

- Aun y cuando a últimas fechas este sector no ha representado un problema por inundación, derivado de la instalación y buen funcionamiento de toda la infraestructura de drenaje pluvial instalado en cada calichera, se considera de suma importancia mantener libre de obstáculos , basura y maleza el sistema de drenaje ya instalado, lo cual nos da garantía de que los niveles de inundación en calicheras permanezcan bajos, dando más capacidad de regulación de agua de lluvia a cada calichera; no debemos pasar por alto que esta zona está considerada como de inundación tipo moderada.

Dren el Morillo.

- Con respecto al tipo de inundación en las colonias Unidad Obrera y Nuevo Amanecer cabe mencionar la importancia de mantener un condiciones óptimas de operación el Cárcamo N° 10 que da servicio a estas colonias, por ser muy recurrente el desbordamiento de las alcantarillas del drenaje sanitario en estas colonias.
- Mantener coordinación con el personal técnico del Distrito de Riego 026 Bajo Río San Juan para la operación de compuertas del dren para mantenerlo en niveles bajos cuando se presenten lluvias en este sector, y estar en posibilidad de abrir las escotaduras que regularmente se hacen para desfogar el agua de lluvia de estas colonias por gravedad; de igual forma estar muy pendientes de que una vez realizado lo anterior cubrir nuevamente estas escotaduras para permitir la operación normal del dren morillo.

Río Bravo

En caso de presentarse una avenida de consideración en el cauce del río es necesario poner especial cuidado al ejido Los Longorias.

Para mayor detalle de la información de pluvial y control de avenidas consultar el anexo 13.

2.5. Programa de O&M del Organismo Operador

Por lo que se refiere al mantenimiento preventivo y correctivo que la COMAPA proporciona a los diferentes componentes de cada una de sus instalaciones tanto de agua potable como de alcantarillado y saneamiento, señalaremos que ejecutan acciones y obras encaminadas a resolver los problemas que se van presentando por el deterioro y desgaste de partes o unidades completas que vulneran los sistemas, sin que estas sean siempre en tiempo y forma, es decir, que la COMAPA no cuenta con los recursos económicos, materiales y en ocasiones técnicos, suficientes para atender con oportunidad y eficacia las necesidades propias de una situación desfavorable, así como tampoco para tener programado sistemáticamente el mantenimiento de los activos de la empresa.

A continuación se presenta la relación de obras y acciones que la COMAPA ejecutó durante el 2013 y 2014 como parte del mantenimiento que se requiere para operar sus instalaciones con el objeto se seguir brindando el servicio que tienen encomendado.

Tabla 175. Mantenimiento al sistema de distribución del agua

Concepto	2013	2014
Fugas de agua	4,018	5,773
Faltas de agua	3,091	4,711
Otros (poca presión, cambio material de toma, limpieza de línea)	1,321	2,186
Suma	**8,430**	**12,670**

Tabla 176. Mantenimiento al sistema de drenaje

Concepto	2013	2014
Fugas de aguas residuales	2,261	2,970
Otros (drenaje tapado, reparación de caído, limpieza de rejilla, limpieza de pozo de visita, reposición de brocal, registro tapado, sondeo de línea)	4,243	5,461
Suma	**6,504**	**8,431**

Tabla 177. Obras de mantenimiento de agua potable

Actividad y/o mantenimiento realizado	2013	2014
Reparaciones de equipos	82	58

Tabla 178. Mantenimiento realizado en las Plantas Potabilizadoras

No.	Actividad y/o mantenimiento realizado	Periodo de ejecución
1	Rehabilitación del clarificador #3 en planta Pastor Lozano	Nov-Dic 2013
2	Rehabilitación del sistema de floculación del mod. #3 en planta Benito Juárez.	Mar-13
3	Limpieza y desazolve de los módulos de clarificación en planta potab. Rancho Grande.	Jul-14
4	Mantenimiento preventivo de los módulos de clarificación 1, 2,3 en planta potab. Benito Juárez.	May-14
5	Mantenimiento preventivo al sistema de cloración de las plantas potabilizadoras (Pastor Lozano, Rancho Grande y Benito Juárez)	Nov-14
6	Rehabilitación del sistema de válvulas de control neumático en mesas de control, planta Pastor Lozano.	Nov-14
7	Limpieza y desazolve del canal de llamada en la obra de toma del acueducto	Ene-Jul 2013

No.	Actividad y/o mantenimiento realizado	Periodo de ejecución
	Anzaldúas.	Ene-Jul 2014
8	Desazolve de las lagunas de lodos en planta Pastor Lozano, planta Benito Juárez y planta Rancho Grande.	Ene-Jul 2013 Ene-Jul 2014
9	Mantenimiento preventivo de los sistemas de cloración a gas en los distintos pozos de la ciudad.	Feb- Jul 2013 Jul 2013- Feb 2014 Feb –Jun 2014
10	Reposición del medio filtrante en las distintas plantas potabilizadoras, incluye la evaluación del sistema de retro lavado.	Ene- Feb 2015
11	Mantenimiento preventivo a bombas de inyección de polímero Milton Roy.	Ene 2013- Feb 2014

Tabla 179. Obras de mantenimiento en las redes de alcantarillado

Actividad y/o mantenimiento realizado	2013	2014
Reparaciones de equipos	25	52
Desazolves de bombas	123	280
Limpieza de rejillas de retención de sólidos	482	736
Reparación de tableros de control (Arrancadores)	77	160
Reparación de guías de instalación y columnas de descarga	44	100
Reparación de válvulas	29	74

En las siguientes tablas se presenta el inventario de las plantas potabilizadoras de agua, que fue de las únicas instalaciones que la COMAPA proporcionó información al respecto.

Tabla 180. Inventario técnico en la Planta Potabilizadora Pastor Lozano

Ubicación	Área	Equipamiento/ Instalaciones	Unidades	Operando
Planta Potabilizadora "Pastor Lozano"	Obra de toma canal Rodhe-Planta Juárez	Motobombas con motor de 150 hp	4	3
		Rejillas de retención de sólidos	2	2
	Rebombeo Pastor Lozano-Benito Juárez	Motobombas de 125 hp	1	2
	Dosificación química	Clorador marca wallace&tiernall cap. 1500 kg/día incluye maniful, válvulas reguladoras de presión y manómetros	1	1
		Clorador marca wallace&tiernall cap. 1350 kg/día incluye válvulas reguladoras de presión y manómetros	1	1
		Motobomba de 15 hp para ayuda de sistemas de cloración	2	2
		Grua viajera eléctrica de 3 ton.	1	1
		Bomba dosificadora para Milton Roy de 4 GPH	1	1
		Bomba dosificadora de fluidos corrosivos Marco Apolo	1	1
		Cilindros de gas cloro de 907 kg	45	12
		Cilindros de gas cloro de 68 kg	30	8
		Colorimetro Marca Hach	1	1
		Turbidimetro Marca Hach	1	1

Ubicación	Área	Equipamiento/ Instalaciones	Unidades	Operando
	Sistema de Potabilización acelerada	Agitadores- Floculadores con Motores de 1.0 hp	6	2
		Cajas floculadoras	6	6
		Sedimentadores modulares	3	3
	Clarificadores	Rastra compactadora de sólidos	3	3
		Instalación civil	3	3
	Filtros	Bomba de lavado	2	1
		Soplador	2	1
		Válvulas de control de lavado	48	48
		Medio filtrante	12	12
		Compresor Maraca ITSA	2	2
	oficinas	Control estadístico, manuales de procedimiento y de emergencias	1	1
	Laboratorio central	Balanza analítica	1	1
		Autoclave	2	2
		Baño María Milipore	1	1
		Baño María Felisa	1	1
		Bomba de vacío	1	1
		Cuenta colonias	1	1
		Titulación digital	1	1
		Espectrofotometro	1	1
		Estufa de laboratorio marca Felisa	1	1
		Estufa de laboratorio marca bockel	1	1
		ph metro digital	1	1
		incubadora sin marca	1	1
		incubadora marca shel lab	1	1
		incubadora marca cartin	1	1
		microscopio marca iroscope	1	1
		microscopio marca rossbach	1	1
		mufla	1	1
		analizador de cloro marca hach	2	2
		prueba de jarras marca phipps	2	2
		reactor marca hach	1	1
		turbidimetro marca hach 2100 an	1	1
		turbidimetro marca hach 2100p	1	1
		lampara de luz uv marca entela	1	1

Tabla 181. Inventario técnico en la Planta Potabilizadora Benito Juárez

Ubicación	Area	Equipamiento/ Instalaciones	Unidades	Operando
Planta potabilizadora " Benito Juárez"	Floculadores	Agitadores-floculadores con motores de 0.5 hp	3	3
		Agitadores-floculadores con motores de 0.75 hp	2	2
		Agitadores-floculadores con motores de 1.0 hp	7	7
		Instalacion civil	12	12
	Filtros	Instalación civil de filtros a gravedad con medio filtrante	9	9
		Valvulas de operación y lavado	18	18
		Motobomba de ayusa de lavado	3	2
	Dosificación química	Clorador marca wallace & Tiernall cap 1500 kg/día incluye maniful, válvulas reguladoras de presión y manometros	1	1
		Clorador marca wallace & Tiernall cap 1350 kg/día incluye maniful, válvulas reguladoras de presión y manometros	1	1
		Motobomba de ayuda de cloración de 15 hp	2	2
		Bomba dosificadora Milton Roy de 1 gpm	1	1
		Colorimetro marca Hach	1	1
		Turbidimetro marca Hach	1	1
	Bomba a la red	Motobomba 250 hp	6	5
		Motobomba 125 hp	1	1
		Medidor de flujo	2	2
		Motobombas barnes de 50 hp	3	3

Tabla 182. Inventario técnico en la Planta Potabilizadora Rancho Grande

Ubicación	Área	Equipamiento/ Instalaciones	Unidades	Operando
Planta Rancho Grande	Clarificadores	Motobomba WEG de 75 hp	2	2
		Estructura metálica	2	2
		Válvulas de purgado	2	2
	Filtros	Unidades de filtración medio filtrante	6	6
		Motobomba barne de 15 hp	1	1
		Compresor marca industrial	1	1
	Dosificación química	Clorador marca superior cap. 500 PD incluye maniful, válvulas reguladoras de presión	1	1
		Grúa viajera eléctrica de 3 ton	1	1
		Colorímetro marca Hanna	1	1
		Turbidimetro marca Hach	1	1
	Bombeo a la red	Motobomba de 30 hp marca Emerson	3	3
		Motobomba de 25 hp marca WEG.	2	2
		Medidor de flujo marca data industrial	3	3

Es importante mencionar que la COMAPA cuenta con un programa de mantenimiento a sus instalaciones, sobre todo de las plantas potabilizadoras y de las plantas de tratamiento, dejando de lado a las plantas de bombeo de agua potable pero sobre todo las de alcantarillado, a las cuales es nulo el mantenimiento que se les brinda.

Por otro lado, no cuentan con manuales, listas de partes, instructivos de montaje e instalaciones de los componentes, así como instalaciones propias para reparaciones.

Actualización del Plan Maestro de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en Reynosa, Tamaulipas

Capítulo 3

Planeación Técnica de los Sistemas de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento

3. Planeación Técnica de los Sistemas de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento

3.1. Proyección de la Demanda

3.1.1. Proyección de la población

En este apartado se presentan los resultados del análisis para estimar la población de proyecto en el horizonte de planeación (2014–2034) para la población de Reynosa, Tamaulipas.

Con base en lo anterior, se presentan a continuación los registros históricos del comportamiento demográfico que se ha observado en el área de estudio durante las últimas dos décadas (1990–2010), con base en los resultados definitivos de los Censo de Población y Vivienda de INEGI.

En la siguiente tabla se presenta la población contabilizada en los Censos de Población y Vivienda de 1990, 2000 y 2010, así como en los Conteos de Población y Vivienda 1995 y 2005.

Tabla 183. Población histórica para el estado, municipio y localidades atendidas por la COMAPA

Entidad	1990	1995	2000	2005	2010
Ciudad de Reynosa	265,663	320,458	403,718	507,998	589,466

Fuente: Censos y Conteos de Población y Vivienda de INEGI, 1990-2010

En la siguiente figura se presenta el comportamiento que ha tenido en las dos últimas décadas la tasa de crecimiento, definida como la cantidad fraccionaria en la cual el número de individuos en una población aumenta, lo que significa el cambio en la población durante un período de tiempo, expresado en porcentaje.

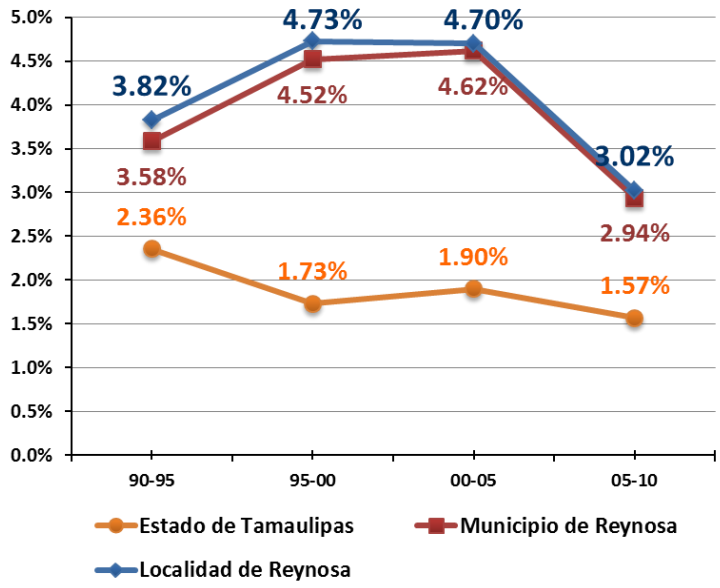


Figura 264. Tasas de crecimiento históricas (anual promedio)

Fuente: Censos y Conteos de Población y Vivienda de INEGI y CONAPO, 1990-2010

Como se observa en la figura anterior, las tasas de crecimiento históricas en el área de estudio son muy similares a las del municipio y superiores a las del estado de Tamaulipas entre 1990 y 2010. Para el último lustro, la tasa de crecimiento de la localidad de Reynosa sufrió una caída que la ubicó aún por arriba de la estatal pero reduciendo el margen que existía y continuando con la similitud con la municipal.

Una vez definida la población actual (649,807 habitantes), se procedió a estimar la población al horizonte de planeación, que para este estudio comprende hasta el año 2034, es decir un periodo de planeación de 20 años.

Para llevar a cabo la predicción de la población se tomaron en cuenta las mismas fuentes consultadas para la determinación de la población actual. A continuación se presenta un comparativo de las diferentes prospecciones efectuadas fuentes de información.

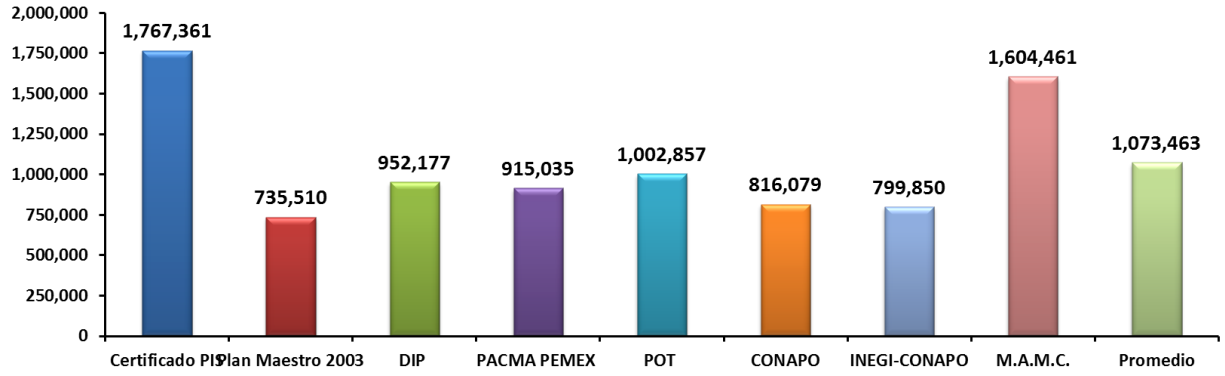


Figura 265. Comparativo de población al horizonte de planeación (2034)

Fuente: INEGI, CONAPO, INEGI, MAMC

En este sentido, se consideró como prospección de la población al horizonte de planeación (2034) la determinada por la CONAPO, la cual se realizó hasta el 2030 y de ahí se conservó la tendencia de las Tasas de Crecimiento para obtener la población al horizonte de planeación de la Actualización del Plan Maestro de Reynosa.

De esta manera se concluye que la población de proyecto para el 2034 es de **816,079 habitantes** con una tasa promedio anual de **1.15%.** A continuación se presentan los datos de población para los diferentes quinquenios del periodo de planeación.

Para mayor detalle de la información de proyección de la población, consultar el anexo 2.

Tabla 184. Proyecciones de población por quinquenios

Localidad	Población					T. C. Promedio Anual
	2015	2020	2025	2030	2034	
Reynosa	660,423	707,935	749,750	788,129	816,079	**1.15%**

Fuente: Elaboración propia de CONAPO

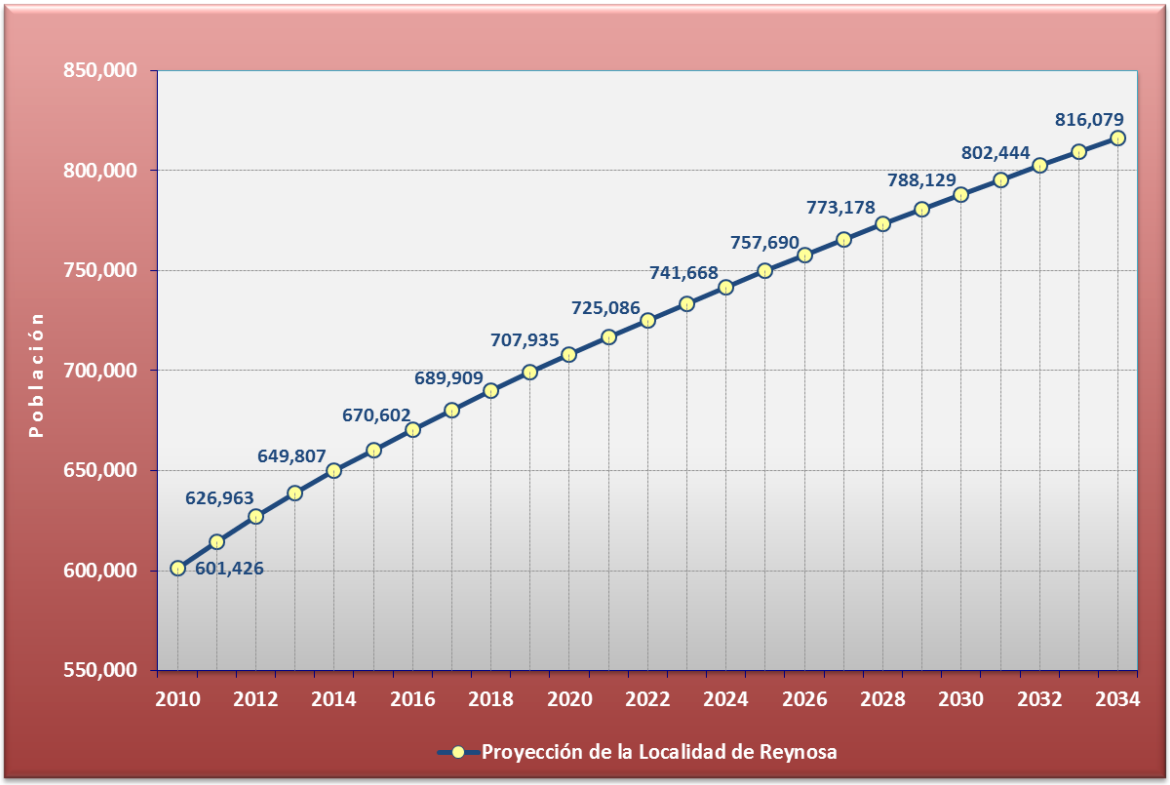


Figura 266. Proyección de población (2014-2034)

3.1.2. Proyección de la demanda

La demanda de agua potable depende fundamentalmente en tres variables, que son:

a) Población demandante de agua potable, con y sin servicio formal de abastecimiento
b) Consumos per-cápita de los diferentes usuarios del servicio y
c) Perdidas físicas en el sistema de distribución

Para estas tres variables, es necesario establecer el posible comportamiento que tendrán durante el horizonte de planeación. A continuación se presenta la prospección de dichas variables.

Prospección de la población

El análisis efectuado para obtener la proyección de la población en el horizonte de planeación (2014–2034) para la población de Reynosa, se presentó en el apartado anterior.

La población al horizonte de planeación se calculó en **816,079 habitantes** con una tasa promedio anual de **1.15%**.

De acuerdo al registro del padrón de usuarios del Organismo Operador correspondiente al 2014, el número de usuarios decreció a una tasa del -0.4%. Para efectos del estudio se consideró para los usuarios no domésticos una tasa de crecimiento del 1.0% promedio anual, durante el horizonte de planeación.

Prospección de los consumos de los diferentes usuarios

En lo que respecta a los consumos per-cápita de los diferentes usuarios del servicio utilizados para el cálculo de la demanda actual de agua potable, es importante señalar que estos corresponden a los consumos facturados ajustados por los errores de precisión de los aparatos de medición, la incidencia en la toma de lecturas, los consumos no medidos autorizados (diferentes a los de cuota fija), el error de asignación de consumo a los usuarios de cuota fija y el clandestinaje.

De acuerdo a lo anterior se presenta en la siguiente tabla los consumos per–cápita de los usuarios domésticos utilizados en la proyección de la demanda actual.

Tabla 185. Consumos per-cápita domésticos (facturado ajustado)

Tipo de Usuario	Índice de hab./toma	Consumo facturado m^3/ toma/mes	Consumos unitario l/hab/día	Consumo facturado Ajustado m^3/ toma/mes	Consumos l/hab/día
Doméstico	3.02	14.9	162	19.2	209

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la COMAPA

Ante un eventual ajuste en las tarifas del agua, el consumo pudiera reducirse (elasticidad de la demanda), sin embargo esto no es totalmente categórico, ya que bajo las siguientes circunstancias es cuestionable que se reduzca la demanda:

1. Ante consumos medio el costo total puede no ser significativo para el nivel de ingreso de los usuarios, y por lo tanto el cambio de precio puede que no afecte la demanda.
2. Por la insustituibilidad del bien, se asegura que ante un aumento en su precio no se verá afectada significativamente la demanda
3. Por la clase del bien del que se trata, el cual no es un lujo si no un bien necesario o de primera necesidad, los aumento de precio afectan menos la demanda
4. Por los hábitos que se tienen en el consumo del bien, los cuales no se cambian de manera repentina ya que es difícil cambiar los hábitos que se tienen en el consumo.

Por lo anterior, se considera conveniente mantener en el horizonte de planeación el nivel de consumo actual, independientemente de que se lleve o no un ajuste a las tarifas del servicio, sólo con la recomendación de que se implementen acciones que permitan que este sea medido correctamente (reducción de pérdidas comerciales), para ser facturado y cobrado eficientemente.

Para la prospección de los consumos no domésticos (usuarios comercial principalmente) se adoptó la mismo premisa de mantener los consumos en el horizonte de planeación.

Prospección de Pérdidas físicas

De acuerdo con el análisis realizado, el volumen perdido por fugas es significativo y representa uno de los principales problemas y también uno de los más importantes retos para el Organismo Operador, por lo que se recomienda llevar a cabo acciones y obras de control e incremento de la eficiencia física.

Las acciones y obras deben estar contenidas en un programa de Control e Incremento de Eficiencia, las cuales deben estar perfectamente identificadas y ordenadas para asegurar el éxito del programa, ya que existen acciones y obras denominadas de “control” que preparan y proveen las condiciones para que se lleven a cabo las obras con las cuales efectivamente si se recupera agua, mejorando así la capacidad del prestador del servicio en mantener el agua dentro del sistema y entregarla a los usuarios “incremento de eficiencia”, requiriéndose de otras acciones de ”control” que permitan mantener el nivel de fugas pretendido en el valor de la eficiencia de equilibrio económico (valor después del cual deja de ser rentable invertir en acciones para incrementar la eficiencia, ya que el costo de este tipo de acciones resulta superior al beneficio que generan).

La meta propuesta en este estudio, es que el Organismo Operador alcance una Eficiencia Física del **70%**, y un porcentaje de Agua No Contabilizada del **30%**, integrada esta última en pérdidas reales o físicas con un 25.4%, pérdidas aparentes con un 4.6%, lo que significa que el Organismo Operador debe reducir el nivel de pérdidas físicas que tiene actualmente, el cual es del 41.4%, en un 16% para llegar a un **24.4%.**

Dicha meta se propone alcanzar en un plazo de diez años, iniciando con acciones y obras de control de eficiencia y posteriormente acciones y obras de incremento de eficiencia, las cuales se relacionan en la siguiente tabla y en la siguiente figura se presenta un planteamiento de recuperación en puntos porcentuales durante los próximos diez años.

Tabla 186. Proyectos para incrementar y controlar la eficiencia física

Proyectos que incrementan la eficiencia física	Proyectos que controlan la eficiencia física
1. Localización y reparación de fugas en tomas domiciliarias.	1. Sectorización de la red de distribución.
	2. Formación de recursos humanos en eficiencia física.
2. Localización y reparación de fugas en cajas de válvulas.	3. Macromedición.
	4. Catastro de infraestructura hidráulica.
3. Localización y reparación de fugas en tuberías principales y secundarias y tanques.	5. Control operacional.
	6. Control de fugas (presiones).

La siguiente figura muestra el escenario propuesto para los próximos 10 años.

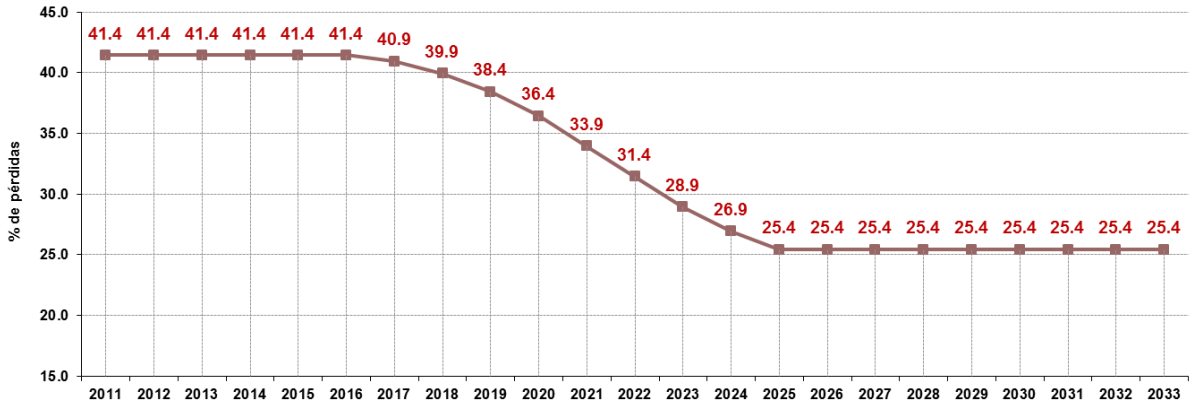


Figura 267. Propuesta de recuperación de pérdidas físicas (%)

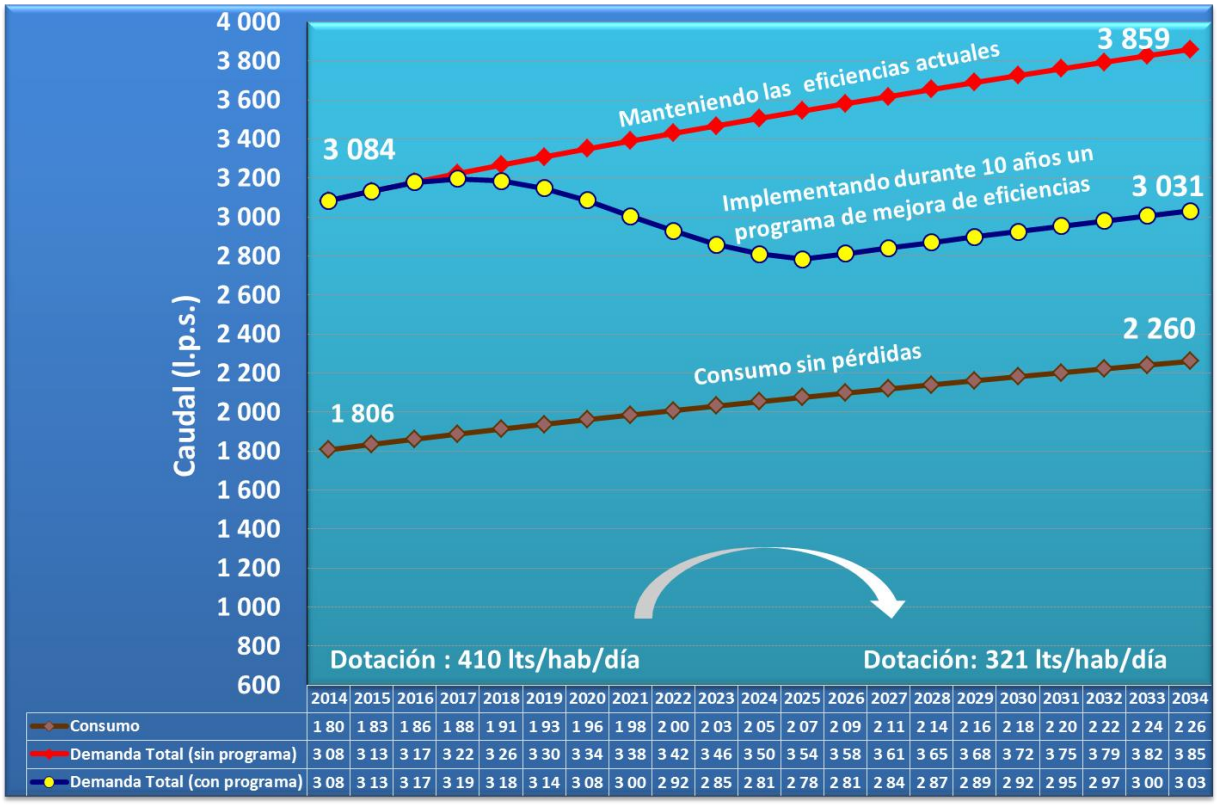
Un eficiente programa de disminución de pérdidas, debe ser permanente y medible; esto significa que se deberá contar con las bases para poder establecer los controles adecuados para reducir las fugas y medir su evolución en el tiempo.

Prospección de la Demanda de Agua Potable

La demanda correspondiente al período de planeación 2014–2034, se calculó bajo las siguientes premisas:

- ✓ La población actual (2014) se estableció en 649,807 habitantes
- ✓ La población al 2034 se estimó 816,079 habitantes, con una tasa promedio anual de 1.15%
- ✓ El crecimiento de las unidades económicas (comercios e industrias) se estimó con una tasa promedio anual del 1.0%
- ✓ Los consumos domésticos promedio se mantendrán a lo largo del período de planeación.
- ✓ El porcentaje de pérdidas reales o físicas se reducirán de un 41.4% a un 25.4% en diez años.

En las siguientes figuras se presenta la curva de demanda de agua, indicando en ella tres curvas: la curva de consumo sin pérdidas, la curva de demanda considerando mantener el nivel actual de eficiencia física (escenario tendencial) y la curva de demanda considerando la reducción del nivel de pérdidas físicas a través de la implementación de un programa de mejora de eficiencia (escenario sustentable). Asimismo se muestra la meta que se pretende alcanzar implementando el programa de mejoramiento de eficiencia, en cuanto a la dotación de agua promedio ponderada por habitante, incluyendo todos los usos.



	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Consumo	1 80	1 83	1 86	1 88	1 91	1 93	1 96	1 98	2 00	2 03	2 05	2 07	2 09	2 11	2 14	2 16	2 18	2 20	2 22	2 24	2 26
Demanda Total (sin programa)	3 08	3 13	3 17	3 22	3 26	3 30	3 34	3 38	3 42	3 46	3 50	3 54	3 58	3 61	3 65	3 68	3 72	3 75	3 79	3 82	3 85
Demanda Total (con programa)	3 08	3 13	3 17	3 19	3 18	3 14	3 08	3 00	2 92	2 85	2 81	2 78	2 81	2 84	2 87	2 89	2 92	2 95	2 97	3 00	3 03

Figura 268. Proyección de la demanda promedio

Tabla 187. Proyecciones de la Demanda de agua por quinquenio

Concepto	Unidad	2010	2014	2015	2020	2025	2030	2034
Población Total		**601 426**	**649 807**	**660 423**	**707 935**	**749 750**	**788 129**	**816 079**
Comercial		8 337	8 337	8 420	8 849	9 301	9 775	10 172
Servicio Público		304	304	307	322	339	356	370
Industrial		905	905	914	960	1 009	1 061	1 104
Total Unidades		**9 545**	**9 545**	**9 640**	**10 132**	**10 649**	**11 192**	**11 647**
Consumo Residencial	L/s	1455.76	1572.87	1598.57	1713.57	1814.79	1907.68	1975.34
Consumo Comercio	L/s	120.70	120.70	121.91	128.13	134.66	141.53	147.28
Consumo Servicios Públicos	L/s	17.89	17.89	18.07	18.99	19.96	20.98	21.83
Consumo Industrial	L/s	94.71	94.71	95.66	100.54	105.67	111.06	115.57
Consumo	**L/s**	**1 689**	**1 806**	**1 834**	**1 961**	**2 075**	**2 181**	**2 260**
% Pérdidas (programa)	**42.8%**	**41.4%**	**41.4%**	**41.4%**	**36.4%**	**25.4%**	**25.4%**	**25.4%**
Volumen de pérdidas con programa		**1 195**	**1 278**	**1 298**	**1 124**	**708**	**744**	**771**
Demanda Residencial	L/s	2 486	2 686	2 730	2 696	2 434	2 558	2 649
Demanda Comercio	L/s	206	206	208	202	181	190	198
Demanda Servicios Públicos	L/s	31	31	31	30	27	28	29
Demanda Industrial	L/s	162	162	163	158	142	149	155
Demanda Total (con programa)	**L/s**	**2 884**	**3 084**	**3 132**	**3 085**	**2 783**	**2 925**	**3 031**

En la figura anterior que corresponde a la gráfica de demanda se observa que para el 2014 la demanda de agua es de 3,084 L/s

Por otro lado, la gráfica evidencia que de no llevarse a cabo las acciones y obras que permitan mejorar el nivel de eficiencia con el que opera el Organismo Operador, abatiendo el porcentaje de pérdidas físicas, será necesario incorporar fuentes adicionales de abastecimiento para el mediano y largo plazo que sumen en total un caudal de 775 L/s a diferencia de los -53 L/s que se requerirían al 2034 si se lleva a cabo el programa de mejora de eficiencia (manejo de la demanda en un escenario sustentable).

Por lo anterior, resulta recomendable dirigir los planes y programas al control y recuperación de las pérdidas físicas (Programa de Mejora de Eficiencias), que permita a corto plazo entregarle al usuario el volumen de agua que requiere sin dejar en el trayecto volúmenes considerables sin aprovechar, así como a mediano y largo plazo diferir y reducir los requerimientos de inversión para nuevas fuentes de abastecimiento de agua potenciales o alternas.

Estas fuentes adicionales de abastecimiento deberán incorporarse en el momento que se requieran para evitar que se presente durante el periodo de planeación un déficit de agua.

En la siguiente figura se presenta una propuesta de manejo de la oferta de agua dentro del horizonte de planeación, con el objeto de cubrir en todos los años la demanda de agua potable de la ciudad de Reynosa.

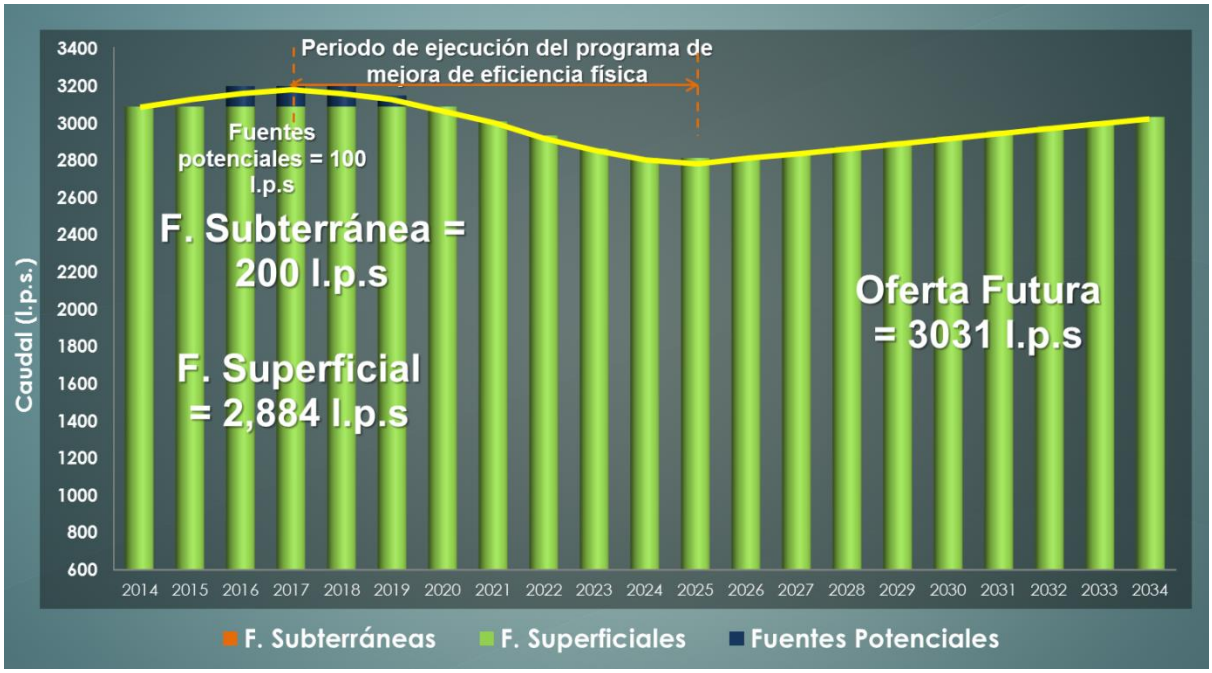


Figura 269. Proyección de la oferta de agua para Reynosa

Como se observa en la figura anterior se propone incrementar la oferta incorporando en el periodo 2015-2018, con nuevas fuentes de abastecimiento que proporcione un caudal de 110 L/s para alcanzar un total de 3,184 L/s en el 2018 y posteriormente ir reduciendo la oferta en el periodo del 2019 – 2025 para llegar a cubrir la demanda de 2,793 L/s y a partir del 2026 volver a incrementar la oferta paulatinamente en 238 L/s hasta alcanzar un caudal suministrado de 3,031 L/s. Lo anterior se plantea dentro del escenario donde la mejora de eficiencia física sea la prioridad del Organismo Operador.

Por lo que toca a la proyección de las aportaciones de aguas residuales sin considerar la incorporación de los volúmenes de aguas de infiltración del subsuelo o pluviales al sistema de drenaje, el cálculo de las aportaciones de aguas residuales de la ciudad de Reynosa, se realizó a partir del cálculo de la demanda de agua potable, empleando los dos criterios de aporte para la obtención de dichas aportaciones, los cuales son:

1. Considerando que el agua residual que se genera corresponde al 80% de la demanda de agua potable incluyendo las pérdidas físicas, en donde se estima que el restante 20% no llega a las alcantarillas por que se evapora (propuesto en los MAPAS de la CONAGUA) y…

2. Considerando que el agua residual que se genera corresponde al 100% del consumo de agua sin pérdidas físicas, ya que las fugas pueden o no filtrarse al drenaje o quedarse en el subsuelo (propuesto por la CONAGUA)

Bajo estos dos criterios se calculó el caudal aportado por la población asentada en la ciudad de Reynosa. En la siguiente tabla se presenta los resultados obtenidos del cálculo de aportaciones.

Para mayor detalle de la información de proyección de la demanda y las aportaciónes, consultar el anexo 4.

Tabla 188. Aportaciones de aguas residuales bajo dos criterios de calculo

Unidad	Consumo de agua potable promedio anual (2014)	Aportación de aguas residuales promedio Anual 80% de la Demanda (2014)	Aportación de aguas residuales promedio Anual 100% del Consumo (2014)
Hm^3	57.0	77.8	57.0
L/s	1,806	2,467	1,806

Como puede observarse en la tabla anterior el cálculo del caudal aportado bajo el criterio de que la aportación de las aguas residuales corresponde al 100% del consumo de agua potable sin pérdidas físicas resultó de **1,806 L/s**, a diferencia de los **2,467 L/s** que resultó de considerar a la aportación de las aguas residuales como el 80% de la demanda de agua potable que incluye las pérdidas físicas.

Pero como ya se ha mencionado en apartados anteriores, la política actual de la CONAGUA debido a que hay un enorme número de PTAR sin operar o estas están muy excedidas en su capacidad comparándolo con el caudal que están tratando, ha establecido la imperante necesidad de economizar en los costos destinados al incremento de cobertura de saneamiento en el país, debiéndose de construir PTAR acordes a las aportaciones reales de las poblaciones asentadas en las ciudades.

Con la finalidad de ser más objetivos en las determinaciones de las capacidades de proyecto de las PTAR, en este estudio se adoptó para el cálculo de las aportaciones de aguas residuales el criterio que considera que el agua residual que se genera es similar al 100% del consumo de agua potable sin pérdidas físicas. De esta manera, se tiene que la aportación calculada en la ciudad de Reynosa, para el año 2014 es de **1,806 L/s**, y para el año 2034 será de **2,260 L/s**, como se muestra en la siguiente figura:

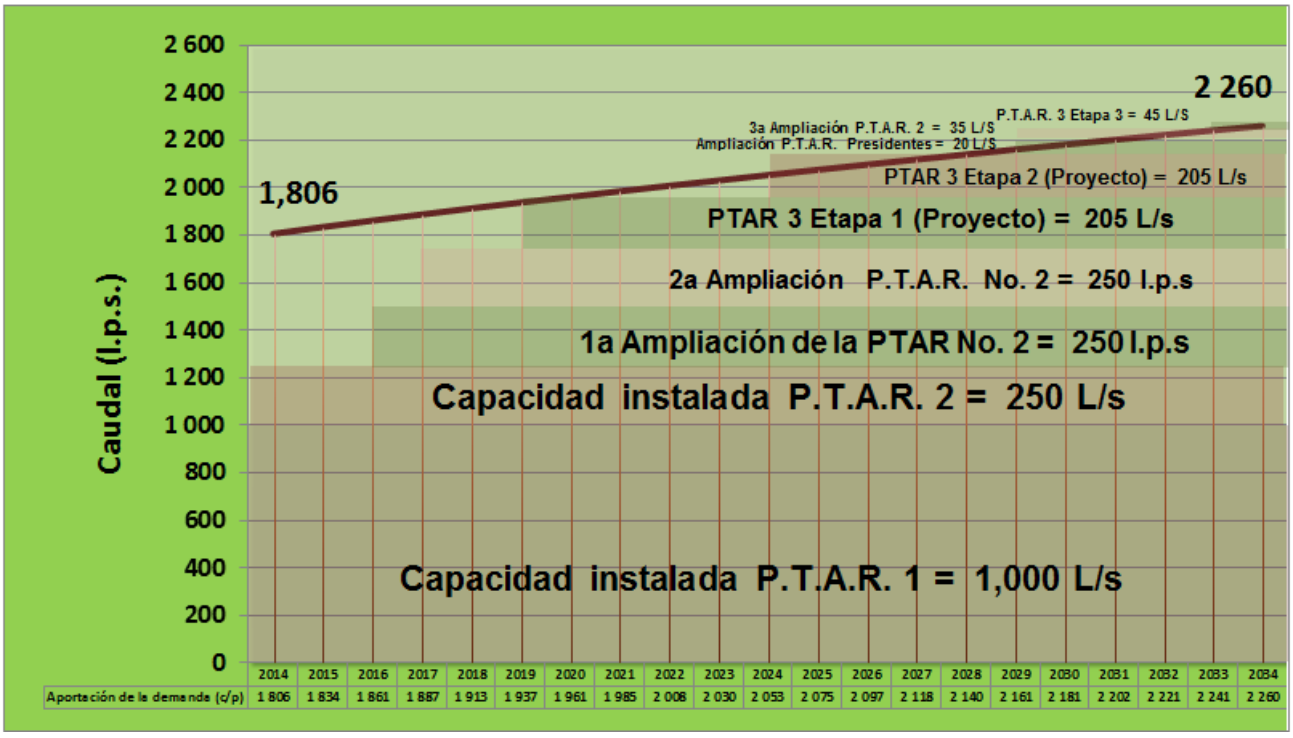


Figura 270. Proyección de Aportaciones de Aguas Residuales de Reynosa

Tabla 189. Aportaciones de aguas residuales por quinquenios

Concepto	2010	2014	2015	2020	2025	2030	2034
Aportación del consumo	1 689	1 806	1 834	1 961	2 075	2 181	2 260
Aportación Total (Mm3)	53.3	57.0	57.8	61.8	65.4	68.8	71.3

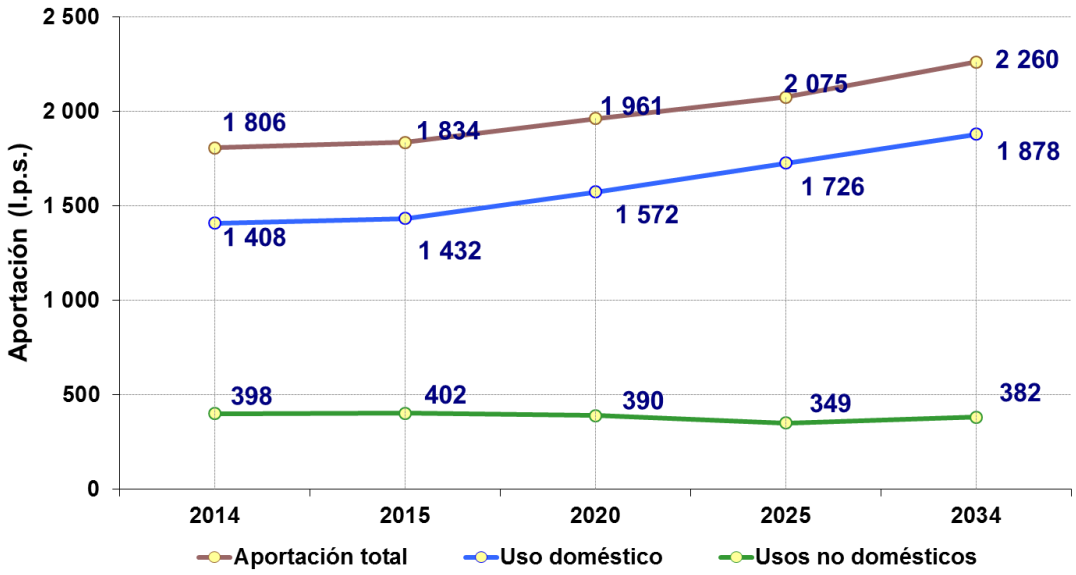


Figura 271. Aportaciones de Aguas residuales por tipo de usuario por quinquenio

3.2. Planteamiento de Alternativas para satisfacer el incremento de la demanda de los servicios

3.2.1. Agua Potable

3.2.1.1 Analizar el Sistema de Agua Potable para condiciones futuras

Una vez que se han identificado los problemas que presenta la condición actual de la operación del sistema de distribución de agua de la ciudad de Reynosa que son bombeos directos a red, falta de sectorización efectiva en la distribución, falta de un sistema que lleve directamente el agua a depósitos desde donde pueda llevarse a cabo una repartición de agua más equitativa, eficiente y con presiones más adecuadas, que por un lado no sean excesivas, porque las presiones altas incrementan también las pérdidas debido a la naturaleza de las fugas, y por otro lado se logre hacer llegar el agua con presión en aquellas zonas en donde actualmente se tienen presiones muy bajas (alejadas y elevadas).

Junto con la mejora en el manejo de las presiones en el sistema, debe buscarse también el objetivo de simplificar la operación de las plantas de bombeo y evitar en lo posible la inyección directa a red, así como disminuir el número de plantas de bombeo y rebombeo que se tienen sembradas en toda la ciudad. Esto traerá como beneficio adicional, un ahorro en el consumo energético.

3.2.1.2 Identificación de Alternativas a las condiciones existentes y futuras del Sistema de Agua Potable

Para mejorar las condiciones de operación, se analizaron 2 alternativas a Corto y Mediano Plazo y 2 alternativas a Largo Plazo, que se evaluaron de forma independiente y con las que se pretende distribuir el agua en toda la ciudad de forma equitativa y eficiente, uniformizando las presiones en el sistema y al mismo tiempo reduciendo el número de estaciones de bombeo, buscando simplificar la operación de la red de distribución, lo que sin duda mejorara la calidad en el servicio que se entrega a los usuarios del sistema de abastecimiento.

A continuación se presentan y se describen las alternativas de solución propuestas en este estudio, las cuales fueron puestas a consideración de la COCEF, el NADBANK, la COMAPA, la CONAGUA y el IMPLAN de Reynosa en reuniones de trabajo, con la finalidad de consensuarlas y evaluarlas a partir de los datos técnicos y económicos de cada una de ellas.

Tabla 190. Alternativas para mejorar el sistema de abastecimiento de agua de la ciudad de Reynosa a Corto y Mediano Plazo

Alternativa No. 1	Alternativa No. 2
A.- Construcción de la OT del canal Rodhe a Rancho Grande de 1,100 L/s	A.- Construir la OT del canal Rodhe a Rancho Grande - Los Arcos de 1,100 L/s
B.- Ampliación de la planta Rancho Grande (48) con 850 L/s para llegar a un total de 1,100 L/s para abastecer los sectores Rancho Grande, Granjas, parte del sector Poniente y Centro, a estos dos últimos por gravedad a partir del tanque elevado de la potabilizadora hasta el Canal Rodhe (45)	B.- Ampliación de la planta Rancho Grande (48) con un tren de 60 L/s para llegar a un total de 310 L/s, para abastecer los sectores Rancho Grande, parte del sector Poniente y Centro, a estos dos últimos por gravedad a partir del tanque elevado de la potabilizadora hasta el Canal Rodhe y c. Miguel Hidalgo (45)
C.- Ampliación de la Planta Potabilizadora Benito Juárez con un tren de 170 L/s para llegar a un total de 920 L/s para abastecer a los sectores Juárez Oriente y Poniente.	C.- Ampliación de la Planta Potabilizadora Benito Juárez con un tren de 170 L/s para llegar a un total de 920 L/s para abastecer a los sectores Juárez Oriente y Poniente.
D.- Reducir la potabilización de la Planta Pastor Lozano a 1,070 L/s, lo que permitirá abastecer a los Sectores Centro, Poniente y Juárez Poniente con agua de mejor calidad.	D.- Reducir la potabilización de la Planta Pastor Lozano a 1,070 L/s, lo que permitirá abastecer a los Sectores Centro, Poniente y Juárez Poniente con agua de mejor calidad.
E.- Construir el Acuaférico a partir de la Potabilizadora Rancho Grande y hasta Jarachinas (63) para de ahí rebombear a un nuevo Macrotanque Los Fresnos utilizando tubería existente y nueva.	E.- Construcción de un acueducto de agua cruda de la OT Rancho grande a una nueva Planta Potabilizadora Los Arcos (95) de 790 L/s de capacidad
F.- Construcción de un Macrotanque Los Fresnos III (90) para abastecer por gravedad a todo el sector Granjas y apoyar a los sectores Juárez Poniente y Juárez Oriente.	F.- Construcción de una nueva Planta Potabilizadora Los Arcos de 790 L/s de capacidad para abastecer al sector Granjas y apoyar a los sectores Juárez Poniente y Juárez Oriente
G.- Construir la segunda etapa del acuaférico y utilizar la infraestructura existente para abastecer a los tanques del Sector Granjas del lado Norte (Los Pinos, Loma Real, Loma Bonita, Unidad y Esfuerzo, Villa Florida, Villa del Roble, Nueva Ventura, Vista Hermosa y Granjas) a partir del Macrotanque con válvulas de control de presiones.	G.- Construcción de un Macrotanque en la nueva Potabilizadora Los Arcos para abastecer por gravedad a todos los tanque del sector Granjas, con excepción del tanque Los Arcos, incluyendo los tanques Jarachinas y Granjas como tanques de regulación, utilizando infraestructura nueva y existente, con válvulas sostenedoras de presión en las líneas.

Alternativa No. 1	Alternativa No. 2
H.- Construir la tercera etapa del Acuaférico para abastecer por gravedad a los tanques del sector Granjas del lado Sur (San Valentín I y II, Nuevo México, Nuevo México Secc IV, Bugambilias I y II, Puerta del Sol I y II y a los tanques del sector Juárez Poniente (Juárez Poniente) y del sector Juárez Oriente (Paseo de las Flores).	H.- Utilizar la infraestructura existente para abastecer a partir del Macrotanque de la Planta a los tanques del Sector Granjas del lado Norte (Los Pinos, Loma Real, Loma Bonita, Unidad y Esfuerzo, Villa Florida, Villa del Roble, Nueva Ventura, Vista Hermosa y Granjas) a partir del Macrotanque con válvulas de control de presiones.
I.- Reequipar el rebombeo Jarachinas para enviar el agua hacia el nuevo Macrotanque Los Fresnos y hacia el tanque la CIMA para abastecer de esta última el tanque Hda. Las Fuentes.	I.- Construir el Acuaférico para abastecer por gravedad a los tanques del sector Granjas del lado Sur (San Valentin I y II, Nuevo México, Nuevo México Secc IV, Bugambilias I y II, Puerta del Sol I y II y a los tanques del sector Juárez Poniente (Juárez Poniente) y del sector Juárez Oriente (Paseo de las Flores).
J.- En los sectores Centro, Poniente y Juárez llevar a cabo la sectorización de la red de distribución en distritos hidrométricos y la rehabilitación de cruceros y sustitución de tuberías de Fo. Fo.	J.- En los sectores Centro, Poniente y Juárez llevar a cabo la sectorización de la red de distribución en distritos hidrométricos y la rehabilitación de cruceros y sustitución de tuberías de Fo. Fo.
K.- Ampliar la cobertura del servicio de agua potable en las colonias que carecen de este.	K.- Ampliar la cobertura del servicio de agua potable en las colonias que carecen de este.

Alternativa No. 1

La alternativa No. 1 da solución a los diferentes problemas y deficiencias operativas que se tienen en el sistema de abastecimiento y distribución del agua en la ciudad de Reynosa que opera la COMAPA. Esta Alternativa contempla la construcción de obras en los diferentes componentes del sistema tal y como se describen a continuación:

Obra de toma.- Se plantea la construcción de la ampliación de la nueva obra de toma Rancho Grande sobre el canal Rodhe, con una capacidad de extracción de agua de 1,100 L/s.

Plantas Potabilizadoras.- Se requiere de llevar a cabo la ampliación de la Planta Potabilizadora Rancho Grande de 250 L/s a 1,100 L/s., en el predio donde se encuentra actualmente la Planta Potabilizadora, para potabilizar el agua que se extraiga de la ampliada nueva obra de toma, con esta planta se cubrirá la demanda de agua de los sectores Rancho Grande, parte del sector Poniente y Centro que pasarían a formar parte del sector Rancho Grande; el sector Granjas y apoyo a la zona Sur de los sectores Juárez Poniente y Juárez Oriente. También se requiere de ampliar la planta potabilizadora Benito Juárez con un tren de tratamiento de 170 L/s para llegar a un total de 920 L/s. para abastecer a los sectores Juárez Oriente y Oriente y por último reducir el caudal potabilizado en la Planta Pastor Lozano a solo 1,070 L/s lo que le permitirá asegurar la calidad del agua que se le suministra a los sectores Centro, Poniente y Juárez Poniente.

Acueducto de agua cruda.- Se necesita de la construcción de un acueducto de agua cruda de la nueva obra de toma de Rancho Grande a la planta potabilizadora Rancho Grande con una longitud de 0.3 Km de tubería nueva y 0.13 Km de tubería existente, para conducir 1,100 L/s a dicha planta.

Acuaférico.- Se requiere de la construcción de tres etapas de acuaférico: la primera para conducir el agua de la planta Rancho Grande al rebombeo Jarachinas y de este último al tanque Fresnos, dejando agua en ruta solo en el nuevo rebombeo con el que se mandará agua al tanque Los Arcos; la segunda para abastecer de agua a partir del Macrotanque Los Fresnos III a todos los tanques del sector Granjas localizados al Norte

de la Carretera a Monterrey y una tercera etapa para abastecer a partir del Macrotanque los Fresnos III a todos los tanques del sector Granjas localizados al Sur de la Carretera a Monterrey, así como apoyo a los sectores Juárez Poniente y Juárez Oriente. Estas dos últimas etapas del acuaférico con entregas de agua en ruta a los tanques y macrotantes existentes y de proyecto, dichos acuaféricos se plantean estén integrados por 45.6 Km de tuberías existentes y 13.5 Km de tuberías nuevas.

Tanques de regulación.- Con la finalidad de que el sistema funcione de manera equitativa y con presiones en la red reguladas a partir de tanques es necesario la construcción de 2 Macrotanque y 9 tanques con una capacidad global de 37,000 m³, de los cuales 2 serían nuevos tanques en predios nuevos y 9 serían sustitución o ampliación de tanques y cisternas existentes. Los tanques deberán tener una altura a la plantilla de 20 a 25 m de altura, no existiendo problema alguno por la altura de los tanques ya que Reynosa se encuentra en una zona de muy baja sismicidad.

Líneas de conducción, interconexión y alimentación.- se requiere de un sistema de líneas principales para el manejo del agua hacia los tanques de regulación y abastecimiento, así como de interconexión y alimentación a la red, integrado por 46.07 Km de tuberías existentes y 15.6 Km de nuevas tuberías.

Plantas de Bombeo.- Al distribuir el agua a partir de los tanques con elevaciones que permitan tener presiones adecuadas en la red, ya no serán necesarias algunas plantas de bombeo locales, por lo que habrá que sacarlas de operación, dejando exclusivamente las plantas de bombeo de los tanques de agua clara, y algunas que son necesarias. Debiendo de construir 2 nuevas Estaciones de Bombeo, realizar la reingeniería y reequipamiento de 2 estaciones de bombeo y sacar de operación 5 estaciones de bombeo.

Cruceros de control.- Par la macro sectorización y manejo del agua se plantea la instalación de 143 válvulas de seccionamiento y 15 sostenedoras de presión.

Incremento de eficiencia.- Es indispensable y urgente llevar a cabo las acciones de control de eficiencia a través de la sectorización de la red en macro sectores y distritos hidrométricos, para posteriormente continuar con las acciones de incremento de eficiencia a partir de los trabajos de detección y reparación de fugas y sustitución de tuberías con alta incidencia de fallas, así como la implementación de programas para mantener la eficiencia con mediciones globales de consumo – priorización de acciones - medición de resultados.

Red de distribución.- se requiere ampliar la red de distribución en colonias que carecen del servicio, lo que implica la construcción de aproximadamente 88 Km de red primaria y secundaria.

En la siguiente tabla se presenta un resumen de las obras y requerimientos de la Alternativa No. 1 a corto y mediano plazo.

Tabla 191. Resumen de obras de agua potable a corto y mediano plazo de la Alternativa No. 1 (CM – P)

No.	Descripción	Unidad	Corto y Mediano Plazo Alt. No. 1
1	Obras de toma	OT	1
2	Plantas potabilizadoras	L/s	1,020
3	Acuaférico Agua Cruda	Km	0.30

4	Acuaférico	Km	45.62
5	Acueductos	Km	0
6	Líneas de conducción	Km	15.54
7	Nueva EB	EB	2
8	Reequipamiento de EB	EB	2
9	Macrotanques	Tanque	2
10	Tanques	Tanque	9

Alternativa No. 2

La alternativa No. 2 igualmente da solución a los diferentes problemas y deficiencias operativas que se tienen en el sistema de abastecimiento y distribución del agua en la ciudad de Reynosa que opera la COMAPA. Esta Alternativa contempla la construcción de obras en los diferentes componentes del sistema tal y como se describen a continuación:

Obra de toma.- Se plantea la construcción de la ampliación de la nueva obra de toma Rancho Grande sobre el canal Rodhe, con una capacidad de extracción de agua de 1,100 L/s, para bombear 310 L/s a la planta potabilizadora Rancho Grande y 790 L/s a la nueva planta potabilizadora Los Arcos.

Plantas Potabilizadoras.- Se requiere de llevar a cabo la ampliación de la Planta Potabilizadora Rancho Grande con un tren de 60 L/s para llegar a una capacidad de 310 L/s., en el predio donde se encuentra actualmente la Planta Potabilizadora, con esta planta se cubrirá la demanda de agua de los sectores Rancho Grande, parte de los sectores Poniente y Centro que pasarían a formar parte del sector Rancho Grande. También se requiere de ampliar la planta potabilizadora Benito Juárez con un tren de tratamiento de 170 L/s para llegar a un total de 920 L/s. para abastecer a los sectores Juárez Oriente y Oriente y por último reducir el caudal potabilizado en la Planta Pastor Lozano a solo 1,070 L/s lo que le permitirá asegurar la calidad del agua que se le suministra a los sectores Centro, Poniente y Juárez Poniente. Así como la construcción de una nueva planta potabilizadora localizada al Suroeste de la ciudad con una capacidad de 790 L/s para abastecer al sector Granjas y apoyar a la zona Sur de los sectores Juárez Poniente y Juárez Oriente.

Acueducto de agua cruda.- Se necesita de la construcción de dos acueductos de agua cruda de la nueva obra de toma de Rancho Grande a la planta potabilizadora Rancho Grande. El primero con una longitud de 0.3 Km de tubería nueva y 0.13 Km de tubería existente, para conducir 310 L/s a la planta Rancho Grande y el segundo acueductos de agua cruda de la nueva obra de toma de Rancho Grande a la nueva planta potabilizadora Los Arcos con una longitud de 14.5 Km de tubería nueva para conducir 790 L/s a dicha planta.

Tanques de regulación.- Con la finalidad de que el sistema funcione de manera equitativa y con presiones en la red reguladas a partir de tanques es necesario la construcción de 2 Macrotanque y 12 tanques con una capacidad global de 40,000 m³, de los cuales 3 tanques serían en predios nuevos y 11 serían sustitución o ampliación de tanques y cisternas existentes. El Macrotanque de la Potabilizadora es el más importante porque a partir de este se estaría abasteciendo por gravedad a los sectores Granjas y apoyo a los sectores Juárez Poniente y Juárez Oriente. Los tanques deberán tener una altura a la plantilla de 20 a 25 m de altura,

no existiendo problema alguno por la altura de los tanques ya que Reynosa se encuentra en una zona de muy baja sismicidad.

Acuaférico.- Se requiere de la construcción de un acuaférico a partir del nuevo Macrotanque de la nueva Planta potabilizadora Los Arcos que entregue agua en ruta a los tanques existentes y Macrotanques de proyecto, este acuaférico se plantean esté integrado por 18.7 Km de tuberías existentes y 30.1 Km de tuberías nuevas.

Líneas de conducción, interconexión y alimentación.- se requiere de un sistema de líneas principales para el manejo del agua hacia los tanques de regulación y abastecimiento, integrado por 56.4 Km de tuberías existentes y 24.2 Km de nuevas tuberías.

Plantas de Bombeo.- Al distribuir el agua a partir de los tanques con elevaciones que permitan tener presiones adecuadas en la red, ya no serán necesarias algunas plantas de bombeo locales y los rebombeos Jarachinas y Granjas, por lo que habrá que sacarlas de operación, dejando exclusivamente las plantas de bombeo de los tanques de agua clara y algunas que son necesarias. Debiéndose construir 2 nuevas Estaciones de Bombeo en la nueva Planta Potabilizadora.

Cruceros de control.- Par la macro sectorización y manejo del agua se plantea la instalación de 97 válvulas de seccionamiento y 21 sostenedoras de presión.

Incremento de eficiencia.- Es indispensable y urgente llevar a cabo las acciones de control de eficiencia a través de la sectorización de la red en macro sectores y distritos hidrométricos, para posteriormente continuar con las acciones de incremento de eficiencia a partir de los trabajos de detección y reparación de fugas y sustitución de tuberías con alta incidencia de fallas, así como la implementación de programas para mantener la eficiencia con mediciones globales de consumo – priorización de acciones - medición de resultados.

Red de distribución.- se requiere ampliar la red de distribución en colonias que carecen del servicio, lo que implica la construcción de aproximadamente 88 Km de red primaria y secundaria.

En la siguiente tabla se presenta un resumen de las obras y requerimientos de la Alternativa No. 2 a corto y mediano plazo.

Tabla 192. Resumen de obras de agua potable a corto y mediano plazo de la Alternativa No. 2 (CM – P)

No.	Descripción	Unidad	Corto y Mediano Plazo Alt. No. 2
1	Obras de toma	OT	1
2	Plantas potabilizadoras	L/s	1,020
3	Acuaférico Agua Cruda	Km	14.55
4	Acuaférico	Km	30.01
5	Acueductos	Km	0
6	Líneas de conducción	Km	24.15
7	Nueva EB	EB	1

No.	Descripción	Unidad	Corto y Mediano Plazo Alt. No. 2
8	Reequipamiento de EB	EB	0
9	Macrotanques	Tanque	4
10	Tanques	Tanque	10

En las siguientes tablas se presenta los resultados del cálculo de la demanda de agua potable por sectores hidráulicos y por zonas de influencia de las plantas potabilizadoras de acuerdo a las alternativas planteadas.

Tabla 193. Demandas de agua potable para el análisis a corto y mediano plazo por sectores hidráulicos

2014 (Corto-Mediano Plazo)									
		Alt. No. 1				Alt. No. 2			
No.	Sector / Área de Influencia	Superficie (ha)	Población	Demanda (L/s)	%	Superficie (ha)	Población	Demanda (L/s)	%
1	Centro	2,336	81,639	**441**	14.3%	2,337	81,639	**441**	14.3%
2	Granjas	0	0	**0**	0.0%	0	0	**0**	0.0%
3	Juárez Oriente	3,718	149,366	**666**	21.6%	3,718	149,366	**666**	21.6%
4	Juárez Poniente	1,790	64,429	**302**	9.8%	1,787	64,429	**302**	9.8%
5	Los Arcos	0	0	**0**	0.0%	6,219	169,736	**784**	25.4%
6	Oriente	5,325	52,034	**254**	8.2%	5,324	52,034	**254**	8.2%
7	Poniente	1,042	67,998	**327**	10.6%	1,042	67,998	**327**	10.6%
8	Rancho Grande	8,688	234,341	**1,094**	35.5%	2,464	64,605	**310**	10.1%
Total		**22,899**	**649,807**	**3,084**	**100%**	**22,890**	**649,807**	**3,084**	**100%**

Tabla 194. Demandas de agua potable para el análisis a corto y mediano plazo por zonas de influencia de plantas potabilizadoras

2014 (Corto-Mediano Plazo)							
	Alt. No. 1			Alt. No. 2			
Dato Básico	Benito Juárez	Pastor Lozano	Rancho Grande	Benito Juárez	Pastor Lozano	Rancho Grande	Los Arcos
Sup. (ha)	9,042	5,169	8,688	9,042	5,166	2,464	6,219
Población	201,400	214,066	234,341	201,400	214,066	64,605	169,736
Demanda (L/s)	**920**	**1,070**	**1,094**	**920**	**1,070**	**310**	**784**
%	29.8%	34.7%	35.5%	29.8%	34.7%	10.1%	25.4%

Adicionalmente se elaboró a solicitud de la COMAPA y posterior a las reuniones de presentación y evaluación de alternativas con la asistencia de la COCEF, NADBANK, CONAGUA, IMPLAN, COMAPA y MAV, una tercera alternativa, la cual contempla como fuente de abastecimiento las aguas subterráneas del acuífero Bajo Río Bravo y en específico las aguas subterráneas de los acuíferos Sur de Reynosa y Reynosa–

Matamoros, los cuales tiene disponibilidad de aprovechamiento pero una calidad del agua cuestionable para uso y consumo humano ya que se ha determinado con las muestras obtenidas de los pozos agrícolas, que es un agua con un muy alto contenido de sales y con contenido medio y alto de sodio (C4-S2 y C4-S3). Identificándose que la zona más favorable para la ocurrencia de agua subterránea es la que se ubica entre los poblados de La Retama y El Guerreño, en donde existe una cantidad no cuantificada de pozos profundos agrícolas que proporcionan caudales de 60 L/s con profundidades del orden de los 200 m, los cuales operan de manera intermitentemente proporcionando agua con alta concentración salina.

Teniendo en cuenta que el aprovechamiento de las aguas subterráneas del acuífero Bajo Río Bravo es actualmente una condición no estudiada lo suficientemente para determinarla como una fuente alternativa de agua potable, en este estudio solo se dejara planeada una alternativa que contemple dicha extracción de agua subterránea, sin que se lleve a cabo la modelación hidráulica de la misma, como tampoco el análisis y evaluación técnica – económica y financiera, por carecer dicha alternativa de los estudios que le den una posibilidad de viabilidad.

Por otro lado, se reitera la necesidad de llevar a cabo los análisis hidrogeológicos para ubicar las mejores zonas de aprovechamiento, como también analizar las mejores alternativas para su potabilización.

Tabla 195. Alternativa No. 3 para mejorar el sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Reynosa a partir de la extracción de agua subterránea

Alternativa No. 3
A.- Perforación y equipamiento de 22 pozos profundos para extraer un caudal de 40 L/s c/u, para un total de 800 L/s
B.- Ampliación de la planta Rancho Grande (48) con un tren de 60 L/s para llegar a un total de 310 L/s, para abastecer los sectores Rancho Grande, parte del sector Poniente y Centro, a estos dos últimos por gravedad a partir del tanque elevado de la potabilizadora hasta el Canal Rodhe y c. Miguel Hidalgo (45)
C.- Ampliación de la Planta Potabilizadora Benito Juárez con un tren de 170 L/s para llegar a un total de 920 L/s para abastecer a los sectores Juárez Oriente y Poniente.
D.- Reducir la potabilización de la Planta Pastor Lozano a 1,070 L/s, lo que permitirá abastecer a los Sectores Centro, Poniente y Juárez Poniente con agua de mejor calidad.
E.- Construcción de las líneas de interconexión entre pozos hasta la descarga a la nueva Planta Potabilizadora Los Almendros
F.- Construcción de una nueva Planta Potabilizadora Los Almendros de 790 L/s de capacidad, para tratar aguas con altos contenidos de sales y sodio, con la cual se abastezca el sector Granjas y apoyar a los sectores Juárez Poniente y Juárez Oriente. La planta deberá contar con una estación de bombeo en el tanque de agua clara para bombear al Macrotanque Los Fresnos.
G.- Construir de la primera etapa del Acuaférico a partir de la Potabilizadora Los Almendros y hasta el Macrotanque los Fresnos, abasteciendo en ruta a los tanques sector Granjas del lado Sur (Nuevo México, Bugambilias I y II, Puerta del Sol I y II y a los tanques del sector Juárez Poniente (Juárez Poniente).
H.- Construcción de un Macrotanque Los Fresnos III (90) para abastecer por gravedad a parte del sector Granjas.
I.- Construir la segunda etapa del acuaférico y utilizar la infraestructura existente para abastecer a los tanques del Sector Granjas del lado Norte (Los Pinos, Loma Real, Loma Bonita, Unidad y Esfuerzo, Villa Florida, Villa del Roble, Nueva Ventura, Vista Hermosa y Granjas) a partir del Macrotanque con válvulas de control de presiones.
J.- Construir la tercera etapa del Acuaférico para abastecer por gravedad a los tanques del sector Granjas del lado Sur (San Valentin I y II y Nuevo México Secc IV.
K.- En los sectores Centro, Poniente y Juárez llevar a cabo la sectorización de la red de distribución en distritos hidrométricos y la rehabilitación de cruceros y sustitución de tuberías de Fo. Fo.
L.- Ampliar la cobertura del servicio de agua potable en las colonias que carecen de este.

A continuación se presenta un resumen de algunas obras de las tres alternativas a corto y mediano plazo.

Tabla 196. Resumen de obras de agua potable a corto y mediano plazo de las tres alternativas

Alternativa	Corto - Mediano Plazo (Km)								Total
	Líneas Nuevas				Líneas Existentes				
	Acueducto Agua Cruda	Acuaférico	Líneas de Conducción	Suma	Acueducto Agua Cruda	Acuaférico	Líneas de Conducción	Suma	
Alternativa No. 1	0.30	45.63	15.55	**61.48**	0.13	13.53	46.07	**59.73**	**121.21**
Alternativa No. 2	14.55	30.01	24.15	**68.69**	0.13	18.70	56.36	**75.19**	**143.88**
Alternativa No. 3	0.30	62.67	23.06	**86.03**	0.13	6.56	50.39	**57.08**	**143.11**

En las siguientes figuras se presentan los planos de las alternativas a corto y mediano plazo con la división por zonas de influencia de las plantas potabilizadoras y de los sectores hidráulicos.

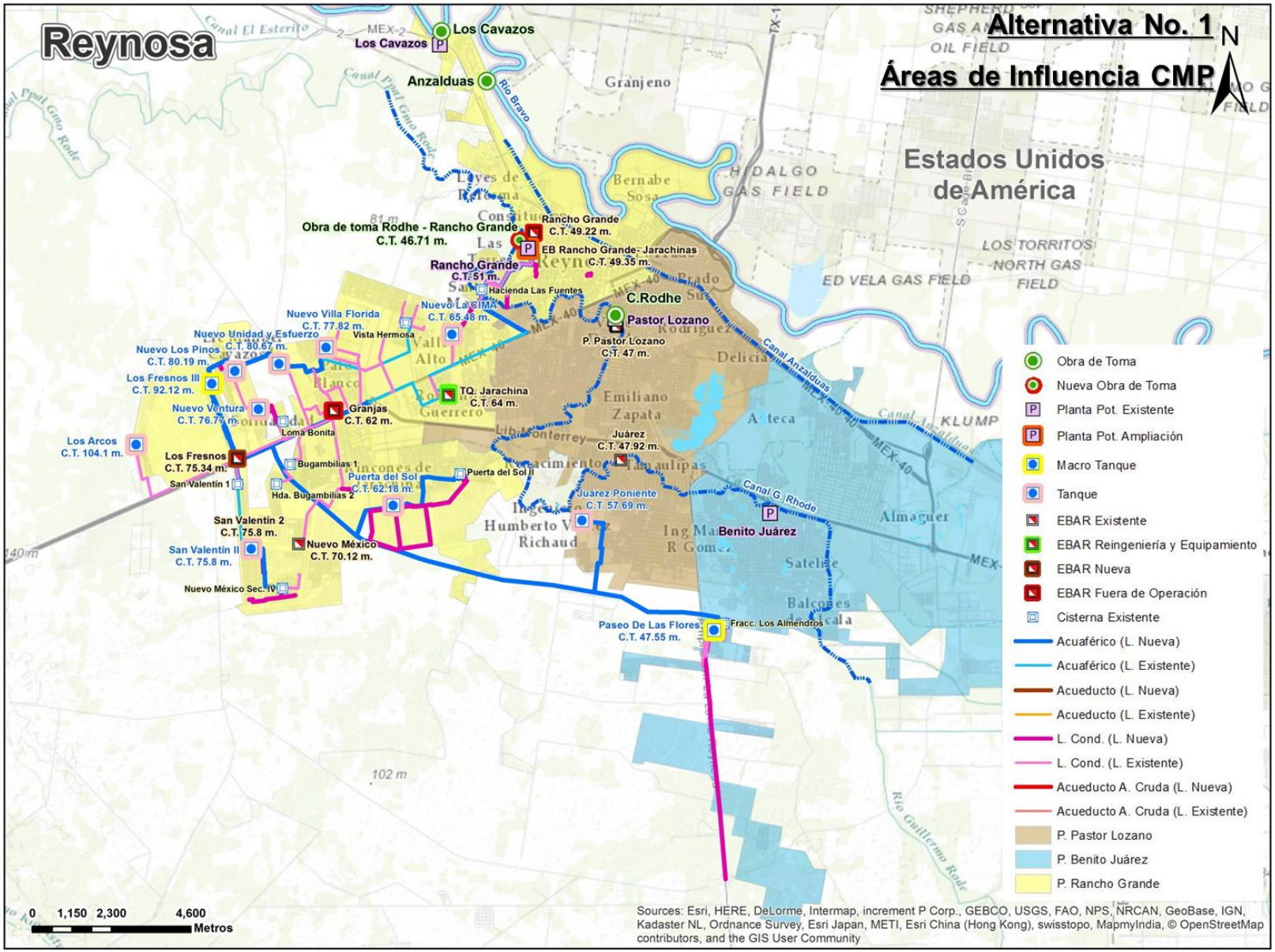


Figura 272. Alternativa 1Corto Plazo

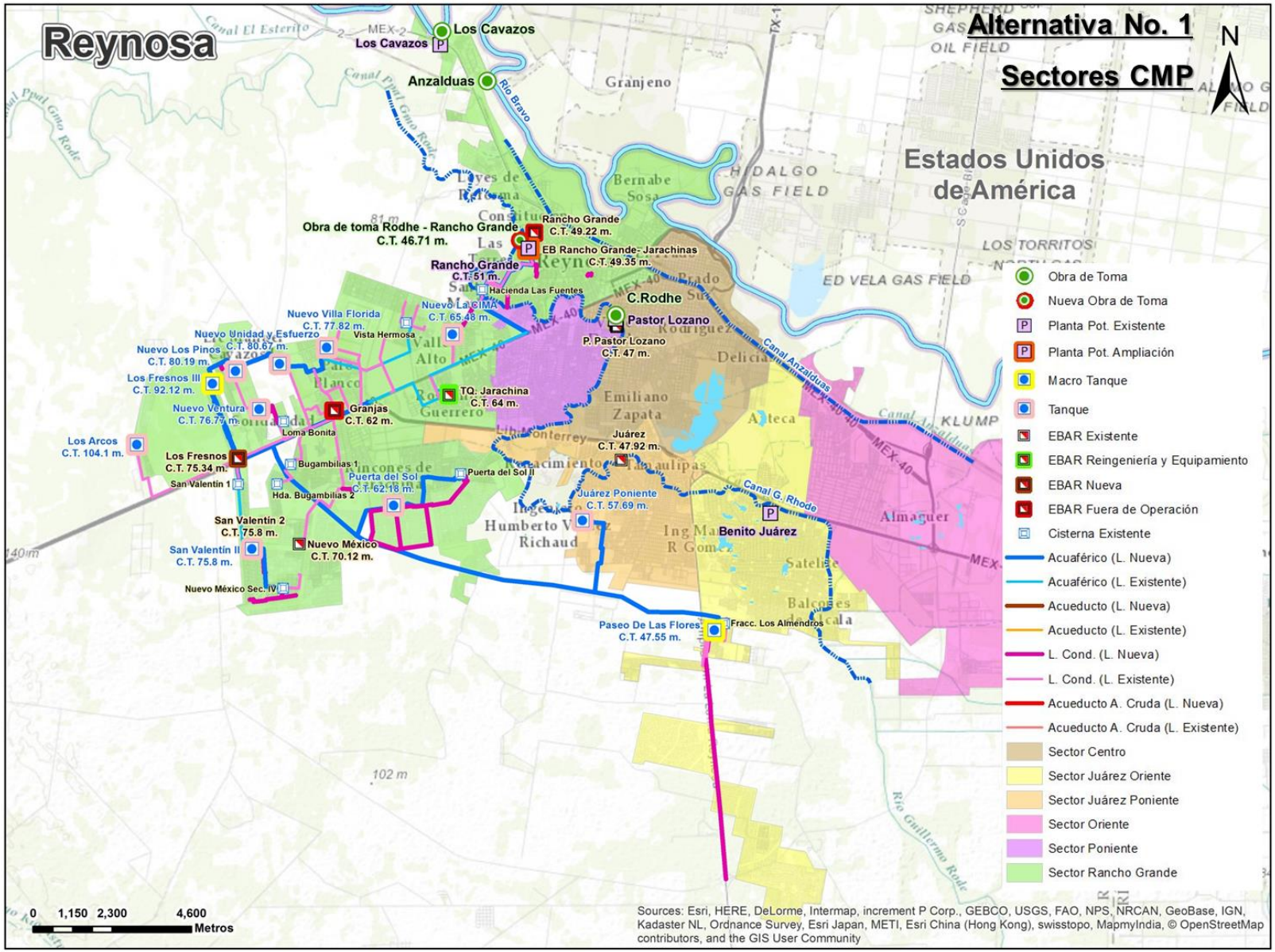


Figura 273. Alternativa 1Corto Plazo

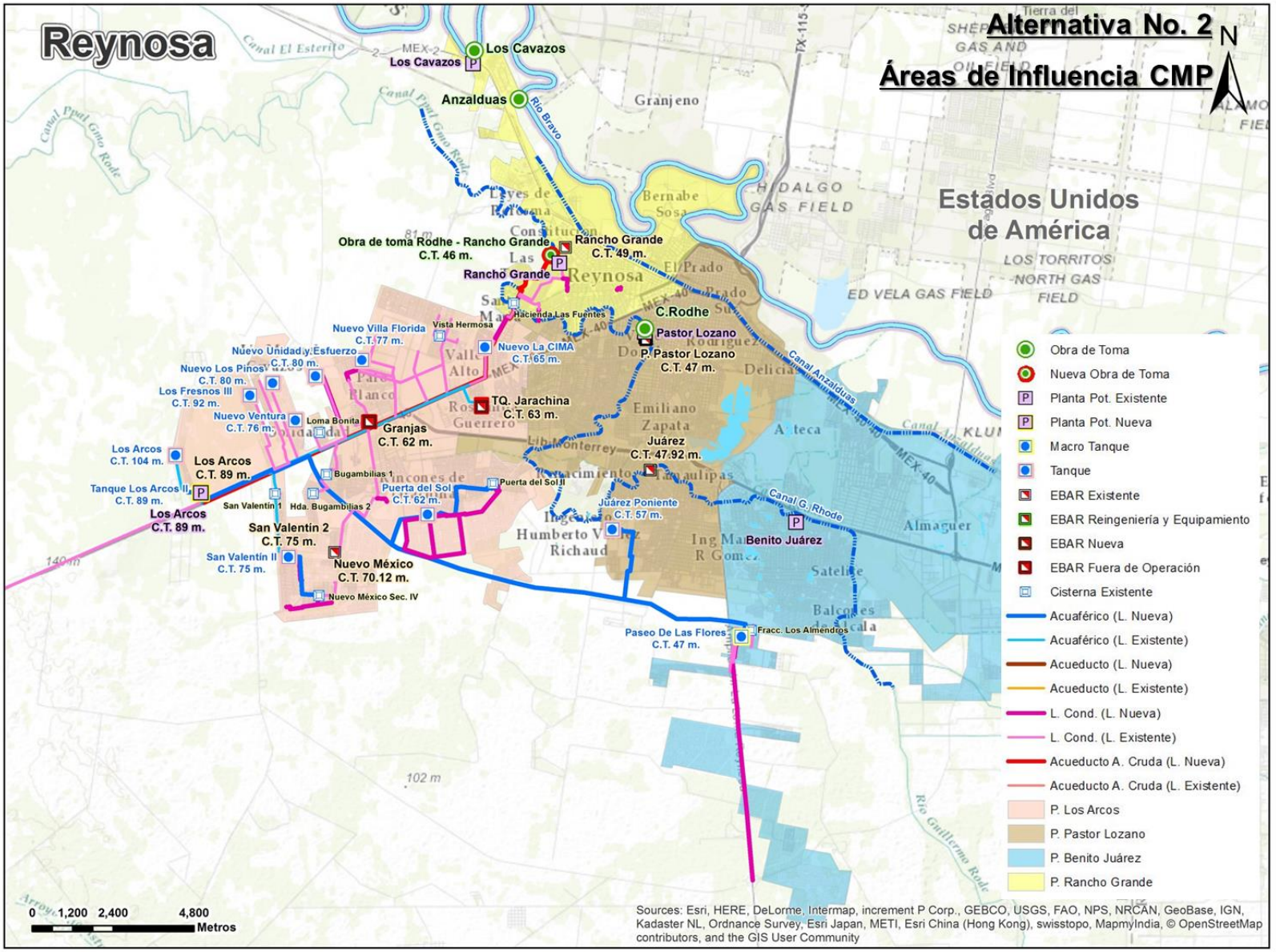


Figura 274. Alternativa 2 Corto Plazo

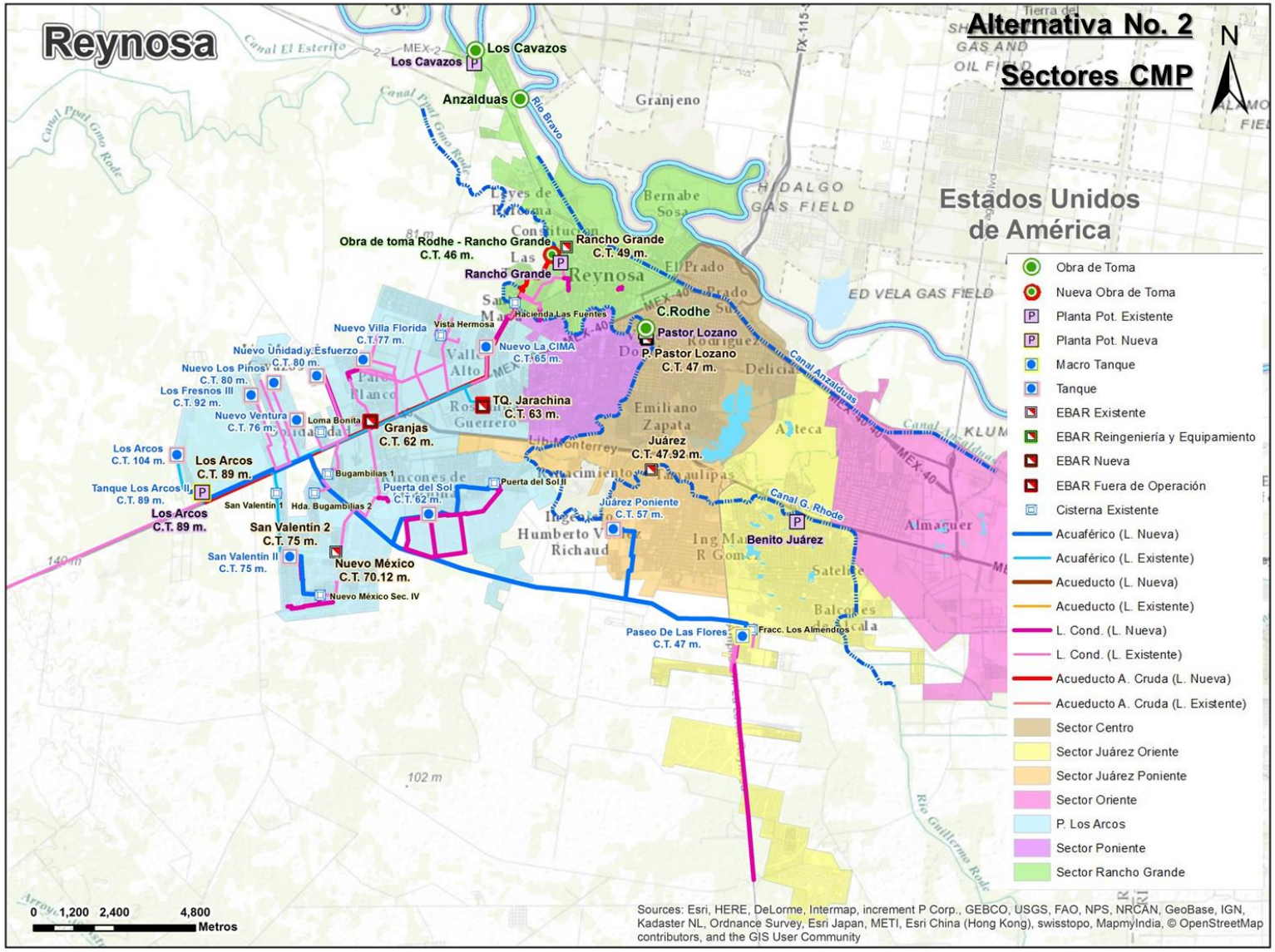


Figura 275. Alternativa 2 Corto Plazo

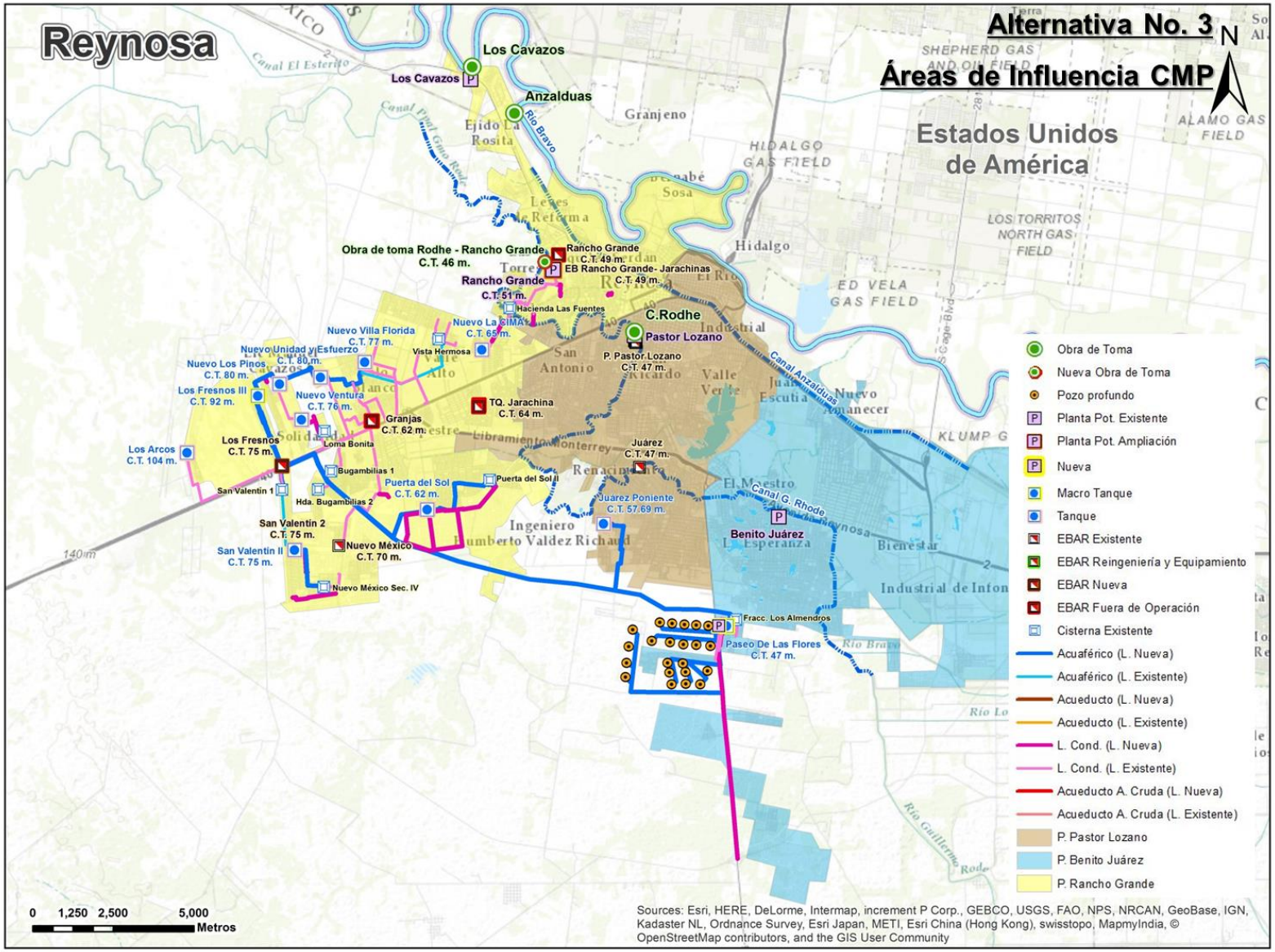


Figura 276. Alternativa 3 Corto Plazo

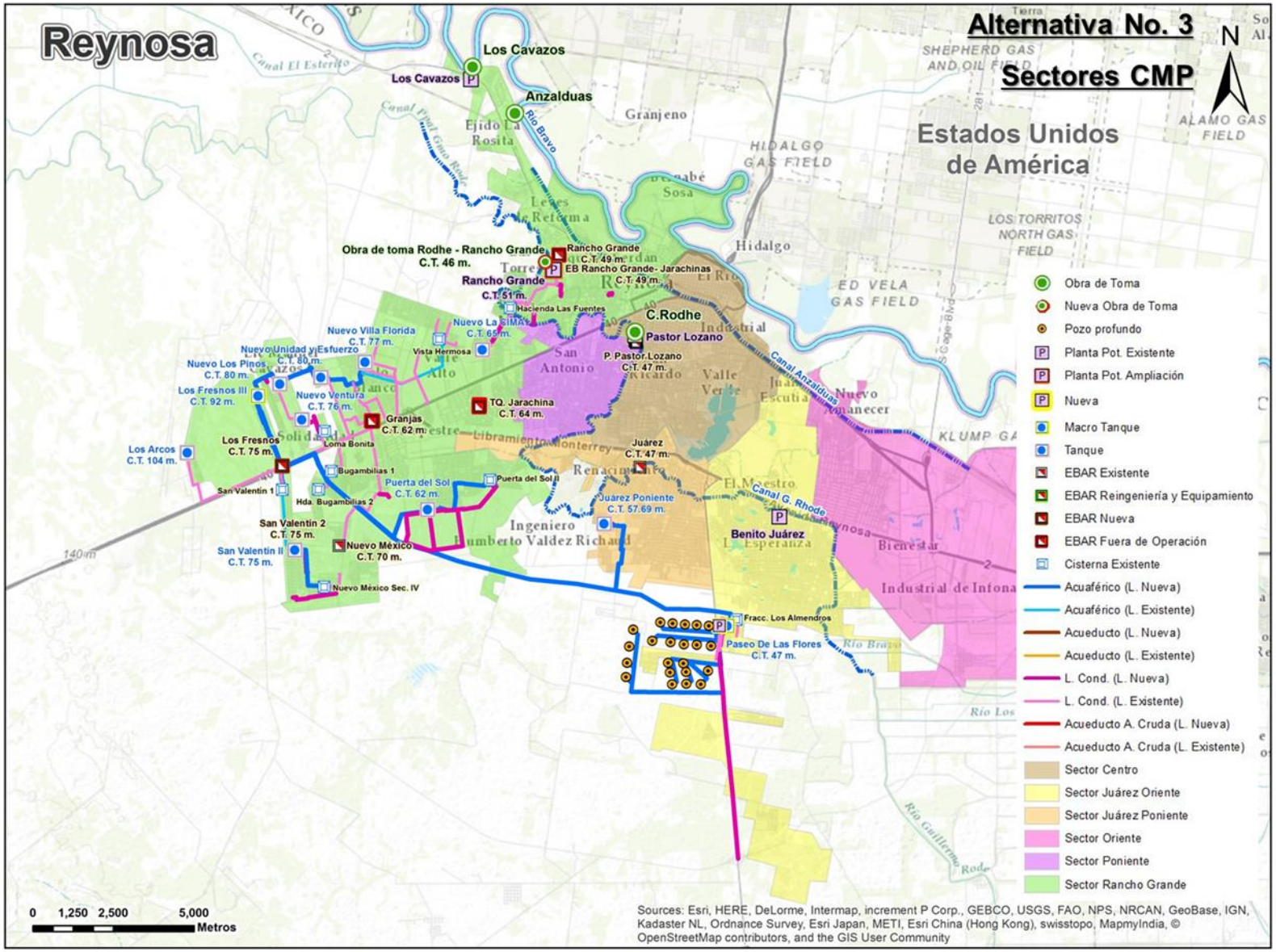


Figura 277. Alternativa 3 Corto Plazo

Las dos alternativas de solución a corto y mediano plazo, contemplan la desincorporación del Sector Granjas y parte del Sector Poniente y Centro de la Planta Potabilizadora Pastor Lozano, que a pesar de que actualmente se encuentra funcionando en términos generales bien, es una planta que ya rebasó su vida útil y que ha tenido por muchos años múltiples fallas y deficiencias en su operación provocadas por el nulo mantenimiento que se le dio. Así como en las alternativas se contempla la construcción de Macrotanques y tanques con los cuales se podrá abastecer a la ciudad de manera equitativa y bajo condiciones de presión controladas que no rebasen las recomendadas por la CONAGUA.

La red de distribución de agua, al Este de la ciudad de Reynosa parece estar funcionando de forma adecuada en la actualidad, pero en la zona Centro, Poniente y Rancho Grande al Norte presentan oportunidades para mejorar su operación.

Ya se han identificado los problemas que presenta la condición actual de la operación del sistema de distribución de agua de la ciudad de Reynosa. Bombeos directos a red, falta de sectorización efectiva en la distribución, falta de un sistema que lleve directamente el agua a depósitos desde donde puede tenerse un prorrateo de agua más eficiente y con presiones más adecuadas, que por un lado no sean excesivas, porque las presiones altas incrementan también las pérdidas debido a la naturaleza de las fugas, y por otro lado elevar la presión en aquellas zonas en donde actualmente se tienen presiones muy bajas.

Junto con la mejora en el manejo de las presiones en el sistema, debe buscarse también el objetivo de simplificar la operación de las plantas de bombeo y evitar en lo posible la inyección directa a red, así como disminuir el número de plantas de bombeo y rebombeo que se tienen sembradas en toda la ciudad. Esto traerá como beneficio adicional no solo una operación más eficiente, sino también un ahorro en el consumo energético.

Identificación de Alternativas a las Condiciones Existentes y Futuras del sistema de agua potable

Para manejar las propuestas de mejora a las condiciones de operación actuales, se analizaron 2 alternativas a Corto y Mediano Plazo y también se llevaron hasta una etapa de evaluación a Largo Plazo. Con estos 2 escenarios de evaluación se pretende uniformizar las presiones en el sistema y al mismo tiempo reducir el número de estaciones de bombeo, buscando simplificar la operación de la red de distribución y mejorando la calidad en el servicio que se entrega a los usuarios del sistema de abastecimiento.

Las dos alternativas de solución, tanto para Corto y Mediano Plazo, como para Largo Plazo, contemplan la incorporación de una nueva obra de toma sobre el canal Rhode, cercana a la planta potabilizadora Rancho Grande, desde donde se estaría llevando el agua cruda hacia las diferentes plantas potabilizadoras, la de Rancho Grande para la Alternativa 1 y una nueva planta potabilizadora en la zona Oeste de la ciudad, llamada Los Arcos, propuesta para la Alternativa 2.

Enseguida se realiza la descripción de cada una de las Alternativas, tanto a Corto y Mediano, como a Largo Plazo. En ambas alternativas se estará utilizando en la medida de lo posible las tuberías existentes, y también se está proponiendo la construcción de un acuaférico que ayude a llevar el agua hacia los tanques estratégicos, tanto existentes como nuevos y desde ahí hacia la red de distribución.

ALTERNATIVA 1 A CORTO Y MEDIANO PLAZO

La Alternativa 1 comienza con la incorporación de una nueva Obra de toma a la que se le nombra Canal Rhode – Rancho Grande, desde donde se estará enviando el agua cruda a la Planta Potabilizadora Rancho Grande. La Obra de Toma existente llamada Cavazos seguirá funcionando de la misma manera en que se encuentra actualmente. La Obra de Toma Anzaldúas ya no llevará agua a Rancho Grande y la Obra de Toma Canal Rhode seguirá enviando el agua al Tanque de usos múltiples de la Planta Potabilizadora Pastor Lozano y a la Planta Potabilizadora Benito Juárez.

Así mismo se propone la construcción de tanques nuevos y la rehabilitación o puesta en operación de algunos otros tanques que actualmente están sin funcionar.

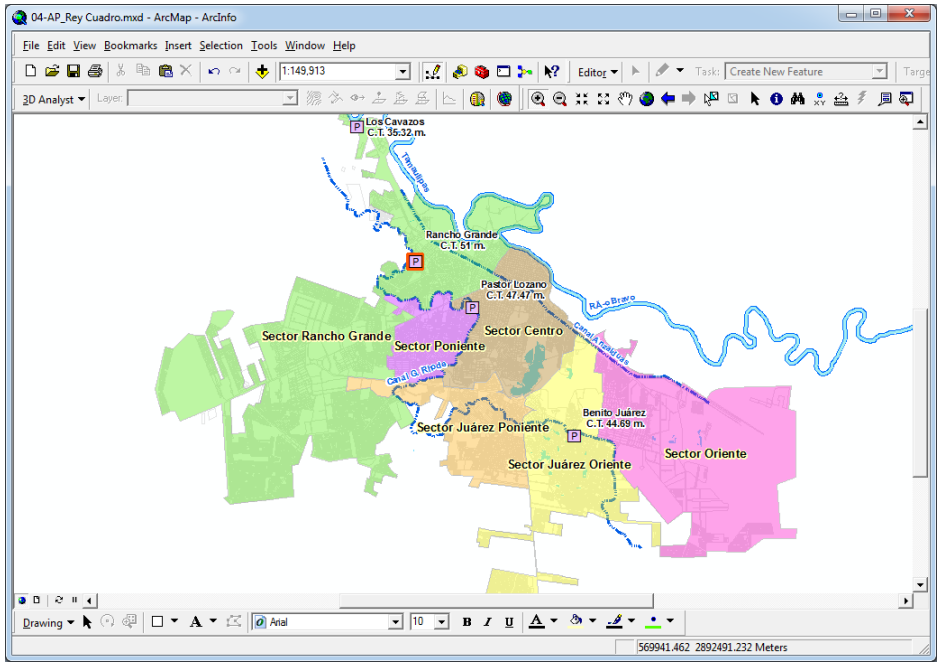


Figura 278. Sectores de distribución en Alternativa 1 a Corto y Mediano Plazo.

La Alternativa 1 tiene propuestos 6 sectores de distribución, que serán abastecidos mediante la construcción de un acuaférico. La Planta Potabilizadora Rancho Grande tendrá que ampliarse para satisfacer la nueva distribución de agua de la ciudad. Se estarán utilizando 11 tanques principales, de los cuales 2 serían nuevos, 2 son tanques que requieren reparación o puesta en marcha y los otros 7 son tanques que en la actualidad se encuentran operando.

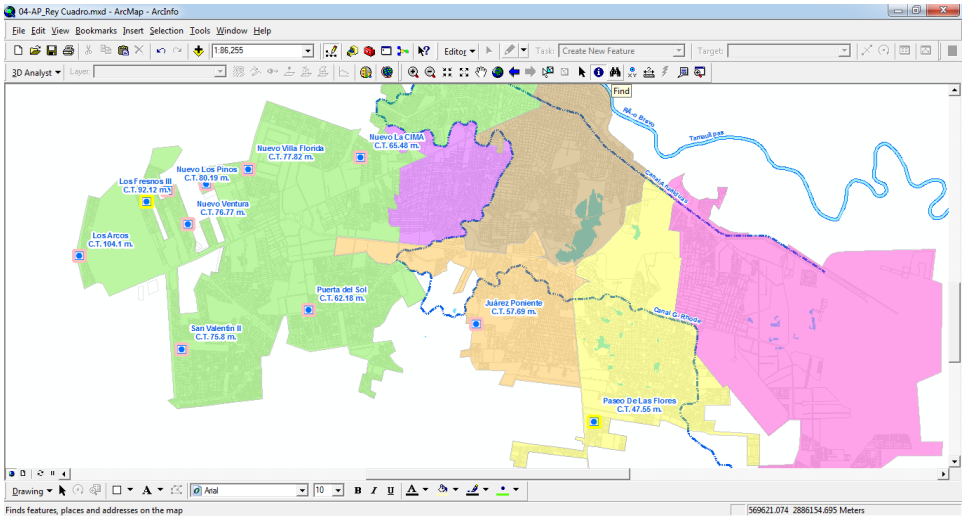


Figura 279. Tanques propuestos para operación de Alternativa 1 – Corto y Mediano Plazo.

A continuación se hace una descripción de la operación del sistema completo considerando estos 6 sectores de distribución.

Sector de Rancho Grande.

El sector de distribución Rancho Grande tiene una demanda media diaria de 1,094 l/s, y cuenta con una superficie aproximada de 8,688 ha, correspondientes a un 37.9% de la superficie de abastecimiento total en la ciudad de Reynosa. El sector atiende a corto y mediano plazo, una población de 234,341 habitantes, lo que significa un 36.1% de la población actual.

El primer tanque propuesto es el tanque existente en el predio de la planta potabilizadora se tendrá que rehabilitar y se le propone una altura de 25 m del piso a la base del depósito más 5 metros de altura de almacenamiento, con lo que la presión al piso son aproximadamente 30 metros de columna de agua (mca)

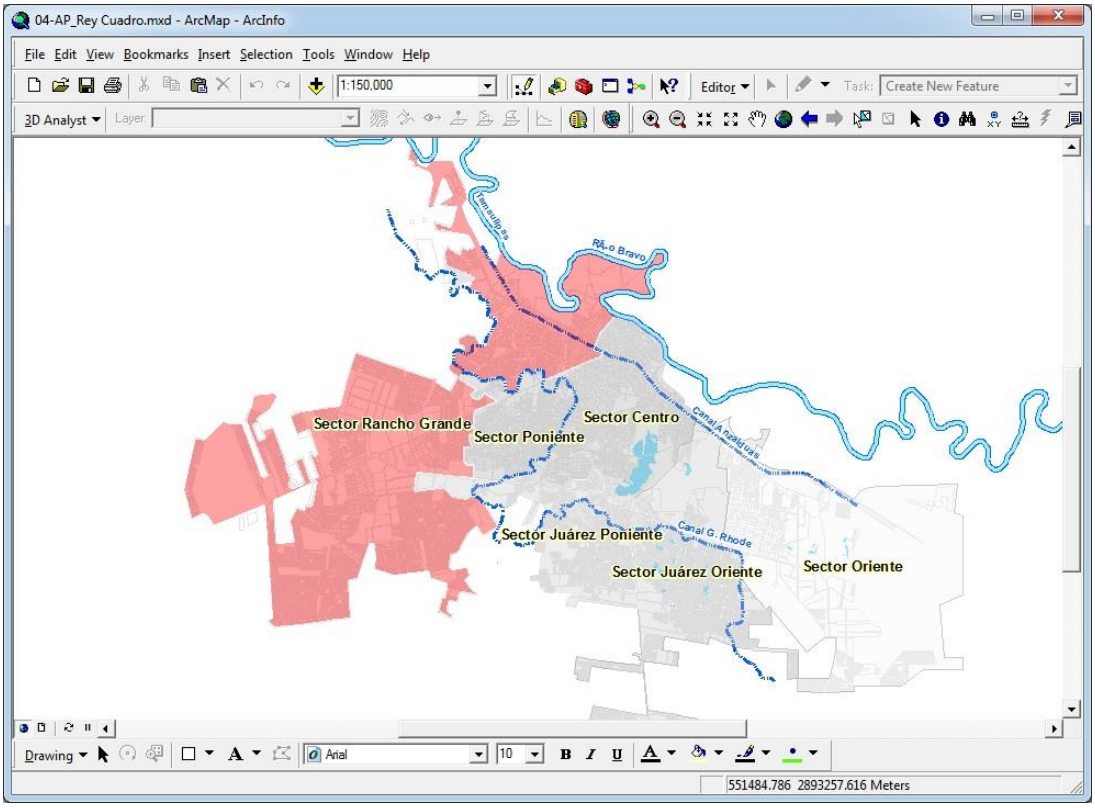


Figura 280. Sector de distribución Rancho Grande.

Zona Norte. Línea de conducción a la Planta Potabilizadora Rancho Grande.

De la Obra de Toma Rhode – Rancho Grande se tendrá una línea de conducción de PVC de 36” de diámetro hacia la Planta Potabilizadora, con una longitud de 416 m. A partir del tanque de agua clara se tendrá una planta de bombeo y una línea de conducción de 24” de diámetro, con una longitud de aproximadamente 35 m al primer tanque del sector Rancho Grande, que tendrá una altura de 25 m del piso a la base del depósito. El tanque estará ubicado en el predio de la misma planta potabilizadora. El gasto máximo diario con el que se propone esta línea de conducción es de 418.5 l/s, correspondiente a la demanda que se atenderá con este primer tanque en este sector. Para seleccionar el equipo de bombeo se generó en primera instancia la curva del sistema, que se muestra en la siguiente figura.

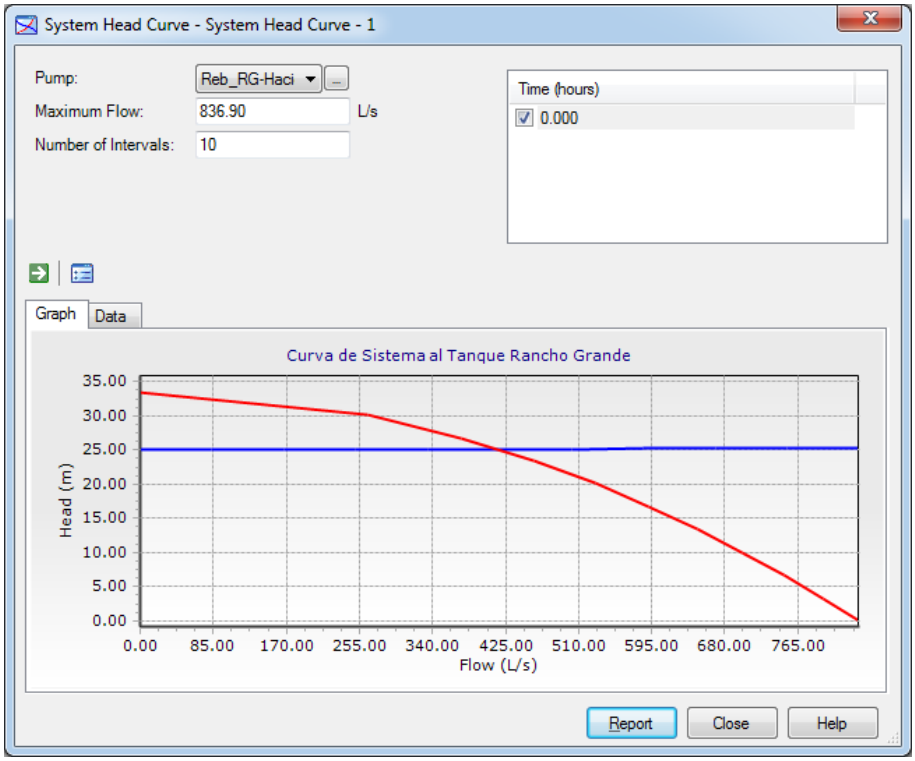


Figura 281. Curva del sistema, línea de conducción al Tanque Rancho Grande.

En la figura anterior puede observarse la curva del sistema, en forma ascendente, pues entre más caudal se hace circular por el sistema, mayores son las pérdidas de energía que se generan. En el mismo gráfico se observa la curva de la bomba y el punto de cruce con la curva del sistema es en el punto donde se tiene el gasto de diseño, que corresponde a los 418.5 l/s de gasto máximo diario, mientras que la carga de diseño, H=25.08 m. Para las propuestas de equipos de bombeo nuevos se estará usando una eficiencia del 70%, por lo tanto, para calcular la potencia del equipo de bombeo, se tiene la fórmula:

$$P = \frac{\rho g Q H}{\eta} = 264 kW = 197 HP$$

Donde:

P = Potencia, en watts

ρ = Densidad del fluido, 1,000 kg/m^3

g = Constante gravitacional, 9.81 m/s^2

Q = Gasto de diseño, 418.5 l/s

H = 25.08 m

η = 70 %

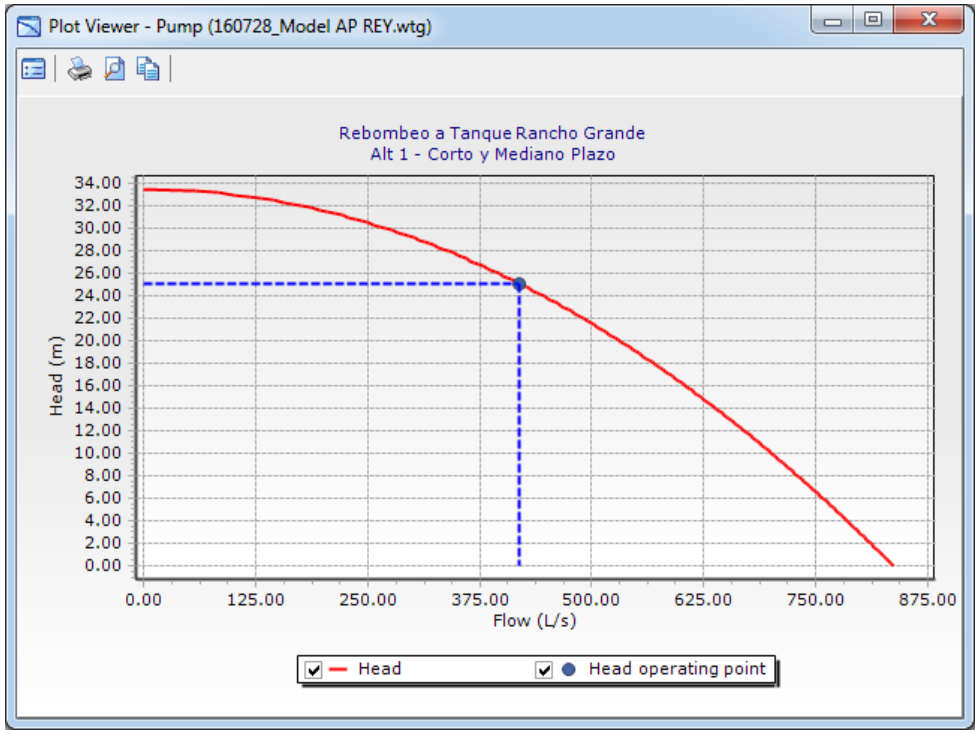


Figura 282. Curva de la bomba de la línea de conducción al Tanque Rancho Grande.

La línea de conducción, al fluir con el caudal de diseño presenta una velocidad de 1.43 m/s y un gradiente de pérdidas de 2.2 m/km, con lo que al final del recorrido se generan 0.05 m de pérdidas de energía por fricción.

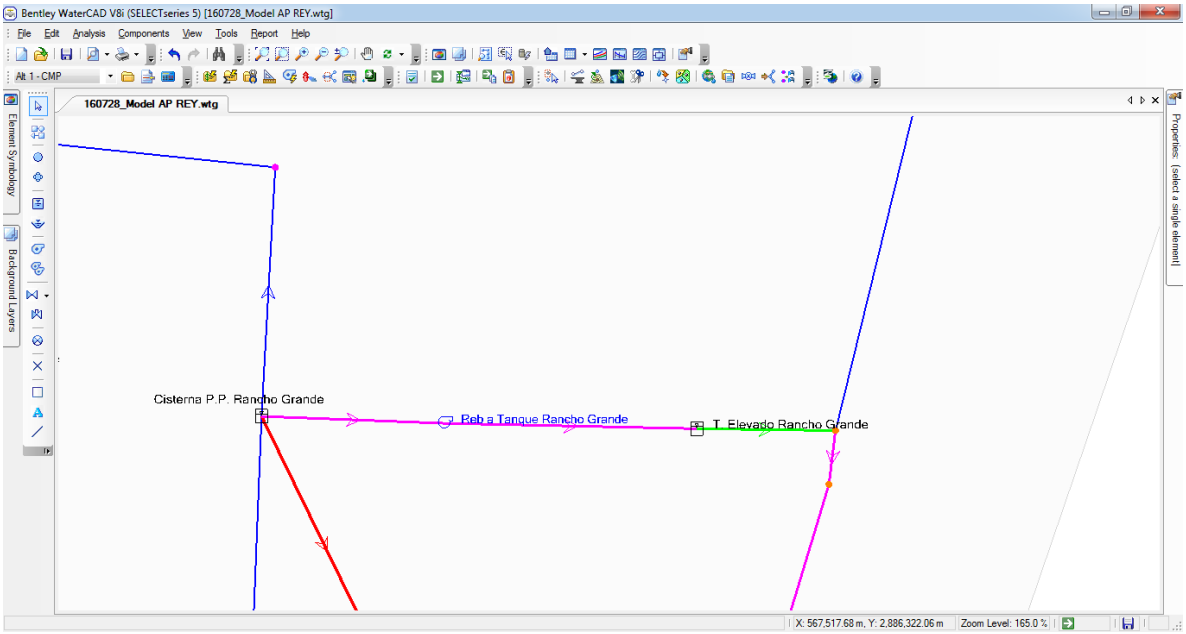


Figura 283. Línea de conducción al Tanque Rancho Grande.

Red de distribución del Tanque Rancho Grande.

La red de distribución del Tanque Rancho Grande comienza con una línea nueva de PVC de 30” de diámetro y 11 m de longitud que se conectará con dos líneas existentes: una que va hacia el norte, con 12” de diámetro que se dirige hacia la zona de Las Haciendas y la otra línea es de 18” y se dirige hacia el sur. Este tubo se tendrá que cambiar por tubo nuevo de PVC de 24” de diámetro.

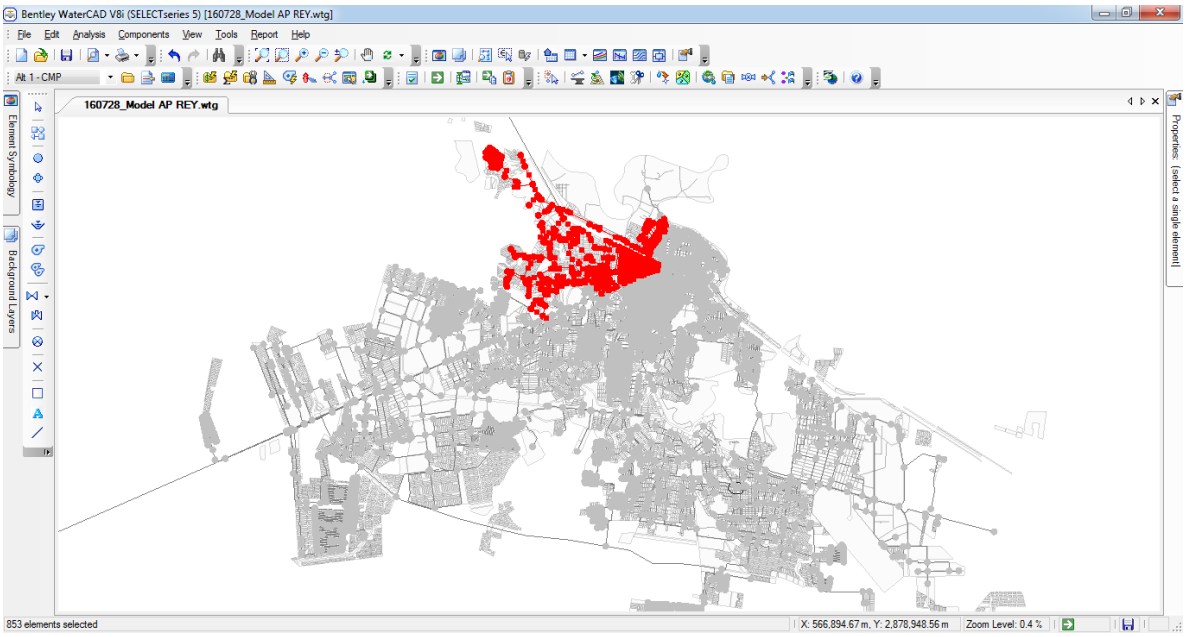


Figura 284. Zona de cobertura del Tanque Rancho Grande.

Las presiones que se presentan en la red que se abastece del tanque Rancho Grande se mantienen entre los 10 y los 38 metros de columna de agua, y en el siguiente gráfico se muestra la distribución de presiones.

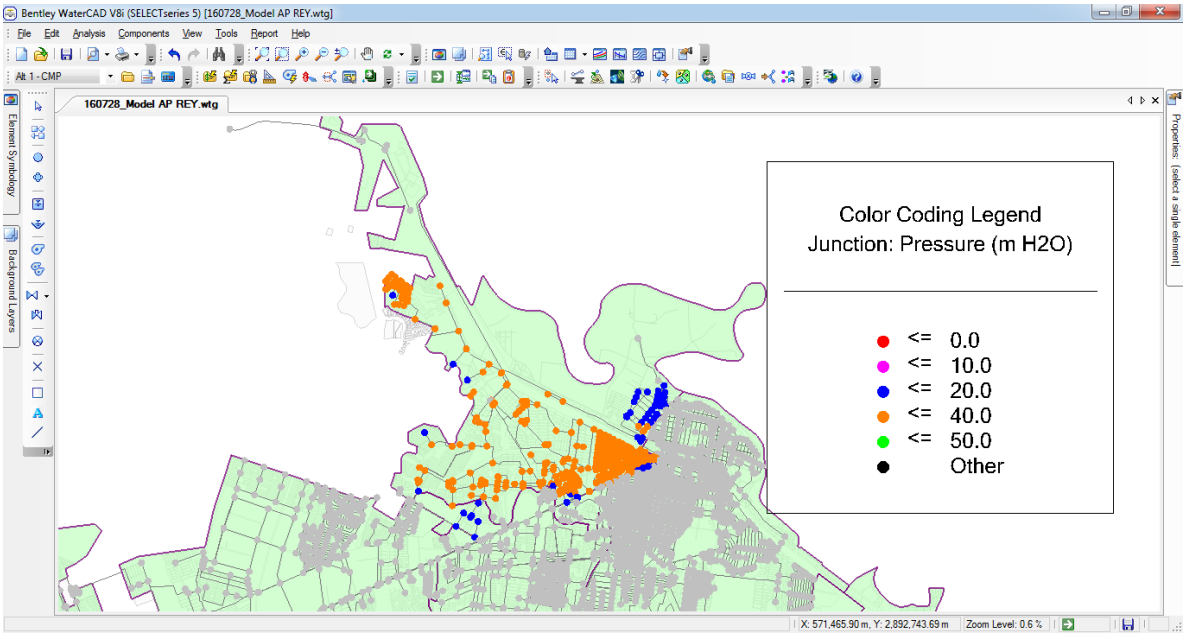


Figura 285. Distribución de presiones en área del Tanque Rancho Grande.

Para lograr que las presiones se mantuvieran entre los 10 y los 38 metros de columna de agua en la red de distribución del Tanque Rancho Grande, tienen que reforzarse algunos tramos de tubería, con un incremento en su sección o diámetro para disminuir las pérdidas por fricción.

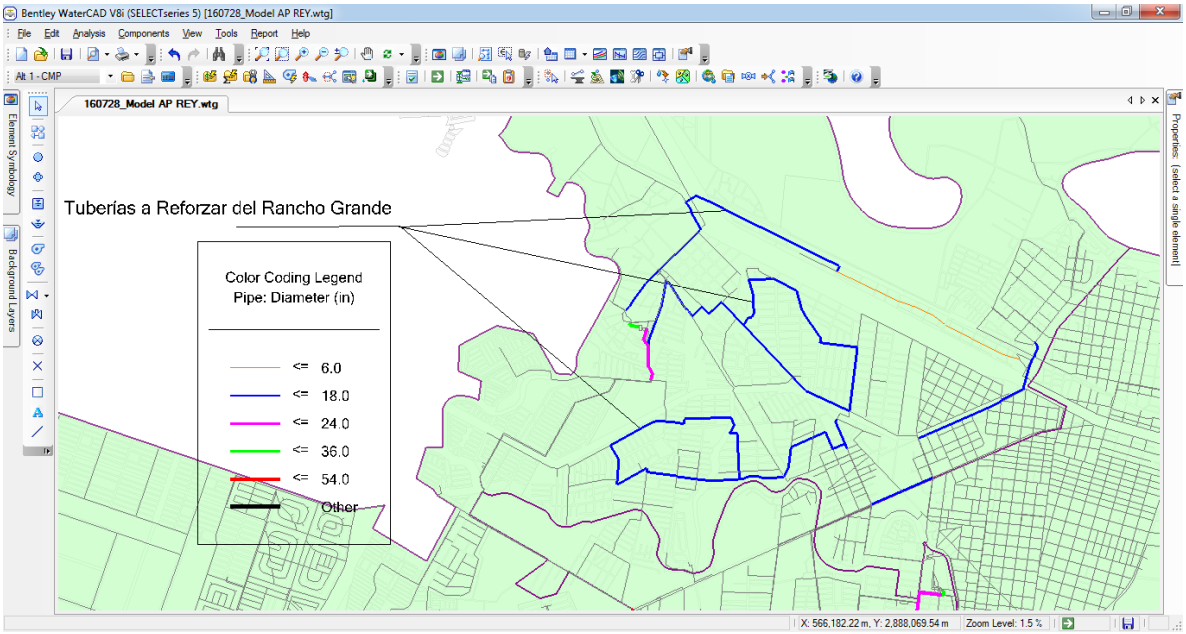


Figura 286. Tuberías a reforzar en sector del Tanque Rancho Grande.

Válvulas de corte o de seccionamiento del sector del Tanque Rancho Grande.

Para aislar hidráulicamente el sector del Tanque Rancho Grande, será necesario cerrar 16 válvulas de corte en la zona sur, que colinda con el sector Centro.

Tabla 197. Válvulas para aislar el sector de Tanque #1.

Válvula	Sector Colindante	Ubicación
1 y 2	Sector Centro	Carretera Federal 40 y Corregidora (2 válvulas)
3		Carretera Federal 40 y Lucio Blanco
4 y 5		Carretera Federal 40 y José de Escandón y Herrera (2 válvulas)
6		Carretera Federal 40 e Ignacio Zaragoza
7		Carretera Federal 40 y Río Purificación
8		Carretera Federal 40 y Río Bravo
9		Carretera Federal 40 y Río Salinas
10		Carretera Federal 40 y Primero de Mayo
11		Tiburcio Garza Zamora y Occidental
12		Tiburcio Garza Zamora y Luis Echeverría
13		Luis Echeverría y Francisco Villa
14		Mariano Matamoros y Emiliano Zapata
15		Ignacio Allende y Emiliano Zapata
16		Carretera Federal 40 y Corregidora

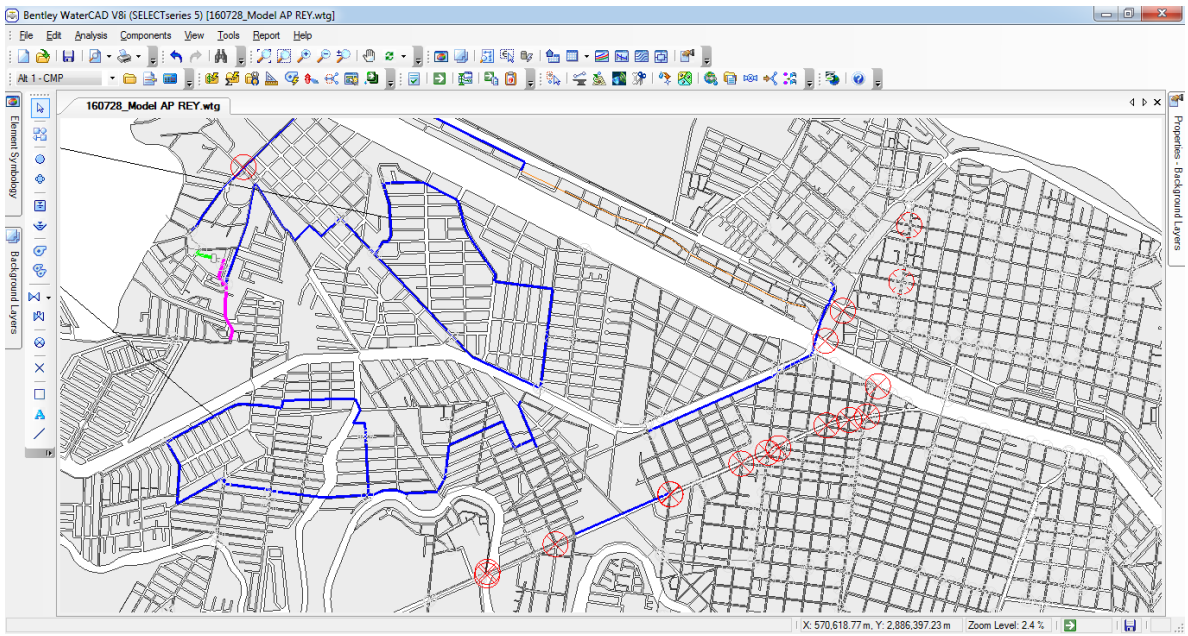


Figura 287. Válvulas para aislar hidráulicamente el sector del Tanque Rancho Grande.

Con estas disposiciones y propuestas de mejora, el sector del Tanque Rancho Grande estará contando con únicamente una estación de bombeo y se estarán desincorporando la estación de bombeo Rancho Grande que actualmente conduce agua cruda a la Planta Potabilizadora Rancho Grande.

El Tanque Rancho Grande estará ahora suministrando agua al 9.7% de las demandas generada de la red de distribución de la ciudad de Reynosa.

Sector de Rancho Grande (zona Sur)

El sector de distribución Rancho Grande para la zona sur comienza con una línea de conducción que sale del tanque de aguas claras de la planta potabilizadora y lleva el agua hasta el tanque 1 de Jarachina.

Línea de conducción.

La línea tiene una longitud de aproximadamente 8.64 kilómetros y se propone de PVC de 42” de diámetro. El gasto máximo diario que conduce es de 1,053.40 l/s y una carga de diseño H = 21.93 m. El primer tramo de tubería, de aproximadamente 4.6 km se proponen con tubería nueva y al llegar a la carretera estatal se propone reforzar la tubería existente hasta llegar al tanque 1 de la estación de bombeo Jarachina.

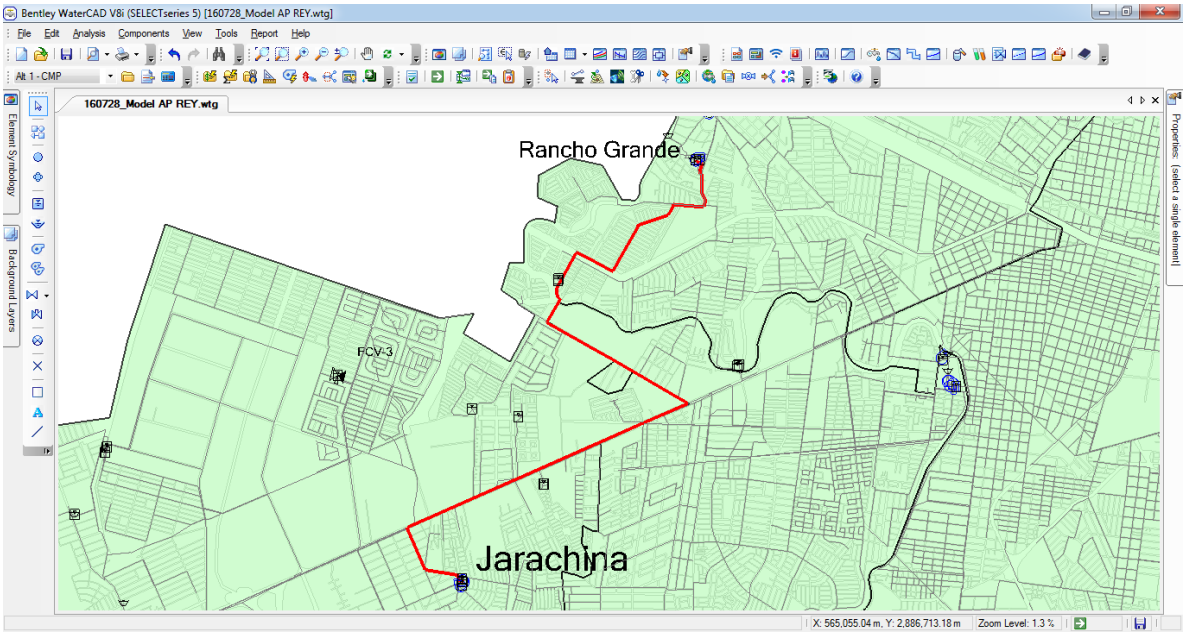


Figura 288. Línea de conducción Rancho Grande - Tanque 1 Jarachina.

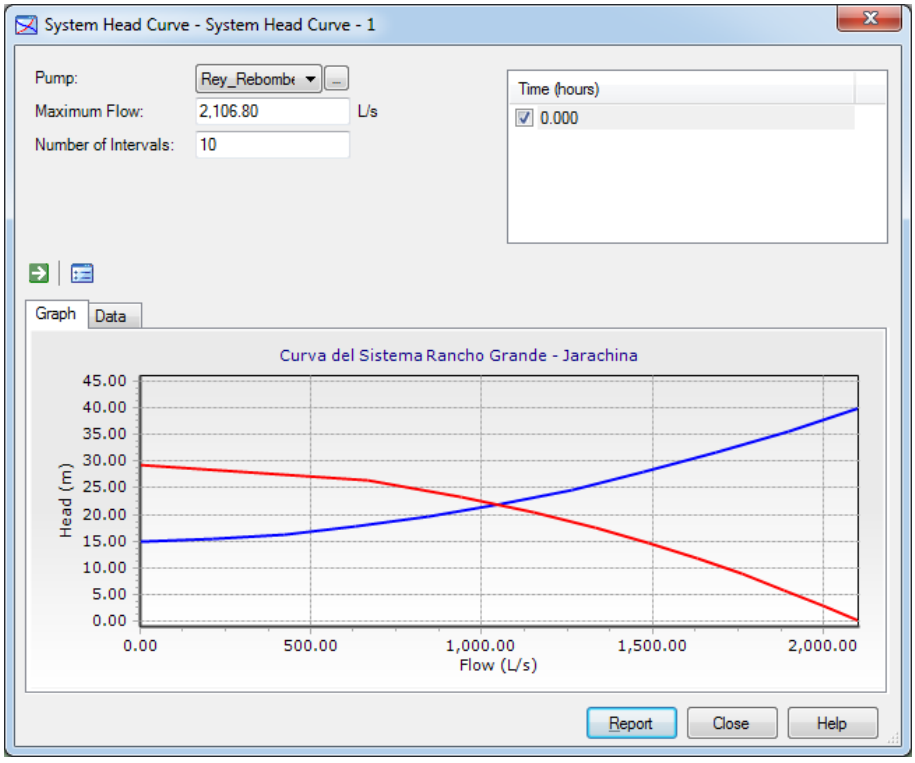


Figura 289. Curva del sistema Rancho Grande – Tanque 1 Jarachina.

El punto de diseño para la bomba de la línea de conducción al Tanque 1 Jarachina corresponde a un caudal Q = 1,053.40 l/s y una carga de diseño H = 21.93 m. Con una eficiencia del 70% y con el punto de diseño, se tienen una potencia teórica de la estación de bombeo:

$$P = \frac{\rho g Q H}{\eta} = 323.74kW = 434HP$$

Donde:

P = Potencia, en watts

ρ = Densidad del fluido, 1,000 kg/m^3

g = Constante gravitacional, 9.81 m/s^2

Q = Gasto de diseño, 1,053.40 l/s

H = 21.93 m

η = 70 %

Y la curva de operación de la bomba es como se muestra en la siguiente figura.

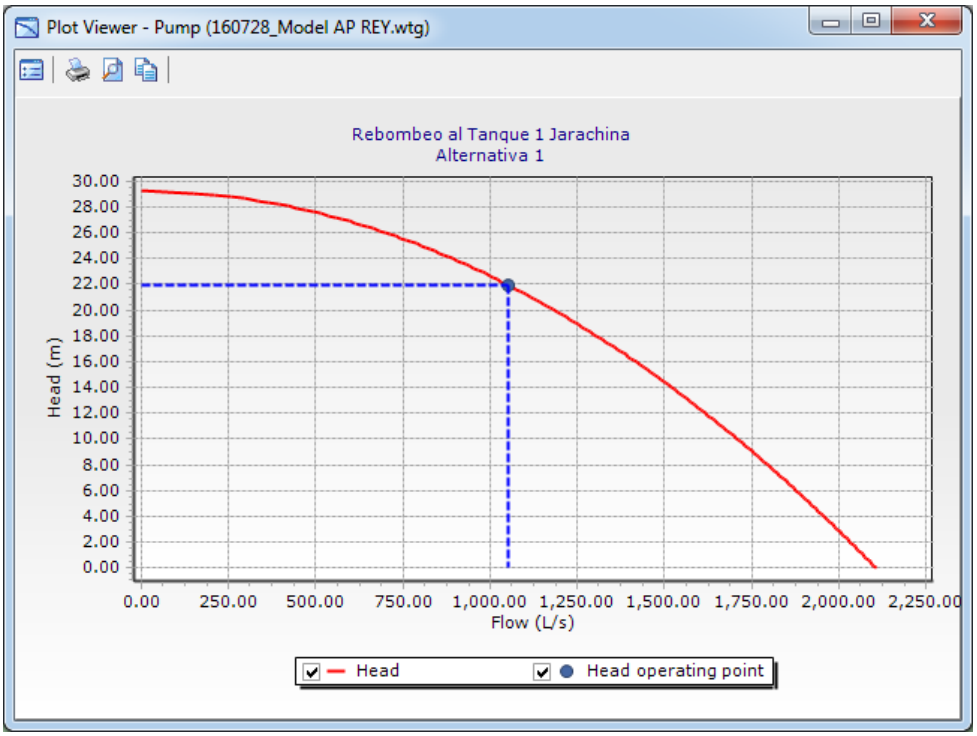


Figura 290. Curva de la bomba de la línea de conducción al Tanque Jarachina.

Le estación de rebombeo Jarachina tiene actualmente 3 tanques e igual número de estaciones de rebombeo que envían el agua hacia diferentes partes de la Red. En la Alternativa 1 se estará sacando de operación la casa de rebombeo #3, pero las otras 2 estarán cumpliendo una función diferente a la que desempeñan el día de hoy.

El rebombeo del Tanque 1 Jarachina, que en condiciones actuales enviaba el agua hacia la estación de rebombeo Granjas, ahora en esta Alternativa 1 el rebombeo Granjas se propone sacarlo de operación, por lo tanto las bombas que toman el agua del tanque 1 estarán suministrando agua a los tanques La Cima y

Rincón del Valle y las demandas ubicadas al sur de la carretera estatal pertenecientes al sector Rancho Grande, tal como se puede apreciar en la siguiente figura.

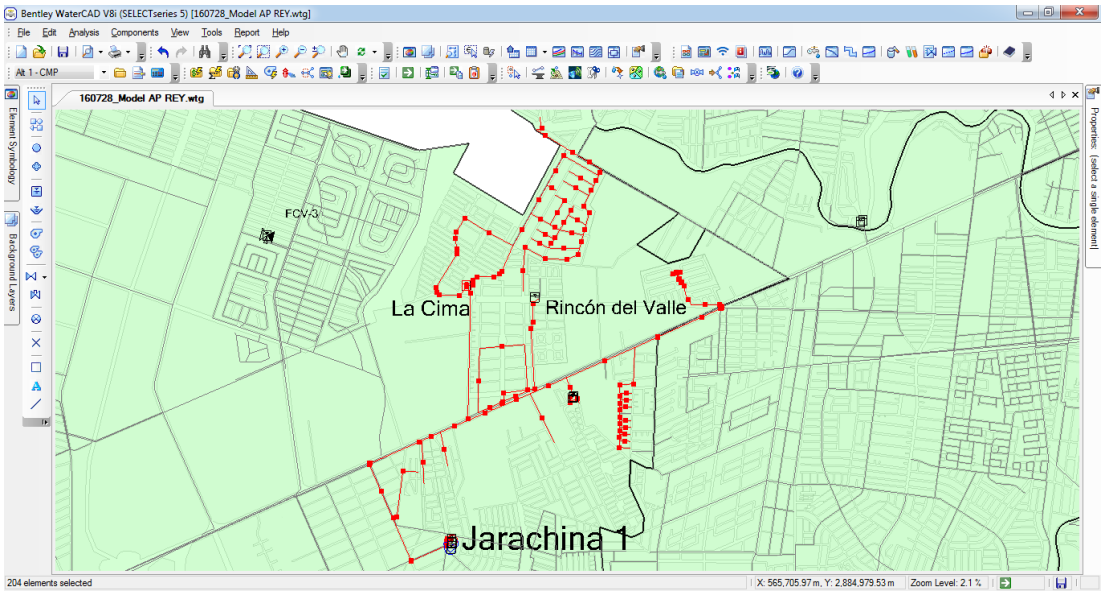


Figura 291. Sistema aguas abajo del rebombeo del Tanque 1 Jarachina.

Por otro lado, el rebombeo del Tanque 2 Jarachina, que actualmente inyecta agua directamente a la red, en esta Alternativa 1 estará bombeando agua directamente al Macro Tanque Los Fresnos.

El Macro Tanque Los Fresnos está ubicado al noroeste de la ciudad de Reynosa, donde la cota de desplante es la 92 msnm y con una altura de 30 m, medidos hasta la base del depósito. Desde este tanque se estarán cubriendo el resto de las demandas del sector Rancho Grande, así como brindando apoyo en caso de ser necesario a los sectores Poniente y Juárez Poniente. Esta flexibilidad en la operación del sistema ofrecerá una mayor cobertura en caso de una eventualidad que pueda ocurrir en la Potabilizadora Pastor Lozano.

La longitud de la línea de conducción de Jarachina Tanque 2 hasta el Macro Tanque Los Fresnos es de aproximadamente 9,600 metros, con diámetro de PVC de 42”. El caudal a conducir corresponde a un gasto máximo diario de 956.86 l/s con una carga de 65.55 m

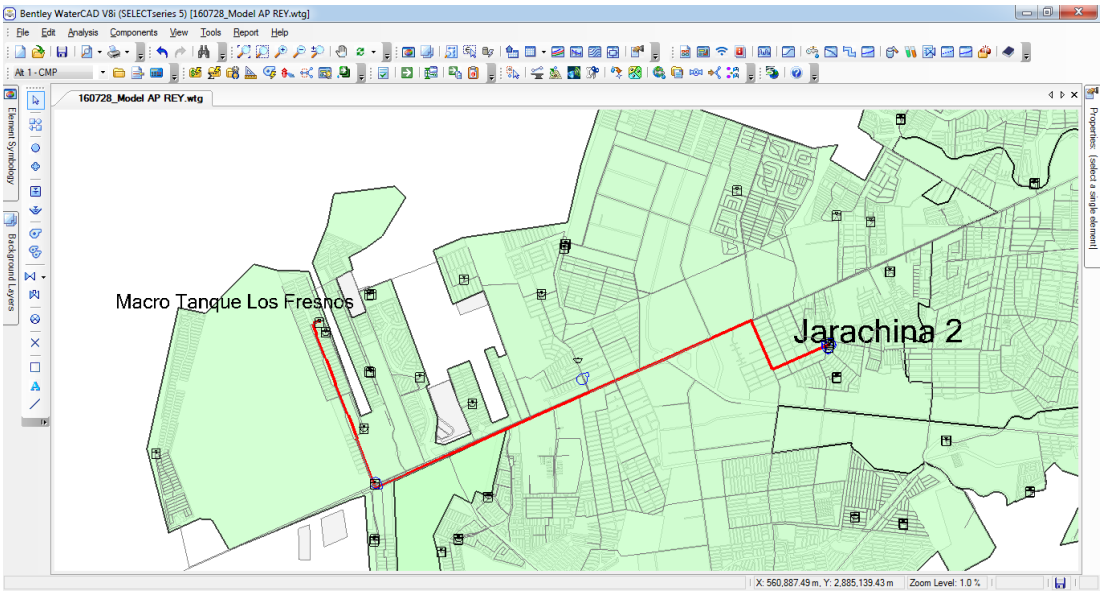


Figura 292. Línea de conducción al Macro Tanque Los Fresnos.

Para la selección del equipo de bombeo se elaboró la curva del sistema. En el mismo gráfico se cruzan ambas curvas, la del sistema y la de la curva carga contra caudal de la bomba.

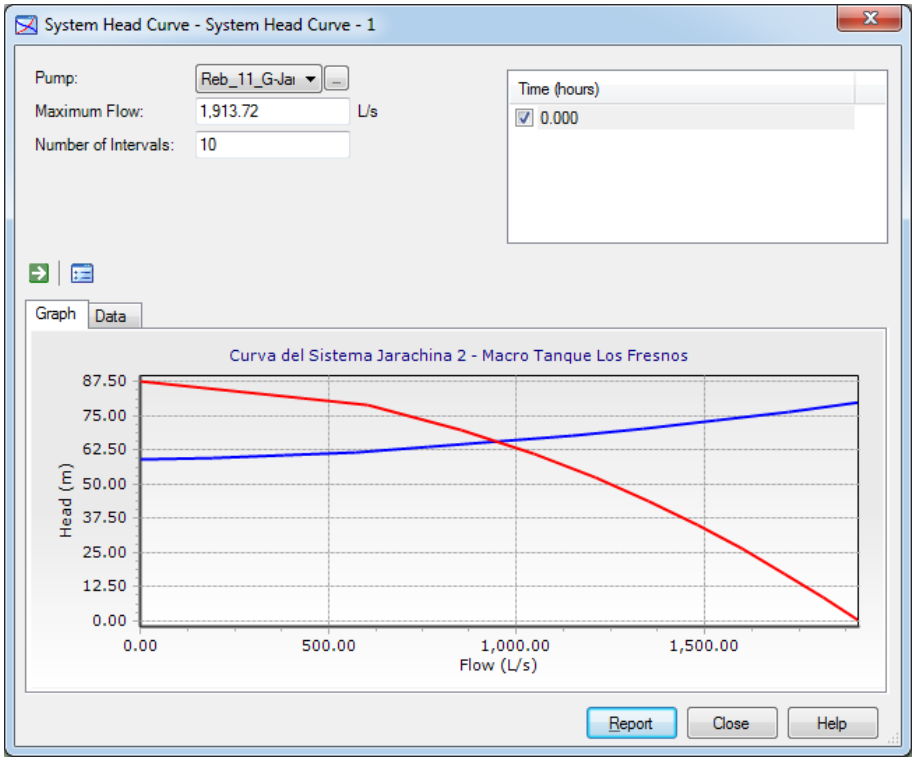


Figura 293. Curva del sistema, línea de conducción al Macro Tanque Los Fresnos.

El punto de diseño para la bomba de la línea de conducción al Macro Tanque Los Fresnos corresponde a un caudal Q = 956.86 l/s y una carga de diseño H = 65.55 m. Con una eficiencia del 70% y con el punto de diseño, se tienen una potencia teórica de la estación de bombeo:

$$P = \frac{\rho g Q H}{\eta} = 879.01 kW = 1{,}178 HP$$

Donde:

P = Potencia, en watts

ρ = Densidad del fluido, 1,000 kg/m^3

g = Constante gravitacional, 9.81 m/s^2

Q = Gasto de diseño, 956.86 l/s

H = 65.55 m

η = 70 %

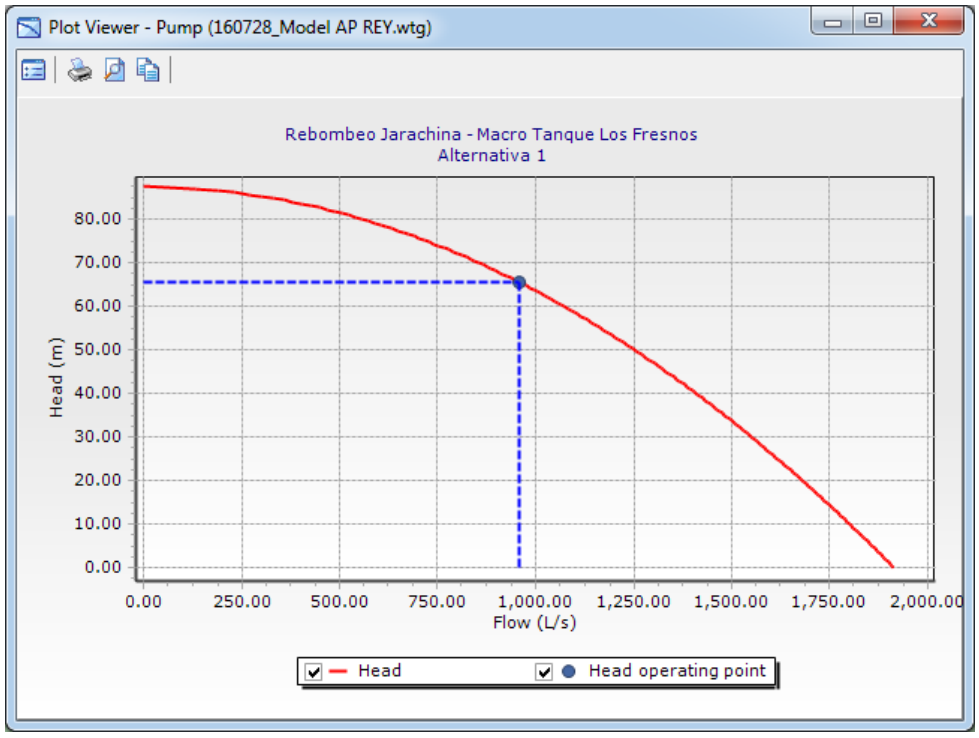


Figura 294. Curva de la bomba de la línea de conducción al Macro Tanque Los Fresnos.

Acuaférico, a partir del Macro Tanque Los Fresnos hacia la zona Norte.

El acuaférico es una línea que conduce agua desde el Macro Tanque Los Fresnos hasta una serie de tanques estratégicos ubicados en la zona Noroeste y Suroeste de la ciudad de Reynosa. El objetivo de esta línea de

conducción es distribuir el agua en esta parte de la ciudad, de una forma directa y alimentar a los tanques que abastecen ciertos sectores de la red de distribución.

Hacia la zona norte, el acuaférico alimenta los tanques Los Pinos, Unidad y Esfuerzo, Villa Florida y Vista Hermosa.

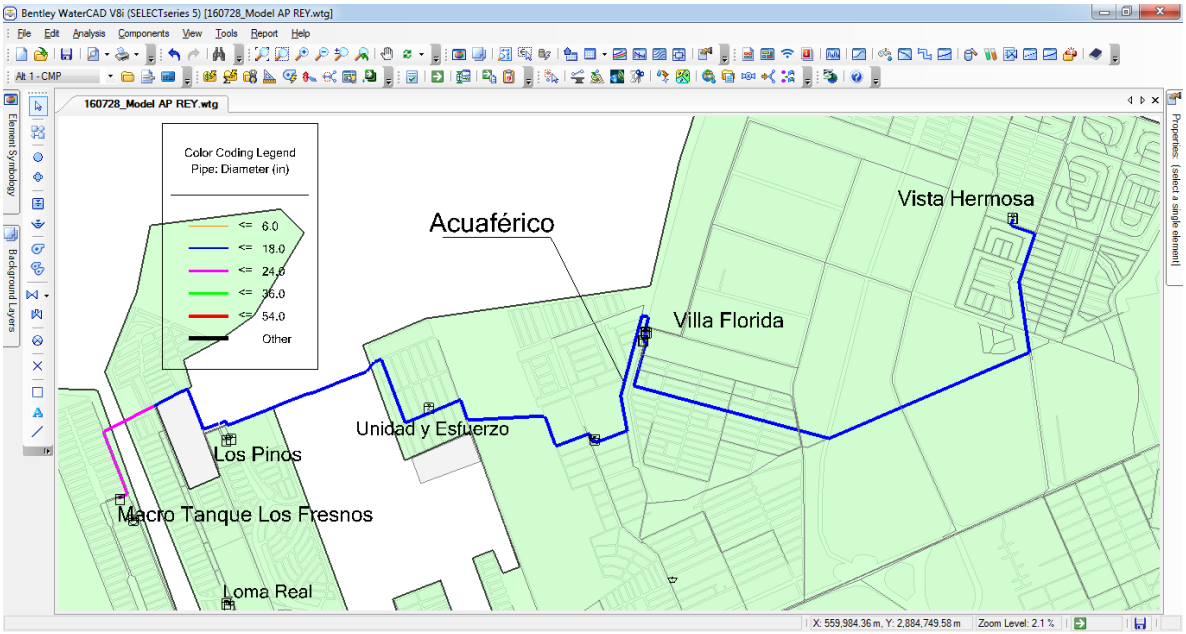


Figura 295. Acuaférico Norte, desde Macro Tanque Los Fresnos hasta Vista Hermosa.

El Macro Tanque Los Fresnos tiene dos salidas: Una hacia el norte y una hacia el sur. La salida hacia el norte se le ha denominado Acuaférico Norte y comienza con una tubería de PVC de 20 pulgadas de diámetro y una longitud de aproximadamente 843 m, hasta el crucero donde se tiene la primer derivación a tanque que es el de Loma Real. En este cruce se propone una válvula sostenedora de presión, configurada para sostener una presión hacia la derivación de 37 mca. A partir de esta derivación, el acuaférico reduce su diámetro a 18" y continúa en PVC, por 596 m hasta llegar al punto de derivación al tanque Los Pinos, donde también se está proponiendo colocar una válvula sostenedora de presión. A partir de este crucero, el acuaférico reduce nuevamente su diámetro a 14" y sigue por una longitud de 1,740 m hasta llegar a la derivación al tanque Unidad y Esfuerzo, donde se propone colocar su respectiva válvula sostenedora de presión. Desde el disparo al tanque Unidad y Esfuerzo hasta la siguiente derivación a red son 1,240 m y desde este crucero hasta la llegada al tanque Villa Florida son 1,215 m. Este tanque está actualmente fuera de operación y se propone la construcción de un tanque nuevo, de 15 m de altura. Se propone también la instalación de una válvula sostenedora de presión, que permita primero llenar el tanque y después el agua pueda continuar hacia el siguiente tanque que es el de Vista Hermosa.

En las instalaciones del tanque Villa Florida se tienen que realizar una serie de ajustes con válvulas de seccionamiento para evitar el ingreso a las cisternas y tanque existentes y direccionar el agua hacia el siguiente punto de entrega que es el tanque Vista Hermosa.

Del crucero de la derivación al Tanque Villa Florida hasta el tanque Vista Hermosa se tiene una longitud de 3,990 m de tubería, aproximadamente. Estas son tuberías existentes. Actualmente el tanque Vista Hermosa

es abastecido a través de su cárcamo que a su vez recibe el agua de la estación de Bombeo en Jarachina, pero en la alternativa 1 el agua vendrá del Macro Tanque Los Fresnos.

Acuaférico, a partir del Macro Tanque Los Fresnos hacia la zona Sur.

El acuaférico sur es una línea de conducción de PVC, que fluye a gravedad y que inicia en el Macro Tanque Los Fresnos. Tiene una longitud de aproximadamente 18.58 kilómetros con diámetros desde 12” hasta 54”. Cuenta también con 4 válvulas sostenedoras de presión, ubicadas en los cruceros donde se tienen derivaciones a la red o a tanques receptores.

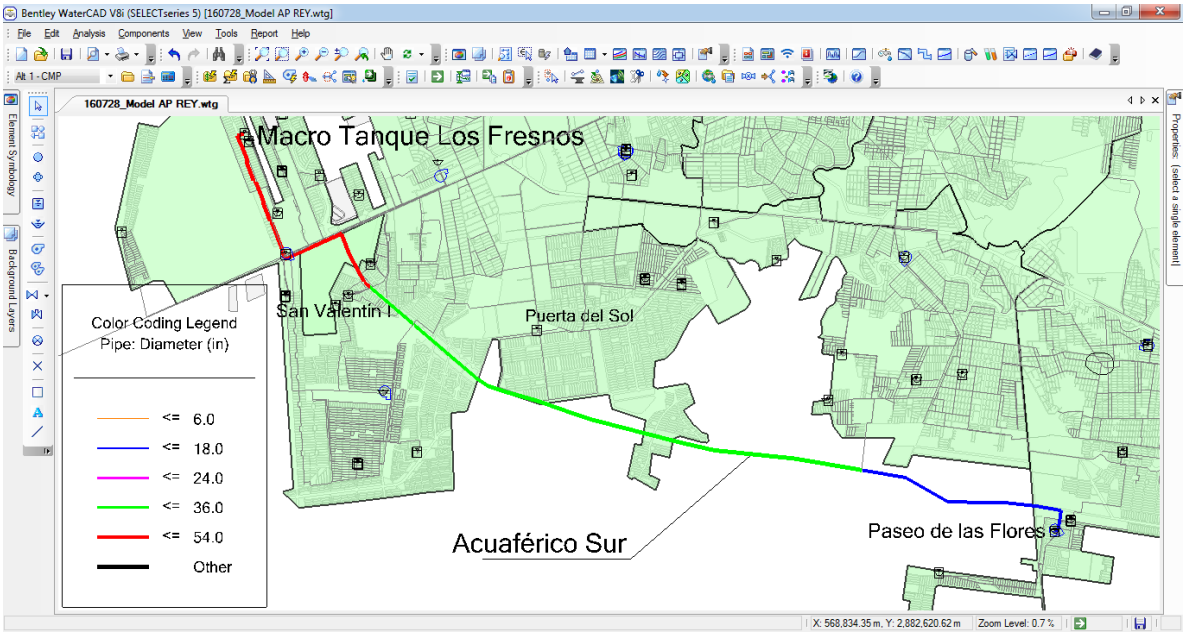


Figura 296. Acuaférico Sur, desde Macro Tanque Los Fresnos hasta Paseo de las Flores.

El acuaférico en su salida hacia el sur, comienza con una tubería de 54” de PVC que baja por la avenida Paseo de Los Fresnos con una longitud de 2,488 m hasta la Carretera Federal 40 donde tiene dos conexiones, la primera con la línea existente de 16” de diámetro y después de este crucero, el acuaférico reduce su diámetro de 54” a 42” para llegar a la segunda conexión, que es un tubo nuevo de PVC de 12” que hacia el tanque San Valentín I. El acuaférico continúa por la carretera federal hacia el Este, para incorporarse al viaducto hasta llegar al crucero con la calle Hacienda Las Bugambilias, donde se conecta con tubo de 12” existente. Sobre el tubo del acuaférico se propone la instalación de una válvula sostenedora de presión, para garantizar que el agua ingrese a este sector antes de que se “descuelgue” hacia la zona sur de la ciudad. La derivación hacia el noreste es para llevar el agua hasta el tanque Bugambilias 1, y al suroeste se lleva el agua al tanque Bugambilias 2.

A partir de este crucero el acuaférico reduce su diámetro a 36”, y 1,014 m más adelante continuando por Viaducto, se llega a la Av. Tamaulipas donde se conecta con tubo existente de 16” de diámetro. En este punto, el acuaférico vuelve a reducir su diámetro a 30” y continúa por una longitud de 1,506 metros hasta llegar al cruce donde se propone una derivación nueva desde donde se le entrega agua a un tanque nuevo propuesto, llamado Puerta del Sol mediante un tubo de PVC de 12” de diámetro de 1,592 m. Esta derivación continúa por otros 2,958 m en PVC de 12” hasta llegar al tanque existente Puerta del Sol II.

Hasta este punto, el acuaférico está entregando agua en el sector Rancho Grande, pero a partir de este crucero, el acuaférico se vuelve en un elemento que proporciona flexibilidad a la distribución ya que se está proponiendo llevarlo hasta el tanque Paseo de las Flores, pasando antes por una derivación al tanque nuevo propuesto llamado Juárez Poniente. Estos tanques podrán ser alimentados por el acuaférico pero sólo en caso de emergencia o contingencia, o bien en caso de que la Planta Potabilizadora Pastor Lozano tenga que ser detenida por cualquier motivo.

Este tramo auxiliar o de emergencia del acuaférico tiene una longitud total de 11,313 m, de los cuales 7,113 m son tubería con diámetro de 30” y llega hasta la derivación al sector Juárez Poniente. Después de este crucero, el diámetro se reduce a 12” y con una longitud de 4,200 m se llega al Tanque Paseo de las Flores.

Las presiones resultantes en el sector Rancho Grande oscilan entre los 10 mca y los 54 mca. Las presiones bajas se registran en zonas cercanas a los tanques mientras que las presiones altas se ubican cerca de las estaciones de bombeo. En la figura siguiente se ilustran las presiones en los nodos del sector Rancho Grande.

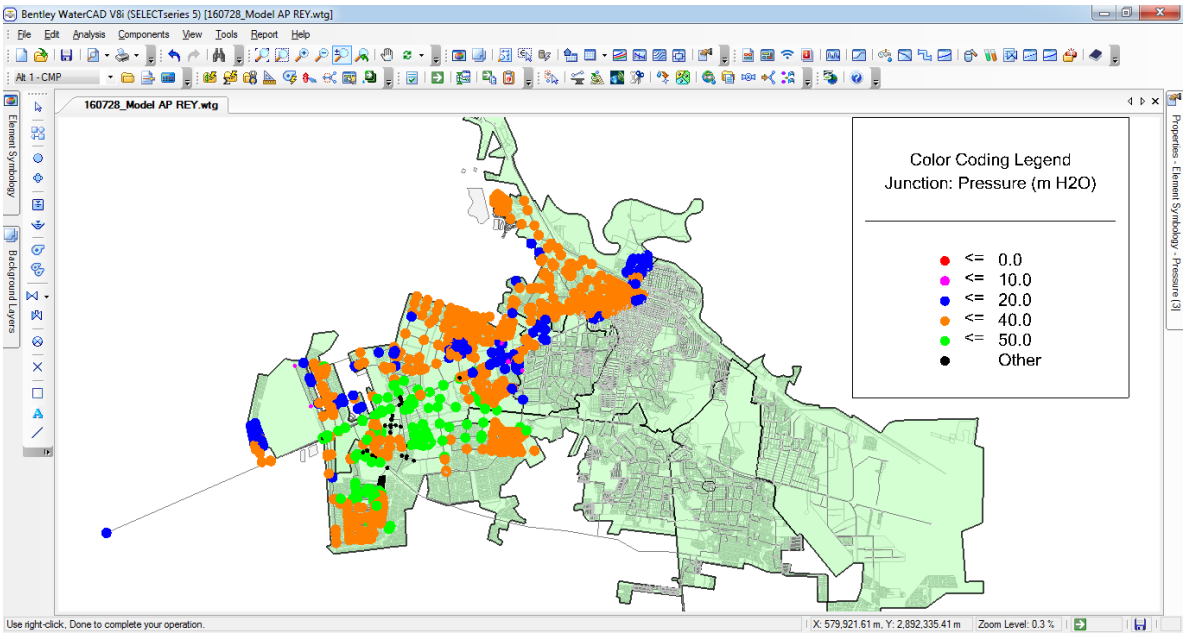


Figura 297. Presiones en los nodos del sector Rancho Grande.

La mayor parte de las presiones del sector Rancho Grande, se presentan entre los 20 y los 40 metros de columna de agua, pero también existen puntos en donde la presión es cercana a los 10 mca ubicados cerca de los tanques.

Sector Poniente

La zona de influencia del sector de distribución de agua llamado “Poniente” alcanza una extensión de 1,042 hectáreas, representando para las condiciones actuales y a mediano plazo un 4.6% del total del área con cobertura de abastecimiento en la ciudad. La población que se abastece en el sector Poniente es de 67,998 habitantes, correspondiente a un 10.5% de la población total de la ciudad de Reynosa.

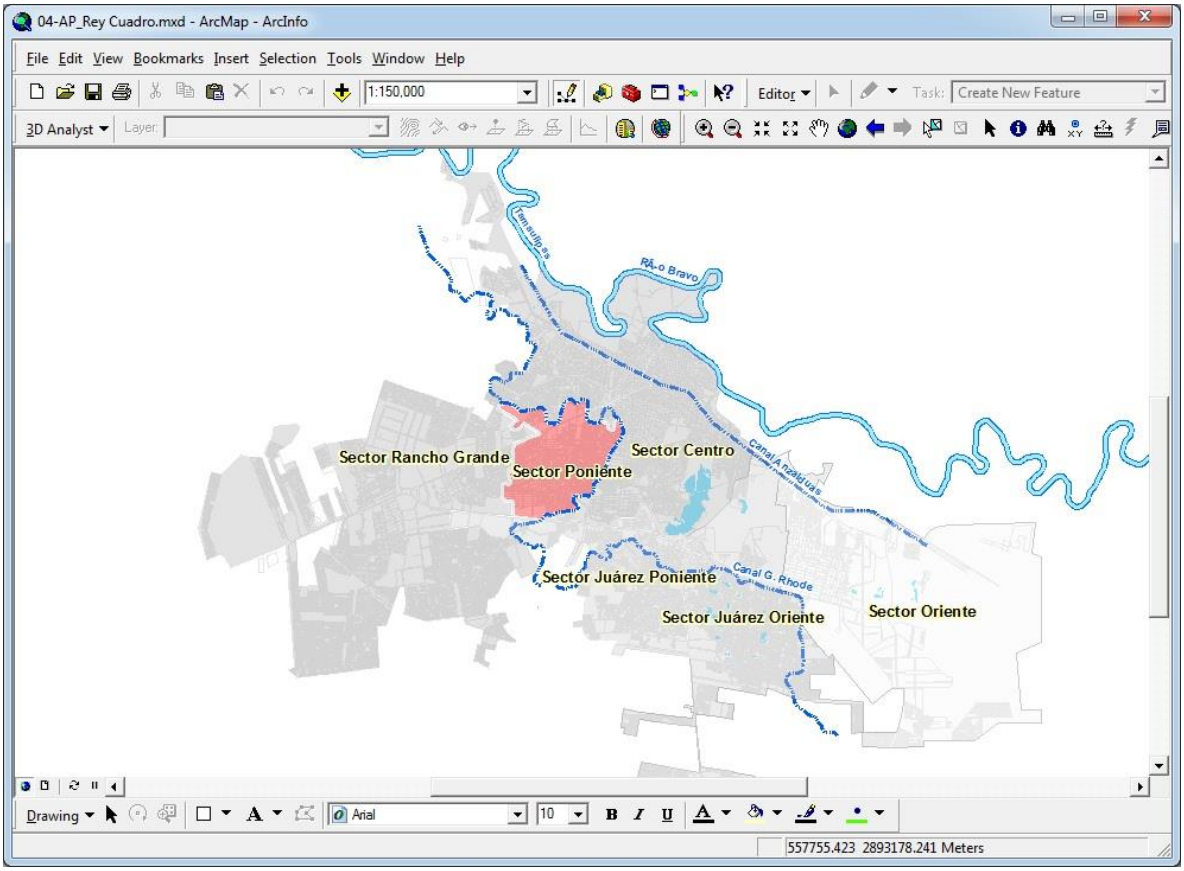


Figura 298. Sector de distribución Poniente.

Este sector es alimentado desde la Planta Potabilizadora Pastor Lozano, mediante el Rebombeo 6 (bomba No. 4), que envía el agua al tanque existente que se tendrá que habilitar para ponerlo en operación. El tanque se ha propuesto con una altura de 35 m y una capacidad de 4,000 m^3, considerando un bombeo de 24 horas al día, y una curva de demandas típica, tomada del manual de agua potable y alcantarillado de la CONAGUA.

Con la estructura de regulación atendiendo las demandas del sector, las presiones quedan reguladas para que oscilen entre los 10 y los 40 mca.

Línea de conducción.

Para la selección del equipo de bombeo, se construyó la curva del sistema, entre el rebombeo 6 y el tanque de almacenamiento. Esta línea de conducción existente tiene una longitud de aproximadamente 140 m y un diámetro de 24”. El gasto medio del sector Poniente es de 326.61 l/s, mientras que el gasto máximo diario, con el que se selecciona el equipo de bombeo es de 457.26 l/s. La carga de diseño corresponde a la altura topográfica entre la estación de bombeo y el tanque más las pérdidas por fricción entre estos dos puntos. Estos parámetros pueden observarse en la curva del sistema que se construyó y se muestra en la siguiente figura:

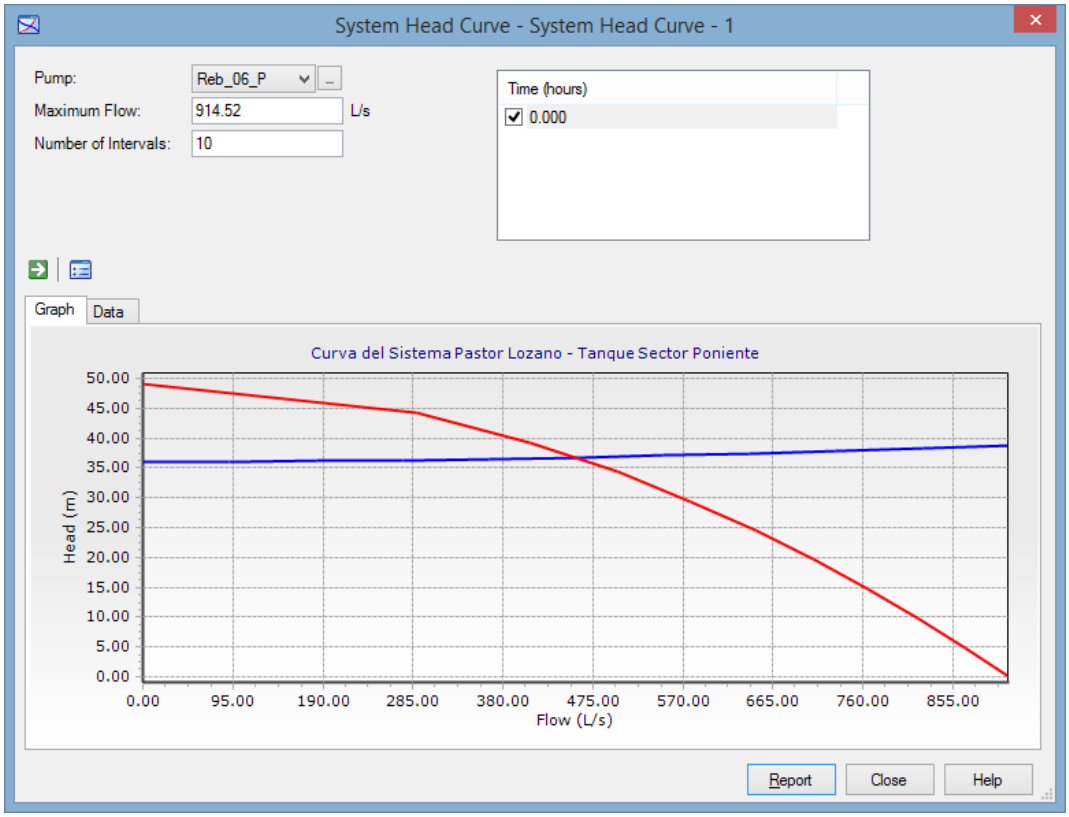


Figura 299. Curva del sistema, línea de conducción al Tanque Elevado Pastor Lozano.

El punto de diseño para la bomba de la línea de conducción al tanque elevado Pastor Lozano corresponde a un caudal Q = 457.26 l/s y una carga de diseño H = 36.77 m. Con una eficiencia del 70% y con el punto de diseño, se tienen una potencia teórica de la estación de bombeo:

$$P = \frac{\rho g Q H}{\eta} = 235.6kW = 316HP$$

Donde:

P = Potencia, en watts

ρ = Densidad del fluido, 1,000 kg/m^3

g = Constante gravitacional, 9.81 m/s^2

Q = Gasto de diseño, 457.26 l/s

H = 36.77 m

η = 70 %

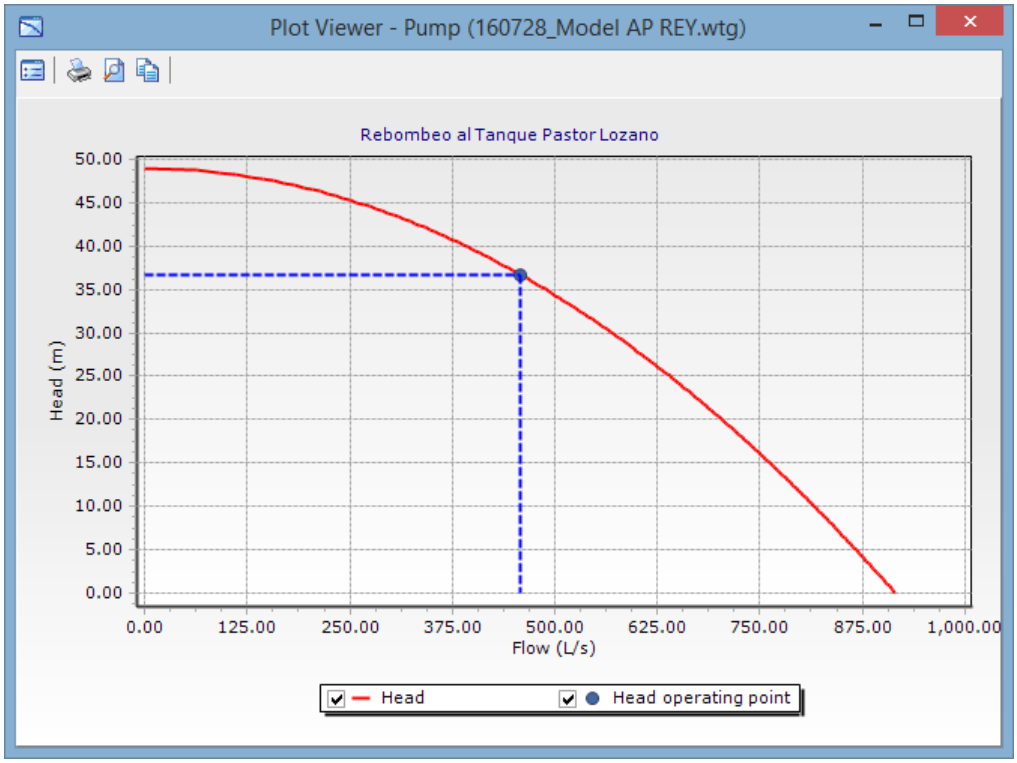


Figura 300. Curva de la bomba de la línea de conducción al Tanque Pastor Lozano.

La línea de conducción al tanque elevado Pasto Lozano conduce el gasto máximo diario, de 457.26 l/s y en la tubería de PVC de 24”, este caudal lleva una velocidad de 1.57 m/s, con un gradiente de pérdidas por fricción de 2.6 m/km. El tramo tiene una pérdida de energía de 0.31 m.

Red de distribución del sector Poniente.

La red de distribución del sector poniente comienza con un tubo de 30” de diámetro, existente en las condiciones actuales, que llega hasta el crucero de las calles Sierra de Tamaulipas y Sierra Guadalupe, donde se propone conectarse con la tubería de 18” existente. La longitud de red del sector es de 97.97 km de tuberías, de entre 3 y 30 pulgadas de diámetro. La velocidad máxima en el sector es de 1.67 m/s bajo las condiciones de gasto máximo horario.

Las presiones en los nodos del sector Poniente oscilan entre los 20 y los 40 metros de columna de agua, aunque se tienen algunos nodos al oeste con presiones entre los 10 y los 20 mca.

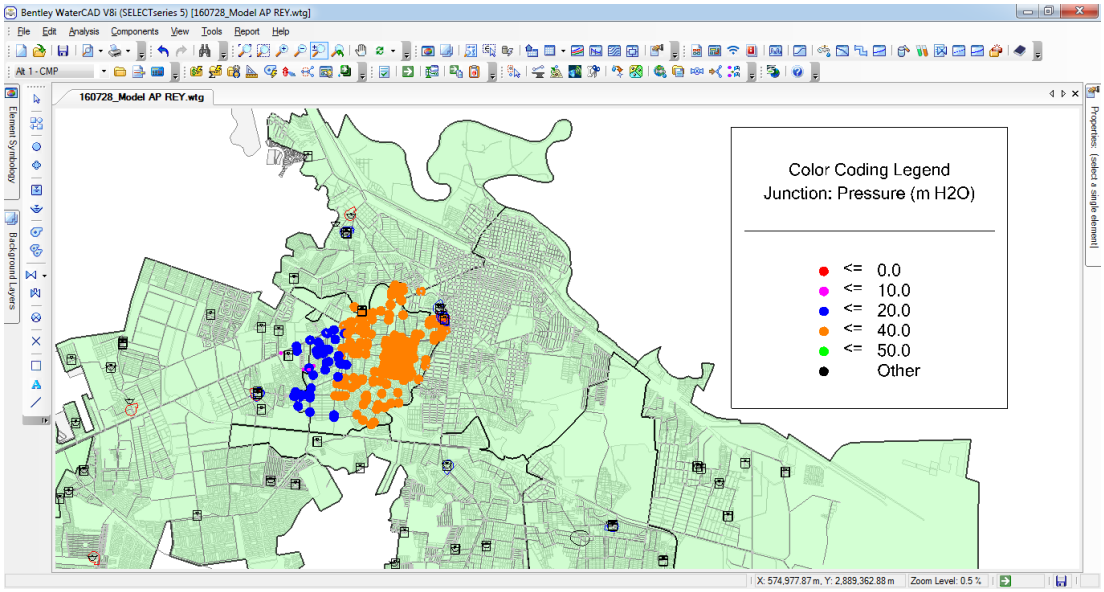


Figura 301. Presiones en los nodos del sector Poniente.

Como se ha mencionado, la Planta Potabilizadora Pastor Lozano se encuentra en el sector Poniente, y cuenta con cuatro casas de bombas. El rebombeo 6 (bomba No. 4) es la que se ha propuesto para abastecer al propio sector Poniente.

De las 4 casas de bombas, se está proponiendo deshabilitar el rebombeo 5, que es el que actualmente está alimentando al rebombeo Granjas, al que también se está planteando ponerlo fuera de operación.

El rebombeo 4 en condiciones actuales de operación está enviando el agua hacia la zona conocida como Pemex – Purificación.

Por otro lado, el rebombeo #3 actualmente puede inyectar agua a los sectores del Centro, Rancho Grande y Juárez Poniente, pero la propuesta de sectorización en la Alternativa 1 es que el rebombeo #3 únicamente alimente al sector centro. En el capítulo del sector centro se estará detallando esta información.

Sector Centro

El sector de distribución denominado “Centro” cuenta con una extensión territorial o área de influencia de 2,336 hectáreas, lo que significa un 10.2% de la superficie total de la zona con cobertura de abastecimiento de agua potable en la ciudad. Las demandas que son atendidas en el Sector Centro pertenecen a una población de 81,639 habitantes, correspondiente a un 12.6% de la población total de Reynosa.

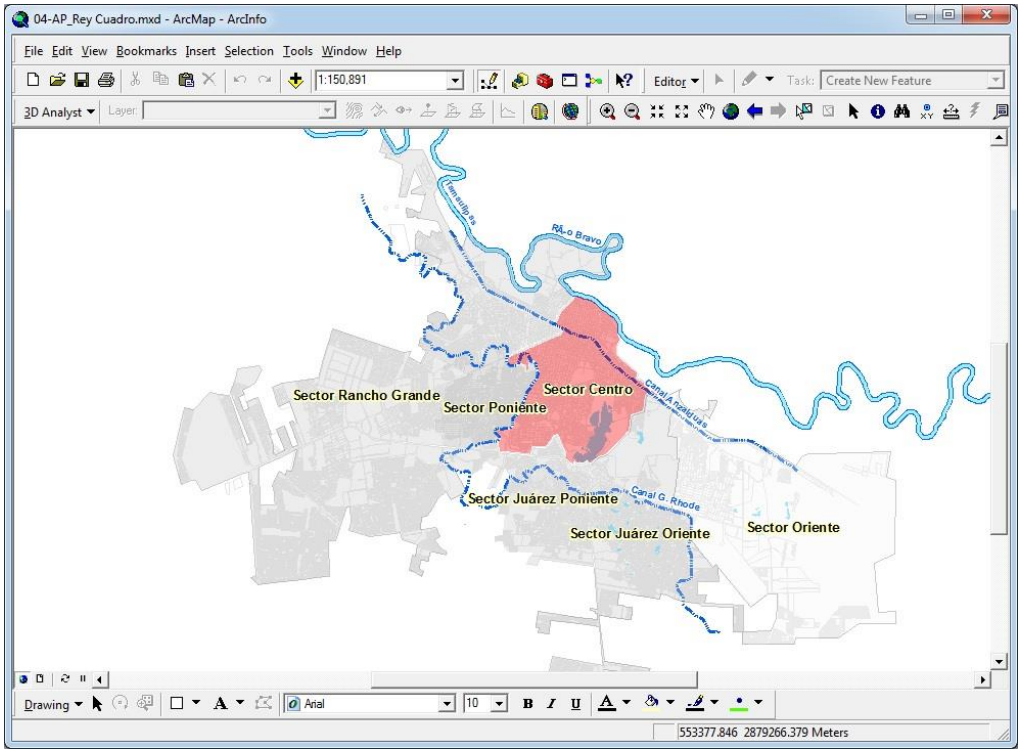


Figura 302. Sector de Distribución Centro.

Este sector se abastece mediante el bombeo directo de la casa de bombas en la planta Pastor Lozano (Bombeo #1) La curva de la bomba se muestra en la siguiente figura:

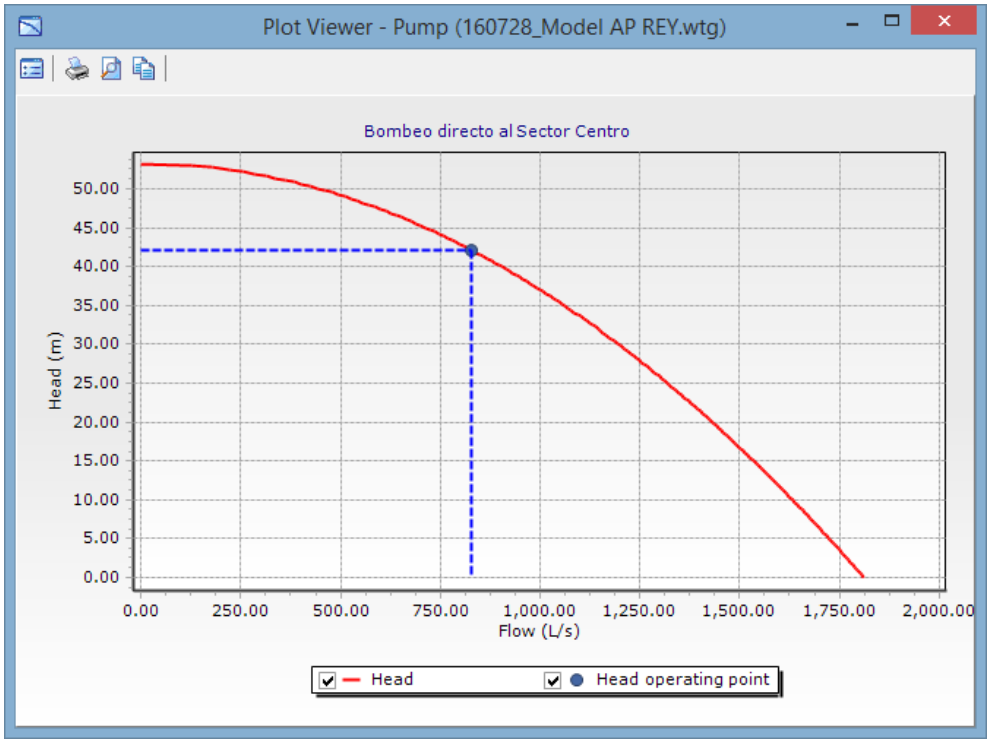


Figura 303. Curva de la bomba que abastece al sector Centro.

La longitud total de la red de distribución del sector Centro, es de 224.54 kilómetros de tuberías con diámetros entre las 3" y los 30". En general, las velocidades en las tuberías del sector Centro son menores a los 2.0 m/s, mientras que las presiones en los nodos se encuentran entre 20 y 40 mca. El 98.2% de los nodos tienen presiones no mayores a los 40 mca, aunque hay algunos nodos con presiones ligeramente superiores a los 40 mca. El nodo con la presión más alta de este sector se encuentra en el cruce de la carretera federal o carretera a Monterrey, esquina con la calle J. Escandón, en donde se registra una presión proveniente de la simulación, de 45.6 mca.

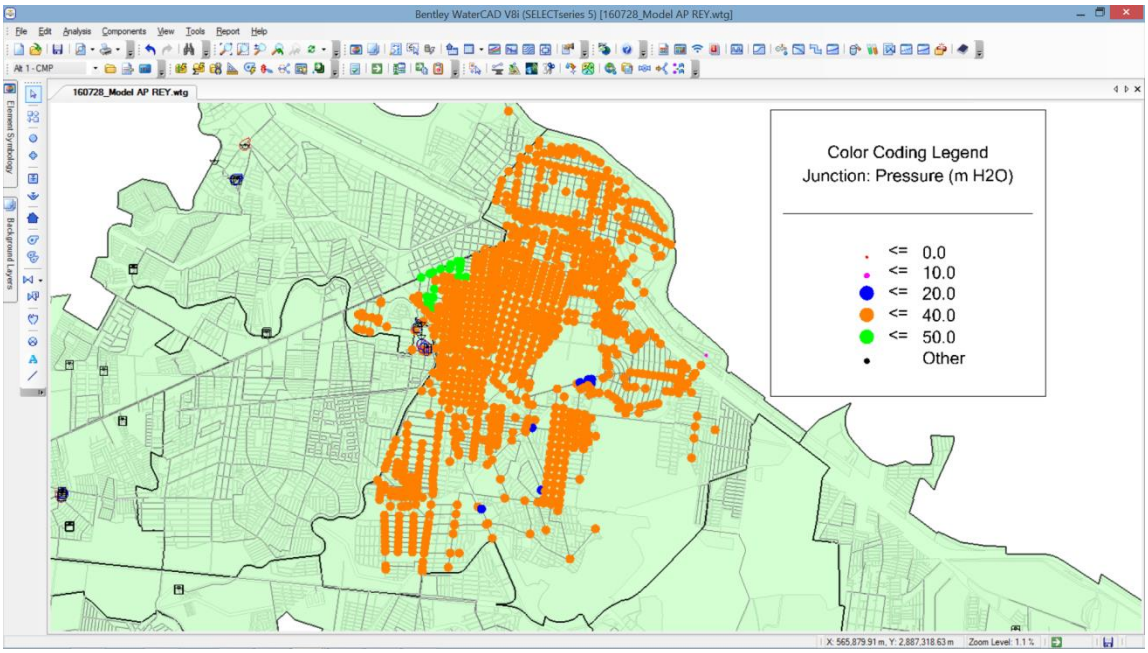


Figura 304. Presiones en los nodos del sector Centro.

En la zona Este del sector Centro se propuso la modificación de la frontera que comparte con el sector Juárez Oriente, de tal forma que el sector Centro se reduce y llega hasta la Av. Libramiento Oriente, por tanto, la parte de red del libramiento hacia el Este (Colonia Ernesto Zedillo), se propone que pertenezca al sector Juárez Oriente.

Sector Juárez Poniente.

El sector Juárez Poniente tiene una superficie de servicio de aproximadamente 1,790 hectáreas, representando un 7.8% del área total de cobertura de agua potable que se tiene actualmente en la ciudad de Reynosa. El área de influencia satisface las demandas de aproximadamente 64,429 habitantes, que se traduce en un 9.9% de la población de la ciudad al año 2014. La demanda relacionada con el sector de distribución Juárez Poniente es de 683.44 lps en el corto y mediano plazo.

La longitud de red de este sector es de aproximadamente 101.2 kilómetros de tuberías de entre 3" y 30" de diámetro.

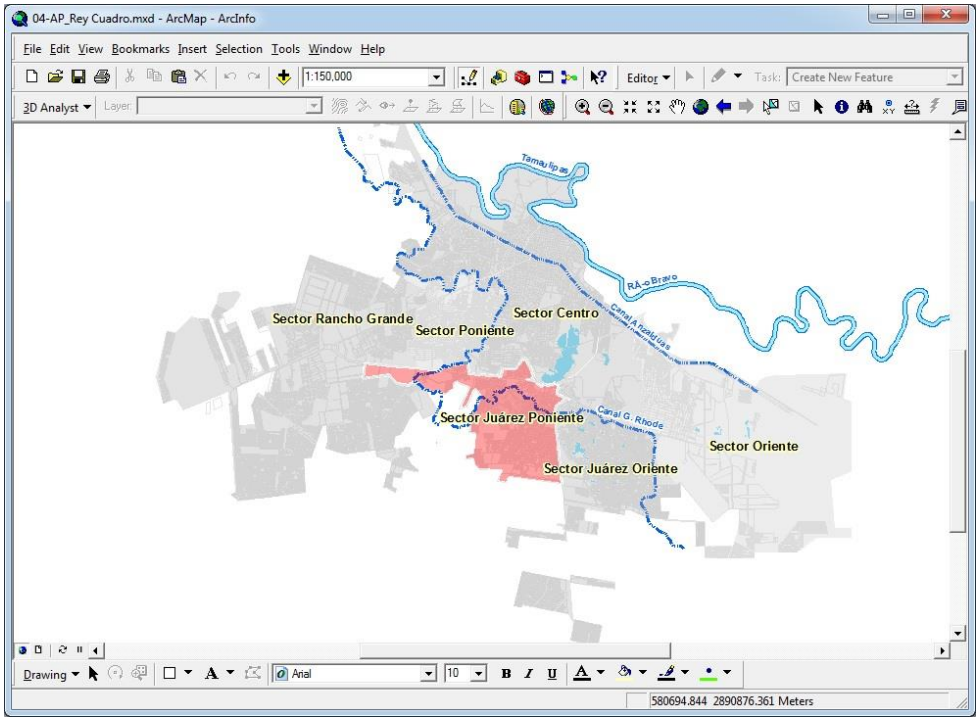


Figura 305. Sector de Distribución Juárez Poniente.

Para las condiciones a corto y mediano plazo, el suministro a las demandas de este sector se realiza a través de 5 fuentes de abastecimiento:

1. La zona norte del sector, es abastecida por el rebombeo PEMEX – Purificación (Bombeo No. 2) desde la Planta Potabilizadora Pastor Lozano. Esta fuente aporta 167.5 lps al sector, lo que representa un 24.5% del gasto demandado.

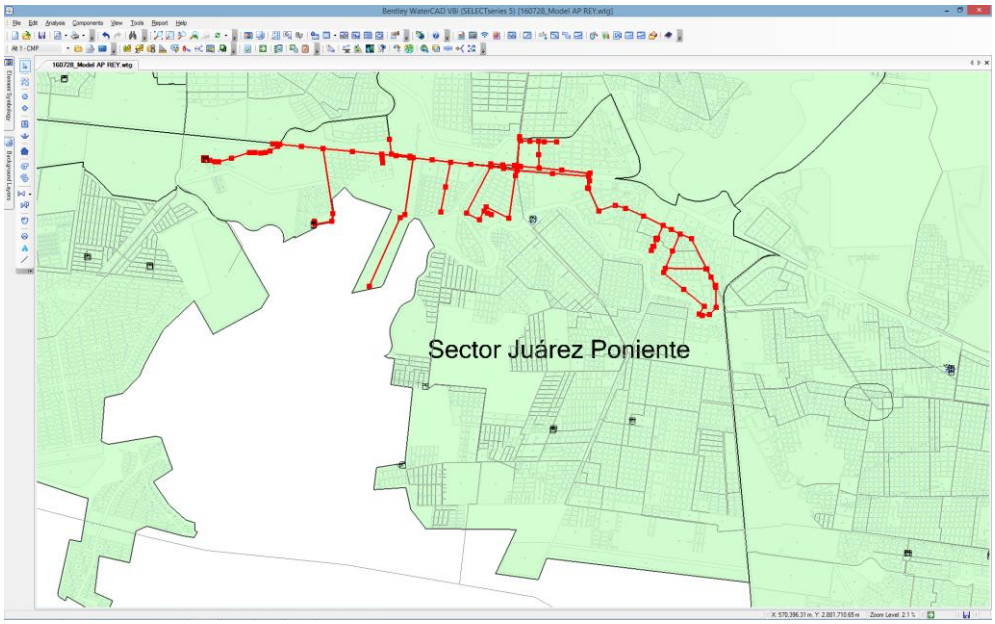


Figura 306. Zona norte del Sector Juárez Poniente.

2. El rebombeo Juárez – Purificación. Este rebombeo es la fuente principal del sector Juárez Poniente, ya que está incorporando 495.2 l/s, que representan un 72.5% de las demandas solicitadas. Este rebombeo tiene una carga de diseño H = 30 m. Este rebombeo recibe agua desde la planta potabilizadora Pastor Lozano y también del pozo Juárez Purificación que se encuentra en el predio.

   El punto de diseño para la bomba del sector Juárez Poniente es para un caudal Q = 495.2 l/s y una carga de diseño H = 30.00 m. Con una eficiencia del 70% y con el punto de diseño, se tienen una potencia teórica de la estación de bombeo:

$$P = \frac{\rho g Q H}{\eta} = 207.4kW = 278HP$$

Donde:

P = Potencia, en watts

ρ = Densidad del fluido, 1,000 kg/m^3

g = Constante gravitacional, 9.81 m/s^2

Q = Gasto de diseño, 495.21 l/s

H = 30.00 m

η = 70 %

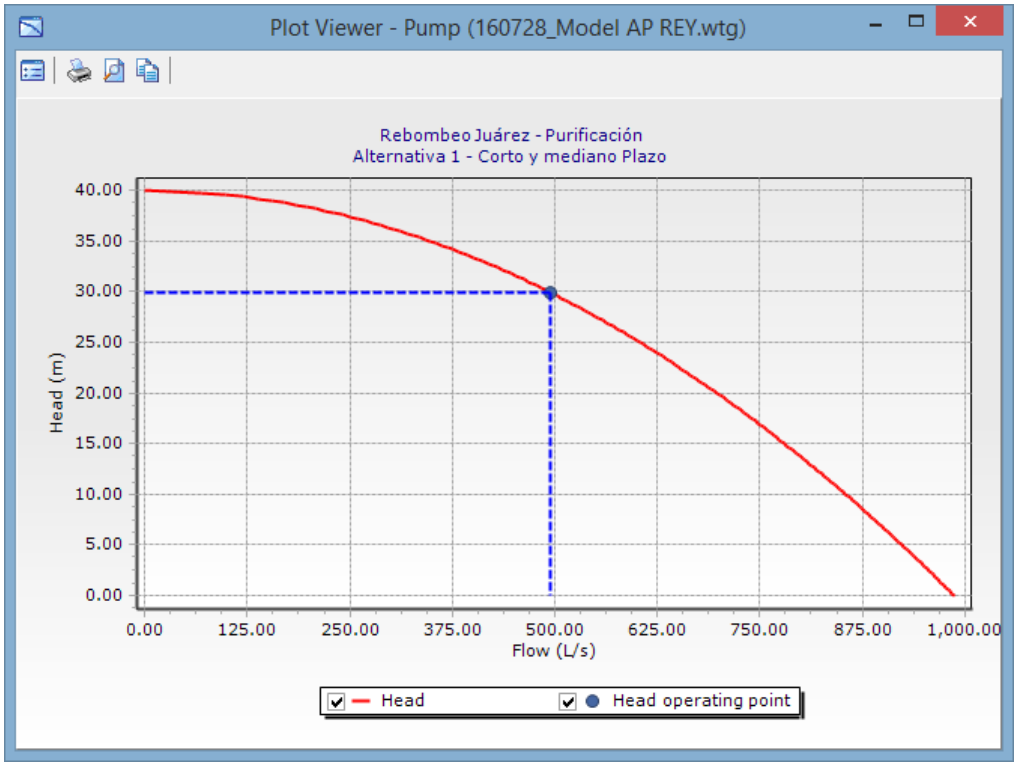
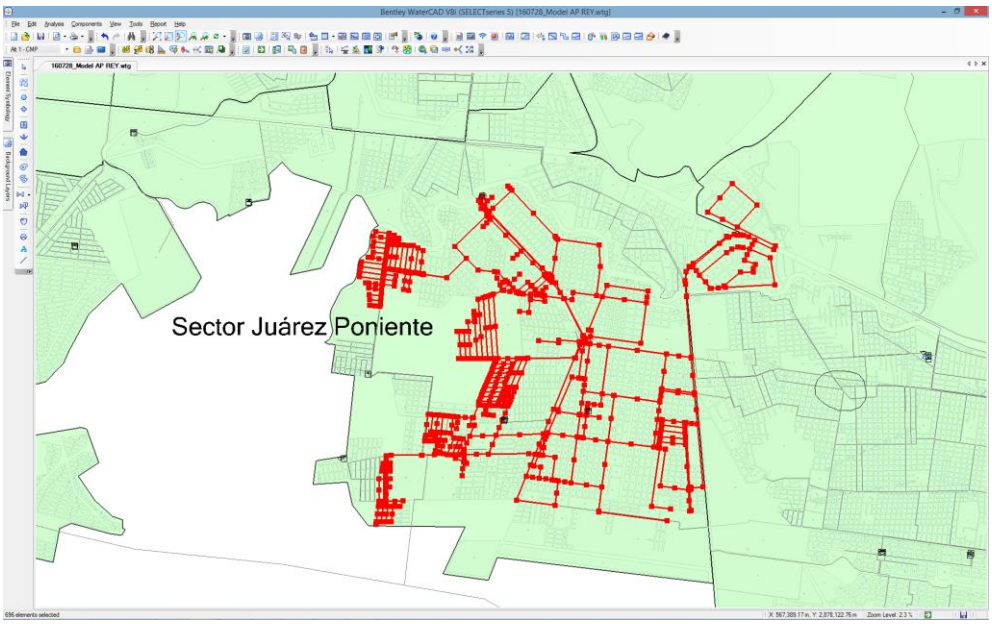


Figura 307. Curva de bomba Juárez – Purificación.



Rebombeo Juárez – Purificación del Sector Juárez Poniente.

3. Pozo existente “Balcones de San José (Arecas)”. Este pozo extrae un caudal de 11.34 l/s y tiene su propia zona de abasto. No se ingresa a la red general del sector. Este caudal de aporte representa un 1.7% del caudal del sector Juárez Poniente.

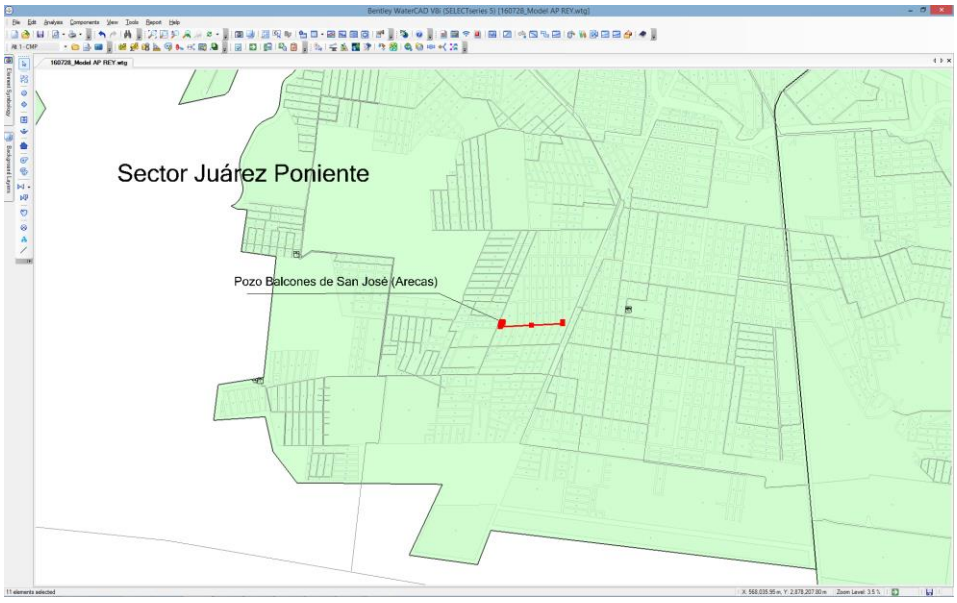


Figura 308. Pozo Balcones de San José (Arecas) en el Sector Juárez Poniente.

4. Pozo existente “Ramón Pérez”. Este pozo tiene un gasto aforado de 3.78 l/s y se ingresan a la red en la misma colonia llamada “Ramón Pérez García”, a la cual puede llegarle agua también desde el rebombeo Juárez Purificación.

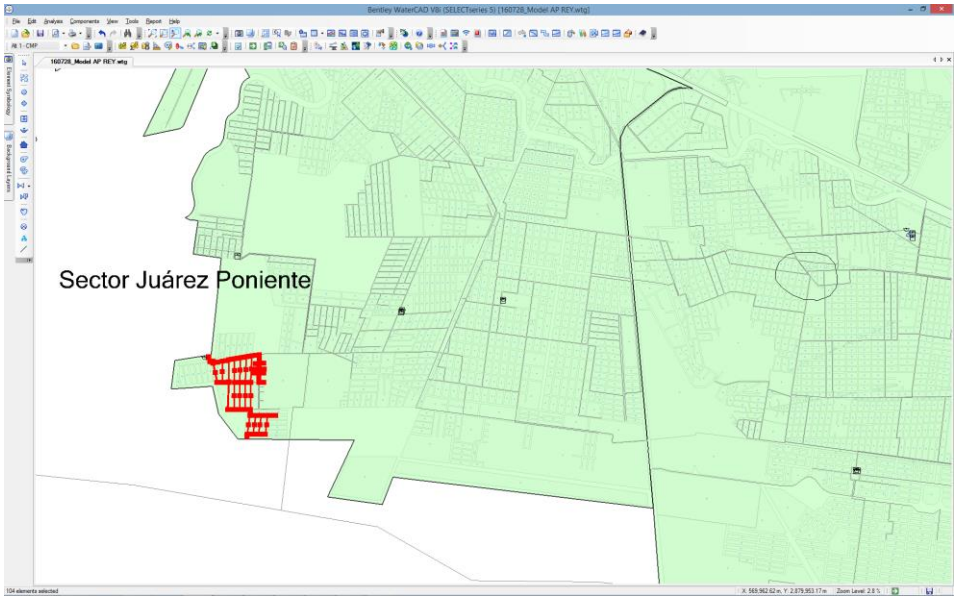


Figura 309. Pozo Ramón Pérez en el Sector Juárez Poniente.

5. Desde el Acuaférico, hacia el tanque nuevo Juárez Poniente, localizado en la colonia “Alianza Social”, en la zona Oeste del sector, desde donde se estarán abasteciendo las colonias “Ayuntamiento 2000” y “Alianza Social”.

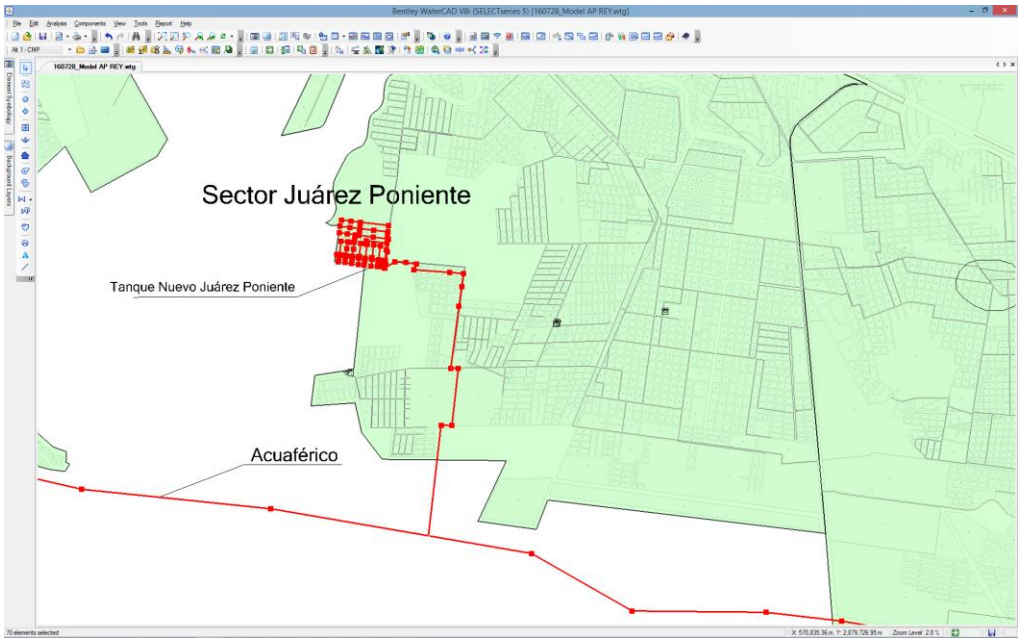


Figura 310. Tanque Nuevo Juárez Poniente y su zona de cobertura.

Las presiones bajo estas condiciones de operación, las presiones en el Sector Juárez Poniente oscilan entre los 10 y los 40 mca. Aproximadamente el 50% de las presiones se presentan entre los 10 y 20 mca, y el otro 50% de las presiones oscilan entre los 20 y los 40 mca.

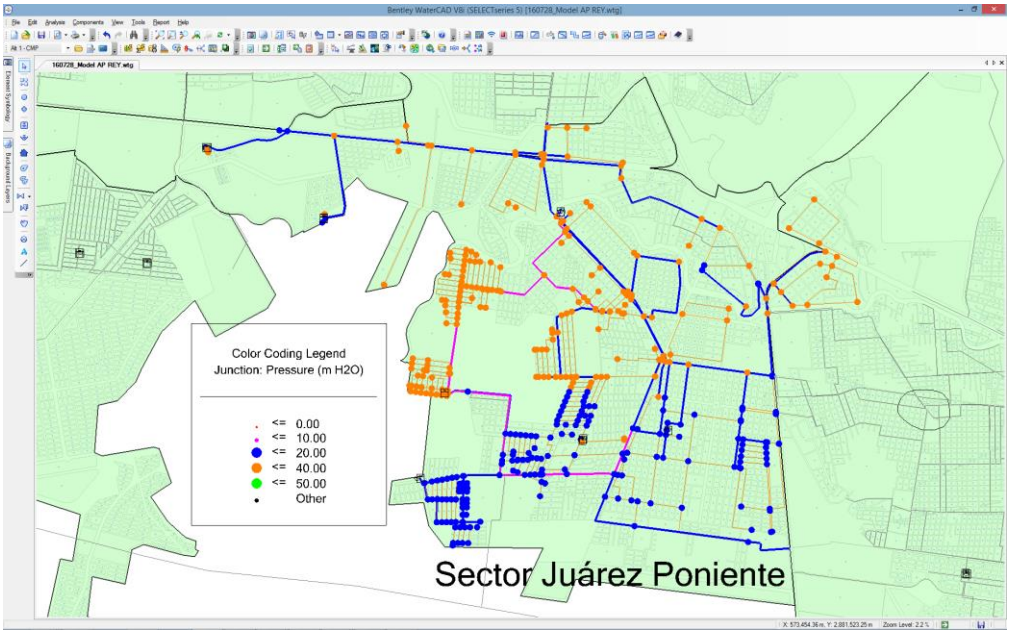


Figura 311. Presiones en los nodos del sector Juárez Poniente.

Las velocidades de las tuberías que conforman el sector Juárez Poniente alcanzan una velocidad máxima de 2.0 m/s bajo las condiciones de gasto máximo horario.

FLEXIBILIDAD EN LA OPERACIÓN DEL TANQUE NUEVO JUÁREZ PONIENTE

Bajo operación normal, el Tanque Nuevo Juárez Poniente tiene una zona de influencia con una extensión de red de aproximadamente 3.75 km de tuberías de 3” y 6” de diámetro en PVC, pero este tanque también tendrá la posibilidad de actuar en condiciones de emergencia.

Se han dejado todos los preparativos en la red para proporcionar una flexibilidad en la operación y poder actuar en el caso de que la Planta Potabilizadora Pastor Lozano salga de operación por mantenimiento o por paro no programado, mediante el suministro de agua desde el acuaférico hasta el Tanque Nuevo Juárez Poniente, y desde el tanque poder suministrar a toda la zona Juárez Poniente. Este tanque se ha propuesto con una altura de 25 m, desde el terreno hasta la base del almacenamiento, para que llegue el agua a todos los cruceros del sector con presión adecuada.

Para evaluar esta condición de emergencia, se realizó una simulación adicional, con la que se dimensionaron las tuberías de llegada al tanque desde el acuaférico así como también las tuberías de salida del tanque hacia la red del sector Juárez Poniente.

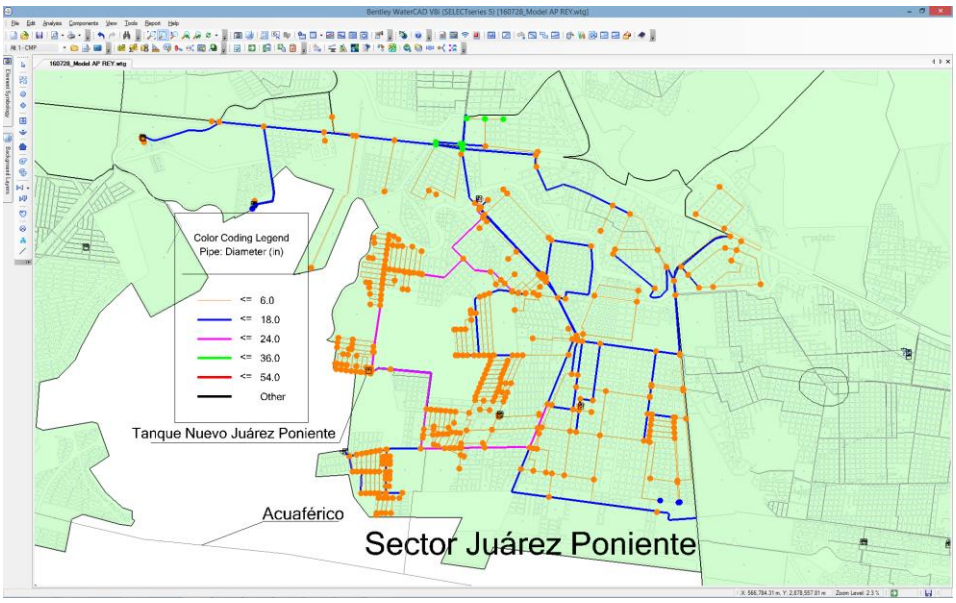


Figura 312. Tanque Nuevo Juárez Poniente bajo esquema de emergencia.

En la evaluación de esta condición de emergencia, todos los nodos cuentan con presiones de operación entre los 20 y los 40 metros de columna de agua.

Las maniobras de operación que se tienen que realizar durante un evento de emergencia como el que se está considerando, son las siguientes:

- Debido a que se ha considerado un corte en el suministro de agua de la planta potabilizadora, la primer medida operativa será apagar la estación de bombeo Juárez – Purificación.
- Las siguientes medidas de operación en campo, serán las aperturas y cierres de las 6 válvulas siguientes:
    - Por la avenida Revolución, en el cruce con la calle 21 de Marzo, en la tubería de 18” de diámetro de Asbesto – Cemento que viene de la potabilizadora Pastor Lozano, colocar una válvula de seccionamiento y cerrarla durante el evento de emergencia.

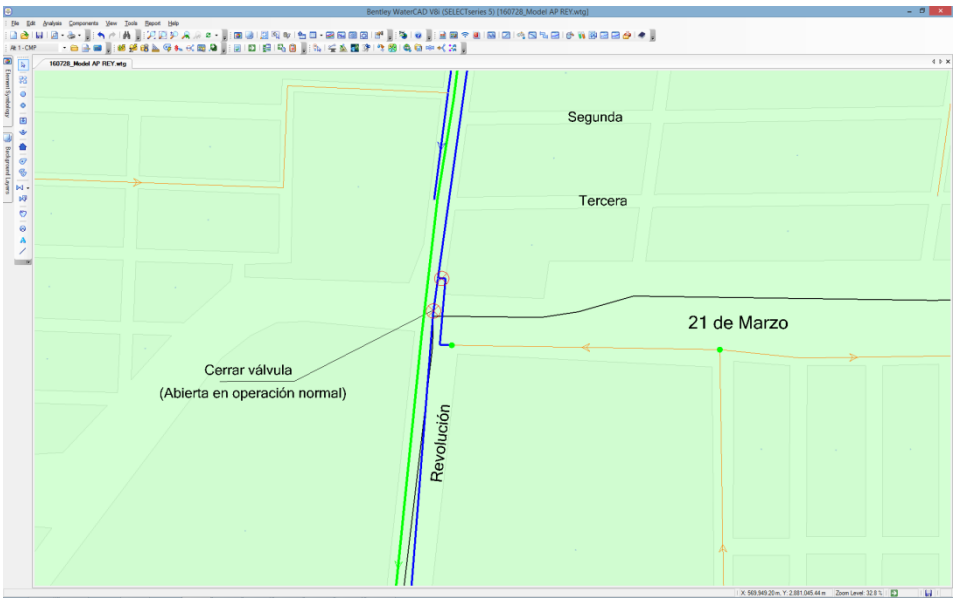


Figura 313. Cierre de válvula en Revolución y 21 de Marzo (operación bajo emergencia)

- La válvula ubicada en la avenida Río Purificación, entre la entrada y salida de la planta de bombeo, deberá abrirse. Esta válvula está cerrada durante la operación normal del sector.

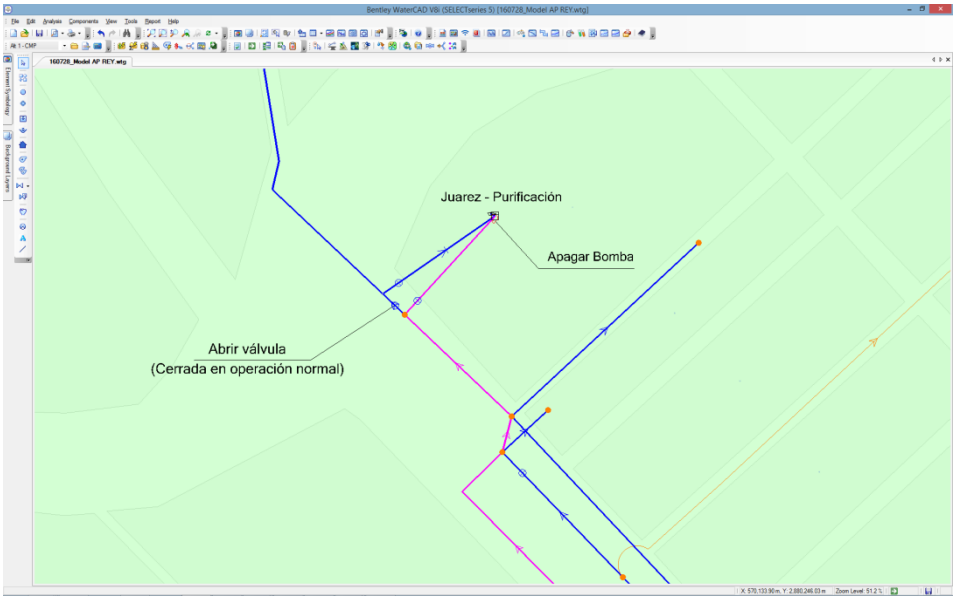


Figura 314. Cierre de válvula y apagado de bomba en Juárez – Purificación.

- La tubería de salida del Tanque Nuevo Juárez Poniente es de 30” de diámetro. En el primer crucero, por la calle Desarrollo Económico se tienen 3 válvulas, que bajo condiciones de operación de emergencia, deberán estar todas abiertas. En operación normal, sólo la válvula de la tubería que continúa hacia el norte deberá estar abierta, las otras dos válvulas de los tubos que van hacia el Este, deberán estar cerradas (ver figura siguiente)
- En el cruce de las calles Desarrollo Económico y Bienes Municipales, se han propuesto dos válvulas de seccionamiento sobre las tuberías de 3” y 20” de diámetro. Estas válvulas deben

permanecer cerradas bajo condiciones de operación normal, pero bajo condiciones de emergencia, se tendrán que abrir (ver figura siguiente)

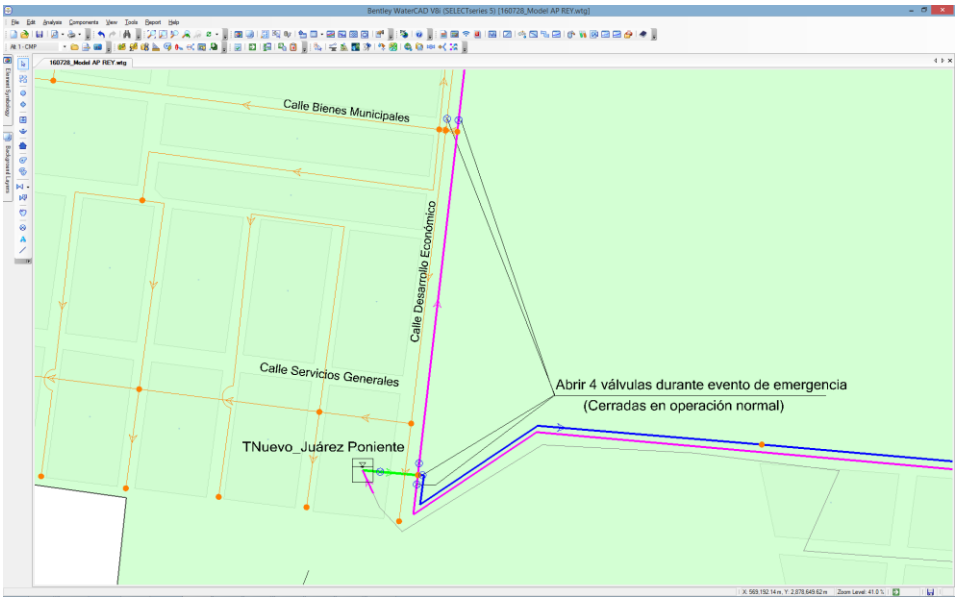


Figura 315. Cierre de válvulas (operación bajo emergencia)

Sector Juárez Oriente.

Bajo las condiciones a corto y mediano plazo, el sector Juárez Oriente cuenta con una superficie de influencia de 3,718 hectáreas, que equivalen al 16.2% del total del área de la ciudad con cobertura de distribución de agua potable, lo que la coloca en tercer lugar en cuanto a amplitud de superficie, pero si se toma en cuenta que la población atendida es de aproximadamente 149,366 habitantes, esto es un 23% de la población total, entonces el sector Juárez Oriente ocupa el segundo lugar en cuanto a población servida, sólo por debajo del sector Rancho Grande.

Hacia el norte, el sector Juárez Oriente colinda con el sector Centro, hacia el Oeste comparte frontera con el sector Juárez Poniente y hacia el Este, tiene vecindad con el sector Oriente.

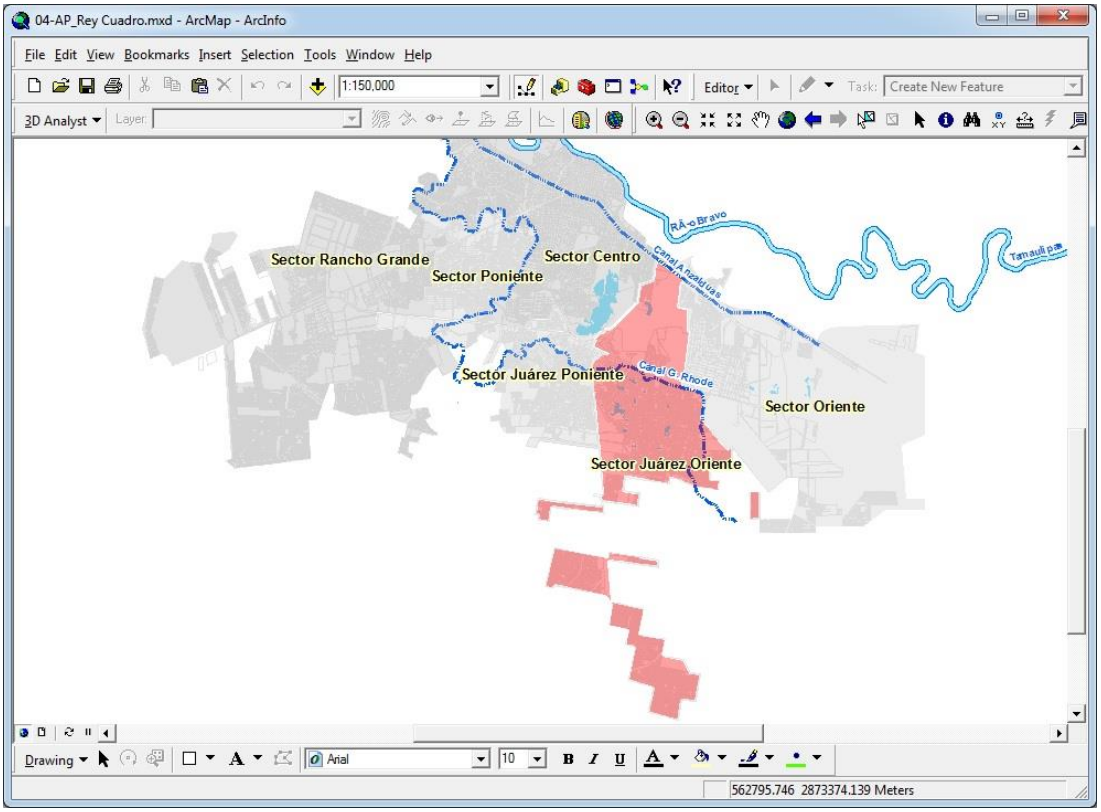


Figura 316. Sector de distribución Juárez Oriente.

El agua que recibe la planta potabilizadora Benito Juárez viene desde la Obra de Toma 2 y viene a través del acueducto Anzaldúas, para llegar a la estación de rebombeo de agua cruda en la planta Pastor Lozano.

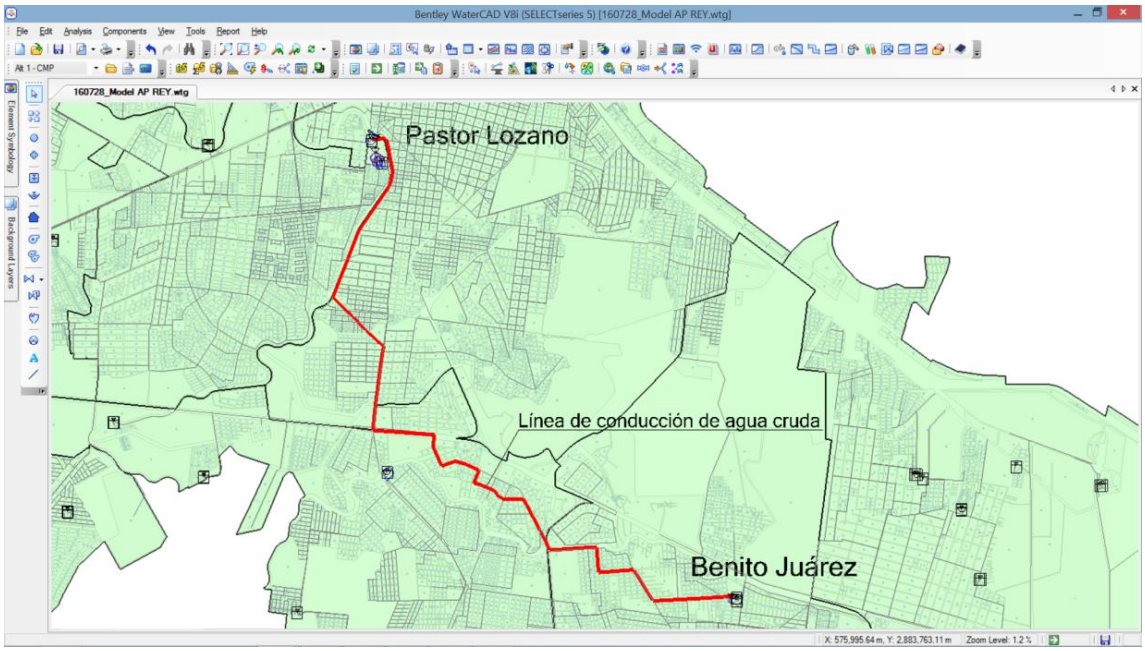


Figura 317. Línea de conducción Pastor Lozano – Benito Juárez.

La línea de conducción que inicia en el tanque de usos múltiples en la planta potabilizadora Pastor Lozano hasta el tanque receptor en la planta potabilizadora Benito Juárez, tiene una longitud de aproximadamente 10.36 km y un diámetro de 36”, con material de Concreto. Esta línea debe conducir un gasto máximo diario de Q=987.67 l/s. Con estos datos se construyó la curva del sistema, que servirá para determinar la carga de diseño y posteriormente calcular la potencia requerida en HP del equipo a instalar en la estación de bombeo.

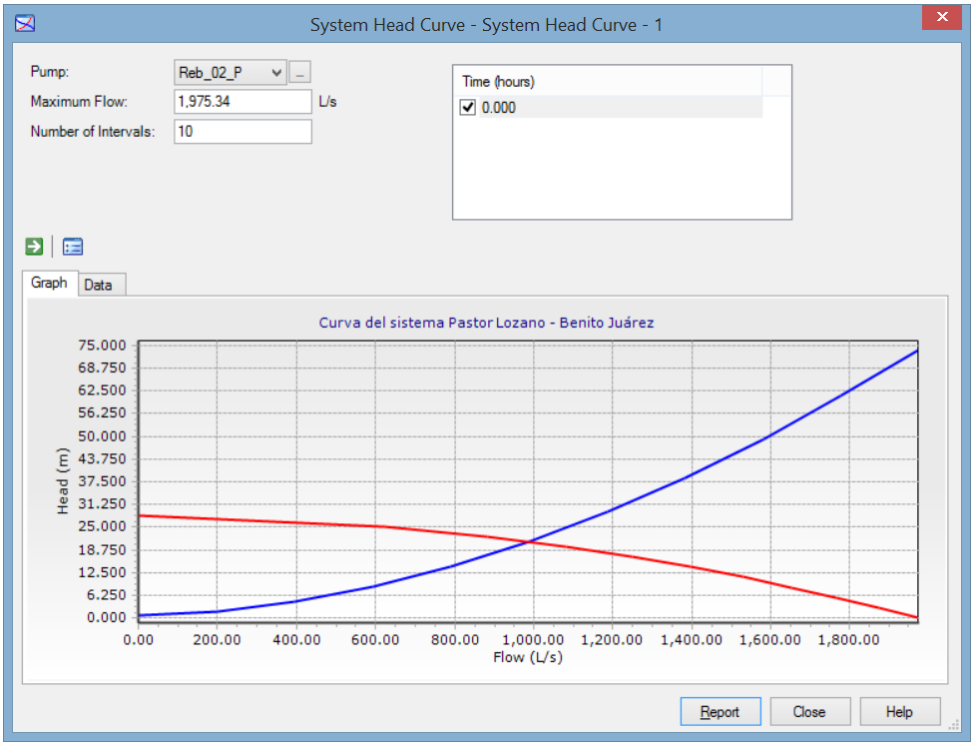


Figura 318. Curva del sistema Pastor Lozano – Benito Juárez.

El punto de diseño para la bomba de la línea de conducción Pastor Lozano – Benito Juárez corresponde a un caudal Q = 987.67 l/s y una carga de diseño H = 21.03 m. Con una eficiencia del 70% y con el punto de diseño, se tienen una potencia teórica de la estación de bombeo:

$$P = \frac{\rho g Q H}{\eta} = 291.1 kW = 390 HP$$

Donde:

P = Potencia, en watts

ρ = Densidad del fluido, 1,000 kg/m^3

g = Constante gravitacional, 9.81 m/s^2

Q = Gasto de diseño, 987.67 l/s

H = 21.03 m

η = 70 %

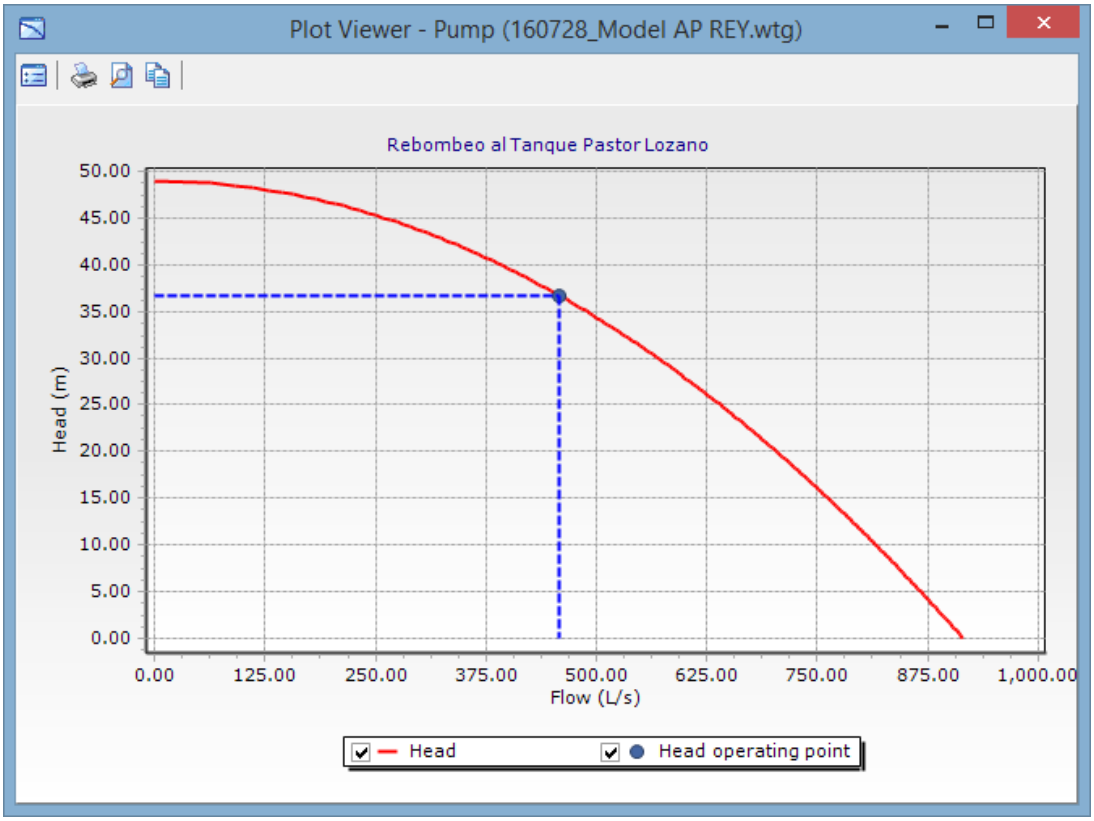


Figura 319. Curva de la bomba de la línea de conducción Pastor Lozano – Benito Juárez.

La línea de conducción de agua cruda que va de la planta Pasto Lozano a la planta Benito Juárez conduce un gasto máximo diario Q= 987.67 l/s y en la tubería de Concreto de 36”, este caudal lleva una velocidad de 1.50 m/s, con un gradiente de pérdidas por fricción de 2.0 m/km. El tramo de 10.32 km tiene una pérdida de energía total de 20.32 m.

Después del proceso de potabilización, el agua se tendrá que bombear al tanque elevado Benito Juárez que tiene una altura de 40 m y que tendrá que ponerse en operación, ya que actualmente se encuentra construido pero no está funcionando. La línea de conducción existente que va del tanque de aguas claras al tanque Benito Juárez tiene una longitud de aproximadamente 65 m y un diámetro de 30” en acero. Se elaboró la curva del sistema para poder determinar la carga de diseño y proponer los datos para seleccionar la bomba adecuada.

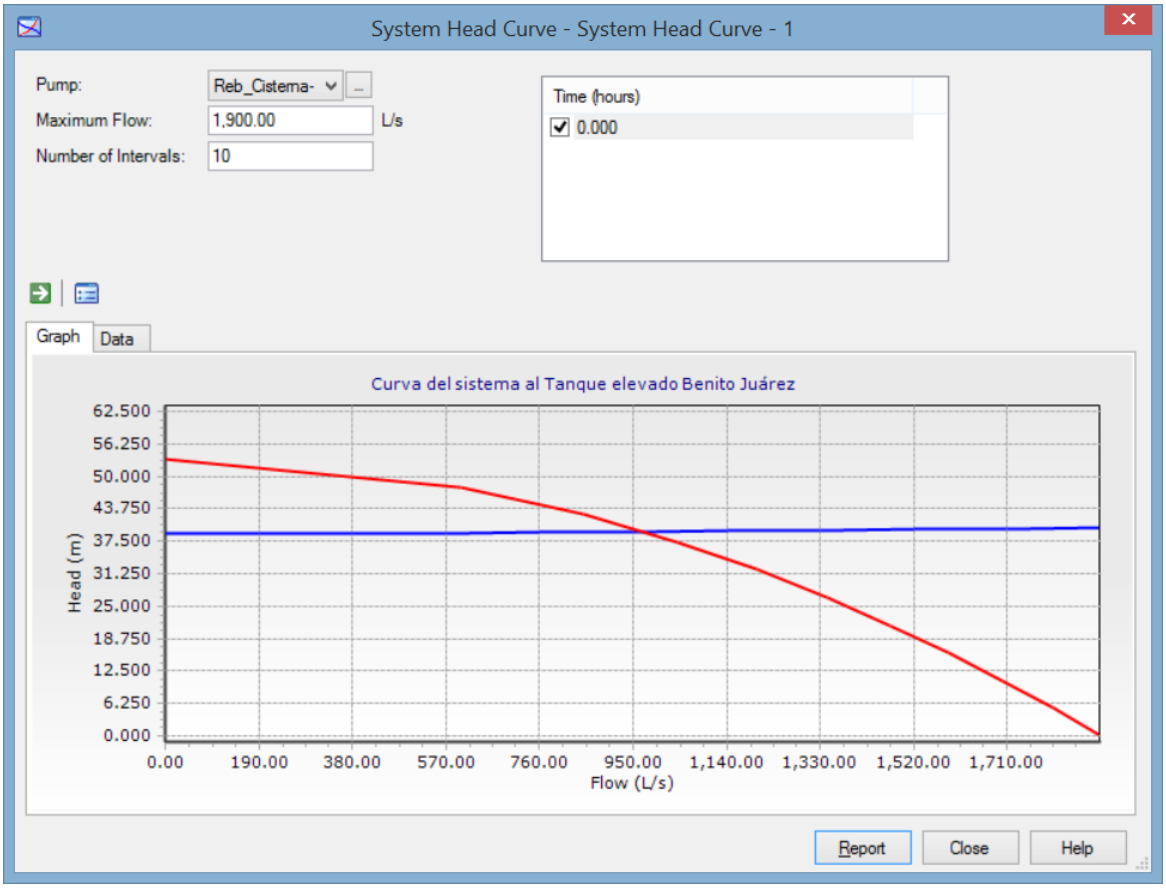


Figura 320. Curva del sistema al tanque elevado Benito Juárez.

Con la curva del sistema se determina el punto de diseño para proponer la bomba de la línea de conducción, ya que se cuenta con el gasto de diseño, que corresponde al gasto máximo diario del área que estará suministrando el tanque. Este gasto se cruza con la curva del sistema para determinar la carga de diseño. En esta línea de conducción, el caudal de diseño es Q = 987.67 l/s y la carga de diseño H = 39.36 m. Con una eficiencia del 70% y con el punto de diseño, se tienen una potencia teórica de la estación de bombeo:

$$P = \frac{\rho g Q H}{\eta} = 544.8kW = 731HP$$

Donde:

P = Potencia, en watts

ρ = Densidad del fluido, 1,000 kg/m^3

g = Constante gravitacional, 9.81 m/s^2

Q = Gasto de diseño, 987.67 l/s

H = 39.36 m

η = 70 %

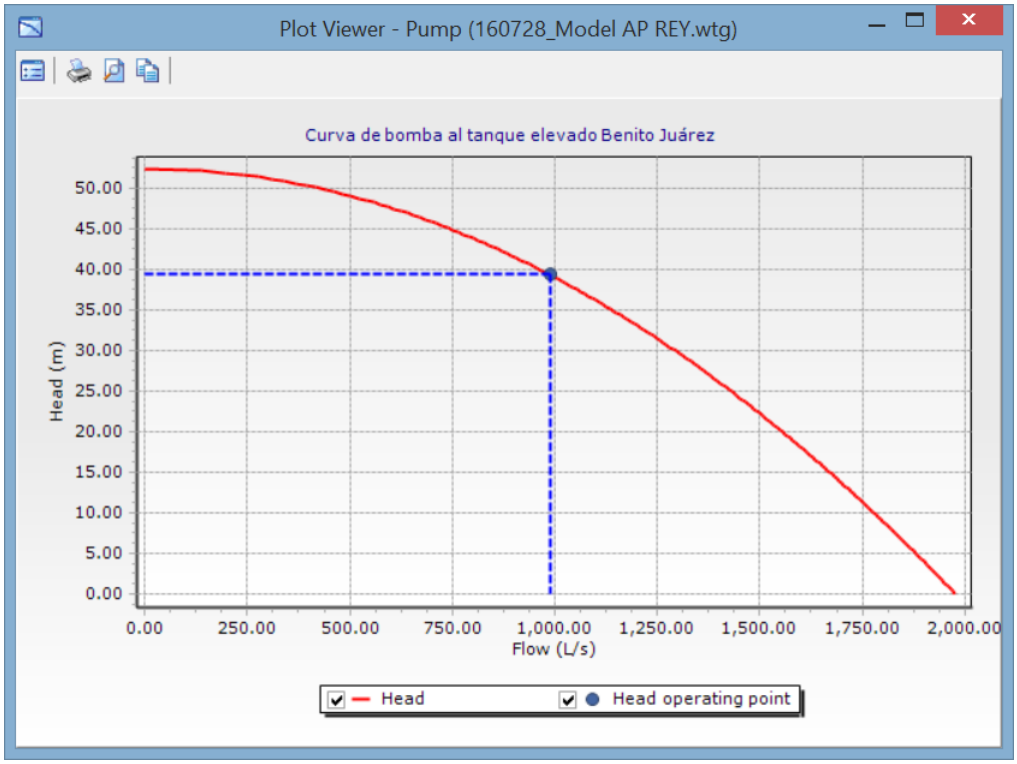


Figura 321. Curva de la bomba de la línea de conducción al tanque elevado Benito Juárez.

La línea de conducción al tanque elevado Benito Juárez conduce un gasto máximo diario Q= 987.67 l/s y en la tubería de acero existente de 30", este caudal tendrá una velocidad de 2.17 m/s, con un gradiente de pérdidas por fricción de 4.8 m/km. El tramo de 65 m tiene una pérdida de energía total de 0.13 m.

Red de distribución.

Del tanque Benito Juárez actualmente baja una tubería de 30" de acero, y se propone bajar una segunda línea de 18" de diámetro de PVC, para conectar con tuberías de 6" que corren por la calle Justo Sierra, hacia el sur del predio de la planta. La longitud de red del sector es de 127.2 km de tuberías con diámetros desde las 3" hasta 30", en materiales de PVC, Asbesto – Cemento y Acero.

En este sector existen 7 pozos de extracción que suministran agua a diferentes colonias. El gasto aforado de estos pozos suma un caudal de 125.43 l/s que representa un 8.4% del total de las demandas del sector Juárez Oriente. En la siguiente tabla se presenta el resumen de los pozos aforados en este sector.

Tabla 198. Pozos aforados en sector Juárez Oriente.

No.	Pozo	Gasto Medio (l/s)
1	Valle Soledado	21.16
2	Rincón de las Flores	22.67
3	Pirámides	15.11
4	Paseo de las Flores II	15.11
4	Paseo de las Flores I	
5	Almendros	18.89
6	Balcones de Alcalá 3	13.60
7	Balcones de Alcalá 2	18.89
	TOTAL	**125.43**

Con respecto a las presiones, el objetivo de la propuesta de la alternativa 1 es que se tengan valores entre los 20 y los 40 en su mayoría, con un mínimo permisible de 10 mca.

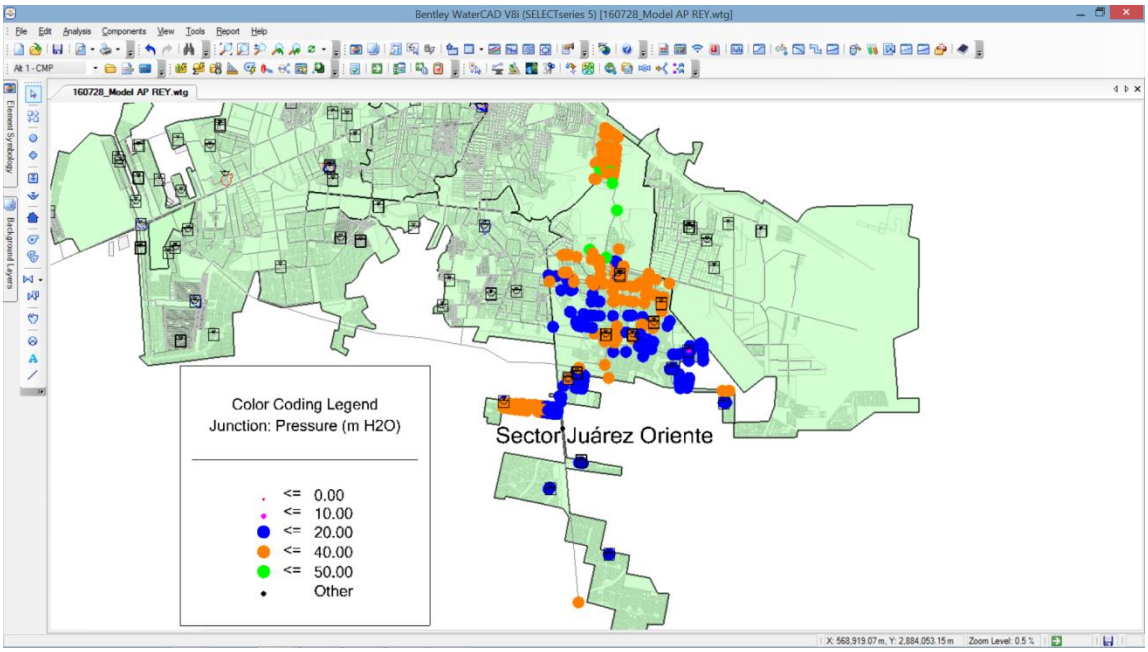


Figura 322. Presiones en sector Juárez Oriente.

Las presiones en el sector Juárez Oriente se presentan con valores entre los 10 y los 40 mca. Las presiones hacia el norte son las más elevadas, y hacia el sur son más bajas, debido a que la topografía desciende hacia el norte, por la zona de la Laguna La Escondida y rumbo al norte, la topografía asciende, lo que genera una reducción en la presión.

Sector Oriente.

El sector de distribución Oriente tiene una superficie de servicio de 5,325 hectáreas que representa un 23.3% lo que lo ubica en la segunda posición, sólo por debajo del sector Rancho Grande. La población que

se suministra en este sector es de 52,034 habitantes, que se traduce en un 8.0% de la población total de la ciudad de Reynosa. Esto ubica al sector Oriente como el sector con la más baja densidad poblacional.

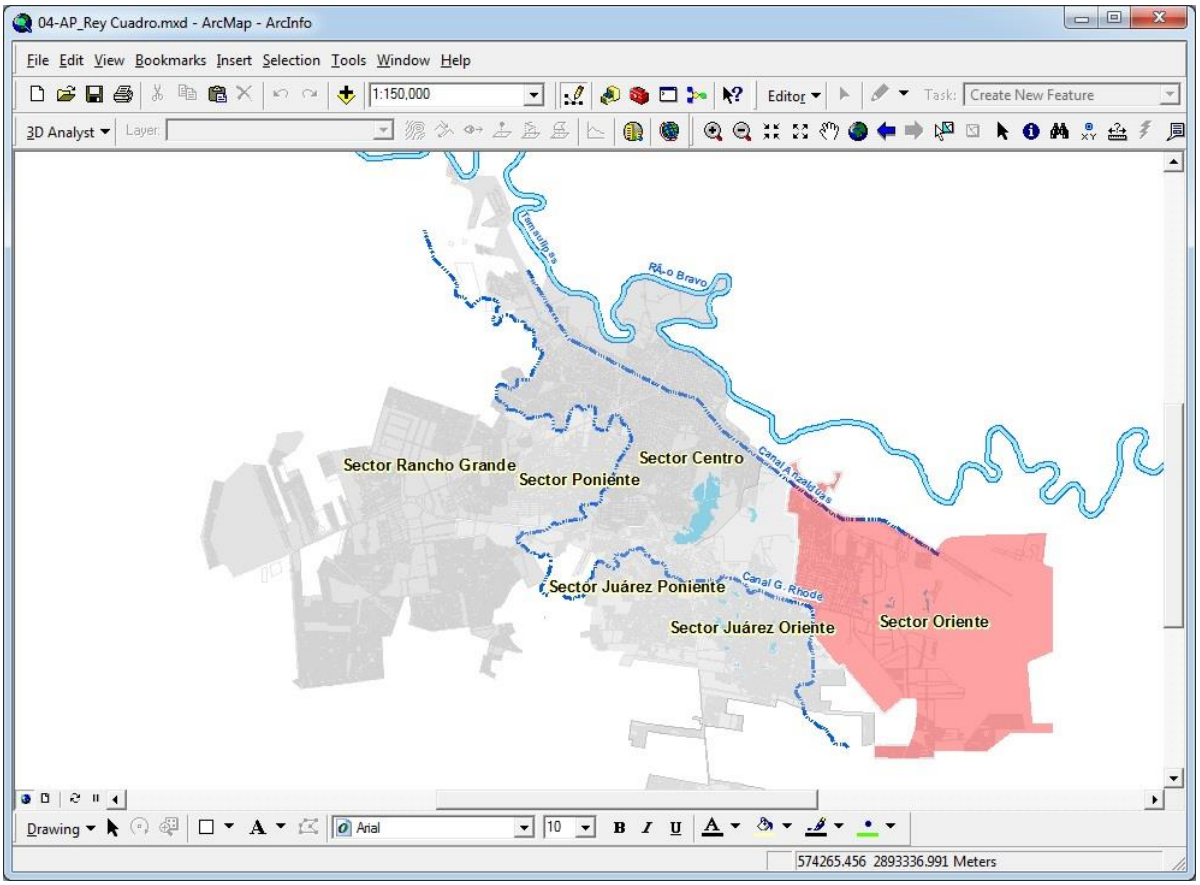


Figura 323. Sector de distribución Oriente.

Son 6 los tanques que se encuentran en este sector, de los cuales 3 están fuera de operación y los 3 que están funcionando, se ocupan de suministrar agua a las colonias aledañas.

- Tanque Loma Blanca. Este tanque recibe el agua del pozo Loma Blanca que tiene un caudal aforado de 13.6 l/s. El área de influencia de este tanque es la colonia Loma Blanca y no se interconecta con la red general.
- Tanque Loma Blanca Industrial. Este tanque suministra agua al polígono industrial llamado Parque Industrial Center.
- Tanque Villas del Palmar. Este tanque recibe agua del sistema y lo almacena para suministrar a la colonia del mismo nombre.

Los tanques que se encuentran fuera de operación son: El Mezquite, Puente Nuevo y Nuevo Reynosa.

Red de distribución.

La red de distribución del sector Oriente tiene una longitud de aproximadamente 64.9 km, con tuberías de PVC en su mayoría, aunque existen alrededor de 200 m de tubería de Asbesto – Cemento de 8” de diámetro. El resto de la red, en PVC tienen diámetros desde las 3” hasta las 18”.

Las presiones en sector Oriente oscilan entre los 20 y 40 mca, a excepción del tramo de red que es suministrado por el tanque Loma Blanca, en donde se tienen presiones entre los 10 y los 20 mca.

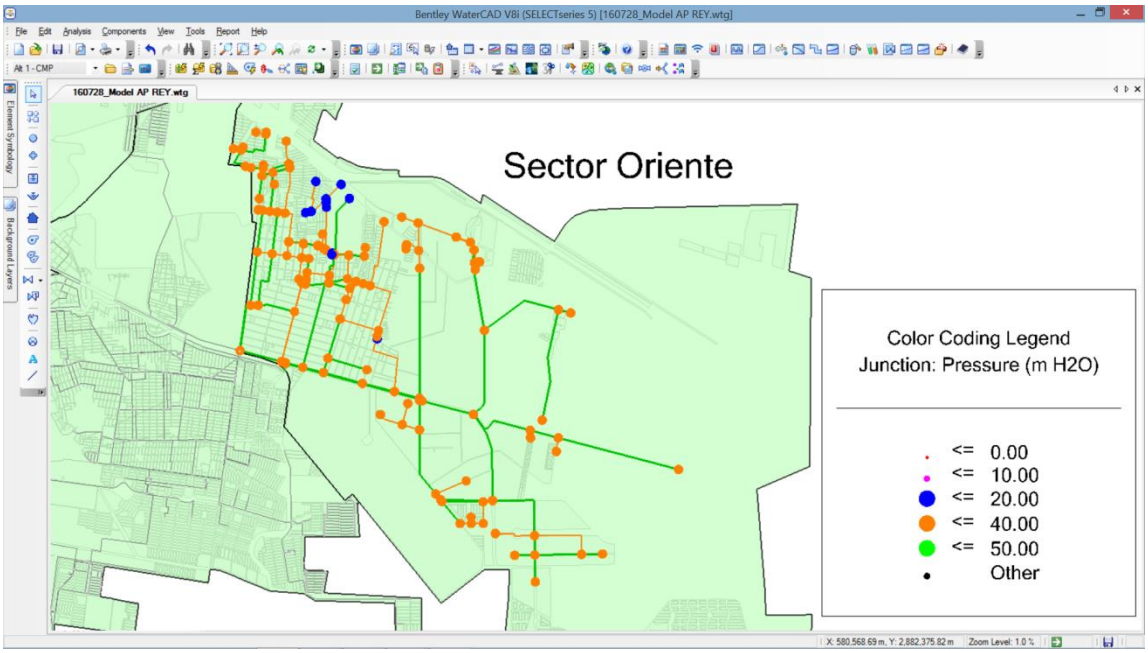


Figura 324. Presiones en nodos del sector Oriente.

A manera de resumen, se puede mencionar que las propuestas de mejora al funcionamiento de la red de distribución de agua de la ciudad de Reynosa, puestas en la Alternativa 1, ayudan a mejorar los temas operativos principalmente de consumo energético pero también de manejo de presiones en el sistema.

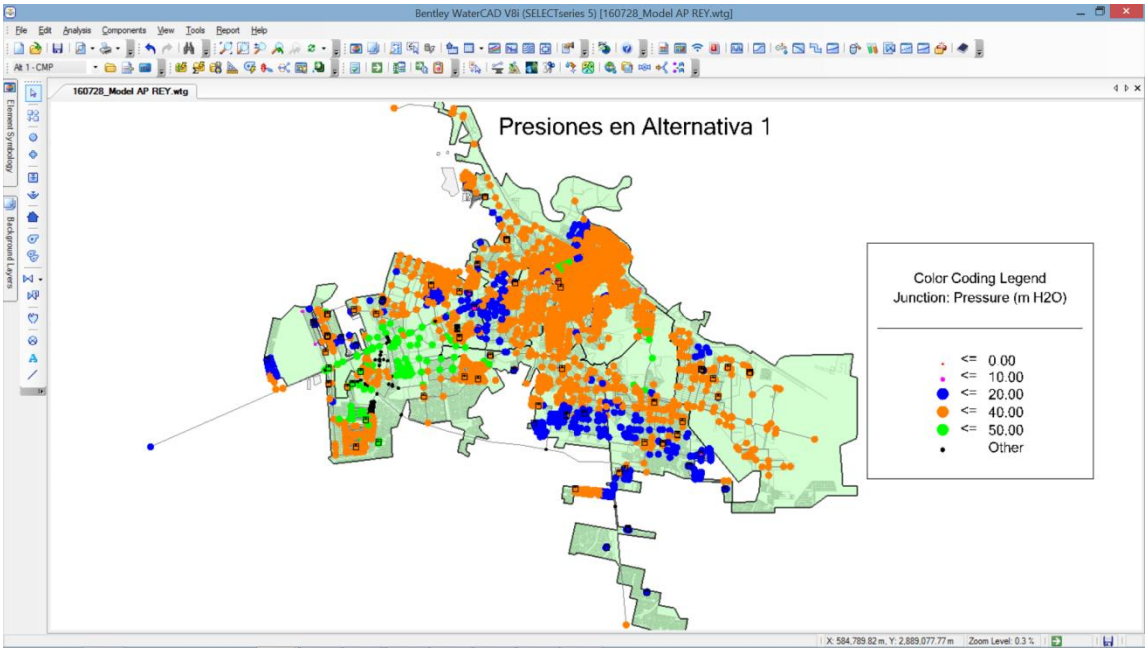


Figura 325. Presiones en la red de distribución de Reynosa. Alternativa 1.

Del total de nodos simulados en el modelo matemático, la alternativa 1 presenta la siguiente distribución de presiones:

- 17.5% de los nodos tienen presiones de entre los 10 y los 20 mca
- Un 75.2% de los nodos del sistema presentan presiones entre los 20 y los 40 mca.
- Nodos con más de 40 mca representan un 7.3%

La alternativa 1 presenta las siguientes características de carga y gasto de diseño, así como la potencia teórica en sus estaciones de bombeo:

Tabla 199. Resumen de estaciones de Bombeo de la Alternativa 1.

Bombeo	Gasto de Diseño (l/s)	Carga de Diseño (m)	Eficiencia (%)	Potencia (HP)
EB Rancho Grande- Jarachinas	1,053.38	21.93	70.00	434.10
Jarachina 2 - Macro Los Fresnos	956.92	65.55	70.00	1,178.80
Juárez - Purificación	495.96	29.89	70.00	278.60
Los Fresnos	6.52	42.12	70.00	5.20
Nuevo México	27.21	48.02	70.00	24.60
P. Pastor Lozano (Bombeo No. 1)	810.07	32.00	70.00	487.10
P. Pastor Lozano (Bombeo No. 2)	264.73	30.00	70.00	149.30
P. Pastor Lozano (Bombeo No. 4)	457.21	36.77	70.00	316.00
P.P Lozano Reb. a Pta.B.Juárez	987.67	21.03	70.00	390.40
Paseo de las Flores Sur	4.00	33.60	70.00	2.50
Reb a Tanque Benito Juárez	987.66	39.36	70.00	730.50
Reb a Tanque Rancho Grande	418.54	25.08	70.00	197.20
TQ1. Jarachina	162.73	20.69	70.00	63.30
			TOTAL	**4,257.6**

ALTERNATIVA 2 A CORTO Y MEDIANO PLAZO

Para la Alternativa 2, se tiene la misma delimitación de sectores de distribución. La diferencia radica en tres principales estrategias:

1- Se estará bombeando agua cruda desde la misma obra de toma que se propuso en la alternativa 1, en el canal Rodhe, hasta una nueva planta potabilizadora denominada Los Arcos, al oeste de la ciudad.
2- El acuaférico norte desaparece, y la distribución a los tanques ubicados al norte de la carretera a Monterrey, se hace de sur a norte. El acuaférico Sur queda funcionando de la misma forma que se había propuesto en la alternativa 1.
3- La estación de bombeo Jarachina queda deshabilitada por completo. Ningún equipo de bombeo estará funcionando en la alternativa 2.

En consecuencia, para la Alternativa 2 se describirá únicamente la línea de conducción a a la nueva planta potabilizadora Los Arcos, ubicada en la salida a Monterrey, junto al acceso al fraccionamiento Los Arcos.

Línea de conducción a la Planta Potabilizadora Los Arcos

La Alternativa 2 contempla una obra de toma sobre el canal Rodhe, en donde se propone colocar una planta de bombeo de agua cruda. Desde este punto, se está proponiendo una línea de conducción de 14,142 m de longitud, con diámetro de 42” en PVC.

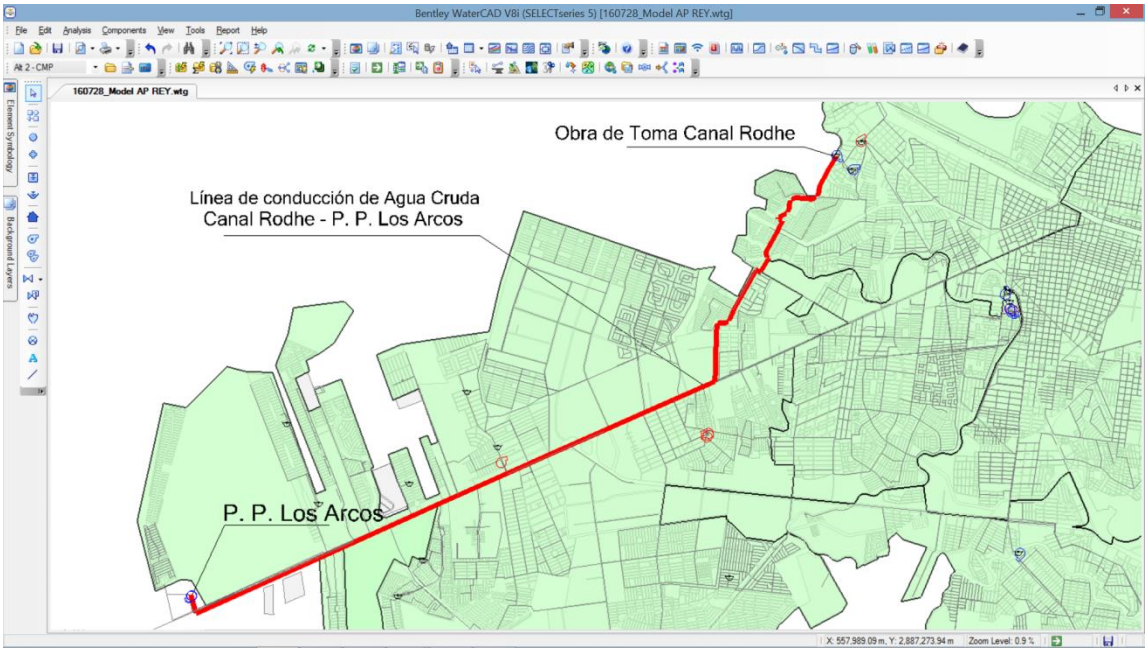


Figura 326. Línea de conducción a la Planta Potabilizadora Los Arcos.

Esta línea debe conducir un gasto máximo diario de Q=1,097.39 l/s. Con los datos de diámetro, material y caudal se construyó la curva del sistema, que servirá para determinar la carga de diseño y posteriormente calcular la potencia requerida en HP del equipo a instalar en la estación de bombeo.

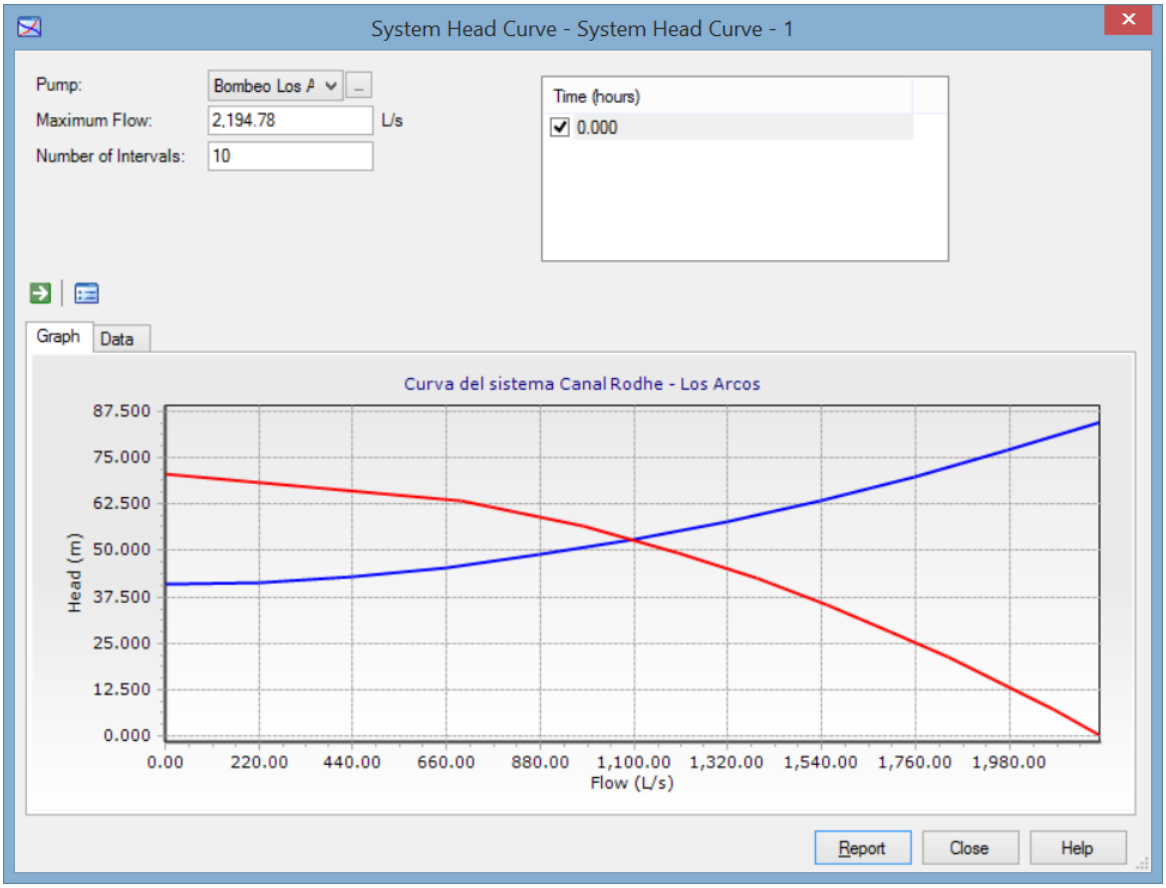


Figura 327. Curva del sistema Canal Rodhe – Los Arcos.

El punto de diseño para la bomba de la línea de conducción Canal Rodhe – Los Arcos corresponde a un caudal Q = 1,097.39 l/s y una carga de diseño H = 52.95 m. Con una eficiencia del 70% y con el punto de diseño, se tienen una potencia teórica de la estación de bombeo:

$$P = \frac{\rho g Q H}{\eta} = 814.3kW = 1{,}092HP$$

Donde:

P = Potencia, en watts

ρ = Densidad del fluido, 1,000 kg/m^3

g = Constante gravitacional, 9.81 m/s^2

Q = Gasto de diseño, 1,097.39 l/s

H = 52.95 m

η = 70 %

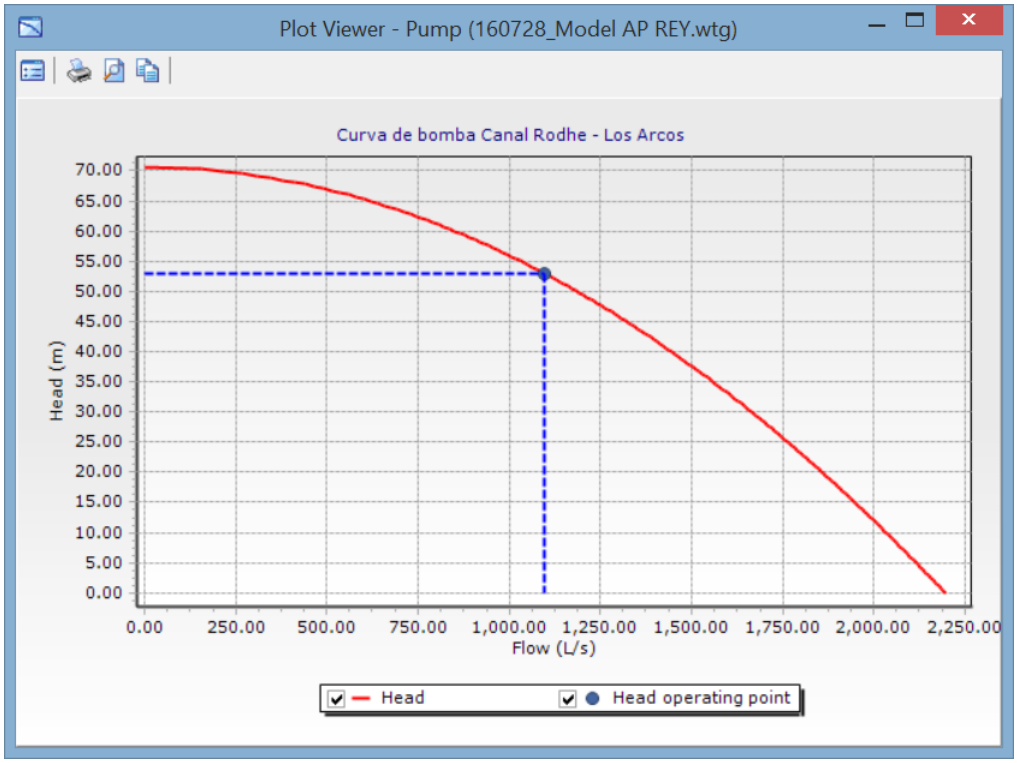


Figura 328. Curva de la bomba de la línea de conducción Canal Rodhe – Los Arcos.

La línea de conducción de agua cruda que va de la obra de toma en el canal Rodhe a la planta potabilizadora proyecto Los Arcos conduce un gasto máximo diario Q= 1,097.39 l/s y en la tubería de PVC de 42”, este caudal lleva una velocidad de 1.23 m/s, con un gradiente de pérdidas por fricción de 1.0 m/km. El tramo de 14.14 km tiene una pérdida de energía total de 12.20 m.

Del tanque de aguas claras en la Planta Potabilizadora Los Arcos se tienen 2 salidas, con sendas estaciones de bombeo. La primera es una línea de conducción que va hacia el fraccionamiento Los Arcos, es una línea existente de PVC de 12” de diámetro. Esta estación de bombeo tiene una longitud de 1,749 m. La carga a vencer para la bomba es de H = 26.55 m y la eficiencia que se consideró para el equipo de bombeo es del 70%. Con estas características, la potencia a instalar en esta estación de bombeo es de 3.2 HP.

La segunda salida del tanque de aguas claras es una línea de impulsión hacia el Macro Tanque Los Arcos. Es una línea de escasos 15 m de longitud, que deberá conducir 1,090.94 l/s, que representan el gasto máximo diario que se le estará demandando al Macro Tanque Los Arcos. Si se considera una eficiencia teórica del 70%, la potencia requerida por esta estación de bombeo es de 605 HP.

El Macro Tanque Los Arcos cuenta con 2 tuberías de salida, de 30” y 42” de diámetro, a las cuales se les da seguimiento a continuación:

- La bajada de 30” se dirige hacia la carretera estatal a Monterrey, donde se estará conectando con las 2 tuberías existentes de 8” y 16” de diámetro.
    - La línea de 8” continúa hacia el oeste en este mismo diámetro hacia la zona industrial y hacia el Este, esta línea estará alimentando al Tanque San Valentín 1.

- La tubería existente de 16” continúa con este diámetro hacia el oeste y hacia el Este.
  - La línea hacia el Oeste es la que actualmente alimenta al tanque del fraccionamiento Los Arcos. Se tendrá que cerrar con una válvula de seccionamiento en el cruce con la línea nueva de impulsión que sale del tanque de aguas claras de la planta potabilizadora Los Arcos.
  - La línea hacia el Este se propone reforzarla a un diámetro de 30” pues es la línea que estará alimentando todos los tanques que se encuentran al norte de la Carretera Estatal a Monterrey que pertenecen al sector Rancho Grande.

- La bajada de 42” de diámetro del Macro Tanque Los Arcos, es el inicio del acuaférico en esta Alternativa 2. Esta línea nueva llega a la carretera estatal a Monterrey y continúa hacia el Este hasta llegar al viaducto, por donde estará continuando de la misma forma en que se describió para la alternativa 1, con los arreglos de válvulas sostenedoras de presión en los cruceros donde se tienen derivaciones a los tanques de la red de distribución.

Las presiones en la Alternativa 2 son muy similares a las que se presentan en la alternativa 1, con valores en su mayoría entre los 20 y 40 mca.

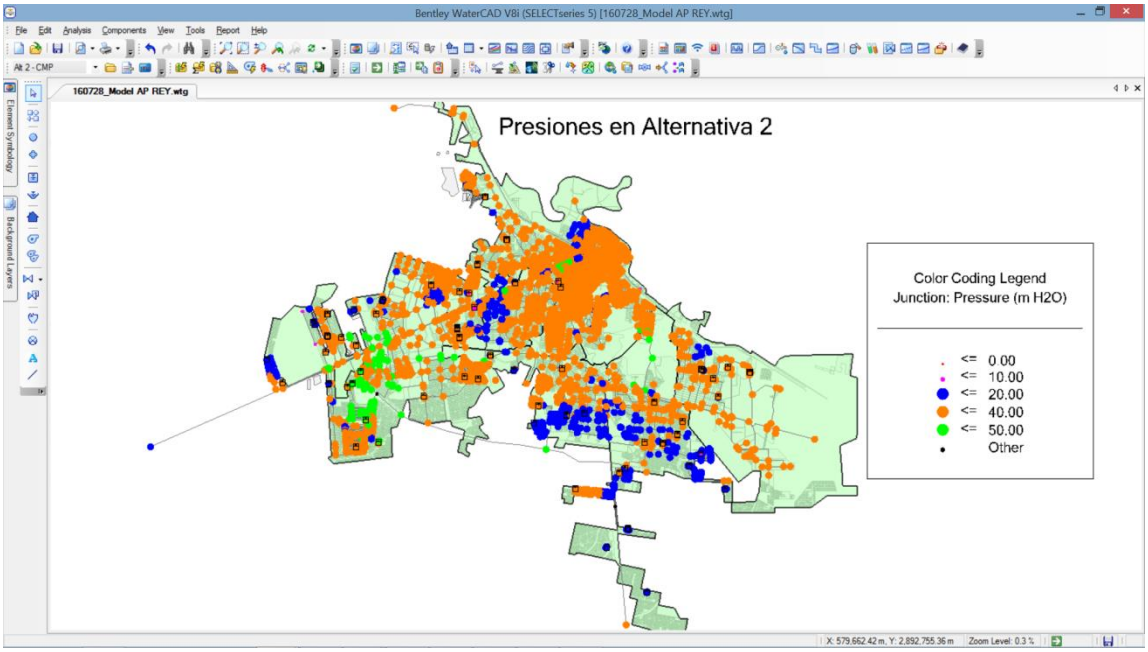


Figura 329. Presiones en la red de distribución de Reynosa. Alternativa 2.

La Alternativa 2 presenta la siguiente distribución de presiones para el total de nodos simulados en el modelo matemático:

- 16.5% de los nodos tienen presiones de entre los 10 y los 20 mca
- Un 78.3% de los nodos del sistema presentan presiones entre los 20 y los 40 mca.
- Nodos con más de 40 mca representan un 5.2%

La alternativa 2 presenta las siguientes características de carga y gasto de diseño, así como la potencia teórica en sus estaciones de bombeo:

Tabla 200. Resumen de estaciones de Bombeo de la Alternativa 2.

Bombeo	Gasto de Diseño (l/s)	Carga de Diseño (m)	Eficiencia (%)	Potencia (HP)
OT Canal Rodhe – PP Los Arcos	1097.4	52.95	70	1,092.00
Nuevo México	30.84	43.49	70	25.2
Reb a Tanque Benito Juárez	987.66	39.36	70	730.5
Paseo de las Flores Sur	4.00	33.6	70	2.5
P. Pastor Lozano (Bombeo No. 1)	810.07	32.00	70	487.1
P. Pastor Lozano (Bombeo No. 2)	264.73	30.00	70	149.3
P. Pastor Lozano (Bombeo 4)	457.21	36.77	70	316.0
Juárez - Purificación	495.96	29.89	70	278.6
PP Los Arcos - Macro Tanque	1090.67	29.52	70	605.2
Reb PP Los Arcos - Tanque Los Arcos	6.45	26.55	70	3.2
Reb a Tanque Rancho Grande	418.54	25.08	70	197.2
P.P Lozano Reb. a Pta.B.Juárez	987.67	21.03	70	390.4
			TOTAL	**4,277.2**

ALTERNATIVAS 1 Y 2 A LARGO PLAZO

En una situación a largo plazo, las alternativas sufren ligeras modificaciones en sus demandas, ya que se está proponiendo, junto con la sectorización, una disminución de pérdidas físicas, consiguiendo con esta estrategia el mejor aprovechamiento del recurso. En general, con estas estrategias de recuperación de caudales, y poniendo la población del horizonte de proyecto a largo plazo, las demandas en este último escenario representan el 98.3% de las demandas que se tienen actualmente, aun y con el incremento en la población de proyecto.

Las estrategias a largo plazo son idénticas para las dos alternativas y comprenden adiciones en únicamente dos de los seis sectores: Rancho Grande y Oriente, además de un incremento en la demanda en el sector Juárez Oriente.

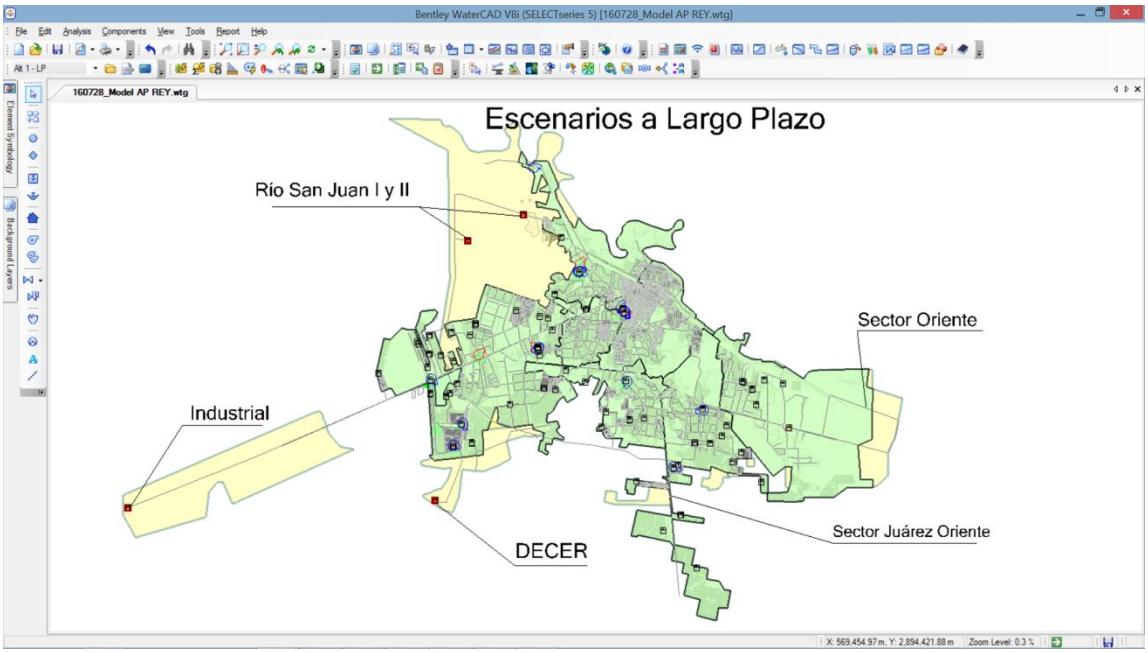


Figura 330. Adiciones a la cobertura de agua potable. Escenarios a Largo Plazo.

INCREMENTO EN LA COBERTURA DEL SECTOR RANCHO GRANDE

Polígono industrial.

Al Oeste de la ciudad de Reynosa, en la salida por la autopista a Monterrey se está previendo el crecimiento del polígono industrial que estará demandando servicios de agua en el escenario a largo plazo. Para poder atender estas demandas futuras, se está proyectando la construcción de una línea de conducción ubicada en el cruce de la autopista a Monterrey y la entrada al fraccionamiento Los Fresnos.

La longitud de la línea de conducción es de 18.67 km de longitud, con un diámetro de 6” en PVC. El gasto de diseño es el gasto máximo diario que para el polígono industrial es Q = 17.09 l/s. Con estos datos se obtuvo la curva del sistema con la que se determinó la carga de diseño.

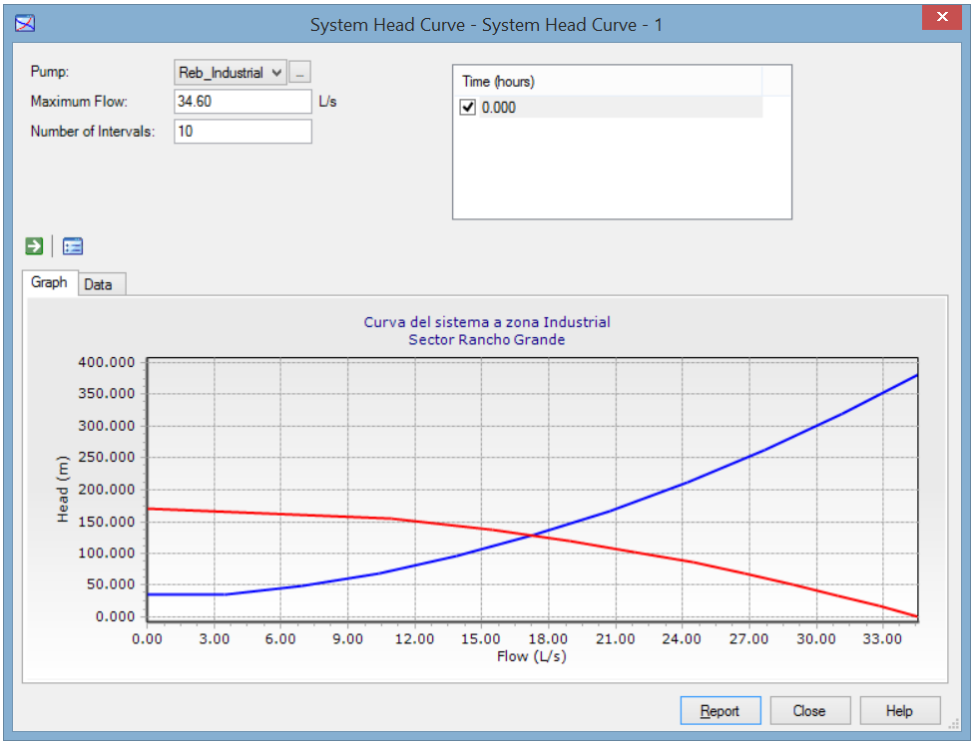


Figura 331. Curva del sistema, línea de conducción al Tanque Industrial.

Cruzando el dato del gasto de diseño con la curva del sistema, se obtiene el dato de la carga de diseño, que para la línea de conducción al Tanque Industrial, H = 128.64 m. La velocidad del flujo en esta línea de conducción es de 0.94 m/s y el gradiente de pérdidas es de 5.1 m/km.

Para las propuestas de equipos de bombeo nuevos se estará usando una eficiencia del 70%, por lo tanto, para calcular la potencia del equipo de bombeo, se tiene la fórmula:

$$P = \frac{\rho g Q H}{\eta} = 31.2kW = 42HP$$

Donde:

P = Potencia, en watts

ρ = Densidad del fluido, 1,000 kg/m^3

g = Constante gravitacional, 9.81 m/s^2

Q = Gasto de diseño, 17.30 l/s

H = 128.64 m

η = 70 %

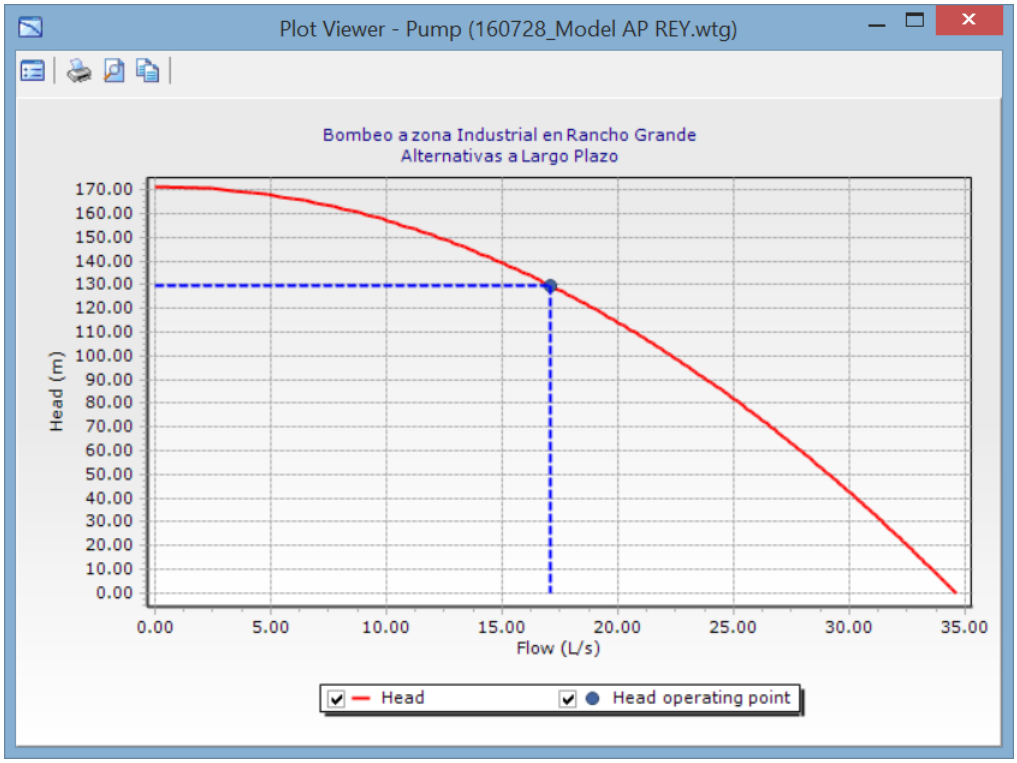


Figura 332. Curva de la bomba de la línea de conducción al Tanque Industrial.

DECER.

El Desarrollo Certificado (DECER) es otro de los polos de desarrollo y ampliación de la cobertura de la red de distribución de agua potable en Reynosa. Este desarrollo a largo plazo significa una demanda por cubrir de 53.33 l/s a gasto medio diario. El suministro al tanque de distribución en DECER se realizará desde una estación de bombeo ubicada en el predio del tanque Nuevo México IV sección y con una línea de conducción de aproximadamente 4.5 km de longitud en tubería de PVC de .8".

Se construyó la curva del sistema y a partir de este gráfico se obtuvo la carga de diseño para posteriormente calcular la potencia que se deberá instalar en la casa de bombas. La curva del sistema se muestra en el siguiente gráfico.

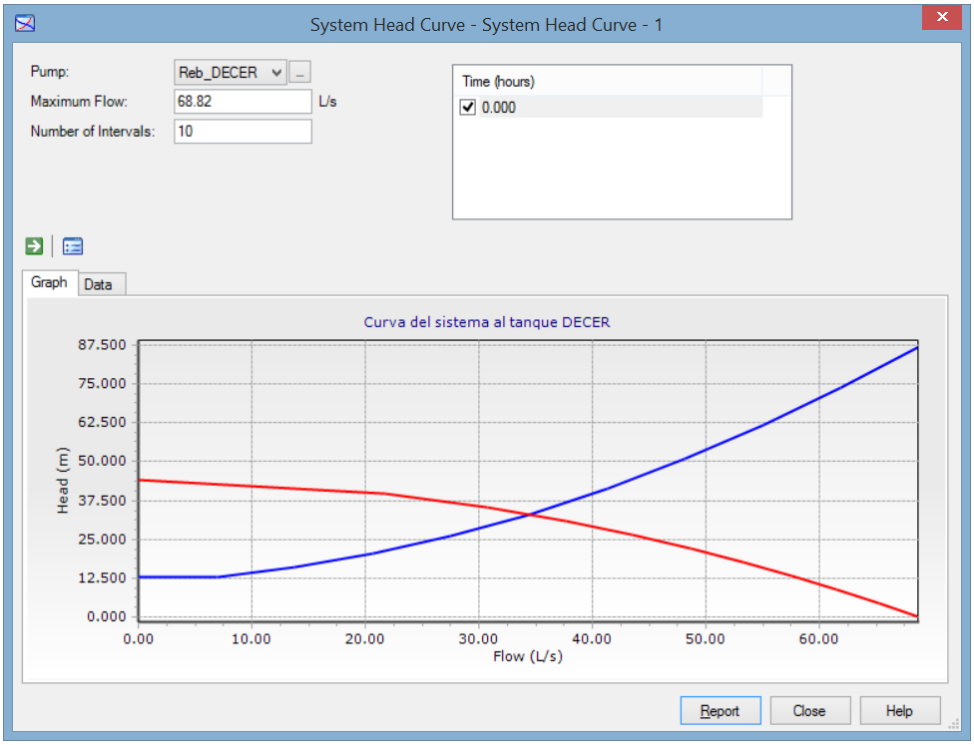


Figura 333. Curva del sistema, línea de conducción al Tanque DECER.

Con el dato del gasto de diseño Q = 34.41 l/s y con la curva del sistema, se obtiene el dato de la carga de diseño, que para la línea de conducción al Tanque DECER, que resultó de H = 33.05 m. La velocidad del flujo en esta línea de conducción es de 1.05 m/s y el gradiente de pérdidas es de 4.5 m/km.

Para las propuestas de equipos de bombeo nuevos se estará usando una eficiencia del 70%, por lo tanto, para calcular la potencia del equipo de bombeo, se tiene la fórmula:

$$P = \frac{\rho g Q H}{\eta} = 15.9 kW = 21 HP$$

Donde:

P = Potencia, en watts

ρ = Densidad del fluido, 1,000 kg/m^3

g = Constante gravitacional, 9.81 m/s^2

Q = Gasto de diseño, 34.41 l/s

H = 33.05 m

η = 70 %

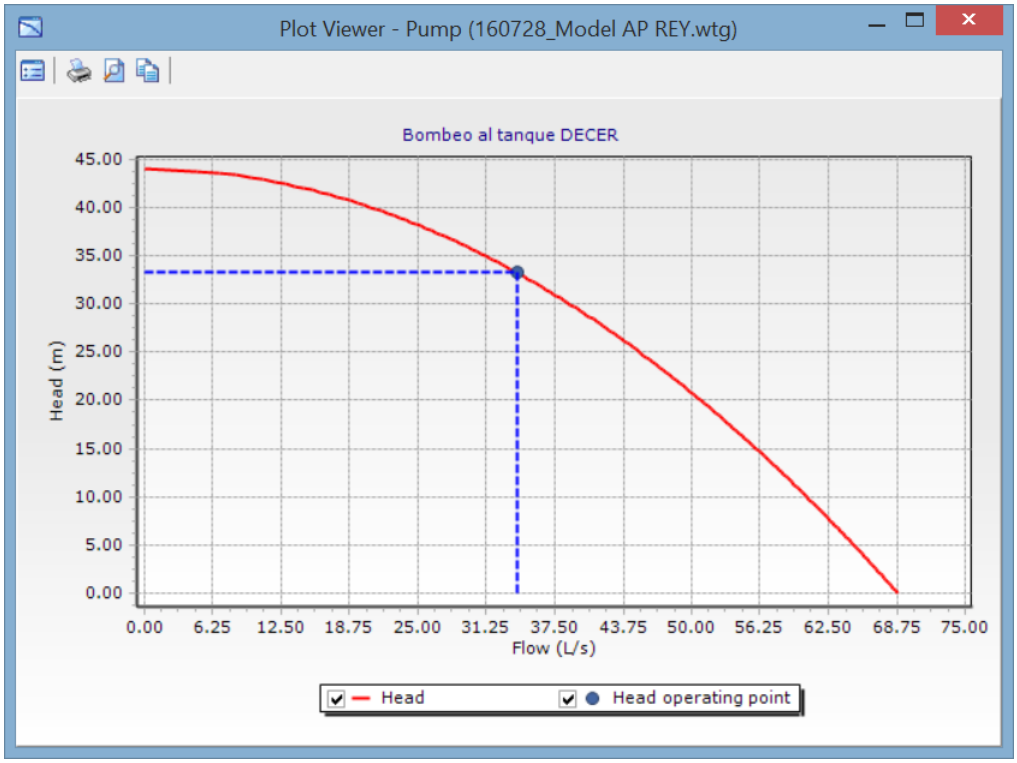


Figura 334. Curva de la bomba de la línea de conducción al Tanque DECER.

Desarrollo Río San Juan I y II.

Esta adición al sector Rancho Grande comienza con un rebombeo desde el tanque de aguas claras de la planta potabilizadora Rancho Grande hacia el norte, al primero de los 2 tanques elevados que comprende este módulo de desarrollo a largo plazo.

En esta propuesta se propone cerrar un circuito desde Rancho Grande, pasando por los tanques elevados Río San Juan I y II hasta llegar al tanque Unidad y Esfuerzo. Este circuito proporciona un grado más de flexibilidad en la operación durante un evento de contingencia en la red de distribución.

La longitud total de la línea de conducción desde la estación de bombeo hasta el tanque Río San Juan II es de 13.24 km, en donde los primeros 5.93 km son en PVC de 18". En este punto se tiene el disparo hacia el tanque Río San Juan I, con una válvula sostenedora que garantice una presión mínima en la conexión antes de derivar el agua. A partir de este punto, el diámetro se reduce a 14" hasta llegar al tanque Río San Juan II.

Entre el crucero donde se tiene la llegada al tanque Río San Juan II y el tanque Unidad y Esfuerzo se tiene una tubería de PVC de 14" de diámetro, con una longitud de 5.61 km. Esta línea estará cerrada en operación normal, pero servirá para dar flexibilidad en la operación en caso de ser necesario.

Para evaluar el incremento de la red en Rancho Grande, por el desarrollo Río San Juan I y II, primero se construyó la curva del sistema y a partir de este gráfico se obtuvo la carga de diseño para posteriormente calcular la potencia que se deberá instalar en la casa de bombas.

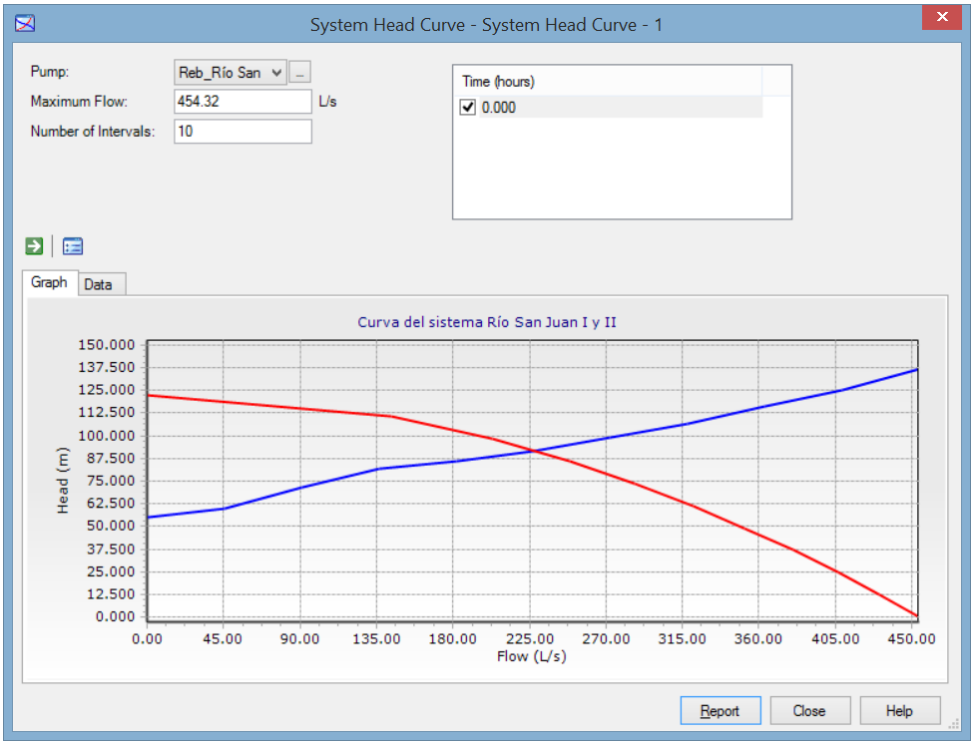


Figura 335. Curva del sistema, línea de conducción a los Tanques Río San Juan I y II.

Con el dato del gasto de diseño Q = 227.16 l/s y con la curva del sistema, se obtiene la carga de diseño, que para esta línea de conducción resultó de H = 92.09 m. La velocidad del flujo en esta línea de conducción es de 1.38 m/s y el gradiente de pérdidas es de 2.9 m/km.

Para las propuestas de equipos de bombeo nuevos se estará usando una eficiencia del 70%, por lo tanto, para calcular la potencia del equipo de bombeo, se tiene la fórmula:

$$P = \frac{\rho g Q H}{\eta} = 293.2kW = 393HP$$

Donde:

P = Potencia, en watts

ρ = Densidad del fluido, 1,000 kg/m^3

g = Constante gravitacional, 9.81 m/s^2

Q = Gasto de diseño, 227.16 l/s

H = 92.09 m

η = 70 %

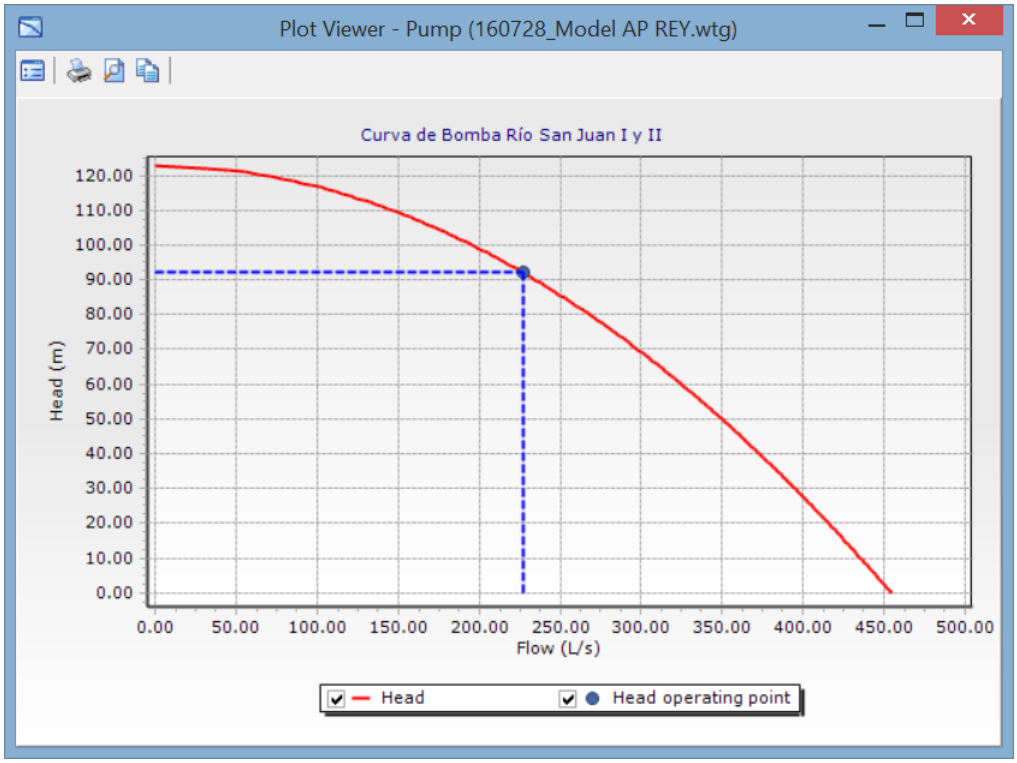


Figura 336. Curva de la bomba de la línea de conducción a los Tanques San Juan I y II.

INCREMENTO EN LA COBERTURA DEL SECTOR JUÁREZ ORIENTE

Línea de conducción San Fernando.

El incremento en la cobertura del sector Juárez Oriente, para el escenario a largo plazo, consiste en el incremento en las demandas que se tendrá en la zona sur de la ciudad, donde se tienen ya las factibilidades de desarrollos habitacionales, por la salida de Reynosa rumbo a San Fernando.

Para llevar el gasto de diseño a largo plazo a dicha zona se está proponiendo una línea de conducción desde el tanque Paseo de las Flores, con una tubería de PVC de 12” de diámetro. La longitud de la conducción hasta el punto más alejado es de 7.5 km. El gasto máximo diario con el que se diseñó esta línea de conducción es de Q = 128.00 l/s, hasta el primer punto de entrega que es a los 1.86 km desde la estación de bombeo por la carretera a San Fernando, y desde ese punto, por otros 5.63 km se llevan 29.1 l/s hasta la entrega con tubería de 8” de diámetro en PVC.

La carga de diseño para esta línea de conducción es de H = 48.0 m. En el primer tramo de la línea de conducción, donde se tiene un diámetro de 12”, la velocidad del flujo es de 1.76 m/s y el gradiente de pérdidas es de 7.2 m/km, mientras que en el tramo de tubería de 8”, la velocidad es de 0.9 m/s y el gradiente de pérdidas es de 3.3 m/km.

Para las propuestas de equipo de bombeo se estará usando una eficiencia del 70%, por lo tanto, para calcular la potencia en kW y en HP, se tiene la fórmula siguiente:

$$P = \frac{\rho g Q H}{\eta} = 86.1 kW = 115 HP$$

Donde:

P = Potencia, en watts

ρ = Densidad del fluido, 1,000 kg/m^3

g = Constante gravitacional, 9.81 m/s^2

Q = Gasto de diseño, 128.00 l/s

H = 48.00 m

η = 70 %

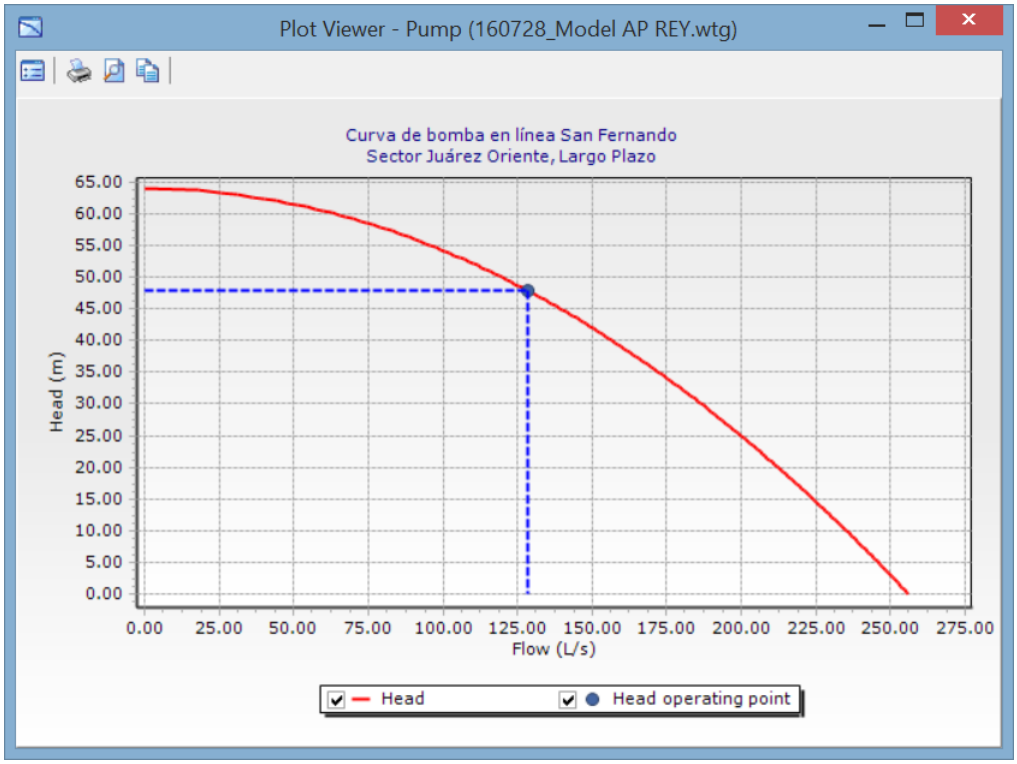


Figura 337. Curva de la bomba de la línea de conducción San Fernando, sector Juárez Oriente.

INCREMENTO EN LA COBERTURA DEL SECTOR ORIENTE

Metropolitano.

Para el sector Oriente, se está incrementando la cobertura con una longitud de red de 14.33 km hacia el Oeste, generando un circuito que se abastece desde un tanque nuevo, llamado Metropolitano.

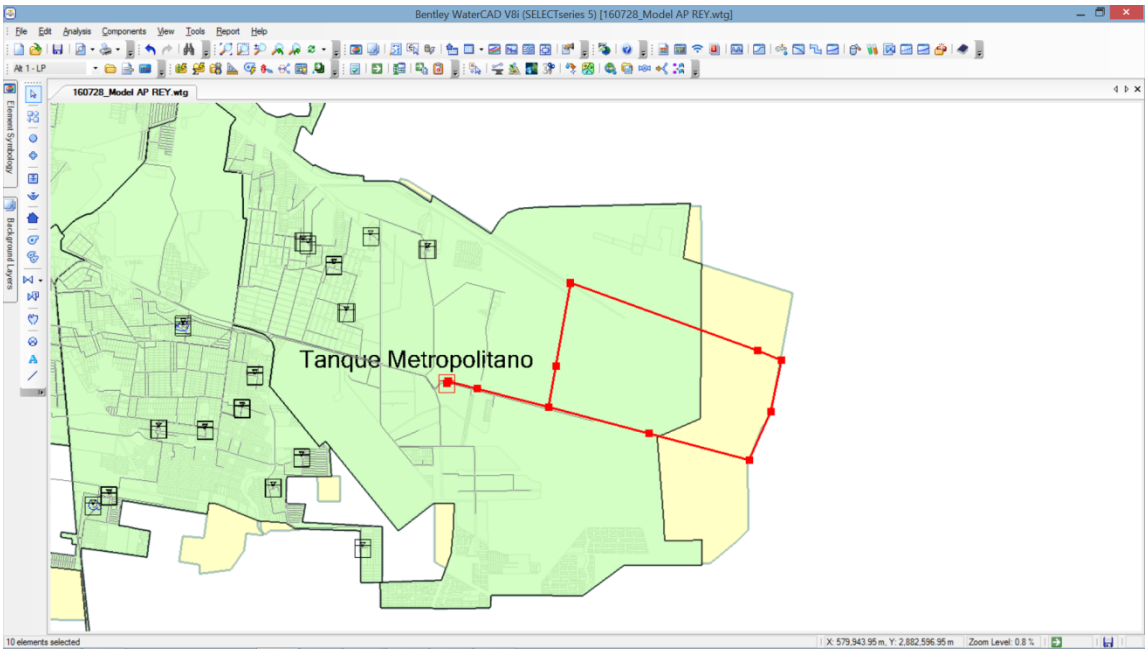


Figura 338. Incremento en cobertura del sector Oriente. Largo Plazo.

El tanque Metropolitano se está proponiendo con una altura de 25 m, con un volumen de 1,450 m^3. Este tanque se estará abasteciendo desde la planta potabilizadora Benito Juárez.

La línea de conducción del Tanque Elevado Benito Juárez al Tanque Metropolitano es una tubería de PVC de 12” de diámetro, con una longitud de 5.48 km. El gasto máximo diario es de Q = 100.31 l/s y la velocidad del flujo es de 1.37 m/s, con lo que el gradiente de pérdidas por fricción es de 4.6 m/km.

Del tanque Metropolitano sale una tubería de 16” de diámetro, para abastecer la zona de ampliación en el largo plazo. El gasto máximo horario en el circuito que se está ampliando a largo plazo en el sector Oriente, es de Q = 152.38 l/s.

A manera de resumen, se presenta una tabla con la comparativa de potencia requerida en cada una de las alternativas a Corto y Mediano Plazo y también a Largo Plazo.

Tabla 201. Potencia de bombeo de Alternativa 1 a Corto y Mediano y Largo Plazo.

Bombeo	Alternativa 1 – Corto y mediano plazo (HP)	Alternativa 1 – Largo plazo (HP)
EB Rancho Grande- Jarachinas	434.10	434.1
Jarachina 2 - Macro Los Fresnos	1178.80	1,178.80
Juárez - Purificación	278.60	241.8
Los Fresnos	5.20	19.6
Nuevo México	24.60	24.9
P. Pastor Lozano (Bombeo No. 1)	487.10	458.9
P. Pastor Lozano (Bombeo No. 2)	149.30	134.7
P. Pastor Lozano (Bombeo No. 4)	316.00	316
P.P Lozano Reb. a Pta.B.Juárez	390.40	390.4
Paseo de las Flores Sur	2.50	115.6
Reb a Tanque Benito Juárez	730.50	730.5
Reb a Tanque Rancho Grande	197.20	197.2
TQ1. Jarachina	63.30	63.7
Rebombeo Industrial		41.7
Reb a DECER		21.3
Reb a Río San Juan I y II		393.1
TOTALES	**4,257.6**	**4,762.3**

Tabla 202. Potencia de bombeo de Alternativa 2 a Corto y Mediano y Largo Plazo.

Bombeo	Alternativa 2 – Corto y Mediano Plazo (HP)	Alternativa 2 – Largo Plazo (HP)
Juárez - Purificación	278.6	241.8
Nuevo México	25.2	25.5
OT Canal Rodhe a PP Los Arcos	1,092.00	1,092.00
P. Pastor Lozano (Bombeo No. 1)	487.1	458.9
P. Pastor Lozano (Bombeo No. 2)	149.3	134.7
P. Pastor Lozano (Bombeo No. 4)	316	316
P.P Lozano Reb. a Pta.B.Juárez	390.4	390.4
PP Los Arcos - Macro Tanque	605.2	605.2
Paseo de las Flores Sur	2.5	115.6
Reb PP Los Arcos - Tanque Los Arcos	3.2	3.2
Reb a Tanque Benito Juárez	730.5	730.5
Reb a Tanque Rancho Grande	197.2	197.2
Reb a Zona Industrial		41.7
Rebombeo a DECER		21.3
Reb a Río San Juan I y II		393.1
TOTALES	**4,277.2**	**4,767.1**

Para un mejor entendimiento de los resultados de la modelación en las siguientes figuras se presenta las obras que se requieren para que el sistema funcione bajo las premisas que se establecieron al inicio de la modelación, las cuales fueron: evitar los bombeos directos a la red, incorporar una sectorización efectiva en la distribución, implementar un sistema que lleve directamente el agua a depósitos desde donde puede tenerse una repartición de agua más eficiente y equitativa, con presiones más adecuadas, que por un lado no sean excesivas porque las presiones altas incrementan también las pérdidas debido a la naturaleza de las fugas y por otro lado elevar la presión en aquellas zonas en donde actualmente se tienen presiones muy bajas, además simplificar la operación de las plantas de bombeo, así como disminuir el número de plantas de bombeo y rebombeo que se tienen sembradas en toda la ciudad, lo que traerá como beneficio adicional un ahorro en el consumo energético.

Para mayor detalle de la información de las alternativas de agua potable y modelación en condiciones futuras, consultar los anexos 6 y 15.

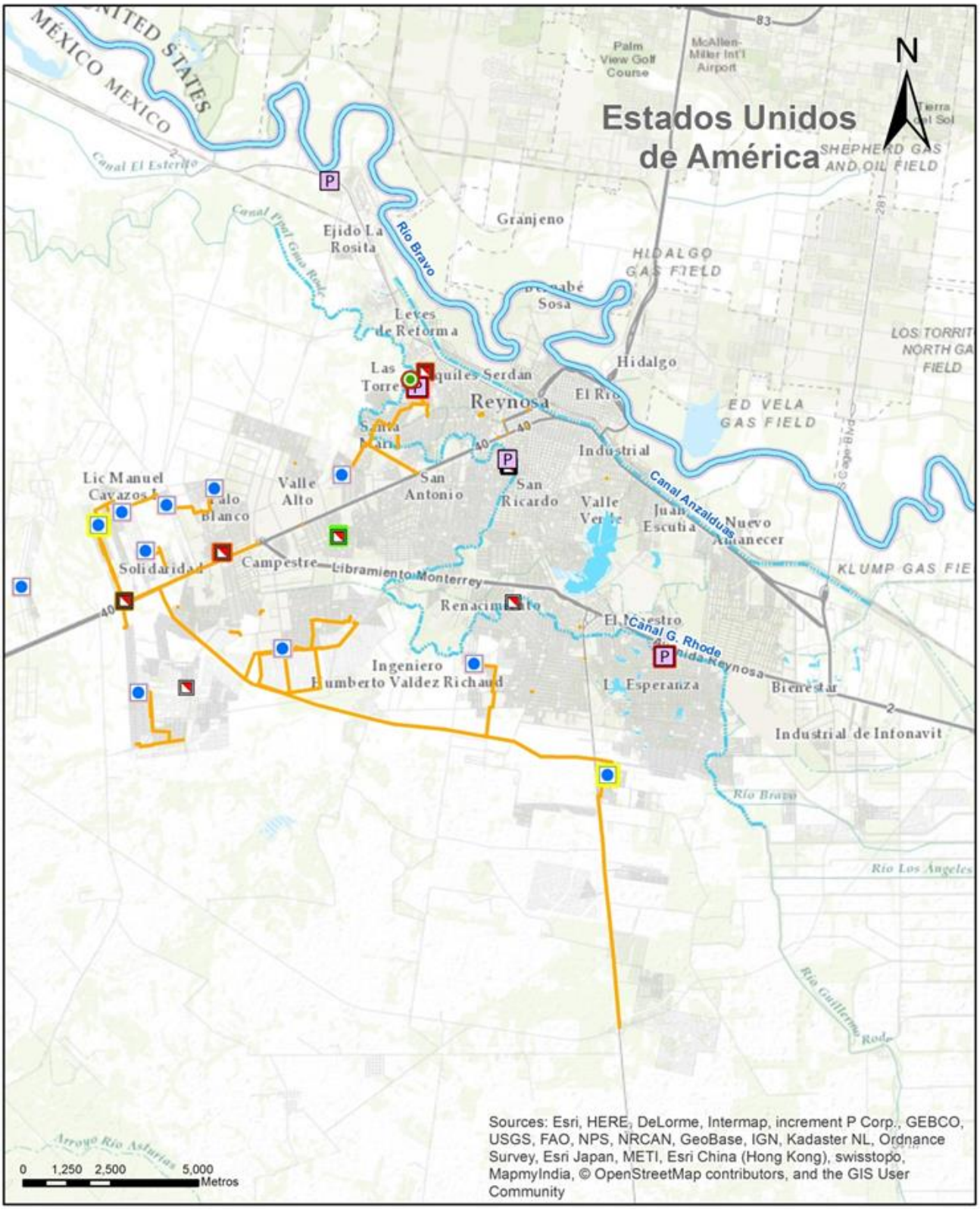


Figura 339. Obras de mejora operativa en el sistema de Agua Potable Alternativa No. 1 (CM-P)



Figura 340. Obras de refuerzos y sustituciones de Alternativa 1 (CM-P)

En la siguiente tabla se presenta un resumen de las obras resultantes de la modelación hidráulica efectuada en el software WATERGEMS y en el Anexo 21 se presenta el desglose de cada obra y en Anexo 15 se presenta los archivos de los planos de los resultados de la modelación en formato shapefile.

Tabla 203. Obras de cabeza de agua potable del modelo de simulación de la Alternativa No. 1 (CM –P)

Tipo	Unidad	Corto y Mediano Plazo
		Alternativa 1
Tuberías	**m**	**122,640**
Mejora Operativa a tubos a presión	**m**	**69,065.0**
Refuerzos a tubos de presión	**m**	**53,575.0**
Estructuras y otros		
Predio para nuevas plantas potabilizadoras	ha	0.00
Construcción de plantas potabilizadoras	Plantas Pot	0
	L/s	0
Ampliaciones de plantas potabilizadoras	Plantas Pot	2
	L/s	1,020
Reequipamiento de pozos profundos	Pozos	26
	hp	710.0
Reingeniería y Reequipamiento en estaciones de bombeo	EBAP	10
	hp	3,609
Construcción de tanques de regulación	Tanques	14
	m^3	47,750

De igual forma se presentan los resultados de la capacidad de los equipos de bombeo (hp) calculadas con el modelo de simulación para las condiciones de la Alternativa No. 1 a corto plazo de cada estación de bombeo, partiendo de la suposición de que los equipos que se suministraran deben tener eficiencias electromecánicas superiores al 70%.

Además se presenta el cálculo del consumo en kWh a partir de la suposición de que el equipo calculado opera las 24 horas al día y por último se presenta el costo al año de energía eléctrica de las EBs para la Alternativa No. 1 según el modelo de simulación.

Tabla 204. Equipo de bombeo – consumos de kWh – importes para las EB en la Alternativa No. 1 (CM –P)

No.	ID	Nombre	Status	Datos (WaterGEMS)					
				Gasto Máximo Diario (L/s)	Carga Dinámica Total (m)	Efic.	Potencia Requerida (hp)	Consumos E.E.	Importe Facturado
								Consumo de E.E kWh/año	Importe facturado $/año
1	AP21-3	TQ3. Jarachina	Operando	1,055.07	66.82	70%	1,325	8,655,340	15,703,147
2		Los Fresnos	Operando	6.52	42.12	70%	6	39,194	69,187
3	AP5	P. Pastor Lozano (Bombeo No. 1)	Operando	908.80	39.89	70%	682	4,455,050	7,411,244
4		Reb a Tanque Benito Juárez	Operando	973.03	39.35	70%	720	4,703,279	7,823,963
5		Paseo de las Flores Sur	Operando	4.00	33.60	70%	2.5	16,331	31,173
6	AP21-1	TQ1. Jarachina	Operando	150.10	27.54	70%	78	509,522	851,181
7	AP43/PP5	Cavazos	Operando	2.21	25.36	70%	1.5	9,798	20,312
8		EB Rancho Grande- Jarachinas	Operando	1,236.15	25.25	70%	587.5	3,837,745	6,384,876
9		Reb a Tanque Rancho Grande	Operando	418.54	25.08	70%	200	1,306,466	2,176,227
10		P.P Lozano Reb. a Pta.B. Juárez	Operando	194.26	1.69	70%	6.5	42,460	74,617
11	AP-1	Nuevo México	F.O	0.00	0.00	70%	0.0	0	0
12	AP6	P. Pastor Lozano (Bombeo No. 2)	F.O	0.00	0.00	70%	0.0	0	0
13	AP7	P. Pastor Lozano (Bombeo 3)	F.O	0.00	0.00	70%	0.0	0	0
14	AP8	P. Pastor Lozano (Bombeo 4)	F.O	0.00	0.00	70%	0.0	0	0
15	AP15-1	Granjas C1	F.O	0.00	0.00	70%	0.0	0	0
16	AP21-2	TQ2. Jarachina	F.O	0.00	0.00	70%	0.0	0	0
17	AP27	Juárez	F.O	0.00	0.00	70%	0.0	0	0
18	AP48	Rancho Grande	F.O	0.00	0.00	70%	0.0	0	0
Total				**4,948.68**			**3,609**	**23,575,186**	**40,545,929**

Como se observa en las tablas anteriores para bombear el gasto máximo instantáneo de las estaciones de bombeo que forman parte esencial del sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Reynosa en la Alternativa No. 1 a corto y mediano plazo, se requiere de equipos por un total de 3,609 HP, los cuales estarían consumiendo un total de 23, 575,186 kWh al año, lo que representa un gasto por concepto de energía eléctrica de $ 40.55 millones al año.



Figura 341. Obras de mejora operativa del sistema de Agua Potable Alternativa No. 2 (CM-P)



Figura 342. Obras de refuerzos y sustituciones de Alternativa 2 (CM –P)

En la siguiente tabla se presenta un resumen de las obras resultantes de la modelación hidráulica efectuada en el software WATERGEMS y en el Anexo 21 se presenta el desglose de cada obra y en Anexo 15 se presenta los archivos de los planos de los resultados de la modelación en formato shapefile.

Tabla 205. Obras de cabeza de agua potable del modelo de simulación de la Alternativa No. 2 (CM –P)

Tipo	Unidad	Corto y Mediano Plazo
		Alternativa 1
Tuberías	**m**	**131,153**
Mejora Operativa a tubos a presión	**m**	**73,881.0**
Refuerzos a tubos de presión	**m**	**57,272.0**
Estructuras y otros		
Predio para nuevas plantas potabilizadoras	ha	4.09
Construcción de plantas potabilizadoras	Plantas Pot	1
	L/s	790
Ampliaciones de plantas potabilizadoras	Plantas Pot	2
	L/s	230
Reequipamiento de pozos profundos	Pozos	26
	hp	710.0
Reingeniería y Reequipamiento en estaciones de bombeo	EBAP	10
	hp	3,953
Construcción de tanques de regulación	Tanques	15
	m^3	48,620

De igual forma se presentan los resultados de la capacidad de los equipos de bombeo (hp) calculadas con el modelo de simulación para las condiciones de la Alternativa No. 2 a corto plazo de cada estación de bombeo, partiendo de la suposición de que los equipos que se suministraran deben tener eficiencias electromecánicas superiores al 70%.

Además se presenta el cálculo del consumo en kWh a partir de la suposición de que el equipo calculado opera las 24 horas al día y por último se presenta el costo al año de energía eléctrica de las EBs para la Alternativa No. 2 según el modelo de simulación.

Tabla 206. Equipo de bombeo – consumos de kWh –importes, para las EB en la Alternativa No. 2 (CM-P)

No.	ID	Nombre	Status	Datos (WaterGEMS)					
				Gasto Máximo Diario (L/s)	Carga Dinámica Total (m)	Efic.	Potencia Requerida (hp)	Consumos E.E.	Importe Facturado
								Consumo de E.E kWh/año	Importe facturado $/año
1		Agua Cruda a PP Los Arcos	Operando	1,251.46	56.31	65%	1,325.0	8,655,340	15,703,147
2	AP5	P. Pastor Lozano (Bombeo No. 1)	Operando	908.80	39.89	65%	682.0	4,455,050	7,411,244
3		Reb a Tanque Benito Juárez	Operando	973.03	39.35	65%	720.0	4,703,279	7,823,963
4	AP8	P. Pastor Lozano (Bombeo 4)	Operando	464.60	36.80	65%	322.0	2,103,411	3,501,273
5		Paseo de las Flores Sur	Operando	4.00	33.60	65%	2.5	16,331	31,173
6		PP Los Arcos - Macro Tanque	Operando	1,245.41	29.52	65%	690.0	4,507,309	7,498,132
7		Reb PP Los Arcos - Tanque Los Arcos	Operando	6.45	26.55	65%	3.5	22,863	42,034
8	AP43/PP5	Cavazos	Operando	2.21	25.36	65%	1.5	9,798	20,312
9		Reb a Tanque Rancho Grande	Operando	418.54	25.08	65%	200.0	1,306,466	2,176,227
10		P.P Lozano Reb. a Pta.B.Juárez	Operando	194.26	1.69	65%	6.5	42,460	74,617
11	AP-1	Nuevo México	F.O	0.00	0.00	65%	0.0	0	0
12	AP6	P. Pastor Lozano (Bombeo No. 2)	F.O	0.00	0.00	65%	0.0	0	0
13	AP7	P. Pastor Lozano (Bombeo 3)	F.O	0.00	0.00	65%	0.0	0	0
14	AP15-1	Granjas C1	F.O	0.00	0.00	65%	0.0	0	0
15	AP21-1	TQ1. Jarachina	F.O	0.00	0.00	65%	0.0	0	0
16	AP21-2	TQ2. Jarachina	F.O	0.00	0.00	65%	0.0	0	0
17	AP21-3	TQ3. Jarachina	F.O	0.00	0.00	65%	0.0	0	0
18	AP27	Juárez	F.O	0.00	0.00	65%	0.0	0	0
19	AP48	Rancho Grande	F.O	0.00	0.00	65%	0.0	0	0
Total				**5,468.76**			3,953	**25,822,308**	**44,282,123**

Como se observa en las tablas anteriores para bombear el gasto máximo diario de las estaciones de bombeo que forman parte esencial del sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Reynosa en la Alternativa No. 2 a corto y mediano plazo, se requiere de equipos por un total de 3,953 HP, los cuales estarían consumiendo un total de 25, 822,308 kWh al año, lo que representa un gasto por concepto de energía eléctrica de $ 44.28 millones al año.

A continuación se presentan unas tablas donde se hace un comparativo de las obras entre las dos Alternativas analizadas a corto y mediano plazo.

Tabla 207. Obras requeridas en las Alternativas a corto y mediano plazo de Agua Potable en Reynosa

Tipo	Unidad	Corto y Mediano Plazo	
		Alternativa 1	Alternativa 2
		Cantidad	Cantidad
Obras de toma	**OT**	**1**	**1**
	L/s	**1,100**	**310**
Construcción de Obras de toma	OT	1	1
	L/s	1,100	310
Plantas Potabilizadoras	**ha**	**0**	**4.1**
	Plantas Pot	**2**	**3**
	L/s	**1,020**	**1,020**
Predio para nuevas plantas potabilizadoras	ha	0	4.09
Construcción de plantas potabilizadoras	Plantas Pot	0	1
	L/s	0	790
Ampliación de plantas potabilizadoras	Plantas Pot	2	2
	L/s	1,020	230
Pozos Profundos	**Pozos**	**26**	**26**
	hp	**710.00**	**710.00**
Reequipamiento	Pozos	26	26
	hp	710.00	710.00
Estaciones de Bombeo	**EBAP**	**10**	**10**
	hp	**3,609.00**	**3,953.00**
Construcción / Reingeniería y Reequipamiento	EBAP	6	7
	hp	1,522.50	2,947.50
Reequipamiento	EBAP	4	3
	hp	2,086.50	1,005.50
Tanques de Regulación	**Tanques**	**14**	**15**
	m^3	**47,750**	**48,620**
Construcción de Tanques	Tanques	14	15
	m^3	47,750	48,620
Tubos a presión de mejora Operativa	**m**	**69,065**	**73,881**
4'' de PVC	m	7,497.20	8,622.30
6'' de PVC	m	3,079.20	4,009.00
8'' de PVC	m	10,998.20	13,489.70
10'' de PEAD	m	2,424.60	3,384.50
12'' de PEAD	m	10,709.30	11,066.90
14'' de PEAD	m	3,115.10	70.00
16'' de PEAD	m	24.40	24.40
18'' de PEAD	m	1,005.90	600.30
20'' de PEAD	m	1,195.80	352.50

Tipo	Unidad	Corto y Mediano Plazo	
		Alternativa 1	Alternativa 2
		Cantidad	Cantidad
24'' de PEAD	m	2,928.80	2,986.80
30'' de PEAD	m	8,685.70	8,949.90
36'' de PEAD	m	1,313.50	1,313.50
42'' de PEAD	m	13,599.10	19,011.60
54'' de PEAD	m	2,488.00	0.00
Tubos a presión de refuerzos y sustitución	**m**	**53,575**	**57,272**
6'' de PVC	m	3,046.80	3,046.80
8'' de PVC	m	11,670.80	11,670.80
10'' de PEAD	m	6,330.10	6,330.10
12'' de PEAD	m	5,793.10	6,673.50
14'' de PEAD	m	2,404.00	2,404.00
16'' de PEAD	m	438.80	684.30
18'' de PEAD	m	3,815.30	3,815.30
20'' de PEAD	m	7,384.50	11,154.10
24'' de PEAD	m	5,581.00	5,722.00
30'' de PEAD	m	55.60	4,069.70
36'' de PEAD	m	118.80	118.80
42'' de PEAD	m	6,936.10	1,582.80

Alternativas a Largo Plazo

Para el análisis de las alternativas a largo plazo fue necesario en primer lugar llevar a cabo el direccionamiento del crecimiento de la población dentro del horizonte o periodo de planeación, para lo cual fue necesario contar con información de los proyectos de gran visión, prefactibilidad, factibilidad y proyectos ejecutivos de nuevos centros de población y áreas de crecimiento comercial e industrial, así como nuevas vialidades considerados por la Dependencia Municipal (IMPLAN) para los siguientes años o décadas, así como el Programa de Ordenamiento Territorial (POT) y el Plan de Desarrollo Urbano (PDU) vigentes del municipio, información que fue proporcionada en forma y tiempo por el IMPLAN y que fue ampliamente considerada en la planeación de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento para la ciudad de Reynosa.

Al igual que la información referida en el párrafo anterior, también se requirió de la información de las factibilidades de servicios de agua potable y alcantarillado que tienen en proceso de autorización la COMAPA y que deberán dictaminar en función de los medios que se tengan para el abastecimiento o descarga de los fraccionamientos en cuestión.

Es importante señalar que la población de proyecto (2034) se estimó en 816,079 comparada con la población al 2014 que se estimó en 649,807 habitantes, por lo que se espera un crecimiento en el horizonte de planeación de **166,272 habitantes**, que representan el 26% de la población actual. De igual manera se espera un crecimiento en el horizonte de planeación de 2,102 **unidades económicas** que representan el

22% de las existentes, de acuerdo a las proyecciones de la CONAPO y a la tendencia de crecimiento en el padrón de usuarios de la COMAPA, respectivamente.

Tabla 208. Resumen de crecimiento en el horizonte de planeación

Concepto	Estimada 2014	Estimada 2034	Crecimiento Horizonte de Planeación (20 años)	%
Población	649,807	816,079	**166,272**	26%
Unidades Económicas	9,545	11,647	**2,102**	22%

En este sentido se presenta en las siguiente figuras y tablas la información que nos fue proporcionada por parte del IMPLAN y la COMAPA, la cual sirvió de punto de partida para el direccionamiento de la población y de las unidades económicas proyectadas como crecimiento para los siguientes 20 años (2014 – 2034).

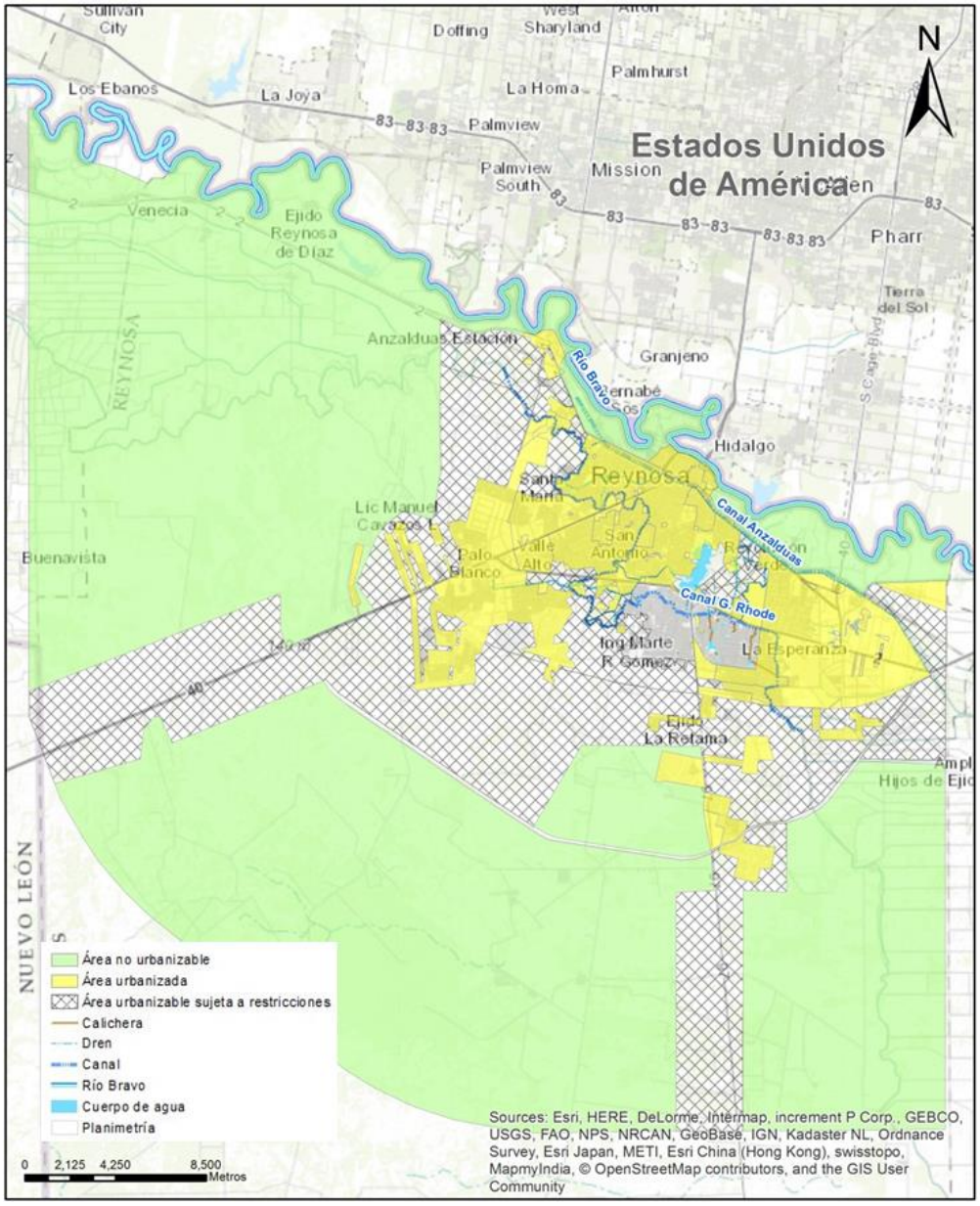


Figura 343. Zonificación Primaria de Reynosa (POT)

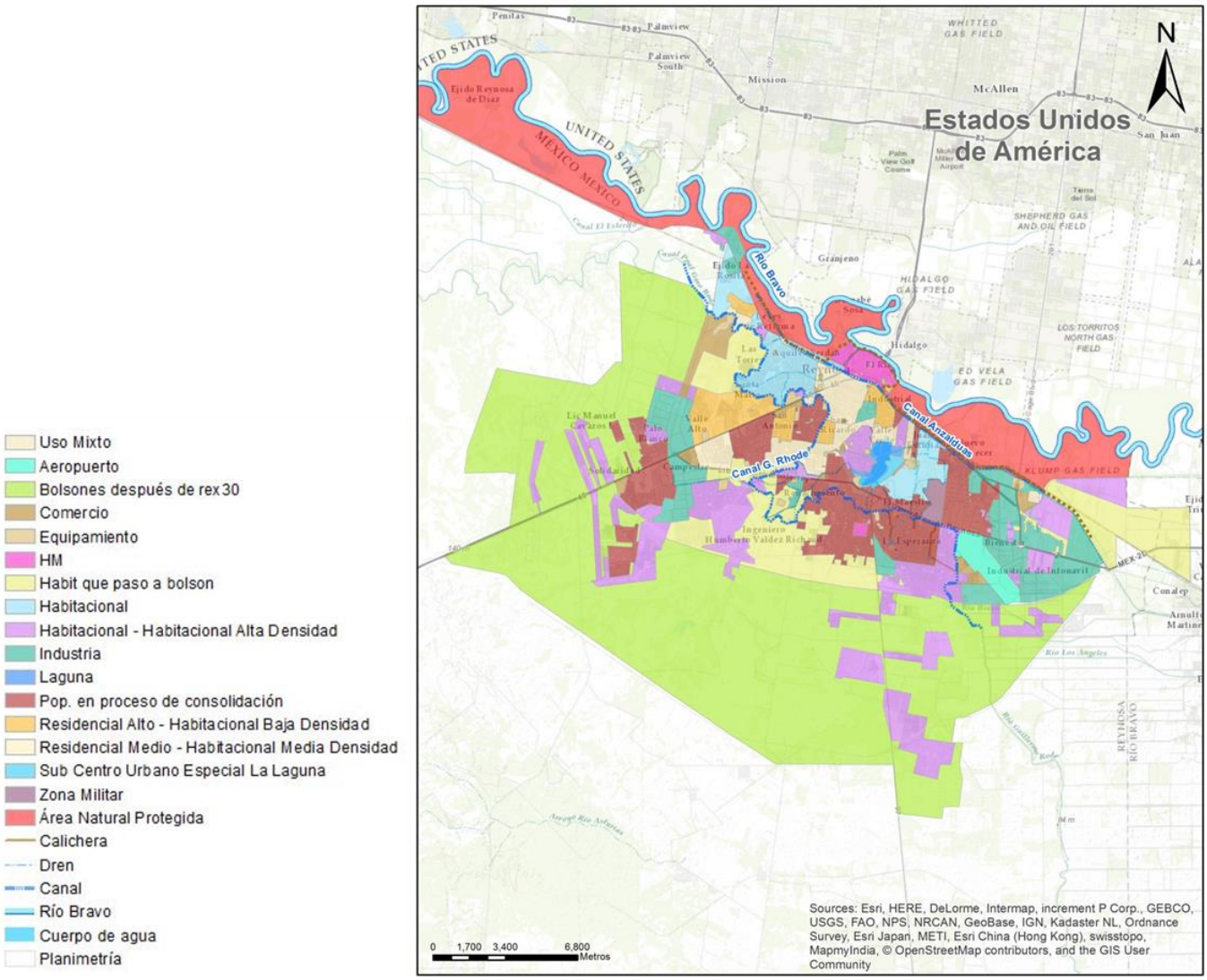


Figura 344. Zonificación secundaría de Reynosa (POT)

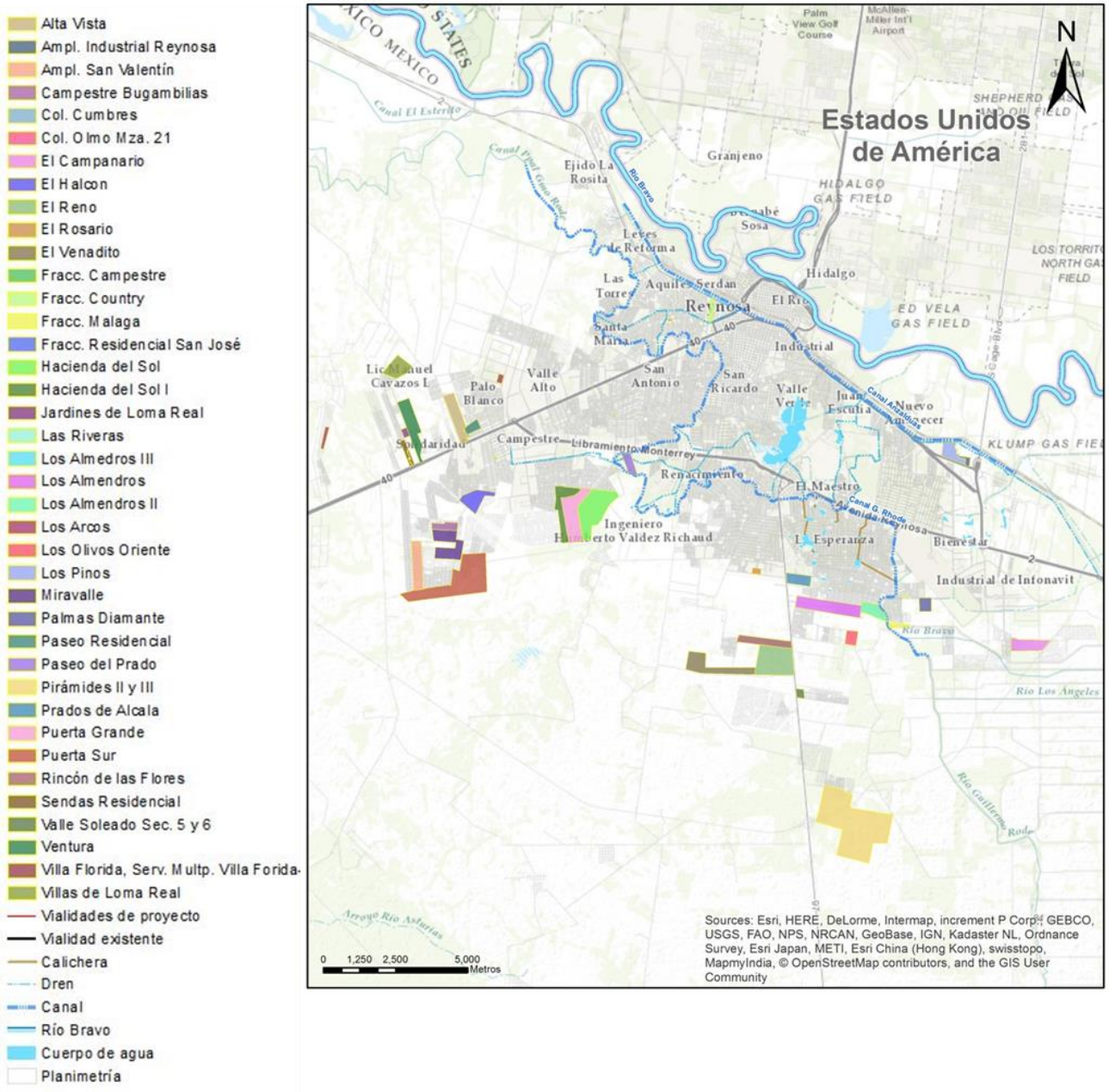


Figura 345. Factibilidades de servicios por parte de los Desarrolladores a la COMAPA

Tabla 209. Factibilidades en proceso de dictamen por parte de la COMAPA

No.	Colonias o Fraccionamientos	Superficie (ha)	Solicitud	Factibilidad Existente	No. Viviendas	No. Comercios	No. Industrias	Población (Hab)
1	Alta Vista	62.94	En Proceso	SI	4,878	21	0	19,320
2	Ampl. Industrial Reynosa	6.22	En Proceso	SI	0	0	10	0
3	Ampl. San Valentín	57.80	2013	SI	3,045	4	0	7,561
4	Campestre Bugambilias	22.91	-----	SI	3,258	0	0	12,965
5	Caobas	???	-----	NO	0	0	0	1,930
6	Col. Cumbres	0.56	2014	SI	3,258	0	0	12,904

No.	Colonias o Fraccionamientos	Superficie (ha)	Solicitud	Factibilidad Existente	No. Viviendas	No. Comercios	No. Industrias	Población (Hab)
7	Col. Olmo Mza. 21	0.87	En Proceso	SI	69	0	0	235
8	Colinas de Loma Real	25.93	-----	NO	0	0	0	2,052
9	El Campanario	48.11	2009	SI	3,077	31	0	9,687
10	El Halcón	48.96	2014	SI	2,359	77	0	9,388
11	El Reno	123.14	-----	SI	0	0	0	27,441
12	El Rosario	6.13	2015	SI	200	2	0	796
13	El Venadito	83.43	-----	SI	0	0	0	18,594
14	Fracc. Campestre	0.47	En Proceso	SI	8	0	0	32
15	Fracc. Country	10.73	En Proceso	SI	120	0	0	407
16	Fracc. Málaga	10.23	En Proceso	SI	600	0	0	2,388
17	Fracc. Residencial San José	0.13	En Proceso	SI	0	1	0	0
18	Fracc. Santa Fe	30.52	-----	NO	0	0	0	12,910
19	Hacienda Bella Vista	???	-----	NO	0	0	0	2,388
20	Hacienda del Sol	131.08	-----	SI	0	0	0	6,204
21	Hacienda del Sol I	61.27	2014	SI	2,368	5	0	6,932
22	Jardines de Loma Real	6.43	-----	SI	465	0	0	1,850
23	Las Riveras	1.76	En Proceso	SI	76	0	0	251
24	Loma Bonita	33.70	-----	NO	0	0	0	5,098
25	Los Almendros	95.49	-----	SI	485	0	0	1,930
26	Los Almendros II	33.24	-----	SI	467	0	0	1,858
27	Los Almendros III	93.24	En Proceso	SI	3,475	5	0	13,829
28	Los Arcos	9.21	2009	SI	4,559	7	0	18,143
29	Los Cantaros del Real	4.58	-----	NO	0	0	0	346
30	Los Olivos Oriente	19.37	En Proceso	SI	418	0	0	1,663
31	Los Pinos	33.82	-----	SI	0	0	0	1,886
32	Miravalle	76.93	2016	SI	1,073	32	0	4,270
33	Nuevo México Secc. I, II, III, IV y V	241.11	-----	Parcial	714	0	0	2,157
34	Palmas Diamante	19.85	-----	SI	1,103	6	0	4,389
35	Paseo del Prado	21.13	2008	SI	642	1	0	1,748
36	Paseo Residencial	16.50	-----	SI	4,366	21	0	13,593
37	Pirámides II y III	375.49	-----	SI	8,139	50	0	32,389
38	Prados de Alcalá	30.52	2015	SI	289	0	0	1,150
39	Puerta Grande	98.00	En Proceso	SI	4,141	11	0	16,479
40	Puerta Sur	214.19	-----	SI	8,520	87	0	27,127
41	Rincón de las Flores	47.26	2011	SI	2,262	0	0	277
42	Sendas Residencial	15.09	En Proceso	SI	618	0	0	2,459
43	Valle Soleado Sec. 5 y 6	8.60	-----	SI	4,045	9	0	16,097
44	Ventura	75.04	2009	SI	3,303	0	0	11,712
45	Villa Florida, Serv. Multp. Villa Forida-	5.71	2014	SI	0	0	2	0
46	Villas de Loma Real	45.60	2015	SI	1,151	20	0	4,580
Total		**2,353.29**	**-----**	**-----**	**73,551**	**390**	**12**	**339,415**

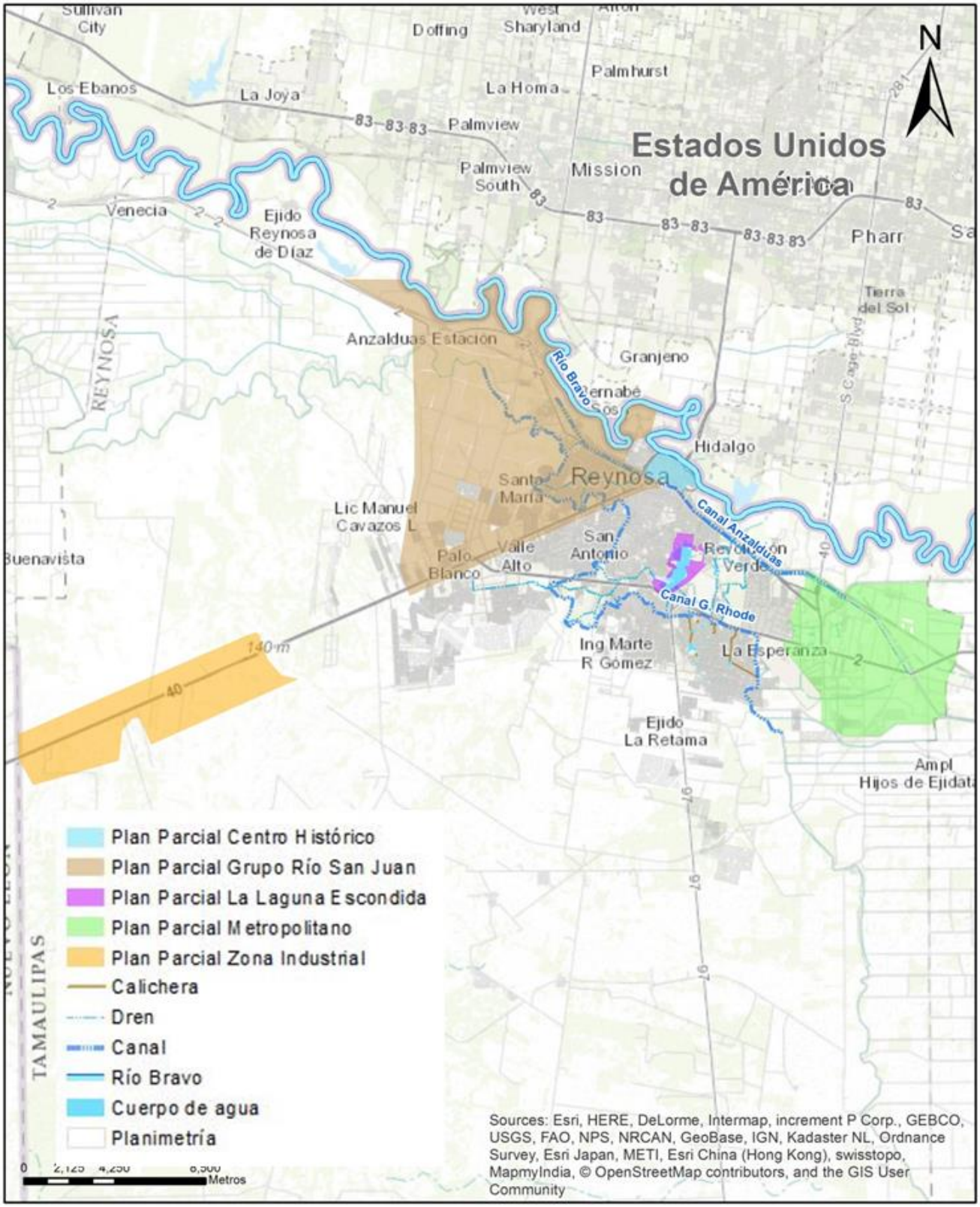


Figura 346. Planes Parciales Municipales

Tabla 210. Información del Plan Parcial Centro Histórico

Plan Parcial Centro Histórico (Zonificación Secundaria)										
Uso de Suelo	**Plan Parcial Centro Histórico**	**Sup. (ha)**	**Libre de Construcción (%)**	**Superficie disponible de construcción (ha)**	**Lote (m^2)**	**Niveles**	**Densidad Vivienda por ha**	**Viviendas a partir de densidades**	**Densidad Habitantes por ha**	**Habitantes a partir de densidades**
CU	Centro Urbano	236.72	30%	165.71	150	4	80	13,256	288	47,723
C	Comercios	1.50	40%	0.90	-----	3	-----	-----	-----	-----
EQ	Equipamiento	8.96	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
IND	Industrias	0.00	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Total		**247.18**	-----	**166.60**	-----	-----	-----	**13,256**	-----	**47,723**

Tabla 211. Información del Plan Parcial Grupo Río San Juan

Plan Parcial Grupo Río San Juan (Zonificación Secundaria Propia del Plan Parcial)										
Uso de Suelo	**Plan Parcial Grupo Río San Juan**	**Superficie (ha)**	**Libre de Const. (%)**	**Superficie disponible de construcción (ha)**	**Lote (m^2)**	**Niveles**	**Densidad Vivienda por ha**	**Viviendas a partir de densidades**	**Densidad Habitantes por ha**	**Habitantes a partir de densidades**
CP	**Crecimiento a Corto Plazo**	**2,751.46**	-----	**1,621.64**	-----	-----	-----		-----	
AU	Áreas y Usos Especiales	434.83	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
CU	Centro Urbano	103.49	30%	72.44	150	4	80	5,795	228	16,516
HDA	Habitacional de Alta Densidad	1,741.28	30%	1,218.90	96	3	80	97,512	288	351,042
HDM	Habitacional de Media Densidad	471.86	30%	330.30	120	3	70	23,121	252	83,236
MP	**Crecimiento a Mediano Plazo**	**1,313.67**	-----	**919.57**		-----	-----		-----	
HDA	Habitacional de Alta Densidad	140.94	30%	98.66	96	3	80	7,893	288	28,414
HDM	Habitacional de Media Densidad	373.81	30%	261.67	120	3	70	18,317	252	65,941
IND	Industrial	540.06	30%	378.04	-----	3	-----	-----	-----	-----
INDE	Industrial Especial	258.86	30%	181.20	-----	3	-----	-----	-----	-----
LP	**Crecimiento a Largo Plazo**	**1,665.01**	-----	**1,079.28**	-----	-----	-----		-----	
C	Comercial	174.49	40%	104.69	-----	3	-----	-----	-----	-----
HDB	Habitacional de Baja Densidad	687.73	40%	412.64	500	4	72	29,710	259	106,873
HDM	Habitacional de Media Densidad	802.80	30%	561.96	120	3	70	39,337	252	141,613
SP	**Sin Plazo de Tiempo**	**4,216.74**	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
AC	Área de Conservación	1,642.48	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
CUP	Corredor Urbano	2,114.17	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
EQ	Equipamiento	70.59	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
PARQ	Parque Urbano	389.49	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Total		**9,946.88**	-----	**3,620.49**	-----	-----	-----	**221,684**	-----	**793,635**

Tabla 212. Información del Plan Parcial La Laguna Escondida

Plan Parcial La Laguna La Escondida		
No.	**Información**	**Superficie (ha)**
1	Zona Turística	166.83
2	Zona Deportiva	37.56
3	Zona Recuperación A (Mixto Turístico, Comercial y Servicios)	9.75
4	Zona Recuperación B (Mixto Turístico, Comercial y Servicios)	17.80
		231.94

Tabla 213. Información del Plan Parcial Metropolitano

Plan Parcial Metropolitano (Zonificación Secundaria Propia del Plan Parcial)										
Uso de Suelo	**Plan Parcial Metropolitano**	**Sup. (ha)**	**Libre de Const. (%)**	**Superficie disponible de construcción (ha)**	**Lote (m^2)**	**Niveles**	**Densidad Vivienda por ha**	**Viviendas a partir de densidades**	**Densidad Habitantes por ha**	**Habitantes a partir de densidades**
CUP	Centro Urbano	245.35	30%	171.75	150	4	80	13,740	288	49,463
HA	Habitacional Alta	1,474.81	30%	1,032.36	96	3	80	82,589	288	297,321
HM	Habitacional Media	163.45	30%	114.42	120	3	70	8,009	252	28,833
HCS	Mixto (Hab, Com y SP)	90.90	30%	63.63	150	4	80	5,091	288	18,326
C	Comercios	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
LOGIS	Logístico (Servicios Públicos)	41.39	30%	28.97	150	3	80	2318	288	8,343
EQ	Equipamiento	49.98	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
PAN	Panteón	7.17	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
PARQ	Parque Op	191.32	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
IND	Industrias	1,571.87	30%	1,100.31	-----	3	-----	-----	-----	-----
CUP	Corredor Urbano Primario	726.20	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Total		**4,562.43**	-----	**2,511.44**	-----	-----	-----	**111,746**	-----	**402,286**

Tabla 214. Información del Plan Parcial Zona Industrial

Plan Parcial Zona Industrial	Superficie (ha)
	3,412.38

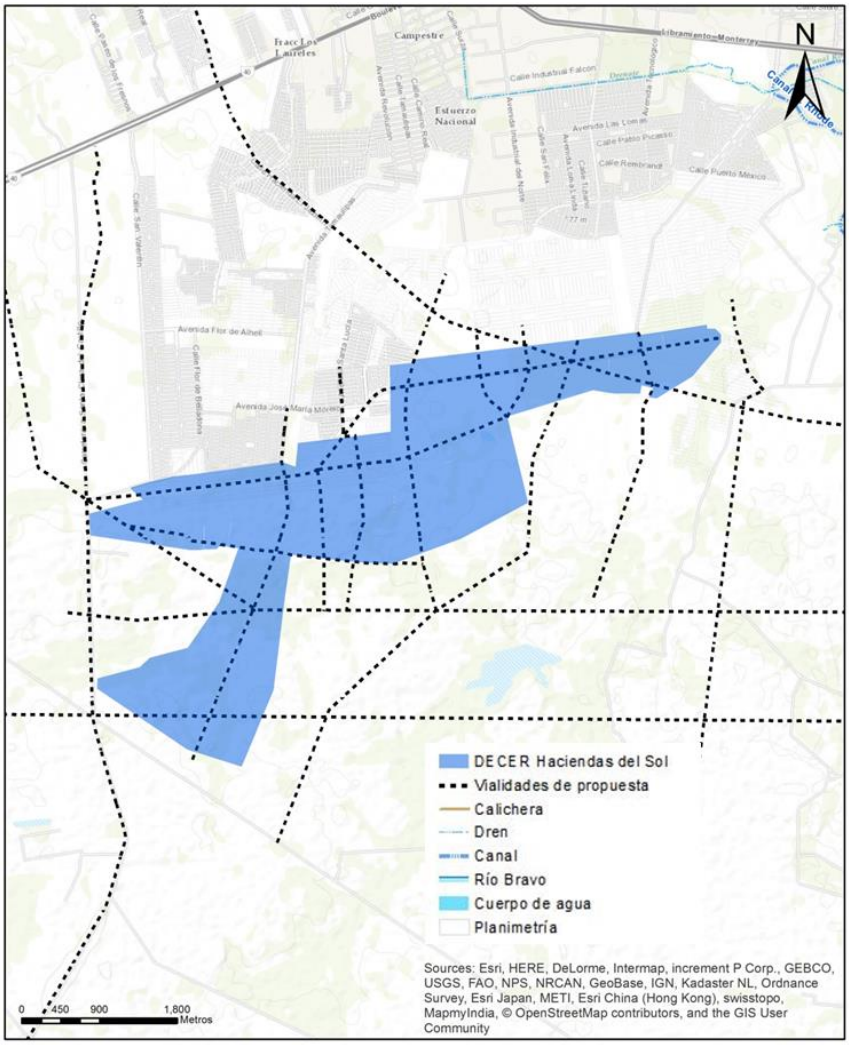


Figura 347. Desarrollo Certificado (DECER)

Tabla 215. Información del DECER

DECER Haciendas del Sol (Zonificación Secundaria Propia del DECER) [+Info]										
Uso de Suelo	**DECER Haciendas del Sol**	**Sup. (ha)**	**Libre de Const. (%)**	**Superficie disponible de construcción (ha)**	**Lote (m^2)**	**Niveles**	**Densidad Vivienda por ha**	**Viviendas a partir de densidades**	**Densidad Habitantes por ha**	**Habitantes a partir de densidades**
H	Población	262.61	30%	183.83	96	3	80	14,706	288	52,942
	Viviendas									
C	Comercios	66.16	40%	39.70	-----	3	-----	-----	-----	-----
EQ	Servicios Públicos (Equipam.)	123.14	0%	123.14	-----	0	-----	-----	-----	-----
IND	Industrias	382.31	30%	267.62	-----	3	-----	-----	-----	-----
HCS	Mixto (Hab, Com y SP)	166.74	30%	116.72	150	4	80	9,337	288	33,615
AV	Áreas Verdes	73.79	0%	0.00	-----	0	-----	-----	-----	-----
Total		**1,074.75**	-----	**731.00**	-----	-----	-----	**24,044**	-----	**86,557**

Como puede observarse en las tablas anteriores, la población estimada a saturación a partir de las zonificaciones secundarias de los propios planes parciales y el DECER y de la zonificación secundaria del POT para el caso del Plan Parcial Centro y las Factibilidades, se calculó en 1,669,616 habitantes, lo que representa casi tres veces la población actual de Reynosa. En la siguiente figura se presenta un plano de la ciudad de Reynosa donde se plasmaron las posibles áreas de crecimiento futuro, así como las vialidades de proyecto.

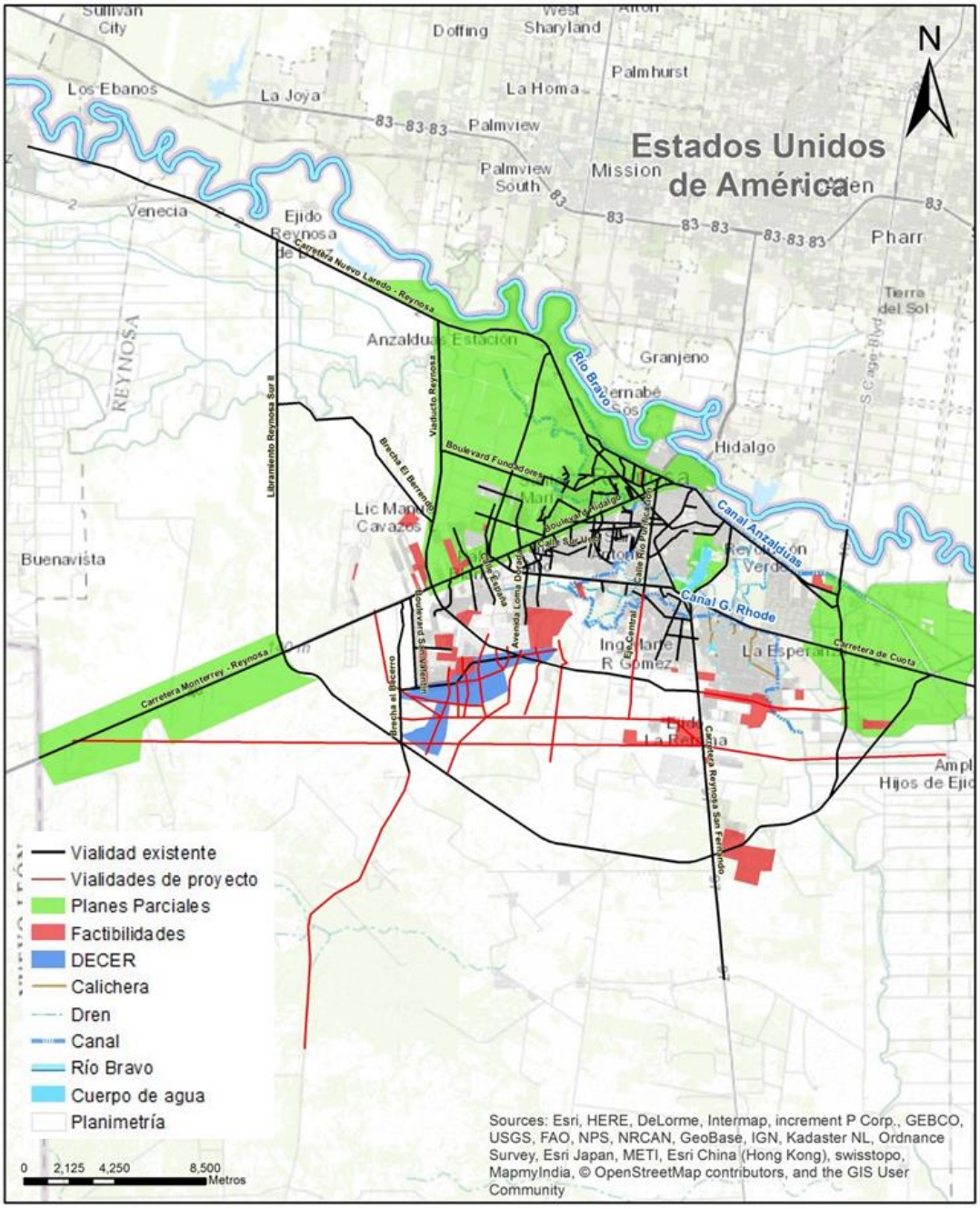


Figura 348. Futuros Centros de Población y Vialidades de proyecto

Los resultados anteriores motivaron a realizar un ejercicio para establecer porcentajes de ocupación esperados en cada uno de los futuros centros de población para el horizonte de planeación (20 años), con los cuales se calculó la población y las unidades económicas que sumadas dieron la población de crecimiento en el horizonte de planeación. En las siguientes tablas se presentan los resultados obtenidos y en los Anexo 2 y 4 se presentan todos los cálculos efectuados para llegar a los resultados aquí se presentan.

Tabla 216. Porcentajes de Ocupación propuestos

Porcentaje de Ocupación "2019 - 2034"					
No.	**Polo de Desarrollo**	**2019**	**2024**	**2029**	**2034**
1	**Factibilidades (46)**				
	Domésticas	8.1%	15.2%	21.7%	**27.5%**
	No Domésticas	6.4%	13.1%	20.1%	**27.5%**
2	**DECER Haciendas del Sol**				
	Domésticas	3.7%	6.9%	9.8%	**12.5%**
	No Domésticas	2.9%	5.9%	9.1%	**12.5%**
3	**Plan Parcial Metropolitano**				
	Domésticas	1.5%	2.8%	3.9%	**5.0%**
	No Domésticas	1.2%	2.4%	3.7%	**5.0%**
4	**Plan Parcial Grupo Río San Juan**				
	Domésticas	1.5%	2.8%	3.9%	**5.0%**
	No Domésticas	1.2%	2.4%	3.7%	**5.0%**
5	**Plan Parcial Centro Histórico**				
	Domésticas	3.0%	5.5%	7.9%	**10.0%**
	No Domésticas	2.3%	4.8%	7.3%	**10.0%**
6	**Plan Parcial La Laguna Escondida**				
7	**Plan Parcial Industrial**				

Tabla 217. Direccionamiento de Población en los nuevos Centros de Población

Direccionamiento de Población "2019 - 2034"					
No.	**Polo de Desarrollo**	**2019**	**2024**	**2029**	**2034**
1	Factibilidades (46)	27,656	51,567	73,496	93,339
2	DECER Haciendas del Sol	1,947	3,630	5,174	6,570
3	Plan Parcial Metropolitano	6,190	11,543	16,451	20,893
4	Plan Parcial Grupo Río San Juan	12,733	23,742	33,838	42,975
5	Plan Parcial Centro Histórico	965	1,800	2,566	3,258
6	Plan Parcial La Laguna Escondida	0	0	0	0
7	Plan Parcial Industrial	0	0	0	0
Total		**49,491**	**92,283**	**131,524**	**167,035**
Proyección de la Población		49,265	91,861	130,923	166,272
Diferencia		226	422	601	764

Tabla 218. Direccionamiento de las viviendas en los nuevos Centros de Población

Direccionamiento de Viviendas "2019 - 2034"					
No.	**Polo de Desarrollo**	**2019**	**2024**	**2029**	**2034**
1	Factibilidades (46)	6,949	12,958	18,468	23,455
2	DECER Haciendas del Sol	489	912	1,300	1,651
3	Plan Parcial Metropolitano	1,556	2,901	4,134	5,250
4	Plan Parcial Grupo Río San Juan	3,200	5,966	8,503	10,799
5	Plan Parcial Centro Histórico	212	395	563	716
6	Plan Parcial La Laguna Escondida	0	0	0	0
7	Plan Parcial Industrial	0	0	0	0
Total		**12,406**	**23,132**	**32,969**	**41,871**
Proyección de Viviendas		12,380	23,083	32,899	41,782
Diferencia		26	49	70	89

Tabla 219. Direccionamiento de los Comercios en los nuevos Centros de Población

Direccionamiento de Comercios "2019 - 2034"					
No.	**Polo de Desarrollo**	**2019**	**2024**	**2029**	**2034**
1	Factibilidades (46)	25	51	78	107
2	DECER Haciendas del Sol	19	39	60	82
3	Plan Parcial Metropolitano	68	139	213	292
4	Plan Parcial Grupo Río San Juan	140	288	443	606
5	Plan Parcial Centro Histórico	0	0	0	0
6	Plan Parcial La Laguna Escondida	174	356	548	749
7	Plan Parcial Industrial	0	0	0	0
Total		**425**	**872**	**1,342**	**1,836**
Proyección de Comercios		425	872	1,342	1,836
Diferencia		0	0	0	0

Tabla 220. Direccionamiento de las Industrias en los nuevos Centros de Población

Direccionamiento de Industrias "2019 - 2034"					
No.	**Polo de Desarrollo**	**2019**	**2024**	**2029**	**2034**
1	Factibilidades (46)	1	2	2	3
2	DECER Haciendas del Sol	2	5	7	10
3	Plan Parcial Metropolitano	7	15	23	32
4	Plan Parcial Grupo Río San Juan	15	31	48	66
5	Plan Parcial Centro Histórico	0	0	0	0
6	Plan Parcial La Laguna Escondida	0	0	0	0
7	Plan Parcial Industrial	20	42	64	88
Total		**46**	**94**	**145**	**199**
Proyección de Industrias		46	95	146	199
Diferencia		0	0	0	0

Tabla 221. Direccionamiento de los Servicios Públicos en los nuevos Centros de Población

Direccionamiento de Servicios Públicos "2019 - 2034"					
No.	**Polo de Desarrollo**	**2019**	**2024**	**2029**	**2034**
1	Factibilidades (46)	0	0	0	0
2	DECER Haciendas del Sol	1	1	2	3
3	Plan Parcial Metropolitano	2	5	8	11
4	Plan Parcial Grupo Río San Juan	5	11	16	22
5	Plan Parcial Centro Histórico	0	0	0	0
6	Plan Parcial La Laguna Escondida	7	15	23	31
7	Plan Parcial Industrial	0	0	0	0
Total		**15**	**32**	**49**	**67**
Proyecc de Servicios Públicos		15	32	49	67
Diferencia		0	0	0	0

En la siguiente tabla se presenta el resumen del direccionamiento del crecimiento de la población, viviendas, comercios, industrias y servicios públicos en el horizonte de planeación de 20 años (2034) del Plan Maestro de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de la ciudad de Reynosa.

Tabla 222. Direccionamiento del crecimiento de la Población y unidades económicas al 2034

Direccionamiento "2034"								
No.	**Polo de Desarrollo**	**% Ocupación Doméstico**	**% Ocupación No Doméstico**	**Población**	**Viviendas**	**Comercios**	**Serv. Públic.**	**Industrias**
1	Factibilidades (46)	27.5%	27.5%	93,339	23,455	107	0	3
2	DECER Haciendas del Sol	12.5%	12.5%	6,570	1,651	82	3	10
3	Plan Parcial Metropolitano	5.0%	5.0%	20,893	5,250	292	11	32
4	Plan Parcial Grupo Río San Juan	5.0%	5.0%	42,975	10,799	606	22	66
5	Plan Parcial Centro Histórico	10.0%	10.0%	3,258	716	0	0	0
6	Plan Parcial La Laguna Escondida	-----	-----	0	0	749	31	0
7	Plan Parcial Industrial	-----	-----	0	0	0	0	88
		-----	**-----**	**167,035**	**41,871**	**1,836**	**67**	**199**
Proyección al Direccionamiento "2034"				166,272	41,782	1,836	67	199
Diferencia				764	89	0	0	0

Con los resultados del análisis del direccionamiento de la población y las unidades económicas se procedió a calcular las demandas de agua potable en estas zonas, empleando para ello los consumos per – cápita obtenidos en el análisis del balance de agua que se presentó en el apartado 2.2 de este informe.

A continuación se presenta el resumen de los consumos y las demandas de agua en los futuros polos de desarrollo, y en el Anexo 4 se presenta todos los cálculos para llegar a dichos resultados ya que se realizaron para cada una de las factibilidades como de los planes parciales y el DECER.

Tabla 223. Consumos de agua potable esperados en el horizonte de planeación en los nuevos Centros de Población en la ciudad de Reynosa

Consumos "2034" (L/s)						
No.	**Polo de Desarrollo**	**Domésticas**	**Comercios**	**Serv. Públicos.**	**Industrias**	**Total**
1	Factibilidades (46)	225.9	1.6	0.0	0.3	227.8
2	DECER Haciendas del Sol	15.9	1.2	0.2	1.1	18.3
3	Plan Parcial Metropolitano	50.6	4.2	0.6	3.3	58.7
4	Plan Parcial Grupo Río San Juan	104.0	8.8	1.3	6.9	121.0
5	Plan Parcial Centro Histórico	7.9	0.0	0.0	0.0	7.9
6	Plan Parcial La Laguna Escondida	0.0	10.8	1.8	0.0	12.7
7	Plan Parcial Industrial	0.0	0.0	0.0	9.2	9.2
Total		**404.3**	**26.6**	**3.9**	**20.8**	**455.6**

Tabla 224. Demandas de agua potable esperadas en el horizonte de planeación en los nuevos Centros de Población en la ciudad de Reynosa

Demanda - "2034" (L/s)						
No.	**Polo de Desarrollo**	**Domésticas**	**Comercios**	**Serv. Público.**	**Industrias**	**Totales**
1	Factibilidades (46)	303.0	2.1	0.0	0.5	305.5
2	DECER Haciendas del Sol	21.3	1.6	0.2	1.4	24.6
3	Plan Parcial Metropolitano	67.8	5.7	0.8	4.4	78.8
4	Plan Parcial Grupo Río San Juan	139.5	11.8	1.7	9.2	162.3
5	Plan Parcial Centro Histórico	10.6	0.0	0.0	0.0	10.6
6	Plan Parcial La Laguna Escondida	0.0	14.5	2.5	0.0	17.0
7	Plan Parcial Industrial	0.0	0.0	0.0	12.4	12.4
		542.2	**35.6**	**5.3**	**27.9**	**611.1**

Tabla 225. Resumen de Consumos y Demandas en los nuevos Centros de Población

No.	**Polo de Desarrollo**	**Población**	**Unidades Económicas**	**Consumo L/s**	**Demanda L/s**	**Consumo Per- cápita L/hab/día L/uso/día**	**Demanda Per- cápita L/hab/día L/uso/día**
1	Factibilidades (46)	93,339	111	227.8	305.5	211	283
2	DECER Haciendas del Sol	6,570	95	18.3	24.6	241	323
3	Plan Parcial Metropolitano	20,893	334	58.7	78.8	243	326
4	Plan Parcial Grupo Río San Juan	42,975	694	121.0	162.3	243	326
5	Plan Parcial Centro Histórico	3,258	0	7.9	10.6	209	280
6	Plan Parcial La Laguna Escondida	0	780	12.7	17.0	1404	1882
7	Plan Parcial Industrial	0	88	9.2	12.4	9045	12130
		167,035	**2,101**	**455.6**	**611.1**	**236**	**316**

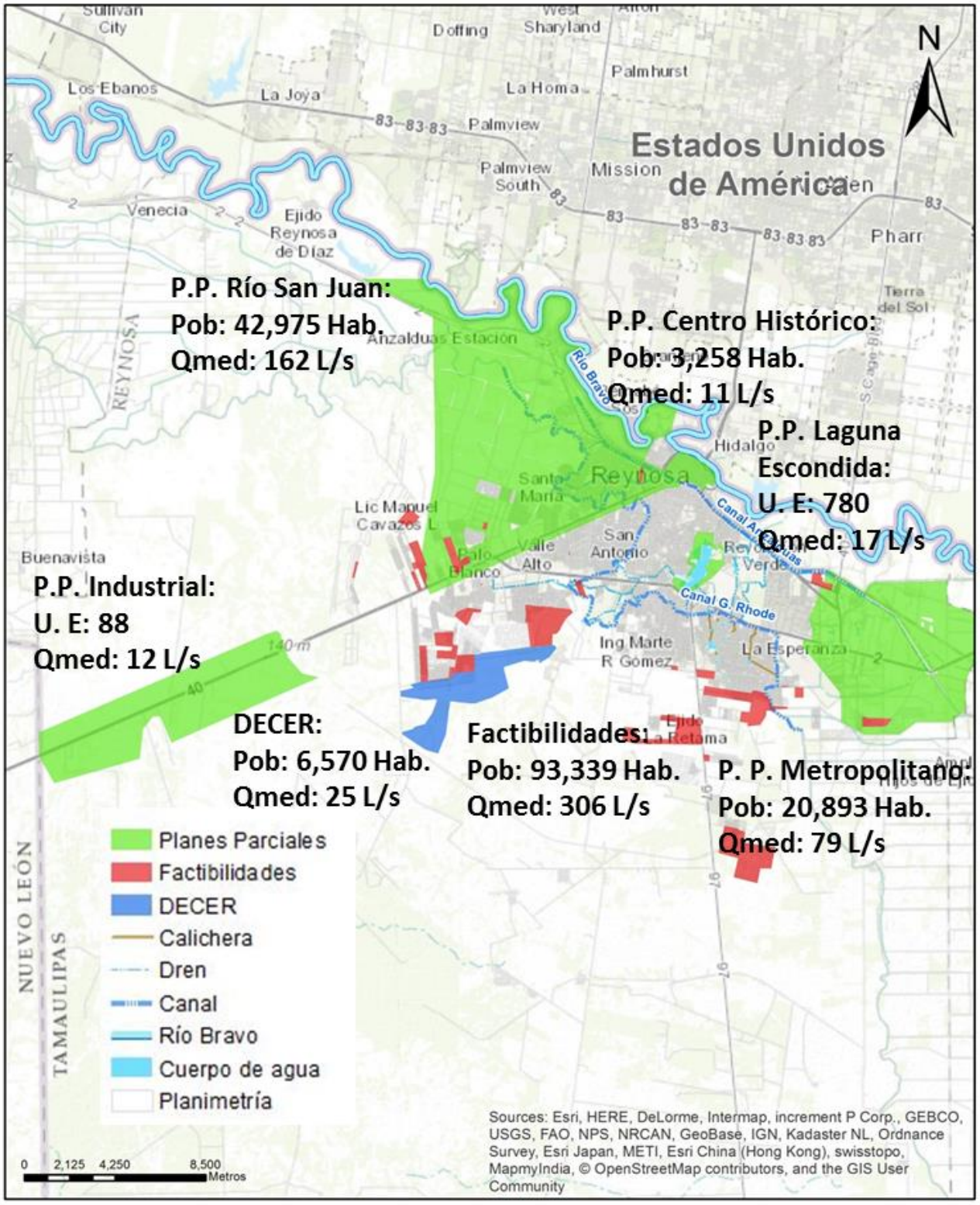


Figura 349. Demandas de Agua Potable en las zonas de crecimiento de la ciudad de Reynosa

Es importante señalar que para las Alternativas a largo plazo, el análisis que se realizó considera la reducción de la dotación per – cápita como efecto de los resultados que se esperan obtener en el programa de incremento de eficiencia que se está proponiendo llevar a cabo durante los primeros 10 años y que tiene como eje central reducir el porcentaje de pérdidas físicas en el sistema de distribución del **41.4% al 25.4%,** lo cual traerá como beneficio durante el horizonte de planeación una disminución en la demanda de agua potable al reducirse las dotaciones de agua de los diferentes tipos de usuarios del servicio, consiguiendo con esta estrategia el mejor aprovechamiento del recurso para dotar de agua a las zonas de crecimiento como las descritas en párrafos anteriores, es decir, que con el manejo de la demanda no será necesario incrementar la oferta de agua ya que con lo que se extrae actualmente se consigue abastecer a las zonas de crecimiento previstas en el horizonte de planeación.

Una vez señalado lo anterior, presentamos las 2 Alternativas que se plantean para abastecer a las zonas de crecimiento a Largo Plazo, mismas que se evaluaron de forma independiente y con las que se pretende además de abastecer a los nuevos polos de desarrollo el distribuir el agua en toda la ciudad de forma equitativa y eficiente, uniformizando las presiones en el sistema, buscando simplificar la operación de la red de distribución, lo que sin duda mejorara la calidad en el servicio que se entregue a los usuarios del sistema de abastecimiento.

A continuación se presentan y se describen las alternativas de solución propuestas en este estudio, las cuales fueron puestas a consideración de la COCEF, el NADBANK, la COMAPA, la CONAGUA y el IMPLAN de Reynosa con la finalidad de consensuarlas y evaluarlas a partir de los datos técnicos y económicos de cada una de ellas.

Tabla 226. Alternativas para mejorar el sistema de abastecimiento de agua de la ciudad de Reynosa a Largo Plazo

Alternativa No. 1	Alternativa No. 2
A.- Ampliación de la capacidad de bombeo de la obra de toma Rancho Grande para extraer 120 L/s adicionales	A.- Ampliación de la capacidad de bombeo de la obra de toma Rancho Grande para extraer 120 L/s adicionales
B.- Ampliar la capacidad de potabilización de la Planta Rancho Grande (Qm= 120 L/s)	B.- Ampliar la capacidad de potabilización de la Planta Los Arcos. (Qm= 180 L/s).
C.- Reducir la potabilización de la Planta Pastor Lozano a 900 L/s, lo que permitirá abastecer a los Sectores Centro, Poniente y Juárez Poniente con agua de mejor calidad.	C.- Reducir la potabilización de la Planta Pastor Lozano a 900 L/s, lo que permitirá abastecer a los Sectores Centro, Poniente y Juárez Poniente con agua de mejor calidad.
D.- Construcción del rebombeo en el tanque de agua clara de la Potabilizadora Rancho Grande para bombear a San Juan y reequipar el rebombeo a Jarachinas.	D.- Construcción del rebombeo en el tanque de agua clara de la Potabilizadora Rancho Grande para bombear a San Juan y reequipar el rebombeo a Jarachinas.
E.- Construcción del acueducto para enviar el agua de la Potabilizadora Rancho Grande a los tanques Río San Juan I y II	E.- Construcción del acueducto para enviar el agua de la Potabilizadora Rancho Grande a los tanques Río San Juan I y II
F.- Construcción de los tanques Río San Juan I y II	F.- Construcción de los tanques Río San Juan I y II
G.- Construcción de la EB Nuevo México, y el tanque DECER	G.- Construcción de la EB Nuevo México, y el tanque DECER

Alternativa No. 1	Alternativa No. 2
H.- Construcción del acueducto para bombear al tanque DECER y las líneas de conducción e interconexión dentro del DECER.	H.- Construcción del acueducto para bombear al tanque DECER y las líneas de conducción e interconexión dentro del DECER.
I.- Construcción del acueducto para enviar el agua del tanque Nuevo Unidad y Esfuerzo al tanque Río San Juan I y II (como apoyo en caso de contingencia)	I.- Construcción del acueducto para enviar el agua del tanque Nuevo Unidad y Esfuerzo al tanque Río San Juan I y II (como apoyo en caso de contingencia)
J.- Reequipamiento de la EB Fresnos para bombear agua a un tanque en la zona Industrial y el rebombeo de Jarachinas	J.- Reequipamiento de la EB de la Potabilizadora Los Arcos para bombear agua a un tanque en la zona Industrial.
K.- Construcción del acueducto a la zona Industrial	K.- Construcción del acueducto a la zona Industrial
L.- Construcción del tanque Industrial	L.- Construcción del tanque Industrial
M.- Construcción de acueducto para bombear al tanque Metropolitano y líneas de conducción, interconexión y alimentación dentro del P.P. Metropolitano	M.- Construcción de acueducto para bombear al tanque Metropolitano y líneas de conducción, interconexión y alimentación dentro del P.P. Metropolitano
N.- Construcción del tanque Metropolitano	N.- Construcción del tanque Metropolitano
O.- Ampliación de la red de distribución para mantener la cobertura del servicio	O.- Ampliación de la red de distribución para mantener la cobertura del servicio

Alternativa No. 1

La alternativa No. 1 contempla el abastecimiento de agua potable a las zonas de crecimiento establecidas en la planeación municipal, bajo la constante de equidad y eficiencia que ya debe tener el sistema de distribución en ese periodo. Esta Alternativa contempla la construcción de obras en los diferentes componentes del sistema tal y como se describen a continuación:

Obra de toma.- Se plantea incrementar la capacidad de bombeo en la obra de toma para extraer adicionalmente 120 L/s para un total de 1,220 L/s.

Plantas Potabilizadoras.- Se requiere de llevar a cabo una ampliación de la potabilizadora Rancho Grande con un tren de 120 L/s, para llegar a una capacidad total de 1,220 L/s. Adicionalmente se requiere de la construcción de un nuevo rebombeo en el tanque de agua clara para bombear a los tanques San Juan I y II del Plan Parcial Grupo Río San Juan y reequipar la estación de bombeo del tanque de agua clara para el rebombeo Jarachinas para cubrir la demanda del Plan Parcial Industrial y del DECER. Así como reducir el caudal potabilizado en la Planta Pastor Lozano a solo 990 L/s.

Acueductos.- Se requiere de la construcción de los acueductos para mandar el agua de la Planta Potabilizadora Rancho Grande a los tanques San Juan I y II; para mandar el agua del rebombeo Nuevo México al tanque DECER; del rebombeo Fresnos al tanque de la zona Industrial; del tanque Unidad y Esfuerzo para el tanque San Juan II (como apoyo al Plan Parcial Río San Juan); para mandar de tanque elevado de la Potabilizadora Benito Juárez al tanque Metropolitano. Dichos acueductos se plantean tengan una longitud de 28.9 Km de tuberías nuevas.

Tanques de regulación.- Con la finalidad de que el sistema funcione de manera equitativa y con presiones en la red reguladas a partir de tanques es necesaria la construcción de 1 macrotanque y 4 tanques con una capacidad global de 6,000 m³. Los tanques deberán tener una altura a la plantilla de 20 a 25 m de altura, no existiendo problema alguno por la altura de los tanques ya que Reynosa se encuentra en una zona de muy baja sismicidad.

Líneas de conducción, interconexión y alimentación.- se requiere de un sistema de líneas principales para el manejo del agua hacia los tanques de regulación y abastecimiento, integrado por 39.5 Km de tuberías nuevas.

Plantas de Bombeo.- Para hacerles llegar el agua a las zonas de crecimiento se requieren de 2 nuevas plantas de bombeo, una localizada en los tanques de agua clara de la planta potabilizadora Rancho Grande y la otra en el tanque Nuevo México, para bombearles a los tanques San Juan del plan parcial Río San Juan y al DECER, respectivamente, así como el reequipamiento de las estaciones de bombeo de la planta potabilizadora Rancho Grande a Jarachinas, la de Jarachinas y Fresnos.

Incremento de eficiencia.- Mantener el programa de control de eficiencia con mediciones globales de consumo – priorización de acciones - medición de resultados.

Red de distribución.- se requiere ampliar la red de distribución en colonias que carecen del servicio, lo que implica la construcción de aproximadamente 37 Km de red primaria y secundaria.

En la siguiente tabla se presenta un resumen de las obras y requerimientos de la Alternativa No. 1

Tabla 227. Resumen de obras de agua potable a largo plazo de la Alternativa No. 1

No.	Descripción	Unidad	Largo Plazo
			Alt. 1
1	Obras de toma	OT	
2	Plantas potabilizadoras	L/s	120
3	Acuaférico Agua Cruda	Km	
4	Acuaférico	Km	
5	Acueductos	Km	28.90
6	Líneas de conducción	Km	39.52
7	Nueva EB	EB	2
8	Reequipamiento de EB	EB	3
9	Macrotanques	Tanque	1
10	Tanques	Tanque	4

Alternativa No. 2

La alternativa No. 2 de igual manera contempla el abastecimiento de agua potable a las zonas de crecimiento establecidas en la planeación municipal, bajo la constante de equidad y eficiencia que ya debe tener el sistema de distribución en ese periodo. Esta Alternativa contempla la construcción de obras en los diferentes componentes del sistema tal y como se describen a continuación:

Obra de toma.- Se plantea incrementar la capacidad de bombeo en la obra de toma para extraer adicionalmente 120 L/s para un total de 1,220 L/s. y mandarlos a la potabilizadora Los Arcos.

Plantas Potabilizadoras.- Se requiere de llevar a cabo una ampliación de la potabilizadora Los Arcos con un tren de 180 L/s, para llegar a una capacidad total de 970 L/s. Así como reducir el caudal potabilizado en la Planta Pastor Lozano a solo 990 L/s.

Acueductos.- Se requiere de la construcción de los acueductos para mandar el agua de la Planta Potabilizadora Rancho Grande a los tanques San Juan I y II; para mandar el agua del rebombeo Nuevo México al tanque DECER; del rebombeo Fresnos al tanque de la zona Industrial; del tanque Unidad y Esfuerzo para el tanque San Juan II (como apoyo al Plan Parcial Río San Juan); para mandar de tanque elevado de la Potabilizadora Benito Juárez al tanque Metropolitano. Dichos acuaféricos se plantean tengan una longitud de 29.6 Km de tuberías nuevas.

Tanques de regulación.- Con la finalidad de que el sistema funcione de manera equitativa y con presiones en la red reguladas a partir de tanques es necesaria la construcción de 1 macrotanque y 4 tanques con una capacidad global de 5,500 m³. Los tanques deberán tener una altura a la plantilla de 20 a 25 m de altura, no existiendo problema alguno por la altura de los tanques ya que Reynosa se encuentra en una zona de muy baja sismicidad.

Líneas de conducción, interconexión y alimentación.- se requiere de un sistema de líneas principales para el manejo del agua hacia los tanques de regulación y abastecimiento, integrado por 39.5 Km de tuberías nuevas.

Plantas de Bombeo.- Para hacerles llegar el agua a las zonas de crecimiento se requieren de 2 nuevas plantas de bombeo, una localizada en los tanques de agua clara de la planta potabilizadora Rancho Grande y la otra en el tanque Nuevo México, para bombearles a los tanques San Juan del plan parcial Río San Juan y al DECER, respectivamente, así como el reequipamiento de las estaciones de bombeo de la planta potabilizadora Los Arcos para mandarle agua al tanque Industrial.

Incremento de eficiencia.- Mantener el programa de control de eficiencia con mediciones globales de consumo – priorización de acciones - medición de resultados.

Red de distribución.- se requiere ampliar la red de distribución en colonias que carecen del servicio, lo que implica la construcción de aproximadamente 37 Km de red primaria y secundaria.

En la siguiente tabla se presenta un resumen de las obras y requerimientos de la Alternativa No. 2

Tabla 228. Resumen de obras de agua potable a largo plazo de la Alternativa No. 2

No.	Descripción	Unidad	Largo Plazo
			Alt. 2
1	Obras de toma	OT	
2	Plantas potabilizadoras	L/s	180
3	Acuaférico Agua Cruda	Km	
4	Acuaférico	Km	
5	Acueductos	Km	28.87

No.	Descripción	Unidad	Largo Plazo
			Alt. 2
6	Líneas de conducción	Km	39.52
7	Nueva EB	EB	2
8	Reequipamiento de EB	EB	1
9	Macrotanques	Tanque	1
10	Tanques	Tanque	4

En las siguientes tablas se presenta los resultados del cálculo de la demanda de agua potable por sectores hidráulicos y por zonas de influencia de las plantas potabilizadoras de acuerdo a las alternativas planteadas.

Tabla 229. Demandas de agua potable para el análisis a corto y mediano plazo por sectores hidráulicos

2034 (Largo Plazo)									
		Alt. No. 1				Alt. No. 2			
No.	Sector / Área de Influencia	Superficie (ha)	Población	Demanda (L/s)	%	Superficie (ha)	Población	Demanda (L/s)	%
1	Centro	2,336	88,447	**385**	12.7%	2,336	88,447	**385**	12.7%
2	Juárez Oriente	4,066	183,518	**633**	20.9%	4,066	183,518	**633**	20.9%
3	Juárez Poniente	1,790	65,128	**239**	7.9%	1,790	65,128	**239**	7.9%
4	Los Arcos	0	0	**0**	0.0%	10,703	224,336	**811**	26.7%
5	Oriente	6,177	76,109	**289**	9.5%	6,177	76,109	**289**	9.5%
6	Poniente	1,042	71,547	**268**	8.8%	1,043	71,547	**268**	8.8%
7	Rancho Grande	18,927	332,093	**1,217**	40.2%	8,224	107,756	**406**	13.4%
Total		**34,338**	**816,842**	**3,032**	**100%**	**34,338**	**816,842**	**3,032**	**100%**

Tabla 230. Demandas de agua potable para el análisis a corto y mediano plazo por zonas de influencia de plantas potabilizadoras

2014 (Corto-Mediano Plazo)							
	Alt. No. 1			Alt. No. 2			
Dato Básico	Benito Juárez	Pastor Lozano	Rancho Grande	Benito Juárez	Pastor Lozano	Rancho Grande	Los Arcos
Sup. (ha)	10,242	5,169	18,927	9,042	5,166	2,464	6,219
Población	259,627	225,123	332,093	259,627	225,123	107,756	224,336
Demanda (L/s)	**922**	**892**	**1,217**	**922**	**892**	**406**	**811**
%	29.9%	28.9%	39.5%	29.9%	28.9%	13.2%	26.3%

En las siguientes figuras se presentan los planos de las alternativas con la división por zonas de influencia de las plantas potabilizadoras y los tanques existentes y de proyecto, para el largo plazo.

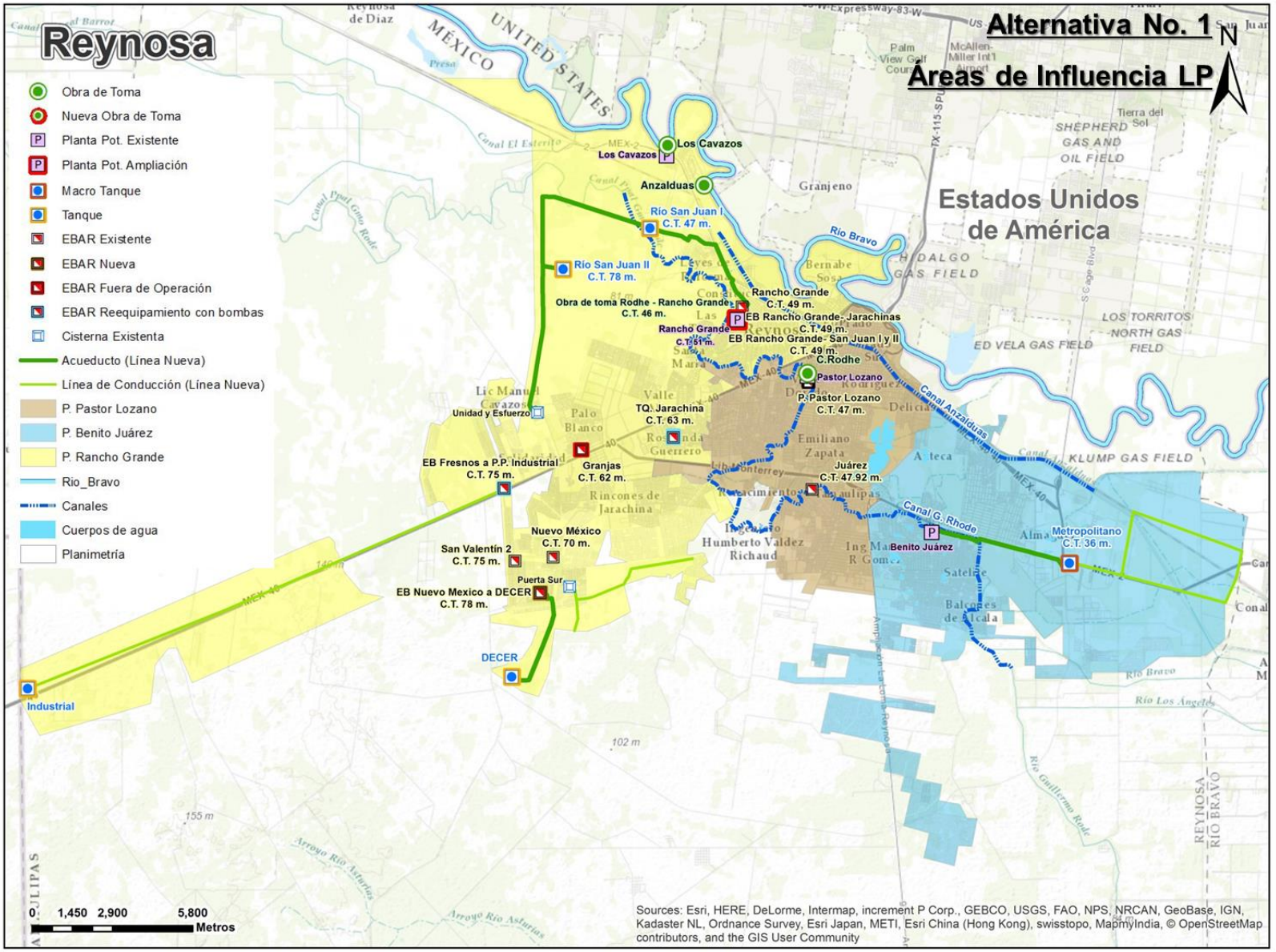


Figura 350. Alternativa 1 Largo Plazo

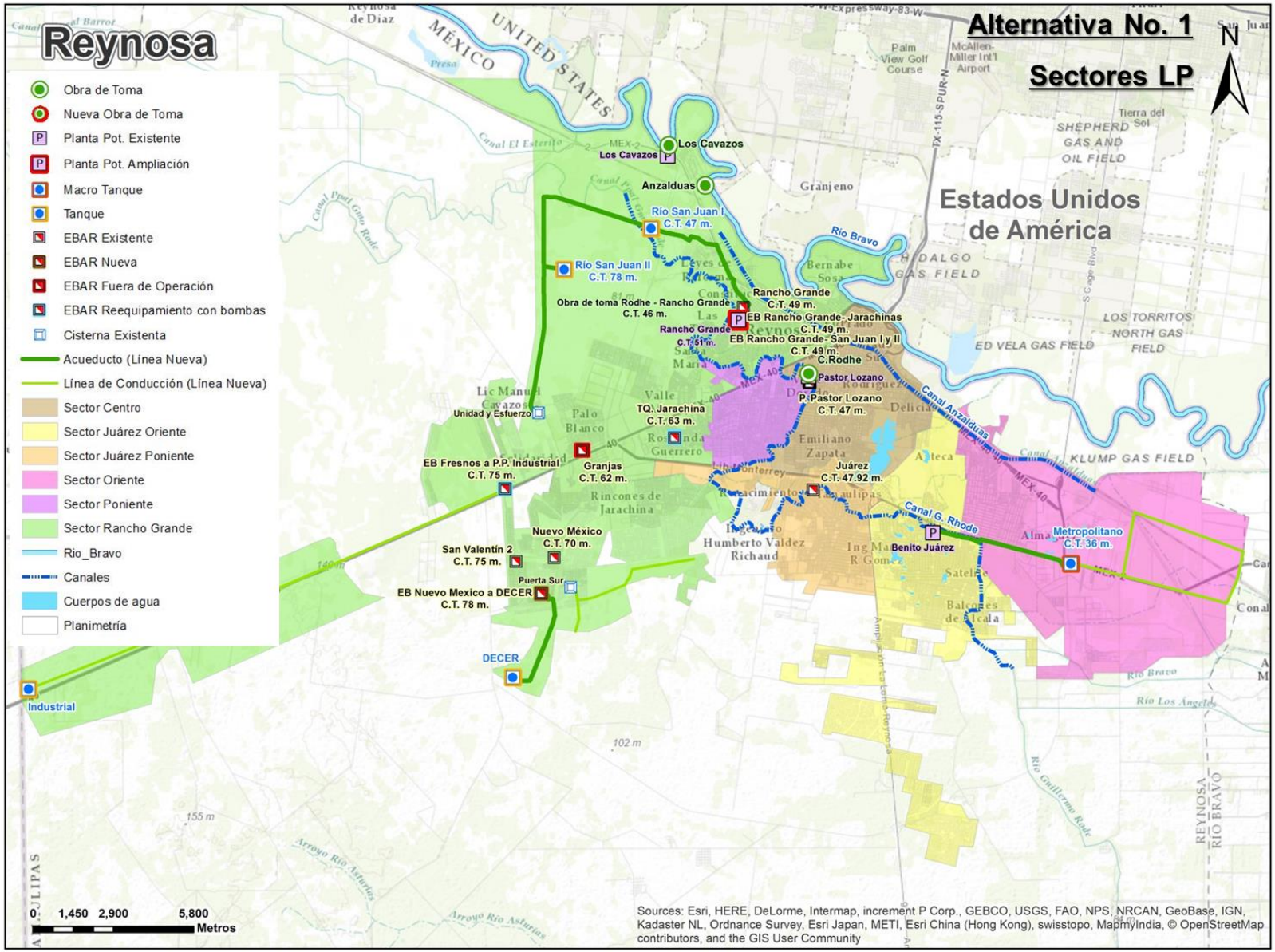


Figura 351. Alternativa 1 Largo Plazo

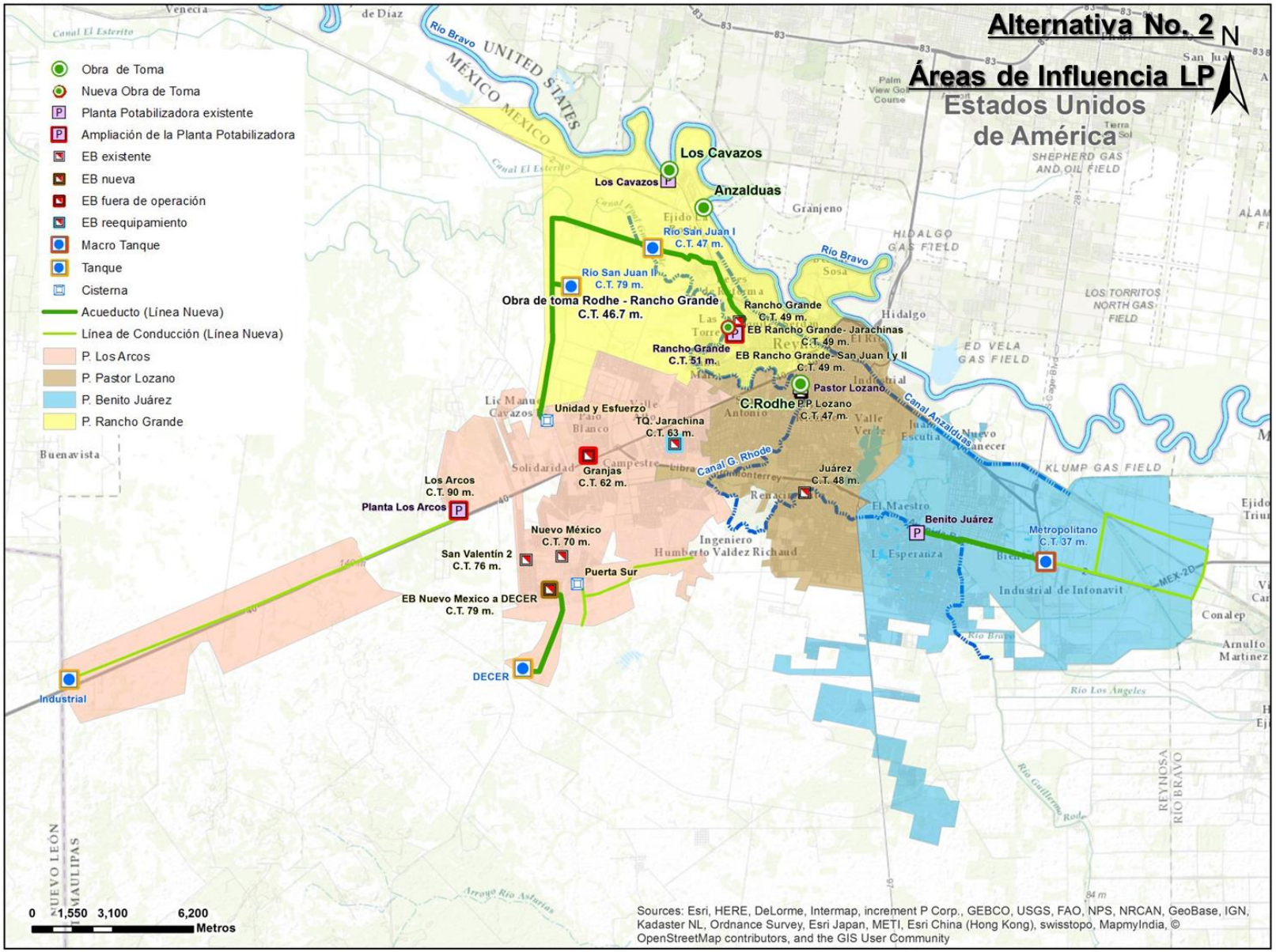


Figura 352. Alternativa 2 Largo Plazo

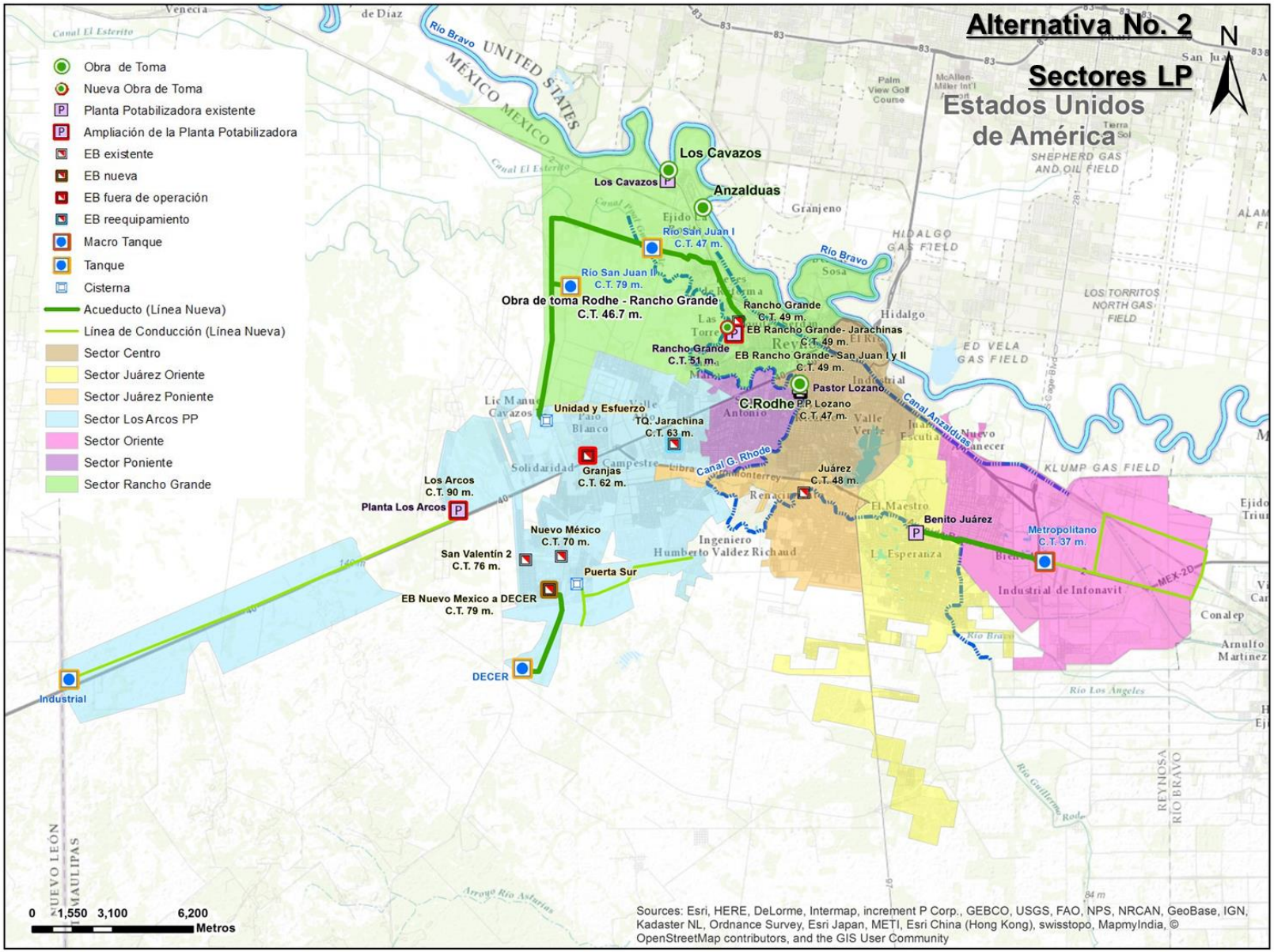


Figura 353. Alternativa 2 Largo Plazo

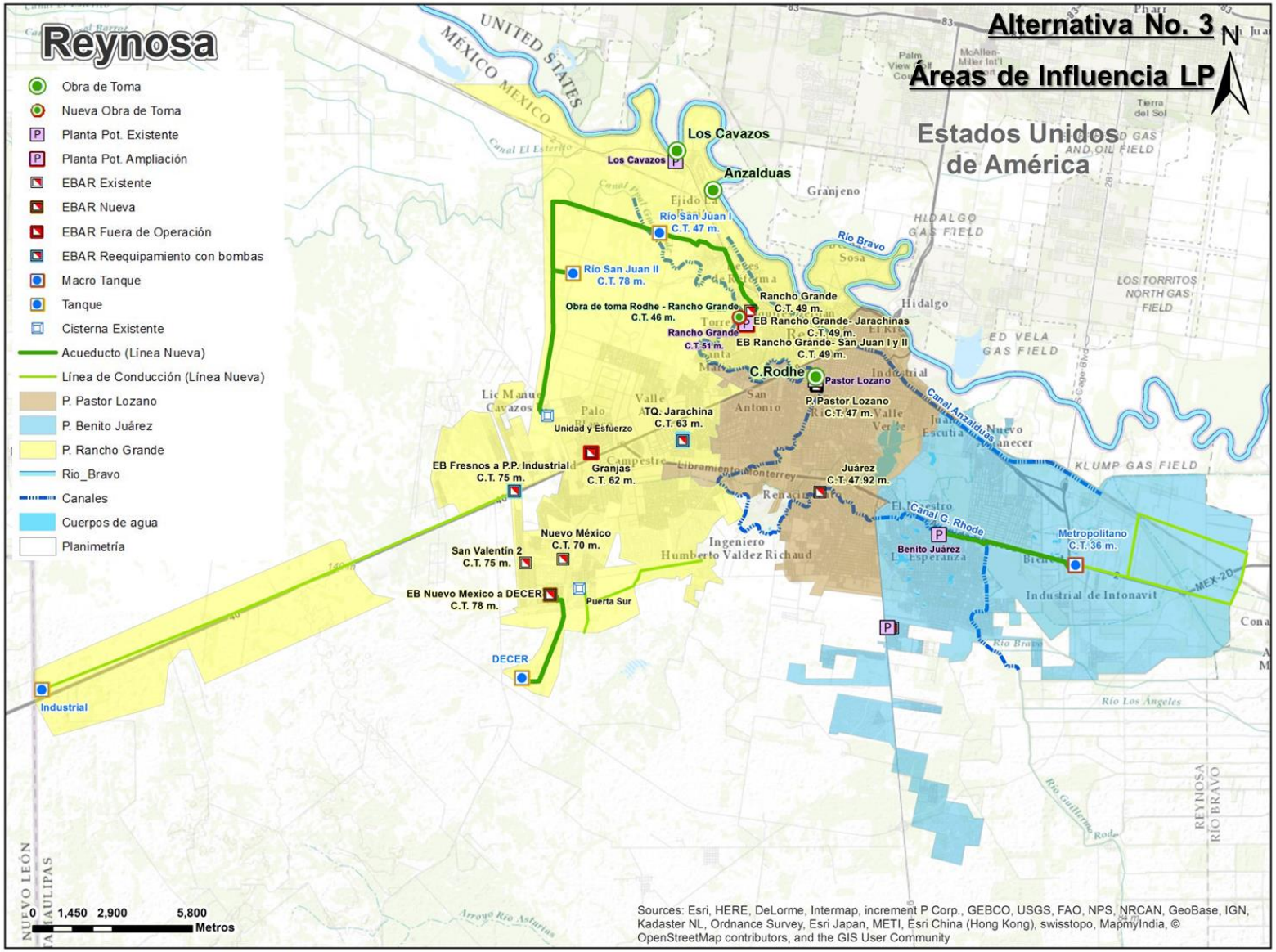


Figura 354. Alternativa 3 Largo Plazo

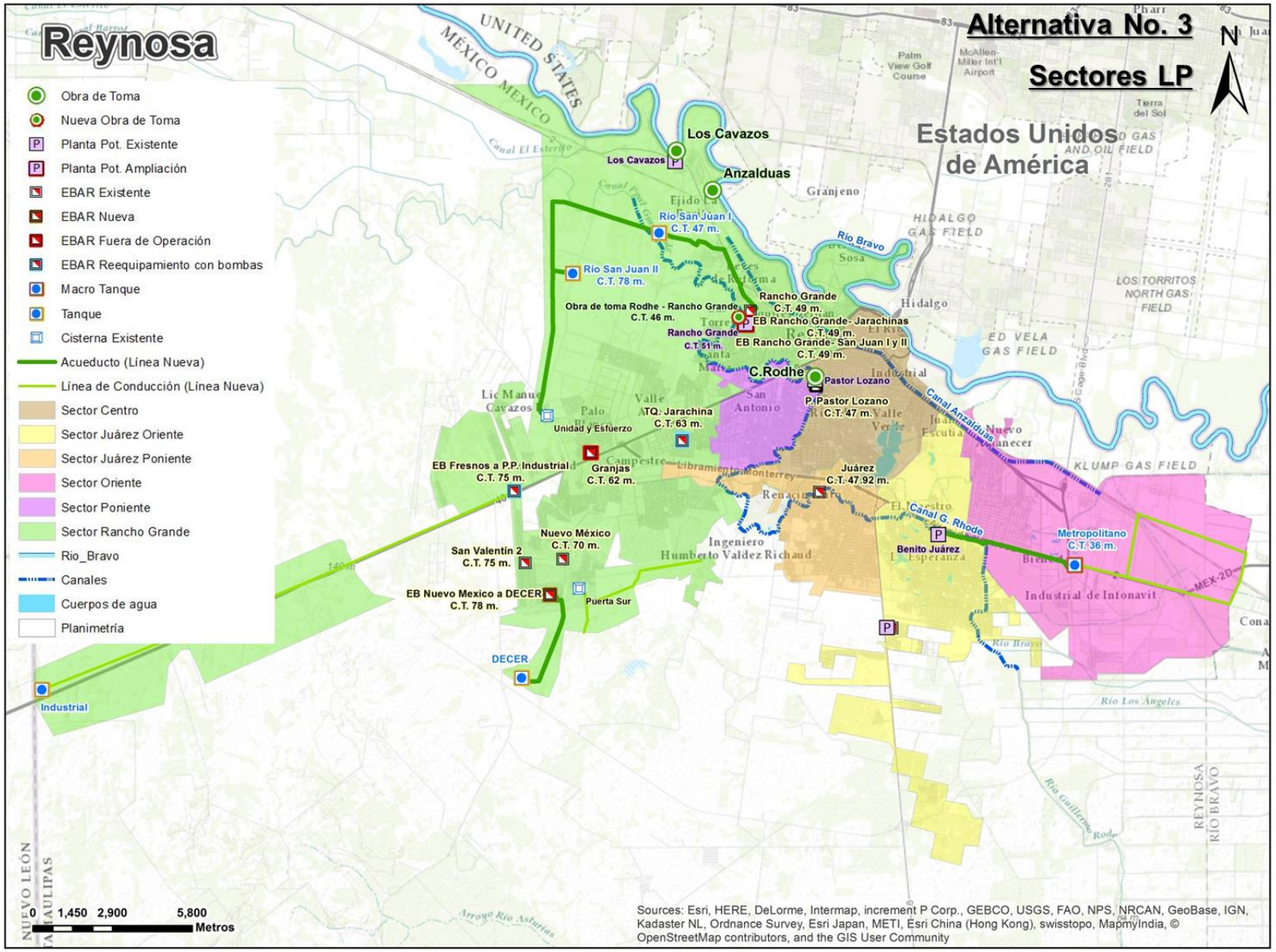


Figura 355. Alternativa 3 Largo Plazo

Las dos alternativas de solución para Largo Plazo, contemplan el abastecimiento a las zonas de crecimiento planeadas por el Municipio, incorporando para ello estaciones de bombeo, tanques, acueductos y líneas de conducción y alimentación, así como continuar con el programa de control de pérdidas físicas que permita mantener el nivel de fugas en menos del 26% para que el agua con la que se cuenta sea suficiente para todos los habitantes asentados en los centros de población existentes y los nuevos.

Para un mejor entendimiento de los resultados de la modelación en las siguientes figuras se presenta las obras que se requieren para que el sistema funcione bajo las premisas que se establecieron al inicio de la modelación, las cuales fueron: evitar los bombeos directos a la red, incorporar una sectorización efectiva en la distribución, implementar un sistema que lleve directamente el agua a depósitos desde donde puede tenerse una repartición de agua más eficiente y equitativa, con presiones más adecuadas, que por un lado no sean excesivas porque las presiones altas incrementan también las pérdidas debido a la naturaleza de las fugas y por otro lado elevar la presión en aquellas zonas en donde actualmente se tienen presiones muy bajas, además simplificar la operación de las plantas de bombeo, así como disminuir el número de plantas de bombeo y rebombeo que se tienen sembradas en toda la ciudad, lo que traerá como beneficio adicional un ahorro en el consumo energético.



Figura 356. Obras de mejora operativa en el sistema de Agua Potable Alternativa No. 1 (L-P)



Figura 357. Obras de refuerzos y sustituciones de Alternativa 1 (L-P)

En la siguiente tabla se presenta un resumen de las obras resultantes de la modelación hidráulica efectuada en el software WATERGEMS y en el Anexo 21 se presenta el desglose de cada obra y en Anexo 15 se presenta los archivos de los planos de los resultados de la modelación en formato shapefile.

Tabla 231. Obras de cabeza de agua potable del modelo de simulación de la Alternativa No. 1 (L –P)

Tipo	Unidad	Largo Plazo
		Alternativa 1
Tuberías	m	70,982
Mejora Operativa a tubos a presión	m	68,816
Refuerzos a tubos de presión	m	2,166
Estructuras y otros		
Predio para nuevas plantas potabilizadoras	ha	0.00
Construcción de plantas potabilizadoras	Plantas Pot	0
	L/s	0
Ampliaciones de plantas potabilizadoras	Plantas Pot	1
	L/s	120
Reequipamiento de pozos profundos	Pozos	26
	hp	710.0
Reingeniería y Reequipamiento en estaciones de bombeo	EBAP	13
	hp	4,160
Construcción de tanques de regulación	Tanques	6
	m^3	5,950

De igual forma se presentan los resultados de la capacidad de los equipos de bombeo (hp) calculadas con el modelo de simulación para las condiciones de la Alternativa No. 1 a largo plazo de cada estación de bombeo, partiendo de la suposición de que los equipos que se suministraran deben tener eficiencias electromecánicas superiores al 70%.

Además se presenta el cálculo del consumo en kWh a partir de la suposición de que el equipo calculado opera las 24 horas al día y por último se presenta el costo al año de energía eléctrica de las EBs para la Alternativa No. 1 según el modelo de simulación.

Tabla 232. Equipo de bombeo – consumos de kWh – importes, para las EB en la Alternativa No. 1 (L-P)

No.	ID	Nombre	Status	Datos (WaterGEMS)			Potencias y Costos de Operación		
				Gasto Máximo Diario (L/s)	Carga Dinámica Total (m)	Eficiencia	Potencia Requerida (hp)	Consumos E.E.	Importe Facturado
								Consumo de E.E kWh/año	Importe facturado $/año
1		Rebombeo Industrial	Operando	16.69	125.49	70%	40.0	261,293	477,957
2		Reb a Río San Juan I y II	Operando	227.11	92.10	70%	394.0	2,573,739	4,283,267
3	AP21-3	TQ3. Jarachina	Operando	1,057.55	66.73	70%	1,327.5	8,671,671	14,422,039
4		Paseo de las Flores Sur	Operando	128.30	47.92	70%	116.0	757,751	1,263,900
5		Los Fresnos	Operando	23.05	45.23	70%	20.0	130,647	221,241
6	AP5	P. Pastor Lozano (Bombeo No. 1)	Operando	797.72	42.97	70%	645.0	4,213,354	7,009,386
7		Reb a Tanque Benito Juárez	Operando	973.03	39.35	70%	720.0	4,703,279	7,823,963
8		Reb a DECER	Operando	34.03	33.29	70%	22.0	143,711	242,963
9	AP21-1	TQ1. Jarachina	Operando	147.51	28.88	70%	80.0	522,587	872,903
10		EB Rancho Grande- Jarachinas	Operando	1,236.15	25.25	70%	587.5	3,837,745	6,384,876
11		Reb a Tanque Rancho Grande	Operando	418.54	25.08	70%	200.0	1,306,466	2,176,227
12	AP43/PP5	Cavazos	Operando	3.00	24.27	70%	1.5	9,798	20,312
13	AP2	P.P Lozano Reb. a Pta.B. Juárez	Operando	194.26	1.69	70%	6.0	39,194	69,187
14	AP-1	Nuevo México	**F.O**	0.00	0.00	70%	0.0	0	0
15	AP6	P. Pastor Lozano (Bombeo No. 2)	**F.O**	0.00	0.00	70%	0.0	0	0
16	AP7	P. Pastor Lozano (Bombeo 3)	**F.O**	0.00	0.00	70%	0.0	0	0
17	AP8	P. Pastor Lozano (Bombeo 4)	**F.O**	0.00	0.00	70%	0.0	0	0
18	AP15-1	Granjas C1	**F.O**	0.00	0.00	70%	0.0	0	0
19	AP21-2	TQ2. Jarachina	**F.O**	0.00	0.00	70%	0.0	0	0
20	AP27	Juárez	**F.O**	0.00	0.00	70%	0.0	0	0
21	AP48	Rancho Grande	**F.O**	0.00	0.00	70%	0.0	0	0
Total				**5,256.94**			**4,159.5**	**27,171,235**	**45,268,223**

Como se observa en las tablas anteriores para bombear el gasto máximo instantáneo de las estaciones de bombeo que forman parte esencial del sistema de abastecimiento de agua potable en la ciudad de Reynosa en la Alternativa No. 1 a largo plazo, se requiere de equipos por un total de 4,159 HP, los cuales estarían consumiendo un total de 27, 171,235 kWh al año, lo que representa un gasto por concepto de energía eléctrica de $ 45.27 millones al año.



Figura 358. Obras de mejora operativa del sistema de Agua Potable Alternativa No. 2 (L-P)

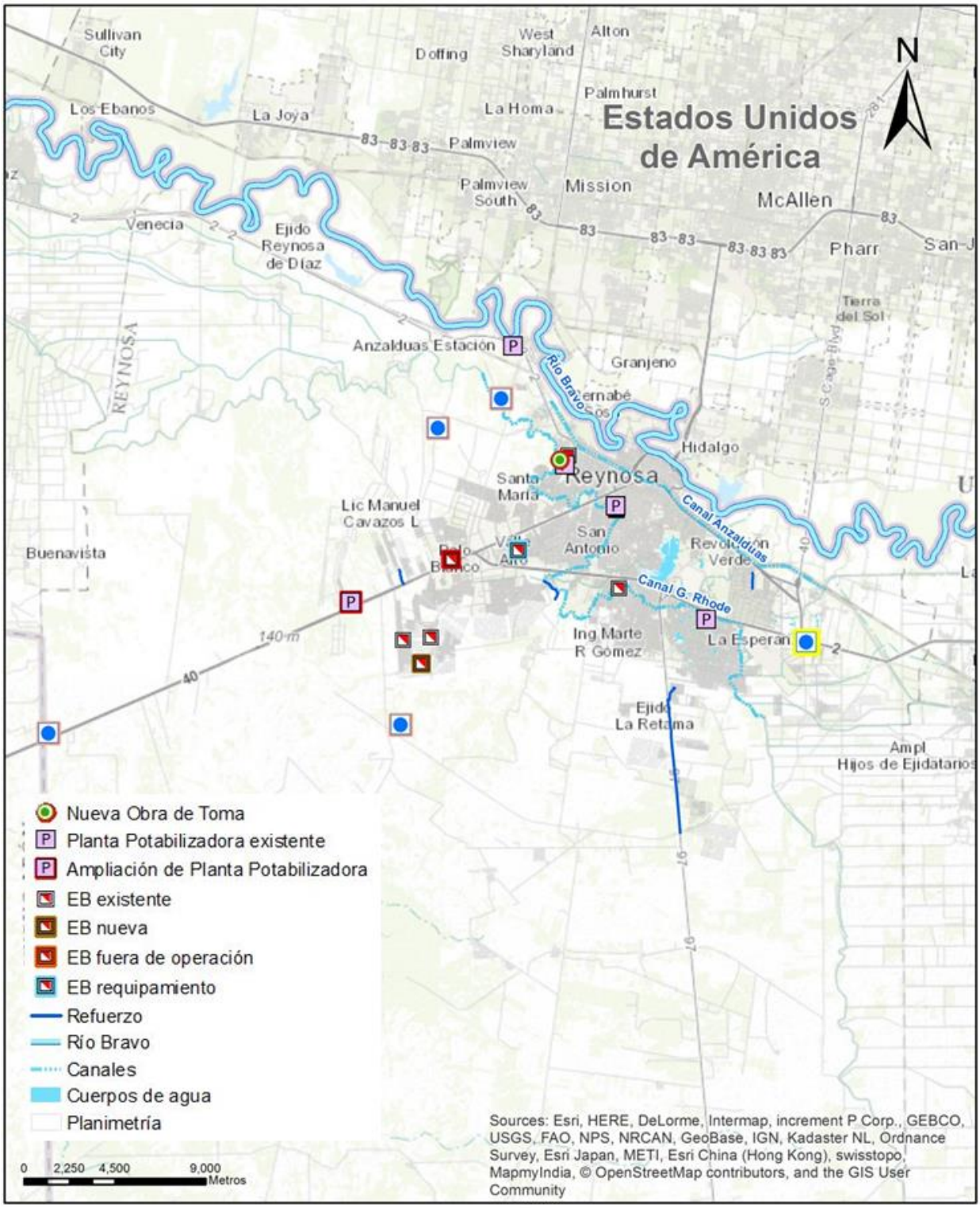


Figura 359. Obras de refuerzos y sustituciones de Alternativa 2 (L-P)

En la siguiente tabla se presenta un resumen de las obras resultantes de la modelación hidráulica efectuada en el software WATERGEMS y en el Anexo 21 se presenta el desglose de cada obra y en Anexo 15 se presenta los archivos de los planos de los resultados de la modelación en formato shapefile.

Tabla 233. Obras de cabeza de agua potable del modelo de simulación de la Alternativa No. 2 (L –P)

Tipo	Unidad	Largo Plazo
		Alternativa 2
Tuberías	m	79,145
Mejora Operativa a tubos a presión	m	68,822.0
Refuerzos a tubos de presión	m	10,323.0
Estructuras y otros		
Predio para nuevas plantas potabilizadoras	ha	0.00
Construcción de plantas potabilizadoras	Plantas Pot	0
	L/s	0
Ampliaciones de plantas potabilizadoras	Plantas Pot	2
	L/s	130
Reequipamiento de pozos profundos	Pozos	26
	hp	710.0
Reingeniería y Reequipamiento en estaciones de bombeo	EBAP	13
	hp	4,489
Construcción de tanques de regulación	Tanques	5
	m^3	5,600

De igual forma se presentan los resultados de la capacidad de los equipos de bombeo (hp) calculadas con el modelo de simulación para las condiciones de la Alternativa No. 2 a largo plazo de cada estación de bombeo, partiendo de la suposición de que los equipos que se suministraran deben tener eficiencias electromecánicas superiores al 70%.

Además se presenta el cálculo del consumo en kWh a partir de la suposición de que el equipo calculado opera las 24 horas al día y por último se presenta el costo al año de energía eléctrica de las EBs para la Alternativa No. 2 según el modelo de simulación.

Tabla 234. Equipo de bombeo – consumos de kWh – importes, para las EB en la Alternativa No. 2 (L-P)

No.	ID	Nombre	Status	Datos (WaterGEMS)			Potencias y Costos de Operación		
				Gasto Máximo Diario (L/s)	Carga Dinámica Total (m)	Eficiencia	Potencia Requerida (hp)	Consumos E.E. Consumo de E.E kWh/año	Importe Facturado Importe facturado $/año
1		Reb a Zona Industrial	Operando	17.09	129.65	70%	42	274,358	501,653
2		Reb a Río San Juan I y II	Operando	227.11	92.10	70%	394	2,573,739	4,283,267
3		Agua Cruda a PP Los Arcos	Operando	1,251.46	56.31	70%	1,325	8,655,340	14,394,887
4		Paseo de las Flores Sur	Operando	128.30	47.92	70%	116	757,751	1,263,900
5	AP5	P. Pastor Lozano (Bombeo No. 1)	Operando	797.72	42.97	70%	645	4,213,354	7,009,386
6		Reb a Tanque Benito Juárez	Operando	973.03	39.35	70%	720	4,703,279	7,823,963
7	AP8	P. Pastor Lozano (Bombeo 4)	Operando	464.60	36.80	70%	322	2,103,411	3,501,273
8		Rebombeo a DECER	Operando	34.03	33.29	70%	22	143,711	242,963
9		PP Los Arcos - Macro Tanque	Operando	1,245.41	29.52	70%	691	4,513,841	7,508,993
10		Reb PP Los Arcos - Tanque Los Arcos	Operando	6.45	26.55	70%	3.5	22,863	42,034
11		Reb a Tanque Rancho Grande	Operando	418.54	25.08	70%	200	1,306,466	2,176,227
12	AP43/PP5	Cavazos	Operando	3.00	24.27	70%	1.4	9,145	19,226
13		P.P Lozano Reb. a Pta.B.Juárez	Operando	194.26	1.69	70%	6.5	42,460	74,617
14	AP-1	Nuevo México	**F.O**	0.00	0.00	70%	0.0	0	0
15	AP6	P. Pastor Lozano (Bombeo No. 2)	**F.O**	0.00	0.00	70%	0.0	0	0
16	AP7	P. Pastor Lozano (Bombeo 3)	**F.O**	0.00	0.00	70%	0.0	0	0
17	AP15-1	Granjas C1	**F.O**	0.00	0.00	70%	0.0	0	0
18	AP21-1	TQ1. Jarachina	**F.O**	0.00	0.00	70%	0.0	0	0
19	AP21-2	TQ2. Jarachina	**F.O**	0.00	0.00	70%	0.0	0	0
20	AP21-3	TQ3. Jarachina	**F.O**	0.00	0.00	70%	0.0	0	0
21	AP27	Juárez	**F.O**	0.00	0.00	70%	0.0	0	0
22	AP48	Rancho Grande	**F.O**	0.00	0.00	70%	0.0	0	0
Total				**5,761.00**			**4,488.40**	**29,319,719**	**48,842,390**

Como se observa en las tablas anteriores para bombear el gasto máximo diario de las estaciones de bombeo que forman parte esencial del sistema de agua potable de la ciudad de Reynosa en la Alternativa No. 2 a largo plazo, se requiere de equipos por un total de 3,953 HP, los cuales estarían consumiendo un total de 25, 822,308 kWh al año, lo que representa un gasto por concepto de energía eléctrica de $ 44.28 millones al año.

A continuación se presentan unas tablas donde se hace un comparativo de las obras entre las dos Alternativas analizadas a corto y mediano plazo.

Tabla 235. Obras requeridas en las Alternativas a largo plazo de Agua Potable en Reynosa

Tipo	Unidad	Largo Plazo	
		Alternativa 1	Alternativa 2
		Cantidad	Cantidad
Obras de toma	**OT**	**0**	**0**
	L/s	**0**	**0**
Construcción de Obras de toma	OT	0	0
	L/s	0	0
Plantas Potabilizadoras	**ha**	**0**	**0**
	Plantas Pot	**1**	**2**
	L/s	**120**	**130**
Predio para nuevas plantas potabilizadoras	ha	0	0
Construcción de plantas potabilizadoras	Plantas Pot	0	0
	L/s	0	0
Ampliación de plantas potabilizadoras	Plantas Pot	1	2
	L/s	120	130
Pozos Profundos	**Pozos**	**26**	**26**
	hp	**710.00**	**710.00**
Reequipamiento	Pozos	26	26
	hp	710.00	710.00
Estaciones de Bombeo	**EBAP**	**13**	**13**
	hp	**3,703.50**	**4,488.50**
Construcción / Reingeniería y Reequipamiento	EBAP	3	3
	hp		458.00
Reequipamiento	EBAP	10	10
	hp	3,703.50	4,030.50
Tanques de Regulación	**Tanques**	**6**	**5**
	m^3	**5,950**	**5,600**
Construcción de Tanques	Tanques	6	5
	m^3	5,950	5,600
Tubos a presión de mejora Operativa	**m**	**76,314**	**68,822**
4'' de PVC	m	0.00	0.00
6'' de PVC	m	24,601.20	24,606.50
8'' de PVC	m	23,322.80	17,689.80
10'' de PEAD	m	0.00	0.00
12'' de PEAD	m	7,344.20	5,480.00
14'' de PEAD	m	12,933.80	12,933.80
16'' de PEAD	m	1,977.40	1,977.40
18'' de PEAD	m	6,134.10	6,134.10
20'' de PEAD	m	0.00	0.00

Tipo	Unidad	Largo Plazo	
		Alternativa 1	Alternativa 2
		Cantidad	Cantidad
24'' de PEAD	m	0.00	0.00
30'' de PEAD	m	0.00	0.00
36'' de PEAD	m	0.00	0.00
42'' de PEAD	m	0.00	0.00
54'' de PEAD	m	0.00	0.00
Tubos a presión de refuerzos y sustitución	**m**	**2,166**	**10,323**
6'' de PVC	m	1,279.20	1,279.20
8'' de PVC	m	772.00	6,405.00
10'' de PEAD	m	110.30	770.30
12'' de PEAD	m	4.10	1,868.30
14'' de PEAD	m	0.00	0.00
16'' de PEAD	m	0.00	0.00
18'' de PEAD	m	0.00	0.00
20'' de PEAD	m	0.00	0.00
24'' de PEAD	m	0.00	0.00
30'' de PEAD	m	0.00	0.00
36'' de PEAD	m	0.00	0.00
42'' de PEAD	m	0.00	0.00

3.2.1.3 Fuentes alternativas de suministro de agua potable

De acuerdo a lo analizado en apartados anteriores la posibilidad de incrementar el volumen de agua asignado de las fuentes superficiales por parte de la CONAGUA a la COMAPA para cubrir la demanda de agua potable de la población es casi nula, ya que los recursos hídricos están prácticamente ya todos asignados a los diferentes usos consuntivos y no consuntivos de la cuenca hidrológica del Río Bravo, habiendo solo la disponibilidad de un volumen de 0.96 Hm^3 al año que representan 30 L/s, por lo que consideramos necesario apelar a lo dispuesto por el mismo tratado sobre aguas internacionales que establece en el Artículo 3, para los asuntos que la Comisión (CILA) deba resolver en cuanto al uso común de las aguas internacionales, una guía del orden de preferencia, **en la cual el uso doméstico y municipal ocupa el primer lugar**. Así como lo que establece la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento en su Artículo 13 Bis 3 que los Consejos de Cuenca tendrán a su cargo la concertación de las prioridades del uso del agua con sus miembros y con el Organismo de Cuenca que corresponda, conforme a lo dispuesto en el párrafo tercero del Artículo 22 de la LAN, donde se establece que **el uso doméstico y público urbano siempre serán preferentes sobre cualquier otro uso**.

Haciéndose imperante e inaplazable la necesidad de convocar a todas las partes involucradas para una revisión y modificación de los volúmenes asignados e inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), de los diferentes usos consuntivos (agrícola, abastecimiento público, industria autoabastecida y termoeléctricas) y no consuntivos (hidroeléctricas).

Lo anterior es con la finalidad de regularizar el volumen que actualmente extraen del Río Bravo y no para solicitar un mayor volumen que este, ya que en este estudio se establece como prioridad inaplazable e ineludible llevar a cabo un programa de incremento de eficiencia física que tenga como eje principal la reducción del agua no contabilizada por concepto de pérdidas físicas (fugas), a través de la puesta en marcha de un programa de control y reducción de fugas durante los próximos diez años, mismo que permitirá reducir el nivel de la dotación de cada tipo de usuario, lo que conllevará a que dentro del horizonte de planeación se requiera menos agua de la que actualmente se demanda.

Por otro lado, se recomienda ampliar los estudios que a la fecha se tienen de la disponibilidad y calidad del agua subterránea en el **"Acuífero Reynosa–Matamoros"** ya que como se ha mencionado el principal problema de la calidad del agua subterránea del acuífero Bajo Río Bravo es la salinidad del agua subterránea que de acuerdo a los estudios realizados varía de 600 mg/L hasta más de 11,000 mg/L en salinidad, en donde los principales iones que son causantes de este grado de salinidad son el sodio y los cloruros.

Lo anterior también es urgente, ya que el aprovechamiento de las aguas subterráneas constituye una opción que deberá de ser considerada en un estudio detallado de fuentes alternativas de agua potable, en donde además de realizar un análisis hidrogeológico para ubicar las mejores zonas de aprovechamiento, también se deberán analizar las mejores alternativas para su potabilización.

3.2.2. Alcantarillado

3.2.2.1 Analizar el sistema de alcantarillado para las condiciones futuras

Como se ha mencionado en el análisis de las condiciones existentes del sistema de alcantarillado sanitario de Reynosa, existe una gran cobertura de recolección y alejamiento de las aguas residuales hasta los sitios de emplazamiento de las principales estaciones de bombeo de aguas residuales (EBARs), las cuales no tienen instalados los equipos suficientes y necesarios para bombear el agua hasta las PTARs, lo que les obliga a desfogar y descargar a los canales y drenes como el Anhelo y Tortugas. Así como existen 26 Km de tuberías que no tienen la capacidad para conducir el gasto máximo extraordinario y 188 Km de tuberías que al transportar el gasto mínimo lo hacen con velocidades inferiores a los 0.3 m/seg. Además existen 19 Km de líneas de impulsión que bombean con una CDT de más de 10 m.c.a. lo cual implica un costo elevado de energía eléctrica, y 19 Km de líneas de impulsión que tienen un gradiente hidráulico mayor de una milésima lo que significa que se pierde por fricción más de 1 m/Km. Y por último la capacidad de tratamiento de la PTAR No. 1 ha quedado rebasada por el caudal de aguas residuales que se genera en las cuencas de aportación de las principales EBARs (1, 4, 10 y 13).

En el presente proyecto se proyectaron 2 alternativas de solución. En la Alternativa 1 se plantea la desincorporación de algunas EBARs a la EBAR #4, sin que estas dejen de llegar a la PTAR #1 pero ahora a través de la EBAR #3 y #1. También se contempla la desincorporación de algunas EBARs de la EBAR #10, para reducir el caudal que llega a la PTAR #1 a través de esta última EBAR, enviando el caudal desincorporado a una nueva PTAR localizada en los terrenos de la COMAPA al Noreste de la ciudad, así como el refuerzo de todos aquellos tramos que han sido evaluados y dictaminados como conductos con falta de capacidad más los que se incrementen por las modificaciones a la operación del sistema de recolección y alejamiento de las aguas residuales de la ciudad de Reynosa.

En la estrategia planteada en la Alternativa 1, se analizan condiciones a corto y mediano plazo en la que las aportaciones o gasto de diseño corresponden a los actuales y una condición a largo plazo en la que se analiza el sistema bajo un gasto de diseño planteado al año 2034. Para los dos tiempos de análisis también se busca la disminución del número de cárcamos de bombeo con el fin de simplificar la operación, al mismo tiempo que se busca abatir los costos energéticos.

En la Alternativa No. 2 también se busca la desincorporación de algunas EBARs de la EBAR #4, solo que en este caso si es para dejar de enviarlas a la PTAR # 1, enviándolas a la PTAR #2 a través de la EBAR #22 y también se considera la desincorporación de contadas EBARs de la EBAR #10, para reducir el caudal que llega a la PTAR #1 a través de esta última EBAR, enviando el caudal desincorporado a una nueva PTAR localizada en los terrenos de la COMAPA al Noreste de la ciudad, así como el refuerzo de todos aquellos tramos que han sido evaluados y dictaminados como conductos con falta de capacidad más los que se incrementen por las modificaciones a la operación del sistema de recolección y alejamiento de las aguas residuales de la ciudad de Reynosa.

Por lo tanto, al igual que con la Alternativa 1, para la Alternativa No. 2 se analizaron las condiciones a corto y mediano plazo y una condición a largo plazo en la que se estima el crecimiento hacia los nuevos centros de población planteados por el Municipio (IMPLAN) en la ciudad de Reynosa. De igual manera, se busca la

disminución del número de cárcamos de bombeo con el fin de simplificar la operación al mismo tiempo que se busca abatir los costos energéticos.

3.2.2.2 Identificación de Alternativas a las Condiciones existente y Futuras del sistema de alcantarillado

Para dar solución a la problemática del sistema de recolección y alejamiento de las aguas residuales en Reynosa, se estarán evaluando 2 alternativas de operación a corto y mediano plazo y también a largo plazo.

A continuación se presentan y se describen las alternativas de solución propuestas en este estudio, las cuales fueron puestas a consideración de la COCEF, el NADBANK, la COMAPA, la CONAGUA y el IMPLAN de Reynosa en reuniones de trabajo; con la finalidad de consensuarlas y evaluarlas a partir de los datos técnicos y económicos de cada una de ellas.

Tabla 236. Alternativas para mejorar el funcionamiento e incrementar la cobertura de saneamiento y tratamiento de las aguas residuales en Reynosa a Corto y Mediano Plazo

Alternativa No. 1	Alternativa No. 2
A.- Desincorporar de la cuenca de la EBAR #4 las aportaciones de las EBAR #11 y #5, enviándolas por gravedad a la EBAR #3 (Prof: 7 m)	A.- Desincorporar de la cuenca de la EBAR #4 las aportaciones de las EBAR #11, #5 y #6 enviándolas por bombeo y gravedad a la EBAR # 22 (Prof: 9.5 m)
B.- Desincorporar de la cuenca de la EBAR #4 las aportaciones de las EBAR #6 enviándolas por gravedad a la EBAR #30	B.- Reingeniería de la EBAR #4 y #22 y reequipamiento de la EBAR #5
C.- Reingeniería de las EBAR #3, 4 y 1 y reequipamiento de la EBAR #30	C.- Reforzamiento de la línea de impulsión de la EBAR #22.
D.- Desincorporar de la cuenca de la EBAR # 10 las aportaciones de los colectores de las calles Durango y Brecha 99 y la EBAR #14 para enviarlas por gravedad a una nueva PTAR #3 (Prof: 3.8 m)	D.- Desincorporación de la cuenca de la EBAR #10 las aportaciones del colector de la calle Brecha 99 para enviarlo por gravedad a una nueva PTAR #3 (Prof: 3.8m)
E- .Reingeniería de la EBAR #10	E.- Reingeniería de la EBAR #10
F.- Construcción de la PTAR # 3 de 410 L/s de capacidad.	F.- Construcción de la PTAR #3 de 90 L/s de capacidad y ampliación de la PTAR #2 de 30 L/s de capacidad.
G.- Conducción de las aportaciones de las EBAR #2, #7 y #8 a una nueva EBAR #278	G.- Conducción de las aportaciones de las EBAR #2, #7 y #8 a una nueva EBAR #278
H.- Sustitución de las líneas de impulsión de la EBAR, #3, #12, #13, #15, #27 y #32 para reducir CDT	H.- Sustitución de las líneas de impulsión de la EBAR, #3, #12, #13, #15, #27 y #32 para reducir CDT
I.- Reequipamiento de las EBAR #12, #13, #15, #22, #27 y #32	I.- Reequipamiento de las EBAR #1, #12, #13, #15, #22, #27, #30 y #32
J.- Construcción del colector de la PTAR #2	J.- Construcción del colector de la PTAR #2
K.- Rehabilitación de los colectores y redes colapsadas	K.- Rehabilitación de los colectores y redes colapsadas
L.- Ampliar la red de drenaje a las colonias sin servicio	L.- Ampliar la red de drenaje a las colonias sin servicio

Alternativa No. 1

La alternativa No. 1 da solución a los diferentes problemas y deficiencias operativas que se tienen en el sistema de alcantarillado residual, pero en particular al sistema de recolección y alejamiento de las aguas residuales en la ciudad de Reynosa operado por la COMAPA. Esta Alternativa contempla la construcción de obras en los diferentes componentes del sistema tal y como se describen a continuación:

Colectores marginales y de alejamiento.- Se plantea la construcción total de 22.5 Km de colectores de la siguiente manera: unos colectores que permitan desincorporar de la EBAR #4 las aguas que llegan a las EBARs # 5 y 11 para enviarlas por gravedad a la EBAR #3 de donde se enviarían por bombeo a la EBAR #1 para de ahí mandarlas a la PTAR #1, de igual manera construir un colector para desincorporar de la EBAR #4 las aguas que llegan a la EBAR #6 enviándolas por gravedad a la EBAR #30 para de ahí bombearlas a la PTAR #2, con lo que se reduciría un poco la cantidad de agua que se manda a la PTAR #1. Por otro lado, se plantea la construcción de un colector que intercepte los colectores de la calle Durango y EBAR #14, así como Brecha 99 que conducen por gravedad a la EBAR #10, desincorporando toda esta agua de esta última EBAR, para mandarla a una nueva planta de tratamiento (PTAR #3) con lo cual se le reduciría un importante volumen de agua a la PTAR #1, la cual por su cercanía al río Bravo ya no puede crecer su capacidad. Adicionalmente se plantean otros colectores para sacar de operación tres EBARs (2, 7 y 8), así como la construcción del colector de la zona SUROESTE para conducir el agua residual hacia la PTAR #2 y otros colectores que tiene la COMAPA como proyectos inmediatos.

Líneas de impulsión.- Se requiere de la construcción de 3.6 Km de líneas de impulsión nuevas y de reforzamiento en los diferentes sistemas de recolección y alejamiento de las aguas residuales para conducir el agua de las plantas de bombeo a cajas rompedoras de presión o cambio de régimen, a partir de las cuales el agua fluya por gravedad, reduciendo las CDT y los gradientes hidráulicos al cambiar tuberías de A-C.

Estaciones de bombeo de aguas residuales.- Al desincorporar el agua de 8 EBARs (2, 7, 8, 11, 5, 6, 4 y 10) para mandarlas a otras EBARs se requiere de la reingeniería de 4 EBARs (1, 3, 4 y 10), el reequipamiento de 7 EBARs (12, 13, 15, 22, 27, 30 y 32) y la construcción de 4 nuevas EBARs (278, 28, 42 y 43), así como sacar de operación 7 EBARs (2, 5, 6, 7, 8, 11 y 14), independientemente de que el resto de las EBARs requieren de reequipamiento con equipos que tengan mayores eficiencias electromecánicas.

Ampliación de las plantas de tratamiento.- Se requiere de la construcción de una nueva planta de tratamiento emplazada en unos terrenos de la COMAPA localizados al Noreste de la ciudad, con trenes de tratamiento con una capacidad de tratamiento de 410 L/s que permitan descargar el agua tratada cumpliendo con las CPD fijadas en el la NOM y en el permiso de descarga de la CONAGUA que son de 75 – 75 de DBO_5 y SST, respectivamente.

Red de atarjeas.- se requiere ampliar la red de atarjeas en colonias que carecen del servicio, lo que implica la construcción de aproximadamente 60 Km de red de alcantarillado y subcolectores.

Rehabilitación y sustitución de tuberías dañadas.- es necesario y urgente rehabilitar o sustituir las tuberías que han presentado colapsos en las claves, ya que esto ha permitido el ingreso de tierra que ha obstaculizado el tránsito de las aguas residuales por los conductos, que de por si traen muy bajas velocidades por las pendientes mínimas que tienen los tubos, por lo que se necesita rehabilitar en una

primera etapa 14 Km de tuberías colapsadas y posteriormente sustituir las tuberías de concreto del centro y colonias circunvecinas que tienen una longitud de 328 Km.

En la siguiente tabla se presenta un resumen de las obras y requerimientos de la Alternativa No. 1 a corto y mediano plazo.

Tabla 237. Resumen de las obras de alcantarillado a corto y mediano plazo de la Alternativa No. 1

No.	Descripción	Unidad	Alt. 1
1	Colectores	Km	22.66
2	Líneas de impulsión	Km	3.54
3	Nueva EBAR	EBAR	4
4	Reingeniería de EBAR	EBAR	4
5	Reequipamiento de EBAR	EBAR	7
6	Nueva PTAR	L/s	410
7	Ampliación de PTAR	L/s	0
8	EBAR fuera de operación	EBAR	7
9	Ampliación de red de drenaje	Km	60
10	Rehabilitación de colectores y red deteriorada	Km	342

Alternativa No. 2

La alternativa No. 2 también da solución a los diferentes problemas y deficiencias operativas que se tienen en el sistema de alcantarillado residual, pero en particular al sistema de recolección y alejamiento de las aguas residuales en la ciudad de Reynosa que opera la COMAPA. Esta Alternativa contempla la construcción de obras en los diferentes componentes del sistema tal y como se describen a continuación:

Colectores marginales y de alejamiento.- Se plantea la construcción total de 21.9 Km de colectores de la siguiente manera: unos colectores que permitan desincorporar de la EBAR #4 las aguas que llegan de las EBARs # 5 y 11 a la EBAR #6 para enviarlas a partir de esta última por gravedad a la EBAR #22 de donde se enviarían por bombeo a la PTAR #2, con lo que se reduciría la cantidad de agua que se manda a la PTAR #1. Por otro lado, se plantea la construcción de un colector que intercepte el colector de la calle Brecha 99 que conducen por gravedad a la EBAR #10, desincorporando el agua de esta última EBAR, para mandarla a una nueva planta de tratamiento (PTAR #3) con lo cual se le reduciría otro importante volumen de agua a la PTAR #1, la cual por su cercanía al río Bravo ya no puede crecer su capacidad. Adicionalmente se plantean otros colectores para sacar de operación tres EBARs (2, 7 y 8), así como la construcción del colector de la zona SUROESTE para conducir el agua residual hacia la PTAR #2 y otros colectores que tiene la COMAPA como proyectos inmediatos.

Líneas de impulsión.- Se requiere de la construcción de 4.4 Km de líneas de impulsión nuevas y de reforzamiento en los diferentes sistemas de recolección y alejamiento de las aguas residuales para conducir el agua de las plantas de bombeo a cajas rompedoras de presión o cambio de régimen, a partir de las cuales el agua fluya por gravedad, reduciendo las CDT y los gradientes hidráulicos al cambiar tuberías de A-C.

Estaciones de bombeo de aguas residuales.- Al desincorporar el agua de 8 EBARs (2, 7, 8, 11, 5, 6, 4 y 10) para mandarlas a otras EBARs se requiere de la reingeniería de 4 EBARs (1, 4, 22 y 10), el reequipamiento de 7 EBARs (5, 12, 13, 15, 27, 30 y 32) y la construcción de 4 nuevas EBARs (278, 28, 42 y 43), así como sacar de operación 5 EBARs (2, 6, 7, 8 y 11), independientemente de que el resto de las EBARs requieren de reequipamiento con equipos que tengan mayores eficiencias electromecánicas.

Ampliación de las plantas de tratamiento.- Se requiere de la construcción de una nueva planta de tratamiento emplazada en unos terrenos de la COMAPA localizados al Noreste de la ciudad, con trenes de tratamiento con una capacidad de tratamiento de 90 L/s que permitan descargar el agua tratada cumpliendo con las CPD fijadas en el la NOM y en el permiso de descarga de la CONAGUA que son de 75 – 75 de DBO_5 y SST, respectivamente. Y la ampliación de la PTAR #2 con un tren de tratamiento de 30 L/s para llegar a un total de 780 L/s.

Red de atarjeas.- se requiere ampliar la red de atarjeas en colonias que carecen del servicio, lo que implica la construcción de aproximadamente 60 Km de red de alcantarillado y subcolectores.

Rehabilitación y sustitución de tuberías dañadas.- es necesario y urgente rehabilitar o sustituir las tuberías que han presentado colapsos en las claves, ya que esto ha permitido el ingreso de tierra que ha obstaculizado el tránsito de las aguas residuales por los conductos, que de por si traen muy bajas velocidades por las pendientes mínimas que tienen los tubos, por lo que se necesita rehabilitar en una primera etapa 14 Km de tuberías colapsadas y posteriormente sustituir las tuberías de concreto del centro y colonias circunvecinas que tienen una longitud de 328 Km.

En la siguiente tabla se presenta un resumen de las obras y requerimientos de la Alternativa No. 2 a corto y mediano plazo.

Tabla 238. Resumen de las obras de alcantarillado a corto y mediano plazo de la Alternativa No. 2

No.	Descripción	Unidad	Alt. 1
1	Colectores	Km	21.86
2	Líneas de impulsión	Km	4.36
3	Nueva EBAR	EBAR	3
4	Reingeniería de EBAR	EBAR	4
5	Reequipamiento de EBAR	EBAR	7
6	Nueva PTAR	L/s	90
7	Ampliación de PTAR	L/s	30
8	EBAR fuera de operación	EBAR	5
9	Ampliación de red de drenaje	Km	60
10	Rehabilitación de colectores y red deteriorada	Km	342

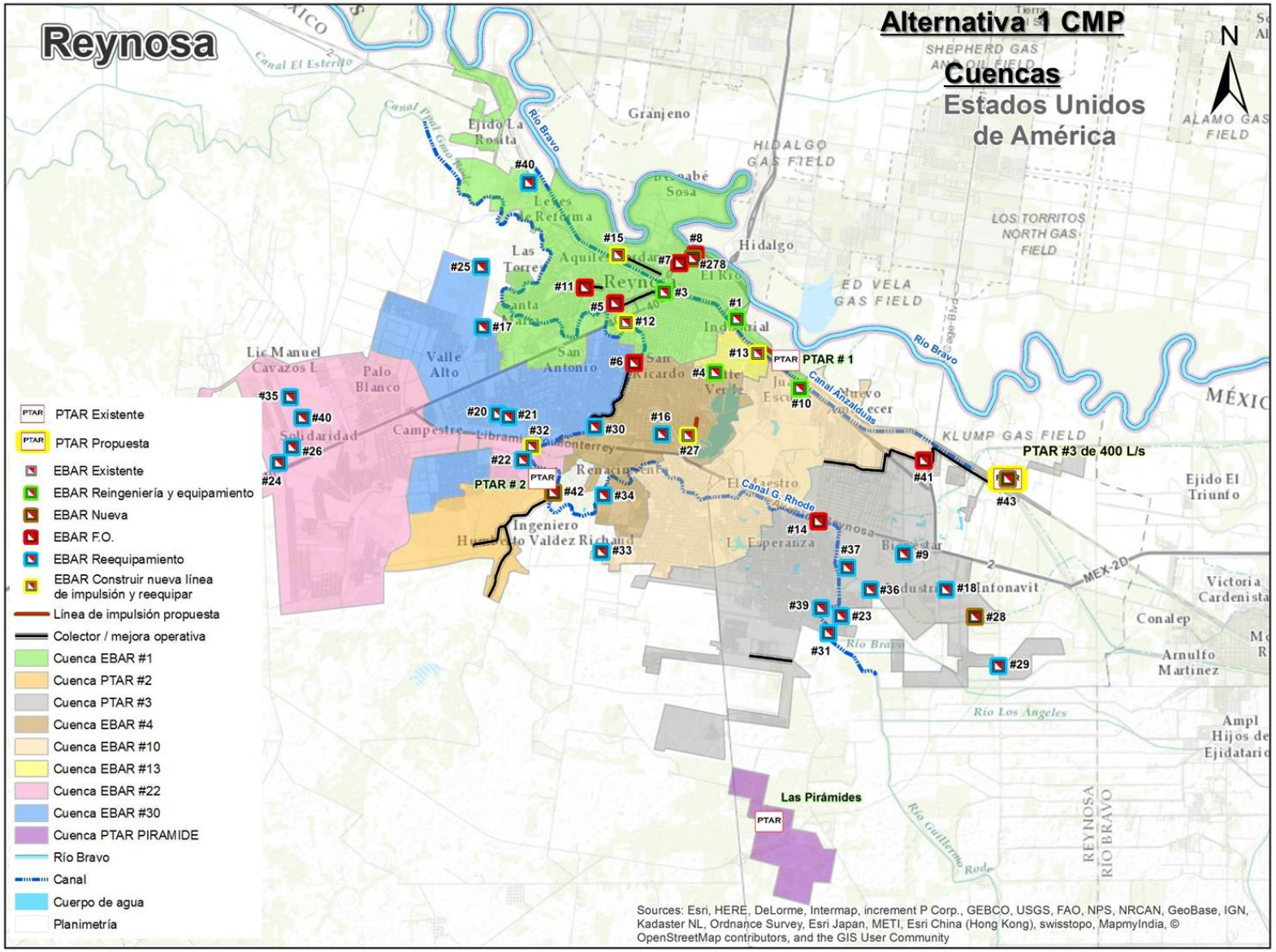


Figura 360. Cuencas Alternativa 1 Corto Plazo

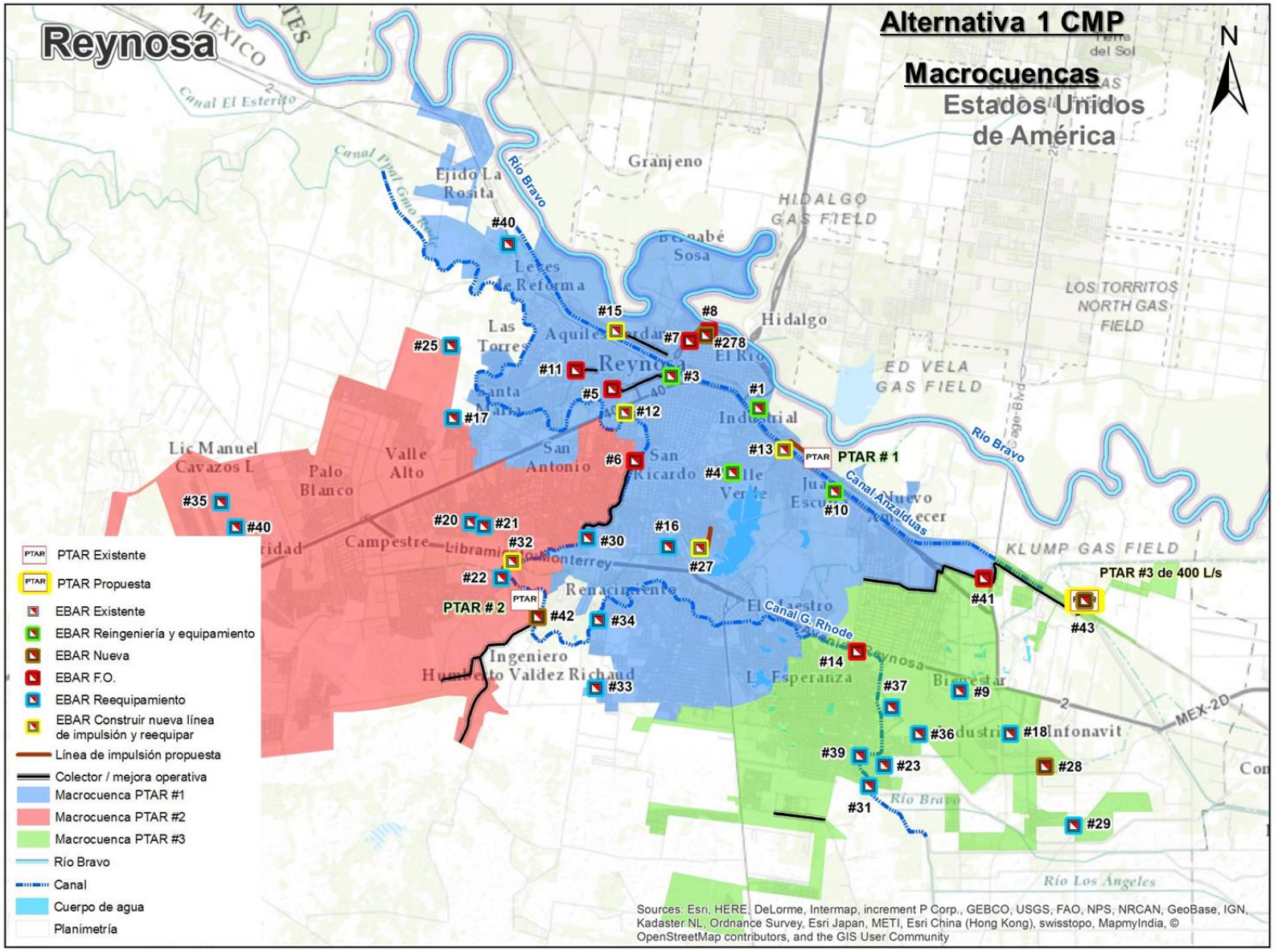


Figura 361. Macrocuencas Alternativa 1 Corto Plazo

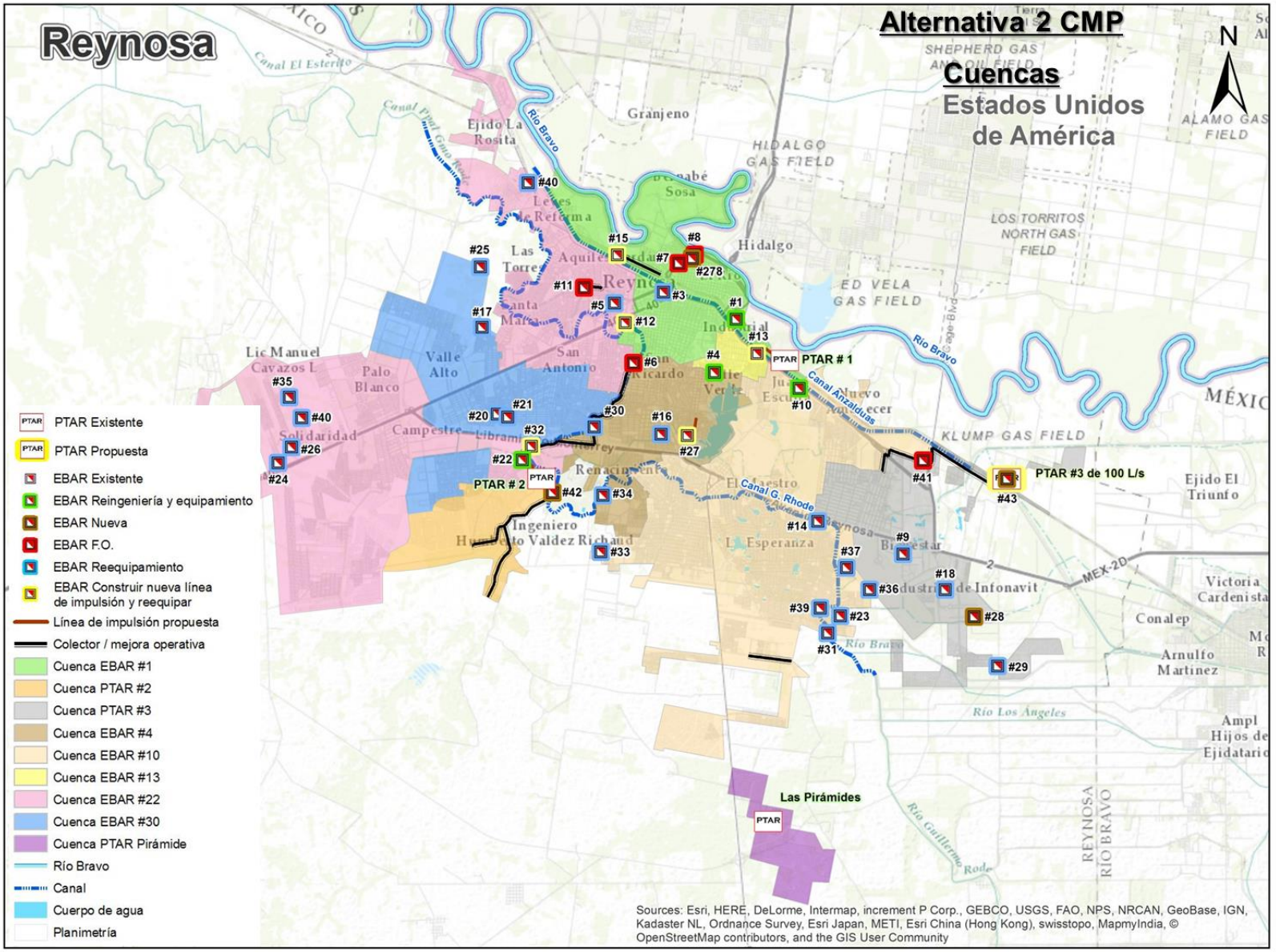


Figura 362. Cuencas Alternativa 2 Corto Plazo

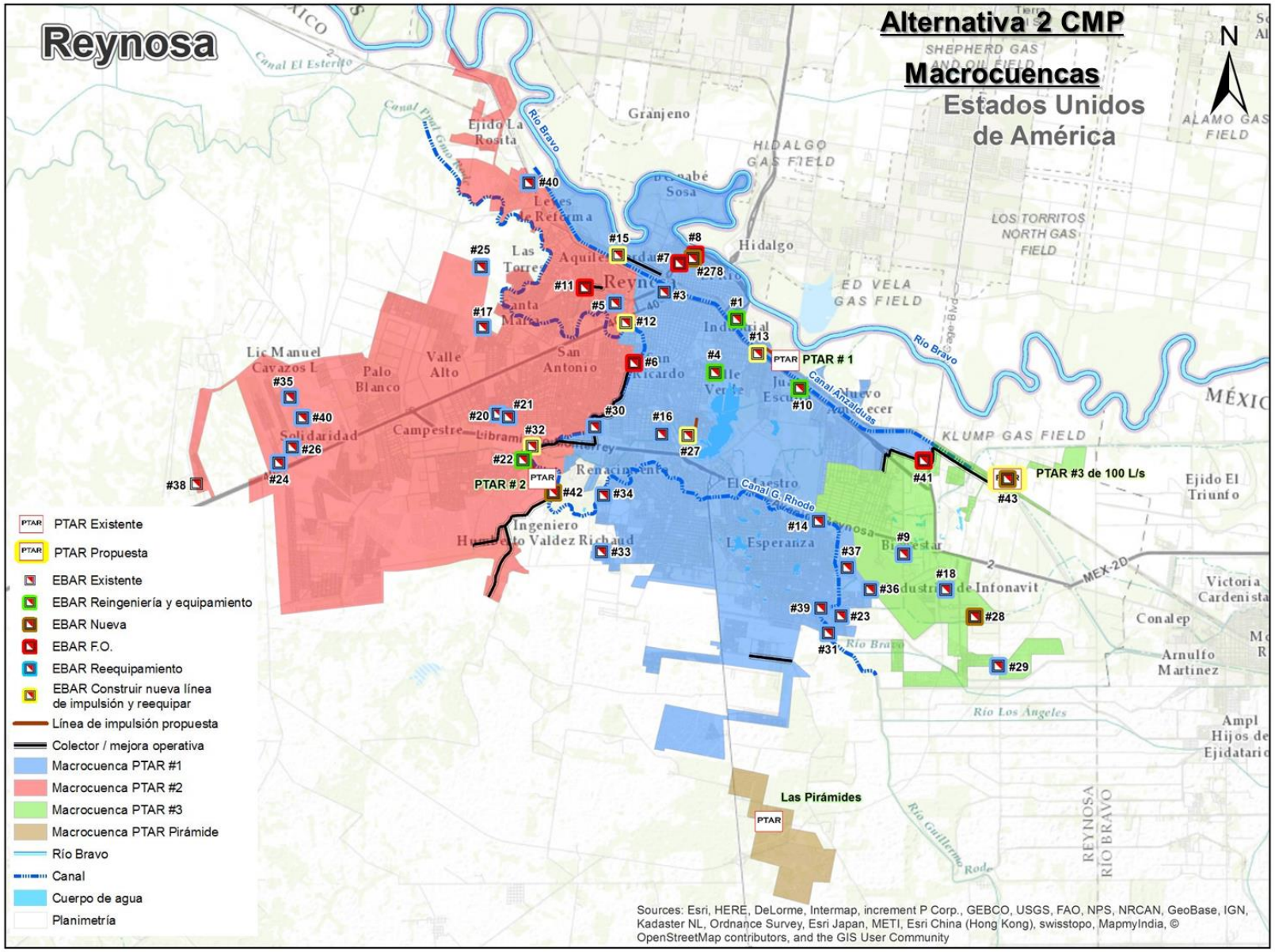


Figura 363. Macrocuencas Alternativa 2 Corto Plazo

En ambas alternativas se busca reducir el caudal que actualmente recibe la PTAR #1, enviándolo a la PTAR #2 existente y a una de proyecto la cual la denominamos PTAR #3. Adicionalmente se considera en ambas sacar de operación las EBARs #2, 7 y 8 para construir una nueva la EBAR # 278, construir el colector a la PTAR #2 y llevar a cabo las reingenierías y reequipamientos de algunas EBARs y el reequipamiento de todas las EBARs con equipos con eficiencias electromécanicas superiores al 65%. Así como rehabilitar los 14 Km de tuberías colapsadas y sustituir paulatinamente los tubos de concreto por tuberías de PVC Sanitario o de Polietileno de Alta Densidad. Por último ampliar la cobertura de alcantarillado construyendo sistemas formales de recolección de las aguas residuales de las colonias que no cuentan con el servicio en la ciudad de Reynosa.

Para dar solución a la problemática del drenaje sanitario de Reynosa, se estarán evaluando 2 alternativas de solución a las condiciones existentes, mediante el análisis hidráulico de propuestas de operación a corto y mediano plazo, y también a largo plazo.

En ambas alternativas se busca recolectar las aguas servidas que actualmente se están vertiendo a los drenes y canales que cruzan la ciudad, con lo que se estarán mejorando las condiciones de salubridad y se contribuye a una mejor calidad de vida para los habitantes de la ciudad de Reynosa.

ALTERNATIVA 1 A CORTO Y MEDIANO PLAZO

La Alternativa 1 contempla 2 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), como los puntos finales de disposición del agua servida de la ciudad de Reynosa. Estas PTAR son las plantas de tratamiento existentes al día de hoy, pero se les estará ampliando su zona de cobertura. Se realizará el análisis de cada una de las cuencas que drenan a las plantas.

PTAR Este. Para las condiciones a corto y mediano plazo, la superficie de cuenca que drena hacia esta plata de tratamiento es de aproximadamente 4,245 hectáreas, lo que representa un 34% del área total de cobertura de drenaje sanitario para Reynosa. En esta cuenca de aporte de drenaje sanitario hacia la PTAR Este se calcula que se estará dando servicio a una población estimada de 221,400 habitantes, correspondiente a un 46% de la población actual de la ciudad de Reynosa. El gasto medio asociado a esta población es de Q_{med} = 496 l/s, pero para el análisis hidráulico de la red de drenaje sanitario se estará utilizando el gasto máximo extraordinario Q_{Mex} = 2,097 l/s y para el diseño de las estaciones de bombeo se utilizará el gasto máximo instantáneo Q_{Mi} = 1,398 l/s.

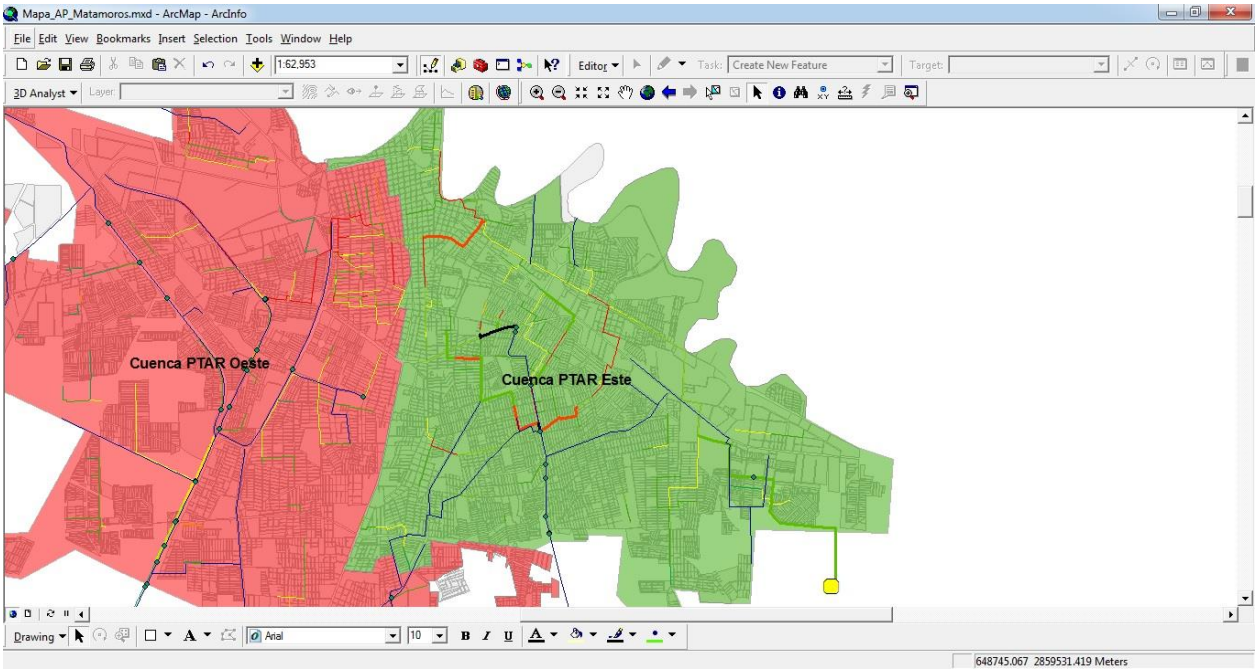


Figura 3.2.1. Área de aporte para la PTAR Este.

La red existente de colectores de drenaje sanitario de la cuenca PTAR Este tiene que complementarse con tuberías nuevas que estarán captando todas esas aportaciones que en la actualidad vierten hacia los drenes, así como el refuerzo de aquellos tramos que actualmente están fluyendo a presión o en porcentajes cercanos a la capacidad máxima. Los tubos nuevos que se proponen para la mejora operativa de la red de drenaje son:

1. Se da continuidad al tubo de 150 cm de diámetro que baja desde el cruce de la calle Lic. Manuel Cavazos Lerma, paralelo al Dren 20 de noviembre, por la margen izquierda con una longitud de aproximadamente 1,328 m y diámetro de 150 cm hasta llegar a la EBAR 3 llamada también “Popular”. En todo este tramo también se estarán habilitando conexiones con tuberías existentes que vienen por las calles:
    - Acción Cívica, tramo de 91 cm de diámetro y 23 m de longitud,
    - Alejandro Prieto, con tubo de 53 m de longitud y 51 cm de diámetro
2. La EBAR 3 Popular actualmente descarga en caja rompedora ubicada en el cruce de las calles Gral. Lázaro Cárdenas con Fidencio Trejo, pero se tendrá que reequipar para bombear a pozo nuevo ubicado por la acera de enfrente de la estación de bombeo a través de tubo de PVC de 75 cm de diámetro y longitud de 22 m, por margen derecha del Dren 20 de Noviembre. A partir de esta caja rompedora de presión, continúa tubo nuevo por la margen derecha del dren, por aproximadamente 970 m hasta la Estación de rebombeo EB 11 Nogalar. En este tramo comprendido entre la EB 3 Popular y la EB 11 Nogalar, se tendrán que realizar la conexión con la tubería que actualmente descargan al Dren 20 de Noviembre, que baja por la calle Fidencio Trejo, tubo de 48 m de longitud y diámetro de 107 cm.

3. La EABAR 11 Nogalar actualmente bombea directo al dren 20 de noviembre, pero se tendrá que reequipar para enviar el agua por un tubo nuevo de PVC de 91 cm de diámetro a presión hasta caja rompedora ubicada a 144 m por margen izquierda del Dren 20 de Noviembre.
4. Desde esta caja rompedora se continúa con tubo nuevo de PVC de 122 cm, paralelo al Dren 20 de Noviembre, por la margen izquierda por aproximadamente 1,693 m hasta llegar al cruce de Av. Josefa Ortiz de Domínguez con Encino. En este tramo nuevo de colector, se tienen que conectar los tubos que actualmente están descargando al Dren 20 de Noviembre, provenientes de las siguientes calles:
    - 10 de Mayo, tubo de 45 cm de diámetro y longitud de 36 m
    - Cerezo, diámetro de 30 cm y longitud de 20 m
    - Luis Donaldo Colosio, tubo de 20 m y 30 cm de diámetro
    - 20 de Noviembre, tubo de 10 m y 30 cm de diámetro
    - San Carlos, tubo de 30 cm y longitud de 180 m
5. La línea nueva de 122 cm continúa hacia el Este por la calle Manuel Cavazos Lerma, por una longitud de 1,220 m hasta Cárcamo nuevo, donde se tendrá la Estación de Bombeo Nueva EBN 2, que enviará el agua a pozo nuevo ubicado a 181 m al este, en el cruce de las calles Hidalgo y Mixcoatl. A partir de esta caja rompedora de presión, la tubería nueva continúa en PVC de 122 cm por una longitud de 3,091 m hasta llegar a pozo existente del Emisor Este, ubicado en el cruce de la Av. Revolución con calle Fco. Javier Mina, en la colonia La Cima 3.
6. En el punto donde actualmente está la Estación de Bombeo EB 55, se conectará tubo nuevo de 45 cm de diámetro de PVC, para continuar por gravedad por 380 m hasta el cruce de las calles Camino Real y Loma Partida, desde donde continuará el tubo nuevo con diámetro de 60 cm por una longitud de 2,015 m por calle Benito Juárez hasta San Patricio por donde continuará hasta encontrarse con el tubo de 122 cm nuevo, que viene de la EB 11 Nogalar. La EB 55 Abelardo de la Torre se estará deshabilitando.
7. Otra estación de bombeo que se estará deshabilitando es la EB 51 Lomas de San Juan, y se estará conectando la red que actualmente llega al cárcamo, con la tubería nueva de 60 cm de diámetro que pasa frente a la EB. La conexión será con tubo de 45 cm de diámetro y con una longitud de 25 m.
8. En el sitio donde se ubica la estación de bombeo EB 35 La Amistad, se estará conectando tubería nueva de PVC de 45 cm de diámetro y 745 m de longitud, comenzando por calle Amistad, hasta llegar a Olmo y luego hacia el sur hasta conectarse con tubo nuevo propuesto de 122 cm de diámetro. La EB 35 La Amistad se estará dejando fuera de operación.
9. Reequipar la estación de bombeo EB 8 Tecnológico, ya que actualmente envía el agua al dren 20 de Noviembre, a través de un tubo de longitud de 4,980 m, y en esta alternativa se propone enviar el agua a pozo ubicado a 15 m, desde donde saldrá tubo nuevo de PVC de 60 cm de diámetro, hacia el sur por la calle Camino Real, hasta conectarse con tubo nuevo de 122 cm de diámetro que va propuesto por la calle África.
10. Dejar fuera de operación la EB 37 Hogares de Reynosa, al sacar por calle Aztlán con tubo de 45 cm de diámetro y longitud de 377 m hasta conectar con tubería nueva propuesta de 122 cm de diámetro.

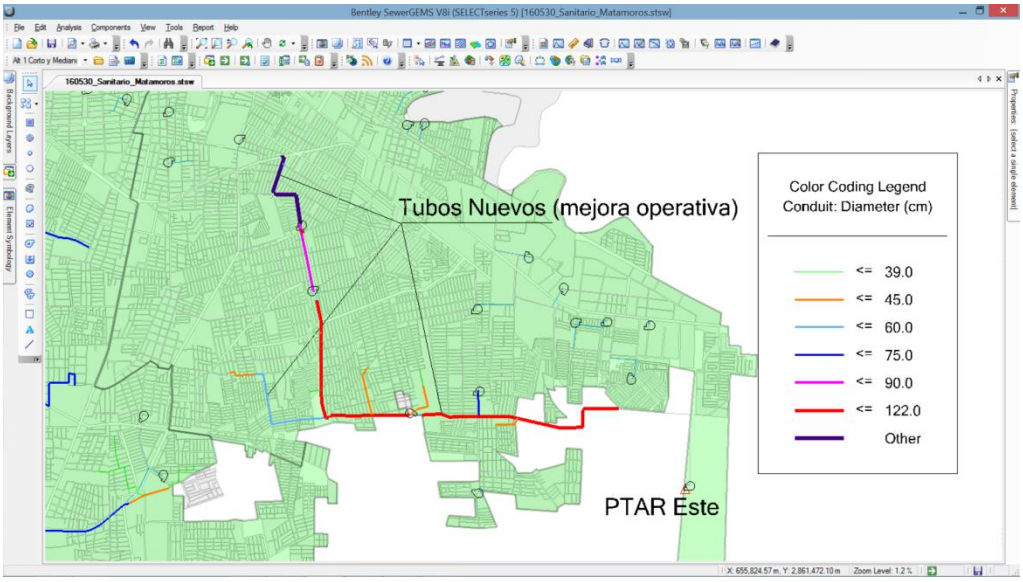


Figura 3.2.2. Mejora Operativa de Alternativa 1, Zona de la PTAR Este.

Los tramos de tubería de la cuenca de la PTAR Este, en los que se proponen refuerzos para la Alternativa 1 a Corto y Mediano Plazo con el incremento de los diámetros existentes son:

1. Tubería existente de concreto de 60 cm de diámetro, desde la descarga de la EB 1-38 Las Delicias, hasta cruce de las calles División del Norte y Alameda. El tubo que se propone es de PVC de 75 cm de diámetro y la longitud del tramo es de 2,393 m, desde la caja rompedora de presión de la EB 1-38 hasta conectar con tubo existente de 75 cm de diámetro en el crucero arriba descrito.
2. El segundo tramo a reforzar es el tubo de llegada a la PTAR Este, desde el crucero de las calles Fco. Javier Mina y Revolución en la Col. La Cima 3, hasta el tanque receptor en la PTAR Este. La longitud es de 2,201 m y el diámetro actual es de 107 cm y el diámetro propuesto es de 150 cm en PVC.

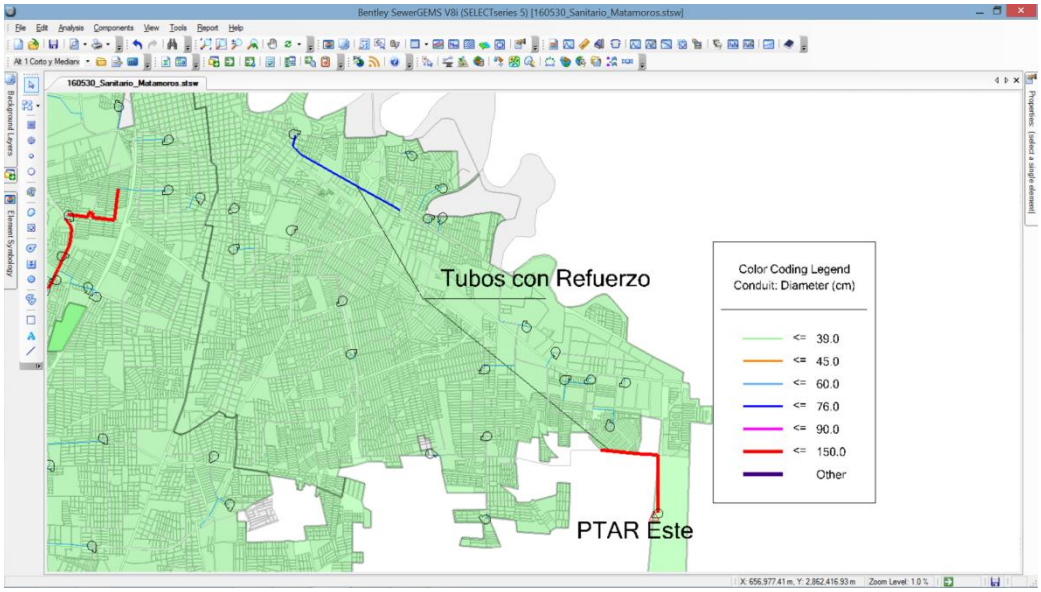


Figura 3.2.3. Tubos a Reforzar de Alternativa 1, Zona de la PTAR Este.

Con estos cambios de diámetro y las adiciones de tubería como mejora operativa, el sistema de drenaje sanitario que fluye hacia la PTAR Este ahora tiene un mapa de capacidades como el que se muestra en la figura siguiente.

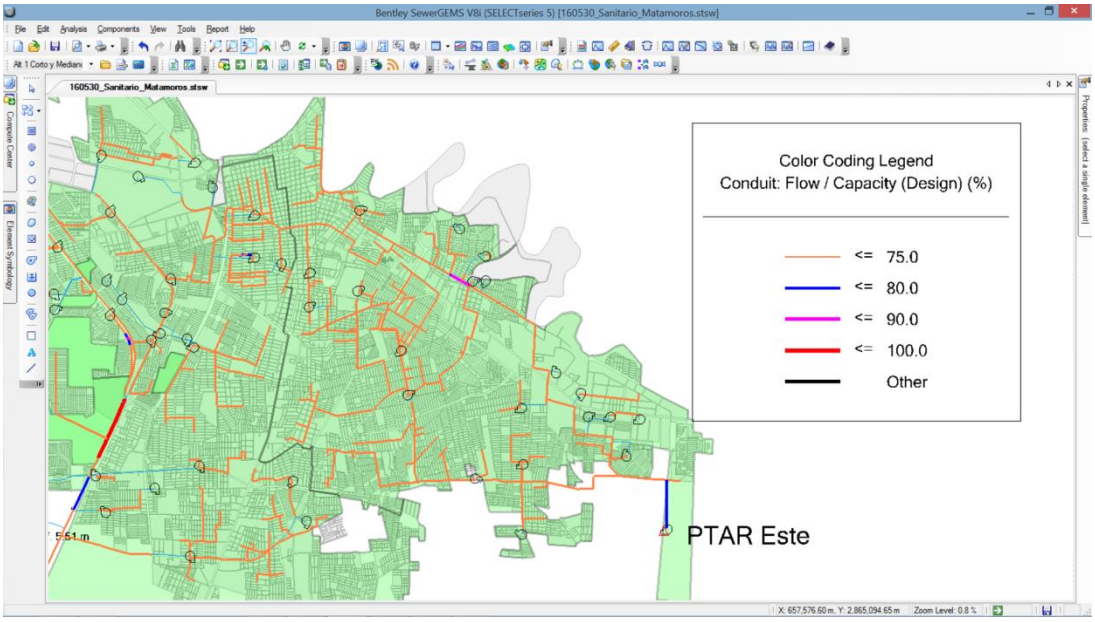


Figura 3.2.4. Capacidades de tuberías en Alternativa 1, Zona de la PTAR Este.

La longitud de red de la cuenca de la PTAR Este es de 80,933 metros de tubería. Con las propuestas de la Alternativa 1, el 98% de las tuberías se encuentran con capacidades menores al 75%, lo que les deja espacio para poder transitar las condiciones a largo plazo. Ninguno de los tramos del sector se encuentra bajo presión.

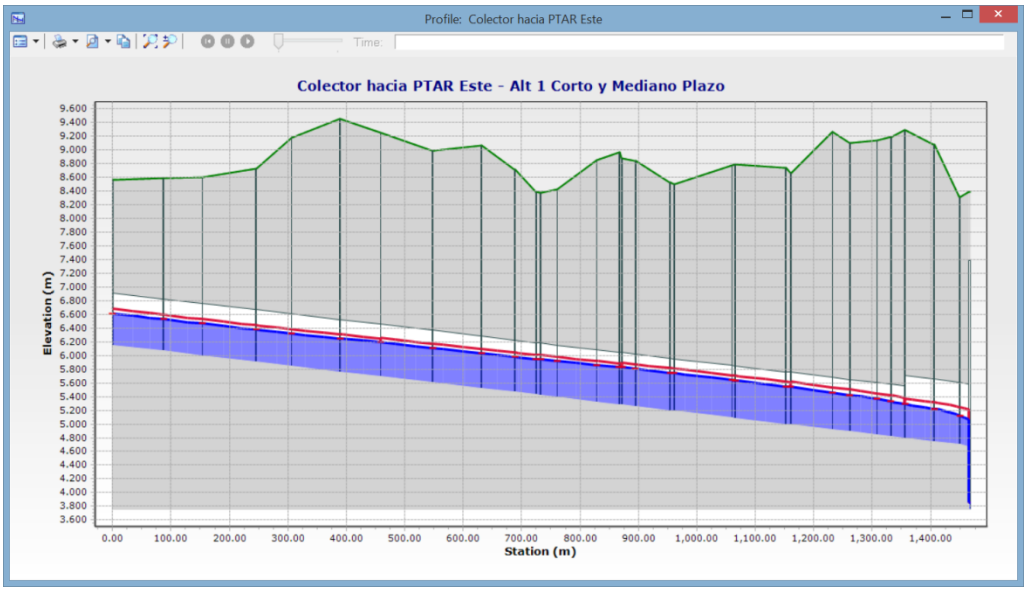


Figura 3.2.5. Perfil de tramo hacia la PTAR Este. Alternativa 1 a Corto y Mediano Plazo.

El tramo que va con un porcentaje más alto a tubo lleno es el que se muestra en el perfil anterior.

Tabla 3.2.1. Estaciones de Bombeo de Alternativa 1. Corto y Mediano Plazo, Zona PTAR Este.

Bomba	Gasto (L/s)	Carga (m)	Eficiencia (%)	Potencia Bomba (HP)
EB-1-38	196.57	9.13	67	35.24
EB-2	40.78	5.655	67	4.53
EB-3_CM	158.57	4.535	67	14.12
EB-8_CM	75.89	6.802	67	10.14
EB-11_CM	558.66	6.726	67	73.78
EB-13	25.46	7.443	67	3.72
EB-14	27.12	1.99	67	1.06
EB-15	26.59	5.565	67	2.91
EB-19	31.37	5.98	67	3.68
EB-33	16.61	5.062	67	1.65
EB-39	7.3	5.684	67	0.81
EB-40	353.53	4.665	67	32.38
EB-52	11.36	7.27	67	1.62
EB-62	77.81	4.82	67	7.36
EB-63	14.71	3.258	67	0.94
EB-81	3.99	1.476	67	0.12
EB-88	2.7	4.848	67	0.26
EB-89	10.19	3.17	67	0.63
EB-VL	2.74	5.211	67	0.28
EBN-2	744.49	5.627	67	82.25
			TOTAL	**277.48**

PTAR Oeste. Para el análisis de las condiciones a corto y mediano plazo, la superficie de cuenca que drena hacia esta plata de tratamiento es de aproximadamente 8,250 hectáreas, lo que representa un 66% del área total de cobertura de drenaje sanitario para Reynosa. En esta cuenca de aporte de drenaje sanitario hacia la PTAR Oeste se calcula que se estará dando servicio a una población estimada de 258,461 habitantes, correspondiente a un 54% de la población actual de la ciudad de Reynosa. El gasto medio asociado a esta población es de Q_{med} = 627 l/s, pero para el análisis hidráulico de la red de drenaje sanitario se estará utilizando el gasto máximo extraordinario Q_{Mex} = 2,654 l/s y para el diseño de las estaciones de bombeo se utilizará el gasto máximo instantáneo Q_{Mi} = 1,770 l/s.

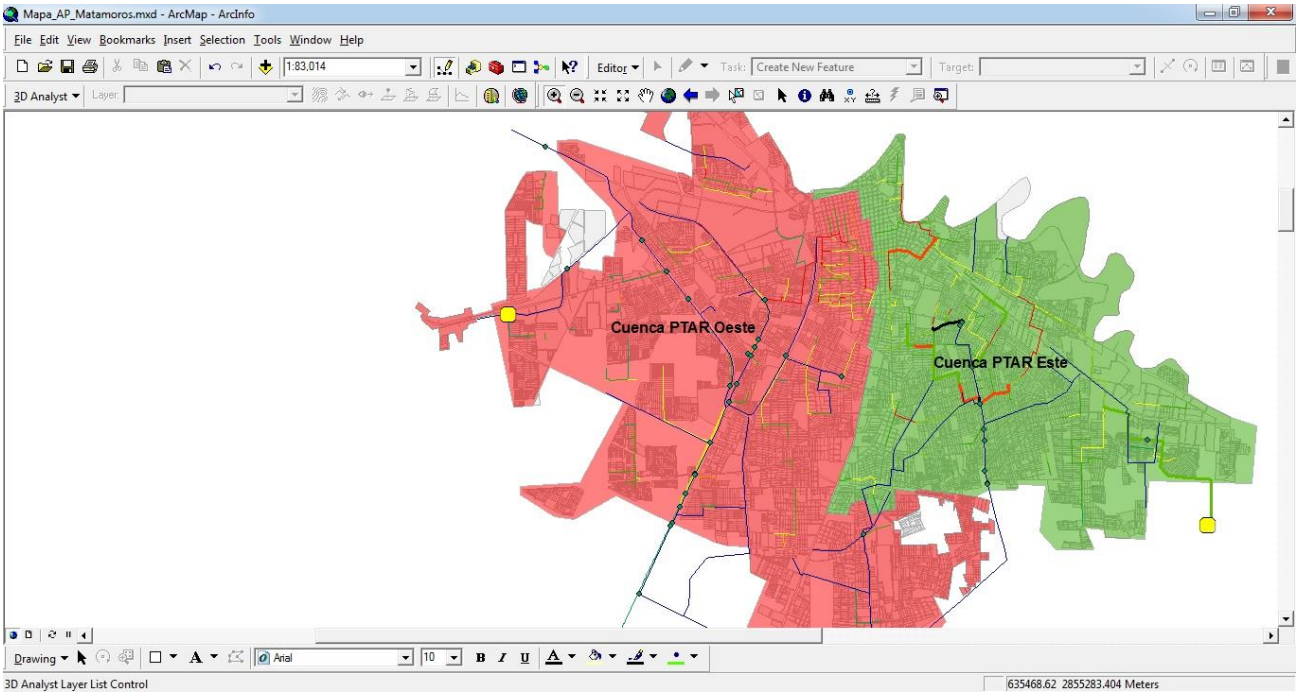


Figura 364. Área de aporte para la PTAR Oeste.

La red existente de colectores de drenaje sanitario de la cuenca PTAR Oeste tiene que complementarse con tuberías nuevas que estarán captando todas esas aportaciones que en la actualidad vierten hacia los drenes, así como el refuerzo de aquellos tramos que actualmente están fluyendo a presión o en porcentajes cercanos a la capacidad máxima. Los tubos nuevos que se proponen para la mejora operativa de la red de drenaje son:

1. En condiciones actuales, la EB 99 Fracc. Alameda bombea directamente al Dren Principal, pero en la Alternativa 1 se propone que esta estación ahora bombeé a caja rompedora de presión en el colector nuevo de 45 cm de diámetro, propuesto sobre la margen derecha y paralelo al Dren Principal. La longitud de este colector es de 4.26 kilómetros, hasta llegar a Estación de Bombeo Nueva, llamada EBN 1, propuesta en el cruce de la carretera estatal (Sendero Nacional) con Av. Miguel Hidalgo y Costilla.
2. La EBN 1 también recibe los efluentes de un colector nuevo proveniente desde el cruce de la Carretera Estatal No. 8 con la calle Miguel Treviño Emparan con una longitud de 3,828 m, de los cuales:
    - Comienza con una caja rompedora de presión que recibe el bombeo de la EB-95 Los Presidentes, que actualmente está fuera de operación. A partir de este punto, se propone tubería de PVC de 60 cm por una extensión de 2,066 m por la Carretera Estatal No. 8 hacia el Este, hasta llegar a la calle Vamos Tamaulipas. En el cruce con el ingreso al fraccionamiento Los Nogales, se conecta el bombeo de la EBAR 86 Los Nogales, que en condiciones actuales está teniendo sus vertidos en el Dren Fidel Velázquez.
    - El colector continúa por la Carretera Estatal No. 8 por otros 1,762 m en PVC de 91 cm hasta llegar a la EBN 1, pero antes de llegar, en el cruce con la calle Brisas del Valle, recibe la

conexión de tubo nuevo de 41 cm de diámetro proveniente del punto donde ahora se ubica la EB 78 – Brisas del Valle que se dejará fuera de operación en la Alternativa 1.

- La EB 91 El Caracol en condiciones actuales bombea al Dren Principal, pero se propone conectarse con Colector Nuevo de 91 cm de diámetro que va por Carretera Estatal No. 8 rumbo a la EBN 1.
- La EBN 1 bombea a Colector Nuevo de 91 cm de diámetro ubicado por la margen izquierda del Dren Principal por 1,802 m hasta llegar a calle Ceuta, donde se tiene caja rompedora que recibe el bombeo de la EB 56 Nuevo Milenio (actualmente bombeando a Dren Principal y cambia de diámetro a 107 cm y se continúa con este diámetro hasta la EB 32 Valle Real, entrando por calle Valle de Mónica y luego por Valle de Ángela.
- La EB 53 Las Brisas y la EB 83 Rinconada de Las Brisas que actualmente descargan al Dren Principal, ahora se conectan con caja rompedora en margen izquierda al cruce con Circuito interior.
- Tubo nuevo de 61 cm proveniente de margen izquierda del Dren Principal con longitud de 1,120 m partiendo desde la zona de confluencia del Dren Principal con Dren 32 Izquierdo, hasta conectarse con tubo de 107 cm de diámetro en calle Valle de Mónica, para continuar a EB 32 Valle Real.
- De las colonias Santa Anita y Villa Las Flores, se propone un colector de 45 cm de diámetro que comienza en la calle 12 de Marzo esquina con Del Puente, y corre de Sur a Norte, paralelo al Dren 32 Izquierdo, y va recolectando las descargas que actualmente llegan a dicho Dren, hasta llegar a calle Viejo San Juan, donde cruza hacia la EB 32 Valle Real. La longitud de este colector nuevo es de 1,400 m.
- Tubo nuevo de 886 m de longitud en PVC de 60 cm de diámetro, que se propone para conectar con tubería de 60 cm existente que actualmente descarga en el Dren Papantla en calle Gral. Carlos Salazar y Mexicali. Este tubo nuevo corre por margen derecha del Dren Papantla y se conecta con tubo existente de 60 cm de diámetro en calle Paseo Naranjo y Mexicali.
- EB 20 Terrenos Expo Fiesta sale de operación, y se propone sistema a gravedad con tuberías de PVC de 60 cm de diámetro, con longitud de 1,647 m que colectan las aguas servidas y las llevan a estación existente EB 17 Rodríguez, que tendrá que ser reequipada, pues actualmente bombea hacia Dren Principal y en esta Alternativa se propone que descargue en caja rompedora del Emisor Oeste, de 140 cm de diámetro en cruce de las calles 12 de Marzo con Ing. Marte R. Gómez.
- EB 15 Expo Oriente, que actualmente bombea a caja rompedora de la cuenca de la PTAR Este, se propone que envíe ahora sus aguas a colector nuevo de 60 cm de diámetro, ubicado en el cruce del Libramiento Lic. Emilio Portes Gil con 10 de agosto.
- En este crucero anterior, se propone un colector nuevo que evite que la tubería existente de 45 cm de diámetro vierta sus aguas en el Dren Emilio Portes Gil. Este colector nuevo, tendrá una longitud de 2,096 m, a lo largo del libramiento Emilio portes Gil, rumbo al Oeste, hasta la estación EB 21 La India.
- La EB 21 La India tendrá que ser reequipada, pues actualmente bombea hacia Dren Principal por la calle Francisco Rincón Peña, y se propone cambiar el trazo de impulsión hacia caja

rompedora nueva ubicada en cruce del Libramiento Emilio Portes Gil con Sierra Madre Oriental.

- En este crucero comienza un colector nuevo de PVC de 91 cm de diámetro, con una longitud de 1,943 m hasta conectarse con Emisor Oeste existente de 150 cm de diámetro.
- La estación EB X20 18 de Octubre actualmente bombea al Dren 20 de Noviembre, y se propone que para condiciones futuras, desde Corto y Mediano Plazo, esta estación de bombeo ahora vierta hacia caja rompedora de presión que da inicio a colector nuevo de PVC de 60 cm de diámetro, tiene una longitud de 1,274 m, paralelo al dren 20 de Noviembre hasta llegar a Estación de Bombeo Nueva, llamada EB X1, ubicada entre Mar Muerto y Mar de Cortés, en la Colonia Las Bermudas.
- La Estación EB X1 bombea las aguas servidas hasta caja rompedora nueva ubicada sobre margen derecha del Dren Las Vacas, en los cruces de las calles Eduardo Chávez y 5 de febrero, en la Colonia Servando Canales. La línea de impulsión tendrá una longitud aproximada de 951 m
- A partir de esta caja rompedora, se da inicio a colector nuevo que corre por la margen derecha del Dren Las Vacas, en diámetro de 91 cm por una longitud aproximada de 4,612 m hasta conectarse con el Emisor Oeste, de 150 cm de diámetro.

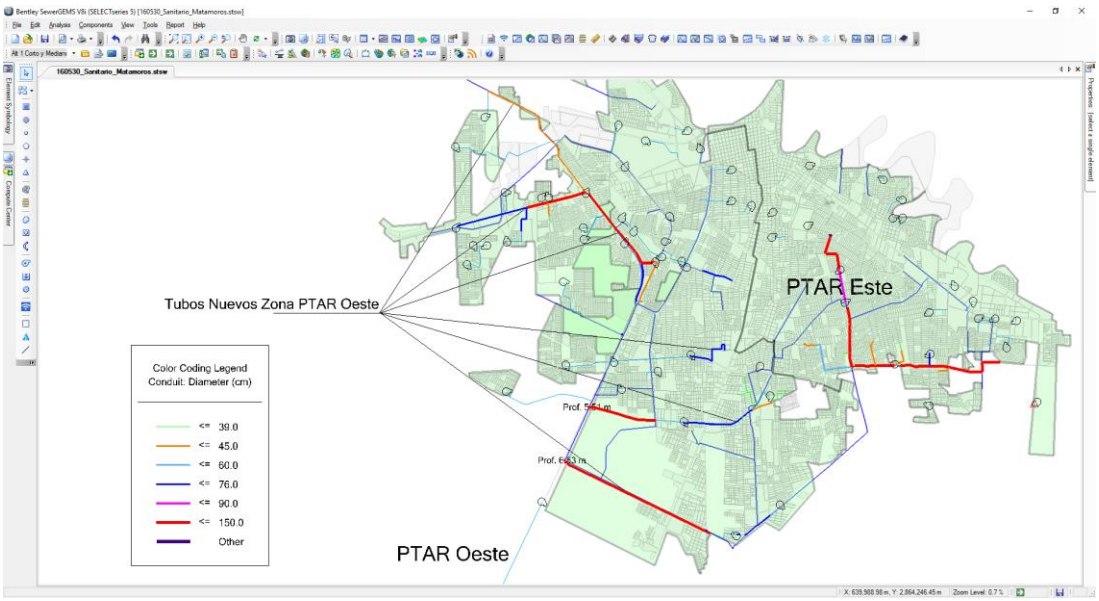


Figura 365. Mejora Operativa de Alternativa 1, Zona de la PTAR Oeste.

Los tramos de tubería de la cuenca de la PTAR Oeste, en los que se proponen refuerzos para la Alternativa 1 a Corto y Mediano Plazo con el incremento de los diámetros existentes son:

1. Tramo de 602 m, por la Carretera Estatal No. 8, entre las calles Dos Norte y Siglo XXI, la tubería original es de 25 cm de diámetro, se propone cambiarla a PVC de 37.5 cm.
2. Por la calle Luis E. Rendón, en las cercanías de la EB 57 Los Presidentes, entre las calles Miguel Treviño y Juan B. García, reemplazar 424 m de tubería que actualmente son de 20 cm de diámetro, por tubo de 30 cm de PVC.

3. Tubería de 45 cm de diámetro, por Av. 12 de Marzo, desde su cruce con la calle Villareal, hasta llegar a la EB 56 Nuevo Milenio, cambiar los 543 m por tubería de PVC de 60 cm de diámetro.
4. En el cruce de las calles Laguna Jasso y Veinticinco está una caja rompedora de presión que recibe las descargas de la EB 5 (16 y Calixto de Ayala). A partir de esta caja y hasta la EB 9 Las Águilas, se tiene tubería de 76 cm de diámetro, que se propone cambiar por tubo de PVC de 106 cm. La longitud de es de 1,576 m.
5. Desde la caja rompedora que recibe las aportaciones de la EB 9 Las Águilas, hasta la Estación de Bombeo EB 32 se tienen 1,400 m de tubería de 91 cm de diámetro, que se propone reforzar por tubería de PVC de 122 cm.

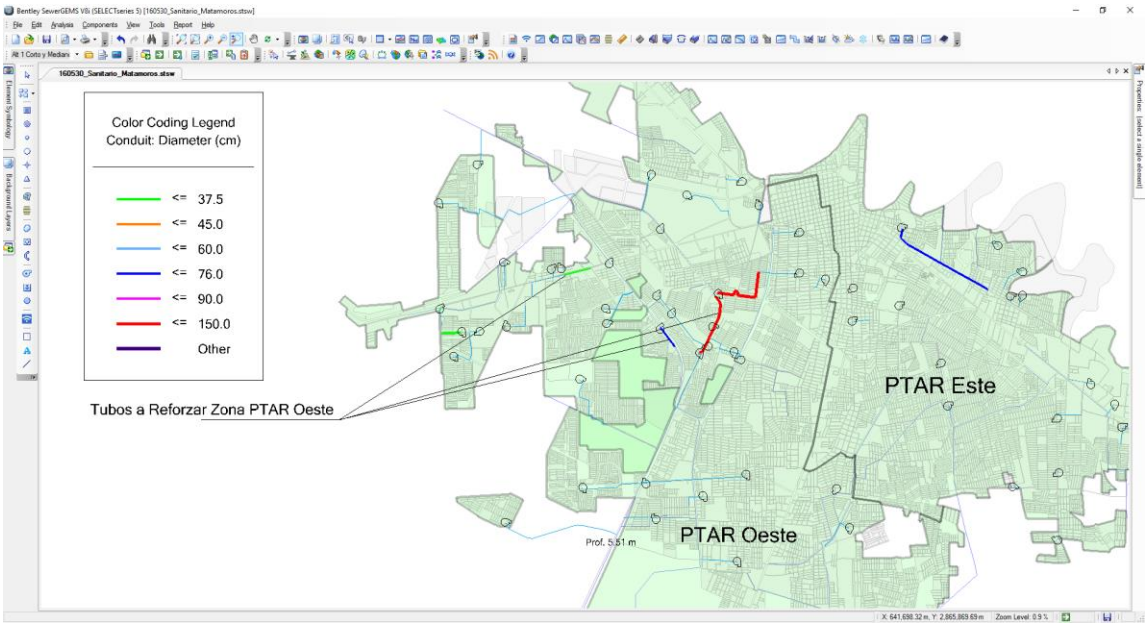


Figura 366. Tubos a Reforzar de Alternativa 1, Zona de la PTAR Oeste.

Con estos cambios de diámetro y las adiciones de tubería como mejora operativa, el sistema de drenaje sanitario que fluye hacia la PTAR Oeste ahora tiene un mapa de capacidades como el que se muestra en la figura siguiente, donde puede observarse que el Emisor a la PTAR Oeste se encuentra funcionando al límite bajo las condiciones de gasto máximo extraordinario.

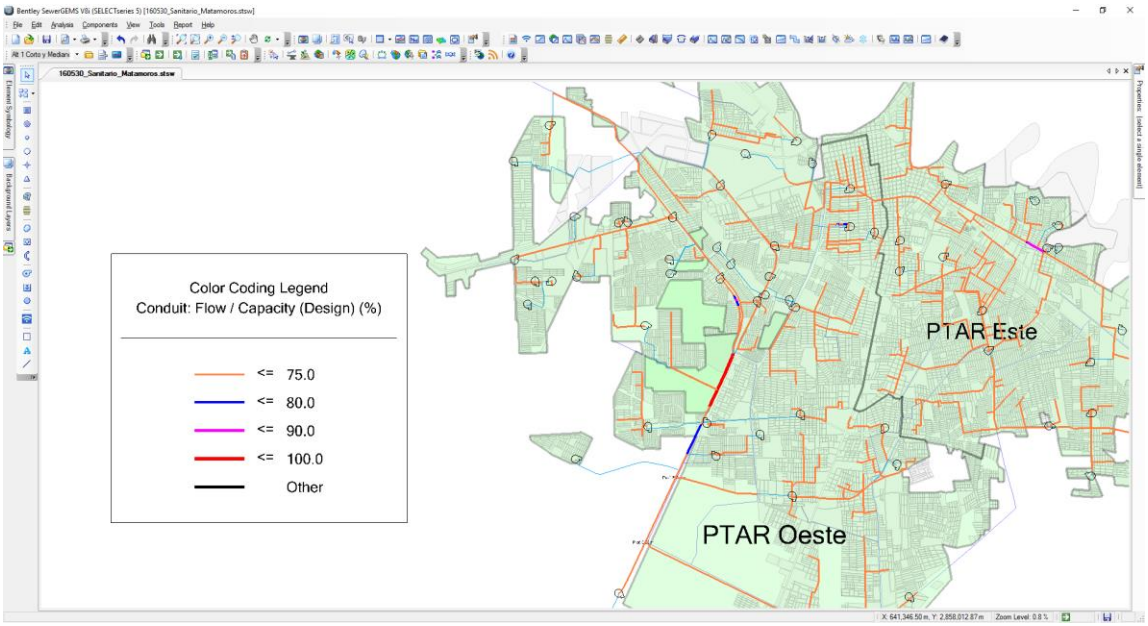


Figura 367. Capacidades de tuberías en Alternativa 1, Zona de la PTAR Oeste.

La longitud de red de la cuenca de la PTAR Oeste es de 109,884 metros de tubería. Con las propuestas de la Alternativa 1, el 98% de las tuberías se encuentran con capacidades menores al 75%, lo que les deja espacio para poder transitar las condiciones a largo plazo. Ninguno de los tramos del sector se encuentra bajo presión.

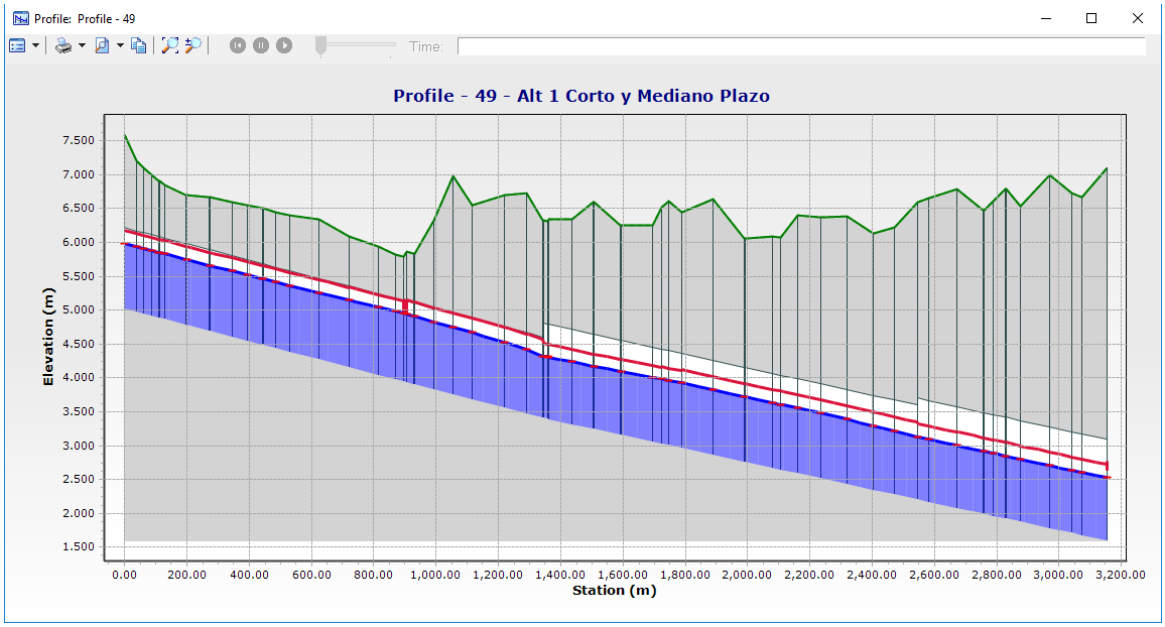


Figura 368. Perfil de tramo hacia la PTAR Oeste. Alternativa 1 a Corto y Mediano Plazo.

El tramo mostrado en el perfil, corresponde con el tramo inicial del Emisor Oeste, que tiene diámetros de 122 cm, 140 cm y 150 cm, como puede apreciarse en el gráfico.

Tabla 239. Estaciones de Bombeo de Alternativa 1. Corto y Mediano Plazo, Zona PTAR Oeste.

Bomba	Gasto (L/s)	Carga (m)	Eficiencia (%)	Potencia Bomba (HP)
EB X1	24.81	5.665	67	2.76
EB-4	59.23	5.714	67	6.65
EB-5	136.68	8.735	67	23.44
EB-6	12.7	6.66	67	1.66
EB-7	102.52	4.462	67	8.98
EB-9	582.37	5.17	67	59.12
EB-10	172.74	6.549	67	22.21
EB-16_CM	68.95	6.56	67	8.88
EB-17_CM	28.83	2.461	67	1.39
EB-18	57.96	5.723	67	6.51
EB-21_CM	163.9	6.38	67	20.53
EB-23	34.31	5.737	67	3.87
EB-32	1,251.96	12.625	67	310.35
EB-36	15.71	5.18	67	1.6
EB-43_CM	66.56	2.672	67	3.49
EB-44	11.05	6.251	67	1.36
EB-45	4.87	3.43	67	0.33
EB-49	12.47	0.288	67	0.07
EB-50_CM	42.31	4.533	67	3.77
EB-53_CM	62.97	5.616	67	6.94
EB-54_CM	61.15	4.511	67	5.42
EB-56_CM	61.06	3.013	67	3.61
EB-57	72.68	0.711	67	1.01
EB-58	12.91	4.124	67	1.05
EB-71	12.14	4.142	67	0.99
EB-72	4.93	2.856	67	0.28
EB-73	6.17	4.563	67	0.55
EB-75	19.17	2.708	67	1.02
EB-76_CM	24.42	3.131	67	1.5
EB-77	21.05	7.776	67	3.21
EB-79	2	0.215	67	0.01
EB-83_CM	67.61	4.512	67	5.99
EB-84	33.21	3.185	67	2.08
EB-86_CM	3.6	3.967	67	0.28
EB-87	40.57	4.763	67	3.79
EB-90_CM	68.01	4.746	67	6.34
EB-91_CM	8.69	5.276	67	0.9
EB-95	72.67	2.244	67	3.2
EB-96_CM	0.1	2.9	67	0.01
EB-99_CM	0.46	3.96	67	0.04

Bomba	Gasto (L/s)	Carga (m)	Eficiencia (%)	Potencia Bomba (HP)
EB-X20_CM	6.48	4.026	67	0.51
EBN-1	238.93	3.92	67	18.39
			TOTAL	**554.09**

ALTERNATIVA 1 A LARGO PLAZO

El análisis a largo plazo contempla un incremento en la población servida y por consiguiente un aumento en los caudales de diseño. Las aportaciones crecen un 15.5% para la cuenca de la PTAR Este, mientras que para la PTAR Oeste, los caudales suben un 28.9%, debido a que esta zona contempla un mayor crecimiento poblacional.

Para el análisis de la Alternativa 1 a Largo Plazo, ya no se tienen tramos nuevos, porque se han propuesto todos desde la alternativa a Corto y Mediano Plazo, pero si se tienen tramos que se propone reforzar debido al incremento en los gastos. Estos tramos a reforzar son:

CUENCA DE LA PTAR ESTE

1. Tramo de 792 m de longitud que actualmente están con diámetro de 107 cm, desde la caja rompedora de presión que recibe las descargas de la EB 62 Cima 3 en el cruce de las calles Revolución y Fuentes de Valentina, hasta el cruce con las calles Revolución y Fco. Javier Mina. Cambiar por tubo de 122 cm de diámetro de PVC.
2. Tramo de colectores de 91 cm de diámetro, desde el cruce del camino a Ejido Lucio Blanco con Fidel Velázquez, hasta caja rompedora de presión ubicada en el cruce de las calles Teotihuacán por un costado del predio del Instituto Tecnológico de Reynosa, hasta conectarse con tubería existente de 107 cm de diámetro. La longitud es de 1,834 m que se propone cambiar a 107 cm de diámetro.
3. 233 m de tubería por la calle Pedro Garza Saldaña, entre Benjamín Birou y Francisco Bravo Cortés. Los tubos actualmente son de 30 cm de diámetro, se propone cambiarlos a 38 cm.

CUENCA DE LA PTAR OESTE

4. Tramo de 1,189 m de longitud y 45 cm de diámetro, que va por la Av. Primera, desde la calle Loma Alta, donde se encuentra la caja rompedora que recibe las aportaciones de la EB 58 Fracc. Fidel Velázquez hasta la calle Ignacio Zaragoza, donde se conecta con tubo existente de 60 cm que va por calle Palmas. Se propone cambiarlos por tubería de 60 cm de diámetro en PVC.
5. Tubería con longitud de 1,869 m que actualmente tiene 76 cm de diámetro, y va por la Av. De la Industria, por la margen derecha del Dren 32 Izquierdo, desde caja rompedora de presión que recibe el bombeo de la Estación EB 18 Sendero, hasta cárcamo de la EB 9 Las Águilas. Cambiar por tubo de PVC de 91 cm de diámetro.
6. 418 m de tubería de 122 cm que van desde la calle 12 de Marzo esquina con Arecibo, hasta el cárcamo de la EB 32 Valle Real, se propone reforzar a largo plazo por tuberías de 150 cm de diámetro.

7. El tramo comprendido desde el pozo ubicado en la confluencia de los Drenes Principal y 32 Izquierdo, por toda la Av. 12 de Marzo hasta la calle Profesora Rosalía Sánchez, actualmente tiene diámetros de 120 y 140 cm. La longitud que se tiene que cambiar a 150 cm de diámetro es de 2,545 m.

Con estos refuerzos, el escenario de simulación a Largo Plazo queda resuelto y de los 190.86 kilómetros de red analizados un 93% está fluyendo a no más del 75% de su capacidad y solamente un 0.80% se encuentra por arriba del 90 % de su capacidad máxima.

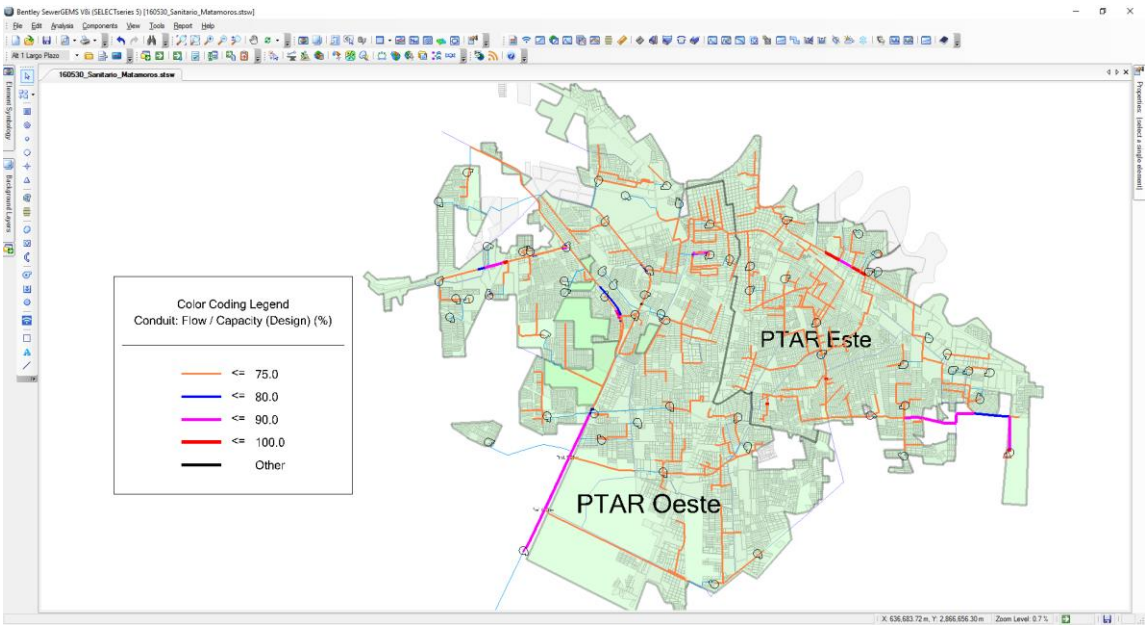


Figura 369. Capacidades de tuberías en Alternativa 1 a Largo Plazo.

Con respecto a las estaciones de bombeo, se presenta a continuación la tabla con los caudales, las cargas y las potencias.

Tabla 240. Estaciones de Bombeo de todo el sistema bajo la Alternativa 1 a Largo Plazo

Bomba	Gasto (L/s)	Carga (m)	Eficiencia (%)	Potencia Bomba (HP)
EB X1	24.81	5.665	67	2.76
EB-1-38	196.57	9.13	67	35.24
EB-2	40.78	5.655	67	4.53
EB-3_CM	158.57	4.535	67	14.12
EB-4	59.23	5.714	67	6.65
EB-5	136.68	8.735	67	23.44
EB-6	12.7	6.66	67	1.66
EB-7	102.52	4.462	67	8.98
EB-8_CM	75.89	6.802	67	10.14
EB-9	582.37	5.17	67	59.12

Bomba	Gasto (L/s)	Carga (m)	Eficiencia (%)	Potencia Bomba (HP)
EB-10	172.74	6.549	67	22.21
EB-11_CM	558.66	6.726	67	73.78
EB-13	25.46	7.443	67	3.72
EB-14	27.12	1.99	67	1.06
EB-15	26.59	5.565	67	2.91
EB-16_CM	68.95	6.56	67	8.88
EB-17_CM	28.83	2.461	67	1.39
EB-18	45.16	5.717	67	5.07
EB-19	31.37	5.98	67	3.68
EB-21_CM	170.55	6.454	67	21.61
EB-23	34.31	5.737	67	3.87
EB-32	1,089.74	11.622	67	248.68
EB-33	16.61	5.062	67	1.65
EB-36	15.71	5.18	67	1.6
EB-39	7.3	5.684	67	0.81
EB-40	353.53	4.665	67	32.38
EB-42	1,398.21	13.07	67	358.82
EB-43_CM	66.56	2.672	67	3.49
EB-44	11.05	6.251	67	1.36
EB-45	4.87	3.43	67	0.33
EB-49	12.47	0.288	67	0.07
EB-50_CM	42.31	4.533	67	3.77
EB-52	11.36	7.27	67	1.62
EB-53_CM	62.97	5.616	67	6.94
EB-54_CM	61.15	4.511	67	5.42
EB-56_CM	44.95	2.944	67	2.6
EB-57_Alt-2	84.7	3.234	67	5.38
EB-58_Alt2-CM	39.96	6.74	67	5.29
EB-62	77.81	4.82	67	7.36
EB-63	14.71	3.258	67	0.94
EB-71	12.14	4.142	67	0.99
EB-72	4.93	2.856	67	0.28
EB-73	9.53	4.573	67	0.86
EB-75	19.17	2.708	67	1.02
EB-76_CM	17.69	3.101	67	1.08
EB-77	21.05	7.776	67	3.21
EB-81	3.99	1.476	67	0.12
EB-83_CM	67.61	4.512	67	5.99
EB-84	33.21	3.185	67	2.08
EB-86_Alt2-CM	12.54	1.536	67	0.38
EB-87	55.48	4.806	67	5.23

Bomba	Gasto (L/s)	Carga (m)	Eficiencia (%)	Potencia Bomba (HP)
EB-88	2.7	4.848	67	0.26
EB-89	10.19	3.17	67	0.63
EB-90_CM	93	5.012	67	9.15
EB-91_CM	8.69	5.276	67	0.9
EB-96_CM	0.1	2.9	67	0.01
EB-99_Alt2-CM	38.05	2.825	67	2.11
EB-PTAR	1,666.65	12.304	67	402.65
EB-VL	2.74	5.211	67	0.28
EB-X20_CM	6.48	4.026	67	0.51
EBN-1	110.1	3.775	67	8.16
EBN-2	744.49	5.627	67	82.25
			TOTAL	**1531.48**

ALTERNATIVA 2 A CORTO Y MEDIANO PLAZO

En la Alternativa 2 se proyecta una tercer Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), adicional a las dos plantas existentes la PTAR Este y la PTAR Oeste. La nueva PTAR se le denominará PTAR Presidentes, por estar ubicada en la colonia Los Presidentes, y cada una de estas 3 plantas tendrá su propia zona de cobertura. Se describe a continuación cada una de las cuencas que aportan a las plantas.

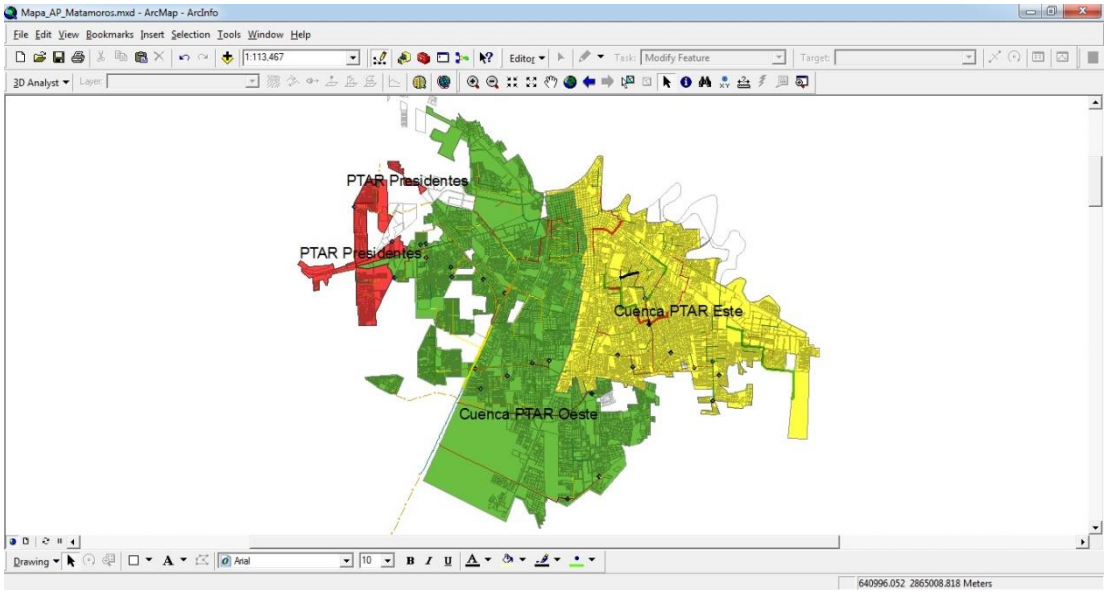


Figura 370. Cuencas de aporte para las PTAR de la Alternativa 2.

PTAR Este. Para las condiciones a corto y mediano plazo, la superficie de cuenca que drena hacia esta plata de tratamiento es de aproximadamente 4,245 hectáreas, lo que representa un 34% del área total de cobertura de drenaje sanitario para Reynosa. En esta cuenca de aporte de drenaje sanitario hacia la PTAR

Este se calcula que se estará dando servicio a una población estimada de 221,400 habitantes, correspondiente a un 46% de la población actual de la ciudad de Reynosa. El gasto medio asociado a esta población es de Q_{med} = 496 l/s, pero para el análisis hidráulico de la red de drenaje sanitario se estará utilizando el gasto máximo extraordinario Q_{Mex} = 2,097 l/s y para el diseño de las estaciones de bombeo se utilizará el gasto máximo instantáneo Q_{Mi} = 1,398 l/s.

En la Alternativa 2, la cuenca que drena hacia la PTAR Este, tiene las mismas características de tubos nuevos y tubos a reforzar que se describieron para la Alternativa 1, por lo que esa información sólo se describirá para las cuencas de la PTAR Presidentes y la de la PTAR Oeste.

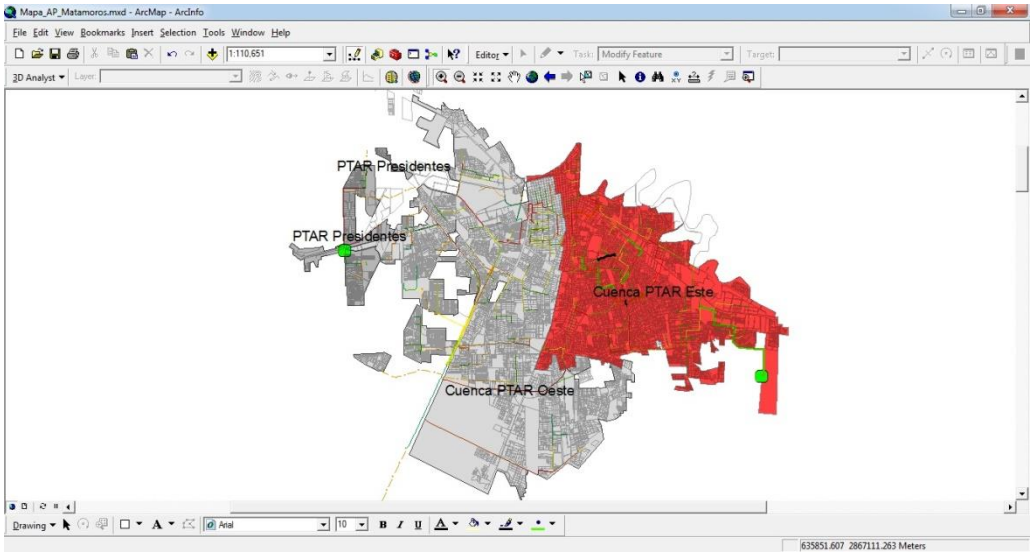


Figura 371. Cuenca de aporte para la PTAR Este, Alternativa 2.

PTAR Presidentes. Para las condiciones a corto y mediano plazo, la superficie de cuenca que drena hacia esta plata de tratamiento es de aproximadamente 676 hectáreas, lo que representa un 5.4% del área total de cobertura de drenaje sanitario para Reynosa. En esta cuenca de aporte de drenaje sanitario hacia la PTAR Presidentes, se calcula que se estará dando servicio a una población estimada de 41,806 habitantes, correspondiente a un 2.6% de la población actual de la ciudad de Reynosa. El gasto medio asociado a esta población es de Q_{med} = 36 l/s, pero para el análisis hidráulico de la red de drenaje sanitario se estará utilizando el gasto máximo extraordinario Q_{Mex} = 154 l/s y para el diseño de las estaciones de bombeo se utilizará el gasto máximo instantáneo Q_{Mi} = 103 l/s.

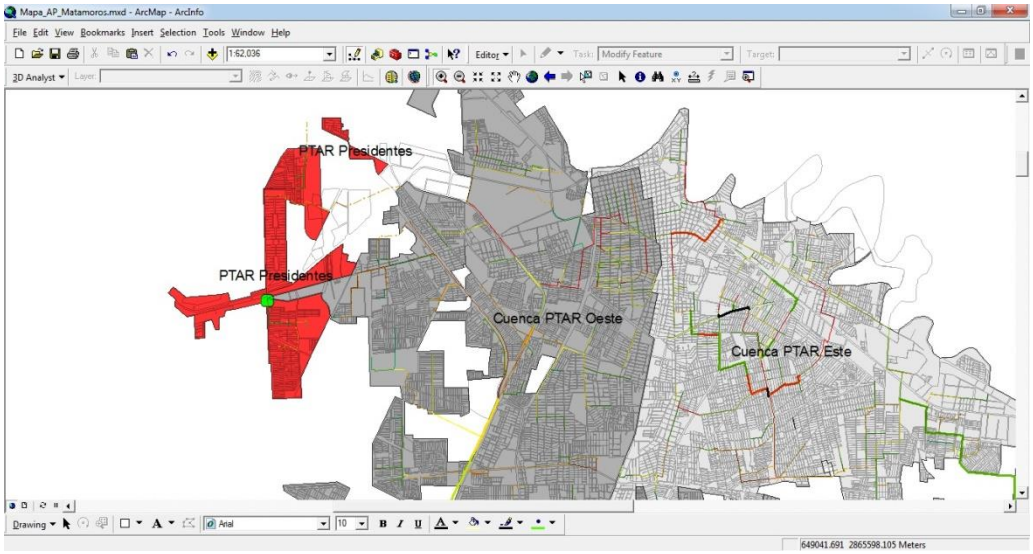


Figura 372. Cuenca de aporte para la PTAR Presidentes, Alternativa 2.

La cuenca de la PTAR Presidentes está compuesta por 6 estaciones de bombeo que tendrán que reequiparse porque en condiciones actuales están teniendo sus descargas hacia los Drenes Principal y Fidel Velázquez, pero con la propuesta de la Alternativa 2 se estarán enviando los caudales a la planta de tratamiento. Para esto es necesario construir algunos tramos nuevos que permitan tener esta mejora operativa. Dentro de estas propuestas se tienen:

1. Tubería nueva de 30 cm de diámetro, de PVC, con longitud de 1,794 m, desde fraccionamiento nuevo que se encuentra frente al parque industrial Los Palmares, por Av. Constituyentes, hacia el Oeste, bajando por el Libramiento Emilio Portes Gil, hasta llegar al cárcamo de la EB 99 Fracc Alameda.
2. La EB 99 Fracc. Alameda se tendrá que reequipar para enviar ahora los caudales sanitarios hacia la Estación de Bombeo EB 58 Fracc. Fidel Velázquez, la cual también tiene que reequiparse pues ahora tiene que bombear directamente a la PTAR Presidentes a través de una línea de conducción con una longitud de 2,326 m.
3. La EB 86 Los Nogales actualmente bombea hacia el Dren Fidel Velázquez, y en la Alternativa 2 tendrá que bombear a través de una línea de conducción de 2,103 m hasta la PTAR Presidentes.

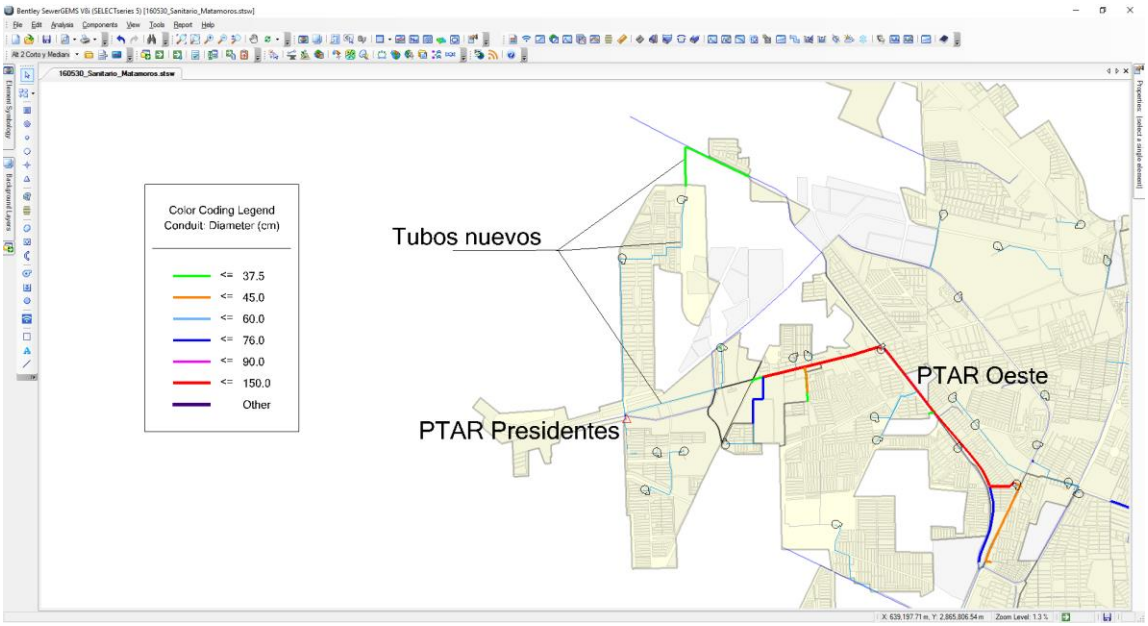


Figura 373. Mejoras operativas en Cuenca de PTAR Presidentes.

Los tramos de tubería de la cuenca de la PTAR Presidentes, en los que se proponen refuerzos para la Alternativa 3 a Corto y Mediano Plazo con el incremento de los diámetros existentes son:

1. Por la calle Luis E. Rendón, entre las calles Miguel Treviño y Juan B. García, reemplazar 424 m de tubería que actualmente son de 20 cm de diámetro, por tubo de 30 cm de PVC.

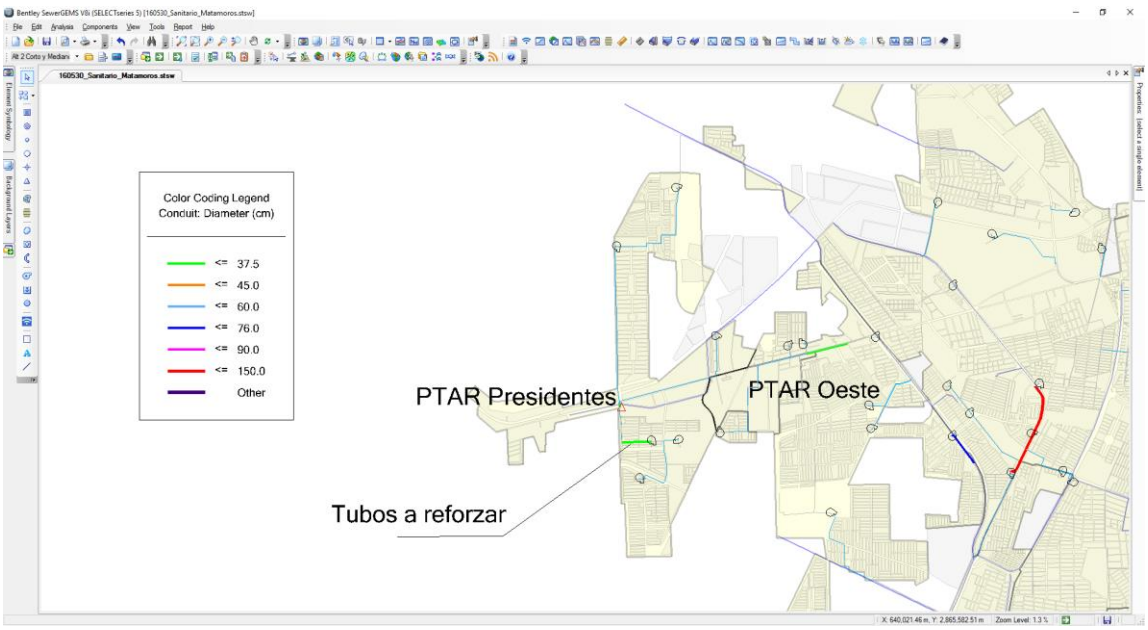


Figura 374. Tubos a reforzar en Cuenca de PTAR Presidentes.

PTAR Oeste. Para el análisis de las condiciones a corto y mediano plazo, la superficie de cuenca que drena hacia esta plata de tratamiento es de aproximadamente 7,574 hectáreas, lo que representa un 60.6% del área total de cobertura de drenaje sanitario para Reynosa. En esta cuenca de aporte de drenaje sanitario

hacia la PTAR Oeste se calcula que se estará sirviendo a una población estimada de 245,908 habitantes, correspondiente a un 51.2% de la población actual de la ciudad de Reynosa. El gasto medio asociado a esta población es de Q_{med} = 591 l/s, pero para el análisis hidráulico de la red de drenaje sanitario se estará utilizando el gasto máximo extraordinario Q_{Mex} = 2,500 l/s y para el diseño de las estaciones de bombeo se utilizará el gasto máximo instantáneo Q_{Mi} = 1,667 l/s.

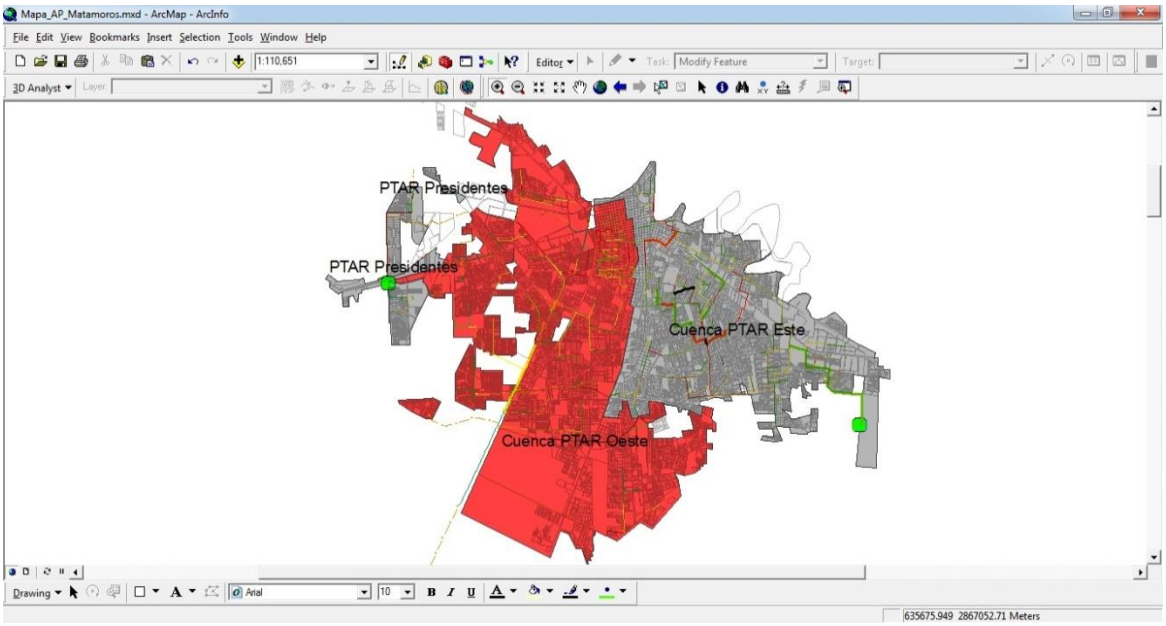


Figura 375. Cuenca de aporte para la PTAR Presidentes, Alternativa 2.

La red existente de colectores de drenaje sanitario de la cuenca PTAR Oeste tiene que complementarse con tuberías nuevas que estarán captando todas esas aportaciones que en la actualidad vierten hacia los drenes, así como el refuerzo de aquellos tramos que actualmente están fluyendo a presión o en porcentajes cercanos a la capacidad máxima. Los tubos nuevos que se proponen para la mejora operativa de la red de drenaje son:

2. La Estación de Bombeo Nueva EBN 1 se propone en la esquina de la Carretera Nacional No. 8 al cruce con la Av. Miguel Hidalgo y Costilla. Esta Estación EBN 1 recibe los efluentes de un colector nuevo proveniente desde el cruce de la Carretera Estatal No. 8 con la calle No. 9, con una longitud de 1,966 m, de los cuales:
    - Comienza con un tramo de tubería de 30 cm de diámetro en calle 9, con longitud de 184 m, para llegar al crucero de la calle Vamos Tamaulipas. A partir de este punto y por la misma Carretera Estatal No. 8, el tubo continúa por los siguientes 1,762 m con diámetro de 91 cm, en PVC hasta llegar a la Estación de Bombeo Nueva EBN 1. Esta línea tiene varias conexiones:
        - En el crucero de la Carretera Estatal No. 8 y la calle Vamos Tamaulipas, se conecta una línea de 75 cm de diámetro y 803 m.
        - En el cruce con la calle Brisas del Valle, recibe la conexión de tubo nuevo de 41 cm de diámetro proveniente del punto donde ahora se ubica la EB 78 – Brisas del Valle que se dejará fuera de operación en la Alternativa 2.

- La EB 91 El Caracol en condiciones actuales bombea al Dren Principal, pero se propone conectarse con Colector Nuevo de 91 cm de diámetro que va por Carretera Estatal No. 8 rumbo a la EBN 1.

- La EBN 1 bombea a Colector Nuevo de 91 cm de diámetro ubicado por la margen izquierda del Dren Principal por 1,802 m hasta llegar a calle Ceuta, donde se tiene caja rompedora que recibe el bombeo de la EB 56 Nuevo Milenio (actualmente bombeando a Dren Principal y cambia de diámetro a 107 cm y se continúa con este diámetro hasta la EB 32 Valle Real, entrando por calle Valle de Mónica y luego por Valle de Ángela.
- La EB 53 Las Brisas y la EB 83 Rinconada de Las Brisas que actualmente descargan al Dren Principal, ahora se conectan con caja rompedora en margen izquierda al cruce con Circuito interior.
- Tubo nuevo de 61 cm proveniente de margen izquierda del Dren Principal con longitud de 1,120 m partiendo desde la zona de confluencia del Dren Principal con Dren 32 Izquierdo hacia el norte, hasta conectarse con tubo de 107 cm de diámetro en calle Valle de Mónica, para continuar a EB 32 Valle Real.
- De las colonias Santa Anita y Villa Las Flores, se propone un colector de 45 cm de diámetro que comienza en la calle 12 de Marzo esquina con Del Puente, y corre de Sur a Norte, paralelo al Dren 32 Izquierdo, y va recolectando las descargas que actualmente llegan a dicho Dren, hasta llegar a calle Viejo San Juan, donde cruza hacia la EB 32 Valle Real. La longitud de este colector nuevo es de 1,400 m.
- Tubo nuevo de 886 m de longitud en PVC de 60 cm de diámetro, que se propone para conectar con tubería de 60 cm existente que actualmente descarga en el Dren Papantla en calle Gral. Carlos Salazar y Mexicali. Este tubo nuevo corre por margen derecha del Dren Papantla y se conecta con tubo existente de 60 cm de diámetro en calle Paseo Naranjo y Mexicali.
- EB 20 Terrenos Expo Fiesta sale de operación, y se propone sistema a gravedad con tuberías de PVC de 60 cm de diámetro, con longitud de 1,647 m que colectan las aguas servidas y las llevan a estación existente EB 17 Rodríguez, que tendrá que ser reequipada, pues actualmente bombea hacia Dren Principal y en esta Alternativa se propone que descargue en caja rompedora del Emisor Oeste, de 140 cm de diámetro en cruce de las calles 12 de Marzo con Ing. Marte R. Gómez.
- EB 15 Expo Oriente, que actualmente bombea a caja rompedora de la cuenca de la PTAR Este, se propone que envíe ahora sus aguas a colector nuevo de 60 cm de diámetro, ubicado en el cruce del Libramiento Lic. Emilio Portes Gil con 10 de agosto.
- En este crucero anterior, se propone un colector nuevo que evite que la tubería existente de 45 cm de diámetro vierta sus aguas en el Dren Emilio Portes Gil. Este colector nuevo, tendrá una longitud de 2,096 m, a lo largo del libramiento Emilio portes Gil, rumbo al Oeste, hasta la estación EB 21 La India.
- La EB 21 La India tendrá que ser reequipada, pues actualmente bombea hacia Dren Principal por la calle Francisco Rincón Peña, y se propone cambiar el trazo de impulsión hacia caja rompedora nueva ubicada en cruce del Libramiento Emilio Portes Gil con Sierra Madre Oriental.

- En este crucero comienza un colector nuevo de PVC de 91 cm de diámetro, con una longitud de 1,943 m hasta conectarse con Emisor Oeste existente de 150 cm de diámetro.
- La estación EB X20 18 de Octubre actualmente bombea al Dren 20 de Noviembre, y se propone que para condiciones futuras, desde Corto y Mediano Plazo, esta estación de bombeo ahora vierta hacia caja rompedora de presión que da inicio a colector nuevo de PVC de 60 cm de diámetro, tiene una longitud de 1,274 m, paralelo al dren 20 de Noviembre hasta llegar a Estación de Bombeo Nueva, llamada EB X1, ubicada entre Mar Muerto y Mar de Cortés, en la Colonia Las Bermudas.
- La Estación EB X1 bombea las aguas servidas hasta caja rompedora nueva ubicada sobre margen derecha del Dren Las Vacas, en los cruces de las calles Eduardo Chávez y 5 de febrero, en la Colonia Servando Canales. La línea de impulsión tendrá una longitud aproximada de 951 m
- A partir de esta caja rompedora, se da inicio a colector nuevo que corre por la margen derecha del Dren Las Vacas, en diámetro de 91 cm por una longitud aproximada de 4,612 m hasta conectarse con el Emisor Oeste, de 150 cm de diámetro.

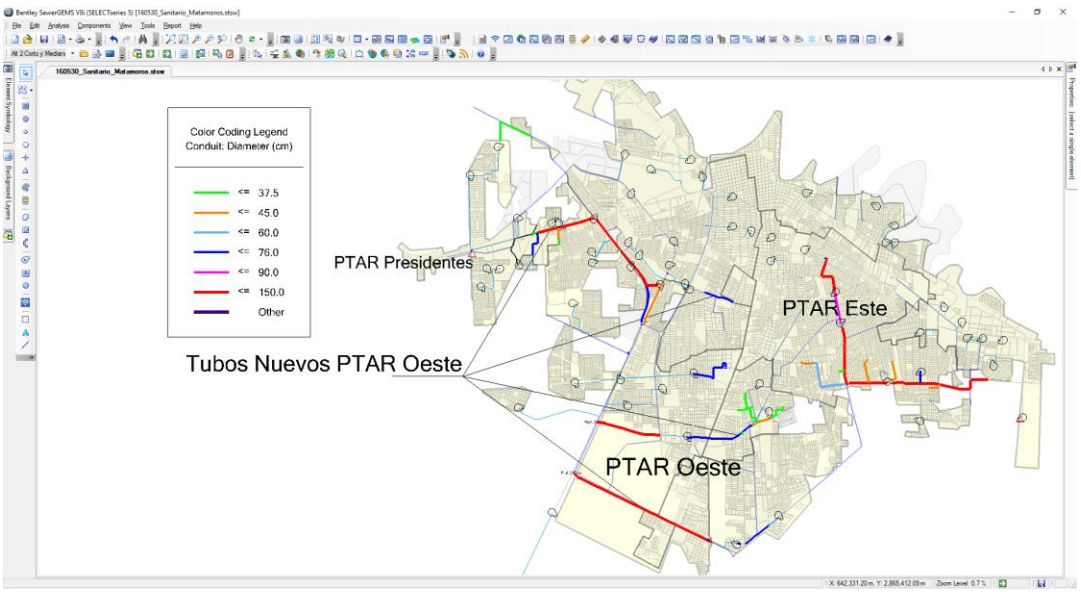


Figura 376. Mejora Operativa de Alternativa 2, Zona de la PTAR Oeste.

Los tramos de tubería de la cuenca de la PTAR Oeste, en los que se proponen refuerzos para la Alternativa 2 a Corto y Mediano Plazo con el incremento de los diámetros existentes son:

3. Tramo de 602 m, por la Carretera Estatal No. 8, entre las calles Dos Norte y Siglo XXI, la tubería original es de 25 cm de diámetro, se propone cambiarla a PVC de 37.5 cm.
4. Tubería de 45 cm de diámetro, por Av. 12 de Marzo, desde su cruce con la calle Villareal, hasta llegar a la EB 56 Nuevo Milenio, cambiar los 543 m por tubería de PVC de 60 cm de diámetro.
5. Desde la caja rompedora que recibe las aportaciones de la EB 9 Las Águilas, hasta la Estación de Bombeo EB 32 se tienen 1,400 m de tubería de 91 cm de diámetro, que se propone reforzar por tubería de PVC de 122 cm.

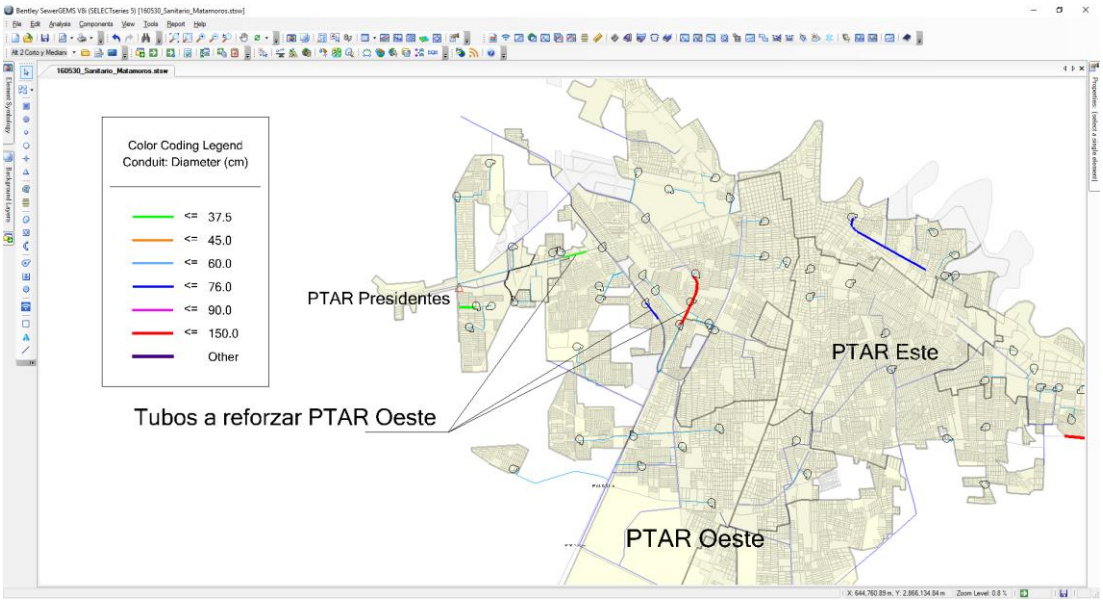


Figura 377. Tubos a Reforzar de Alternativa 2, Zona de la PTAR Oeste.

Con estos cambios de diámetro y las adiciones de tubería como mejora operativa, el sistema de drenaje sanitario que fluye hacia la PTAR Oeste ahora tiene un mapa de capacidades como el que se muestra en la figura siguiente, donde puede observarse que el Emisor a la PTAR Oeste se encuentra funcionando al límite bajo las condiciones de gasto máximo extraordinario.

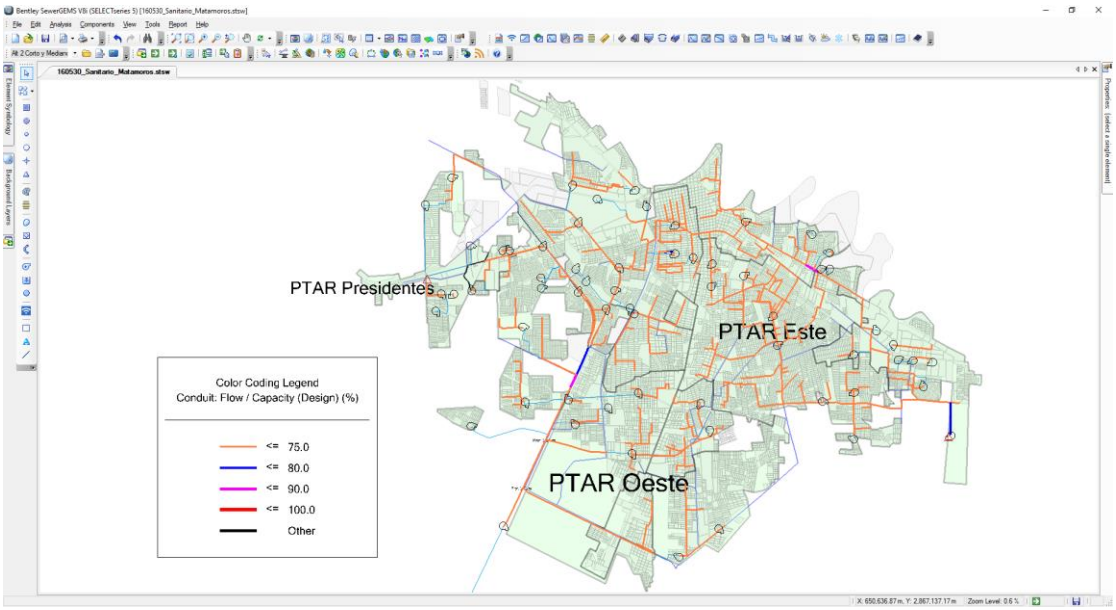


Figura 378. Capacidades de tuberías en Alternativa 2, Zona de la PTAR Oeste.

La longitud de red de la cuenca de la PTAR Oeste es de 101,079 metros de tubería. Con las propuestas de la Alternativa 2, el 98.4% de las tuberías se encuentran con capacidades menores al 75%, lo que les deja espacio para poder transitar las condiciones a largo plazo. Ninguno de los tramos del sector se encuentra bajo presión.

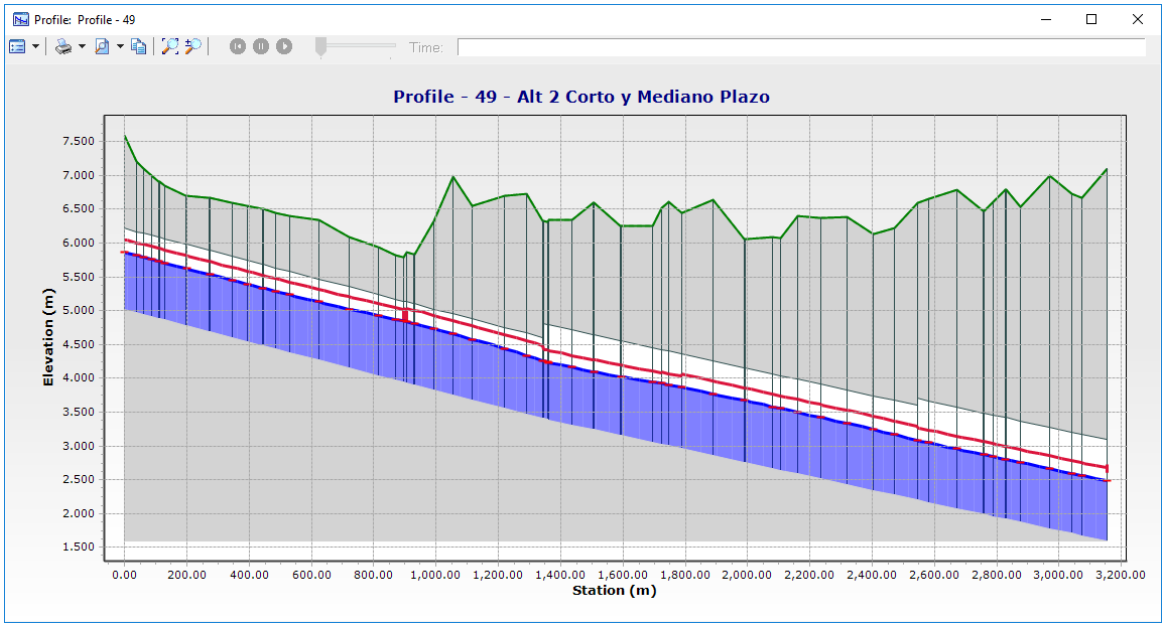


Figura 379. Perfil de tramo hacia la PTAR Oeste. Alternativa 2 a Corto y Mediano Plazo.

El tramo mostrado en el perfil, corresponde con el tramo inicial del Emisor Oeste, que tiene diámetros de 122 cm, 140 cm y 150 cm, como puede apreciarse en el gráfico los cambios de diámetro de la tubería.

Tabla 241. Estaciones de Bombeo de todo el sistema, Alternativa 2 a Corto y Mediano Plazo.

Bomba	Gasto (L/s)	Carga (m)	Eficiencia (%)	Potencia Bomba (HP)
EB X1	24.81	5.665	67	2.76
EB-1-38	196.57	9.13	67	35.24
EB-2	40.78	5.655	67	4.53
EB-3	158.57	4.535	67	14.12
EB-4	59.23	5.714	67	6.65
EB-5	136.68	8.735	67	23.44
EB-6	12.7	6.66	67	1.66
EB-7	102.52	4.462	67	8.98
EB-8	75.89	6.802	67	10.14
EB-9	582.37	5.17	67	59.12
EB-10	172.74	6.549	67	22.21
EB-11	558.66	6.726	67	73.78
EB-13	25.46	7.443	67	3.72
EB-14	27.12	1.99	67	1.06
EB-15	26.59	5.565	67	2.91
EB-16	68.95	6.56	67	8.88
EB-17	28.83	2.461	67	1.39
EB-18	45.16	5.717	67	5.07
EB-19	31.37	5.98	67	3.68

Bomba	Gasto (L/s)	Carga (m)	Eficiencia (%)	Potencia Bomba (HP)
EB-21	170.55	6.454	67	21.61
EB-23	34.31	5.737	67	3.87
EB-32	1,089.74	11.622	67	248.68
EB-33	16.61	5.062	67	1.65
EB-36	15.71	5.18	67	1.6
EB-39	7.3	5.684	67	0.81
EB-40	353.53	4.665	67	32.38
EB-42	1,398.21	13.07	67	358.82
EB-43	66.56	2.672	67	3.49
EB-44	11.05	6.251	67	1.36
EB-45	4.87	3.43	67	0.33
EB-49	12.47	0.288	67	0.07
EB-50	42.31	4.533	67	3.77
EB-52	11.36	7.27	67	1.62
EB-53	62.97	5.616	67	6.94
EB-54	61.15	4.511	67	5.42
EB-56	44.95	2.944	67	2.6
EB-57	84.7	3.234	67	5.38
EB-58	39.96	6.74	67	5.29
EB-62	77.81	4.82	67	7.36
EB-63	14.71	3.258	67	0.94
EB-71	12.14	4.142	67	0.99
EB-72	4.93	2.856	67	0.28
EB-73	9.53	4.573	67	0.86
EB-75	19.17	2.708	67	1.02
EB-76	17.69	3.101	67	1.08
EB-77	21.05	7.776	67	3.21
EB-81	3.99	1.476	67	0.12
EB-83	67.61	4.512	67	5.99
EB-84	33.21	3.185	67	2.08
EB-86	3.6	3.057	67	0.22
EB-87	55.48	4.806	67	5.23
EB-88	2.7	4.848	67	0.26
EB-89	10.19	3.17	67	0.63
EB-90	93	5.012	67	9.15
EB-91	8.69	5.276	67	0.9
EB-96	0.1	2.9	67	0.01
EB-99	38.05	2.825	67	2.11
EB-PTAR	1,666.65	12.304	67	402.65
EB-VL	2.74	5.211	67	0.28
EB-X20	6.48	4.026	67	0.51

Bomba	Gasto (L/s)	Carga (m)	Eficiencia (%)	Potencia Bomba (HP)
EBN-1	110.1	3.775	67	8.16
EBN-2	744.49	5.627	67	82.25
			TOTAL	**1531.32**

ALTERNATIVA 2 A LARGO PLAZO

En la Alternativa 2 a largo plazo se tienen incrementos en la población y por consiguiente en los gastos de diseño. Las áreas de aportación de cada una de las PTAR tienen índices de crecimiento diferente, por lo que los incrementos en la población servida y los gastos de diseño van a incrementarse con diferente factor.

Las extensiones territoriales siguen siendo las mismas. Lo que se analizará en cada una de las cuencas de aportación serán sus respectivos incrementos en la población servida.

CUENCA DE LA PTAR ESTE, A LARGO PLAZO.

El incremento en la población servida para esta cuenca de aportación al año 2034, es del 13.3%, así que la población pasó de los 221,381 habitantes a 250,737 pobladores a Largo Plazo. Esta población equivale a un 42.45% de la población estimada al año 2034.

Los refuerzos necesarios en la red, para las condiciones a largo plazo se reducen a un solo tramo, de 233 m de tubería por la calle Pedro Garza Saldaña, entre Benjamín Birou y Francisco Bravo Cortés. Los tubos actualmente son de 30 cm de diámetro, se propone cambiarlos a 38 cm.

CUENCA DE LA PTAR OESTE, A LARGO PLAZO.

Para el año 2034, se estima que el incremento poblacional en esta cuenca, será del 20.8%, para pasar de los 245,908 habitantes en la actualidad a 297,055 habitantes en el horizonte de proyecto. La población a largo plazo equivale al 50.3% de la población de Reynosa.

Para mantener un nivel operativo de calidad a largo plazo, se determinó que los refuerzos realizados en el Corto y Mediano Plazo, fueron suficientes para el análisis en condiciones a Largo Plazo.

CUENCA DE LA PTAR PRESIDENTES, A LARGO PLAZO.

La cuenca de aportación a la PTAR Presidentes es la que mayor crecimiento estará teniendo, ya que esta zona es la que cuenta con las tasas más altas al ser una zona de franco crecimiento en infraestructura de vivienda. La población actual estimada es de 12,553 habitantes, y para el año 2034 se estima que los pobladores estarán llegando a una cantidad de 41,806. Esto equivale a un incremento del 233% de la población actual. La población al 2034 será el equivalente al 7.1% dela población de la ciudad.

Los refuerzos necesarios en la red, para las condiciones a largo plazo serán:

1. Tubo que actualmente tiene 20 cm de diámetro por la calle Miguel Treviño entre las calles de Mariano García y Luis E. Rendón, con longitud de 344 m, se tiene que cambiar por tubo de 30 cm de diámetro.
2. Tubo que va por la calle Luis E. Rendón, desde la calle Miguel Treviño hasta el cárcamo de la EB 57 Presidentes, cambiarlo por tubería de 45 cm de diámetro. Longitud de 424 m.

Con estos refuerzos de tubería en la red, las condiciones de gasto a largo plazo lucen como se muestra en la figura siguiente.

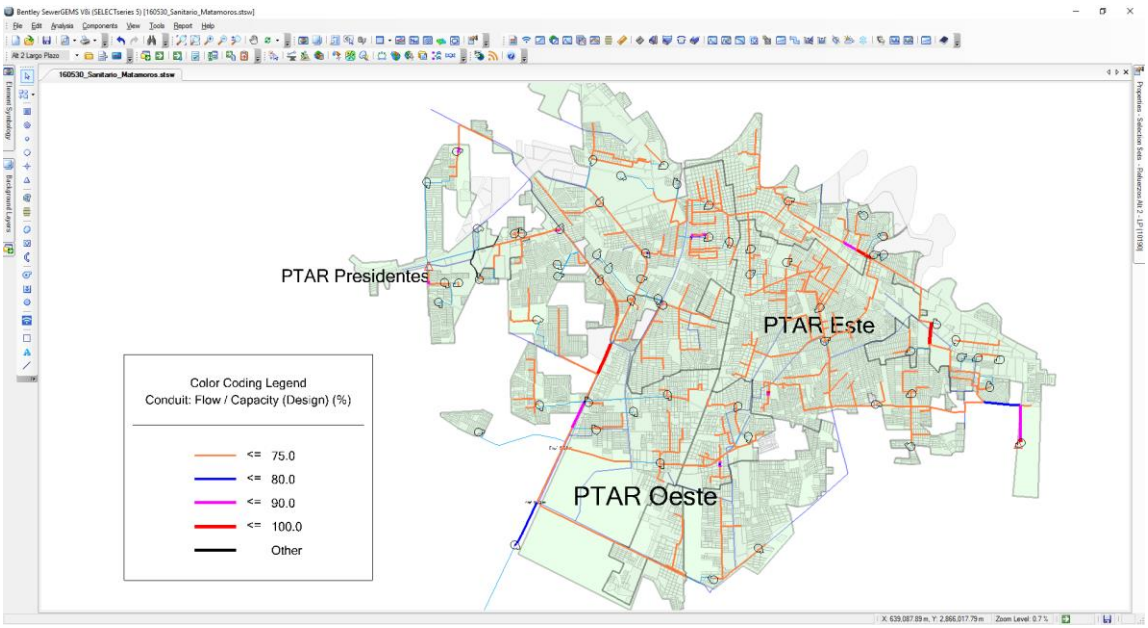


Figura 380. Capacidades de tuberías en Alternativa 2 a Largo Plazo.

En la Alternativa 2 no hubo necesidad de reforzar el Emisor Oeste, ya que la PTAR Presidentes ayudó a que los gastos no se incrementaran hacia la PTAR Oeste. La alternativa 2 tiene una longitud total de red analizada de 186.3 kilómetros. La longitud de red que fluye a un máximo del 75% es de 178.1 km, lo que equivale al 95.6% de la red. Ningún tramo de tubería va presurizado.

El perfil sobre el Emisor Oriente se muestra enseguida.

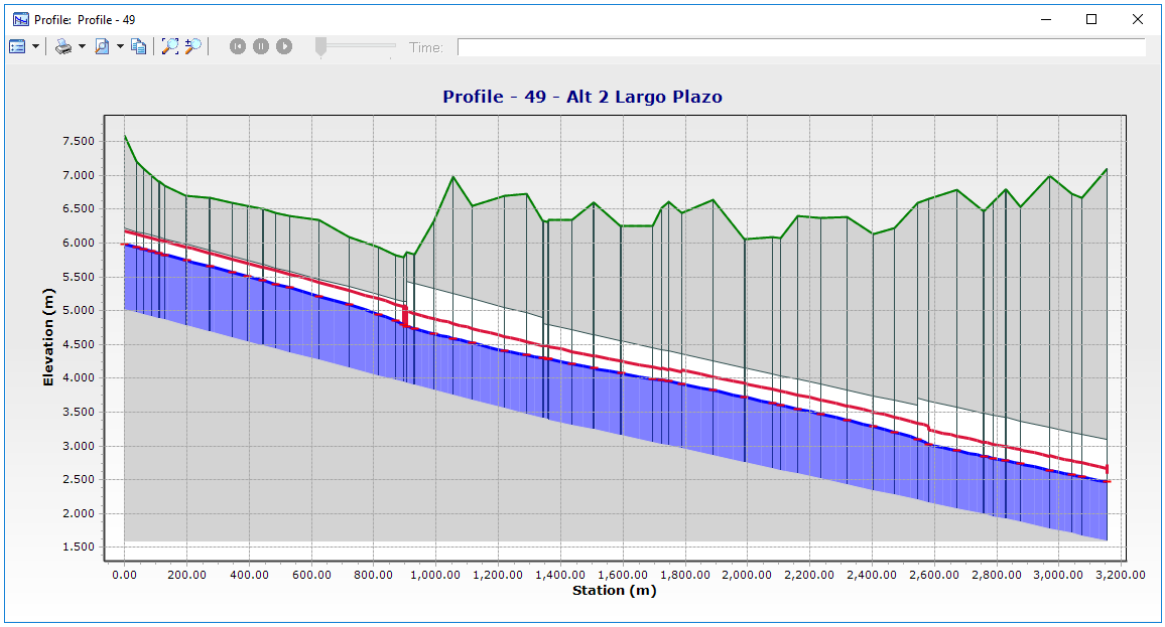


Figura 381. Perfil de tramo hacia la PTAR Oeste. Alternativa 2 a Largo Plazo.

Tabla 242. Estaciones de Bombeo de todo el sistema, Alternativa 2 a Largo Plazo

Bomba	Gasto (L/s)	Carga (m)	Eficiencia (%)	Potencia Bomba (HP)
EB X1	57.06	7.374	67	8.26
EB-1-38	214.78	9.134	67	38.52
EB-2	45.75	5.908	67	5.31
EB-3	177.92	4.553	67	15.91
EB-4	67.98	5.727	67	7.65
EB-5	156.9	8.83	67	27.2
EB-6	14.08	6.687	67	1.85
EB-7	117.67	4.681	67	10.82
EB-8	86.4	6.809	67	11.55
EB-9	654.72	5.184	67	66.64
EB-10	198.92	6.571	67	25.67
EB-11	626.51	6.75	67	83.04
EB-13	25.46	7.443	67	3.72
EB-14	10.11	0.236	67	0.05
EB-15	14.3	4.662	67	1.31
EB-16	77.05	6.984	67	10.57
EB-17	40.15	2.745	67	2.16
EB-18	51.07	5.719	67	5.73
EB-19	33.04	6.083	67	3.95
EB-21	202.49	6.846	67	27.22
EB-23	39.23	6.367	67	4.9
EB-32	1,271.26	12.752	67	318.31
EB-33	19.37	5.081	67	1.93
EB-36	18.63	5.365	67	1.96
EB-39	7.58	5.686	67	0.85
EB-40	353.53	4.665	67	32.38
EB-42	1,616.26	13.179	67	418.25

Bomba	Gasto (L/s)	Carga (m)	Eficiencia (%)	Potencia Bomba (HP)
EB-43	66.56	2.672	67	3.49
EB-44	33.17	16.89	67	11
EB-45	6.62	3.489	67	0.45
EB-49	14.08	0.411	67	0.11
EB-50	46.68	4.598	67	4.21
EB-52	11.36	7.27	67	1.62
EB-53	5.59	3.489	67	0.38
EB-54	42.69	3.662	67	3.07
EB-56	53.29	2.959	67	3.1
EB-57	264.64	10.68	67	55.5
EB-58	108.9	9.991	67	21.36
EB-62	34.82	4.345	67	2.97
EB-63	5.25	3.255	67	0.34
EB-71	7.58	4.09	67	0.61
EB-72	6.43	2.985	67	0.38
EB-73	24.91	4.663	67	2.28
EB-75	20.79	2.716	67	1.11
EB-76	22.01	3.12	67	1.35
EB-77	21.06	7.778	67	3.22
EB-81	4.11	1.477	67	0.12
EB-83	69.84	4.69	67	6.43
EB-84	62.91	5.064	67	6.26
EB-86	12.54	1.536	67	0.38
EB-87	66.22	4.843	67	6.3
EB-88	3.69	4.852	67	0.35
EB-89	10.19	3.17	67	0.63
EB-90	111	5.246	67	11.43
EB-91	9.31	5.277	67	0.96
EB-96	5.92	3.547	67	0.41
EB-99	103.92	5.016	67	10.23
EB-PTAR	2,007.33	13.807	67	544.19
EB-VL	2.74	5.211	67	0.28
EB-X20	3.31	4.025	67	0.26
EBN-1	152.99	3.813	67	11.46
EBN-2	843.88	5.764	67	95.5
			TOTAL	**1947.45**

Para un mejor entendimiento de los resultados de la modelación en las siguientes figuras y tablas se presenta las obras que se requieren para que el sistema funcione bajo las premisas que se establecieron al inicio de la modelación, las cuales fueron: desincorporar de las EBARs principales que envían el agua residual a la PTAR #1, una cantidad importante de agua, con el fin de conducirlos a otras plantas de tratamiento existentes (PTAR #2) o de proyecto (PTAR #3), debido a que la cuenca de la PTAR #1 es muy grande y se genera en ella más agua de la que puede tratar, provocando contaminación a los cuerpos receptores; reforzar los tramos de colectores cuya capacidad ha sido rebasada y están trabajando a presión y por último disminuir el número de los cárcamos de bombeo con el fin de simplificar la operación y abatir los costos energéticos.

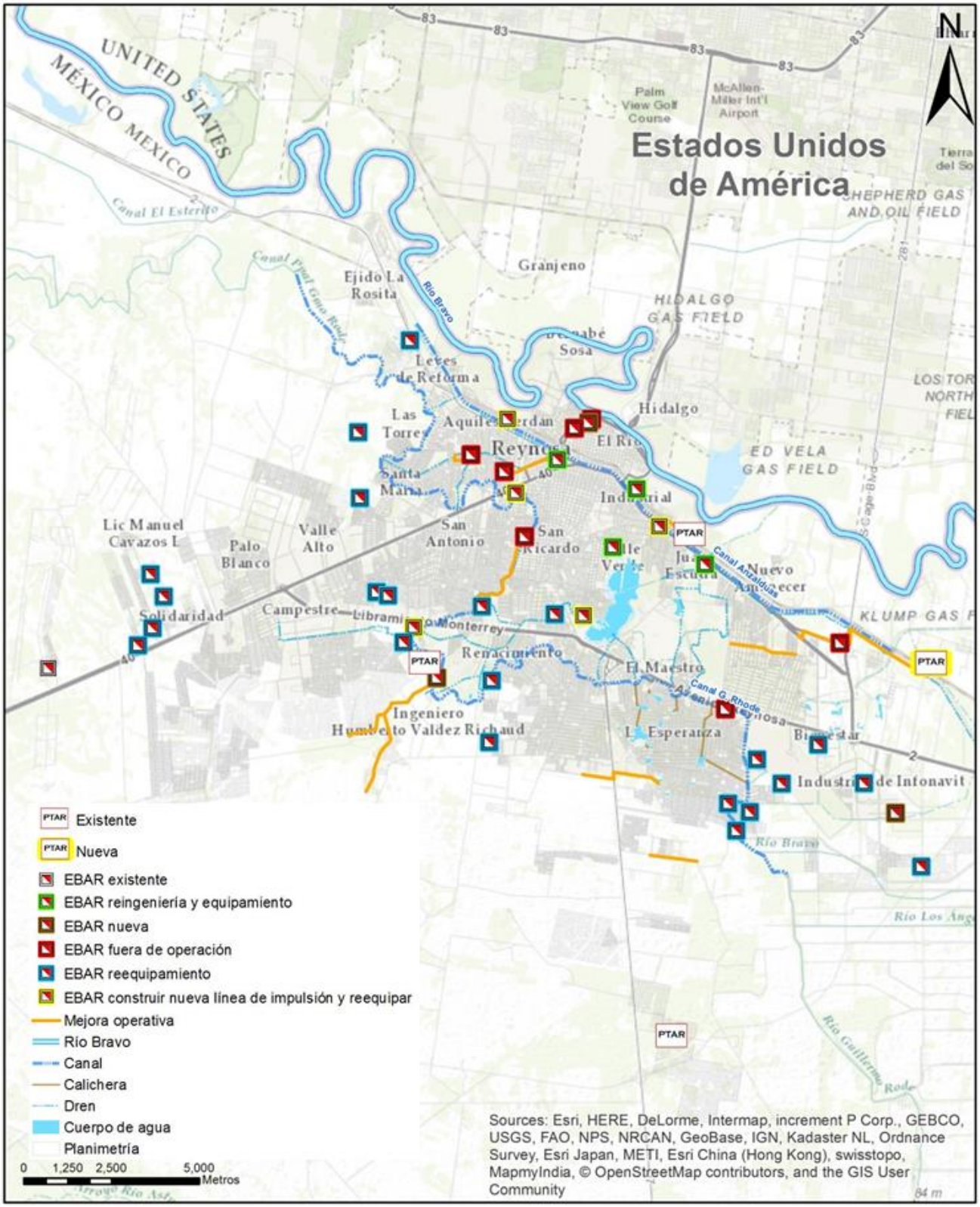


Figura 382. Obras de mejora operativa en el sistema de Alcantarillado de la Alternativa No. 1 (CM-P)

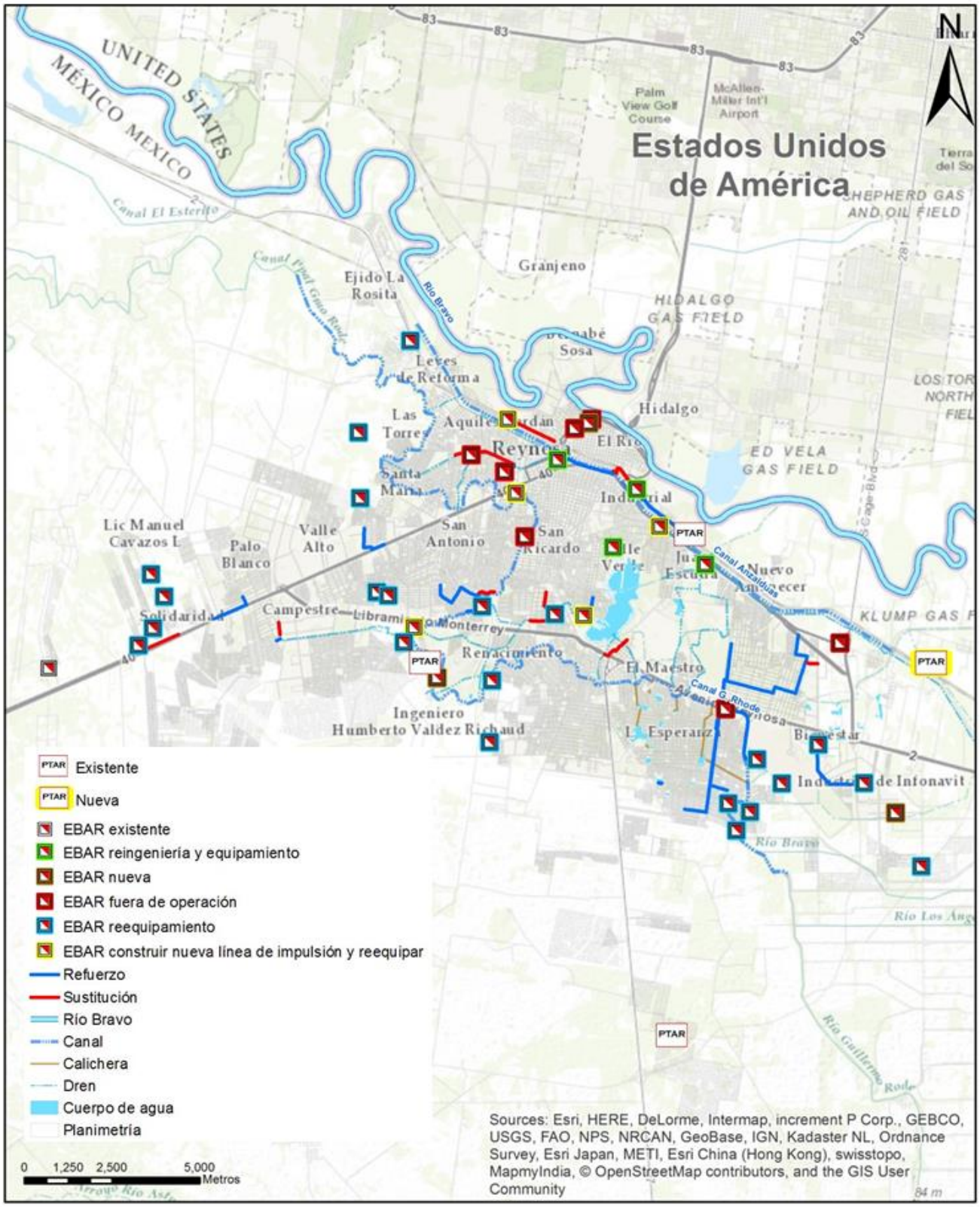


Figura 383. Reforzamiento de conductos en la Alternativa No. 1 (CM-P)

En la siguiente tabla se presenta un resumen de las obras resultantes de la modelación hidráulica efectuada en el software SEWERGEMS y en el Anexo 21 se presenta el desglose de cada obra y en Anexo 16 se presenta los archivos de los planos de los resultados de la modelación en formato shapefile.

Tabla 243. Obras de cabeza de alcantarillado del modelo de simulación de la Alternativa No. 1 (CM – P)

Tipo	Unidad	Corto y Mediano Plazo
		Alternativa 1
Tuberías	**m**	**62,830**
Mejora Operativa a tubos a gravedad	**m**	**23,218**
Red de Atarjeas (20 a 25 cm)	m	25
Subcolectores (30 a 38 cm)	m	4,257
Colectores (45 a 152cm)	m	18,936
Sustitución y refuerzos a tubos a gravedad	**m**	**32,370**
Red de Atarjeas (20 a 25 cm)	m	547
Subcolectores (30 a 38 cm)	m	5,180
Colectores (45 a 152cm)	m	26,644
Mejora Operativa y refuerzos a tubos de presión (3 a 48'')	**m**	**7,241**
Estructuras		
Nuevas Plantas de Tratamiento	PTAR	1
	L/s	410
Ampliaciones Plantas de Tratamiento	PTAR	0
	L/s	0
Reingeniería y Reequipamiento	EBAR	31
	hp	1,248
Nuevas EBAR's	EBAR	4
	hp	228
Fuera de Operación	**EBAR**	**8**

Por último se presentan los resultados de la capacidad de los equipos de bombeo (hp) calculadas con el modelo de simulación para las condiciones de la Alternativa No. 1 a corto y mediano plazo de cada estación de bombeo, así como la determinación de la potencia comercial de los equipos que se requieren para bombear tanto el gasto medio como el gasto máximo instantáneo (con la suma del equipo 1 y 2) para cada estación de bombeo, partiendo de la suposición de que los equipos que se suministraran deben tener eficiencias electromecánica superiores al 65%.

Además se presenta el cálculo del consumo en kWh a partir de la suposición de que el equipo 1 calculado para bombear el gasto medio con infiltración opera 22 horas al día y el equipo 2 opera solo 8 horas al día, que es el tiempo aproximado en el que se presenta el gasto máximo instantáneo, por lo que en ese lapso de tiempo operan los dos equipos de bombeo, y por último se presenta el costo al año de energía eléctrica de las EBARs para la Alternativa No. 1 según el modelo de simulación.

Tabla 244. Selección de equipos de bombeo para las EBARs en la Alternativa No. 1 (CM – P)

No.	ID	Nombre	Equipo 1 (Gasto Medio con Infiltraciones)						Equipo 2 (Gasto Máximo Instantáneo)				
			Datos (SewerGEMS)		Selección de Equipo				Datos (Sewer GEMS)	Selección de Equipo			
			Gasto Med. Con Infilt. (L/s)	CDT (m)	No. Eq.	Gasto (L/s)	Equipo 1 (hp)	Efi.	Gasto Máx. Inst. (L/s)	No. Eq.	Gasto (L/s)	Equipo 2 (hp)	Efi.
1	EBAR # 1	Col. Industrial	411.9	8.88	1	70	10	73%	893.8	1	120	20	70%
					2	120	20	70%		2	120	20	70%
					3	120	20	70%		3	120	20	70%
					4	120	20	70%		4	120	20	70%
2	EBAR # 278	Zona Centro	76.2	6.69	1	80	10	67%	165.3	1	90	15	63%
3	EBAR # 3	Col. Longoria	239.4	7.82	1	230	30	70%	519.6	1	290	40	65%
4	EBAR # 4	Col. Leal Puente	188.7	8.68	1	190	30	70%	409.4	1	115	20	70%
					2	----	----	----		2	115	20	70%
5	EBAR # 5	Col. Hidalgo	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
6	EBAR # 6	Col. Módulo 2000	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
7	EBAR # 7	Zona Centro	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
8	EBAR # 8	Zona Centro	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
9	EBAR # 9	Parque Ind. Reynosa	47.6	7.78	1	54	7.5	73%	103.2	1	54	7.5	73%
10	EBAR # 10	Col. Ernesto Zedillo	358.1	12.66	1	120	25	73%	777.1	1	140	30	69%
					2	120	25	73%		2	140	30	69%
					3	120	25	73%		3	140	30	69%
11	EBAR # 11	Col. Las Torres	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
12	EBAR # 12	Col. Del Bosque Sur	5.1	3.30	1	9	1	68%	11.0	1	9	1	68%
13	EBAR # 13	Col. Las Delicias	35.2	5.71	1	42	5	67%	76.5	1	42	5	67%
14	EBAR # 14	Villas de IMAQ	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
15	EBAR # 15	Col. Módulo 2000 Rancho Grande	8.6	5.43	1	11.5	2	68%	18.7	1	11.5	2	68%
16	EBAR # 16	Col. Roma	105.6	8.81	1	123	20	70%	229.1	1	123	20	70%
17	EBAR # 17	Fracc. La Cima	2.5	15.62	1	4.5	3	68%	5.5	1	4.5	3	68%
18	EBAR # 18	Parque Industrial Colonial	9.5	8.67	1	14	2	68%	20.5	1	14	2	68%
19	EBAR # 20	Los Muros I	5.3	12.87	1	8	3	68%	11.6	1	8	3	68%
20	EBAR # 21	Los Muros II	3.8	7.97	1	7.6	1	68%	8.3	1	7.6	1	68%
21	EBAR # 22	Puertas del Sol	331.5	15.90	1	110	25	68%	719.4	1	130	30	73%
					2	110	25	68%		2	130	30	73%
					3	110	25	68%		3	130	30	73%
22	EBAR # 23	Riberas del Carmen	18.6	11.79	1	24.	5	69%	40.4	1	24	5	69%
23	EBAR # 24	Los Fresnos	32.4	15.66	1	35	10	65%	70.4	1	35	10	65%

No.	ID	Nombre	Equipo 1 (Gasto Medio con Infiltraciones)						Equipo 2 (Gasto Máximo Instantáneo)				
			Datos (SewerGEMS)		Selección de Equipo				Datos (Sewer GEMS)	Selección de Equipo			
			Gasto Med. Con Infilt. (L/s)	CDT (m)	No. Eq.	Gasto (L/s)	Equipo 1 (hp)	Efi.	Gasto Máx. Inst. (L/s)	No. Eq.	Gasto (L/s)	Equipo 2 (hp)	Efi.
24	EBAR # 25	Vista Hermosa	26.7	17.77	1	32	15	60%	57.8	1	32	15	60%
25	EBAR # 26	Loma Real	14.7	11.53	1	20	5	68%	32.0	1	20	5	68%
26	EBAR # 27	El Anhelo	19.1	6.71	1	20	5	68%	41.4	1	32	5.	65%
27	EBAR # 28	Parque Ind. Colonial	1.1	2.89	1	6	0.5	68%	2.3	1	6	0.5	68%
28	EBAR # 29	El Campanario	2.5	8.27	1	6	2	68%	5.4	1	6	2	68%
29	EBAR # 30	Las Fuentes S/Lomas	486.2	21.86	1	160	60	72%	1,055.0	1	400	150	75%
					2	160	60	72%		1	100	40	70%
					3	160	60	72%		1	100	40	70%
30	EBAR # 31	Los Almendros II	14.9	6.47	1	17	3	68%	32.3	1	17	3	68%
31	EBAR # 32	Paseo del Prado	8.9	5.89	1	11	2	68%	19.4	1	11	2	68%
32	EBAR # 33	Ramón Pérez	5.5	11.91	1	5.5	2	68%	12.0	1	9.5	3	68%
33	EBAR # 34	Lomas del Pedregal	3.1	9.26	1	6.5	1	68%	6.7	1	6.5	1	68%
34	EBAR # 35	Los Pinos	8.8	3.42	1	10	1	68%	19.2	1	10	1	68%
35	EBAR # 36	Las Palmas	1.9	5.52	1	4.5	1	68%	4.2	1	4.5	1	68%
36	EBAR # 37	Aeropuerto	5.9	3.48	1	6.5	0.5	68%	12.8	1	9	1	68%
37	EBAR # 38	Los Arcos (Por Gravedad)	13.7	0.00	G	-----	-----	-----	29.7	G	-----	-----	-----
38	EBAR # 39	Villa Esmeralda	22.3	7.18	1	19	5	68%	48.4	1	29	5	67%
39	EBAR # 40	Ventura	8.8	9.02	1	13	5	68%	19.2	1	13	5	68%
40	EBAR # 41	Agencia Aduanales	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
41	EBAR # 42	EBAR # 42	2.9	7.60	1	7.5	1	68%	6.3	1	7.5	1	68%
42	EBAR # 43	EBAR # 43	533.	6.13	1	610	100	68%	1,156.6	1	610	100	68%
43	EBAR	Las Haciendas	3.3	8.95	1	7.5	1	68%	7.1	1	7.5	1	68%
Total			**3,063.3**			**3,235**	**679**		**6,647.4**		**3,663**	**796**	

Tabla 245. Consumos de kWh y Costos de Energía de las EBARs de la Alternativa No. 1 (CM – P)

No.	ID	Nombre	Potencias y Costos de Operación					
			Selección de Equipo		Consumos E.E.			Importe Facturado
			Potencia Requerida Equipo 1 (hp)	Potencia Requerida Equipo 2 (hp)	Consumo E.E. Equipo 1 (kWh)	Consumo E.E. Equipo 2 (kWh)	Consumo de E.E kWh/año	Importe facturado $/año
1	EBAR # 1	Col. Industrial	10	20	52.2	59.7	593,353	1,080,250
			20	20				
			20	20				
			20	20				
2	EBAR # 278	Zona Centro	10	15	7.5	11.2	92,541	171,873
3	EBAR # 3	Col. Longoria	30	40	22.4	29.8	266,737	487,830
4	EBAR # 4	Col. Leal Puente	30	20	22.4	29.8	266,737	487,830
			----	20				
5	EBAR # 5	Col. Hidalgo	----	----	----	----	----	----
6	EBAR # 6	Col. Módulo 2000	----	----	----	----	----	----
7	EBAR # 7	Zona Centro	----	----	----	----	----	----
8	EBAR # 8	Zona Centro	----	----	----	----	----	----
9	EBAR # 9	Parque Ind. Reynosa	7.5	7.5	5.6	5.6	61,241	115,099
10	EBAR # 10	Col. Ernesto Zedillo	25	30	55.9	67.1	645,068	1,174,050
			25	30				
			25	30				
11	EBAR # 11	Col. Las Torres	----	----	----	----	----	----
12	EBAR # 12	Col. Del Bosque Sur	1	1	0.7	0.7	8,165	18,831
13	EBAR # 13	Col. Las Delicias	5	5	3.7	3.7	40,827	78,073
14	EBAR # 14	Villas de IMAQ	----	----	----	----	----	----
15	EBAR # 15	Col. Módulo 2000 Rancho Grande	2	2	1.5	1.5	16,331	33,642
16	EBAR # 16	Col. Roma	20	20	14.9	14.9	163,308	300,231
17	EBAR # 17	Fracc. La Cima	3	3	2.2	2.2	24,496	48,452
18	EBAR # 18	Parque Industrial Colonial	2	2	1.5	1.5	16,331	33,642
19	EBAR # 20	Los Muros I	3	3	2.2	2.2	24,496	48,452
20	EBAR # 21	Los Muros II	1	1	0.7	0.7	8,165	18,831
21	EBAR # 22	Puertas del Sol	25	30	55.9	67.1	645,068	1,174,050
			25	30				
			25	30				
22	EBAR # 23	Riberas del Carmen	5	5	3.7	3.7	40,827	78,073
23	EBAR # 24	Los Fresnos	10	10	7.5	7.5	81,654	152,126
24	EBAR # 25	Vista Hermosa	15	15	11.2	11.2	122,481	226,178
25	EBAR # 26	Loma Real	5	5	3.7	3.7	40,827	78,073
26	EBAR # 27	El Anhelo	5	5	3.7	3.7	40,827	78,073

No.	ID	Nombre	Potencias y Costos de Operación					
			Selección de Equipo		Consumos E.E.			Importe Facturado
			Potencia Requerida Equipo 1 (hp)	Potencia Requerida Equipo 2 (hp)	Consumo E.E. Equipo 1 (kWh)	Consumo E.E. Equipo 2 (kWh)	Consumo de E.E kWh/año	Importe facturado $/año
27	EBAR # 28	Parque Ind. Colonial	0.5	0.5	0.4	0.4	4,083	11,426
28	EBAR # 29	El Campanario	2	2	1.5	1.5	16,331	33,642
29	EBAR # 30	Las Fuentes S/Lomas	60	150	134.2	171.5	1,578,647	2,867,383
			60	40				
			60	40				
30	EBAR # 31	Los Almendros II	3	3	2.2	2.2	24,496	48,452
31	EBAR # 32	Paseo del Prado	2	2	1.5	1.5	16,331	33,642
32	EBAR # 33	Ramón Pérez	2	3	1.5	2.2	18,508	37,591
33	EBAR # 34	Lomas del Pedregal	1	1	0.7	0.7	8,165	18,831
34	EBAR # 35	Los Pinos	1	1	0.7	0.7	8,165	18,831
35	EBAR # 36	Las Palmas	1	1	0.7	0.7	8,165	18,831
36	EBAR # 37	Aeropuerto	0.5	1	0.4	0.7	5,171	13,401
37	EBAR # 38	Los Arcos (Por Gravedad)	-----	-----	-----	-----	-----	-----
38	EBAR # 39	Villa Esmeralda	5	5	3.7	3.7	40,827	78,073
39	EBAR # 40	Ventura	5	5	3.7	3.7	40,827	78,073
40	EBAR # 41	Agencia Aduanales	----	----	----	----	----	----
41	EBAR # 42	EBAR # 42	1	1	0.7	0.7	8,165	18,831
42	EBAR # 43	EBAR # 43	100	100	74.6	74.6	816,542	1,485,070
43	EBAR	Las Haciendas	1	1	0.7	0.7	8,165	18,831
Total			**679.5**	**796.0**	**506.7**	**593.6**	**5,802,072**	**10,664,571**

Como se observa en las tablas anteriores para desalojar tanto el gasto medio como el gasto máximo instantáneo de las estaciones de bombeo que forman parte esencial del sistema de recolección y alejamiento de las aguas residuales de la ciudad de Reynosa en la Alternativa No. 1 a corto y mediano plazo, se requiere de equipos por un total de 1,475.5 HP, los cuales estarían consumiendo un total de 5,802,072 kWh al año, lo que representa un gasto por concepto de energía eléctrica de $10.66 millones al año.

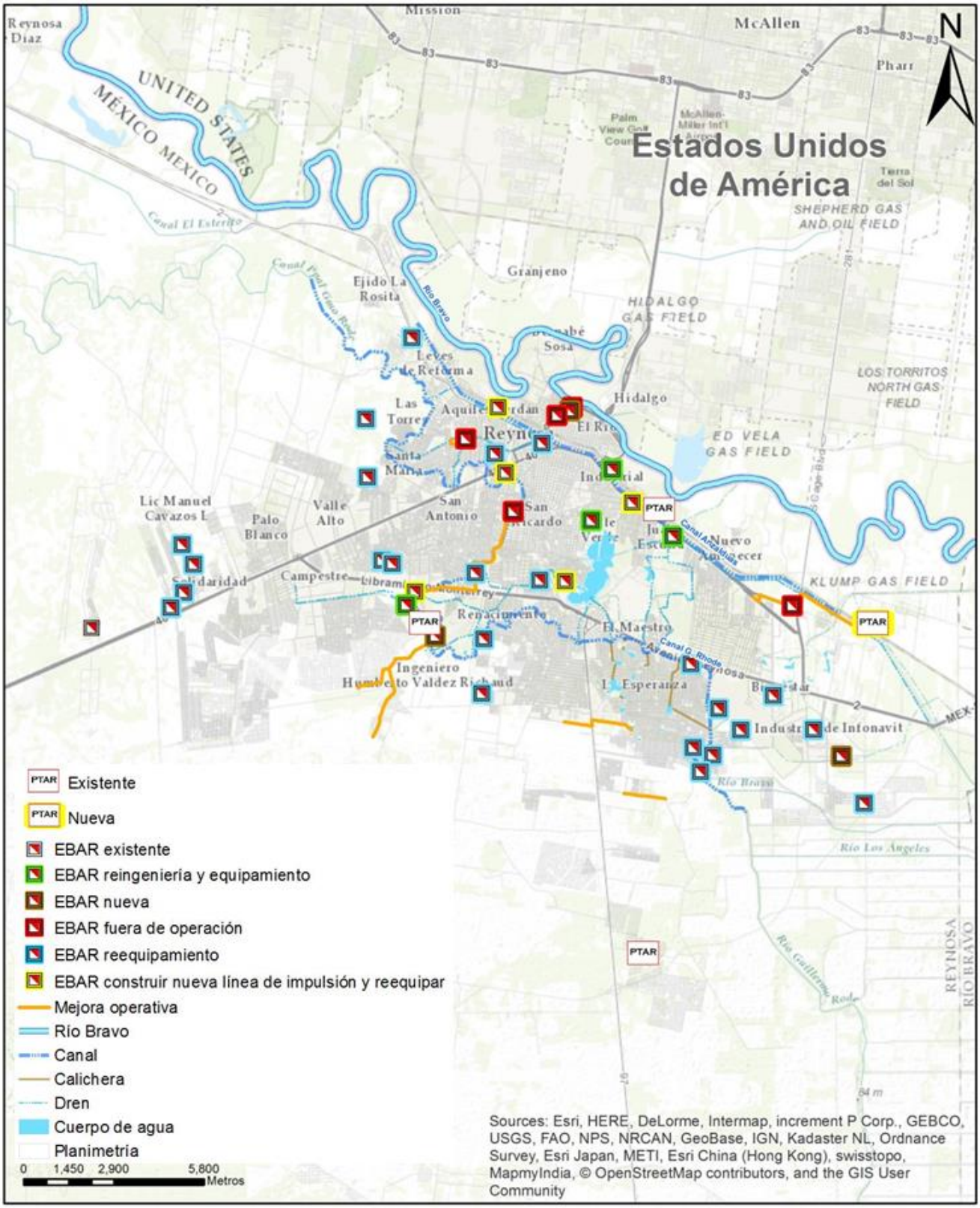


Figura 384. Mejora operativa en el sistema de Alcantarillado de la Alternativa No. 2 (CM-P)

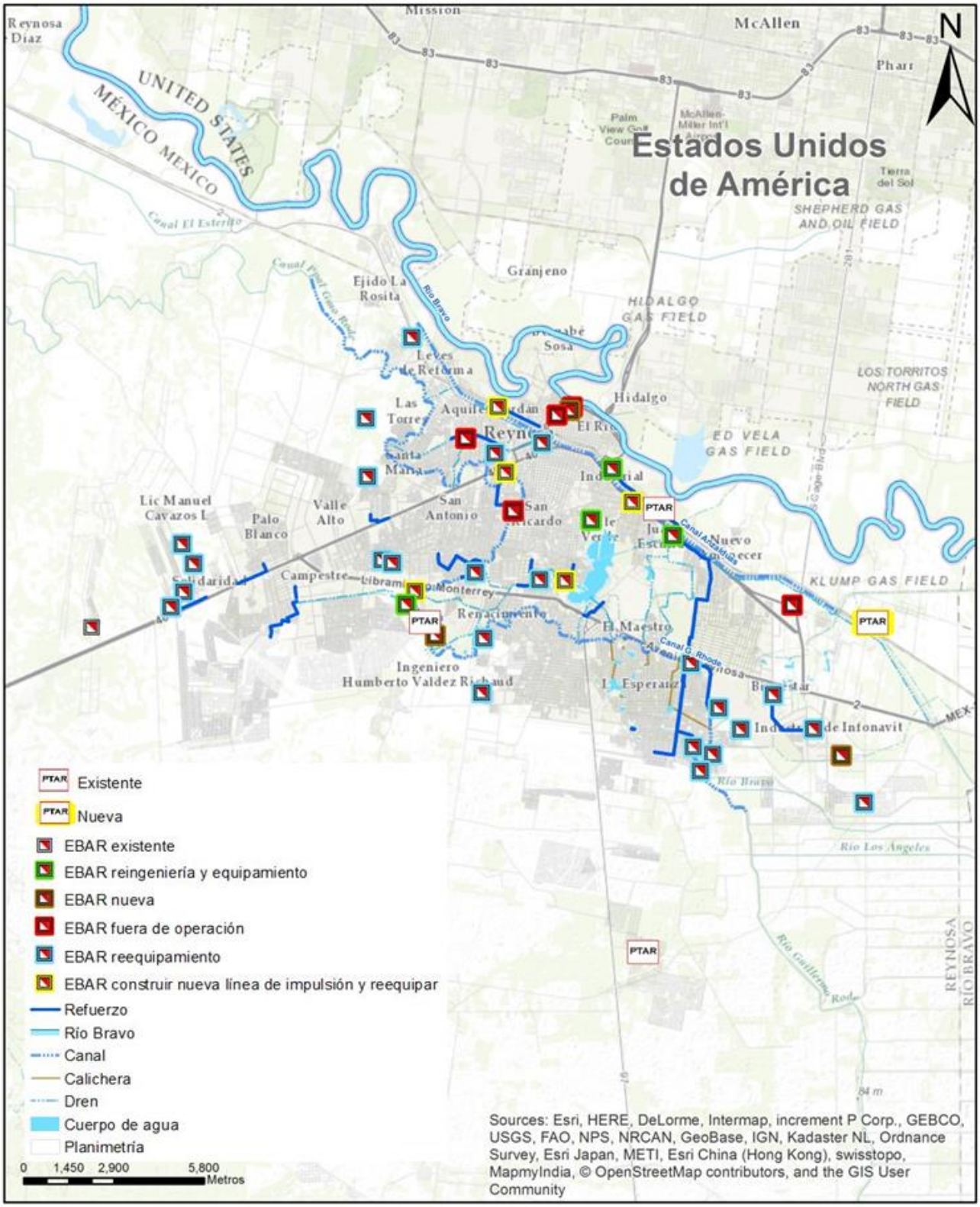


Figura 385. Refuerzos de conductos en la Alternativa No. 2 (CM-P)

En la siguiente tabla se presenta un resumen de las obras resultantes de la modelación hidráulica efectuada en el software SEWERGEMS y en el Anexo 21 se presenta el desglose de cada obra y en Anexo 16 se presenta los archivos de los planos de los resultados de la modelación en formato shapefile.

Tabla 246. Obras de cabeza de alcantarillado del modelo de simulación de la Alternativa No. 2 (CM – P)

Tipo	Unidad	Corto y Mediano Plazo
		Alternativa 2
Tuberías	**m**	**62,806**
Mejora Operativa a tubos a gravedad	**m**	**22,528**
Red de Atarjeas (20 a 25 cm)	m	25
Subcolectores (30 a 38 cm)	m	4,236
Colectores (45 a 152cm)	m	18,267
Sustitución y refuerzos a tubos a gravedad	**m**	**30,265**
Red de Atarjeas (20 a 25 cm)	m	195
Subcolectores (30 a 38 cm)	m	4,636
Colectores (45 a 152cm)	m	25,433
Mejora Operativa y refuerzos a tubos de presión (3 a 48'')	**m**	**10,013**
Estructuras		
Nuevas Plantas de Tratamiento	PTAR	1
	L/s	90.0
Ampliaciones Plantas de Tratamiento	PTAR	1
	L/s	30
Reingeniería y Reequipamiento	EBAR	33
	hp	1,742.5
Nuevas EBAR's	EBAR	4
	hp	68.5
Fuera de Operación	**EBAR**	**6**

De igual manera que para la Alternativa No. 1, para la Alternativa No. 2 se presentan los resultados de la capacidad de los equipos de bombeo (hp) calculadas con el modelo de simulación para las condiciones de la Alternativa No. 1 a corto y mediano plazo de cada estación de bombeo, así como la determinación de la potencia comercial de los equipos que se requieren para bombear tanto el gasto medio como el gasto máximo instantáneo (con la suma del equipo 1 y 2) para cada estación de bombeo, partiendo de la suposición de que los equipos que se suministraran deben tener eficiencias electromecánica superiores al 65%.

Además se presenta el cálculo del consumo en kWh a partir de la suposición de que el equipo 1 calculado para bombear el gasto medio con infiltración opera 22 horas al día y el equipo 2 opera solo 8 horas al día, que es el tiempo aproximado en el que se presenta el gasto máximo instantáneo, por lo que en ese lapso de

tiempo operan los dos equipos de bombeo, y por último se presenta el costo al año de energía eléctrica de las EBARs para la Alternativa No. 2 según el modelo de simulación.

Tabla 247. Selección de equipos de bombeo para las EBARs en la Alternativa No. 2

No.	ID	Nombre	Equipo 1 (Gasto Medio con Infiltraciones)						Equipo 2 (Gasto Máximo Instantáneo)			
			Datos (SewerGEMS)		Selección de Equipo				Datos (Sewer GEMS)	Selección de Equipo		
			Gasto Medio con Infilt. (L/s)	CDT (m)	No. Eq.	Gasto (L/s)	Equipo 1 (hp)	Efic.	Gasto Máx. Inst. (L/s)	No. Eq.	Equipo 2 (hp)	Efic.
1	EBAR # 1	Col. Industrial	216.8	6.54	1	140.0	20	65%	470.54	1	20	70%
					2	80.0	10	65%		2	20	70%
2	EBAR # 2	Zona Centro	56.8	6.61	1	60.0	7.5	68%	123.35	1	10	65%
3	EBAR # 3	Col. Longoria	10.0	4.63	1	12.0	2	68%	21.62	1	2	68%
4	EBAR # 4	Col. Leal Puente	188.7	8.68	1	190.0	30	70%	409.40	1	30	70%
5	EBAR # 5	Col. Hidalgo	201.0	22.43	1	105.0	40	70%	436.25	1	50	67%
					2	105.0	40	70%		2	50	67%
6	EBAR # 6	Col. Módulo 2000	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
7	EBAR # 7	Zona Centro	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
8	EBAR # 8	Zona Centro	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
9	EBAR # 9	Parque Ind. Reynosa	35.2	6.58	1	40.0	5	70%	76.49	1	5	70%
10	EBAR # 10	Col. Ernesto Zedillo	775.0	12.19	1	240.0	50	73%	1,681.67	1	75	68%
					2	240.0	50	73%		2	75	68%
					3	240.0	50	73%		3	50	71%
					4	54.0	54	72%		----	----	----
11	EBAR # 11	Col. Las Torres	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
12	EBAR # 12	Col. Del Bosque Sur	5.1	3.30	1	6.5	0.5	68%	11.03	1	0.5	68%
13	EBAR # 13	Col. Las Delicias	35.2	5.71	1	42.0	5	69%	76.47	1	5	69%
14	EBAR # 14	Villas de IMAQ	171.6	5.31	1	170.0	25	65%	372.46	1	15	68%
					---	-----	-----	-----		2	15	68%
15	EBAR # 15	Col. Módulo 2000 Rancho Grande	18.2	5.61	1	18.0	3	68%	39.43	1	5	68%
16	EBAR # 16	Col. Roma	99.5	8.64	1	120.0	20	68%	215.90	1	20	68%
17	EBAR # 17	Fracc. La Cima	2.5	15.62	1	4.7	3	68%	5.51	1	3	68%
18	EBAR # 18	Parque Industrial Colonial	20.4	9.09	1	18.0	5	68%	44.24	1	5	72%
19	EBAR # 20	Los Muros I	5.3	12.87	1	8.0	3	68%	11.57	1	3	68%
20	EBAR # 21	Los Muros II	3.8	7.97	1	7.5	1	68%	8.27	1	1	68%
21	EBAR # 22	Puertas del Sol	602.7	16.32	1	600.0	175	68%	1,307.87	1	175	74%
22	EBAR # 23	Riberas del Carmen	45.0	17.81	1	45.0	15	68%	97.70	1	20	72%
23	EBAR # 24	Los Fresnos	32.4	15.66	1	35.0	10	65%	70.36	1	15	72%

No.	ID	Nombre	Equipo 1 (Gasto Medio con Infiltraciones)						Equipo 2 (Gasto Máximo Instantáneo)			
			Datos (SewerGEMS)		Selección de Equipo				Datos (Sewer GEMS)	Selección de Equipo		
			Gasto Medio con Infilt. (L/s)	CDT (m)	No. Eq.	Gasto (L/s)	Equipo 1 (hp)	Efic.	Gasto Máx. Inst. (L/s)	No. Eq.	Equipo 2 (hp)	Efic.
24	EBAR # 25	Vista Hermosa	51.2	17.92	1	60.0	20	68%	111.16	1	20	68%
25	EBAR # 26	Loma Real	14.7	11.5	1	13.0	5	69%	31.95	1	5	69%
26	EBAR # 27	El Anhelo	19.1	6.7	1	20.0	5	68%	41.35	1	5	68%
27	EBAR # 28	Parque Ind. Colonial	2.4	4.0	1	7.0	0.5	68%	5.25	1	0.5	68%
28	EBAR # 29	El Campanario	2.5	8.3	1	6.0	2	68%	5.36	1	2	68%
29	EBAR # 30	Las Fuentes S/Lomas	409.1	19.6	1	200.0	100	63%	887.80	1	50	67%
					2	200.0	100	63%		2	50	67%
					3	-----	-----	-----		3	50	67%
30	EBAR # 31	Los Almendros II	14.9	6.5	1	16.0	3	68%	32.30	1	3	68%
31	EBAR # 32	Paseo del Prado	12.5	4.0	1	13.5	2	68%	27.14	1	2	68%
32	EBAR # 33	Ramón Pérez	6.2	12.8	1	8.5	5	68%	13.43	1	5	68%
33	EBAR # 34	Lomas del Pedregal	4.8	9.3	1	5.5	2	68%	10.39	1	2	68%
34	EBAR # 35	Los Pinos	8.8	3.4	1	9.5	1	68%	19.16	1	1	68%
35	EBAR # 36	Las Palmas	2.0	5.5	1	5.0	0.5	68%	4.24	1	0.5	68%
36	EBAR # 37	Aeropuerto	5.9	3.5	1	6.8	0.5	68%	12.80	1	1	68%
37	EBAR # 38	Los Arcos (Por Gravedad)	50.5	0.0	G	-----	-----	-----	109.65	G	-----	-----
38	EBAR # 39	Villa Esmeralda	24.2	7.3	1	32.0	5	72%	52.51	1	5	72%
39	EBAR # 40	Ventura	8.8	9.0	1	10.0	5	68%	19.16	1	5	68%
40	EBAR # 41	Agencia Aduanales	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
41	EBAR # 42	EBAR # 42	2.9	13.9	1	4.5	5	68%	6.34	1	5	68%
42	EBAR # 43	EBAR # 43	115.7	5.7	1	130.0	20	70%	251.07	1	20	70%
43	EBAR	Las Haciendas	3.3	9.0	1	6.5	2	68%	7.07	1	2	68%
Total			**3284.9**			**3,334.5**	**907.5**		**7,128.26**		**903.5**	

Tabla 248. Consumos de kWh y Costos de Energía de las EBARs de la Alternativa No. 2 (CM – P)

No.	ID	Nombre	Potencias y Costos de Operación					
			Selección de Equipo		Consumos E.E.			Importe Facturado
			Equipo 1 (hp)	Equipo 2 (hp)	Consumo E.E. Equipo 1 (kWh)	Consumo E.E. Equipo 2 (kWh)	Consumo de E.E kWh/año	Importe facturado $/año
1	EBAR # 1	Col. Industrial	20.0	20.0	22	30	266,737	487,830
			10.0	20.0				
2	EBAR # 2	Zona Centro	7.5	10.0	6	7	66,684	124,973
3	EBAR # 3	Col. Longoria	2.0	2.0	1	1	16,331	33,642
4	EBAR # 4	Col. Leal Puente	30.0	30.0	22	22	244,962	448,336
5	EBAR # 5	Col. Hidalgo	40.0	50.0	60	75	696,782	1,267,850
			40.0	50.0				
6	EBAR # 6	Col. Módulo 2000	----	----	----	----	----	----
7	EBAR # 7	Zona Centro	----	----	----	----	----	----
8	EBAR # 8	Zona Centro	----	----	----	----	----	----
9	EBAR # 9	Parque Ind. Reynosa	5.0	5.0	4	4	40,827	78,073
10	EBAR # 10	Col. Ernesto Zedillo	50.0	75.0	152	149	1,657,035	3,009,564
			50.0	75.0				
			50.0	50.0				
			54.0	----				
11	EBAR # 11	Col. Las Torres	----	----	----	----	----	----
12	EBAR # 12	Col. Del Bosque Sur	0.5	0.5	0	0	4,083	11,426
13	EBAR # 13	Col. Las Delicias	5.0	5.0	4	4	40,827	78,073
14	EBAR # 14	Villas de IMAQ	25.0	15.0	19	22	215,023	394,030
			-----	15.0				
15	EBAR # 15	Col. Módulo 2000 Rancho Grande	3.0	5.0	2	4	28,851	56,351
16	EBAR # 16	Col. Roma	20.0	20.0	15	15	163,308	300,231
17	EBAR # 17	Fracc. La Cima	3.0	3.0	2	2	24,496	48,452
18	EBAR # 18	Parque Industrial Colonial	5.0	5.0	4	4	40,827	78,073
19	EBAR # 20	Los Muros I	3.0	3.0	2	2	24,496	48,452
20	EBAR # 21	Los Muros II	1.0	1.0	1	1	8,165	18,831
21	EBAR # 22	Puertas del Sol	175.0	175.0	130	130	1,428,948	2,595,858
22	EBAR # 23	Riberas del Carmen	15.0	20.0	11	15	133,368	245,926
23	EBAR # 24	Los Fresnos	10.0	15.0	7	11	92,541	171,873
24	EBAR # 25	Vista Hermosa	20.0	20.0	15	15	163,308	300,231
25	EBAR # 26	Loma Real	5.0	5.0	4	4	40,827	78,073
26	EBAR # 27	El Anhelo	5.0	5.0	4	4	40,827	78,073
27	EBAR # 28	Parque Ind. Colonial	0.5	0.5	0	0	4,083	11,426

No.	ID	Nombre	Potencias y Costos de Operación					
			Selección de Equipo		Consumos E.E.			Importe Facturado
			Equipo 1 (hp)	Equipo 2 (hp)	Consumo E.E. Equipo 1 (kWh)	Consumo E.E. Equipo 2 (kWh)	Consumo de E.E kWh/año	Importe facturado $/año
28	EBAR # 29	El Campanario	2.0	2.0	1	1	16,331	33,642
29	EBAR # 30	Las Fuentes S/Lomas	100.0	50.0	149	112	1,524,211	2,768,647
			100.0	50.0				
			-----	50.0				
30	EBAR # 31	Los Almendros II	3.0	3.0	2	2	24,496	48,452
31	EBAR # 32	Paseo del Prado	2.0	2.0	1	1	16,331	33,642
32	EBAR # 33	Ramón Pérez	5.0	5.0	4	4	40,827	78,073
33	EBAR # 34	Lomas del Pedregal	2.0	2.0	1	1	16,331	33,642
34	EBAR # 35	Los Pinos	1.0	1.0	1	1	8,165	18,831
35	EBAR # 36	Las Palmas	0.5	0.5	0	0	4,083	11,426
36	EBAR # 37	Aeropuerto	0.5	1.0	0	1	5,171	13,401
37	EBAR # 38	Los Arcos (Por Gravedad)	-----	-----	-----	-----	-----	-----
38	EBAR # 39	Villa Esmeralda	5.0	5.0	4	4	40,827	78,073
39	EBAR # 40	Ventura	5.0	5.0	4	4	40,827	78,073
40	EBAR # 41	Agencia Aduanales	----	----	----	----	----	----
41	EBAR # 42	EBAR # 42	5.0	5.0	4	4	40,827	78,073
42	EBAR # 43	EBAR # 43	20.0	20.0	15	15	163,308	300,231
43	EBAR	Las Haciendas	2.0	2.0	1	1	16,331	33,642
Total			**907.5**	**903.5**	**677**	**674**	**7,401,404**	**13,573,495**

Como se observa en las tablas anteriores para desalojar tanto el gasto medio como el gasto máximo instantáneo de las estaciones de bombeo que forman parte esencial del sistema de recolección y alejamiento de las aguas residuales de la ciudad de Reynosa en la Alternativa No. 2, se requiere de equipos por un total de 1,811 HP, los cuales estarían consumiendo un total de 7,401,404 kWh al año, lo que representa un gasto por concepto de energía eléctrica de $13.57 millones al año.

A continuación se presentan unas tablas donde se hace un comparativo de las obras, equipamientos de las EBARs y los costos de operación entre las dos Alternativas analizadas a corto y mediano plazo.

Tabla 249. Obras requeridas en las Alternativas a corto y mediano plazo de Alcantarillado y Saneamiento en Reynosa

Tipo	Unidad	Corto y Mediano Plazo			
		Alternativa 1		Alternativa 2	
		Mejora Operativa	Refuerzos / Sustitución	Mejora Operativa	Refuerzos / Sustitución
Tubos a gravedad	**m**	**23,218**	**32,370**	**22,528**	**30,265**
Red de Atarjeas	**m**	**25**	**547**	**25**	**195**
20 cm	m	25	0	25	0
25 cm	m	0	547	0	195
Subcolectores	**m**	**4,257**	**5,180**	**4,236**	**4,636**
30 cm	m	3,422	2,909	3,401	2,568
38 cm	m	835	2,271	835	2,068
Colectores	**m**	**18,936**	**26,644**	**18,267**	**25,433**
45 cm	m	2,798	1,774	2,671	2,402
61 cm	m	6	2,929	6	2,308
76 cm	m	3,589	2,377	615	5,416
91 cm	m	242	9,674	5,366	5,734
107 cm	m	0	4,586	0	8,150
122 cm	m	7,087	4,753	9,609	1,423
152 cm	m	5,215	551	0	0
Tubos a presión	**m**	**2,747**	**4,494**	**1,237**	**8,776**
3 ''	m	0	0	0	5
4 ''	m	0	0	660	0
6 ''	m	1,387	0	577	137
8 ''	m	0	0	0	668
10 ''	m	0	0	0	10
12 ''	m	0	1,276	0	1,271
14 ''	m	1,145	747	0	1,887
16 ''	m	0	0	0	0
18 ''	m	87	419	0	506
20''	m	0	0	0	0
30 ''	m	128	0	0	0
36 ''	m	0	2,052	0	2,047
42 ''	m	0	0	0	2,244
48 ''	m	0	0	0	0
Nuevas Plantas de Tratamiento	PTAR	1		1	
	L/s	410		90	
Ampliaciones Plantas de Tratamiento	PTAR	0		1	
	L/s	0		30	
Reingeniería y Reequipamiento	EBAR	31		33	
	hp	1,247.5		1,742.5	
Nuevas EBAR's	EBAR	4		4	
	hp	228.0		68.5	
Fuera de Operación	**EBAR**	**8**		**6**	

Tabla 250. Equipamiento de las EBARs en condiciones actuales y en las Alternativas a corto y mediano plazo

No.	ID	Nombre	Condiciones Actuales		Alt 1 CMP			Alt 2 CMP		
			hp	Q	Status Obra	hp	Q	Status Obra	hp	Q
1	EBAR # 1	Col. Industrial	110	470.6	EB-RIN	150	893.8	EB-RIN	70	470.5
2	EBAR # 2 / 278	Zona Centro	25	155.0	EB-CONS	25	165.3	EB-CONS	17.5	123.4
3	EBAR # 3	Col. Longoria	3	27.2	EB-RIN	70	519.6	EB-REQ	4	21.6
4	EBAR # 4	Col. Leal Puente	375	998.8	EB-RIN	70	409.4	EB-RIN	60	409.4
5	EBAR # 5	Col. Hidalgo	300	423.2	F.O.	-----	-----	EB-REQ	180	436.3
6	EBAR # 6	Col. Módulo 2000	125	589.4	F.O.	-----	-----	F.O.	-----	-----
7	EBAR # 7	Zona Centro	25	134.5	F.O.	-----	-----	F.O.	-----	-----
8	EBAR # 8	Zona Centro	1	8.2	F.O.	-----	-----	F.O.	-----	-----
9	EBAR # 9	Parque Ind. Reynosa	10	51.3	EB-REQ	15	103.2	EB-REQ	10	76.5
10	EBAR # 10	Col. Ernesto Zedillo	1,700	1,932.8	EB-RIN	165	777.1	EB-RIN	404	1,681.7
11	EBAR # 11	Col. Las Torres	17.5	68.3	F.O.	-----	-----	F.O.	-----	-----
12	EBAR # 12	Col. Del Bosque Sur	5	11.0	EB-REQ	2	11.0	EB-REQ	1	11.0
13	EBAR # 13	Col. Las Delicias	35	76.5	EB-REQ	10	76.5	EB-REQ	10	76.5
14	EBAR # 14	Villas de IMAQ	4	85.4	F.O.	-----	-----	EB-REQ	55	372.5
15	EBAR # 15	Col. Módulo 2000 Rancho Grande	2	18.7	EB-REQ	4	18.7	EB-REQ	8	39.4
16	EBAR # 16	Col. Roma	60	144.9	EB-REQ	40	229.1	EB-REQ	40	215.9
17	EBAR # 17	Fracc. La Cima	3	5.5	EB-REQ	6	5.5	EB-REQ	6	5.5
18	EBAR # 18	Parque Industrial Colonial	6	20.5	EB-REQ	4	20.5	EB-REQ	10	44.2
19	EBAR # 20	Los Muros I	5	11.6	EB-REQ	6	11.6	EB-REQ	6	11.6
20	EBAR # 21	Los Muros II	2	8.3	EB-REQ	2	8.3	EB-REQ	2	8.3
21	EBAR # 22	Puertas del Sol	350	699.1	EB-REQ	165	719.4	EB-RIN	350	1,307.9
22	EBAR # 23	Riberas del Carmen	15	40.4	EB-REQ	10	40.4	EB-REQ	35	97.7
23	EBAR # 24	Los Fresnos	110	70.3	EB-REQ	20	70.4	EB-REQ	25	70.4
24	EBAR # 25	Vista Hermosa	35	57.8	EB-REQ	30	57.8	EB-REQ	40	111.2
25	EBAR # 26	Loma Real	35	31.3	EB-REQ	10	32.0	EB-REQ	10	32.0
26	EBAR # 27	El Anhelo	40	41.4	EB-REQ	10	41.4	EB-REQ	10	41.4
27	EBAR # 28	Parque Ind. Colonial	1	2.2	EB-CONS	1	2.3	EB-CONS	1	5.3
28	EBAR # 29	El Campanario	1.5	5.4	EB-REQ	4	5.4	EB-REQ	4	5.4
29	EBAR # 30	Las Fuentes S/Lomas	550	907.2	EB-REQ	410	1,055.0	EB-REQ	350	887.8
30	EBAR # 31	Los Almendros II	8	32.3	EB-REQ	6	32.3	EB-REQ	6	32.3
31	EBAR # 32	Paseo del Prado	5	22.1	EB-REQ	4	19.4	EB-REQ	4	27.1

No.	ID	Nombre	Condiciones Actuales		Alt 1 CMP			Alt 2 CMP		
			hp	Q	Status Obra	hp	Q	Status Obra	hp	Q
32	EBAR # 33	Ramón Pérez	5	12.0	EB-REQ	5	12.0	EB-REQ	10	13.4
33	EBAR # 34	Lomas del Pedregal	2	6.7	EB-REQ	2	6.7	EB-REQ	4	10.4
34	EBAR # 35	Los Pinos	2	19.2	EB-REQ	2	19.2	EB-REQ	2	19.2
35	EBAR # 36	Las Palmas	1	4.2	EB-REQ	2	4.2	EB-REQ	1	4.2
36	EBAR # 37	Aeropuerto	1.5	12.8	EB-REQ	1.5	12.8	EB-REQ	1.5	12.8
37	EBAR # 38	Los Arcos (por gravedad)	F.O.	29.7	F.O.	-----	-----	F.O.	-----	-----
38	EBAR # 39	Villa Esmeralda	12.5	48.4	EB-REQ	10.0	48.4	EB-REQ	10.0	52.5
39	EBAR # 40	Ventura	10	19.0	EB-REQ	10.0	19.2	EB-REQ	10.0	19.2
40	EBAR # 41	Agencia Aduanales	2.5	9.0	F.O.	-----	-----	F.O.	-----	-----
41	EBAR # 42	EBAR # 42	-----	-----	EB-CONS	2.0	6.3	EB-CONS	10.0	6.3
42	EBAR # 43	EBAR # 43	-----	-----	EB-CONS	200.0	1,156.6	EB-CONS	40.0	251.1
43	EBAR # 45	Río San Juan	-----	-----	**N/A**	-----	-----	N/A	-----	-----
44	EBAR # 46	Metropolitano	-----	-----	**N/A**	-----	-----	N/A	-----	-----
45	EBAR	Las Haciendas	2.0	7.1	EB-REQ	2.0	7.1	EB-REQ	4.0	7.1
Suma			**4,003**			**1,476**			**1,811**	

Tabla 251. Resumen de costos de energía eléctrica en condiciones actuales y en las Alternativas a corto y mediano plazo

No.	Descripción	Unidad	C.A.	Alt. 1	Alt. 2
1	Potencia requerida para bombear el Q máximo instantáneo	HP	4,003	1,476	1,811
2	Consumo de Energía Eléctrica	Mill kWh/año	15.81	5.80	7.40
3	Monto de cargo por Energía Eléctrica	Mill $/año	28.84	10.66	13.57

Como se observa en esta última tabla el reequipamiento de las EBARs con equipos de eficiencias electromecánicas de más de 65%, les permitiría tener un ahorro con cualquiera de las dos alternativas de más de $ 15 Millones al año, lo que asegura la rentabilidad de la inversión requerida para cambiar los equipos, con un periodo de amortización de 18 a 24 meses.

Alternativas a Largo Plazo

Para el análisis de las alternativas a largo plazo al igual que para el tema de agua potable fue necesario en primer lugar llevar a cabo el direccionamiento del crecimiento de la población dentro del horizonte o periodo de planeación, para lo cual fue necesario contar con información de los proyectos de gran visión,

prefactibilidad, factibilidad y proyectos ejecutivos de nuevos centros de población y áreas de crecimiento comercial e industrial, así como nuevas vialidades considerados por la Dependencia Municipal (IMPLAN) para los siguientes años o décadas, así como el Programa de Ordenamiento Territorial (POT) y el Plan de Desarrollo Urbano (PDU) vigentes del municipio, información que fue proporcionada en forma y tiempo por el IMPLAN y que fue ampliamente considerada en la planeación de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento para la ciudad de Reynosa.

Al igual que la información referida en el párrafo anterior, también se requirió de la información de las factibilidades de servicios de agua potable y alcantarillado que tienen en proceso de autorización la COMAPA y que deberán dictaminar en función de los medios que se tengan para el abastecimiento o descarga de los fraccionamientos en cuestión.

El análisis del direccionamiento se presentó ampliamente en el análisis de alternativas de agua potable a largo plazo, por lo que en este subapartado solo presentaremos el resumen del direccionamiento del crecimiento de la población, viviendas, comercios, industrias y servicios públicos en el horizonte de planeación de 20 años (2034) del Plan Maestro de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de la ciudad de Reynosa.

Tabla 252. Direccionamiento del crecimiento de la Población y unidades económicas al 2034

Direccionamiento "2034"								
No.	**Polo de Desarrollo**	**% Ocupación Doméstico**	**% Ocupación No Doméstico**	**Población**	**Viviendas**	**Comercios**	**Serv. Públic.**	**Industrias**
1	Factibilidades (46)	27.5%	27.5%	93,339	23,455	107	0	3
2	DECER Haciendas del Sol	12.5%	12.5%	6,570	1,651	82	3	10
3	Plan Parcial Metropolitano	5.0%	5.0%	20,893	5,250	292	11	32
4	Plan Parcial Grupo Río San Juan	5.0%	5.0%	42,975	10,799	606	22	66
5	Plan Parcial Centro Histórico	10.0%	10.0%	3,258	716	0	0	0
6	Plan Parcial La Laguna Escondida	-----	-----	0	0	749	31	0
7	Plan Parcial Industrial	-----	-----	0	0	0	0	88
		-----	**-----**	**167,035**	**41,871**	**1,836**	**67**	**199**
Proyección al Direccionamiento "2034"				166,272	41,782	1,836	67	199
Diferencia				764	89	0	0	0

Con los resultados del análisis del direccionamiento de la población y las unidades económicas se procedió a calcular las demandas de agua potable y las aportaciones de aguas residuales en estas zonas, empleando para ello los consumos per – cápita obtenidos en el análisis del balance de agua que se presentó en el apartado 2.2 de este informe.

A continuación se presenta el resumen de las aportaciones de aguas residuales en los futuros polos de desarrollo, así como el gasto medio con infiltraciones, el máximo instantáneo y el máximo extraordinario y en el Anexo 4 se presenta todos los cálculos para llegar a dichos resultados ya que se realizaron para cada una de las factibilidades como de los planes parciales y el DECER.

Tabla 253. Aportaciones de aguas residuales esperados en el horizonte de planeación en los nuevos Centros de Población en la ciudad de Reynosa

Aportación (100% Consumo) "2034" (L/s)						
No.	**Polo de Desarrollo**	**Domésticas**	**Comercios**	**Serv. Públicos**	**Industrias**	**Total**
1	Factibilidades (46)	225.9	1.6	0.0	0.3	227.8
2	DECER Haciendas del Sol	15.9	1.2	0.2	1.1	18.3
3	Plan Parcial Metropolitano	50.6	4.2	0.6	3.3	58.7
4	Plan Parcial Grupo Río San Juan	104.0	8.8	1.3	6.9	121.0
5	Plan Parcial Centro Histórico	7.9	0.0	0.0	0.0	7.9
6	Plan Parcial La Laguna Escondida	0.0	10.8	1.8	0.0	12.7
7	Plan Parcial Industrial	0.0	0.0	0.0	9.2	9.2
Total		**404.3**	**26.6**	**3.9**	**20.8**	**455.6**

Tabla 254. Gasto medio con infiltraciones esperados en el horizonte de planeación en los nuevos Centros de Población en la ciudad de Reynosa

Aportación con Infiltración "2034" (L/s)						
No.	**Polo de Desarrollo**	**Domésticas**	**Comercios**	**Serv. Públicos**	**Industrias**	**Total**
1	Factibilidades (46)	293.7	2.0	0.0	0.4	296.2
2	DECER Haciendas del Sol	20.7	1.5	0.2	1.4	23.8
3	Plan Parcial Metropolitano	65.7	5.5	0.8	4.3	76.3
4	Plan Parcial Grupo Río San Juan	135.2	11.4	1.7	9.0	157.3
5	Plan Parcial Centro Histórico	10.3	0.0	0.0	0.0	10.3
6	Plan Parcial La Laguna Escondida	0.0	14.1	2.4	0.0	16.5
7	Plan Parcial Industrial	0.0	0.0	0.0	12.0	12.0
Total		**525.6**	**34.5**	**5.1**	**27.1**	**592.3**

Tabla 255. Gasto máximo instantáneo esperados en el horizonte de planeación en los nuevos Centros de Población en la ciudad de Reynosa

Gasto Máximo Instantáneo "2034" (L/s)						
No.	**Polo de Desarrollo**	**Domésticas**	**Comercios**	**Serv. Públicos**	**Industrias**	**Total**
1	Factibilidades (46)	637.3	4.4	0.0	1.0	642.7
2	DECER Haciendas del Sol	44.9	3.4	0.5	3.0	51.7
3	Plan Parcial Metropolitano	142.7	11.9	1.8	9.3	165.7
4	Plan Parcial Grupo Río San Juan	293.4	24.7	3.7	19.4	341.3
5	Plan Parcial Centro Histórico	22.2	0.0	0.0	0.0	22.2
6	Plan Parcial La Laguna Escondida	0.0	30.6	5.2	0.0	35.7
7	Plan Parcial Industrial	0.0	0.0	0.0	26.0	26.0
Total		**1,140.6**	**75.0**	**11.1**	**58.7**	**1,285.4**

Tabla 256. Gasto máximo extraordinario esperados en el horizonte de planeación en los nuevos Centros de Población en la ciudad de Reynosa

Gasto Máximo Extraordinario "2034" (L/s)						
No.	**Polo de Desarrollo**	**Domésticas**	**Comercios**	**Serv. Públicos**	**Industrias**	**Total**
1	Factibilidades (46)	956.0	6.6	0.0	1.5	964.1
2	DECER Haciendas del Sol	67.3	5.0	0.8	4.5	77.5
3	Plan Parcial Metropolitano	214.0	17.9	2.7	14.0	248.5
4	Plan Parcial Grupo Río San Juan	440.2	37.1	5.5	29.2	512.0
5	Plan Parcial Centro Histórico	33.4	0.0	0.0	0.0	33.4
6	Plan Parcial La Laguna Escondida	0.0	45.9	7.7	0.0	53.6
7	Plan Parcial Industrial	0.0	0.0	0.0	39.0	39.0
Total		**1,710.8**	**112.5**	**16.7**	**88.1**	**1,928.0**

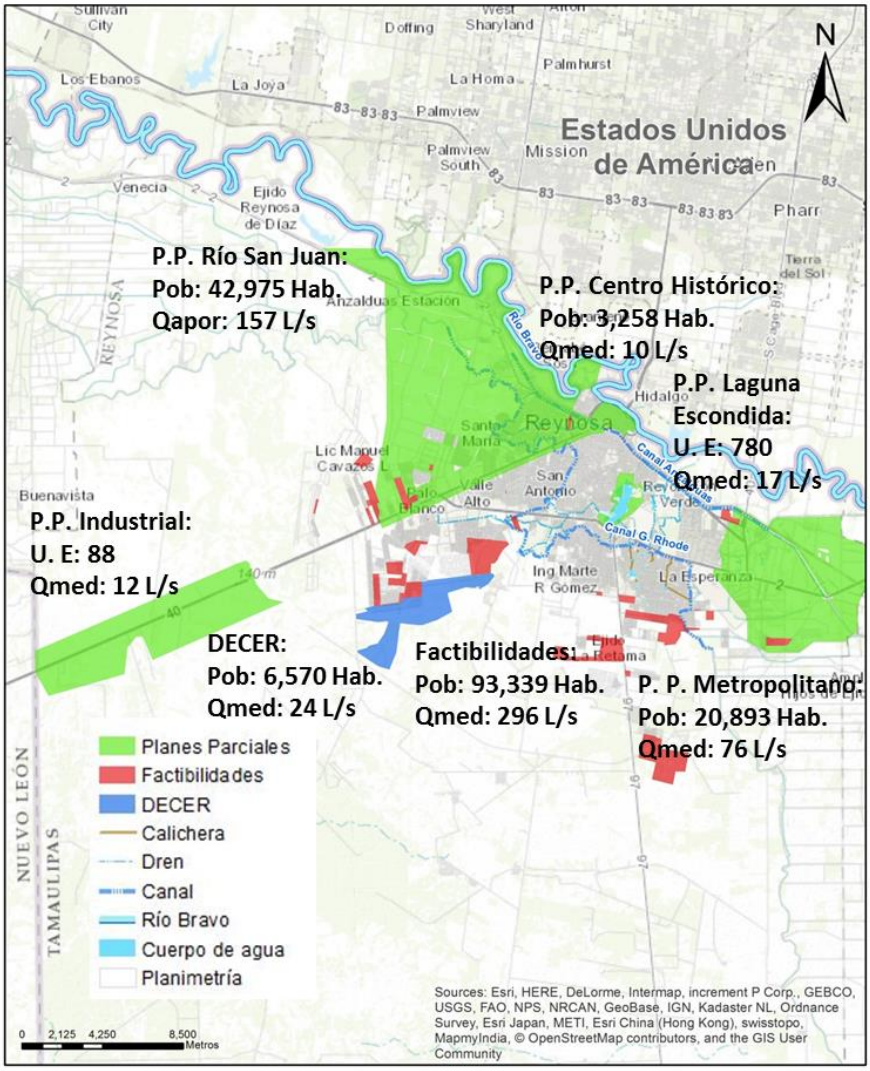


Figura 386. Aportaciones de aguas residuales en las zonas de crecimiento de la ciudad de Reynosa

A continuación se presentan las 2 Alternativas que se plantean para recolectar y conducir las aguas residuales generadas en las zonas de crecimiento a Largo Plazo hasta los sitios de descarga a colectores existentes o de emplazamiento de las PTARs, mismas que se evaluaron de forma independiente y con las que se pretende además de recolectar la totalidad del agua residual generada de los nuevos polos de desarrollo el tratarla en las plantas de tratamiento existentes y de proyecto, lo que sin duda mejorara la calidad de vida de los usuarios del sistema de alcantarillado de la ciudad de Reynosa.

Dichas alternativas de solución propuestas en este estudio, fueron puestas a consideración de la COCEF, el NADBANK, la COMAPA, la CONAGUA y el IMPLAN de Reynosa en reuniones de trabajo que tuvieron la finalidad de consensuarlas y evaluarlas a partir de los datos técnicos y económicos de cada una de ellas.

Tabla 257. Alternativas para mejorar el funcionamiento e incrementar la cobertura de saneamiento y tratamiento de las aguas residuales en Reynosa a Largo Plazo

Alternativa No. 1	Alternativa No. 2
A.- Incorporar las aportaciones del P.P. Río San Juan, P.P. Centro Histórico y factibilidades del poniente de la ciudad a la EBAR #3 para de ahí bombearla a la EBAR #1 y conducirla s a la PTAR #1 (Qm=129 L/s)	A.- Incorporar las aportaciones del P.P. Río San Juan, P.P. Centro Histórico y factibilidades del poniente de la ciudad a la EBAR #5 para bombearlas a la CRP (EBAR#6) de donde se conducirán por gravedad a la EBAR #22 para bombearlas a la PTAR #2 (Qm=129 L/s)
B.- Incorporar el P.P. Laguna Escondida y factibilidades del centro de la ciudad a la EBAR #4 para bombearlo a la PTAR #1, (Qm=21 L/s).	B.- Incorporar el P.P. Laguna Escondida y factibilidades del Centro de la ciudad a la EBAR #4 para bombearlo a la PTAR #1, (Qm=21 L/s).
C.- Construir un colector para conducir las aguas residuales del P.P. Zona Industrial (pretratamiento) para mandar las aportaciones a la EBAR #22 y de ahí bombearlas a la PTAR #2. (Qm = 9 L/s)	C.- Construir un colector para conducir las aguas residuales del P.P. Zona Industrial (pretratamiento) para mandar las aportaciones a la EBAR #22 y de ahí bombearlas a la PTAR #2. (Qm = 9 L/s)
D.- Incorporar las aportaciones del DECER a la EBAR #42 para bombearlas a la PTAR #2. (Qm = 38 L/s).	D.- Incorporar las aportaciones del DECER a la EBAR #42 para bombearlas a la PTAR #2. (Qm = 38 L/s).
E.- Incorporar las aportaciones de algunas factibilidades del Surponiente a la EBAR #22 para bombearlas a la PTAR #2. (Qm = 108 L/s).	E.- Incorporar las aportaciones de algunas factibilidades del Surponiente a la EBAR #22 para bombearlas a la PTAR #2. (Qm = 108 L/s).
F.- Incorporar las aportaciones de las factibilidades del sur a los colectores por gravedad (Durango) para conducirlas a la nueva PTAR #3 (Qm = 70 L/s).	F.- Incorporar las aportaciones de las factibilidades del sur a los colectores por gravedad (Durango) para conducirlas a la EBAR #10 para bombearlas a la PTAR #1 (Qm = 70 L/s).
G.- Incorporar las aportaciones del P.P. Metropolitano a la nueva PTAR #3 (Qm = 59 L/s).	G.- Incorporar las aportaciones del P.P. Metropolitano a la nueva PTAR #3 (Qm = 59 L/s).
H.- Incorporar factibilidades del sur a la planta Pirámides (Qm = 22 L/s).	H.- Incorporar factibilidades del sur a la planta Pirámides (Qm = 22 L/s).

Alternativa No. 1

La alternativa No. 1 contempla la recolección y alejamiento de las aguas residuales de las zonas de crecimiento establecidas en la planeación municipal, bajo la constante de la eficiencia operativa que ya debe tener el sistema de alcantarillado y saneamiento en ese periodo. Esta Alternativa contempla la construcción de obras en los diferentes componentes del sistema tal y como se describen a continuación:

Colectores marginales y de alejamiento.- Se plantea la construcción de algunos sistema de colectores con un longitud total de 61.3 Km, que tengan como finalidad recolectar y conducir las aguas residuales que se generen en los nuevos centros de población hasta los sitios donde puedan descargar a colectores existentes y en algunos casos a descargar directamente a las PTARs existentes, tal es el caso de los dos colectores del Plan Parcial Metropolitano, que se plantea descarguen directamente a la PTAR #3.

Líneas de impulsión.- Se plantea la construcción de 5.6 Km de líneas de impulsión nuevas en dos sistemas de recolección y alejamiento de las aguas residuales (Plan Parcial Metropolitano y Plan Parcial Grupo Río San Juan para conducir el agua de las plantas de bombeo a cajas rompedoras de presión o cambio de régimen, a partir de las cuales el agua fluya por gravedad.

Estaciones de bombeo de aguas residuales.- Al construirse todos los colectores que se requieren para captar y bombear el agua que se generará en los nuevos centros de población realizar el equipamiento de 3 estaciones de bombeo (1, 3 y 22) y la construcción de 2 estaciones nuevas (45 y 46).

Ampliación de las plantas de tratamiento.- Se requiere de la ampliación de la planta de tratamiento # 2 con un trenes de tratamiento para 35 L/s, con los cuales se llegaría a una capacidad total de tratamiento de 785 L/s y de la planta de tratamiento #3 se requiere un tren adicional de 130 L/s, con los cuales se estaría llegando a una capacidad total de tratamiento de 540 L/s. Adicionalmente se requiere de ampliar la PTAR Pirámides con un tren de tratamiento de 20 L/s, para llegar a un total de 22 L/s.

Red de atarjeas.- se requiere ampliar la red de atarjeas en colonias que carecen del servicio, lo que implica la construcción de aproximadamente 125 Km de red de alcantarillado.

Rehabilitación y sustitución de tuberías dañadas.- es necesario continuar con la sustitución de las tuberías de concreto del centro y colonias circunvecinas que tienen una longitud de 227 Km.

En la siguiente tabla se presenta un resumen de las obras y requerimientos de la Alt No. 1 a largo plazo.

Tabla 258. Resumen de las obras de alcantarillado y saneamiento a largo plazo de la Alternativa No. 1

No.	Descripción	Unidad	Alt. 1
1	Colectores	Km	61.32
2	Líneas de impulsión	Km	5.57
3	Nueva EBAR	EBAR	2
4	Reingeniería de EBAR	EBAR	0
5	Reequipamiento de EBAR	EBAR	3
6	Nueva PTAR	L/s	0
7	Ampliación de PTAR	L/s	185
8	EBAR fuera de operación	EBAR	0

Alternativa No. 2

La alternativa No. 2 también contempla la recolección y alejamiento de las aguas residuales de las zonas de crecimiento establecidas en la planeación municipal, bajo la constante de la eficiencia operativa que ya

debe tener el sistema de alcantarillado y saneamiento en ese periodo. Esta Alternativa contempla la construcción de obras en los diferentes componentes del sistema tal y como se describen a continuación:

Colectores marginales y de alejamiento.- Se plantea la construcción de algunos sistema de colectores con un longitud total de 61.3 Km, que tengan como finalidad recolectar y conducir las aguas residuales que se generen en los nuevos centros de población hasta los sitios donde puedan descargar a colectores existentes y en algunos casos a descargar directamente a las PTARs existentes, tal es el caso de los dos colectores del Plan Parcial Metropolitano, que se plantea descarguen directamente a la PTAR #3.

Líneas de impulsión.- Se plantea la construcción de 5.6 Km de líneas de impulsión nuevas en dos sistemas de recolección y alejamiento de las aguas residuales (Plan Parcial Metropolitano y Plan Parcial Grupo Río San Juan para conducir el agua de las plantas de bombeo a cajas rompedoras de presión o cambio de régimen, a partir de las cuales el agua fluya por gravedad.

Estaciones de bombeo de aguas residuales.- Al construirse todos los colectores que se requieren para captar y bombear el agua que se generará en los nuevos centros de población realizar el equipamiento de 2 estaciones de bombeo (5 y 22) y la construcción de 2 estaciones nuevas (45 y 46).

Ampliación de las plantas de tratamiento.- Se requiere de la ampliación de la planta de tratamiento # 2 con un trenes de tratamiento para 285 L/s, con los cuales se llegaría a una capacidad total de tratamiento de 1,065 L/s y de la planta de tratamiento #3 se requiere un tren adicional de 65 L/s, con los cuales se estaría llegando a una capacidad total de tratamiento de 155 L/s. Adicionalmente se requiere de ampliar la PTAR Pirámides con un tren de tratamiento de 20 L/s, para llegar a un total de 22 L/s.

Red de atarjeas.- se requiere ampliar la red de atarjeas en colonias que carecen del servicio, lo que implica la construcción de aproximadamente 125 Km de red de alcantarillado.

Rehabilitación y sustitución de tuberías dañadas.- es necesario continuar con la sustitución de las tuberías de concreto del centro y colonias circunvecinas que tienen una longitud de 227 Km.

En la siguiente tabla se presenta un resumen de las obras y requerimientos de la Alt No. 2 a largo plazo.

Tabla 259. Resumen de las obras de alcantarillado y saneamiento a largo plazo de la Alternativa No. 2

No.	Descripción	Unidad	Alt. 1
1	Colectores	Km	61.32
2	Líneas de impulsión	Km	5.57
3	Nueva EBAR	EBAR	2
4	Reingeniería de EBAR	EBAR	0
5	Reequipamiento de EBAR	EBAR	2
6	Nueva PTAR	L/s	0
7	Ampliación de PTAR	L/s	375
8	EBAR fuera de operación	EBAR	0

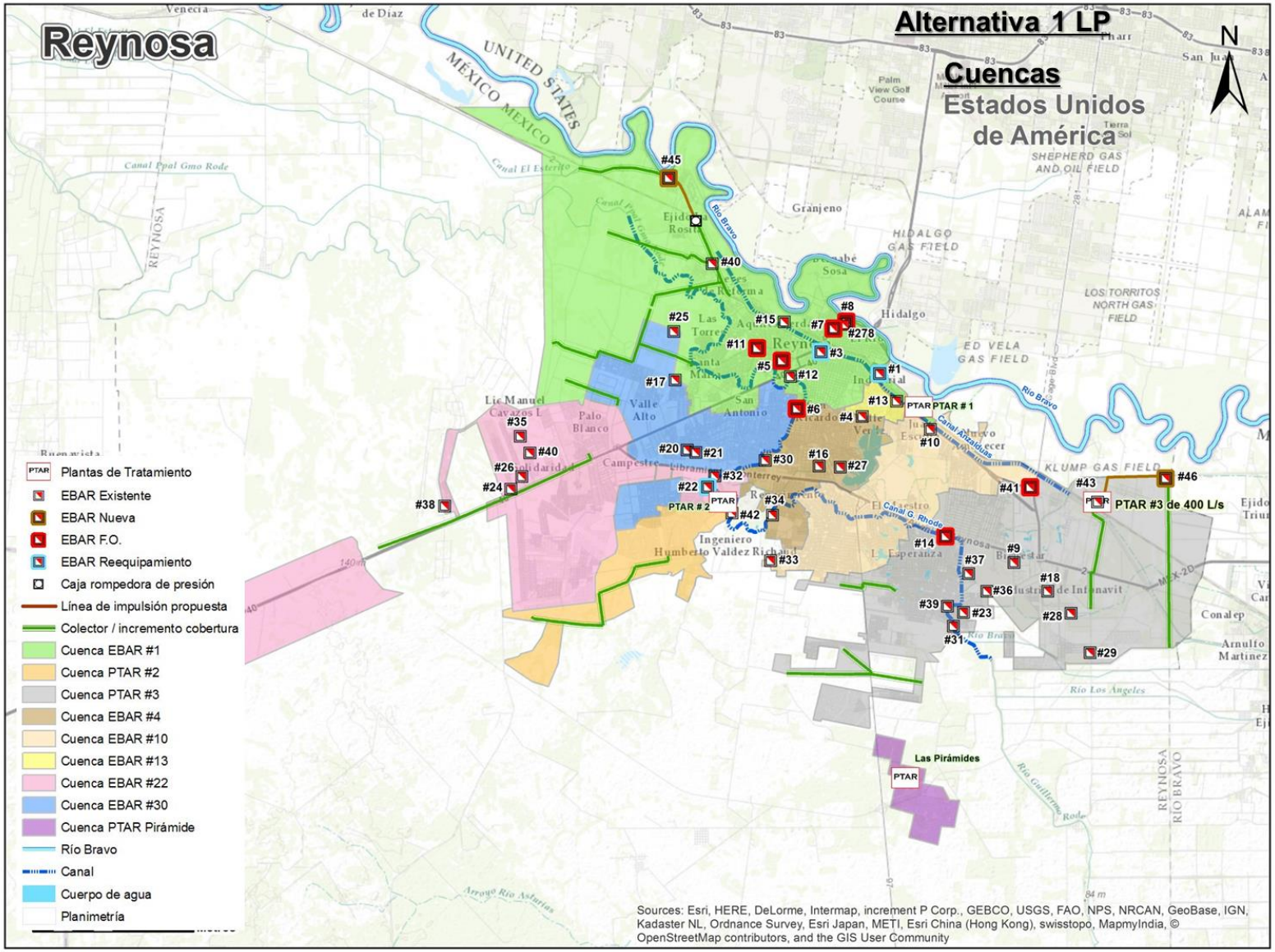


Figura 387. Cuencas Alternativa 1 Largo Plazo

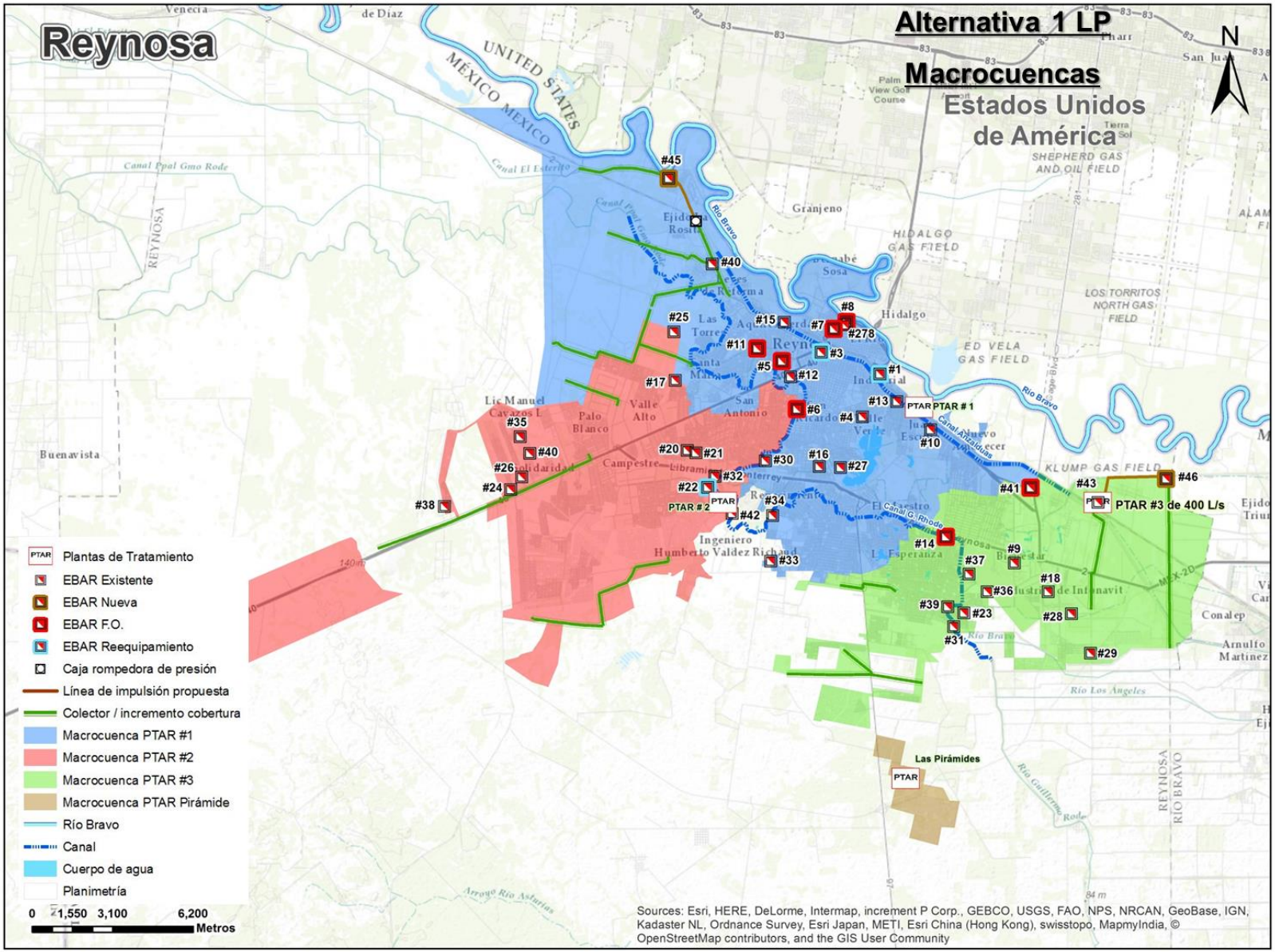


Figura 388. Macrocuencas Alternativa 1 Largo Plazo

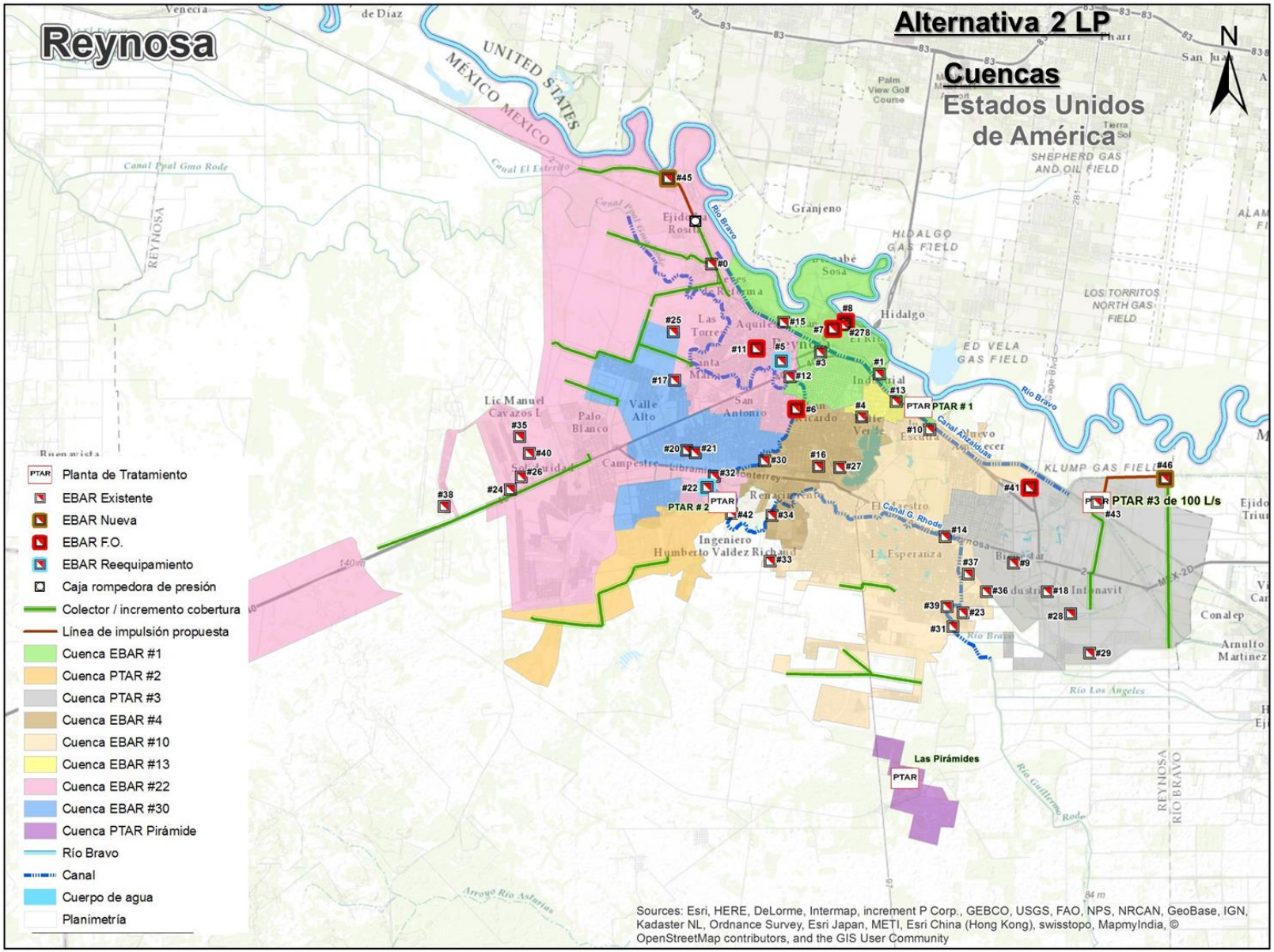


Figura 389. Cuencas Alternativa 2 Largo Plazo

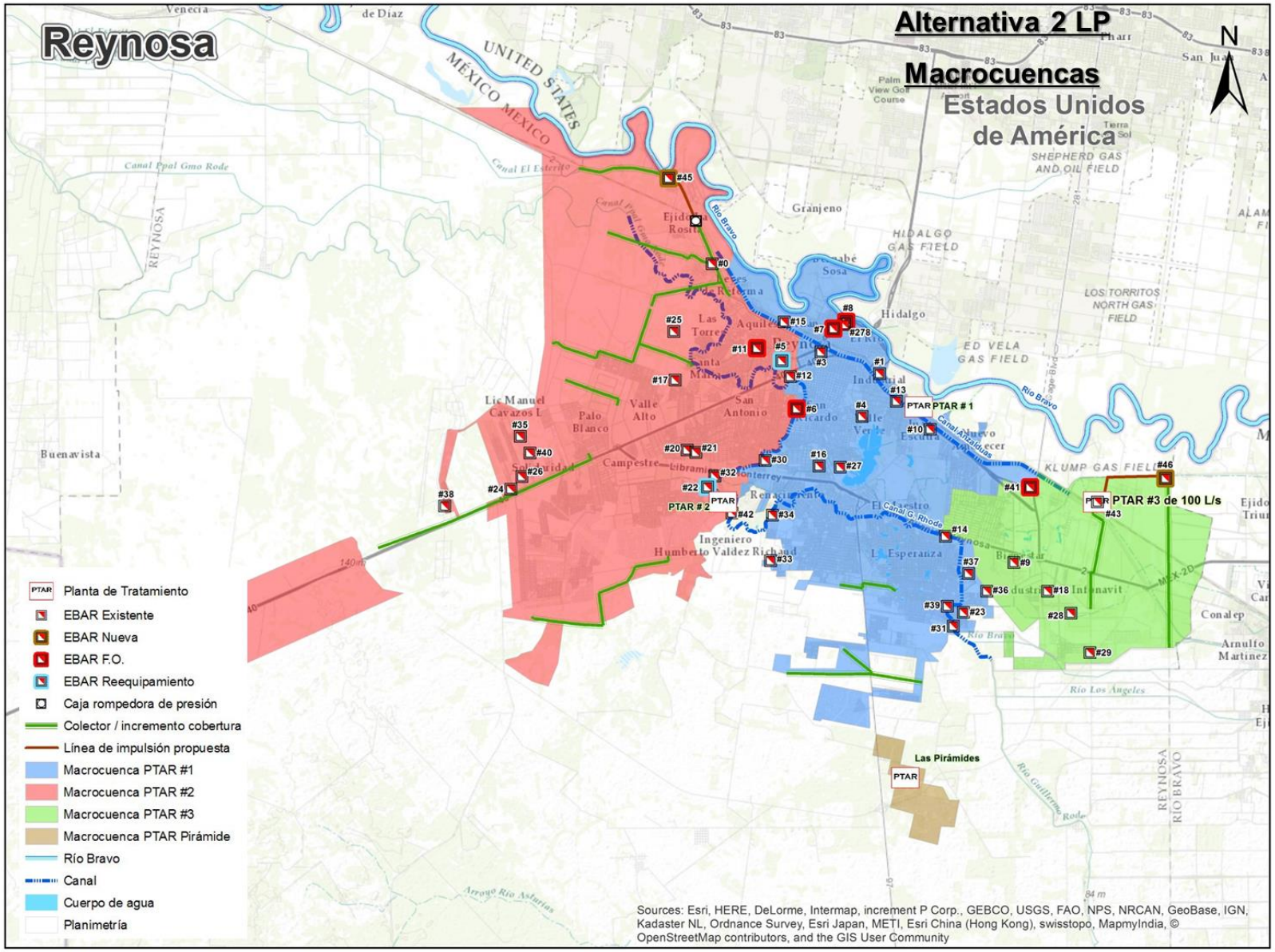


Figura 390. Macrocuencas Alternativa 2 Largo Plazo

En ambas alternativas de solución para Largo Plazo, se contempla la recolección y alejamiento de las aguas residuales de las zonas de crecimiento planeadas por el Municipio, incorporando para ello colectores, líneas de impulsión y estaciones de bombeo, así como continuar con el programa de rehabilitación de la infraestructura deteriorada de concreto que permita reducir el nivel de agua que se infiltra a las redes de drenaje con lo que se estarán mejorando las condiciones de salubridad y se contribuiría a una mejor calidad de vida para los habitantes de la ciudad de Reynosa.

Para un mejor entendimiento de los resultados de la modelación a largo plazo, se presenta en las siguientes figuras las obras que se requieren para recolectar y conducir hasta los colectores existentes o las PTAR existentes el agua residual que se genere en los nuevos centros de población planteados por el Municipio para los próximos años y décadas, sin considerar en absoluto descargas a cuerpos receptores sin previo tratamiento de las aguas residuales; reforzar los tramos de colectores cuya capacidad se vea rebasada al incorporarse los volúmenes de agua de los nuevos centros de población y por último reequipar las EBARs que también necesiten de aumentar su capacidad y construir nuevas EBAR para bombear los volúmenes de los nuevos centros de población.

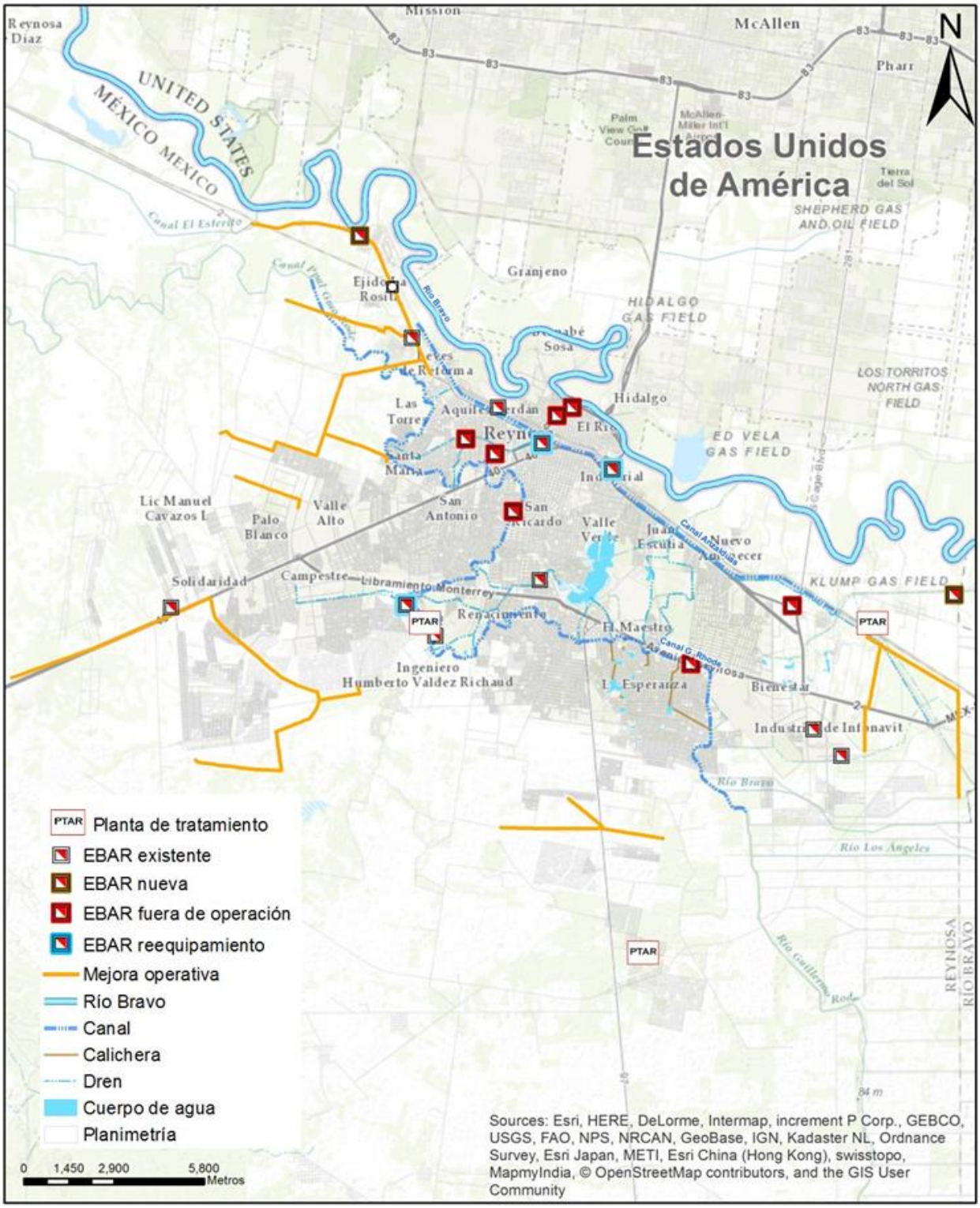


Figura 391. Obras de mejora operativa en el sistema de Alcantarillado de Alternativa No. 1 (L-P)

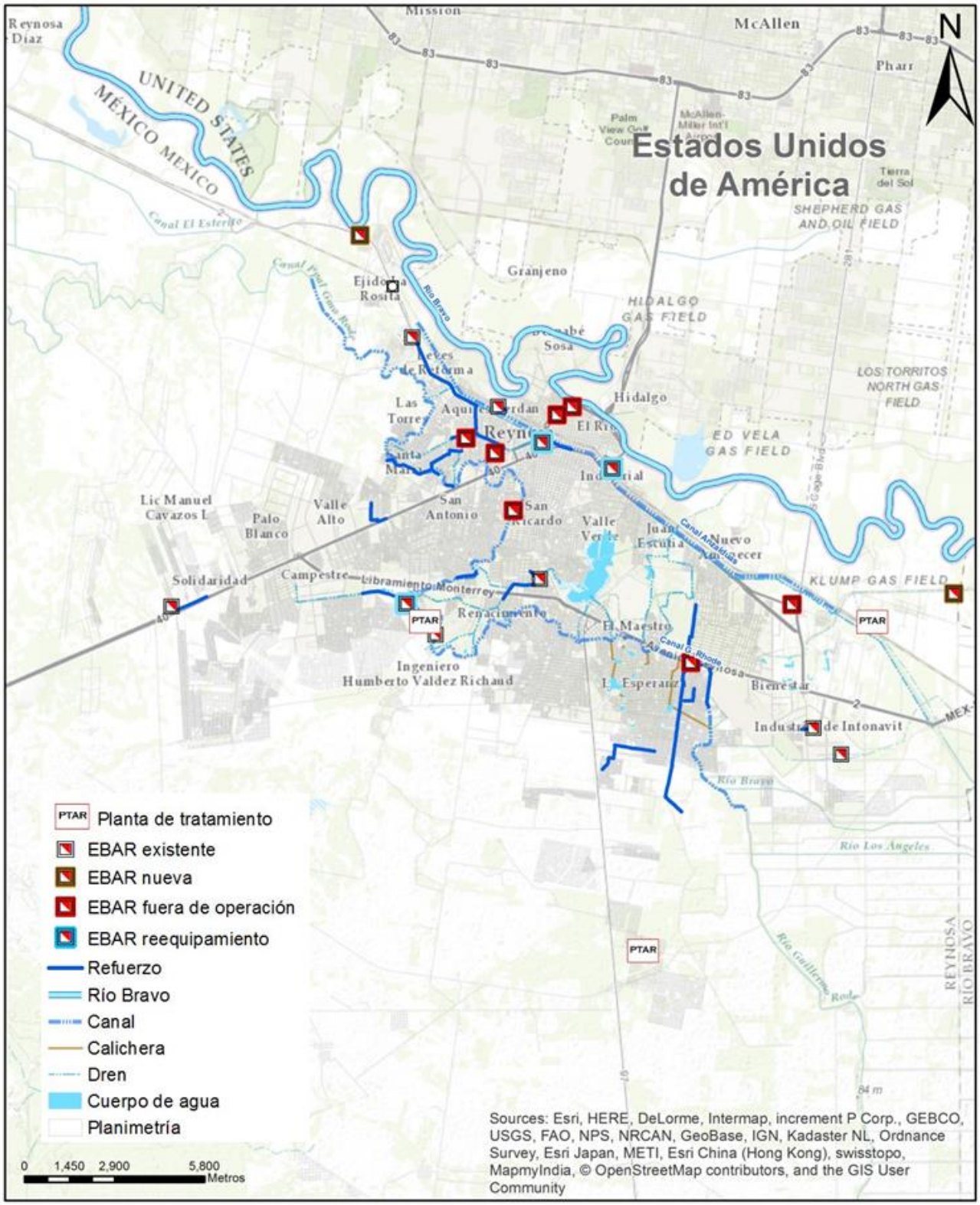


Figura 392. Reforzamiento de conductos en la Alternativa No. 1 (L-P)

En la siguiente tabla se presenta un resumen de las obras resultantes de la modelación hidráulica efectuada en el software SEWERGEMS y en el Anexo 21 se presenta el desglose de cada obra y en Anexo 16 se presenta los archivos de los planos de los resultados de la modelación en formato shapefile.

Tabla 260. Obras de cabeza de alcantarillado del modelo de simulación de la Alternativa No. 1 (L –P)

Tipo	Unidad	Largo Plazo
		Alternativa 1
Tuberías	**m**	**94,590**
Mejora Operativa a tubos a gravedad	**m**	**58,332**
Red de Atarjeas (20 a 25 cm)	m	0
Subcolectores (30 a 38 cm)	m	46,188
Colectores (45 a 152cm)	m	12,144
Sustitución y refuerzos a tubos a gravedad	**m**	**25,779**
Red de Atarjeas (20 a 25 cm)	m	0
Subcolectores (30 a 38 cm)	m	771
Colectores (45 a 152cm)	m	25,008
Mejora Operativa y refuerzos a tubos de presión (3 a 48'')	**m**	**10,479**
Estructuras		
Nuevas Plantas de Tratamiento	PTAR	0
	L/s	0.0
Ampliaciones Plantas de Tratamiento	PTAR	3
	L/s	185
Reingeniería y Reequipamiento	EBAR	35
	hp	1,820.0
Nuevas EBAR's	EBAR	2
	hp	20.0

Por último se presentan los resultados de la capacidad de los equipos de bombeo (hp) calculadas con el modelo de simulación para las condiciones de la Alternativa No. 1 a largo plazo de cada estación de bombeo, así como la determinación de la potencia comercial de los equipos que se requieren para bombear tanto el gasto medio como el gasto máximo instantáneo (con la suma del equipo 1 y 2) para cada estación de bombeo, partiendo de la suposición de que los equipos que se suministraran deben tener eficiencias electromecánica superiores al 65%.

Además se presenta el cálculo del consumo en kWh a partir de la suposición de que el equipo 1 calculado para bombear el gasto medio con infiltración opera 22 horas al día y el equipo 2 opera solo 8 horas al día, que es el tiempo aproximado en el que se presenta el gasto máximo instantáneo, por lo que en ese lapso de tiempo operan los dos equipos de bombeo, y por último se presenta el costo al año de energía eléctrica de las EBARs para la Alternativa No. 1 según el modelo de simulación.

Tabla 261. Selección de equipos de bombeo para las EBARs en la Alternativa No. 1 (L – P)

No.	ID	Nombre	Equipo 1 (Gasto Medio con Infiltraciones)						Equipo 2 (Gasto Máximo Instantáneo)				
			Datos (SewerGEMS)		Selección de Equipo				Datos (Sewer GEMS)	Selección de Equipo			
			Gasto Med. con Infilt. (L/s)	CDT (m)	No. Eq.	Gasto (L/s)	Equipo 1 (hp)	Efic.	Gasto Máx. Inst. (L/s)	No. Eq.	Gasto (L/s)	Equipo 2 (hp)	Efic.
1	EBAR # 1	Col. Industrial	579.81	11.84	1	290.0	60	70%	1,258.18	1	340.0	75	69%
					2	290.0	60	70%		2	340.0	75	69%
2	EBAR # 2	Zona Centro	49.50	6.58	1	40.0	5	65%	107.42	1	60.0	7.5	69%
3	EBAR # 3	Col. Longoria	399.65	8.11	1	130.0	20	69%	867.25	1	120.0	20	70%
					2	130.0	20	69%		2	120.0	20	70%
					3	130.0	20	69%		3	120.0	20	70%
					---	-----	-----	-----		4	120.0	20	70%
4	EBAR # 4	Col. Leal Puente	215.79	8.92	1	110.0	20	75%	468.26	1	260.0	40	68%
					2	110.0	20	75%		---	-----	-----	-----
5	EBAR # 5	Col. Hidalgo	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
6	EBAR # 6	Col. Módulo 2000	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
7	EBAR # 7	Zona Centro	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
8	EBAR # 8	Zona Centro	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
9	EBAR # 9	Parque Ind. Reynosa	54.09	8.53	1	54.0	10	67%	117.37	1	63.0	10	67%
10	EBAR # 10	Col. Ernesto Zedillo	357.50	12.65	1	120.0	25	74%	775.77	1	140.0	40	65%
					2	120.0	25	74%		2	140.0	40	65%
					3	120.0	25	74%		3	140.0	40	65%
11	EBAR # 11	Col. Las Torres	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
12	EBAR # 12	Col. Del Bosque Sur	5.08	3.30	1	6.5	0.5	68%	11.03	1	6.5	0.5	68%
13	EBAR # 13	Col. Las Delicias	35.10	5.69	1	45.0	5	69%	76.17	1	45.0	5	69%
14	EBAR # 14	Villas de IMAQ	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
15	EBAR # 15	Col. Módulo 2000 Rancho Grande	15.82	4.95	1	19.0	3	68%	34.33	1	19.0	3	68%
16	EBAR # 16	Col. Roma	113.80	10.47	1	115.0	20	75%	246.95	1	135.0	25	65%
17	EBAR # 17	Fracc. La Cima	2.54	15.62	1	4.5	3	68%	5.51	1	4.5	3	68%
18	EBAR # 18	Parque Industrial Colonial	31.29	8.00	1	32.0	5	72%	67.89	1	40.0	7.5	70%
19	EBAR # 20	Los Muros I	5.02	12.78	1	4.5	2	68%	10.89	1	8.0	5	68%
20	EBAR # 21	Los Muros II	2.15	7.61	1	7.0	2	68%	4.67	1	7.0	2	68%
21	EBAR # 22	Puertas del Sol	459.91	10.55	1	115.0	20	75%	998.00	1	135.0	25	70%
					2	115.0	20	75%		2	135.0	25	70%
					3	115.0	20	75%		3	135.0	25	70%
					4	115.0	20	75.00		4	135.0	25	70%
22	EBAR # 23	Riberas del Carmen	42.16	16.95	1	49.0	15	67%	91.49	1	49.0	15	67%
23	EBAR # 24	Los Fresnos	40.56	12.70	1	47.0	10	72%	88.01	1	47.0	10	72%

No.	ID	Nombre	Equipo 1 (Gasto Medio con Infiltraciones)						Equipo 2 (Gasto Máximo Instantáneo)				
			Datos (SewerGEMS)		Selección de Equipo				Datos (Sewer GEMS)	Selección de Equipo			
			Gasto Med. con Infilt. (L/s)	CDT (m)	No. Eq.	Gasto (L/s)	Equipo 1 (hp)	Efic.	Gasto Máx. Inst. (L/s)	No. Eq.	Gasto (L/s)	Equipo 2 (hp)	Efic.
24	EBAR # 25	Vista Hermosa	53.75	17.94	1	60.0	20	68%	116.63	1	60.0	20	68%
25	EBAR # 26	Loma Real	19.34	10.83	1	24.0	5	69%	41.97	1	24.0	5	69%
26	EBAR # 27	El Anhelo	4.85	6.32	1	3.5	0.5	68%	10.53	1	10.0	2	68%
27	EBAR # 28	Parque Ind. Colonial	2.88	3.09	1	9.0	1	68%	6.24	1	9.0	1	68%
28	EBAR # 29	El Campanario	2.47	8.27	1	7.0	1	68%	5.36	1	7.0	1	68%
29	EBAR # 30	Las Fuentes S/Lomas	496.61	22.19	1	250.0	100	66%	1,077.64	1	600.0	200	70%
					2	250.0	100	66%		---	----	----	----
30	EBAR # 31	Los Almendros II	7.90	5.99	1	11.0	2	68%	17.15	1	11.0	2	68%
31	EBAR # 32	Paseo del Prado	2.14	1.49	1	7.0	0.5	68%	4.64	1	7.0	0.5	68%
32	EBAR # 33	Ramón Pérez	6.19	12.78	1	8.5	5	68%	13.43	1	8.5	5	68%
33	EBAR # 34	Lomas del Pedregal	6.35	9.30	1	6.8	1	68%	13.78	1	7.8	2	68%
34	EBAR # 35	Los Pinos	8.83	3.42	1	9.5	1	68%	19.16	1	14.0	2	68%
35	EBAR # 36	Las Palmas	1.95	5.52	1	5.0	0.5	68%	4.24	1	5.0	0.5	68%
36	EBAR # 37	Aeropuerto	5.90	3.48	1	6.5	0.5	68%	12.80	1	9.0	1	68%
37	EBAR # 38	Los Arcos	53.91	0.00	G	-----	-----	-----	116.98	G	-----	-----	-----
38	EBAR # 39	Villa Esmeralda	20.66	7.11	1	19.0	5	68%	44.83	1	36.0	5	67%
39	EBAR # 40	Ventura	9.19	8.51	1	13.0	3	68%	19.95	1	13.0	3	68%
40	EBAR # 41	Agencia Aduanales	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
41	EBAR # 42	EBAR # 42	63.98	14.31	1	63.0	15	72%	138.84	1	74.0	20	68%
42	EBAR # 43	EBAR # 43	699.11	5.70	1	710.0	125	68%	1,517.07	1	290.0	30	63%
										2	290.0	30	63%
										3	290.0	30	63%
43	EBAR # 45	Río San Juan	20.30	11.35	1	24.0	5	72%	44.05	1	24.0	5	72%
44	EBAR # 46	Metropolitano	18.56	11.76	1	24.0	5	70%	40.27	1	24.0	5	70%
45	EBAR	Las Haciendas	79.12	10.79	1	80.0	15	67%	171.68	1	100.0	20	67%
Total			**3,993.7**			**4,024**	**867**		**8,666.4**		**4,777**	**974**	

Tabla 262. Consumos de kWh y Costos de Energía de las EBARs de la Alternativa No. 1 (L – P)

No.	ID	Nombre	Potencias y Costos de Operación					
			Selección de Equipo		Consumos E.E.			Importe Facturado
			Potencia Requerida Equipo 1 (hp)	Potencia Requerida Equipo 2 (hp)	Consumo E.E. Equipo 1 (kWh)	Consumo E.E. Equipo 2 (kWh)	Consumo de E.E kWh/año	Importe facturado $/año
1	EBAR # 1	Col. Industrial	60	75	89.5	111.9	1,045,173	1,899,764
			60	75				
2	EBAR # 2	Zona Centro	5	7.5	3.7	5.6	46,271	87,947
3	EBAR # 3	Col. Longoria	20	20	44.7	59.7	533,474	971,640
			20	20				
			20	20				
			-----	20				
4	EBAR # 4	Col. Leal Puente	20	40	29.8	29.8	326,617	596,441
			20	-----				
5	EBAR # 5	Col. Hidalgo	----	----	----	----	----	----
6	EBAR # 6	Col. Módulo 2000	----	----	----	----	----	----
7	EBAR # 7	Zona Centro	----	----	----	----	----	----
8	EBAR # 8	Zona Centro	----	----	----	----	----	----
9	EBAR # 9	Parque Ind. Reynosa	10	10	7.5	7.5	81,654	152,126
10	EBAR # 10	Col. Ernesto Zedillo	25	40	55.9	89.5	710,391	1,292,534
			25	40				
			25	40				
11	EBAR # 11	Col. Las Torres	----	----	----	----	----	----
12	EBAR # 12	Col. Del Bosque Sur	0.5	0.5	0.4	0.4	4,083	11,426
13	EBAR # 13	Col. Las Delicias	5	5	3.7	3.7	40,827	78,073
14	EBAR # 14	Villas de IMAQ	----	----	----	----	----	----
15	EBAR # 15	Col. Módulo 2000 Rancho Grande	3	3	2.2	2.2	24,496	48,452
16	EBAR # 16	Col. Roma	20	25	14.9	18.6	174,196	319,978
17	EBAR # 17	Fracc. La Cima	3	3	2.2	2.2	24,496	48,452
18	EBAR # 18	Parque Industrial Colonial	5	7.5	3.7	5.6	46,271	87,947
19	EBAR # 20	Los Muros I	2	5	1.5	3.7	22,863	45,490
20	EBAR # 21	Los Muros II	2	2	1.5	1.5	16,331	33,642
21	EBAR # 22	Puertas del Sol	20	25	59.7	74.6	696,782	1,267,850
			20	25				
			20	25				
			20	25				
22	EBAR # 23	Riberas del Carmen	15	15	11.2	11.2	122,481	226,178
23	EBAR # 24	Los Fresnos	10	10	7.5	7.5	81,654	152,126
24	EBAR # 25	Vista Hermosa	20	20	14.9	14.9	163,308	300,231
25	EBAR # 26	Loma Real	5	5	3.7	3.7	40,827	78,073
26	EBAR # 27	El Anhelo	0.5	2	0.4	1.5	7,349	17,350

No.	ID	Nombre	Potencias y Costos de Operación					
			Selección de Equipo		Consumos E.E.			Importe Facturado
			Potencia Requerida Equipo 1 (hp)	Potencia Requerida Equipo 2 (hp)	Consumo E.E. Equipo 1 (kWh)	Consumo E.E. Equipo 2 (kWh)	Consumo de E.E kWh/año	Importe facturado $/año
27	EBAR # 28	Parque Ind. Colonial	1	1	0.7	0.7	8,165	18,831
28	EBAR # 29	El Campanario	1	1	0.7	0.7	8,165	18,831
29	EBAR # 30	Las Fuentes S/Lomas	100 100	200 ----	149.1	149.1	1,633,083	2,966,120
30	EBAR # 31	Los Almendros II	2	2	1.5	1.5	16,331	33,642
31	EBAR # 32	Paseo del Prado	0.5	0.5	0.4	0.4	4,083	11,426
32	EBAR # 33	Ramón Pérez	5	5	3.7	3.7	40,827	78,073
33	EBAR # 34	Lomas del Pedregal	1	2	0.7	1.5	10,343	22,781
34	EBAR # 35	Los Pinos	1	2	0.7	1.5	10,343	22,781
35	EBAR # 36	Las Palmas	0.5	0.5	0.4	0.4	4,083	11,426
36	EBAR # 37	Aeropuerto	0.5	1	0.4	0.7	5,171	13,401
37	EBAR # 38	Los Arcos	-----	-----	-----	-----	-----	-----
38	EBAR # 39	Villa Esmeralda	5	5	3.7	3.7	40,827	78,073
39	EBAR # 40	Ventura	3	3	2.2	2.2	24,496	48,452
40	EBAR # 41	Agencia Aduanales	----	----	----	----	----	----
41	EBAR # 42	EBAR # 42	15	20	11.2	14.9	133,368	245,926
42	EBAR # 43	EBAR # 43	125	30 30 30	93.2	67.1	944,466	1,717,102
43	EBAR # 45	Río San Juan	5	5	3.7	3.7	40,827	78,073
44	EBAR # 46	Metropolitano	5	5	3.7	3.7	40,827	78,073
45	EBAR	Las Haciendas	15	20	11.2	14.9	133,368	245,926
Total			**866.5**	**973.5**	**646.1**	**725.9**	**7,308,319**	**13,404,655**

Como se observa en las tablas anteriores para desalojar tanto el gasto medio como el gasto máximo instantáneo de las estaciones de bombeo que forman parte esencial del sistema de recolección y alejamiento de las aguas residuales de la ciudad de Reynosa en la Alternativa No. 1 a largo Plazo, se requiere de equipos por un total de 1,840 HP, los cuales estarían consumiendo un total de 7, 308,319 kWh al año, lo que representa un gasto por concepto de energía eléctrica de $13.44 millones al año.

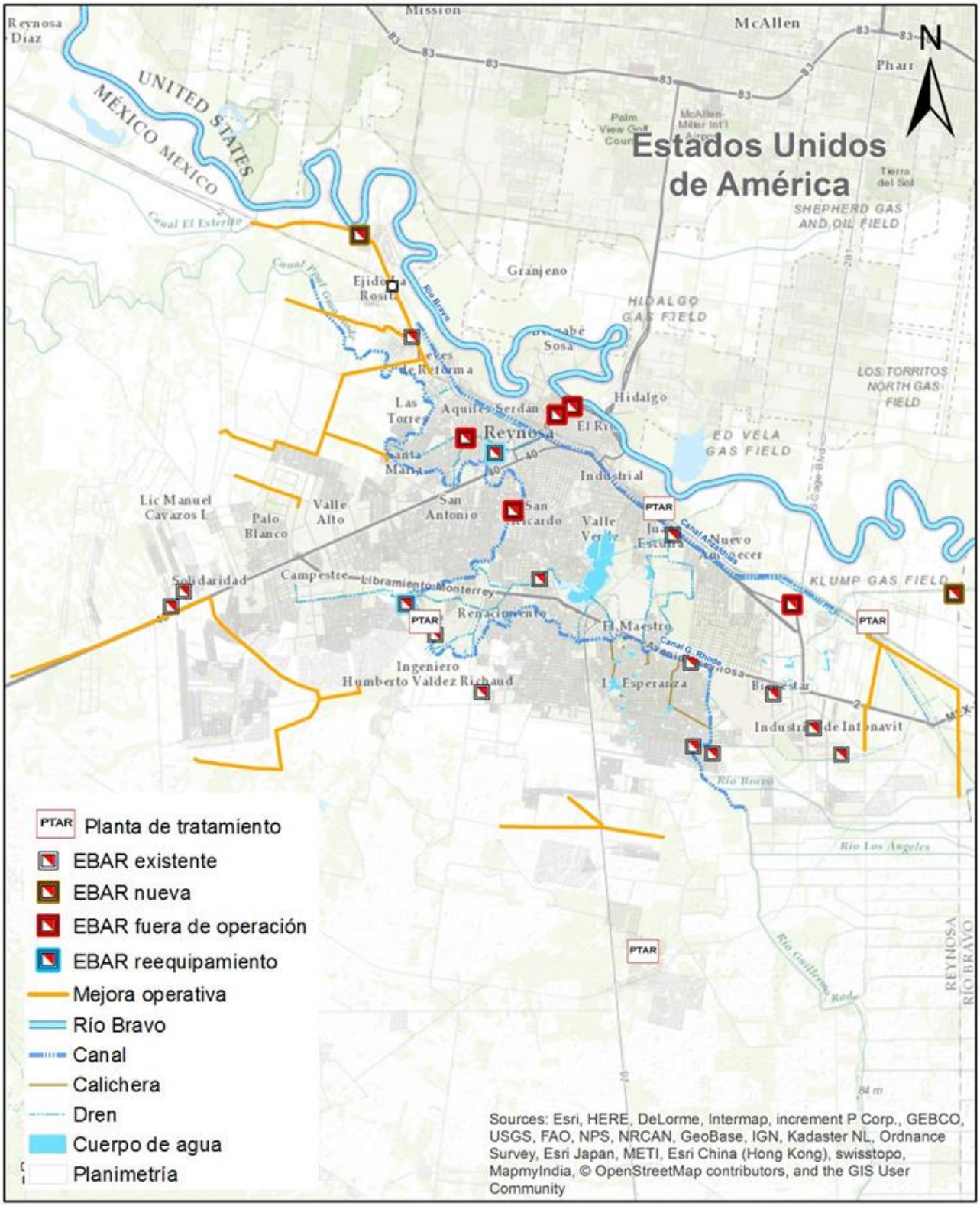


Figura 393. Mejora operativa en el sistema de Alcantarillado de Alternativa No. 2 (L-P)

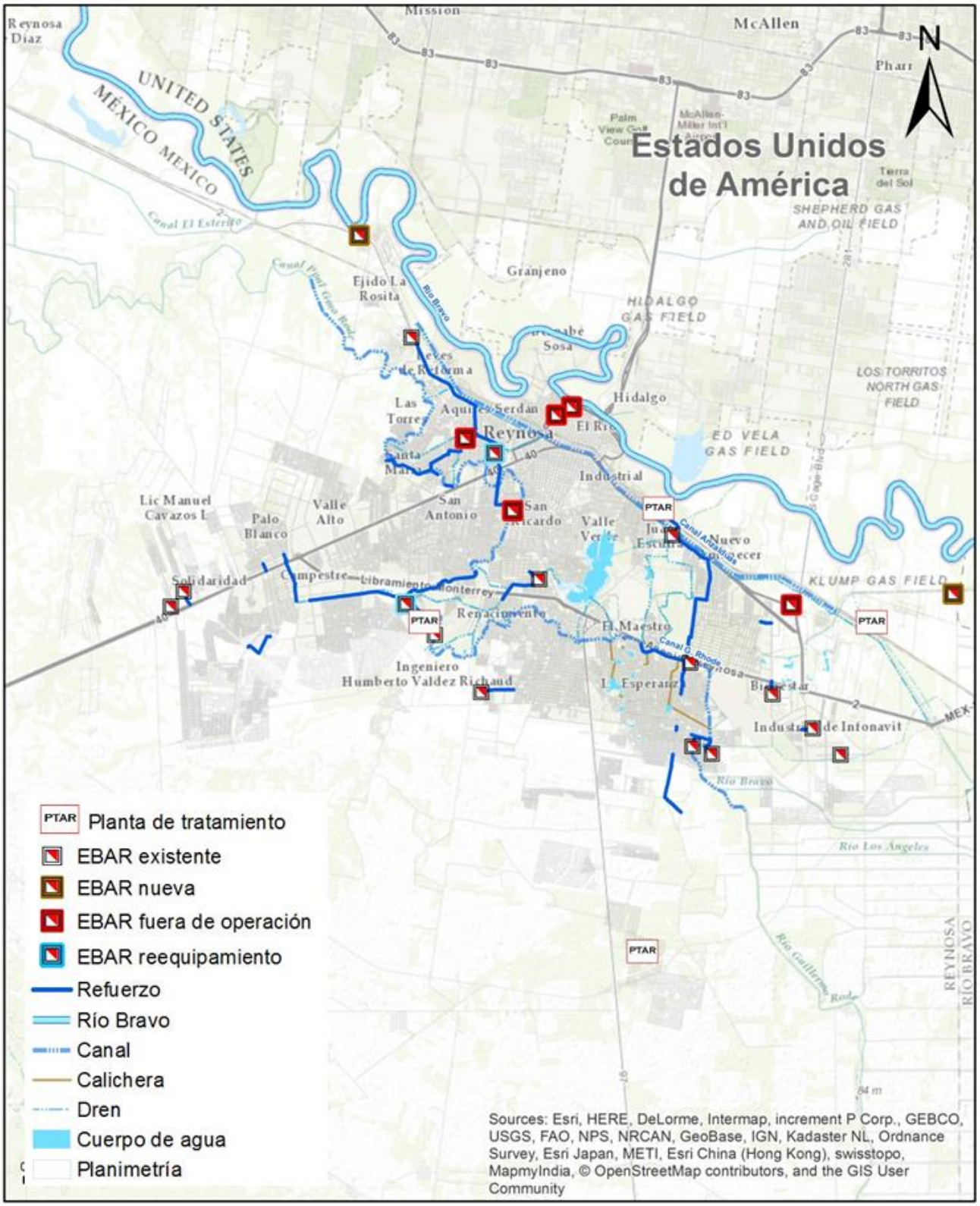


Figura 394. Refuerzos de conductos en la Alternativa No. 2 (L-P)

En la siguiente tabla se presenta un resumen de las obras resultantes de la modelación hidráulica efectuada en el software SEWERGEMS y en el Anexo 21 se presenta el desglose de cada obra y en Anexo 16 se presenta los archivos de los planos de los resultados de la modelación en formato shapefile.

Tabla 263. Obras de cabeza de alcantarillado del modelo de simulación de la Alternativa No. 2 (L –P)

Tipo	Unidad	Largo Plazo
		Alternativa 1
Tuberías	**m**	**104,660**
Mejora Operativa a tubos a gravedad	**m**	**58,260**
Red de Atarjeas (20 a 25 cm)	m	0
Subcolectores (30 a 38 cm)	m	47,938
Colectores (45 a 152cm)	m	10,323
Sustitución y refuerzos a tubos a gravedad	**m**	**25,898**
Red de Atarjeas (20 a 25 cm)	m	0
Subcolectores (30 a 38 cm)	m	169
Colectores (45 a 152cm)	m	25,729
Mejora Operativa y refuerzos a tubos de presión (3 a 48'')	**m**	**20,501**
Estructuras		
Nuevas Plantas de Tratamiento	PTAR	0
	L/s	0.0
Ampliaciones Plantas de Tratamiento	PTAR	3
	L/s	375
Reingeniería y Reequipamiento	EBAR	37
	hp	1,995.0
Nuevas EBAR's	EBAR	2
	hp	38.5

Por último se presentan los resultados de la capacidad de los equipos de bombeo (hp) calculadas con el modelo de simulación para las condiciones de la Alternativa No. 2 a largo plazo de cada estación de bombeo, así como la determinación de la potencia comercial de los equipos que se requieren para bombear tanto el gasto medio como el gasto máximo instantáneo (con la suma del equipo 1 y 2) para cada estación de bombeo, partiendo de la suposición de que los equipos que se suministraran deben tener eficiencias electromecánicas superiores al 65%.

Además se presenta el cálculo del consumo en kWh a partir de la suposición de que el equipo 1 calculado para bombear el gasto medio con infiltración opera 22 horas al día y el equipo 2 opera solo 8 horas al día, que es el tiempo aproximado en el que se presenta el gasto máximo instantáneo, por lo que en ese lapso de tiempo operan los dos equipos de bombeo, y por último se presenta el costo al año de energía eléctrica de las EBARs para la Alternativa No. 2 según el modelo de simulación.

Tabla 264. Selección de equipos de bombeo para las EBARs en la Alternativa No. 1 (L – P)

No.	ID	Nombre	Equipo 1 (Gasto Medio con Infiltraciones)						Equipo 2 (Gasto Máximo Instantáneo)				
			Datos (SewerGEMS)		Selección de Equipo				Datos (Sewer GEMS)	Selección de Equipo			
			Gasto Med. Con Infilt. (L/s)	CDT (m)	No. Eq.	Gasto (L/s)	Equipo 1 (hp)	Efi.	Gasto Máx. Inst. (L/s)	No. Eq.	Gasto (L/s)	Equipo 2 (hp)	Efi.
1	EBAR # 1	Col. Industrial	216.8	6.54	1	140.0	20	65%	470.55	1	130.0	20	70%
					2	80.0	10	65%		2	130.0	20	70%
2	EBAR # 2	Zona Centro	56.8	6.61	1	60.0	7.5	68%	123.35	1	66.0	10	65%
3	EBAR # 3	Col. Longoria	10.0	4.63	1	12.0	2	68%	21.62	1	12.0	2	68%
4	EBAR # 4	Col. Leal Puente	216.3	8.93	1	140.0	20	65%	469.36	1	130.0	20	70%
					2	80.0	10	65%		2	130.0	20	70%
5	EBAR # 5	Col. Hidalgo	373.0	20.82	1	190.0	75	67%	809.43	1	430.0	150	72%
					2	190.0	75	67%		2	-----	-----	-----
6	EBAR # 6	Col. Módulo 2000	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
7	EBAR # 7	Zona Centro	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
8	EBAR # 8	Zona Centro	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
9	EBAR # 9	Parque Ind. Reynosa	50.3	5.83	1	65.0	7.5	65%	109.15	1	65.0	7.5	65%
10	EBAR # 10	Col. Ernesto Zedillo	855.7	11.17	1	1,100.0	200	77%	1,856.89	1	1,100.0	200	77%
11	EBAR # 11	Col. Las Torres	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
12	EBAR # 12	Col. Del Bosque Sur	5.1	3.30	1	6.5	0.5	68%	11.03	1	6.5	0.5	68%
13	EBAR # 13	Col. Las Delicias	35.2	5.71	1	42.0	5	68%	76.47	1	42.0	5	68%
14	EBAR # 14	Villas de IMAQ	180.5	2.74	1	96.0	15	65%	391.73	1	130.0	20	68%
					2	96.0	15	65%		2	130.0	20	68%
15	EBAR # 15	Col. Módulo 2000 Rancho Grande	18.2	5.61	1	19.0	3	68%	39.43	1	21.0	5	68%
16	EBAR # 16	Col. Roma	114.1	8.36	1	130.0	20	68%	247.53	1	130.0	20	68%
17	EBAR # 17	Fracc. La Cima	2.5	15.62	1	4.7	3	68%	5.51	1	4.7	3	68%
18	EBAR # 18	Parque Industrial Colonial	29.1	6.27	1	37.0	5	68%	63.13	1	37.0	5	68%
19	EBAR # 20	Los Muros I	4.9	12.75	1	4.5	2	68%	10.67	1	9.0	3	68%
20	EBAR # 21	Los Muros II	2.7	7.70	1	7.5	1	68%	5.78	1	7.5	1	68%
21	EBAR # 22	Puertas del Sol	899.5	16.62	1	500.0	150	68%	1,951.88	1	1,100.0	150	70%
					2	500.0	150	68%		2	-----	-----	-----
22	EBAR # 23	Riberas del Carmen	47.3	12.46	1	45.0	10	73%	102.74	1	60.0	15	73%
23	EBAR # 24	Los Fresnos	31.1	15.77	1	28.0	5	70%	67.48	1	50.0	15	67%
24	EBAR # 25	Vista Hermosa	52.7	17.93	1	65.0	20	73%	114.28	1	65.0	20	73%
25	EBAR # 26	Loma Real	18.0	10.56	1	24.0	5	70%	39.06	1	24.0	5	70%
26	EBAR # 27	El Anhelo	4.6	6.32	1	9.5	2	68%	10.09	1	9.5	2	68%
27	EBAR # 28	Parque Ind. Colonial	3.8	2.78	1	7.0	0.5	68%	8.24	1	7.0	0.5	68%
28	EBAR # 29	El Campanario	2.5	8.27	1	6.0	2	68%	5.36	1	6.0	2	68%

No.	ID	Nombre	Equipo 1 (Gasto Medio con Infiltraciones)						Equipo 2 (Gasto Máximo Instantáneo)				
			Datos (SewerGEMS)		Selección de Equipo				Datos (Sewer GEMS)	Selección de Equipo			
			Gasto Med. Con Infilt. (L/s)	CDT (m)	No. Eq.	Gasto (L/s)	Equipo 1 (hp)	Efi.	Gasto Máx. Inst. (L/s)	No. Eq.	Gasto (L/s)	Equipo 2 (hp)	Efi.
29	EBAR # 30	Las Fuentes S/Lomas	420.6	16.79	1	105.0	30	70%	912.71	1	170.0	50	68%
					2	105.0	30	70%		2	170.0	50	68%
					3	105.0	30	70%		3	170.0	50	68%
					4	105.0	30	70%		4	----	----	----
30	EBAR # 31	Los Almendros II	8.9	6.04	1	10.0	2	68%	19.27	1	10.0	2	68%
31	EBAR # 32	Paseo del Prado	6.4	0.00	1	7.0	0.5	68%	13.82	1	7.0	0.5	68%
32	EBAR # 33	Ramón Pérez	6.5	9.54	1	6.5	1	68%	14.13	1	7.5	2	68%
33	EBAR # 34	Lomas del Pedregal	7.0	9.31	1	7.5	2	68%	15.22	1	7.5	2	68%
34	EBAR # 35	Los Pinos	8.8	3.42	1	9.5	1	68%	19.16	1	9.5	1	68%
35	EBAR # 36	Las Palmas	2.0	5.52	1	5.0	0.5	68%	4.24	1	5.0	0.5	68%
36	EBAR # 37	Aeropuerto	5.9	3.48	1	7.0	0.5	68%	12.80	1	7.0	0.5	68%
37	EBAR # 38	Los Arcos	72.2	0.00	G	-----	-----	-----	156.73	G	-----	-----	-----
38	EBAR # 39	Villa Esmeralda	25.4	7.01	1	36.0	5	70%	55.22	1	36.0	5	70%
39	EBAR # 40	Ventura	8.9	9.13	1	7.6	2	68%	19.28	1	14.0	3	68%
40	EBAR # 41	Agencia Aduanales	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
41	EBAR # 42	EBAR # 42	64.4	11.81	1	67.0	15	68%	139.83	1	78.0	20	68%
42	EBAR # 43	EBAR # 43	202.8	5.70	1	96.0	15	65%	440.08	1	84.0	10	65%
					2	96.0	15	65%		2	84.0	10	65%
					----	----	----	----		3	84.0	10	65%
43	EBAR # 45	Río San Juan	20.3	11.36	1	24.0	5	69%	44.05	1	24.0	5	69%
44	EBAR # 46	Metropolitano	17.3	11.33	1	24.0	5	69%	37.45	1	24.0	5	69%
45	EBAR	Las Haciendas	77.5	10.71	1	80.0	15	67%	168.17	1	95.0	20	65%
Total			**4185.7**			**4,587.8**	**1046**		**9,082.92**		**5,118.7**	**988**	

Tabla 265. Consumos de kWh y Costos de Energía de las EBARs de la Alternativa No. 2 (L – P)

No.	ID	Nombre	Potencias y Costos de Operación					
			Selección de Equipo		Consumos E.E.			Importe Facturado
			Equipo 1 (hp)	Equipo 2 (hp)	Consumo E.E. Equipo 1 (kWh)	Consumo E.E. Equipo 2 (kWh)	Consumo de E.E kWh/año	Importe facturado $/año
1	EBAR # 1	Col. Industrial	20	20	22.37	29.83	266,736.89	487,830
			10	20				
2	EBAR # 2	Zona Centro	7.5	10	5.59	7.46	66,684.22	124,973

No.	ID	Nombre	Potencias y Costos de Operación					
			Selección de Equipo		Consumos E.E.			Importe Facturado
			Equipo 1 (hp)	Equipo 2 (hp)	Consumo E.E. Equipo 1 (kWh)	Consumo E.E. Equipo 2 (kWh)	Consumo de E.E kWh/año	Importe facturado $/año
3	EBAR # 3	Col. Longoria	2	2	1.49	1.49	16,330.83	33,642
4	EBAR # 4	Col. Leal Puente	20	20	22.37	29.83	266,736.89	487,830
			10	20				
5	EBAR # 5	Col. Hidalgo	75	150	111.86	111.86	1,224,812.25	2,225,595
			75	-----				
6	EBAR # 6	Col. Módulo 2000	----	----	----	----	----	----
7	EBAR # 7	Zona Centro	----	----	----	----	----	----
8	EBAR # 8	Zona Centro	----	----	----	----	----	----
9	EBAR # 9	Parque Ind. Reynosa	7.5	7.5	5.59	5.59	61,240.61	115,099
10	EBAR # 10	Col. Ernesto Zedillo	200	200	149.14	149.14	1,633,083.00	2,966,120
11	EBAR # 11	Col. Las Torres	----	----	----	----	----	----
12	EBAR # 12	Col. Del Bosque Sur	0.5	0.5	0.37	0.37	4,082.71	11,426
13	EBAR # 13	Col. Las Delicias	5	5	3.73	3.73	40,827.08	78,073
14	EBAR # 14	Villas de IMAQ	15	20	22.37	29.83	266,736.89	487,830
			15	20				
15	EBAR # 15	Col. Módulo 2000 Rancho Grande	3	5	2.24	3.73	28,851.13	56,351
16	EBAR # 16	Col. Roma	20	20	14.91	14.91	163,308.30	300,231
17	EBAR # 17	Fracc. La Cima	3	3	2.24	2.24	24,496.25	48,452
18	EBAR # 18	Parque Industrial Colonial	5	5	3.73	3.73	40,827.08	78,073
19	EBAR # 20	Los Muros I	2	3	1.49	2.24	18,508.27	37,591
20	EBAR # 21	Los Muros II	1	1	0.75	0.75	8,165.42	18,831
21	EBAR # 22	Puertas del Sol	150	150	223.71	111.86	2,123,007.90	3,854,750
			150	-----				
22	EBAR # 23	Riberas del Carmen	10	15	7.46	11.19	92,541.37	171,873
23	EBAR # 24	Los Fresnos	5	15	3.73	11.19	62,601.52	117,568
24	EBAR # 25	Vista Hermosa	20	20	14.91	14.91	163,308.30	300,231
25	EBAR # 26	Loma Real	5	5	3.73	3.73	40,827.08	78,073
26	EBAR # 27	El Anhelo	2	2	1.49	1.49	16,330.83	33,642
27	EBAR # 28	Parque Ind. Colonial	0.5	0.5	0.37	0.37	4,082.71	11,426
28	EBAR # 29	El Campanario	2	2	1.49	1.49	16,330.83	33,642
29	EBAR # 30	Las Fuentes S/Lomas	30	50	89.48	111.86	1,045,173.12	1,899,764
			30	50				
			30	50				
			30	----				

No.	ID	Nombre	Potencias y Costos de Operación					
			Selección de Equipo		Consumos E.E.			Importe Facturado
			Equipo 1 (hp)	Equipo 2 (hp)	Consumo E.E. Equipo 1 (kWh)	Consumo E.E. Equipo 2 (kWh)	Consumo de E.E kWh/año	Importe facturado $/año
30	EBAR # 31	Los Almendros II	2	2	1.49	1.49	16,330.83	33,642
31	EBAR # 32	Paseo del Prado	0.5	0.5	0.37	0.37	4,082.71	11,426
32	EBAR # 33	Ramón Pérez	1	2	0.75	1.49	10,342.86	22,781
33	EBAR # 34	Lomas del Pedregal	2	2	1.49	1.49	16,330.83	33,642
34	EBAR # 35	Los Pinos	1	1	0.75	0.75	8,165.42	18,831
35	EBAR # 36	Las Palmas	0.5	0.5	0.37	0.37	4,082.71	11,426
36	EBAR # 37	Aeropuerto	0.5	0.5	0.37	0.37	4,082.71	11,426
37	EBAR # 38	Los Arcos	-----	-----	-----	-----	-----	-----
38	EBAR # 39	Villa Esmeralda	5	5	3.73	3.73	40,827.08	78,073
39	EBAR # 40	Ventura	2	3	1.49	2.24	18,508.27	37,591
40	EBAR # 41	Agencia Aduanales	----	----	----	----	----	----
41	EBAR # 42	EBAR # 42	15	20	11.19	14.91	133,368.45	245,926
42	EBAR # 43	EBAR # 43	15	10	22.37	22.37	244,962.45	448,336
			15	10				
			----	10				
43	EBAR # 45	Río San Juan	5	5	3.73	3.73	40,827.08	78,073
44	EBAR # 46	Metropolitano	5	5	3.73	3.73	40,827.08	78,073
45	EBAR	Las Haciendas	15	20	11.19	14.91	133,368.45	245,926
Total			**1,046**	**988**	**779.63**	**736.75**	**8,411,738**	**15,414,088**

Como se observa en las tablas anteriores para desalojar tanto el gasto medio como el gasto máximo instantáneo de las estaciones de bombeo que forman parte esencial del sistema de recolección y alejamiento de las aguas residuales de la ciudad de Reynosa en la Alternativa No. 2, se requiere de equipos por un total de 1,811 HP, los cuales estarían consumiendo un total de 7, 401,404 kWh al año, lo que representa un gasto por concepto de energía eléctrica de $13.57 millones al año.

A continuación se presentan unas tablas donde se hace un comparativo de las obras, equipamientos de las EBARs y los costos de operación entre las dos Alternativas analizadas a largo plazo.

Tabla 266. Obras requeridas en las Alternativas a largo plazo de Alcantarillado y Saneamiento en Reynosa

Tipo	Unidad	Largo Plazo			
		Alternativa 1		Alternativa 2	
		Mejora Operativa	Refuerzos / Sustitución	Mejora Operativa	Refuerzos / Sustitución
Tubos a gravedad	**m**	**58,331.9**	**25,778.8**	**58,260.3**	**25,898.3**
Red de Atarjeas	**m**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**
20 cm	m	0.00	0.00	0.00	0.00
25 cm	m	0.00	0.00	0.00	0.00
Subcolectores	**m**	**46,187.8**	**770.5**	**47,937.7**	**169.3**
30 cm	m	24,293.22	770.51	26,310.00	169.33
38 cm	m	21,894.53	0.00	21,627.67	0.00
Colectores	**m**	**12,144.2**	**25,008.3**	**10,322.7**	**25,729.0**
45 cm	m	10,630.34	4,344.21	8,727.48	588.18
61 cm	m	1,513.82	3,702.20	1,485.33	4,082.05
76 cm	m	0.00	6,746.87	0.00	6,149.46
91 cm	m	0.00	1,242.39	109.84	2,429.43
107 cm	m	0.00	3,893.50	0.00	3,442.90
122 cm	m	0.00	5,079.14	0.00	9,036.96
152 cm	m	0.00	0.00	0.00	0.00
Tubos a presión	**m**	**4,923.6**	**5,555.9**	**4,923.6**	**13,333.2**
3 ''	m	0.00	0.00	0.00	0.00
4 ''	m	0.00	63.63	0.00	0.00
6 ''	m	0.00	0.00	0.00	63.63
8 ''	m	0.00	290.33	0.00	1,065.52
10 ''	m	2,891.92	377.94	4,923.55	479.09
12 ''	m	2,031.63	664.60	0.00	382.94
14 ''	m	0.00	711.88	0.00	1,017.63
16 ''	m	0.00	0.00	0.00	1,757.29
18 ''	m	0.00	983.47	0.00	0.00
20''	m	0.00	1,497.49	0.00	1,916.84
30 ''	m	0.00	0.00	0.00	1,864.20
36 ''	m	0.00	966.59	0.00	1,094.94
42 ''	m	0.00	0.00	0.00	3,691.12
48 ''	m	0.00	0.00	0.00	2,244.48
Nuevas Plantas de Tratamiento	PTAR	0		0	
	L/s	0		0	
Ampliaciones Plantas de Tratamiento	PTAR	3		3	
	L/s	185		375	
Reingeniería y Reequipamiento	EBAR	35		37	
	hp	1,820.0		1,995.0	
Nuevas EBAR's	EBAR	2		2	
	hp	20		38.5	

Tabla 267. Equipamiento de las EBARs en condiciones actuales y en las Alternativas a largo plazo

No.	ID	Nombre	Alt 1 LP			Alt 2 LP		
			Status Obra	hp	Q	Status Obra	hp	Q
1	EBAR # 1	Col. Industrial	EB-REQ	270	1,258.2	EB-REQ	70	470.6
2	EBAR # 2 / 278	Zona Centro	EB-REQ	12.50	107.4	EB-REQ	17.50	123.4
3	EBAR # 3	Col. Longoria	EB-REQ	140	867.3	EB-REQ	4	21.6
4	EBAR # 4	Col. Leal Puente	EB-REQ	80	468.3	EB-REQ	70	469.4
5	EBAR # 5	Col. Hidalgo	**F.O.**	-----	-----	EB-REQ	300	809.4
6	EBAR # 6	Col. Módulo 2000	**F.O.**	-----	-----	**F.O.**	-----	-----
7	EBAR # 7	Zona Centro	**F.O.**	-----	-----	**F.O.**	-----	-----
8	EBAR # 8	Zona Centro	**F.O.**	-----	-----	**F.O.**	-----	-----
9	EBAR # 9	Parque Ind. Reynosa	EB-REQ	20	117.4	EB-REQ	15	109.2
10	EBAR # 10	Col. Ernesto Zedillo	EB-REQ	195	775.8	EB-REQ	400	1,856.9
11	EBAR # 11	Col. Las Torres	**F.O.**	-----	-----	**F.O.**	-----	-----
12	EBAR # 12	Col. Del Bosque Sur	EB-REQ	1	11.0	EB-REQ	1	11.0
13	EBAR # 13	Col. Las Delicias	EB-REQ	10	76.2	EB-REQ	10	76.5
14	EBAR # 14	Villas de IMAQ	**F.O.**	-----	-----	EB-REQ	70	391.7
15	EBAR # 15	Col. Módulo 2000 Rancho Grande	EB-REQ	6	34.3	EB-REQ	8	39.4
16	EBAR # 16	Col. Roma	EB-REQ	45	247.0	EB-REQ	40	247.5
17	EBAR # 17	Fracc. La Cima	EB-REQ	6	5.5	EB-REQ	6	5.5
18	EBAR # 18	Parque Industrial Colonial	EB-REQ	12.5	67.9	EB-REQ	10	63.1
19	EBAR # 20	Los Muros I	EB-REQ	7	10.9	EB-REQ	5	10.7
20	EBAR # 21	Los Muros II	EB-REQ	4	4.7	EB-REQ	2	5.8
21	EBAR # 22	Puertas del Sol	EB-REQ	180	998.0	EB-REQ	450	1,951.9
22	EBAR # 23	Riberas del Carmen	EB-REQ	30	91.5	EB-REQ	25	102.7
23	EBAR # 24	Los Fresnos	EB-REQ	20	88.0	EB-REQ	20	67.5
24	EBAR # 25	Vista Hermosa	EB-REQ	40	116.6	EB-REQ	40	114.3
25	EBAR # 26	Loma Real	EB-REQ	10	42.0	EB-REQ	10	39.1
26	EBAR # 27	El Anhelo	EB-REQ	2.5	10.5	EB-REQ	4	10.1
27	EBAR # 28	Parque Ind. Colonial	EB-REQ	2	6.2	EB-REQ	1	8.2
28	EBAR # 29	El Campanario	EB-REQ	2	5.4	EB-REQ	4	5.4
29	EBAR # 30	Las Fuentes S/Lomas	EB-REQ	400	1,077.6	EB-REQ	270	912.7
30	EBAR # 31	Los Almendros II	EB-REQ	4	17.2	EB-REQ	4	19.3
31	EBAR # 32	Paseo del Prado	EB-REQ	1	4.6	EB-REQ	1	13.8

No.	ID	Nombre	Alt 1 LP			Alt 2 LP		
			Status Obra	hp	Q	Status Obra	hp	Q
32	EBAR # 33	Ramón Pérez	EB-REQ	10	13.4	EB-REQ	3	14.1
33	EBAR # 34	Lomas del Pedregal	EB-REQ	3	13.8	EB-REQ	4	15.2
34	EBAR # 35	Los Pinos	EB-REQ	3	19.2	EB-REQ	2	19.2
35	EBAR # 36	Las Palmas	EB-REQ	1	4.2	EB-REQ	1	4.2
36	EBAR # 37	Aeropuerto	EB-REQ	1.5	12.8	EB-REQ	1	12.8
37	EBAR # 38	Los Arcos (por gravedad)	**F.O.**	-----	-----	**F.O.**	-----	-----
38	EBAR # 39	Villa Esmeralda	EB-REQ	10	44.8	EB-REQ	10	55.2
39	EBAR # 40	Ventura	EB-REQ	6	20.0	EB-REQ	5	19.3
40	EBAR # 41	Agencia Aduanales	**F.O.**	-----	----	**F.O.**	-----	-----
41	EBAR # 42	EBAR # 42	EB-REQ	35	138.8	EB-REQ	35	139.8
42	EBAR # 43	EBAR # 43	EB-REQ	215	1,517.1	EB-REQ	60	440.1
43	EBAR # 45	Río San Juan	EB-CONS	10	44.1	EB-CONS	10	44.1
44	EBAR # 46	Metropolitano	EB-CONS	10	40.3	EB-CONS	10	37.5
45	EBAR	Las Haciendas	EB-REQ	35	171.7	EB-REQ	35	168.2
Suma				**1,840**			**2,034**	

Tabla 268. Resumen de costos de energía eléctrica en condiciones actuales y en las Alternativas a largo plazo

No.	Descripción	Unidad	C.A.	Alt. 1	Alt. 2
1	Potencia requerida para bombear el Q máximo instantáneo	HP	4,003	1,840.0	2,033.5
2	Consumo de Energía Eléctrica	Mill kWh/año	15.81	7.31	8.41
3	Monto de cargo por Energía Eléctrica	Mill $/año	28.84	13.40	15.41

Como se observa en esta última tabla el reequipamiento de las EBARs con equipos de eficiencias electromecánicas de más de 65%, les permitiría tener un ahorro con cualquiera de las dos alternativas de más de $ 15 Millones al año, lo que asegura la rentabilidad de la inversión requerida para cambiar los equipos, con un periodo de amortización de 18 a 24 meses.

3.2.3. Saneamiento

Para el análisis y selección de los sistemas alternativos de tratamiento en las plantas, fue imprescindible conocer un conjunto de información que tienen que ver con la cantidad y calidad de las aguas crudas a tratar y las normas de calidad con las que debe de cumplir el efluente de las plantas de tratamiento, ya que a partir de esta información es posible determinar los distintos conjuntos de procesos que pueden ajustar las características del influente a las características deseadas.

Para evaluar las alternativas de tratamiento y poder escoger la más apropiada para cada caso en particular, fue necesario considerar las siguientes condicionantes:

1. Procesos actuales que se tienen en cada una de las PTAR existentes
2. Disponibilidad de terrenos para llevar a cabo la ampliación o la construcción de nuevas plantas
3. La calidad del agua del influente
4. Las condiciones particulares de descarga fijadas en el permiso de descarga y en la NOM -001 – ECOL -1996
5. Cantidad de agua a tratar y…
6. El Costo del m³ tratado en cada proceso.

En este sentido se presenta en las siguientes tablas y figuras información básica para la selección de los procesos

Tabla 269. Procesos de tratamiento de las PTAR en Reynosa

No.	Nombre de la PTAR	Operado por	Tipo	Status	Año de Construcción	Capacidad Total de la Planta L/s	Cuerpo Receptor	Tipo de Cuerpo receptor (LFD)
1	PTAR #1 Nvo. Tamaulipas	COMAPA	Lagunas de oxidación Lodos activados convencional	En operación	1970 2008	1,000	Descarga al canal El Anhelo	B
2	PTAR #2 Puerta del Sol	COMAPA	Filtros percoladores	En operación	2004	750	Descarga al Dren Sta. Anita	B
4	PTAR #3 Las Pirámides	---	Mecanizada, lodos activados	En operación	-------	2	Descarga al Canal Rodhe	B

Tabla 270. Título de Asignación y permiso de descarga NO. O6TAM100226/24HAOC08

No.	Volumen de la descarga (m^3/año)	Cuerpo Receptor	Tipo de descarga	Latitud	Longitud
1	22,548,240	Dren del Anhelo	Servicio urbano municipal	26°01´52.9´´	098°10´53.2´´
2	15,768,000	Dren Santa Anita	Público urbano	26°01´47.3´´	098°19´41.6´´

Tabla 271. Condiciones particulares de descarga a las que se debe ajustar el permiso

Parámetro	CPD Promedio Mensual		LFD NOM-001-ECOL-1996
	Dren del Anhelo	Dren Sta. Anita	Ríos Uso Público Urbano (B)
Arsénico total (mg/L)	0.1	0.1	0.1
Cadmio (mg/L)	0.1	0.1	0.1
Cianuro total (mg/L)	1.0	1.0	1.0
Cobre total (mg/L)	4.0	4.0	4.0
Coliformes fecales (NMP/100 mL)	1000	1000	
Cromo total (mg/L)	0.5	0.5	0.5
DBO5 (mg/L)	**75**	**75**	**75**
Grasas y aceites (mg/L)	15	15	15
Huevos de helminton (org/L)		5	
Materia flotante (Malla de 3 mm2)	Ausente	Ausente	Ausente
Mercurio total (mg/L)	0.005	0.005	0.005
Níquel total (mg/L)	2.0	2.0	2.0
Plomo total (mg/L)	0.2	0.2	0.2
SST (mg/L)	**75**	**75**	**75**
Solidos sedimentables (mg/L)	1.0	1.0	1.0
Temperatura (°C)	40	40	40
Zinc total (mg/L)	10	10	10

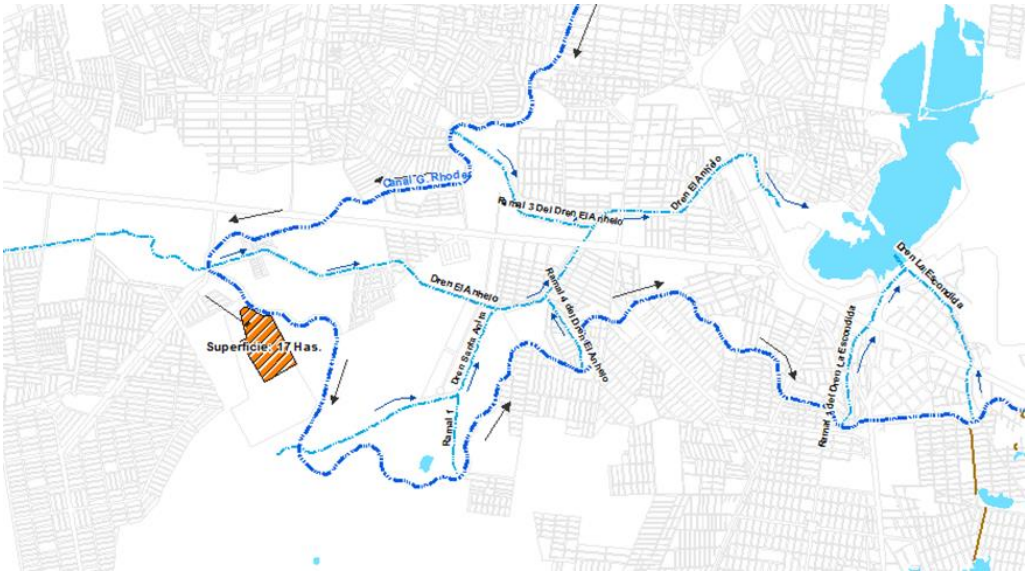


Figura 395. Predio donde se localiza la Planta de Tratamiento No. 2



Figura 396. Predio de la COMAPA en el ejido Sta. Anita, para una nueva PTAR

Como se observa en las figuras la COMAPA cuenta con un terreno en el ejido de Sta. Anita con una superficie de 94 Ha para la construcción de una nueva planta de tratamiento, así como un terreno en donde se construye el tercer módulo de la PTAR #2 de 17 Ha.

Por otro lado, la calidad del agua residual que llega a las PTAR no es monitoreada y analizada por la COMAPA por lo que no se cuenta con una caracterización de la misma, sin embargo, se sabe que es de origen municipal, motivos por los cuales se adoptó para el análisis de las alternativas de tratamiento lo que recomienda la CONAGUA en sus MAPAS como aportación promedio de contaminante por habitante (g/hab – día), con un valor para la DBO_5 de 54 g/hab – día.

Por último en cuanto a la cantidad de las aguas crudas a tratar se presenta en las siguientes tablas un resumen de los requerimientos de tratamiento en las PTARs existentes y de proyecto planteado en el análisis de alternativas a corto, mediano y largo plazo.

Tabla 272. Requerimientos de Tratamiento en la Alternativa No. 1 a corto, mediano y largo plazo

PTAR	Actual (L/s)	CM –P (L/s)	L – P (L/s)	Total (L/s)	Capacidad Total (L/s)
PTAR #1	1,000	0	0	**0**	1,000
PTAR #2	750	0	35	**35**	785
PTAR #3	0	410	130	**540**	540
Pirámides	2	0	20	**20**	22
Suma	**1,752**	**410**	**185**	**595**	**2,347**

Tabla 273. Requerimientos de Tratamiento en la Alternativa No. 2 a corto, mediano y largo plazo

PTAR	Actual (L/s)	CM -P (L/s)	L - P (L/s)	Total (L/s)	Capacidad Total (L/s)
PTAR #1	1000	0	0	**0**	1,000
PTAR #2	750	30	285	**315**	1,065
PTAR #3	0	90	70	**160**	160
Pirámides	2	0	20	**20**	22
Suma	**1,752**	**120**	**375**	**495**	**2,247**

En este sentido se presentan a continuación los resultados obtenidos en el pre-dimensionamiento de las diferentes plantas de tratamiento requeridas en cada una de las alternativas, considerando cuando así se requería dos etapas de construcción en las ampliaciones o en las nuevas PTAR (A y B), considerando conveniente analizar solo los trenes de tratamiento existentes por su aplicabilidad en la ciudad, los cuales son: Sistema Lagunar, Lodos Activados y Filtros Percoladores.

Tabla 274. Eficiencias de remoción de los trenes de tratamiento de la ampliación de la PTAR #2 en la Alternativa No. 1 a largo plazo (35 L/s)

Proceso	Procesos Unitarios (DBO - % de Eficiencia de Remoción)						Eficiencia de Remoción %
Sistema Lagunar	Cribado y Canal Desarenador	Laguna Anaerobia	Laguna Facultativa	Tanque de Contacto de Cloro			**77.5%**
	230.00	207.00	103.50	51.75			
	10.0%	*50.0%*	*50.0%*				
Filtros Percoladores	Cribado y Canal Desarenador	Cárcamo de Bombeo	Sedimentador Primario	Filtro Percolador	Sedimentador Secundario	Tanque de Contacto de Cloro	**76.8%**
	230.00	207.00	202.86	152.15	76.07	53.25	
	10.0%	*2.0%*	*25.0%*	*50.0%*	*30.0%*		
Lodos Activados	Cribado y Canal Desarenador	Cárcamo de Bombeo	Sedimentador Primario	Tanque de Aireación	Sedimentador Secundario	Tanque de Contacto de Cloro	**76.8%**
	230.00	207.00	202.86	152.15	76.07	53.25	
	10.0%	*2.0%*	*25.0%*	*50.0%*	*30.0%*		

Tabla 275. Pre-dimensionamiento de los trenes de tratamiento de la Ampliación de la PTAR #2 en la Alternativa No. 1 a Largo Plazo (A=35 L/s)

Proceso	Sup. (Ha)	Modulo	Tren de tratamiento							
Sistema Lagunar	3.50	Modulo	**Canal Desarenador**	**Laguna Anaerobia**	**Laguna Facultativa**	**Tanque de Contacto de Cloro**				
		A	2 - 0.25x0.6x 4.7	117.15 x 58.58	198.47 X 99.23	**Rectangular**				
						7x3.5x3.5				
Filtros Percoladores	0.23	Modulo	**Canal Desarenador**	**Cárcamo de Bombeo**	**Sedimentador Primario**	**Filtro Percolador**	**Clarificador**	**Tanque de Contacto de Cloro**	**Digestor Aerobio de Lodos**	**Lechos de Secado de Lodos**
		A	12.28 X 0.5 X 0.9	**Rectangular**	**Circular**	**Circular**	**Circular**	**Rectangular**	**Rectangular**	**Rectangular**
				3.55 x 1.77 x 2.5	3.6 x 9.81	2.8 x 10.43	3.6 x 12.67	9.17 x 4.58 x 3.5	7.84 x 3.92 x 4.6	11.09 x 5.55 x 0.8
Lodos Activados	0.23	Modulo	**Canal Desarenador**	**Cárcamo de Bombeo**	**Sedimentador Primario**	**Tanque de Aireación**	**Clarificador**	**Tanque de Contacto de Cloro**	**Digestor Aerobio de Lodos**	**Lechos de Secado de Lodos**
		A	12.28 x 0.5 x 0.9	**Rectangular**	**Circular**	**Rectangular**	**Circular**	**Rectangular**	**Rectangular**	**Rectangular**
				3.55 x 1.77 x 2.5	3.6 x 9.81	9.06 x 4.53 x 4.6	3.6 x 13.87	9.17 x 4.58 x 3.5	7.84 x 3.92 x 4.6	11.09 x 5.55 x 0.8

Tabla 276. Eficiencias de remoción de los trenes de tratamiento de la nueva PTAR #3 en la Alternativa No. 1 a corto – mediano y largo plazo (410 L/s – 130 L/s)

Proceso	Procesos Unitarios (DBO - % de Eficiencia de Remoción)						Eficiencia de Remoción %
Sistema Lagunar	Cribado y Canal Desarenador	Laguna Anaerobia	Laguna Facultativa	Tanque de Contacto de Cloro			**77.5%**
	240.00	**216.00**	**108.00**	**54.00**			
	10.0%	*50.0%*	*50.0%*				
Filtros Percoladores	Cribado y Canal Desarenador	Cárcamo de Bombeo	Sedimentador Primario	Filtro Percolador	Sedimentador Secundario	Tanque de Contacto de Cloro	**76.8%**
	240.00	**216.00**	**211.68**	**158.76**	**79.38**	**55.57**	
	10.0%	*2.0%*	*25.0%*	*50.0%*	*30.0%*		
Lodos Activados	Cribado y Canal Desarenador	Cárcamo de Bombeo	Sedimentador Primario	Tanque de Aireación	Sedimentador Secundario	Tanque de Contacto de Cloro	**76.8%**
	240.00	**216.00**	**211.68**	**158.76**	**79.38**	**55.57**	
	10.0%	*2.0%*	*25.0%*	*50.0%*	*30.0%*		

Tabla 277. Pre-dimensionamiento de los trenes de tratamiento de la nueva PTAR #3 en la Alternativa No. 1 a Corto – Mediano y Largo Plazo (A=410 L/s y B= 130 L/s)

Proceso	Sup. (Ha)	Modulo	Tren de tratamiento							
Sistema Lagunar	46.36	Modulo	Canal Desarenador	Laguna Anaerobia	Laguna Facultativa	Tanque de Contacto de Cloro				
		A	2 - 0.25x0.6x4.7	410.76 x 205.38	685.43 X 342.72	Rectangular				
						7x3.5x3.5				
		B	2 - 0.2x0.6x4.2	229.53 x 114.76	384.85 X 192.43	Rectangular				
						4.9x2.5x3.5				
Filtros Percoladores	1.42	Modulo	Canal Desarenador	Cárcamo de Bombeo	Sedimentador Primario	Filtro Percolador	Clarificador	Tanque de Contacto de Cloro	Digestor Aerobio de Lodos	Lechos de Secado de Lodos
		A	42.24 X 1 X 1.6	Rectangular	Circular	Circular	Circular	Rectangular	Rectangular	Rectangular
				12.15 x 6.07 x 2.5	3.6 x 33.58	2.8 x 37.76	3.6 x 43.35	31.37 x 15.68 x 3.5	27.95 x 13.97 x 4.6	39.52 x 19.76 x 0.8
		B	11.84 X 0.7 X 0.8	Rectangular	Circular	Circular	Circular	Rectangular	Rectangular	Rectangular
				6.84 x 3.42 x 2.5	3.6 x 18.91	2.8 x 21.26	3.6 x 24.41	17.66 x 8.83 x 3.5	15.74 x 7.87 x 4.6	22.26 x 11.13 x 0.8
Lodos Activados	1.37	Modulo	Canal Desarenador	Cárcamo de Bombeo	Sedimentador Primario	Tanque de Aireación	Clarificador	Tanque de Contacto de Cloro	Digestor Aerobio de Lodos	Lechos de Secado de Lodos
		A	42.24 x 1 x 1.6	Rectangular	Circular	Rectangular	Circular	Rectangular	Rectangular	Rectangular
				12.15 x 6.07 x 2.5	3.6 x 33.58	32.27 x 16.14 x 4.6	3.6 x 47.49	31.37 x 15.68 x 3.5	27.95 x 13.97 x 4.6	39.52 x 19.76 x 0.8
		B	14.96 x 0.9 x 0.9	Rectangular	Circular	Rectangular	Circular	Rectangular	Rectangular	Rectangular
				6.84 x 3.42 x 2.5	3.6 x 18.91	18.17 x 9.09 x 4.6	3.6 x 26.74	17.66 x 8.83 x 3.5	15.74 x 7.87 x 4.6	22.26 x 11.13 x 0.8

Tabla 278. Eficiencias de remoción de los trenes de tratamiento de la ampliación de la PTAR Pirámides en la Alternativa No. 1 a largo plazo (20 L/s)

Proceso	Procesos Unitarios (DBO - % de Eficiencia de Remoción)						Eficiencia de Remoción %
Sistema Lagunar	Cribado y Canal Desarenador	Laguna Anaerobia	Laguna Facultativa	Tanque de Contacto de Cloro			77.5%
	260.00	234.00	117.00	58.50			
	10.0%	*50.0%*	*50.0%*				
Filtros Percoladores	Cribado y Canal Desarenador	Cárcamo de Bombeo	Sedimentador Primario	Filtro Percolador	Sedimentador Secundario	Tanque de Contacto de Cloro	76.8%
	260.00	234.00	229.32	171.99	86.00	60.20	
	10.0%	*2.0%*	*25.0%*	*50.0%*	*30.0%*		
Lodos Activados	Cribado y Canal Desarenador	Cárcamo de Bombeo	Sedimentador Primario	Tanque de Aireación	Sedimentador Secundario	Tanque de Contacto de Cloro	76.8%
	260.00	234.00	229.32	171.99	86.00	60.20	
	10.0%	*2.0%*	*25.0%*	*50.0%*	*30.0%*		

Tabla 279. Pre-dimensionamiento de los trenes de tratamiento de la Ampliación de la PTAR Pirámides en la Alternativa No. 1 a Largo Plazo (A= 20 L/s)

Proceso	Sup. (Ha)	Modulo	Tren de tratamiento							
Sistema Lagunar	2.15	Modulo	**Canal Desarenador**	**Laguna Anaerobia**	**Laguna Facultativa**	**Tanque de Contacto de Cloro**				
		A	2 - 0.25x0.6x 4.7	87.57 x 43.79	149.41 X 74.7	**Rectangular**				
						7x3.5x3.5				
Filtros Percoladores	0.20	Modulo	**Canal Desarenador**	**Cárcamo de Bombeo**	**Sedimentador Primario**	**Filtro Percolador**	**Clarificador**	**Tanque de Contacto de Cloro**	**Digestor Aerobio de Lodos**	**Lechos de Secado de Lodos**
		A	8.15 X 0.4 X 0.8	**Rectangular**	**Circular**	**Circular**	**Circular**	**Rectangular**	**Rectangular**	**Rectangular**
				2.68 x 1.34 x 2.5	3.6 x 7.42	2.8 x 9.2	3.6 x 9.57	6.93 x 3.46 x 3.5	6.63 x 3.32 x 4.6	9.38 x 4.69 x 0.8
Lodos Activados	0.19	Modulo	**Canal Desarenador**	**Cárcamo de Bombeo**	**Sedimentador Primario**	**Tanque de Aireación**	**Clarificador**	**Tanque de Contacto de Cloro**	**Digestor Aerobio de Lodos**	**Lechos de Secado de Lodos**
		A	8.15 x 0.4 x 0.8	**Rectangular**	**Circular**	**Rectangular**	**Circular**	**Rectangular**	**Rectangular**	**Rectangular**
				2.68 x 1.34 x 2.5	3.6 x 7.42	7.66 x 3.83 x 4.6	3.6 x 10.49	6.93 x 3.46 x 3.5	6.63 x 3.32 x 4.6	9.38 x 4.69 x 0.8

Tabla 280. Eficiencias de remoción de los trenes de tratamiento de la nueva PTAR #2 en la Alternativa No. 2 a corto – mediano y largo plazo (30 L/s – 285 L/s)

Proceso	Procesos Unitarios (DBO - % de Eficiencia de Remoción)						Eficiencia de Remoción %
Sistema Lagunar	Cribado y Canal Desarenador	Laguna Anaerobia	Laguna Facultativa	Tanque de Contacto de Cloro			**77.5%**
	230.00	**207.00**	**103.50**	**51.75**			
	10.0%	*50.0%*	*50.0%*				
Filtros Percoladores	Cribado y Canal Desarenador	Cárcamo de Bombeo	Sedimentador Primario	Filtro Percolador	Sedimentador Secundario	Tanque de Contacto de Cloro	**76.8%**
	230.00	**207.00**	**202.86**	**152.15**	**76.07**	**53.25**	
	10.0%	*2.0%*	*25.0%*	*50.0%*	*30.0%*		
Lodos Activados	Cribado y Canal Desarenador	Cárcamo de Bombeo	Sedimentador Primario	Tanque de Aireación	Sedimentador Secundario	Tanque de Contacto de Cloro	**76.8%**
	230.00	**207.00**	**202.86**	**152.15**	**76.07**	**53.25**	
	10.0%	*2.0%*	*25.0%*	*50.0%*	*30.0%*		

Tabla 281. Pre-dimensionamiento de los trenes de tratamiento de la nueva PTAR #2 en la Alternativa No. 2 a Corto – Mediano y Largo Plazo (A=30 L/s y B=285 L/s)

Proceso	Sup. (Ha)	Modulo	Tren de tratamiento							
Sistema Lagunar	27.54	Modulo	Canal Desarenador	Laguna Anaerobia	Laguna Facultativa	Tanque de Contacto de Cloro				
		A	2 - 0.25x0.6x4.7	108.16 x 54.08	183.56 X 91.78	Rectangular				
						7x3.5x3.5				
		B	2 - 0.2x0.6x4.2	341.79 x 170.9	571.05 X 285.53	Rectangular				
						4.9x2.5x3.5				
Filtros Percoladores	0.94	Modulo	Canal Desarenador	Cárcamo de Bombeo	Sedimentador Primario	Filtro Percolador	Clarificador	Tanque de Contacto de Cloro	Digestor Aerobio de Lodos	Lechos de Secado de Lodos
		A	8.82 X 0.6 X 0.8	Rectangular	Circular	Circular	Circular	Rectangular	Rectangular	Rectangular
				3.29 x 1.64 x 2.5	3.6 x 9.08	2.8 x 9.66	3.6 x 11.73	8.49 x 4.24 x 3.5	7.26 x 3.63 x 4.6	10.27 x 5.14 x 0.8
		B	18.02 X 1 X 0.9	Rectangular	Circular	Circular	Circular	Rectangular	Rectangular	Rectangular
				10.13 x 5.06 x 2.5	3.6 x 28	2.8 x 29.76	3.6 x 36.14	26.15 x 13.08 x 3.5	22.39 x 11.19 x 4.6	31.66 x 15.83 x 0.8
Lodos Activados	0.92	Modulo	Canal Desarenador	Cárcamo de Bombeo	Sedimentador Primario	Tanque de Aireación	Clarificador	Tanque de Contacto de Cloro	Digestor Aerobio de Lodos	Lechos de Secado de Lodos
		A	5.98 x 0.5 x 0.65	Rectangular	Circular	Rectangular	Circular	Rectangular	Rectangular	Rectangular
				3.29 x 1.64 x 2.5	3.6 x 9.08	8.39 x 4.19 x 4.6	3.6 x 12.85	8.49 x 4.24 x 3.5	7.26 x 3.63 x 4.6	10.27 x 5.14 x 0.8
		B	30.04 x 1 x 1.3	Rectangular	Circular	Rectangular	Circular	Rectangular	Rectangular	Rectangular
				10.13 x 5.06 x 2.5	3.6 x 28	25.85 x 12.92 x 4.6	3.6 x 39.59	26.15 x 13.08 x 3.5	22.39 x 11.19 x 4.6	31.66 x 15.83 x 0.8

Tabla 282. Eficiencias de remoción de los trenes de tratamiento de la nueva PTAR #3 en la Alternativa No. 2 a corto – mediano y largo plazo (90 L/s – 70 L/s)

Proceso	Procesos Unitarios (DBO - % de Eficiencia de Remoción)						Eficiencia de Remoción %
Sistema Lagunar	Cribado y Canal Desarenador	Laguna Anaerobia	Laguna Facultativa	Tanque de Contacto de Cloro			77.5%
	240.00	**216.00**	**108.00**	**54.00**			
	10.0%	*50.0%*	*50.0%*				
Filtros Percoladores	Cribado y Canal Desarenador	Cárcamo de Bombeo	Sedimentador Primario	Filtro Percolador	Sedimentador Secundario	Tanque de Contacto de Cloro	76.8%
	240.00	**216.00**	**211.68**	**158.76**	**79.38**	**55.57**	
	10.0%	*2.0%*	*25.0%*	*50.0%*	*30.0%*		
Lodos Activados	Cribado y Canal Desarenador	Cárcamo de Bombeo	Sedimentador Primario	Tanque de Aireación	Sedimentador Secundario	Tanque de Contacto de Cloro	76.8%
	240.00	**216.00**	**211.68**	**158.76**	**79.38**	**55.57**	
	10.0%	*2.0%*	*25.0%*	*50.0%*	*30.0%*		

Tabla 283. Pre-dimensionamiento de los trenes de tratamiento de la nueva PTAR #2 en la Alternativa No. 2 a Corto – Mediano y Largo Plazo (A=90 L/s y B=70 L/s)

Proceso	Sup. (Ha)	Modulo	Tren de tratamiento							
Sistema Lagunar	14.81	Modulo	**Canal Desarenador**	**Laguna Anaerobia**	**Laguna Facultativa**	**Tanque de Contacto de Cloro**				
		A	2 - 0.25x0.6x4.7	190.3 x 95.15	319.79 X 159.9	**Rectangular**				
						7x3.5x3.5				
		B	2 - 0.2x0.6x4.2	167.35 x 83.68	281.73 X 140.86	**Rectangular**				
						4.9x2.5x3.5				
Filtros Percoladores	0.69	Modulo	**Canal Desarenador**	**Cárcamo de Bombeo**	**Sedimentador Primario**	**Filtro Percolador**	**Clarificador**	**Tanque de Contacto de Cloro**	**Digestor Aerobio de Lodos**	**Lechos de Secado de Lodos**
		A	12.82 X 0.6 X 0.9	**Rectangular**	**Circular**	**Circular**	**Circular**	**Rectangular**	**Rectangular**	**Rectangular**
				5.69 x 2.85 x 2.5	3.6 x 15.73	2.8 x 17.69	3.6 x 20.31	14.7 x 7.35 x 3.5	13.09 x 6.55 x 4.6	18.52 x 9.26 x 0.8
		B	8.09 X 0.7 X 0.7	**Rectangular**	**Circular**	**Circular**	**Circular**	**Rectangular**	**Rectangular**	**Rectangular**
				5.02 x 2.51 x 2.5	3.6 x 13.87	2.8 x 15.6	3.6 x 17.91	12.96 x 6.48 x 3.5	11.55 x 5.77 x 4.6	16.33 x 8.17 x 0.8
Lodos Activados	0.67	Modulo	**Canal Desarenador**	**Cárcamo de Bombeo**	**Sedimentador Primario**	**Tanque de Aireación**	**Clarificador**	**Tanque de Contacto de Cloro**	**Digestor Aerobio de Lodos**	**Lechos de Secado de Lodos**
		A	13.89 x 0.6 x 0.95	**Rectangular**	**Circular**	**Rectangular**	**Circular**	**Rectangular**	**Rectangular**	**Rectangular**
				5.69 x 2.85 x 2.5	3.6 x 15.73	15.12 x 7.56 x 4.6	3.6 x 22.25	14.7 x 7.35 x 3.5	13.09 x 6.55 x 4.6	18.52 x 9.26 x 0.8
		B	12.82 x 0.6 x 0.9	**Rectangular**	**Circular**	**Rectangular**	**Circular**	**Rectangular**	**Rectangular**	**Rectangular**
				5.02 x 2.51 x 2.5	3.6 x 13.87	13.33 x 6.67 x 4.6	3.6 x 19.62	12.96 x 6.48 x 3.5	11.55 x 5.77 x 4.6	16.33 x 8.17 x 0.8

Tabla 284. Eficiencias de remoción de los trenes de tratamiento de la ampliación de la PTAR Pirámides en la Alternativa No. 2 a largo plazo (20 L/s)

Proceso	Procesos Unitarios (DBO - % de Eficiencia de Remoción)						Eficiencia de Remoción %
Sistema Lagunar	Cribado y Canal Desarenador	Laguna Anaerobia	Laguna Facultativa	Tanque de Contacto de Cloro			**77.5%**
	260.00	234.00	117.00	58.50			
	10.0%	*50.0%*	*50.0%*				
Filtros Percoladores	Cribado y Canal Desarenador	Cárcamo de Bombeo	Sedimentador Primario	Filtro Percolador	Sedimentador Secundario	Tanque de Contacto de Cloro	**76.8%**
	260.00	234.00	229.32	171.99	86.00	60.20	
	10.0%	*2.0%*	*25.0%*	*50.0%*	*30.0%*		
Lodos Activados	Cribado y Canal Desarenador	Cárcamo de Bombeo	Sedimentador Primario	Tanque de Aireación	Sedimentador Secundario	Tanque de Contacto de Cloro	**76.8%**
	260.00	234.00	229.32	171.99	86.00	60.20	
	10.0%	*2.0%*	*25.0%*	*50.0%*	*30.0%*		

Tabla 285. Pre-dimensionamiento de los trenes de tratamiento de la Ampliación de la PTAR Pirámides en la Alternativa No. 2 a Largo Plazo (A= 20 L/s)

Proceso	Sup. (Ha)	Modulo	Tren de tratamiento							
Sistema Lagunar	2.15	Modulo	Canal Desarenador	Laguna Anaerobia	Laguna Facultativa	Tanque de Contacto de Cloro				
		A	2 - 0.25x0.6x 4.7	87.57 x 43.79	149.41 X 74.7	Rectangular				
						7x3.5x3.5				
Filtros Percoladores	0.20	Modulo	Canal Desarenador	Cárcamo de Bombeo	Sedimentador Primario	Filtro Percolador	Clarificador	Tanque de Contacto de Cloro	Digestor Aerobio de Lodos	Lechos de Secado de Lodos
		A	8.15 X 0.4 X 0.8	Rectangular	Circular	Circular	Circular	Rectangular	Rectangular	Rectangular
				2.68 x 1.34 x 2.5	3.6 x 7.42	2.8 x 9.2	3.6 x 9.57	6.93 x 3.46 x 3.5	6.63 x 3.32 x 4.6	9.38 x 4.69 x 0.8
Lodos Activados	0.19	Modulo	Canal Desarenador	Cárcamo de Bombeo	Sedimentador Primario	Tanque de Aireación	Clarificador	Tanque de Contacto de Cloro	Digestor Aerobio de Lodos	Lechos de Secado de Lodos
		A	8.15 x 0.4 x 0.8	Rectangular	Circular	Rectangular	Circular	Rectangular	Rectangular	Rectangular
				2.68 x 1.34 x 2.5	3.6 x 7.42	7.66 x 3.83 x 4.6	3.6 x 10.49	6.93 x 3.46 x 3.5	6.63 x 3.32 x 4.6	9.38 x 4.69 x 0.8

Una vez realizado el pre- dimensionados de los trenes de tratamiento, se llevó a cabo la presupuestación de las obras y la determinación de los costos de operación de cada una de las plantas de tratamiento propuestas en cada Alternativa, con la finalidad de obtener el costo del m³ tratado para cada planta de tratamiento. En las siguientes tablas se presenta los resultados del costo del m³ tratado.

Tabla 286. Costo del m³ tratado de la ampliación de la PTAR #2 de 35 L/s a largo Plazo (Alt 1)

Proceso	Área de Proyecto (Ha)	Inversión Inicial (Mill $)			Costos de Operación (Mill $/mes)					
		Obra Civil	Equipamiento	Total	Energía Eléctrica	Reactivo Desinfectante	Mano de Obra	Residuos Sólidos	Total	Costo de Operación (T2 y T3) $/m3
Lagunas	3.50	9.0	0.0	**9.0**	0.00	0.02	0.02		0.03	0.36
Filtros Percoladores	0.23	6.6	1.1	**7.7**	0.02	0.02	0.07	0.00	0.10	1.14
Lodos Activados	0.23	6.7	1.8	**8.5**	0.03	0.02	0.07	0.00	0.12	1.27

Tabla 287. Costo del m³ tratado de la nueva PTAR #3 de 540 L/s a corto y largo plazo (Alt 1)

Proceso	Área de Proyecto (Ha)	Inversión Inicial (Mill $)			Costos de Operación (Mill $/mes)					
		Obra Civil	Equipamiento	Total	Energía Eléctrica	Reactivo Desinfectante	Mano de Obra	Residuos Sólidos	Total	Costo de Operación (T2 y T3) $/m3
Lagunas	46.36	93.1	0.0	0.0	**93.1**	0.00	0.23	0.02		0.25
Filtros Percoladores	1.42	60.9	0.0	10.5	**71.4**	0.25	0.23	0.07	0.03	0.59
Lodos Activados	1.37	59.6	0.0	16.7	**76.3**	0.44	0.23	0.07	0.03	0.77

Tabla 288. Costo del m³ tratado de la ampliación de la PTAR Pirámides de 20 L/s a largo plazo (Alt 1)

Proceso	Área de Proyecto (Ha)	Inversión Inicial (Mill $)			Costos de Operación (Mill $/mes)					
		Obra Civil	Equipa miento	Total	Energía Eléctrica	Reactivo Desinfectante	Mano de Obra	Residuos Sólidos	Total	Costo de Operación (T2 y T3) $/m3
Lagunas	2.15	6.3	0.0	0.0	**6.3**	0.00	0.01	0.02		0.03
Filtros Percoladores	0.20	5.0	0.0	0.8	**5.7**	0.01	0.01	0.07	0.00	0.09
Lodos Activados	0.19	5.0	0.0	1.4	**6.3**	0.02	0.01	0.07	0.00	0.10

Tabla 289. Costo del m³ tratado de la ampliación de la PTAR #2 de 315 L/s a corto y largo Plazo (Alt 2)

Proceso	Área de Proyecto (Ha)	Inversión Inicial (Mill $)			Costos de Operación (Mill $/mes)					
		Obra Civil	Equipa miento	Total	Energía Eléctrica	Reactivo Desinfectante	Mano de Obra	Residuos Sólidos	Total	Costo de Operación (T2 y T3) $/m3
Lagunas	27.54	56.9	0.0	0.0	**56.9**	0.00	0.14	0.02		0.15
Filtros Percoladores	0.94	36.0	0.0	6.2	**42.2**	0.10	0.14	0.07	0.02	0.33
Lodos Activados	0.92	35.9	0.0	10.0	**46.0**	0.21	0.14	0.07	0.02	0.44

Tabla 290. Costo del m³ tratado de la nueva PTAR #3 de 160 L/s a corto y largo Plazo (Alt 2)

Proceso	Área de Proyecto (Ha)	Inversión Inicial (Mill $)			Costos de Operación (Mill $/mes)					
		Obra Civil	Equipa miento	Total	Energía Eléctrica	Reactivo Desinfectante	Mano de Obra	Residuos Sólidos	Total	Costo de Operación (T2 y T3) $/m3
Lagunas	14.81	35.1	0.0	0.0	**35.1**	0.00	0.07	0.02		0.09
Filtros Percoladores	0.69	23.5	0.0	3.9	**27.4**	0.07	0.07	0.07	0.01	0.22
Lodos Activados	0.67	23.5	0.0	6.5	**29.9**	0.13	0.07	0.07	0.01	0.28

Tabla 291. Costo del m³ tratado de la ampliación de la PTAR Pirámides de 20 L/s a largo plazo (Alt 2)

Proceso	Área de Proyecto (Ha)	Inversión Inicial (Mill $)			Costos de Operación (Mill $/mes)					
		Obra Civil	Equipa miento	Total	Energía Eléctrica	Reactivo Desinfectante	Mano de Obra	Residuos Sólidos	Total	Costo de Operación (T2 y T3) $/m3
Lagunas	2.15	6.3	0.0	0.0	**6.3**	0.00	0.01	0.02		0.03
Filtros Percoladores	0.20	5.0	0.0	0.8	**5.7**	0.01	0.01	0.07	0.00	0.09
Lodos Activados	0.19	5.0	0.0	1.4	**6.3**	0.02	0.01	0.07	0.00	0.10

Con base en los resultados obtenidos respecto a los costos de los m³ tratados para cada planta de tratamiento de cada una de las alternativas se determinó lo siguiente:

1. Para la ampliación de la PTAR #2 en la Alternativa No. 2 donde se requiere de dos trenes adicional de 30 y 285 L/s para un total de 315 L/s, la diferencia entre el costo del m³ tratado del proceso lagunar con respecto al proceso de filtros percoladores que es el que actualmente se tiene en dicha planta, es de menos del 50%, sin embargo, se requiere de aproximadamente 27.5 Ha para construir los módulos que sumen 315 L/s, superficie con la que no se cuenta para este proyecto, por lo que consideramos viable llevar a cabo la ampliación de esta planta con el mismo proceso con el que tiene que es de filtros percoladores.

2. Para la construcción de la PTAR #3 tanto en la alternativa No. 1 como en la No. 2, los costos del m³ tratado del proceso lagunar son de menos del 50% con respecto a los otros dos procesos analizados, además de que se requiere de una superficie de 46 Ha para la PTAR de 540 L/s de la Alternativa No. 1 y de 15 Ha para la PTAR de 160 L/s de la Alternativa No. 2, superficies que son ampliamente cubiertas por la extensión territorial con la que cuenta la COMAPA (84 Ha). Por lo que consideramos viable construir la PTAR #3 con un proceso lagunar.

3. Para la ampliación de la PTAR Pirámides tanto en la alternativa No. 1 como en la No. 2, los costos del m³ tratado del proceso de Lodos Activados es superior con respecto a los otros dos procesos analizados, sin embargo, se requiere de aproximadamente 2.2 Ha para construir los módulos que sumen 20 L/s en el proceso de lagunas, superficie con la que no se cuenta para este proyecto, por lo que consideramos viable llevar a cabo la ampliación de esta planta con el mismo proceso con el que tiene que es de Lodos Activados que solo requiere de 0.2 Ha.

Para mayor detalle de la alternativa de tratamiento, consultar el anexo 17.

3.2.3.1 Análisis del reúso de Aguas Residuales Tratadas (red morada)

En la zona de estudio existen usuarios con aprovechamientos de aguas superficiales del canal Rodhe correspondientes al Distrito de Riego 026 “Bajo Río San Juan”. Este aprovechamiento provienen de la toma Sur de la Presa Marte R. Gómez y tiene una longitud de 194 Kilómetros y una capacidad de conducción de 40 m³/s. Los gastos característicos registrados en la obra de toma son; máximo de 75 m³/s, medio de 14.3 m³/s y un mínimo de 0 m³/s durante varios meses en los últimos años (sequia). Dichos volúmenes se van repartiendo a lo largo del canal, existiendo dos presas derivadoras con las cuales se ingresa el agua a los diferentes canales de riego para hacer llegar el agua a las parcelas de los usuarios del Distrito de Riego 026.

Por lo mencionado anteriormente se puede concluir que los principales usuarios actuales y potenciales de las aguas residuales crudas y tratadas de Reynosa son los usuarios de las zonas de riego del Distrito 026, esto por su localización, su cercanía a los sitios de emplazamiento de las PTAR., y su interés de disponer del caudal tratado para el riego de sus parcelas, existiendo también la posibilidad de la utilización de los lodos residuales para el mejoramiento de los suelos de estas zonas de riego.

Por tal motivo, consideramos que es necesario realizar un estudio de mercado para la venta del agua tratada, siendo las posibles opciones de reúso las siguientes:

1. El riego de las áreas verdes del Municipio, para recuperar los aprovechamientos de agua de primer uso, para atender la demanda de los usuarios

2. La compactación de tierras para el desarrollo urbano que se presentan en la zona urbana de la ciudad de Reynosa, liberando las aguas de primer uso que se destinan a tal actividad.

3. El intercambio de aguas residuales tratadas de buena calidad, por agua de pozos destinados a riego agrícola, con los mismos beneficios.

4. La entrega de aguas residuales a los industriales de Reynosa, y Municipios circunvecinos, que no requieren de agua de primer uso para sus procesos, liberando con ello los volúmenes de agua de primer uso para atención de las demandas de la población

5. La elaboración del concreto, siempre y cuando se les dé un tratamiento adicional para eliminar o reducir el contenido de grasas y aceites, ya que es este parámetro el único que queda fuera de límite, pues podría causar efectos negativos en la adherencia entre el concreto y el acero, así como efectos de retardo en el fraguado.

Cualquiera de éstas alternativas de reúso que se lleve a cabo sin duda se traducirá en un impulso al Desarrollo Sustentable, el cual debe tender a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, fundada en medidas apropiadas de preservación del equilibrio ecológico, protección del ambiente y aprovechamiento de recursos naturales sin comprometer la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras.

Actualización del Plan Maestro de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en Reynosa, Tamaulipas

Capítulo 4

Evaluación de Alternativas

4. Evaluación de Alternativas

Para elegir entre diferentes alternativas es importante considerar los factores limitantes. Los factores limitantes son aquellos que dificultan o impiden el cumplimento de un objetivos o meta establecida, por lo que en una situación dada, la búsqueda de alternativas se debe centrar en aquellas que transciendan los factores limitantes.

Si bien la experiencia y en cierta medida la intuición son ingredientes predominantes en la toma de decisiones, es posible diseñar instrumentos de evaluación cuantitativos a partir de los factores limitantes identificados.

Para el caso que nos ocupa, los términos de referencia establecen tres premisas para el diseño de la metodología de evaluación de alternativas:

- **El análisis se debe enfocar considerando variables de proyecto y variables desconocidas**. Esto quiere decir que se deberán identificar y tomar en cuenta factores limitantes que estén asociados directamente al proyecto (factores internos) y factores o variables que pueden incidir en el desarrollo del proyecto desde el entorno (variables externas).
- **Se debe hacer un análisis del cumplimiento de los objetivos del Plan Maestro**. Al hablar de cumplimiento de objetivos se asume que debe construirse un proceso de planeación estratégica en el que se defina el destino estratégico y los objetivos del Plan Maestro.
- **Se deben establecer criterios mesurables**. Además de los factores limitantes que en general tienen un carácter más cualitativo, se incorporarán a la metodología criterios econométricos y guías de evaluación con escalas de calificación que permitan hacer una evaluación más objetiva.



Figura 397. Premisas para el diseño de la Metodología de Evaluación

4.1. Definición de Metodología de Evaluación

Con base en las premisas establecidas en la sección anterior, se diseñó una Metodología de Evaluación (MdE) que buscará otorgar una calificación de factibilidad a cada alternativa que se evalúe. Para este propósito, se estructuraron tres subprocesos para definir igual número de calificaciones de pre factibilidad que sumadas componen la factibilidad de cada alternativa. Las prefactibilidades están relacionadas directamente con las premisas de la MdE como se aprecia en la siguiente figura:

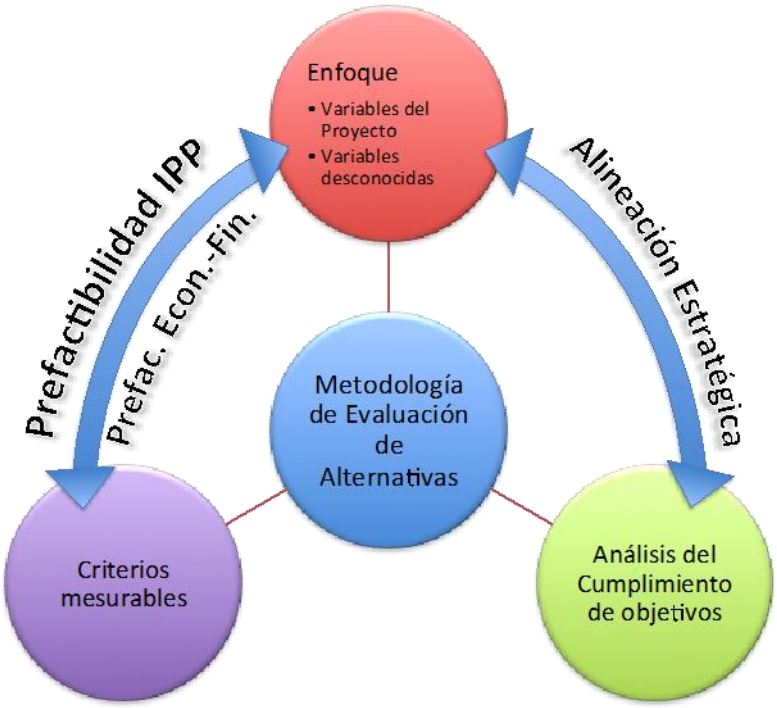


Figura 398. Relación entre los subprocesos de evaluación y las premisas de la MdE.

En este sentido se diseñaron tres subprocesos de evaluación:

1. Prefactibilidad IPP (Impacto-Posibilidad-Pertinencia)
2. Prefactibilidad Económica-Financiera
3. Alineación estratégica

Es importante recordar que las alternativas fueron construidas previamente con base en criterios técnicos y operativos principalmente y que cada alternativa representa en sí un conjunto de acciones para mejorar la calidad de los servicios de agua potable y saneamiento. Es por esto que la metodología de evaluación está diseñada para aplicarse por separado a las alternativas de agua potable por un lado y a las de alcantarillado y saneamiento por otro.

4.1.1. Prefactibilidad IPP (Impacto-Posibilidad-Pertinencia)

Esta etapa tiene como objetivo medir los méritos de cada alternativa en función de criterios de evaluación que consideren el impacto en la resolución de los problemas, las posibilidades de su realización y la pertinencia de su implementación.

Para esto, en un primer momento se identificaron las variables del proyecto y las variables desconocidas y fueron clasificadas en tres grupos. Cada grupo engloba criterios e impacto, posibilidad y pertinencia, como se puede ver en el siguiente esquema:

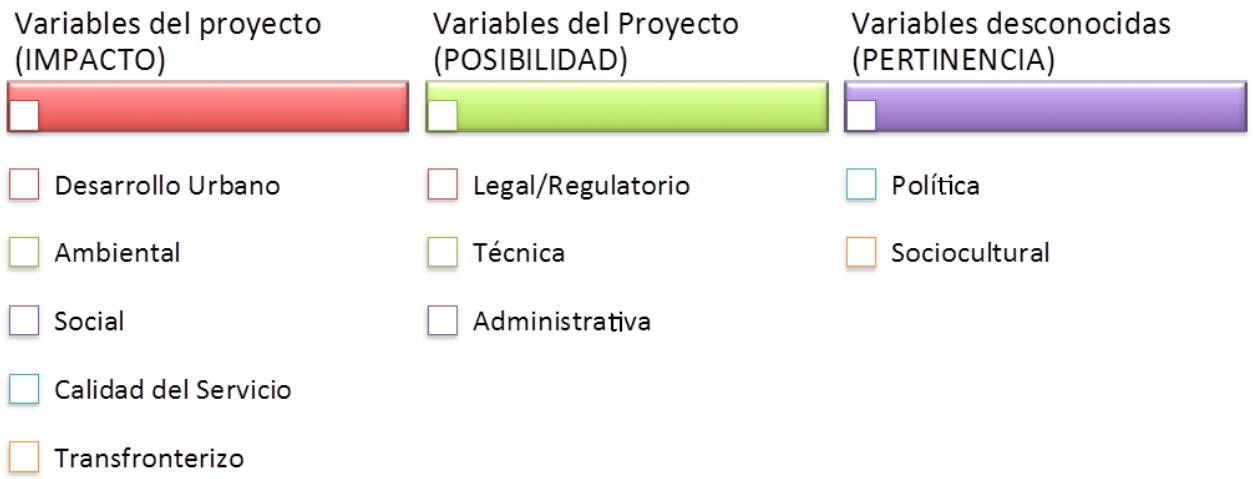


Figura 399. Variables de prefactibilidad IPP.

Como se puede ver, las variables de proyecto están asociadas a criterios de impacto y posibilidad; en tanto que las variables desconocidas tienen que ver con la pertinencia. A continuación se presenta la guía que establece los criterios bajo los cuales es posible asignar una calificación a cada variable listada anteriormente.

Una vez que se evalúe cada alternativa, se calculan las calificaciones de Impacto, Posibilidad y Pertenencia y se calcula la calificación de Prefactibilidad IPP, como en el cuadro que a continuación se presenta:

Tabla 292. Cuadro de calificaciones de Prefactibilidad IPP.

ALTERNATIVA	Variables del proyecto (Factores Internos)										(3) OPORTUNI-DAD (1+2)/2	Variables desconocidas (Factores externos)			PRE-FACTIBILIDAD IPP (3+4)
	IMPACTO						POSIBILIDAD					PERTINENCIA			
	Desarrollo Urbano	Ambiental	Social	Calidad del Servicio	Transfronterizo	Promedio (1)	Técnica	Legal	Administrativa	Promedio (2)		Socio-cultural	Política	Promedio (4)	
Alternativa 1															
Alternativa 2															
Alternativa 3															

4.1.2. Prefactibilidad Económica Financiera

Esta segunda etapa tiene como propósito asignar una calificación que muestre la factibilidad de realizar de cada alternativa, ponderando los beneficios, expresados en términos cualitativos, en relación con los costos de las alternativas; en este caso el valor actual neto (VAN) del flujo de cada alternativa.

Para esto, se requiere como datos de entrada los costos de inversión y de operación de cada alternativa para generar el respectivo flujo; del cual se calculará el VAN.

Por otro lado se realizará la evaluación costo-eficacia ponderando los méritos de cada alternativa en cuatro aspectos:

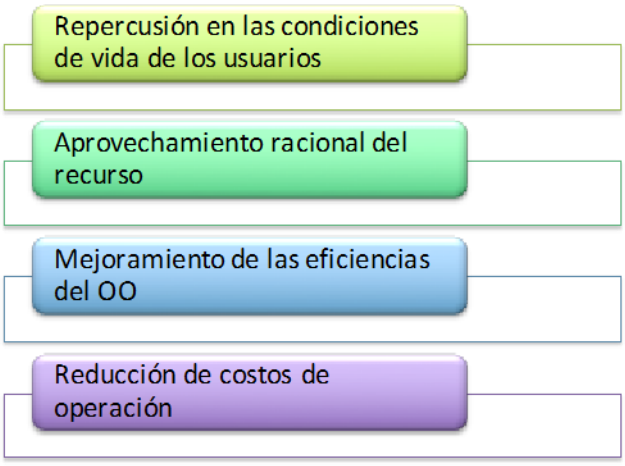


Figura 400. Aspectos a evaluar en el costo-eficacia.

Para determinar la calificación de la Prefactibilidad Económica-Financiera, se relaciona la calificación costo-eficacia que se otorgue a cada alternativa, con el VAN obtenido a partir de los costos de inversión y operación de las mismas.

Tabla 293. Cuadro de calificaciones de Prefactibilidad E/F.

BENEFICIOS / ALTERNATIVAS	Repercusión en las condiciones de vida de los usuarios	Aprovechamiento racional y sustentable del recurso	Mejoramiento de las eficiencias del OO	Reducción de los costos de operación	Costo-Eficacia (Promedio)	Factor	PREFACTIBILIDAD E/F
Alternativa 1 VAN:							
Alternativa 2 VAN:							
Alternativa 3 VAN:							

El cuadro anterior se emplea para registrar las calificaciones a cada alternativa, para posteriormente obtener el promedio, lo que corresponde a la calificación Costo-Eficacia. Esta calificación será multiplicada por un factor para obtener la calificación de Prefactibilidad Económica-Financiera. El factor lo que hace es ponderar el valor del VAN de cada alternativa respecto a la alternativa de menor costo financiero[13]; es decir, a la alternativa de menor costo financiero se le asigna un factor de 1 (uno), por lo que su calificación de

[13] Debe recordarse que lo que se comparará es el VAN del flujo financiero de cada alternativa.

Prefactibilidad E/F es la misma que la calificación Costo-Eficacia; el factor para el resto de las alternativas se calcula dividiendo el valor del VAN de la alternativa de menor costo entre el VAN de la alternativa correspondiente, con lo que se obtiene siempre un factor menor a uno.

4.1.3. Alineación estratégica

Esta es la tercera y última etapa para otorgar la calificación de Factibilidad a cada alternativa evaluada. El objetivo de esta etapa es medir los méritos de cada alternativa en cuanto a la forma en que contribuyen al logro de los objetivos del Plan Maestro.

Este proceso de evaluación requiere de dos insumos. Por un lado en necesario desarrollar un ejercicio de planeación estratégica para determinar los objetivos del Plan Maestro y por otro lado, se recuperará la evaluación de la Prefactibilidad IPP de manera que al cruzarlos, se hará una valoración cualitativa del grado de contribución de cada objetivo, obteniéndose un valor relativo de contribución estratégica, es decir, el grado en el que cada alternativa se alinea con los objetivos y la visión del Plan Maestro.

En el siguiente apartado (Análisis del cumplimiento de los Objetivos) se desarrolla el ejercicio de planeación estratégica del Plan Maestro.

Tabla 294. Cuadro de calificaciones de Alineación Estratégica.

Variable		Prefactibilidad IPP	Objetivo 1	Objetivo 2	Objetivo 3	Objetivo n	Alineación Estratégica
			Impacto estratégico: (3: muy positivo; 0: neutro; -3: muy negativo)				
Alternativa X							
1	Desarrollo Urbano						
2	Ambiental						
3	Social						
4	Calidad del Servicio						
5	Transfronterizo						
6	Técnica						
7	Legal						
8	Administrativa						
9	Socio-cultural						
10	Política						

4.1.4. Factibilidad de las alternativas

La calificación de factibilidad con la que se seleccionará la mejor alternativa, se integra a partir de las tres calificaciones de prefactibilidad descritas en los apartados anteriores y su interrelación se aprecia mejor en el siguiente esquema:

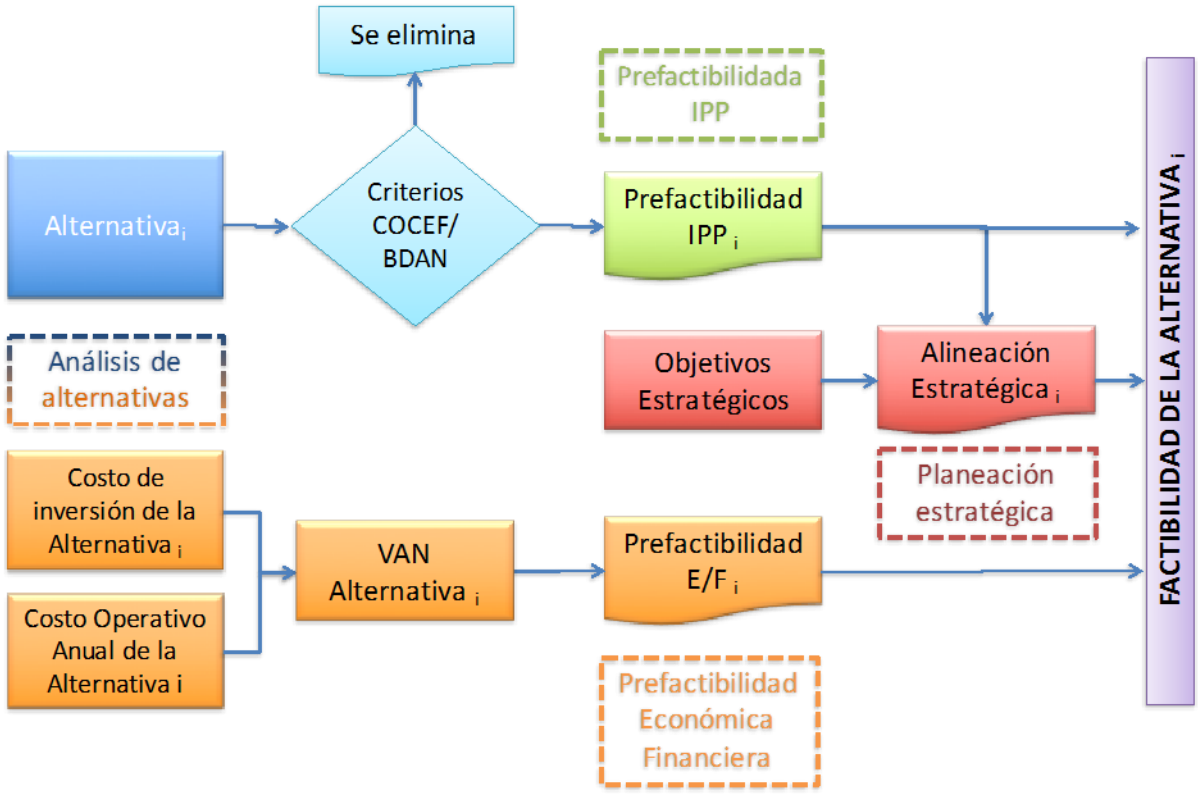


Figura 401. Procedimiento para obtener la calificación de Factibilidad de las alternativas.

Se puede apreciar que además de las calificaciones de prefactibilidad, se incorpora un primer filtro que tiene que ver con los criterios para certificación de proyectos de la COCEF y el BDAN. Si bien la certificación requiere de la elaboración de documentos y la presentación de evidencia por parte del promotor del proyecto que justifiquen la viabilidad técnica, ambiental y financiera de los proyectos; el nivel de estudio del Plan Maestro no contempla este nivel de desarrollo. Lo cierto es que si se deben considerar los criterios de Elegibilidad Básica definidos en el documento intitulado “Criterios y Proceso de Certificación de Proyectos”.

En primer lugar se debe asegurar que cada alternativa cumpla con al menos uno de los tres objetivos establecidos en el documento:

a) prevenga, controle o reduzca contaminantes ambientales
b) mejore el abastecimiento de agua potable
c) proteja la flora y fauna

Y alguno de los tres propósitos siguientes:

i. mejore la salud humana
ii. promueva el desarrollo sustentable
iii. contribuya a lograr una mejor calidad de vida.

En este sentido, de antemano las alternativas que se plantean cumplen con estos dos criterios, independientemente de las variaciones que existan entre una y otra.

Tabla 295. Criterios Elegibilidad básica.

Alternativas	Elegibilidad Básica						Criterio de Elegibilidad Básica
	Debe cumplir con al menos uno de los siguientes objetivos:			Debe además cumplir con al menos uno de los siguientes propósitos:			
	a) prevenga, controle o reduzca contaminantes ambientales	b) mejore el abastecimiento de agua potable	c) proteja la flora y fauna	i) mejore la salud humana	ii) promueva el desarrollo sustentable	iii) contribuya a lograr una mejor calidad de vida.	
Alternativas de agua potable		X		X	X	X	ELEGIBLE
Alternativas de alcantarillado y saneamiento	X		X		X	X	ELEGIBLE

El segundo criterio de elegibilidad tiene que ver con el tipo de proyecto. De la misma manera se puede garantizar *a priori* que todas las alternativas tendrán que estar relacionadas con proyectos de tratamiento de aguas residuales o de conexiones domésticas a los servicios de agua y alcantarillado.

Tabla 296. Criterios de tipo de proyecto.

Alternativas	Tipo de proyecto							Criterio de Tipo de Proyecto
	Contaminación del agua	Tratamiento de aguas residuales	Residuos sólidos municipales	Conservación del agua	Residuos peligrosos e industriales	Conexiones domésticas a los servicios de agua y alcantarillado	Reciclaje y reducción de residuos	
Alternativas de agua potable						X		ELEGIBLE
Alternativas de alcantarillado y saneamiento	X	X				X		ELEGIBLE

Finalmente se debe considerar un criterio de Ubicación el cual requiere que los proyectos deben estar localizados en Estados Unidos dentro de la franja de hasta 100 kilómetros de la línea divisoria entre México y los Estados Unidos; y en México, dentro de la franja de hasta 300 kilómetros de dicha línea divisoria. Todas las acciones del Plan Maestro estarán localizadas dentro del centro de población de la ciudad de Reynosa, lo que garantiza el cumplimiento de este criterio.

En resumen, independientemente de las características y consideraciones propias de cada alternativa que se plantea, se puede garantizar de antemano que todas cumplen con los criterios de elegibilidad básica de la COCEF y el BDAN.

4.2. Análisis del cumplimiento de los objetivos

El análisis de cumplimiento de los Objetivos en el marco de la evaluación de alternativas se desarrolla como tal en el procedimiento descrito para evaluar la Alineación Estratégica de las alternativas. En el presente apartado se pretende construir un ejercicio de planeación estratégica que culmine con el establecimiento de los objetivos y la construcción de un Mapa estratégico del Plan Maestro.

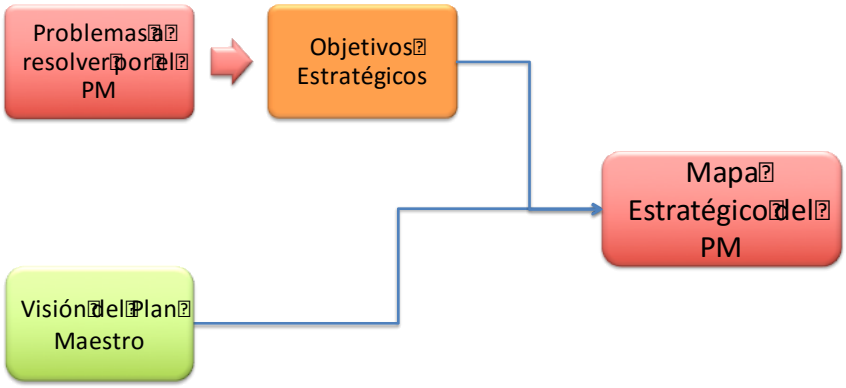


Figura 402. Criterios de tipo de proyecto.

4.2.1. Problemas a resolver por el Plan Maestro

Con base en el análisis realizado en el apartado *Diagnóstico y Planeación Integral de la COMAPA*, a partir de información documental y numerosas reuniones con el personal del Organismo Operador, se identificaron los siguientes problemas relacionados con los sistemas de agua potable, alcantarillado y saneamiento:

- **Existe un elevado porcentaje de agua no contabilizada**.- De acuerdo con el análisis, la *COMAPA* tiene un indicador de ANC del 54.6%; es decir, de cada 10 m^3 de agua que extrae de sus fuentes, deja de facturar más de 5 m^3. Un elevado porcentaje de ANC tiene impacto tanto en la parte operativa como en la parte comercial y de los ingresos del Organismo.
- **No está garantizada la calidad del servicio a mediano y largo plazo**.- Si bien dos de los principales indicadores de calidad del servicio -continuidad y calidad del agua- hoy se reportan como satisfactorios; la realidad es que ambos indicadores podrían cambiar si no se toman medidas de corto plazo. Por lo que toca a la calidad del agua, más allá de que no se tiene registros documentados de que el agua que se suministra a la población cumple con la NOM 127 (sólo se analizan parámetros básicos); la infraestructura de potabilización presenta serias deficiencias en su operación por rezago en mantenimiento. Un colapso de esta infraestructura estratégica, traería graves consecuencias para la calidad del agua. Por otro lado, la continuidad del servicio hoy se garantiza a base de extraer más agua de la que la población requeriría en un sistema con mayor eficiencia. De continuar la tendencia actual se requerirán fuentes adicionales de agua a costos muy elevados.
- **No está garantizado el abasto de agua potable a futuro**.- Relacionado directamente con el punto anterior, el nivel de eficiencia física actual es bajo, lo que trae como consecuencia que se requiera más agua para poder abastecer a los usuarios. De acuerdo con las proyecciones de la demanda, en un escenario en el que se reduzcan las pérdidas físicas, el volumen de agua que se extrae actualmente de las fuentes, podría ser suficiente para abastecer a la población de proyecto.
- **Descargas de aguas residuales sin tratamiento**.- Asociado al crecimiento desordenado de la ciudad, la infraestructura de recolección, alejamiento y tratamiento de aguas residuales ha sido rebasada, por lo que se tienen identificadas descargas sin tratamiento a canales y cuerpos receptores.
- **Potenciales conflictos transfronterizos**.- Si bien en temas ambientales no se vislumbran conflictos que afecten algún ecosistema o población del lado estadounidense, lo cierto es que de prevalecer el

bajo nivel de eficiencia física del sistema, se requerirán volúmenes adicionales para poder abastecer a la población. La fuente más accesible es el Río Bravo, sin embargo la presa Falcón que abastece de agua a las nueve ciudades fronterizas de Tamaulipas, se encuentran sobre-concesionada.

- **Potenciales problemas de salud pública**.- Aún cuando la cobertura de drenaje sanitario es alta, un importante porcentaje de los predios que disponen de alcantarillado municipal, siguen utilizando como método de desalojo las fosas sépticas y los pozos negros.
- **Crecimiento desordenado del centro de población**.- En los últimos años se ha registrado un crecimiento del centro de población al margen de lo estipulado en los planes de desarrollo vigentes, lo que ha traído como consecuencia dificultades para llevar los servicios de agua, alcantarillado y tratamiento a las zonas de crecimiento.
- **Elevados costos de operación**.- Relacionado directamente con lo anterior, se han tenido que implementar soluciones temporales que eventualmente se convierten en definitivas para resolver problemas de abasto y desalojo de aguas negras. Estas obras que no obedecen a ningún esquema de planeación, generan ineficiencias y altos costos de operación.
- **Rezago en el mantenimiento de la infraestructura de los sistemas de agua potable, alcantarillado y saneamiento**.- Del análisis de información se pudo constatar que prácticamente todos los componentes de infraestructura de los sistemas de agua potable, alcantarillado y saneamiento presentan rezago en mantenimiento.

4.2.2. Objetivos estratégicos y visión del Plan Maestro

Una vez que se han reconocido los problemas sustantivos que enfrenta la COMAPA, empleando el concepto de la metodología ZOPP[14] que convierte los problemas en objetivos, los objetivos estratégicos del Plan Maestro serían los siguientes:

- Reducir el porcentaje de agua no contabilizada.
- Conservar los indicadores de calidad de servicio.
- Garantizar en el largo plazo el abasto de agua a la población.
- Garantizar el tratamiento de las descargas aguas residuales en el largo plazo y reducir el impacto de descargas de agua no tratada a cuerpos receptores.
- Reducir los riesgos de conflictos transfronterizos.
- Apoyar el desarrollo urbano ordenado de la ciudad de Matamoros.
- Reducir los costos de operación e incrementar los ingresos
- Mejorar la gestión de activos (mantenimiento de infraestructura).

La integración del mapa estratégico recupera los objetivos estratégicos y los clasifica en las cinco dimensiones que maneja el BSC[15] (financiera, aprendizaje y crecimiento, procesos internos, aliados estratégicos y usuarios); pero además se requiere tener definido la *Visión del Plan Maestro*. La visión es un enunciado que representa una posición futura anhelada. Con base en esto se propuso el siguiente enunciado de visión:

[14] ZOPP: ZielOrientierte ProjektPlanung por sus siglas en alemán. Método de planeación orientado a objetivos.
[15] BSC: Balanced SocredCard por sus siglas en ingles. Metodología de planeación “en una página”.

"*El Plan Maestro no es una ruta, sino un mapa que define el rumbo de la COMAPA en su constante empeño por cumplir su misión de brindar a la población de Reynosa servicios de agua y saneamiento sostenibles y de calidad. Es también un instrumento de gestión en constante evaluación, lo que le permite ajustarse a las circunstancias y retos que enfrenta permanentemente la COMAPA*".

Conjuntado los elementos anteriores, se integró el mapa estratégico que se presenta a continuación.

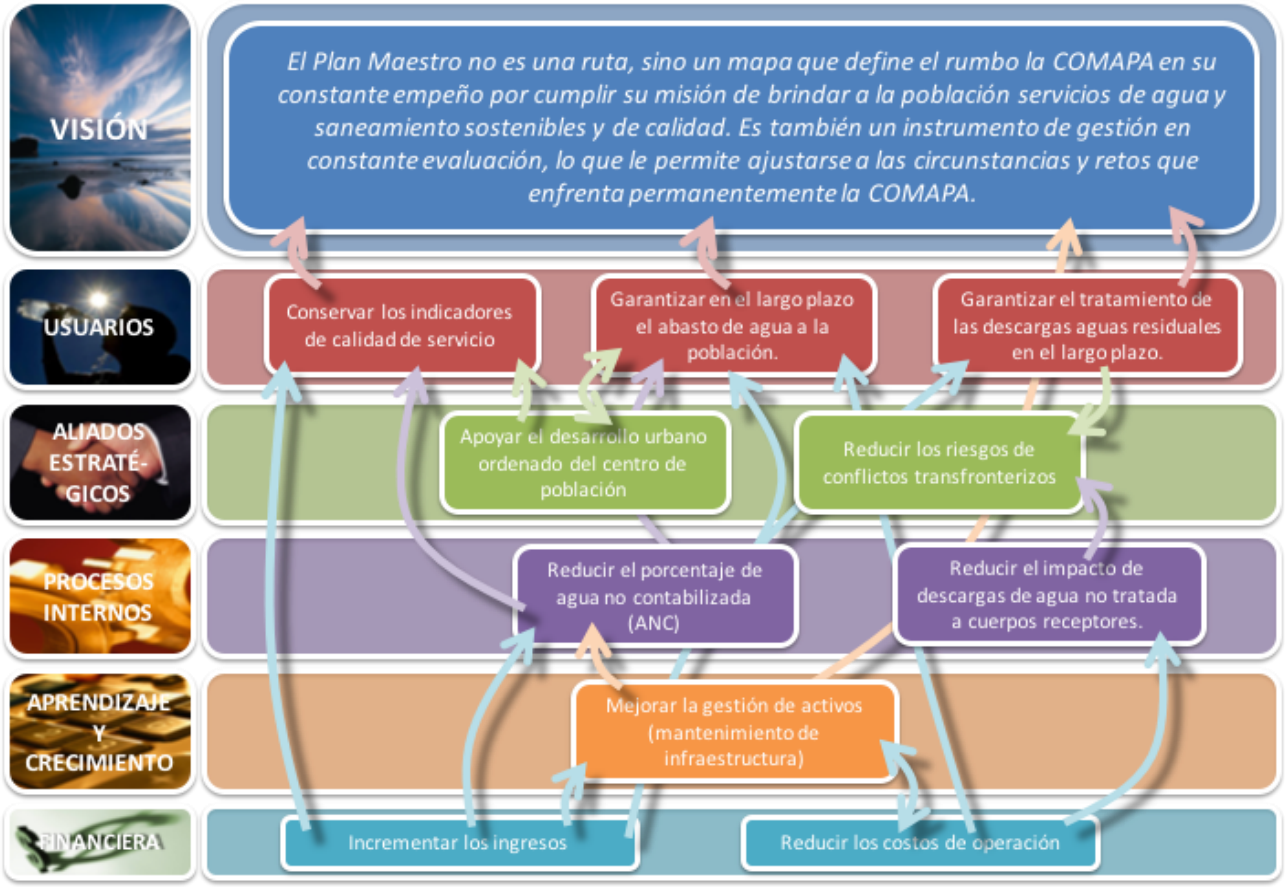


Figura 403. Mapa estratégico del Plan Maestro.

4.3. Establecimiento de Criterios Mensurables

Como lo establecen los términos de referencia, para cada proceso de evaluación descrito en el apartado *Definición de Metodología de Evaluación*, se desarrollaron guías de evaluación que permiten asignar puntuaciones y calificaciones a cada variable considerada en el análisis de evaluación de alternativas.

A continuación se presentan las guías de evaluación, las cuales permitirán otorgar un valor numérico a criterios cualitativos y al mismo tiempo uniformizar los criterios de los evaluadores, restando en cierta medida, subjetividad a la evaluación.

4.3.1. Establecimiento de criterios mesurables para la prefactibilidad IPP

Guía de calificación para el Impacto

Impacto en el Desarrollo Urbano.- Se refiere a la incidencia directa o indirecta que tendrán las acciones de cada alternativa en el desarrollo urbano de la ciudad. Esto se deberá interpretar en dos vertientes en cada caso: los criterios que rigen el Plan de Desarrollo Urbano y el Plan de Desarrollo Municipal.

Tabla 297. Criterios de calificación para evaluar el impacto en el desarrollo urbano.

Impacto	Descripción	Califica
POSITIVO	Cuando la implementación de las acciones apoya y se alinea con los procesos de reordenamiento urbano establecidos en el Plan de Desarrollo Urbano vigente y/o cuando el curso de acciones coadyuvan al cumplimiento de metas en materia de servicios públicos establecidos en el Plan de Desarrollo Municipal.	1 a 3
NEUTRO	Cuando la implementación de acciones no se contraponga a los procesos de reordenamiento urbano establecidos en el Plan de Desarrollo Urbano vigente y/o cuando el curso de acciones no representen un obstáculo para el cumplimiento de metas en materia de servicios públicos establecidos en el Plan de Desarrollo Municipal.	0
NEGATIVO	Cuando la implementación de acciones se contraponga a los procesos de reordenamiento urbano establecidos en el Plan de Desarrollo Urbano vigente y/o cuando el curso de acciones representen un obstáculo para el cumplimiento de metas en materia de servicios públicos establecidos en el Plan de Desarrollo Municipal.	-1 a -3

Impacto Ambiental.- Es la disposición de un elemento del medio natural para ser modificado o para ser motivo de dificultad para la ejecución una acción o conjunto de acciones. Bajo este criterio se deberán tomar en cuenta aspectos que incidan directa o indirectamente en la recuperación/sobre-explotación de mantos acuíferos o el mejoramiento/deterioro de la calidad del agua, entre otros.

Tabla 298. Criterios de calificación para evaluar el impacto ambiental.

Impacto	Descripción	Califica
POSITIVO	Cuando la modificación de los elementos produce mejores condiciones del entorno.	1 a 3
NEUTRO	Cuando ningún elemento se perturba o si resultara perturbado, se incluyen las acciones de mitigación o reducción del impacto.	0
NEGATIVO	Cuando el elemento resulta dañado por las acciones a desarrollar.	-1 a -3

Impacto Social.- Hace referencia al impacto que produce la alternativa al ser implementada en cuanto al mejoramiento de las condiciones de vida y el acceso al recurso; particularmente en los sectores sociales más vulnerables. Bajo este criterio se deberán tomar en cuenta aspectos como la ampliación de la cobertura de servicios o la reducción de riesgos potenciales de salud pública; entre otros.

Tabla 299. Criterios de calificación para evaluar el impacto social.

Impacto	Descripción	Califica
POSITIVO	Cuando el impacto sea directo a los grupos o sectores sociales menos favorecidos y se mejore sustancialmente el acceso al recurso y su calidad de vida	1 a 3
NEUTRO	Cuando el impacto o beneficio para los grupos o sectores sociales menos favorecidos sea indirecto y por lo tanto no modifica sustancialmente la situación de acceso al recurso y su calidad de vida.	0
NEGATIVO	Cuando las acciones perjudiquen la calidad de vida de los grupos o sectores sociales menos favorecidos o bien cuando les dificulten el acceso al recurso.	-1 a -3

Impacto en la Calidad del Servicio.- Se refiere al impacto que produce la alternativa al ser implementada en cuanto al mejoramiento de los servicios que presta el Organismo Operador a los usuarios. Bajo este criterio se deberán tomar en cuenta aspectos como el incremento en las horas de servicio, el aseguramiento de la dotación a la población, la reducción de fallas o incidencias en el sistema de drenaje o el mejoramiento de la eficiencia de tratamiento de las plantas de tratamiento; entre otros.

Tabla 300. Criterios de calificación para evaluar el impacto en la calidad del servicio.

Impacto	Descripción	Califica
POSITIVO	Cuando la implementación de la alternativa impacte directamente en algún indicador relacionado con la calidad de los servicios de agua, drenaje o tratamiento o bien cuando las acciones ayuden a reducir costos de operación.	1 a 3
NEUTRO	Cuando la implementación de la alternativa no modifica sustancialmente los indicadores relacionado con la calidad de los servicios de agua, drenaje o tratamiento o bien cuando las acciones no inciden en la reducción de los costos de operación.	0
NEGATIVO	Cuando la implementación de la alternativa deteriora los indicadores relacionado con la calidad de los servicios de agua, drenaje o tratamiento o bien cuando las acciones pueden incrementar los costos de operación.	-1 a -3

Impacto Transfronterizo.- Hace referencia al impacto que puede generar la implementación de una alternativa en aspectos que incidan de cualquier forma en temas bilaterales. Bajo este criterio se deberán tomar en cuenta aspectos como el cumplimiento/incumplimiento de tratados o acuerdos internacionales, la generación de posibles conflictos ambientales transfronterizos; entre otros.

Tabla 301. Criterios de calificación para evaluar el impacto transfronterizo.

Impacto	Descripción	Califica
POSITIVO	Cuando la implementación de las acciones de la alternativa se enmarca en los tratados internacionales vigentes y las acciones propuestas no afectan a un medio ambiente especialmente sensible o importante (como los parques nacionales o las reservas naturales).	1 a 3

Impacto	Descripción	Califica
NEUTRO	Cuando la implementación de las acciones de la alternativa se enmarca en los tratados internacionales vigentes y las acciones propuestas produzcan ligeras afectaciones a un medio ambiente especialmente sensible o importante (como los parques nacionales o las reservas naturales), pero se consideran medidas de mitigación.	0
NEGATIVO	Cuando la implementación de las acciones de la alternativa transgrede de cualquier forma los tratados internacionales vigentes y/o cuando las acciones propuestas produzcan afectaciones a un medio ambiente especialmente sensible o importante (como los parques nacionales o las reservas naturales).	-1 a -3

Guía de calificación para la Posibilidad

Posibilidad Legal/Regulatoria.- Se refiere a la viabilidad de la alternativa en su relación con el conjunto de normas vigentes en la materia, tanto nacional como estatal y municipal.

Tabla 302. Criterios de calificación para evaluar la posibilidad legal/regulatoria.

Posibilidad	Descripción	Califica
ALTA	Cuando la implementación de la alternativa no requiere de cambios o modificaciones en la normatividad o legislación que la ciñe; no violenta o contradice las legislaciones locales; no discrepa con los programas en que se circunscribe.	1 a 3
MEDIA	Cuando para la implementación de la alternativa se detectan vacíos o indefiniciones en las legislaciones locales en su relación con la legislación federal; pero que aún ante esas ausencias, se puede ejecutar.	0
BAJA	Cuando para la implementación de la alternativa se detectan contradicciones o yuxtaposiciones entre la legislación federal y las legislaciones locales; y su adecuación o actualización requiere de negociaciones políticas o legislativas para poderlas realizar.	-1 a -3

Posibilidad Técnica.- Hace referencia a la facilidad de implementar técnicamente las medidas diseñadas para resolver el problema o conjunto de problemas.

Tabla 303. Criterios de calificación para evaluar la posibilidad técnica.

Posibilidad	Descripción	Califica
ALTA	Cuando las técnicas o tecnologías propuestas estas probadas y resultan accesibles en su manejo y operación.	1 a 3
MEDIA	Cuando las técnicas o tecnologías propuestas están probadas pero implican una especialización o capacitación por quien las implementa y opera.	0
BAJA	Cuando las técnicas o tecnologías propuestas se desconocen o resultan muy complejas en su implementación u operación y requieren de personal y equipo altamente especializado.	-1 a -3

Posibilidad Administrativa.- Se refiere a las posibilidades de realización por quienes son destinatarios de las acciones y a la capacidad legal y administrativa para implementarla.

Tabla 304. Criterios de calificación para evaluar la posibilidad administrativa.

Posibilidad	Descripción	Califica
ALTA	Cuando la administración (el Organismo Operador) está facultada y capacitada suficientemente para implementar la alternativa.	1 a 3
MEDIA	Cuando la administración está facultada legalmente pero incapacitada administrativamente para implementar la acción.	0
BAJA	Cuando la administración carece de facultades y capacidades para implementar la alternativa	-1 a -3

Guía de calificación para la Pertinencia

Pertinencia sociocultural.- Mide la pertinencia de implementar las acciones, considerando que éstas respondan a las necesidades de los usuarios, a su contexto social y cultural y que los beneficios sean tangibles.

Tabla 305. Criterios de calificación para evaluar la pertinencia sociocultural.

Posibilidad	Descripción	Califica
FAVORABLE	Cuando la implementación y efectos de las acciones se consideren cuentan con el consenso y aprobación de los involucrados lo que favorece la ejecución y apropiación de las acciones.	1 a 3
ACEPTABLE	Cuando la implementación y efectos de las acciones se considere cuentan con un nivel parcial pero aceptable de consenso de los involucrados; pero es manejable o controlable con acciones complementarias y negociaciones.	0
DESFAVORABLE	Cuando se considere que no hay consenso y los efectos o reacciones sociales son de indiferencia o rechazo, se prevean manifestaciones o enfrentamientos, lo que pondría en riesgo la implementación de las acciones.	-1 a -3

Pertinencia política.- Mide la conveniencia de aplicar las acciones considerando el respaldo de las autoridades locales o de la sociedad, la posibilidad de riesgos políticos producto de conflictos y protesta y la congruencia con los planteamientos locales de desarrollo.

Tabla 306. Criterios de calificación para evaluar la pertinencia política.

Posibilidad	Descripción	Califica
FAVORABLE	Existe una percepción de credibilidad y confianza en las instituciones por parte de los usuarios; las acciones son congruentes y se enmarcan en las propuestas de desarrollo local (planes, programas); se percibe ausencia de riesgos políticos; fortalece a la autoridad local y por lo tanto existe voluntad en aplicarlas.	1 a 3
ACEPTABLE	Existe credibilidad de los usuarios en las propuestas institucionales; las acciones son compatibles con los objetivos de los programas de desarrollo locales; los riesgos de conflicto son mínimos y no se deteriora la imagen gubernamental.	0
DESFAVORABLE	Hay desconfianza en el logro de los objetivos de las acciones y hacia la institución; presencia de grupos en que se anticipa resistencia, pero existen canales de negociación y control; y cuando el daño a la imagen de las autoridades locales es importante.	-1 a -3

4.3.2. Establecimiento de criterios mensurables para la Prefactibilidad Económica/Financiera

Guía de calificación para la relación costo-eficacia

Se señalará para cada uno de ellos los beneficios a lograr, procesando su expresión en términos cuantitativos de acuerdo con la siguiente guía:

Tabla 307. Criterios de calificación para la evaluación costo-eficacia.

Descripción	Relación	Califica
Repercusión en las condiciones de vida de los usuarios.- Cuando mejore la salud, incremente la calidad del agua que se consume, mitigue los indicadores de marginalidad (mejorando la cobertura de servicios básicos), entre otros.	MUY FAVORABLE FAVORABLE ACEPTABLE	7/6 5/4 3/2
Aprovechamiento racional del recurso.- Cuando se incluyan estrategias y acciones para: mejorar el medio ambiente, reduciendo la contaminación del agua; se incluyan procesos de reciclado y reúso, racionalización y cambio en los patrones de consumo, entre otros.	MUY FAVORABLE FAVORABLE ACEPTABLE	7/6 5/4 3/2
Mejoramiento de las eficiencias del Organismo Operador.- Cuando se incluyan acciones para hacer un uso eficiente del agua (reducir el agua no contabilizada); se incrementen los ingresos por servicios; entre otros.	MUY FAVORABLE FAVORABLE ACEPTABLE	7/6 5/4 3/2
Reducción de costos de operación.- Cuando la alternativa incluya acciones para reducir costos de energía, optimice los recursos humanos y materiales para la operación de los sistemas y/o considere procedimientos que reduzcan el mantenimiento de los componentes de los sistemas.	MUY FAVORABLE FAVORABLE ACEPTABLE	7/6 5/4 3/2

El desarrollo completo de la metodología de evaluación y jerarquización de acciones se presenta en el anexo 20.

Actualización del Plan Maestro de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en Reynosa, Tamaulipas

Capítulo 5

Selección de Alternativas

5. Selección de Alternativas

Una vez definidas la metodología y los criterios de evaluación, el procedimiento propuesto para seleccionar las alternativas es el siguiente:

- Las alternativas han sido propuestas y descritas en el apartado *3.2.1.2 Identificación de Alternativas a las condiciones existentes y futuras del sistema de agua potable* y *3.2.2.2. Identificación de Alternativas a las condiciones existentes y futuras del sistema de alcantarillado sanitario*.
- El proceso de selección se hará de manera paralela para seleccionar la alternativa de agua potable y la alternativa de alcantarillado y saneamiento.
- Dada la naturaleza de la metodología diseñada cuyos resultados pueden variar en función del nivel de conocimiento y posición de quien evalúa; para evitar un sesgo en los resultados se propuso y fue aceptado que en la evaluación participen la mayor cantidad de expertos de la COMAPA, la COCEF, del BDAN, de la CONAGUA y del IMPLAN; además de la Consultora.
- En este sentido se diseñó un instrumento tipo encuesta que puede ser contestado en línea por los participantes, en el que se dan los criterios de evaluación. Se propuso y también fue aceptado realizar este ejercicio de evaluación en talleres presenciales.
- En este instrumento los participantes evaluarán para cada alternativa los siguientes ítems:
    a. Prefactibilidad IPP
        i. Impacto en el Desarrollo Urbano
        ii. Impacto Ambiental
        iii. Impacto Social
        iv. Impacto en la Calidad del Servicio
        v. Impacto Transfronterizo
        vi. Posibilidad Legal/Regulatorio
        vii. Posibilidad Técnica
        viii. Posibilidad Administrativa
        ix. Pertinencia Política
        x. Pertinencia Sociocultural
    b. Prefactibilidad Económica-Financiera (costo-eficacia)
        i. Repercusión en las condiciones de vida de los usuarios
        ii. Aprovechamiento racional del recurso
        iii. Mejoramiento de las eficiencias del OO
        iv. Reducción de costos de operación
- La evaluación de Alineación Estratégica se realizó por la Consultora y fue puesta a consideración de la supervisión.
- Una vez que se realizaron los talleres y se contó con la base de datos de la evaluación generada de los talleres, los resultados de promediarán y se emitirá una única evaluación de factibilidad para cada alternativa.

5.1. Descripción de las alternativas a ser evaluadas

5.1.1. Alternativas de agua potable

Las principales características de las alternativas para agua potable se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 308. Descripción de las alternativas de agua potable.

Alternativa No. 1	Alternativa No. 2
• Construcción de la OT del canal Rodhe a Rancho Grande de 1,100 L/s • Ampliación de la planta Rancho Grande (48) a 1,100 L/s para abastecer los sectores Rancho Grande, Granjas, parte del sector Poniente y Centro, a estos dos últimos por gravedad a partir del tanque elevado de la potabilizadora hasta el Canal Rodhe (45) • Construir el Acuaférico a partir de la Potabilizadora Rancho Grande y hasta Jarachinas (63) para de ahí rebombear a un nuevo Macrotanque • Construcción de un Macrotanque en Los Fresnos III (90) para abastecer por gravedad a todo el sector Granjas. • Construir la segunda etapa del acuaférico y utilizar la infraestructura existente para abastecer a todos los tanques del Sector Granjas a partir del Macrotanque con válvulas de control de presiones • Construir la tercera etapa del Acuaférico para abastecer por gravedad los tanques Nuevo México (78) y Puerta del Sol (62) ubicados al Sur y Suroriente del sector Granjas, cerrando el circuito conectando con el rebombeo Jarachinas. • Construir un acueducto de la confluencia de Jarachinas y Puerta del Sol II hacia Balcones de San José como apoyo del Sector Juárez Poniente y de ahí construir otro acueducto para Paseo de las Flores como apoyo al Sector Juárez Oriente. • En los sectores Centro, Poniente y Juárez llevar a cabo la sectorización de la red de distribución en distritos hidrométricos y la rehabilitación de cruceros y sustitución de tuberías de Fo. Fo.	• Construir la OT del canal Rodhe a Rancho Grande - Los Arcos de 1,100 L/s • Ampliación de la planta Rancho Grande (48) a 310 L/s para abastecer los sectores Rancho Grande, parte del sector Poniente y Centro, a estos dos últimos por gravedad a partir del tanque elevado de la potabilizadora hasta el Canal Rodhe y c. Miguel Hidalgo (45) • Construcción de un acueducto de agua cruda de la OT Rancho grande a una nueva Planta Potabilizadora Los Arcos (95) de 790 L/s de capacidad • Construcción de una nueva Planta Potabilizadora de 790 L/s de capacidad para abastecer al sector Granjas • Construcción de un Macrotanque en la nueva Potabilizadora para abastecer por gravedad a todos los tanques del sector Granjas, incluyendo Jarachinas y Granjas como tanques de regulación, utilizando la infraestructura existente con válvulas sostenedoras de presión en las líneas. • Construir un acueducto de la confluencia de Jarachinas y Puerta del Sol II hacia Balcones de San José como apoyo del Sector Juárez Poniente y de ahí construir otro acueducto para Paseo de las Flores como apoyo al Sector Juárez Oriente. • En los sectores Centro, Poniente y Juárez llevar a cabo la sectorización de la red de distribución en distritos hidrométricos y la rehabilitación de cruceros y sustitución de tuberías de Fo. Fo.

De manera esquemática, las alternativas se pueden observar en las siguientes figuras:

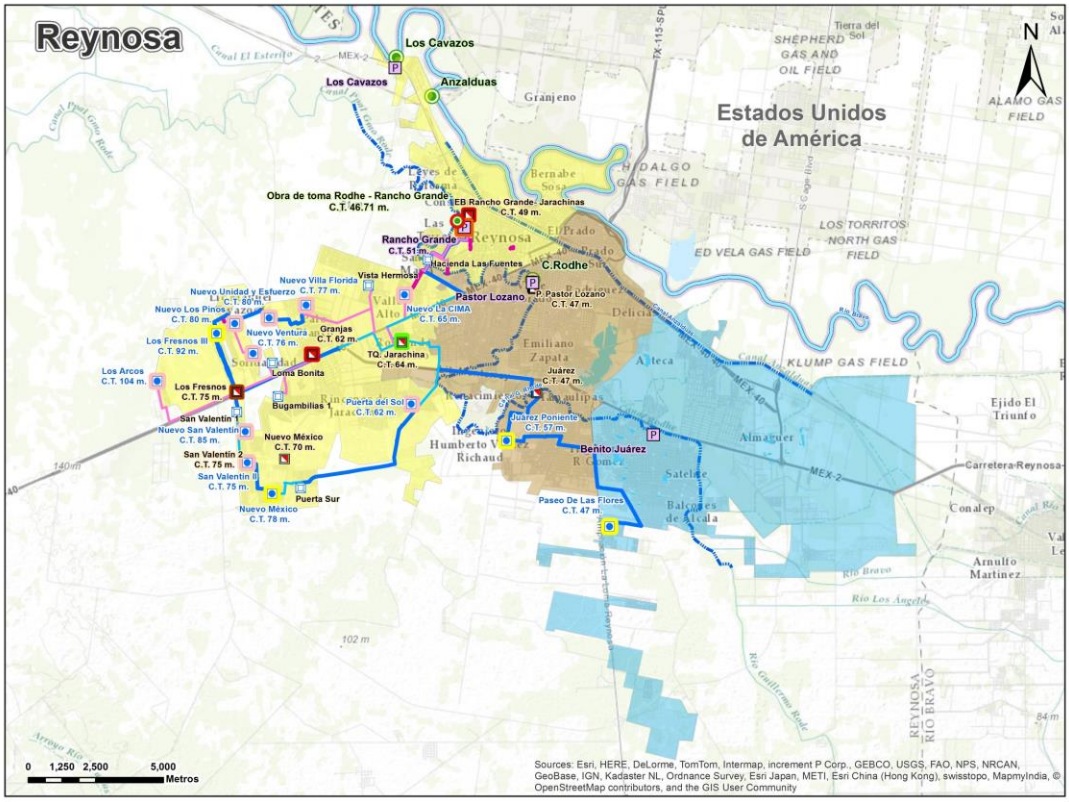


Figura 404. Alternativa 1 agua potable.

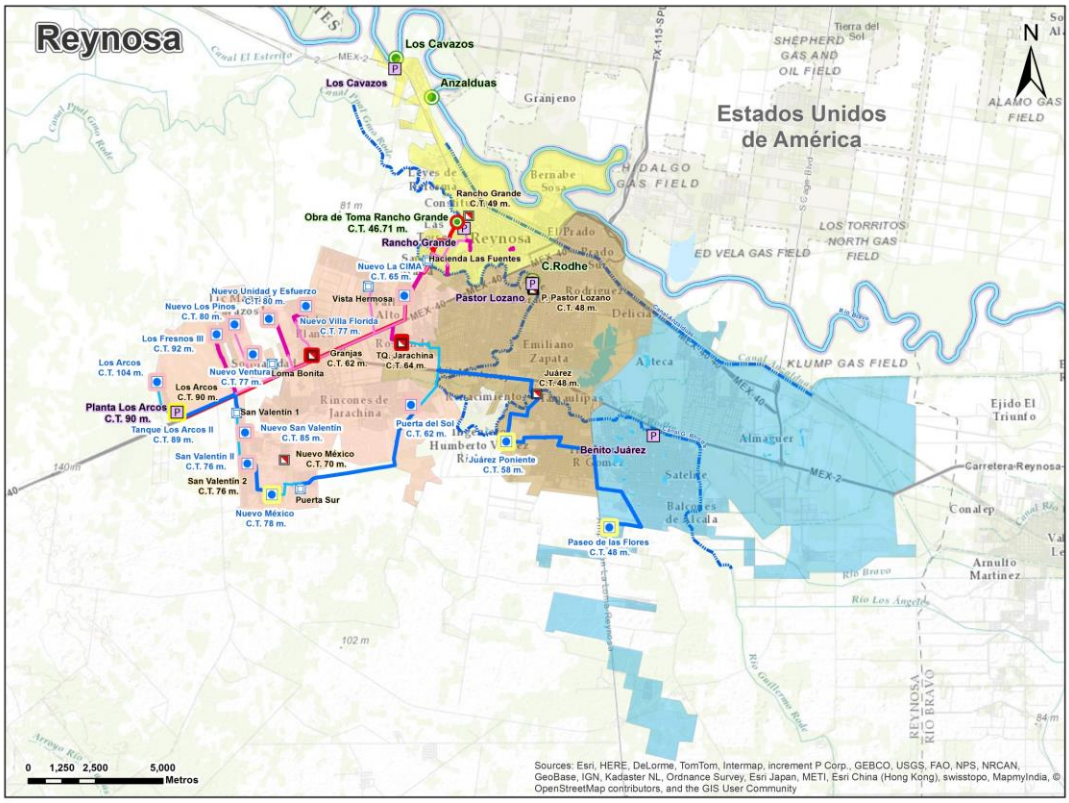


Figura 405. Alternativa 2 agua potable.

5.1.2. Alternativas de alcantarillado y tratamiento

Por su parte, las alternativas para alcantarillado y saneamiento se plantearon de la siguiente manera:

Tabla 309. Descripción de las alternativas de alcantarillado y saneamiento.

Alternativa No. 1	Alternativa No. 2
• Desincorporar de la cuenca de la EBAR #4 las aportaciones de las EBAR #11 y #5, enviándolas por gravedad a la EBAR #3 (Prof: 7 m) • Desincorporar de la cuenca de la EBAR #4 las aportaciones de las EBAR #6 enviándolas por gravedad a la EBAR #30 • Reingeniería de las EBAR #3, 4 y 1 y reequipamiento de la EBAR #30 • Desincorporar de la cuenca de la EBAR # 10 las aportaciones de los colectores de las calles Durango y Brecha 99 y la EBAR #14 para enviarlas por gravedad a una nueva PTAR #3 (Prof: 3.8 m) • Reingeniería de la EBAR #10 • Construcción de la PTAR # 3 de 410 L/s de capacidad. • Conducción de las aportaciones de las EBAR #2, #7 y #8 a una nueva EBAR #278 • Sustitución de las líneas de impulsión de la EBAR, #3, #12, #13, #15, #27 y #32 para reducir CDT • Reequipamiento de las EBAR #12, #13, #15, #22, #27 y #32 • Construcción del colector de la PTAR #2 • Rehabilitación de los colectores y redes colapsadas • Ampliar la red de drenaje a las colonias sin servicio	• Desincorporar de la cuenca de la EBAR #4 las aportaciones de las EBAR #11, #5 y #6 enviándolas por bombeo y gravedad a la EBAR # 22 (Prof: 9.5 m) • Reingeniería de la EBAR #4 y #22 y reequipamiento de la EBAR #5 • Reforzamiento de la línea de impulsión de la EBAR #22. • Desincorporación de la cuenca de la EBAR #10 las aportaciones del colector de la calle Brecha 99 para enviarlo por gravedad a una nueva PTAR #3 (Prof: 3.8m) • Reingeniería de la EBAR #10 • Construcción de la PTAR #3 de 90 L/s de capacidad y ampliación de la PTAR #2 de 30 L/s de capacidad. • Conducción de las aportaciones de las EBAR #2, #7 y #8 a una nueva EBAR #278 • Sustitución de las líneas de impulsión de la EBAR, #3, #12, #13, #15, #27 y #32 para reducir CDT • Reequipamiento de las EBAR #1, #12, #13, #15, #22, #27, #30 y #32 • Construcción del colector de la PTAR #2 • Rehabilitación de los colectores y redes colapsadas • Ampliar la red de drenaje a las colonias sin servicio

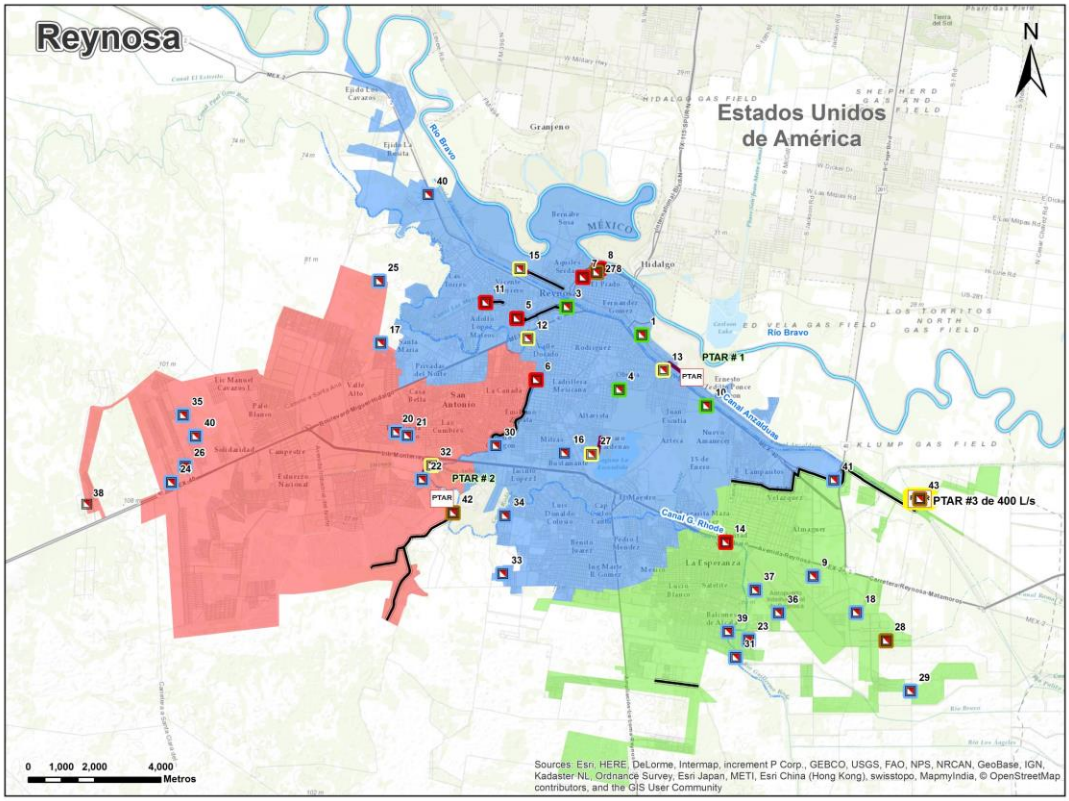


Figura 406. Alternativa 1 Alcantarillado y saneamiento.

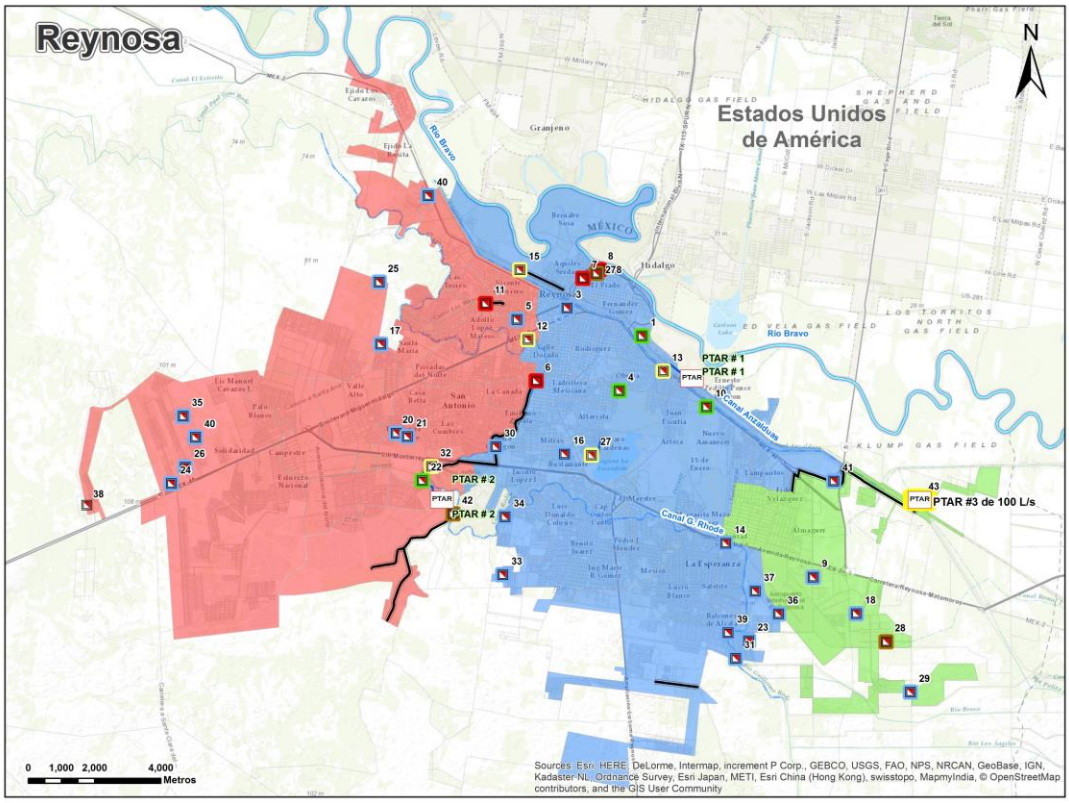


Figura 407. Alternativa 2 Alcantarillado y saneamiento.

5.2. Relatoría de los talles de evaluación

Una vez sometido a la consideración de la supervisión la opción de realizar la evaluación a través de una encuesta en línea o bien a través de un taller presencial, se determinó llevar a cabo un taller el día 14 de abril.

En el taller participaron trece expertos pertenecientes a la COMAPA, la CONAGUA, la COCEF y el BDAN. Se realizaron dos sesiones; la primera para analizar las alternativas de agua potable y la segunda para evaluar las alternativas de alcantarillado y saneamiento.

La dinámica de los talleres consistió en hacer una presentación a los participantes explicando los siguientes temas:

- Objetivos del taller
- Metodología de evaluación de alternativas
- Resultados del diagnóstico
- Alternativas de solución
- Mecánica de la evaluación de alternativas

Una vez presentado lo anterior, se procedió a que los participantes hicieran la evaluación empleando el material de apoyo, las guías de evaluación y los formatos preparados ex profeso para el taller. Al final cada participante entregó su evaluación para ser procesada más tarde en gabinete.

5.3. Evaluación de las alternativas de agua potable

5.3.1. Evaluación de la Prefactibilidad IPP de las alternativas de agua potable

Con base en los resultados del taller se obtuvieron las siguientes calificaciones:

Tabla 310. Cuadro de calificaciones de Prefactibilidad IPP.

ALTERNATIVA	Variables del proyecto (Factores Internos)										(3) OPORTUNI-DAD (1+2)/2	Variables desconocidas (Factores externos)			PRE-FACTIBILIDAD IPP (3+4)
	IMPACTO						POSIBILIDAD					PERTINENCIA			
	Desarrollo Urbano	Ambiental	Social	Calidad del Servicio	Transfronterizo	Promedio (1)	Técnica	Legal	Administrativa	Promedio (2)		Socio-cultural	Política	Promedio (4)	
Alternativa 1	2.2	1.7	2.1	2.3	2.1	2.1	2.1	1.9	1.9	2.0	**2.0**	2.3	2.0	2.2	**4.2**
Alternativa 2	2.3	2.1	2.4	2.6	2.0	2.3	2.7	2.0	2.2	2.3	**2.3**	2.2	2.0	2.1	**4.4**

5.3.2. Evaluación de la Prefactibilidad Económica- Financiera de las alternativas de agua potable

Para poder realizar la evaluación de Prefactibilidad Económica-Financiera, fue necesario estimar los costos de inversión y operación de las alternativas. Para esto se emplearon los resultados de la modelación y precios índices. La alternativa ganadora será cuantificada y costeada con mayor detalle para efectos de la jerarquización, programación y análisis financiero, por lo que los montos de inversiones pudieran sufrir algunos ajustes más adelante.

Tabla 311. Estimación de costos de la Alternativa 1 de Agua Potable.

Clasificación	Unidad	Corto Plazo		Mediano Plazo		Largo Plazo		Subtotal	
		Cantidad	Importe ($)	Cantidad	Importe ($)	Cantidad	Importe ($)	Cantidad	Importe ($)
Captaciones y conducción (Equipamiento EBAPs)	Cant-OT	1	$151,139,955	0	-	0	$44,861,919	1	$196,001,874
	L/s	1,100		0		0		1,100	
	Cant-EBAP	10		0		13		23	
	hp	3,609		0		3,704.0		7,313	
Obra de Toma	Cant	1	$39,000,000	0	-	0	-	1	$39,000,000
	L/s	1,100		0		0		1,100	
Pozos Profundos	Cant	26	$2,588,379	0	-	26	$2,588,379	52	$5,176,758
	hp	710		0		710		1,420	
Estaciones de Bombeo (Reingenierías y Reequipamientos)	Cant	10	$109,551,576	0	-	13	$42,273,540	23	$151,825,116
	hp	3,609		0		3,704.0		7,313	
Potabilización	Cant	3	$101,751,691	0	-	0	$27,793,327	3	$129,545,018
	L/s	1,022		0		121		1,143	
Ampliación de plantas potabilizadoras	Cant	2	$101,751,691	0	-	1	$27,793,327	3	$129,545,018
	L/s	1,020		0		120		1,140	
Regulación y tubos (Mejora Operativa y Refuerzos)	Cant-TQ	14	$920,647,408	0	-	6	$147,446,320	20	$1,068,093,729
	m^3	47,750		0		5,950		53,700	
	km	122.65		0		78.50		201	
Tanques de Regulación	Cant	14	$50,634,175	0	-	6	$10,943,097	20	$61,577,272
	m^3	47,750		0		5,950		53,700	
Mejora Operativa de tubos a presión	km	69.07	$577,691,326	0	-	76	$134,758,819	145	$712,450,145
Refuerzos en tubos de presión	km	33.67	$166,863,799	0	-	2	$1,744,404	36	$168,608,203
Sustitución en tubos de presión	km	19.91	$125,458,109	0	-	0	-	20	$125,458,109
Red de distribución (Ampliación de cobertura)	km	17	$7,615,664	88	$38,754,952	18.40	$8,083,195		$54,453,812
Otros agua potable (Complementos de obras)	km	10	$68,424,091	112	$333,088,622	170	$93,784,329	292	$495,297,043
	CV	1,584		0		0		1,584	
Rehabilitación y Sustitución	km	10	$47,832,091	112	$333,088,622	170	$93,784,329	292	$474,705,043
Suministro e instalación de válvulas en cruceros de control	CV	1,584	$20,592,000	0	-	0	-	1,584	$20,592,000
Total			**$1,249,578,810**		**$371,843,574**		**$321,969,091**		**$1,943,391,475**

Tabla 312. Estimación de costos de la Alternativa 2 de Agua Potable.

Clasificación	Unidad	Corto Plazo		Mediano Plazo		Largo Plazo		Subtotal	
		Cantidad	Importe ($)	Cantidad	Importe ($)	Cantidad	Importe ($)	Cantidad	Importe ($)
Captaciones y conducción (Equipamiento EBAPs)	Cant-OT	1	$218,898,792	0	-	0	$47,021,596	1	$265,920,388
	L/s	310		0		0		310	
	Cant-EBAP	10		0		13		23	
	hp	3,953.0		0		4,489		8,442	
Obra de Toma	Cant	1	$13,000,000	0	-	0	-	1	$13,000,000
	L/s	310		0		0		310	
Pozos Profundos	Cant	26	$2,588,379	0	-	26	$2,588,379	52	$ 5,176,758
	hp	710		0		710		1,420	
Estaciones de Bombeo (Reingenierías y Reequipamientos)	Cant	10	$203,310,413	0	-	13	$44,433,217	23	$247,743,630
	hp	3,953.0		0		4,489		8,442	
Potabilización	Cant	3	$140,025,542	0	-	0	$33,560,079	3	$173,585,621
	L/s	232		0		181		413	
Construcción y Ampliación de plantas potabilizadoras	Cant	2	$140,025,542	0	-	1	$33,560,079	3	$173,585,621
	L/s	230		0		180		410	
Regulación y tubos (Mejora Operativa y Refuerzos)	Cant-TQ	15	$904,273,405	0	-	5	$147,491,183	20	$1,051,764,588
	m^3	48,620		0		5,600		54,220	
	km	131.15		0		79.14		210	
Tanques de Regulación	Cant	15	$53,221,081	0	-	5	$9,996,223	20	$63,217,304
	m^3	48,620		0		5,600		54,220	
Mejora Operativa de tubos a presión	km	73.88	$600,389,676	0	-	69	$124,958,804	143	$725,348,480
Refuerzos en tubos de presión	km	36	$143,083,774	0	-	10	$12,536,156	46	$155,619,930
Sustitución en tubos de presión	km	21	$107,578,874	0	-	0	-	21	$107,578,874
Red de distribución (Ampliación de cobertura)	km	17	$7,615,664	88	$38,754,952	18.40	$8,083,195		$54,453,812
Otros agua potable (Complementos de obras)	km	10	$68,424,091	112	$333,088,622	170	$93,784,329	292	$495,297,043
	CV	1,584		0		0		1,584	
Rehabilitación y Sustitución	km	10	$47,832,091	112	$333,088,622	170	$93,784,329	292	$474,705,043
Suministro e instalación de válvulas en cruceros de control	CV	1,584	$20,592,000	0	-	0	-	1,584	$20,592,000
Total			**$1,339,237,494**		**$371,843,574**		**$329,940,383**		**$2,041,021,451**

Los costos de operación por su parte se estimaron de la siguiente manera

Tabla 313. Costos anuales de operación Alternativas de Agua Potable.

Alternativa	Costos de Operación Corto Plazo ($)	Costos de Operación Largo Plazo ($)
Alternativa 1	$47,764,443	$52,486,737
Alternativa 2	$51,500,637	$56,060,904

Con base en los resultados del taller y con las estimaciones de costos presentadas anteriormente empleadas para calcular el Valor Actual Neto del flujo, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 314. Cuadro de calificaciones de Prefactibilidad E/F.

BENEFICIOS / ALTERNATIVAS	Repercusión en las condiciones de vida de los usuarios	Aprovechamiento racional y sustentable del recurso	Mejoramiento de las eficiencias del OO	Reducción de los costos de operación	Costo-Eficacia (Promedio)	Factor	PREFACTIBILIDAD E/F
Alternativa 1 VAN: **1,704,033**	5.5	5.7	5.9	5.2	**5.58**	**0.97**	**5.4**
Alternativa 2 VAN: **1,810,984**	6.2	6.1	6.3	5.9	**6.13**	**1.00**	**6.1**

5.4. Evaluación de la Alineación Estratégica

5.4.1. Evaluación de la Alineación Estratégica de las alternativas de agua potable

A diferencia de las dos calificaciones de prefactibilidad anteriores que fueron obtenidas a partir de la participación de expertos de las dependencias involucradas, la evaluación de Alineación Estratégica fue llevada a cabo por el personal de la Consultora y sometida a la revisión de la supervisión. Se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 315. Cuadro de calificaciones de Alineación Estratégica.

Variable		Prefactibilidad IPP	Financiera	Aprendizaje y crecimiento	Procesos internos	Aliados estratégicos		Usuarios			Alineación Estratégica
			Reducir los costos de operación en incrementando los ingresos	Mejorar la gestión de activos (mantenimiento de infraestructura)	Reducir el porcentaje de agua no contabilizada.	Reducir los riesgos de conflictos transfronterizos.	Apoyar el desarrollo urbano ordenado de la ciudad de Matamoros.	Conservar los indicadores de calidad del servicio.	Garantizar en el largo plazo el abasto de agua a la población.	Garantizar el tratamiento de las descargas residuales y reducir el impacto de descargas de agua no tratada a cuerpos receptores.	
			Impacto estratégico: (3: muy positivo; 0: neutro; -3: muy negativo)								
Alternativa 1			15.3	12.8	18.8	36.8	37.6	20.2	39.5	0.0	
1	Desarrollo Urbano	2.20	2	0	2	2	3	2	3	0	
2	Ambiental	1.70	0	0	1	3	2	3	3	0	
3	Social	2.10	0	0	0	2	3	0	3	0	
4	Calidad del Servicio	2.30	2	3	2	3	2	2	2	0	
5	Transfronterizo	2.10	0	0	0	3	1	1	2	0	4.8
6	Técnica	2.10	1	1	2	1	2	1	2	0	
7	Legal	1.90	0	0	0	2	1	0	0	0	
8	Administrativa	1.90	1	2	1	0	1	1	1	0	
9	Socio-cultural	2.30	1	0	0	0	2	0	2	0	
10	Política	2.00	0	0	1	2	1	0	1	0	
Alternativa 2			16.9	14.9	21.5	40.2	41.5	23.0	43.6	0.0	
1	Desarrollo Urbano	2.30	2	0	2	2	3	2	3	0	
2	Ambiental	2.10	0	0	1	3	2	3	3	0	
3	Social	2.40	0	0	0	2	3	0	3	0	
4	Calidad del Servicio	2.60	2	3	2	3	2	2	2	0	
5	Transfronterizo	2.00	0	0	0	3	1	1	2	0	5.0
6	Técnica	2.70	1	1	2	1	2	1	2	0	
7	Legal	2.00	0	0	0	2	1	0	0	0	
8	Administrativa	2.20	1	2	1	0	1	1	1	0	
9	Socio-cultural	2.20	1	0	0	0	2	0	2	0	
10	Política	2.00	0	0	1	2	1	0	1	0	

5.4.2. Evaluación General de las alternativas de agua potable

Con base en las calificaciones de prefactibilidad obtenidas, tenemos los siguientes resultados:

Tabla 316. Integración de la calificación de Factibilidad de las alternativas de agua potable

ALTERNATIVAS	(1) OPORTUNIDAD	(2) PERTINENCIA	(3) PREFACTIBILIDAD IPP (1+2)	(4) COSTO-EFICACIA	(5) ALINEACIÓN ESTRATÉGICA	(6) FACTIBILIDAD (3+4+5)
Alternativa 1	2.0	2.2	4.2	5.4	4.8	14.3
Alternativa 2	2.3	2.1	4.4	6.1	5.0	15.5

El resultado de la evaluación de las alternativas de agua potable señala que la **Alternativa 2** es la que mayor calificación de Factibilidad obtuvo, por lo que será la que en los próximos capítulos será desarrollada en detalle, jerarquizada, programada y empleada en el modelo financiero.

Para mayor detalle de los costos de inversión y operación de agua potable en condiciones futuras para ambas alternativas, consultar el anexo 18.

5.4.3. Evaluación de las alternativas de alcantarillado y saneamiento

5.4.3.1 Evaluación de la Prefactibilidad IPP de las alternativas de alcantarillado y saneamiento

Con base en los resultados del taller se obtuvieron las siguientes calificaciones:

Tabla 317. Cuadro de calificaciones de Prefactibilidad IPP.

ALTERNATIVA	Variables del proyecto (Factores Internos)										(3) OPORTUNI-DAD (1+2)/2	Variables desconocidas (Factores externos)			PRE-FACTIBILIDAD IPP (3+4)
	IMPACTO						POSIBILIDAD					PERTINENCIA			
	Desarrollo Urbano	Ambiental	Social	Calidad del Servicio	Transfronterizo	Promedio (1)	Técnica	Legal	Administrativa	Promedio (2)		Socio-cultural	Política	Promedio (4)	
Alternativa 1	2.4	2.4	2.4	2.5	1.8	2.3	2.6	2.4	2.2	2.4	**2.4**	2.0	1.8	1.9	**4.2**
Alternativa 2	1.9	2.2	2.0	2.1	2.0	2.0	2.6	2.4	1.8	2.3	**2.2**	2.0	1.8	1.9	**4.0**

5.4.3.2 Evaluación de la Prefactibilidad Económica-Financiera de las alternativas de alcantarillado y saneamiento

Para poder realizar la evaluación de Prefactibilidad Económica-Financiera, fue necesario estimar los costos de inversión y operación de las alternativas. Para esto se emplearon los resultados de la modelación y precios índices. La alternativa ganadora será cuantificada y costeada con mayor detalle para efectos de la jerarquización, programación y análisis financiero, por lo que los montos de inversiones pudieran sufrir algunos ajustes más adelante.

Tabla 318. Estimación de costos de la Alternativa 1 de Alcantarillado y Saneamiento.

Clasificación	Unidad	Corto Plazo		Mediano Plazo		Largo Plazo		Subtotal	
		Cantidad	Importe ($)	Cantidad	Importe ($)	Cantidad	Importe ($)	Cantidad	Importe ($)
Red de atarjeas (Ampliación de Cobertura)	km	47	$128,725,802	12	$32,823,944	125	$338,531,172	184	$500,080,918
Colectores y subcolectores (Conductos y Líneas de Impulsión)	km	64	$331,852,045	0	$-	95	$276,762,610	159	$608,614,654
Mejora Operativa del sistema a gravedad	km	24	$166,460,192	0	$-	58	$148,284,858	82	$314,745,050
Refuerzos y Sustitución por falta de capacidad a gravedad	km	33	$141,193,391	0	$-	26	$93,505,569	59	$234,698,960
Mejora Operativa y Refuerzos en líneas de bombeo	km	7	$24,198,461	0	$-	10	$34,972,183	18	$59,170,644
Otros alcantarillado (Sust. Caídos y Material)	km	14	$56,314,564	56	$279,351,624	34	$169,469,291	104	$505,135,479
Sustitución de conductos caídos	km	14	$56,314,564	0	$-	0	$-	14	$56,314,564
Inspección con CCTV, limpieza y rehabilitación de tuberías	km	0	$-	56	$279,351,624	34	$169,469,291	91	$448,820,915
Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales	L/s	410	$62,160,759	0	$-	185	$44,908,789	595	$107,069,548
Construcción de PTAR's (1 CMP)	L/s	410	$62,160,759	0	$-	0	$-	410	$62,160,759

Clasificación	Unidad	Corto Plazo		Mediano Plazo		Largo Plazo		Subtotal	
		Cantidad	Importe ($)	Cantidad	Importe ($)	Cantidad	Importe ($)	Cantidad	Importe ($)
Ampliación de PTAR's (3 LP)	L/s	0	$-	0	$-	185	$44,908,789	185	$44,908,789
Otros tratamiento (Reequipamiento y Reingenierías de EBs)	hp	1,476	$51,298,227	0	$-	1,840	$10,128,568	3,316	$61,426,795
Construcción de nuevas EB's (4 CMP y 2 LP)	hp	228	$15,486,900	0	$-	20	$1,358,500	248	$16,845,400
Reingeniería y Reequipamiento de EB's (4 CMP)	hp	455	$30,905,875	0	$-	0	$-	455	$30,905,875
Reequipamiento de EB's (27 CMP y 35 LP)	hp	793	$4,905,452	0	$-	1,820	$8,770,068	2,613	$13,675,520
Total		**CP**	**$630,351,396**	**MP**	**$312,175,568**	**LP**	**$839,800,430**	**CMLP**	**$1,782,327,394**

Tabla 319. Estimación de costos de la Alternativa 2 de Alcantarillado y Saneamiento.

Clasificación	Unidad	Corto Plazo		Mediano Plazo		Largo Plazo		Subtotal	
		Cantidad	Importe ($)	Cantidad	Importe ($)	Cantidad	Importe ($)	Cantidad	Importe ($)
Red de atarjeas (Ampliación de Cobertura)	km	47	$128,725,802	12	$32,823,944	125	$338,531,172	184	$500,080,918
Colectores y subcolectores (Conductos y Líneas de Impulsión)	km	63	$338,418,395	0	$-	138	$404,184,221	201	$742,602,616
Mejora Operativa del sistema a gravedad	km	23	$169,753,937	0	$-	74	$216,555,263	97	$386,309,200
Refuerzos y Sustitución por falta de capacidad a gravedad	km	32	$143,987,182	0	$-	47	$136,555,568	79	$280,542,751
Mejora Operativa y Refuerzos en líneas de bombeo	km	7	$24,677,276	0	$-	17	$51,073,389	25	$75,750,665
Otros alcantarillado (Sust. Caídos y Material)	km	14	$56,314,564	56	$279,351,624	34	$169,469,291	104	$505,135,479
Sustitución de conductos caídos	km	14	$56,314,564	0	$-	0	$-	14	$56,314,564
Inspección con CCTV, limpieza y rehabilitación de tuberías	km	0	$-	56	$279,351,624	34	$169,469,291	91	$448,820,915
Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales	L/s	120	$23,881,989	0	$-	375	$59,796,414	495	$83,678,403
Construcción de PTAR's	L/s	90	$17,832,379	0	$-	0	$-	90	$17,832,379
Ampliación de PTAR's	L/s	30	$6,049,610	0	$-	375	$59,796,414	405	$65,846,024
Otros tratamiento (Reequipamiento y Reingenierías de EBs)	hp	1,811	$48,236,040	0	$-	2,034	$9,554,079	3,845	$57,790,119
Construcción de nuevas EB's	hp	69	$4,652,863	0	$-	39	$1,682,495	107	$6,335,357
Reingeniería y Reequipamiento de EB's	hp	1,743	$43,583,178	0	$-	1,995	$7,871,584	3,738	$51,454,762
Total		**CP**	**$595,576,789**	**MP**	**$312,175,568**	**LP**	**$981,535,177**	**CMLP**	**$1,889,287,535**

Los costos de operación por su parte se estimaron de la siguiente manera:

Tabla 320. Costos anuales de operación Alternativas de Alcantarillado y Saneamiento.

Alternativa	Costos de Operación Corto Plazo ($)	Costos de Operación Largo Plazo ($)
Alternativa 1	$12,961,363	$16,565,850
Alternativa 2	$14,343,647	$20,596,210

Con base en los resultados del taller y con las estimaciones de costos presentadas anteriormente empleadas para calcular el Valor Actual Neto del flujo, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 321. Cuadro de calificaciones de Prefactibilidad E/F.

BENEFICIOS / ALTERNATIVAS	Repercusión en las condiciones de vida de los usuarios	Aprovechamiento racional y sustentable del recurso	Mejoramiento de las eficiencias del OO	Reducción de los costos de operación	Costo-Eficacia (Promedio)	Factor	PREFACTIBILIDAD E/F
Alternativa 1 VAN: **1,038,781**	5.4	5.8	5.8	5.6	**5.65**	**1.00**	**5.7**
Alternativa 2 VAN: **1,062,759**	4.3	5.3	5.8	5.1	**5.13**	**0.89**	**4.5**

5.4.3.3 Evaluación de la Alineación Estratégica de las alternativas de alcantarillado y saneamiento

A diferencia de las dos calificaciones de prefactibilidad anteriores que fueron obtenidas a partir de la participación de expertos de las dependencias involucradas, la evaluación de Alineación Estratégica fue llevada a cabo por el personal de la Consultora y sometida a la revisión de la supervisión. Se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 322. Cuadro de calificaciones de Alineación Estratégica.

Variable		Prefactibilidad PP	Financiera	Aprendizaje y	Procesos internos	Aliados estratégicos		Usuarios			Alineación Estratégica
			Reducir los costos de operación e incrementar los ingresos	Mejorar la gestión de activos (mantenimiento de infraestructura)	Reducir el porcentaje de agua no contabilizada.	Reducir los riesgos de conflictos transfronterizos.	Apoyar el desarrollo urbano ordenado de la ciudad de Matamoros.	Conservar los indicadores de calidad del servicio.	Garantizar en el largo plazo el abasto de agua a la población.	Garantizar el tratamiento de las descargas de aguas residuales y reducir el impacto de descargas de agua no tratada a cuerpos receptores.	
			Impacto estratégico: (3: muy positivo; 0: neutro; -3: muy negativo)								
Alternativa 1			14.3	26.7	0.0	38.8	48.3	20.1	0.0	48.3	
1	Desarrollo Urbano	2.42	2	3	0	2	3	1	0	3	
2	Ambiental	2.42	0	1	0	3	2	1	0	3	
3	Social	2.42	0	0	0	2	3	0	0	3	
4	Calidad del Servicio	2.50	0	3	0	0	2	3	0	3	
5	Transfronterizo	1.83	0	0	0	3	2	0	0	3	5.0
6	Técnica	2.58	2	2	0	3	3	3	0	2	
7	Legal	2.42	0	0	0	2	2	0	0	1	
8	Administrativa	2.17	2	2	0	0	0	0	0	1	
9	Socio-cultural	2.00	0	0	0	1	3	0	0	1	
10	Política	1.75	0	0	0	1	1	0	0	1	
Alternativa 2			12.7	23.0	0.0	36.7	44.6	18.1	0.0	43.7	
1	Desarrollo Urbano	1.92	2	3	0	2	3	1	0	3	
2	Ambiental	2.17	0	1	0	3	2	1	0	3	
3	Social	2.00	0	0	0	2	3	0	0	3	
4	Calidad del Servicio	2.08	0	3	0	0	2	3	0	3	
5	Transfronterizo	2.00	0	0	0	3	2	0	0	3	4.7
6	Técnica	2.58	2	2	0	3	3	3	0	2	
7	Legal	2.42	0	0	0	2	2	0	0	1	
8	Administrativa	1.83	2	2	0	0	0	0	0	1	
9	Socio-cultural	2.00	0	0	0	1	3	0	0	1	
10	Política	1.75	0	0	0	1	1	0	0	1	

5.4.4 Evaluación General de las alternativas de alcantarillado y saneamiento

De manera similar a lo realizado para las alternativas de agua potable, se integró la calificación de factibilidad para las alternativas de alcantarillado y saneamiento, dando los siguientes resultados:

Tabla 323. Integración de la calificación de Factibilidad de las alternativas de alcantarillado y saneamiento.

ALTERNATIVAS	(1) OPORTUNIDAD	(2) PERTINENCIA	(3) PREFACTIBILIDAD IPP (1+2)	(4) COSTO-EFICACIA	(5) ALINEACIÓN ESTRATÉGICA	(6) FACTIBILIDAD (3+4+5)
Alternativa 1	2.4	1.9	4.2	5.7	5.0	14.8
Alternativa 2	2.2	1.9	4.0	4.5	4.7	13.3

El resultado de la evaluación de las alternativas de alcantarillado y saneamiento apunta a que la **Alternativa 1** es la que mayor calificación de Factibilidad obtuvo, por lo que será la seleccionada para ser desarrollada en mayor detalle y empleada en el análisis financiero

Para mayor detalle de los costos de inversión y operación de alcantarillado en condiciones futuras para ambas alternativas, consultar el anexo 19.

Actualización del Plan Maestro de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en Reynosa, Tamaulipas

Capítulo 6

Jerarquización de acciones

6. Jerarquización de acciones

6.1. Metodología

El objetivo de este apartado es exponer y proponer los criterios para definir la priorización de los grupos o paquetes de acciones que conforman las alternativas seleccionadas. Para ello, se consideran los siguientes criterios:

a) La alineación obtenida a partir del análisis estratégico.
b) La relación entre la inversión y el beneficio económico esperado.
c) El nivel de viabilidad política, económica, social y tecnológica (PEST).



Figura 408. Pasos para la priorización de acciones

El mecanismo de jerarquización está diseñado para evaluar y ponderar los méritos que tienen las acciones agrupadas en función de objetivos específicos, como lo establecen los términos de referencias. Esto debido a que las acciones no pueden ser evaluadas para efectos de jerarquización de manera separada, toda vez que su impacto depende de la integralidad con la que se implementen. Los grupos de acciones son:

1. Infraestructura de Agua Potable
   - 1.1 Captación y Conducción
   - 1.2 Potabilización
   - 1.3 Regulación y alimentación
   - 1.4 Red de distribución
   - 1.5 Otros
2. Infraestructura de Alcantarillado
   - 2.1 Red de atarjeas
   - 2.2 Colectores y subcolectores
   - 2.3 Otros
3. Infraestructura de Saneamiento
   - 3.1 Plantas de tratamiento
   - 3.2 Otros
4. Consolidación
   - 4.1 Consolidación: Mejoramiento de la eficiencia física e hidráulica
   - 4.2 Consolidación: Mejoramiento de la eficiencia energética
   - 4.3 Consolidación: Fortalecimiento de la facturación y cobranza
   - 4.4 Consolidación: Programa de mejora en el control de usuarios

6.2. Alineación estratégica

La evaluación estratégica se ha llevado a cabo a través de enfoques diferentes pero complementarios, que se encuentran vinculados y conducen a la identificación de las acciones prioritarias en el Programa de Inversiones, a su vez organizado en 4 rubros de inversión (3 de infraestructura respectivamente de agua, alcantarillado y saneamiento; y uno de consolidación o mejora de eficiencias). Para este ejercicio recuperaremos el análisis estratégico desarrollado en el apartado *4.2. Análisis del Cumplimiento de Objetivos*, en el cual se identificaron los problemas sustantivos que tendría que atender el Plan Maestro y a partir de ellos delinear los objetivos y estrategias para resolverlos.

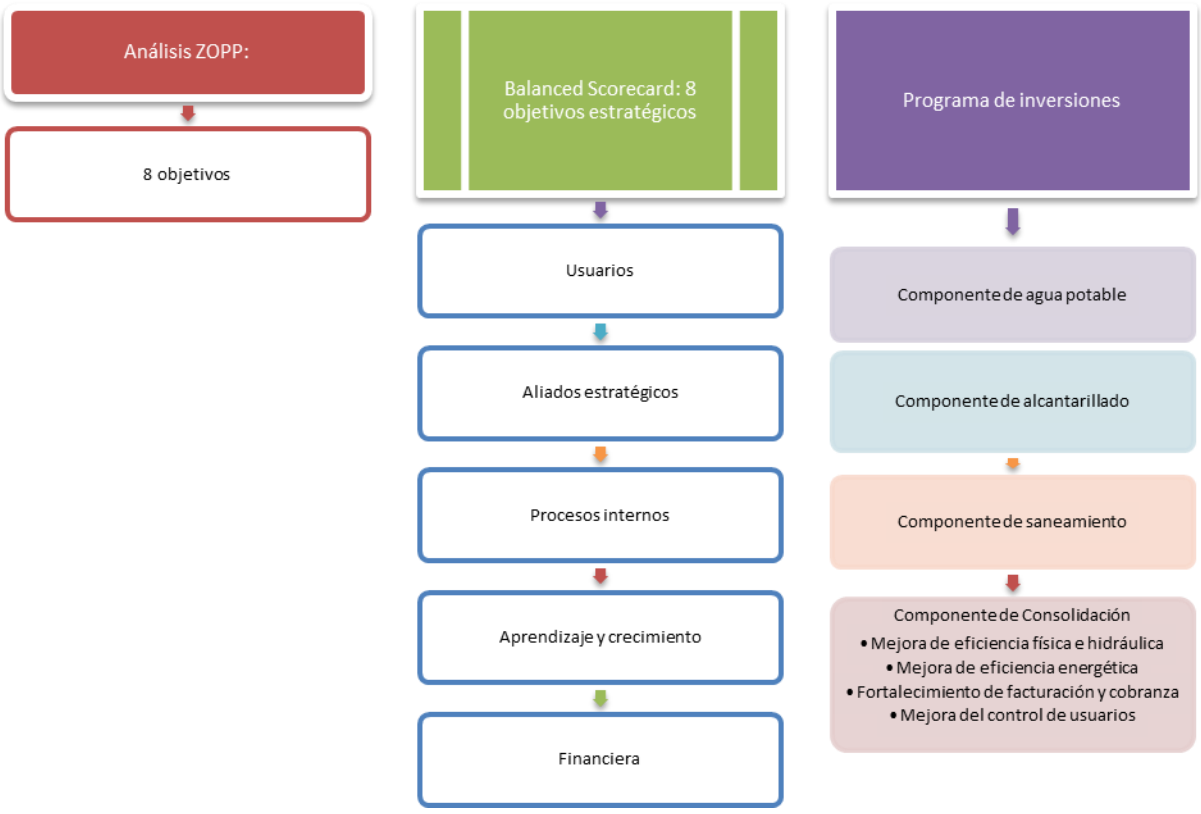


Figura 409. Análisis de la alineación estratégica de las acciones de inversión

En este nivel de análisis donde ya han sido seleccionadas las alternativas, se echará mano de la evaluación de alineación estratégica para el proceso de jerarquización de acciones. La figura anterior esquematiza la relación entre las etapas que definen la alineación estratégica de las inversiones propuestas para el Plan Maestro. De esta manera, se recuperan los resultados de la evaluación de *Alineación Estratégica* de las alternativas (agua potable por un lado y alcantarillado y saneamiento por el otro), donde se hizo una valoración cualitativa del grado de contribución de cada objetivo permitiendo clasificarlos y obtener un primer criterio de jerarquización.

Tabla 324. Cuadro de calificaciones de Alineación Estratégica. Alternativa Seleccionada Agua Potable.

Variable		Prefactibilidad PP	Financiera	Aprendizaje y crecimiento	Procesos internos	Aliados estratégicos		Usuarios		
			Reducir los costos de operación e incrementar los ingresos	Mejorar la gestión de activos (mantenimiento de infraestructura)	Reducir el porcentaje de agua no contabilizada.	Reducir los riesgos de conflictos transfronterizos.	Apoyar el desarrollo urbano ordenado de la ciudad de Matamoros.	Conservar los indicadores de calidad de servicio.	Garantizar en el largo plazo el abasto de agua a la población.	Garantizar el tratamiento de las descargas residuales y reducir el impacto de descargas de aguas no tratadas a cuerpos receptores.
			Impacto estratégico: (3: muy positivo; 0: neutro; -3: muy negativo)							
Alternativa 2			16.9	14.9	21.5	40.2	41.5	23.0	43.6	0.0
1	Desarrollo Urbano	2.30	2	0	2	2	3	2	3	0
2	Ambiental	2.10	0	0	1	3	2	3	3	0
3	Social	2.40	0	0	0	2	3	0	3	0
4	Calidad del Servicio	2.60	2	3	2	3	2	2	2	0
5	Transfronterizo	2.00	0	0	0	3	1	1	2	0
6	Técnica	2.70	1	1	2	1	2	1	2	0
7	Legal	2.00	0	0	0	2	1	0	0	0
8	Administrativa	2.20	1	2	1	0	1	1	1	0
9	Socio-cultural	2.20	1	0	0	0	2	0	2	0
10	Política	2.00	0	0	1	2	1	0	1	0

De la tabla anterior se tiene que las prioridades para el programa de obras y acciones para agua potable son:

a) Los objetivos estratégicos prioritarios son:
   - Garantizar en el largo plazo el abasto de agua a la población.
   - Apoyar el desarrollo urbano ordenado de la ciudad de Reynosa.
   - Reducir los riesgos de conflictos transfronterizos.

b) Los objetivos estratégicos de segunda prioridad son:
   - Conservar los indicadores de calidad de servicio.
   - Reducir el porcentaje de agua no contabilizada.

c) Y los objetivos estratégicos de prioridad terciaria son:
   - Reducir los costos de operación e incrementar los ingresos.
   - Mejorar la gestión de activos (mantenimiento de infraestructura).

Cabe señalar que existe una relación de complementariedad entre los objetivos, de manera que todos son relevantes. Sin embargo, con objeto de priorizar las inversiones, el análisis anterior nos arroja las siguientes conclusiones generales:

a) Lo prioritario es contar la infraestructura necesaria para garantizar el abasto de agua en el largo plazo, para que los servicios de agua contribuyan a un desarrollo urbano ordenado.

b) En segundo lugar, mantener y mejorar la calidad del servicio de agua potable mejorando la eficiencia del sistema.

c) En tercer lugar se encuentra lo relativo a reducir los costos de operación al tiempo en que se mejoren los ingresos y la gestión de los activos.

En lo que toca a la alineación estratégica de la alternativa de alcantarillado y saneamiento se obtuvo lo siguiente:

Tabla 325. Cuadro de calificaciones de Alineación Estratégica. Alternativa Seleccionada Alcantarillado y Saneamiento.

Variable	Prefactibilidad PP	Financiera	Aprendizaje y	Procesos internos	Aliados estratégicos		Usuarios		
		Reducir los costos de operación e incrementar los ingresos	Mejorar la gestión de activos (mantenimiento de infraestructura)	Reducir el porcentaje de agua no contabilizada.	Reducir los riesgos de conflictos transfronterizos.	Apoyar el desarrollo urbano ordenado de la ciudad de Matamoros.	Conservar los indicadores de calidad de servicio.	Garantizar en el largo plazo el abasto de agua a la población.	Garantizar el tratamiento de las descargas de aguas residuales y reducir el impacto de descargas de agua no tratada a cuerpos receptores.
		Impacto estratégico: (3: muy positivo; 0: neutro; -3: muy negativo)							
Alternativa 1		14.3	26.7	0.0	38.8	48.3	20.1	0.0	48.3
1 Desarrollo Urbano	2.42	2	3	0	2	3	1	0	3
2 Ambiental	2.42	0	1	0	3	2	1	0	3
3 Social	2.42	0	0	0	2	3	0	0	3
4 Calidad del Servicio	2.50	0	3	0	0	2	3	0	3
5 Transfronterizo	1.83	0	0	0	3	2	0	0	3
6 Técnica	2.58	2	2	0	3	3	3	0	2
7 Legal	2.42	0	0	0	2	2	0	0	1
8 Administrativa	2.17	2	2	0	0	0	0	0	1
9 Socio-cultural	2.00	0	0	0	1	3	0	0	1
10 Política	1.75	0	0	0	1	1	0	0	1

De la tabla anterior se tiene que las prioridades para el programa de obras y acciones para alcantarillado y saneamiento son:

a) Los objetivos estratégicos prioritarios son:
   - Apoyar el desarrollo urbano ordenado de la ciudad de Reynosa.
   - Garantizar el tratamiento de las descargas de aguas residuales y reducir el impacto de descargas de agua no tratada a cuerpos receptores.
   - Reducir los riesgos de conflictos transfronterizos.

b) Los objetivos estratégicos de segunda prioridad son:
   - Mejorar la gestión de activos (mantenimiento de infraestructura).
   - Conservar los indicadores de calidad de servicio.

c) Y los objetivos estratégicos de prioridad terciaria son:
   - Reducir los costos de operación e incrementar los ingresos

El análisis anterior nos arroja las siguientes conclusiones generales:

a) Lo prioritario es contar la infraestructura necesaria para reducir el impacto de las descargas de aguas no tratadas en cuerpos receptores, contribuyendo al desarrollo urbano ordenado y evitando potenciales conflictos transfronterizos.

b) En segundo lugar, mejorar el mantenimiento de la infraestructura.

c) En tercer lugar se encuentra lo relativo a reducir los costos de operación e incrementar los ingresos.

Conjuntado el análisis de los dos cuadros anteriores, las acciones del programa de inversiones se evaluarán con base en un sistema de ponderación conforme a su contribución a tres grandes líneas estratégicas en las que se busca sumar y simplificar los 8 objetivos incluidos en el mapa estratégico del Plan Maestro:

- Su contribución a asegurar el abastecimiento de agua potable o reducir las descargas sin tratamiento (9 pts.)
- Su contribución mejorar la eficiencia del sistema o reforzar el mantenimiento de la infraestructura (7 pts.)
- Su contribución a reducir los costos de operación o incrementar los ingresos (5 pts.)

Los resultados del ejercicio de esta evaluación se combinarán con el análisis costo-beneficio y de viabilidad PEST que se explican en las siguientes secciones.

6.3. Beneficio costo

En la jerarquización preliminar del Presupuesto se propone una estimación aproximada de la relación beneficio-costo de corto plazo de las acciones, de manera que se distingan claramente aquéllas que tendrían un mayor impacto ya sea en el monto ingresado por unidad de inversión, o en el monto ahorrado (el gasto evitado) también por unidad de inversión.

Para los efectos del presente ejercicio se tomó en cuenta una evaluación estimada del impacto de cada acción en el flujo financiero de corto plazo (6 años), valorando con -3 puntos las acciones que causarían un incremento importante de costos y con +3 las que reducirían costos o incrementarían beneficios en forma significativa. Más adelante se comenta la forma en que interviene esta ponderación en el proceso de jerarquización.

En el proceso de integración de cada programa operativo anual se sugiere hacer un análisis detallado de este factor, con el objeto de contar con una mejor base de decisión.

6.4. Viabilidad PEST

La evaluación de la viabilidad política, económica, social y tecnológica se traduce en evaluar tres aspectos clave:

a) Viabilidad política y social

- 0: La acción enfrenta posibles riesgos en materia de aceptación social o tiene impacto negativo en grupos o factores de opinión con relevancia social
- +3: la acción generará un impacto de opinión positivo en la sociedad o apoyo importante de grupos o factores de opinión con relevancia social

b) Viabilidad económica

- 0: no hay fuentes o programas que financien este tipo de acciones o se les da prioridad muy baja en el proceso de asignación presupuestal
- +3: existen fuentes o programas para financiar este tipo de acciones, de acceso fácil y con subsidios importantes

c) Viabilidad tecnológica

- 0: el problema a resolver requiere de la aplicación de tecnología de punta, no disponible de manera comercial o de alto costo en el corto plazo
- +3: el problema o acción se resuelve con tecnología de uso corriente, cuya aplicación domina el personal del sistema

Si la suma de las valoraciones es mayor o igual a 6 puntos, se considera con "viabilidad positiva"; si es menor o igual a 3 puntos, se considera "viabilidad baja"; entre ambos rangos, se considera "media".

En el siguiente apartado se describe el mecanismo de jerarquización donde intervienen los resultados combinados de la alineación estratégica, la evaluación costo-beneficio y el análisis de viabilidad PEST.

6.5. Resultados de la jerarquización de las acciones

Para generar una jerarquización de las acciones, se aplicaron las siguientes reglas:

a) Fueron seleccionadas las acciones con viabilidad positiva.

b) Se calculó un valor agregado de prioridad estratégica global (suma ponderada del valor de contribución a los objetivos estratégicos).

c) Se calculó un vector de prioridad, como la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados del anterior valor agregado de prioridad estratégica y el valor de impacto financiero (valuado para estos efectos entre 0 y 6 puntos)

d) Se dividió el conjunto de acciones en 4 grupos de prioridad, siendo "4" el de más alta prioridad por su contribución simultánea a los objetivos estratégicos y al flujo de caja de corto plazo.

Con base en estos criterios se obtuvieron los resultados de la siguiente tabla:

Tabla 326. Priorización del presupuesto (miles de pesos)

Nivel de Prioridad	Monto por prioridad	%
Prioridad 4	167.5	3.5%
Prioridad 3	77.3	1.6%
Prioridad 2	2,393.5	50.2%
Prioridad 1	2,128.9	44.7%
Total	**4,767.2**	**100.0%**

Del resultado de la jerarquización es importante destacar los siguientes aspectos:

- El primer grupo de prioridad (4) implican sólo el 3.5% del presupuesto y se ubican a acciones de mejora de la eficiencia comercial. Estratégicamente se debe iniciar con estas acciones debido a que

están enfocadas a mejorar el ingreso del organismo, lo que dará viabilidad financiera al Plan Maestro.

- En el siguiente nivel de prioridad (3) se ubica lo relativo a la mejora de la eficiencia energética. Esto obedece igualmente a la necesidad de darle viabilidad financiera al organismo a través de la reducción de costos de operación.
- En los niveles de prioridad 2 y 1, que representan el 95% de las inversiones, se ubican las acciones relativas a la construcción, reforzamiento y mejora en general de la infraestructura de agua potable, alcantarillado y saneamiento. En estos niveles "bajos" de prioridad son rubros estratégicos por lo que esto no significa que deban posponerse; sino que deben programarse desde el principio, pero sin perder de vista la presión financiera que introducen al flujo del organismo.

Es importante hacer énfasis en que esta priorización es independiente de la fuente de financiamiento. Esto quiere decir que en la etapa de instrumentación de las acciones, la obtención de subsidios parciales o totales, puede evidentemente cambiar la prioridad de una acción en función de la oportunidad que representa la existencia de financiamiento concurrente

El desarrollo completo de la metodología de evaluación y jerarquización de acciones se presenta en el anexo 20.

Actualización del Plan Maestro de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en Reynosa, Tamaulipas

Capítulo 7

Programa de Obras y Acciones

7. Programa de Obras y Acciones

Una vez que han sido jerarquizadas las acciones que conformarán el Plan Maestro de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, se formuló el Programa de Obras y Acciones para un período de 20 años, con especial énfasis en el corto plazo (5 años).

El programa de obras y acciones es la calendarización de las acciones siguiendo el orden que garantice el cumplimiento de los objetivos. Si bien el resultado del proceso de jerarquización es un criterio de programación, lo que se busca es la integralidad en la implementación para tener mayor margen de éxito en los resultados.

En este sentido, el programa de obras y acciones se construyó acción por acción; revisando sus interrelaciones, interdependencias y prelaciones con el resto de las acciones y respetando la estructura programática propuesta en los términos de referencia.

Tabla 327. Programa de obras y acciones

DESCRIPCIÓN	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6-10	Año 11-15	Año 16-20
1. Infraestructura de Agua Potable								
Sector Rancho Grande CMP								
Obra de Toma		■						
Líneas nuevas			■					
Sector Rancho Grande LP								
Líneas nuevas						■	■	
Sector Los Arcos CMP								
Líneas nuevas				■	■	■		
Sector Los Arcos LP								
Líneas nuevas							■	
Sector Juárez Pte. CMP								
Líneas nuevas					■	■		
Sector Juárez Ote. CMP								
Líneas nuevas						■		
Sector Oriente LP								
Líneas nuevas							■	
Sector Poniente CMP								
Líneas nuevas						■		
Sector Rancho Grande CMP								
Potabilizadora			■					
Sector Los Arcos CMP								
Potabilizadora			■	■				
Sector Los Arcos LP								
Potabilizadora							■	
Sector Juárez Ote. CMP								
Potabilizadora					■	■		

DESCRIPCIÓN	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6-10	Año 11-15	Año 16-20
Sector Rancho Grande CMP								
Tanques			■					
Reforzamiento y Sustitución de Líneas		■	■	■				
Sector Rancho Grande LP								
Tanques							■	
Sector Los Arcos CMP								
Tanques					■	■		
Reforzamiento y Sustitución de Líneas					■	■		
Sector Los Arcos LP								
Tanques							■	
Reforzamiento y Sustitución de Líneas							■	
Sector Juárez Pte. CMP								
Tanques						■		
Reforzamiento y Sustitución de Líneas					■	■		
Sector Juárez Ote. CMP								
Tanques					■			
Reforzamiento y Sustitución de Líneas						■		
Sector Juárez Ote. LP								
Reforzamiento y Sustitución de Líneas							■	
Sector Oriente LP								
Tanques							■	
Reforzamiento y Sustitución de Líneas							■	
Sector Centro CMP								
Reforzamiento y Sustitución de Líneas			■					
Sector Poniente CMP								
Tanques						■		
Reforzamiento y Sustitución de Líneas						■		
Ampliación de cobertura a la red de distribución **(Corto Plazo)**	■	■	■	■	■			
Ampliación de cobertura a la red de distribución **(Mediano Plazo)**						■		
Ampliación de cobertura a la red de distribución **(Largo Plazo)**							■	■
Sector Rancho Grande CMP								
Estaciones de Bombeo		■	■					
Sector Rancho Grande LP								
Estaciones de Bombeo							■	
Sector Los Arcos CMP								
Estaciones de Bombeo				■	■	■		
Sector Los Arcos LP								
Estaciones de Bombeo							■	
Sector Juárez Pte. CMP								
Estaciones de Bombeo						■		

DESCRIPCIÓN	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6-10	Año 11-15	Año 16-20
Sector Juárez Pte. LP								
Estaciones de Bombeo							■	
Sector Juárez Ote. CMP								
Estaciones de Bombeo					■	■		
Sector Juárez Ote. LP								
Estaciones de Bombeo							■	
Sector Oriente CMP								
Estaciones de Bombeo						■		
Sector Oriente LP								
Estaciones de Bombeo							■	
Sector Poniente CMP								
Estaciones de Bombeo						■		
Sector Poniente LP								
Estaciones de Bombeo							■	
Sustitución a la red secundaria **(Largo Plazo)**							■	■
2. Infraestructura de Alcantarillado								
Ampliación de cobertura en red de atarjeas **(Corto Plazo)**	■	■	■	■	■	■		
Ampliación de cobertura en red de atarjeas **(Mediano Plazo)**						■		
Ampliación de cobertura en red de atarjeas **(Largo Plazo)**							■	■
Sistema PTAR #3 CMP								
Conductos a grvedad (MO)		■	■	■				
Reforzamiento y Sustitución de conductos a gravedad				■	■	■		
Sistema PTAR #3 LP								
Conductos a grvedad (MO)							■	
Reforzamiento y Sustitución de conductos a gravedad							■	■
Líneas de impulsión (MO)							■	
Reforzamiento y Sustitución de Líneas de impulsión							■	
Sistema EBAR #10 CMP								
Reforzamiento y Sustitución de conductos a gravedad				■				
Sistema EBAR #4 CMP								
Reforzamiento y Sustitución de conductos a gravedad					■	■		
Reforzamiento y Sustitución de Líneas de impulsión						■		
Sistema EBAR #4 LP								
Reforzamiento y Sustitución de conductos a gravedad							■	
Reforzamiento y Sustitución de Líneas de impulsión							■	
Sistema EBAR #1 CMP								
Conductos a grvedad (MO)					■	■		
Reforzamiento y Sustitución de conductos a gravedad					■	■		
Líneas de impulsión (MO)						■		
Reforzamiento y Sustitución de Líneas de impulsión						■		

DESCRIPCIÓN	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6-10	Año 11-15	Año 16-20
Sistema EBAR #1 LP								
Conductos a grvedad (MO)							■	
Reforzamiento y Sustitución de conductos a gravedad							■	
Líneas de impulsión (MO)							■	
Reforzamiento y Sustitución de Líneas de impulsión							■	
Sistema EBAR #13 CMP								
Líneas de impulsión (MO)		■						
Sistema EBAR #22 CMP								
Reforzamiento y Sustitución de conductos a gravedad						■		
Líneas de impulsión (MO)						■		
Reforzamiento y Sustitución de Líneas de impulsión						■		
Sistema EBAR #22 LP								
Reforzamiento y Sustitución de conductos a gravedad							■	
Reforzamiento y Sustitución de Líneas de impulsión							■	
Sistema EBAR #30 CMP								
Conductos a grvedad (MO)		■	■	■				
Reforzamiento y Sustitución de conductos a gravedad					■	■		
Sistema EBAR #30 LP								
Conductos a grvedad (MO)							■	
Reforzamiento y Sustitución de conductos a gravedad							■	
Sistema Grav. PTAR #2 CMP								
Conductos a grvedad (MO)	■	■	■	■				
Líneas de impulsión (MO)		■						
Sistema Grav. PTAR #2 LP								
Conductos a grvedad (MO)							■	
Reforzamiento y Sustitución de Líneas de impulsión							■	
Sustitución de conductos caídos **(Corto Plazo)**	■	■	■					
Inspección con CCTV, limpieza y rehabilitación de tuberías **(Mediano Plazo)**				■	■	■	■	■
Inspección con CCTV, limpieza y rehabilitación de tuberías **(Largo Plazo)**							■	■
3. Infraestructura de Saneamiento								
Sistema PTAR #3 CMP								
Plantas de Tratamiento			■	■				
Sistema PTAR #3 LP								
Plantas de Tratamiento							■	
Sistema EBAR #22 LP								
Plantas de Tratamiento							■	
Sistema PTAR Pirámides LP								
Plantas de Tratamiento							■	
Sistema PTAR #3 CMP								
Estaciones de Bombeo AR			■					

DESCRIPCIÓN	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6-10	Año 11-15	Año 16-20
Sistema PTAR #3 LP								
Estaciones de Bombeo AR							■	
Sistema EBAR #10 CMP								
Estaciones de Bombeo AR			■	■				
Sistema EBAR #10 LP								
Estaciones de Bombeo AR							■	
Sistema EBAR #4 CMP								
Estaciones de Bombeo AR						■		
Sistema EBAR #4 LP								
Estaciones de Bombeo AR							■	
Sistema EBAR #1 CMP								
Estaciones de Bombeo AR						■		
Sistema EBAR #1 LP								
Estaciones de Bombeo AR							■	
Sistema EBAR #13 CMP								
Estaciones de Bombeo AR		■						
Sistema EBAR #13 LP								
Estaciones de Bombeo AR							■	
Sistema EBAR #22 CMP								
Estaciones de Bombeo AR						■		
Sistema EBAR #22 LP								
Estaciones de Bombeo AR							■	
Sistema EBAR #30 CMP								
Estaciones de Bombeo AR				■				
Sistema EBAR #30 LP								
Estaciones de Bombeo AR							■	
Sistema Grav. PTAR #2 CMP								
Estaciones de Bombeo AR		■						
Sistema Grav. PTAR #2 LP								
Estaciones de Bombeo AR	■							
4. Consolidación								
Elaboración de proyecto de sectorización		■						
Suministro e instalación de válvulas en 1,584 cruceros de control, incluye: con suministro e instalación de válvulas de seccionamiento y piezas especiales y construcción de cajas tipo.			■	■				
Localización y reparación de fugas en tanques			■	■	■			
Localización y reparación de fugas en tomas y tuberías principales y secundarias			■	■	■	■		
Instalación de micromedidores en las tomas			■	■	■	■		

DESCRIPCIÓN	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6-10	Año 11-15	Año 16-20
Sistematización de lectura de micromedidores en tomas e incorporación de lecturas al sistema de facturación y cobranza					■			
Optimización hidráulica: sectorizaciónd de la red de distribución, control de presión, optimización de la capacidad de almacenamiento.			■	■	■	■		
Catastro de infraestructura hidráulica y de redes (agua potable y alcantarillado)	■	■	■					
Instalación de macromedidores en captaciones (obras de tomas y pozos) y a la entrada y salida de las potabilizadoras		■	■					
Instalación de macromedidores en sectores			■	■				
Sistematización de lectura de macromedidores en captaciones y sectores (p.e j. a través de telemetría)				■				
Sustitución a las líneas de conducción e interconexión de A-C a PEAD **(Corto Plazo)**		■	■	■	■	■		
Sustitución a la red primaria de A-C a PVC **(Mediano Plazo)**						■	■	
Sustitución de redes de distribución en sectores con alta incidencia de fugas				■	■	■		
Capacitación del personal del OO en operación de equipos		■	■	■	■			
Sistema de Información Geográfica		■						
Solicitud de cambio de tarifa eléctrica para reducir gasto por concepto de energía eléctrica.	■							
Adecuaciones a la instalaciones electricas para prevenir fallas inesperadas	■	■						
Reducción de la potencia reactiva (Compensacion del factor de potencia con capacitores)	■	■						
Sustitución de equipos de bombeo de agua potable para reducir consumo de energía (pozos)								
Sustitución de equipos de bombeo de agua potable para reducir consumo de energía (sin sectorización)	■	■						
Sustitución o construcción de tanques de almacenamiento de agua para modificar políticas de operación del equipo de bombeo								
Automatización de equipos de bombeo para monitorear y controlar eficiencias y operación de equipos de bombeo (pozos)	■	■	■	■				
Automatización de equipos de bombeo para monitorear y controlar eficiencias y operación de equipos de bombeo (rebombeos)			■	■	■			
instalacion de dispositivos de control de velocidad de motores en equipos de bombeo		■	■	■				
Sustitución de bombas de alcantarillado								
Reducción de costos de energía en plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR)		■	■					
Elaboración de una auditoría energética integral (Incluyendo analisis electromecanicos e hidro-energeticos complementarios durante el proyecto de sectorizacion) y proyectos ejecutivos de las medidas resultantes	■							
Ajuste de consumos de cuota fija	■							
Corrección de errores de micromedición mediante sustitución de medidores.		■	■	■	■			
Impartición de cursos de formación de recursos humanos en		■	■	■				

DESCRIPCIÓN	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6-10	Año 11-15	Año 16-20
eficiencia comercial		■	■	■				
Impartición de cursos de formación de recursos humanos en atención a usuarios	■							
Firma de convenios con bancos y otras instituciones para ampliar las opciones de pago de los servicios de agua y saneamiento	■							
Mejoras a la facturación mediante un nuevo sistema comercial	■							
Mejoras en la cobranza mediante esquemas que faciliten el pago.		■	■					
Localización y regularización de tomas clandestinas		■	■	■				
Estudio tarifario con el fin de realizar la actualización de las tarifas de agua		■						
Modificaciones a la estructura tarifaria	■							
Reformas para lograr que las tarifas se actualicen de manera continua	■							
Reformas al marco legal para que el OO pueda establecer tarifas adecuadas	■							
Censo de usuarios para mejorar el padrón. Establecimiento de esquemas de actualización continua del padrón.		■	■					
Sistema de cómputo para altas y bajas del padrón de usuarios.			■					

Por su extensión, los catálogos de acciones detallados de los rubros de Infraestructura de agua potable, Infraestructura de Alcantarillado e Infraestructura de Saneamiento se presentan en el anexo 21.

Actualización del Plan Maestro de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en Reynosa, Tamaulipas

Capítulo 8

Programa de Inversiones

8. Programa de Inversiones

De acuerdo con los términos de referencia, el proyecto de inversión debe estar apoyado en cuatro componentes:

- Infraestructura de agua potable;
  - Captación y conducción
  - Potabilización
  - Regulación y alimentación
  - Red de distribución
  - Otros
- Infraestructura de alcantarillado;
  - Red de atarjeas
  - Colectores y subcolectores
  - Otros
- Infraestructura de saneamiento;
  - Plantas de tratamiento
  - Otros
- Consolidación

De la misma forma en que se planteó el programa de obras y acciones, el programa de inversiones se construyó para los rubros de infraestructura de agua potable, alcantarillado y saneamiento con base en la presupuestación de cada una de las obras identificadas resultantes de la modelación hidráulica de las alternativas seleccionadas. Esto quiere decir que para la Alternativa 2 de Agua Potable y la Alternativa 1 de Alcantarillado y Saneamiento se elaboró un catálogo detallado de acciones para el corto, mediano y largo plazo empleando costos índices. El componente de Consolidación se dividió a su vez en cuatro subcomponentes: a) Mejoramiento de la eficiencia física e hidráulica; b) Mejoramiento de la eficiencia energética; c) Fortalecimiento de la facturación y cobranza y d) Programa de mejora en el control de usuarios.

En este apartado se presenta el Programa de Inversiones completo, estructurado de manera que se cumplan los objetivos del Plan Maestro de Mejorar la calidad del servicio, sin embargo el análisis financiero se presenta en el capítulo 12, en donde se generarán escenarios en los que intervienen los aspectos financieros del Organismos y se exploran alternativas en las que intervienen variables como el incremento de tarifas, el porcentaje de subsidio para las diferentes acciones, la posibilidad de posponer inversiones o el impacto que tiene la mejora de las eficiencias en el Organismo.

El programa de inversiones completo para los 20 años del horizonte de planeación se estimó en 4,767 millones de pesos, de los cuales el 40% se tendría que ejercer en los primeros 5 años (corto plazo); el 29% entre los años 6 y 10 (mediano plazo) y el 31% restante en el largo plazo (año 11 al 20).

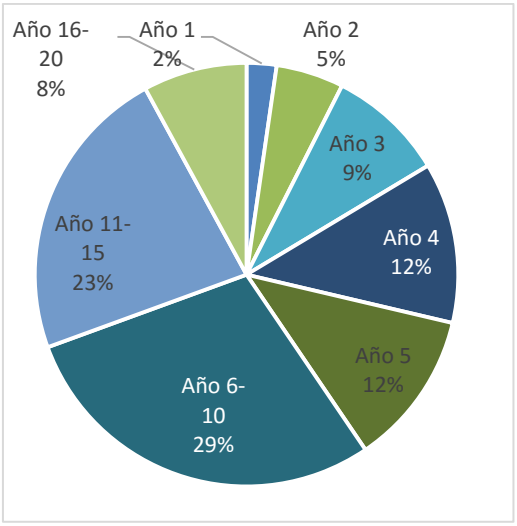


Figura 410. Porcentajes de inversión por periodo de tiempo

Por componente, las inversiones más importantes se concentran en el rubro de Agua Potable con el 43%, seguido por Alcantarillado con el 34%, Consolidación con el 20% y Saneamiento con el 3%.

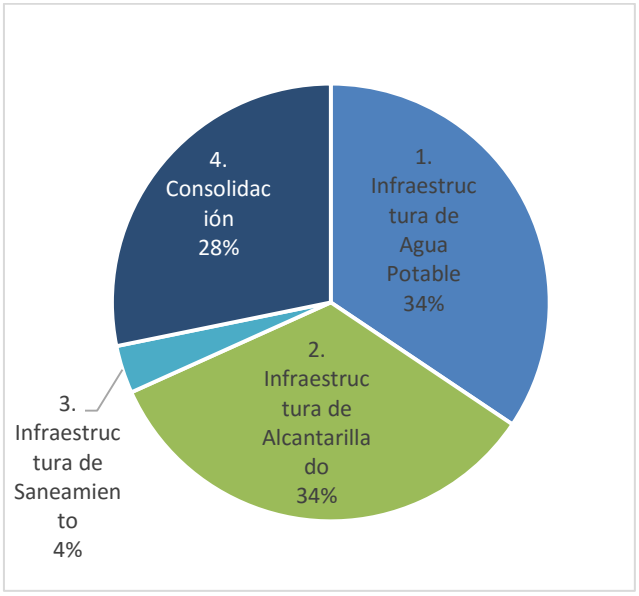


Figura 411. Porcentajes de inversión por componente

A continuación se presenta el programa de inversiones por componente y periodo de inversión

Tabla 329. Programa de Inversiones

DESCRIPCIÓN	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6-10	Año 11-15	Año 16-20
1. Infraestructura de Agua Potable								
Sector Rancho Grande CMP								
Obra de Toma	0.0	**26.1**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Líneas nuevas	0.0	0.0	**8.2**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sector Rancho Grande LP								
Líneas nuevas	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**28.4**	**42.5**	0.0
Sector Los Arcos CMP								
Líneas nuevas	0.0	0.0	0.0	**188.7**	**188.7**	**188.7**	0.0	0.0
Sector Los Arcos LP								
Líneas nuevas	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**21.1**	0.0
Sector Juárez Pte. CMP								
Líneas nuevas	0.0	0.0	0.0	0.0	**10.8**	**10.8**	0.0	0.0
Sector Juárez Ote. CMP								
Líneas nuevas	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**4.4**	0.0	0.0
Sector Oriente LP								
Líneas nuevas	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**33.0**	0.0
Sector Poniente CMP								
Líneas nuevas	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**0.0**	0.0	0.0
Subtotal Captación y Conducción	**0.0**	**26.1**	**8.2**	**188.7**	**199.5**	**232.3**	**96.6**	**0.0**
Sector Rancho Grande CMP								
Potabilizadora	0.0	0.0	**20.1**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sector Los Arcos CMP								
Potabilizadora	0.0	0.0	**43.6**	**43.6**	0.0	0.0	0.0	0.0
Sector Los Arcos LP								
Potabilizadora	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**33.6**	0.0
Sector Juárez Ote. CMP								
Potabilizadora	0.0	0.0	0.0	0.0	**16.3**	**16.3**	0.0	0.0
Subtotal Potabilización	**0.0**	**0.0**	**63.7**	**43.6**	**16.3**	**16.3**	**33.6**	**0.0**
Sector Rancho Grande CMP								
Tanques	0.0	0.0	**6.5**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Reforzamiento y Sustitución de Líneas	0.0	**13.3**	**13.3**	**13.3**	0.0	0.0	0.0	0.0
Sector Rancho Grande LP								
Tanques	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**5.6**	0.0
Sector Los Arcos CMP								
Tanques	0.0	0.0	0.0	0.0	**9.7**	**9.7**	0.0	0.0
Reforzamiento y Sustitución de Líneas	0.0	0.0	0.0	0.0	**31.7**	**63.4**	0.0	0.0
Sector Los Arcos LP								
Tanques	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**2.0**	0.0
Reforzamiento y Sustitución de Líneas	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**2.0**	0.0

DESCRIPCIÓN	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6-10	Año 11-15	Año 16-20
Sector Juárez Pte. CMP								
Tanques	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**0.4**	0.0	0.0
Reforzamiento y Sustitución de Líneas	0.0	0.0	0.0	0.0	**19.1**	**38.2**	0.0	0.0
Sector Juárez Ote. CMP								
Tanques	0.0	0.0	0.0	0.0	**10.1**	0.0	0.0	0.0
Reforzamiento y Sustitución de Líneas	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**24.0**	0.0	0.0
Sector Juárez Ote. LP								
Reforzamiento y Sustitución de Líneas	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**10.6**	0.0
Sector Oriente LP								
Tanques	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**2.4**	0.0
Reforzamiento y Sustitución de Líneas	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**0.5**	0.0
Sector Centro CMP								
Reforzamiento y Sustitución de Líneas	0.0	0.0	**0.8**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sector Poniente CMP								
Tanques	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**3.8**	0.0	0.0
Reforzamiento y Sustitución de Líneas	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**33.8**	0.0	0.0
Subtotal Regulación y alimentación	**0.0**	**13.3**	**20.7**	**13.3**	**70.6**	**173.3**	**23.1**	**0.0**
Ampliación de cobertura a la red de distribución **(Corto Plazo)**	**1.5**	**1.5**	**1.5**	**1.5**	**1.5**	0.0	0.0	0.0
Ampliación de cobertura a la red de distribución **(Mediano Plazo)**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**38.8**	0.0	0.0
Ampliación de cobertura a la red de distribución **(Largo Plazo)**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**4.0**	**4.0**
Subtotal Red de distribución	**1.5**	**1.5**	**1.5**	**1.5**	**1.5**	**38.8**	**4.0**	**4.0**
Sector Rancho Grande CMP								
Estaciones de Bombeo	0.0	**6.6**	**6.6**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sector Rancho Grande LP								
Estaciones de Bombeo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**29.8**	0.0
Sector Los Arcos CMP								
Estaciones de Bombeo	0.0	0.0	0.0	**37.9**	**37.9**	**37.9**	0.0	0.0
Sector Los Arcos LP								
Estaciones de Bombeo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**7.9**	0.0
Sector Juárez Pte. CMP								
Estaciones de Bombeo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**0.9**	0.0	0.0
Sector Juárez Pte. LP								
Estaciones de Bombeo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**1.2**	0.0
Sector Juárez Ote. CMP								
Estaciones de Bombeo	0.0	0.0	0.0	0.0	**24.7**	**24.7**	0.0	0.0
Sector Juárez Ote. LP								
Estaciones de Bombeo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**1.7**	0.0
Sector Oriente CMP								
Estaciones de Bombeo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**0.2**	0.0	0.0
Sector Oriente LP								

DESCRIPCIÓN	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6-10	Año 11-15	Año 16-20
Estaciones de Bombeo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**2.4**	0.0
Sector Poniente CMP								
Estaciones de Bombeo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**28.5**	0.0	0.0
Sector Poniente LP								
Estaciones de Bombeo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**4.2**	0.0
Sustitución a la red secundaria **(Largo Plazo)**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**46.9**	**46.9**
Subtotal Otros	**0.0**	**6.6**	**6.6**	**37.9**	**62.6**	**92.2**	**93.9**	**46.9**
2. Infraestructura de Alcantarillado								
Ampliación de cobertura en red de atarjeas **(Corto Plazo)**	**12.9**	**12.9**	**12.9**	**12.9**	**12.9**	**64.4**	0.0	0.0
Ampliación de cobertura en red de atarjeas **(Mediano Plazo)**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**32.8**	0.0	0.0
Ampliación de cobertura en red de atarjeas **(Largo Plazo)**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**169.3**	**169.3**
Subtotal Red de atarjeas	**12.9**	**12.9**	**12.9**	**12.9**	**12.9**	**97.2**	**169.3**	**169.3**
Sistema PTAR #3 CMP								
Conductos a grvedad (MO)	0.0	**30.9**	**30.9**	**30.9**	0.0	0.0	0.0	0.0
Reforzamiento y Sustitución de conductos a gravedad	0.0	0.0	0.0	**26.6**	**26.6**	**26.6**	0.0	0.0
Sistema PTAR #3 LP								
Conductos a grvedad (MO)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**40.8**	0.0
Reforzamiento y Sustitución de conductos a gravedad	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**25.8**	**17.2**
Líneas de impulsión (MO)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**4.3**	0.0
Reforzamiento y Sustitución de Líneas de impulsión	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**0.4**	0.0
Sistema EBAR #10 CMP								
Reforzamiento y Sustitución de conductos a gravedad	0.0	0.0	0.0	**4.4**	0.0	0.0	0.0	0.0
Sistema EBAR #4 CMP								
Reforzamiento y Sustitución de conductos a gravedad	0.0	0.0	0.0	0.0	**2.7**	**2.7**	0.0	0.0
Reforzamiento y Sustitución de Líneas de impulsión	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**4.6**	0.0	0.0
Sistema EBAR #4 LP								
Reforzamiento y Sustitución de conductos a gravedad	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**7.9**	0.0
Reforzamiento y Sustitución de Líneas de impulsión	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**1.4**	0.0
Sistema EBAR #1 CMP								
Conductos a grvedad (MO)	0.0	0.0	0.0	0.0	**11.1**	**11.1**	0.0	0.0
Reforzamiento y Sustitución de conductos a gravedad	0.0	0.0	0.0	0.0	**10.2**	**20.3**	0.0	0.0
Líneas de impulsión (MO)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**1.2**	0.0	0.0
Reforzamiento y Sustitución de Líneas de impulsión	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**12.5**	0.0	0.0
Sistema EBAR #1 LP								
Conductos a grvedad (MO)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**53.2**	0.0
Reforzamiento y Sustitución de conductos a gravedad	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**29.6**	0.0
Líneas de impulsión (MO)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**4.8**	0.0
Reforzamiento y Sustitución de Líneas de impulsión	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**7.4**	0.0
Sistema EBAR #13 CMP								
Líneas de impulsión (MO)	0.0	**1.9**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

DESCRIPCIÓN	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6-10	Año 11-15	Año 16-20
Sistema EBAR #22 CMP								
Reforzamiento y Sustitución de conductos a gravedad	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**4.0**	0.0	0.0
Líneas de impulsión (MO)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**0.2**	0.0	0.0
Reforzamiento y Sustitución de Líneas de impulsión	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**3.4**	0.0	0.0
Sistema EBAR #22 LP								
Reforzamiento y Sustitución de conductos a gravedad	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**7.0**	0.0
Reforzamiento y Sustitución de Líneas de impulsión	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**15.7**	0.0
Sistema EBAR #30 CMP								
Conductos a grvedad (MO)	0.0	**7.1**	**7.1**	**7.1**	0.0	0.0	0.0	0.0
Reforzamiento y Sustitución de conductos a gravedad	0.0	0.0	0.0	0.0	**5.7**	**11.4**	0.0	0.0
Sistema EBAR #30 LP								
Conductos a grvedad (MO)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**5.5**	0.0
Reforzamiento y Sustitución de conductos a gravedad	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**5.9**	0.0
Sistema Grav. PTAR #2 CMP								
Conductos a grvedad (MO)	**7.6**	**7.6**	**7.6**	**7.6**	0.0	0.0	0.0	0.0
Líneas de impulsión (MO)	0.0	**0.5**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sistema Grav. PTAR #2 LP								
Conductos a grvedad (MO)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**48.7**	0.0
Reforzamiento y Sustitución de Líneas de impulsión	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**1.0**	0.0
Subtotal Colectores y subcolectores	**7.6**	**47.9**	**45.5**	**76.6**	**56.3**	**98.0**	**259.5**	**17.2**
Sustitución de conductos caídos **(Corto Plazo)**	**18.8**	**18.8**	**18.8**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Inspección con CCTV, limpieza y rehabilitación de tuberías **(Mediano Plazo)**	0.0	0.0	0.0	**18.6**	**18.6**	**93.1**	**93.1**	**55.9**
Inspección con CCTV, limpieza y rehabilitación de tuberías **(Largo Plazo)**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**84.7**	**84.7**
Subtotal Otros	**18.8**	**18.8**	**18.8**	**18.6**	**18.6**	**93.1**	**177.9**	**140.6**
3. Infraestructura de Saneamiento								
Sistema PTAR #3 CMP								
Plantas de Tratamiento	0.0	0.0	**31.1**	**31.1**	0.0	0.0	0.0	0.0
Sistema PTAR #3 LP								
Plantas de Tratamiento	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**30.9**	0.0
Sistema EBAR #22 LP								
Plantas de Tratamiento	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**7.7**	0.0
Sistema PTAR Pirámides LP								
Plantas de Tratamiento	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**6.3**	0.0
Subtotal Plantas de Tratamiento	**0.0**	**0.0**	**31.1**	**31.1**	**0.0**	**0.0**	**44.9**	**0.0**
Sistema PTAR #3 CMP								
Estaciones de Bombeo AR	0.0	0.0	**14.9**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sistema PTAR #3 LP								
Estaciones de Bombeo AR	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**2.5**	0.0
Sistema EBAR #10 CMP								
Estaciones de Bombeo AR	0.0	0.0	**5.7**	**5.7**	0.0	0.0	0.0	0.0

DESCRIPCIÓN	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6-10	Año 11-15	Año 16-20
Sistema EBAR #10 LP								
Estaciones de Bombeo AR	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**0.7**	0.0
Sistema EBAR #4 CMP								
Estaciones de Bombeo AR	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**5.3**	0.0	0.0
Sistema EBAR #4 LP								
Estaciones de Bombeo AR	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**0.9**	0.0
Sistema EBAR #1 CMP								
Estaciones de Bombeo AR	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**17.0**	0.0	0.0
Sistema EBAR #1 LP								
Estaciones de Bombeo AR	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**2.6**	0.0
Sistema EBAR #13 CMP								
Estaciones de Bombeo AR	0.0	**0.2**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sistema EBAR #13 LP								
Estaciones de Bombeo AR	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**0.1**	0.0
Sistema EBAR #22 CMP								
Estaciones de Bombeo AR	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**1.4**	0.0	0.0
Sistema EBAR #22 LP								
Estaciones de Bombeo AR	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**1.2**	0.0
Sistema EBAR #30 CMP								
Estaciones de Bombeo AR	0.0	0.0	0.0	**1.0**	0.0	0.0	0.0	0.0
Sistema EBAR #30 LP								
Estaciones de Bombeo AR	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**1.8**	0.0
Sistema Grav. PTAR #2 CMP								
Estaciones de Bombeo AR	0.0	**0.1**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sistema Grav. PTAR #2 LP								
Estaciones de Bombeo AR	**0.2**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Subtotal Otros	**0.2**	**0.3**	**20.6**	**6.7**	**0.0**	**23.7**	**9.9**	**0.0**
4. Consolidación								
Elaboración de proyecto de sectorización	0.0	**12.2**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Suministro e instalación de válvulas en 1,584 cruceros de control, incluye: con suministro e instalación de válvulas de seccionamiento y piezas especiales y construcción de cajas tipo.	0.0	0.0	**10.3**	**10.3**	0.0	0.0	0.0	0.0
Localización y reparación de fugas en tanques	0.0	0.0	**4.6**	**4.6**	**4.6**	0.0	0.0	0.0
Localización y reparación de fugas en tomas y tuberías principales y secundarias	0.0	0.0	**27.0**	**27.0**	**27.0**	**135.2**	0.0	0.0
Instalación de micromedidores en las tomas	0.0	0.0	**7.1**	**7.1**	**7.1**	**35.6**	0.0	0.0
Sistematización de lectura de micromedidores en tomas e incorporación de lecturas al sistema de facturación y cobranza	0.0	0.0	0.0	0.0	**2.8**	0.0	0.0	0.0
Optimización hidráulica: sectorizaciónd de la red de distribución, control de presión, optimización de la capacidad de almacenamiento.	0.0	0.0	**39.8**	**39.8**	**39.8**	**79.5**	0.0	0.0

DESCRIPCIÓN	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6-10	Año 11-15	Año 16-20
Catastro de infraestructura hidráulica y de redes (agua potable y alcantarillado)	15.8	15.8	15.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Instalación de macromedidores en captaciones (obras de tomas y pozos) y a la entrada y salida de las potabilizadoras	0.0	7.9	7.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Instalación de macromedidores en sectores	0.0	0.0	5.6	5.6	0.0	0.0	0.0	0.0
Sistematización de lectura de macromedidores en captaciones y sectores (p.e j. a través de telemetría)	0.0	0.0	0.0	4.3	0.0	0.0	0.0	0.0
Sustitución a las líneas de conducción e interconexión de A-C a PEAD **(Corto Plazo)**	0.0	8.0	8.0	8.0	8.0	15.9	0.0	0.0
Sustitución a la red primaria de A-C a PVC **(Mediano Plazo)**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	166.5	166.5	0.0
Sustitución de redes de distribución en sectores con alta incidencia de fugas	0.0	0.0	0.0	16.3	16.3	81.3	0.0	0.0
Capacitación del personal del OO en operación de equipos	0.0	0.4	0.4	0.4	0.4	0.0	0.0	0.0
Sistema de Información Geográfica	0.0	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Subtotal Consolidación: Mejoramiento de la eficiencia física e hidráulica	**15.8**	**47.2**	**126.6**	**123.4**	**106.0**	**514.2**	**166.5**	**0.0**
Solicitud de cambio de tarifa eléctrica para reducir gasto por concepto de energía eléctrica.	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Adecuaciones a la instalaciones electricas para prevenir fallas inesperadas	3.9	3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Reducción de la potencia reactiva (Compensacion del factor de potencia con capacitores)	0.8	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sustitución de equipos de bombeo de agua potable para reducir consumo de energía (pozos)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sustitución de equipos de bombeo de agua potable para reducir consumo de energía (sin sectorización)	6.5	6.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sustitución o construcción de tanques de almacenamiento de agua para modificar políticas de operación del equipo de bombeo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Automatización de equipos de bombeo para monitorear y controlar eficiencias y operación de equipos de bombeo (pozos)	4.0	4.0	4.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Automatización de equipos de bombeo para monitorear y controlar eficiencias y operación de equipos de bombeo (rebombeos)	0.0	0.0	5.5	5.5	5.5	0.0	0.0	0.0
instalacion de dispositivos de control de velocidad de motores en equipos de bombeo	0.0	2.9	2.9	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0
Sustitución de bombas de alcantarillado	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Reducción de costos de energía en plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR)	0.0	3.8	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Elaboración de una auditoría energética integral (Incluyendo analisis electromecanicos e hidro-energeticos complementarios durante el proyecto de sectorizacion) y proyectos ejecutivos de las medidas resultantes	5.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Subtotal Consolidación: Mejoramiento de la eficiencia energética	**21.5**	**21.8**	**16.2**	**12.3**	**5.5**	**0.0**	**0.0**	**0.0**
Ajuste de consumos de cuota fija	5.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Corrección de errores de micromedición mediante sustitución de medidores.	0.0	14.3	14.3	14.3	14.3	0.0	0.0	0.0
Impartición de cursos de formación de recursos humanos en eficiencia comercial	0.0	0.3	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0

DESCRIPCIÓN	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6-10	Año 11-15	Año 16-20
Impartición de cursos de formación de recursos humanos en atención a usuarios	**0.0**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Firma de convenios con bancos y otras instituciones para ampliar las opciones de pago de los servicios de agua y saneamiento	**3.9**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Mejoras a la facturación mediante un nuevo sistema comercial	**10.4**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Mejoras en la cobranza mediante esquemas que faciliten el pago.	0.0	**8.6**	**8.6**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Localización y regularización de tomas clandestinas	0.0	**4.2**	**4.2**	**4.2**	0.0	0.0	0.0	0.0
Estudio tarifario con el fin de realizar la actualización de las tarifas de agua	0.0	**6.5**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Modificaciones a la estructura tarifaria	**2.2**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Reformas para lograr que las tarifas se actualicen de manera continua	**4.3**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Reformas al marco legal para que el OO pueda establecer tarifas adecuadas	**4.3**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Subtotal Consolidación: Fortalecimiento de la facturación y cobranza	**30.8**	**34.0**	**27.4**	**18.8**	**14.3**	**0.0**	**0.0**	**0.0**
Censo de usuarios para mejorar el padrón. Establecimiento de esquemas de actualización continua del padrón.	0.0	**15.9**	**15.9**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sistema de cómputo para altas y bajas del padrón de usuarios.	0.0	0.0	**10.4**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Subtotal Consolidación: Programa de mejora en el control de usuarios	**0.0**	**15.9**	**26.3**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**
Total	**109.1**	**246.2**	**426.1**	**585.5**	**564.1**	**1,379.1**	**1,079.2**	**378.0**

Tabla 330. Resumen de Inversiones

Componente	Corto plazo	Medio Plazo	Largo Plazo	Inversión total en millones de pesos
1. Infraestructura de Agua Potable	785.3	552.9	302.1	**1,640.4**
2. Infraestructura de Alcantarillado	391.8	288.3	933.7	**1,613.8**
3. Infraestructura de Saneamiento	90.0	23.7	54.8	**168.5**
4. Consolidación	663.7	514.2	166.5	**1,344.5**
Total	**1,930.9**	**1,379.1**	**1,457.2**	**4,767.2**

Para mayor detalle del programa de obras y acciones, consultar el anexo 21.

Actualización del Plan Maestro de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en Reynosa, Tamaulipas

Capítulo 9

Medio Ambiente y Salud Pública

9. Medio Ambiente y Salud Pública

9.1. Estudios de Impacto Ambiental

Se recopilaron con el organismo operador de Reynosa tres estudios de impacto ambiental relacionados con el plan maestro de agua potable, alcantarillado y saneamiento en Reynosa, Tamps:

"Proyecto Integral del Saneamiento de la Ciudad de Reynosa, Tamps.", dictaminado con el oficio No. 000466 de la Secretaría de Desarrollo Social del Estado de Tamaulipas el 24 de noviembre de 1997.

"Proyecto Ejecutivo de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales no. 3 en Reynosa, Tamaulipas" (2009)

"Ampliación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales No. 2 de Reynosa, Tamaulipas", dictaminado favorablemente con resolución S.G.P.A. – DGIRA .-DG/01633 del 19 de febrero de 2014.

Respecto de las obras y acciones integradas en el plan maestro, una vez obtenidos los proyectos correspondientes, será necesario actualizar el listado de la tabla anterior, integrar el estudio de impacto ambiental y obtener la autorización correspondiente en los términos del Artículo 9 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental.

9.2. Normas vigentes nacionales

Para cada norma considerada relevante para el plan maestro, en la siguiente tabla se establecen los hallazgos y recomendaciones derivadas de la integración del diagnóstico. Los archivos en formato PDF de las normas aludidas se encuentran disponibles en Internet[16] y se adjunta copia electrónica.

Tabla 331. Hoja de revisión de cumplimiento de normas vigentes nacionales

Norma	Hallazgos y recomendaciones del diagnóstico
NOM-001-SEMARNAT-1996 - Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.	El índice de tratamiento en las condiciones actuales (volumen de aguas que salen de las plantas de tratamiento y que cumplen con la norma entre volumen total producido de aguas residuales) se calcula en 63.3%.
NOM-002-SEMARNAT-1996 - Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.	No hay evidencia de programas de muestreo y control para dar cumplimiento a esta norma.
NOM-004-SEMARNAT-2002 - Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes en lodos y biosólidos para su aprovechamiento y disposición final.	Se recomienda aplicarlo consistentemente para los lodos resultantes del tratamiento de aguas residuales.
NOM-001-CONAGUA-2011 – Sistemas de agua potable, toma domiciliaria y alcantarillado sanitario – Hermeticidad – Especificaciones y métodos de prueba.	Se recomienda su observación.
NOM-006-ENER-2015 – Eficiencia energética electromecánica en sistemas de bombeo para pozo profundo en operación.	Se recomienda para mejorar la eficiencia electromecánica y reducir costos.
NOM-127-SSA1-1994 - Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.	En la situación actual la falta de macromedidores ocasiona que no se conozca el caudal preciso entregado a la planta potabilizadora Benito Juárez, lo que puede ocasionar dosificaciones inapropiadas para cumplir la norma. Para las

[16] SE. 2016. *Consulta de catálogo de normas – Secretaría de Economía*. Consultado en: https://www.sinec.gob.mx/SINEC/Vista/Normalizacion/BusquedaNormas.xhtmL (15/06/2016).

	fuentes de abastecimiento no se tiene la periodicidad establecida por la norma para los muestreos y se analizan solamente parámetros básicos.
NOM-179-SSA1-1998 - Vigilancia y evaluación del control de calidad del agua potable en redes.	En la situación actual no se tiene registro de muestreos y análisis por laboratorio certificado.
NOM-230-SSA1-2002 - Requisitos sanitarios para manejo del agua en las redes de agua potable.	Se recomienda instrumentar el cumplimiento de esta norma, para proporcionar un servicio eficiente bajo normas estrictas de seguridad y sanitarias.

9.3. Temas para certificación

9.3.1. Área de impacto del proyecto

Reynosa es la cabecera del municipio homónimo en el estado de Tamaulipas. El municipio de Reynosa colinda al Norte con los Estados Unidos de América, al Este con el río Bravo (río Grande), al Sur con el municipio de Méndez y al Oeste con el municipio de Díaz Ordaz y el estado de Nuevo León. Para el año 2015 se estima que la ciudad de Reynosa tiene una población de 660,423 habitantes, con una tasa de crecimiento promedio anual de 1.89%. Al otro lado del río Bravo/Grande, que conforma la frontera con Estados Unidos de América, se encuentra la ciudad de McAllen.



Fuente: Elaboración propia con información cartográfica de INEGI

Figura 412. Localización de la ciudad de Reynosa en el contexto estatal

En el aspecto socioeconómico, el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social, con base en los datos del Censo General de Población y Vivienda 2010, estimó el grado de rezago social por área geoestadística básica (AGEB) urbana[17], lo que permite establecer que al 2010 el 93% de la población de Reynosa vivía en AGEBs urbanas con rezago social "Bajo", 6% en AGEBs urbanas con rezago social "Medio" y 0.8% en AGEBs urbanas con rezago social "Alto" [18].

La principal fuente de abastecimiento es el río Bravo, complementada por agua subterránea. La infraestructura de agua potable se compone de tres obras de toma, cuatro plantas potabilizadoras, 31 tanques de regulación y agua clara, 15 plantas de bombeo, 37 cisternas, 17 pozos profundos y 92.2 km de líneas principales. Para el año 2014 se tenían 215,417 tomas domésticas, 8,337 tomas comerciales, 304 de servicio público y 905 industriales. Para ese año el volumen facturado fue de 44.17 hm^3, y el consumo promedio de 178 l/hab/día (162 l/hab/día para usuarios domésticos).

En términos de agua potable, el diagnóstico indica que las plantas potabilizadoras requieren rehabilitación y mantenimiento en partes de sus trenes de proceso de potabilización. Las líneas de conducción principales presentan falta de capacidad por tuberías reducidas en algunos sectores. Algunas estaciones de bombeo requieren de equipos de alta eficiencia y/o de equipamiento de emergencia. Muchas válvulas de crucero se encuentran inoperantes por incrustaciones de años, por lo que no existe sectorización y la operación es notoriamente ineficiente. El 11% de la población recibe el agua tandeada cada tercer día. Las fugas representan el 40% del agua producida, potabilizada y bombeada. Sólo se analizan parámetros básicos para el agua suministrada, por lo que no se garantiza si se cumple la "NOM-127-SSA1-1994 - Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización". Falta equipo de detección y localización de fugas así como de sustitución de tomas. Existen zonas sin servicio de agua potable. Por la baja eficiencia física y el crecimiento poblacional, se requerirán volúmenes adicionales.

El agua residual se colecta y conduce mediante 194 km de subcolectores, 127 km de colectores, 47 km de líneas de impulsión y 32 estaciones de bombeo de aguas residuales a 3 plantas de tratamiento de aguas residuales, donde es tratada y después descargada en los cuerpos receptores denominados Dren El Anhelo y Dren Santa Anita.

Para el alcantarillado y saneamiento, se tienen segmentos de redes de atarjeas con corrosión significativa debida a bajas velocidades por pendientes reducidas. Existen 20 km de tuberías con fallas (caídos) que no se han rehabilitado, lo que genera bloqueos y saturación de las líneas así como desbordamiento en pozos de visita. El sistema funciona en forma combinada en época de lluvias (aguas residuales más pluviales), sin tener la capacidad necesaria. Más del 50% de los pozos de visita están ahogados, con estancamiento o con muy bajas velocidades. No hay mantenimiento preventivo pues no se cuenta con el equipo suficiente. El drenaje es usado como basurero. Algunas plantas de bombeo de aguas residuales no tienen el equipo

[17] CONEVAL. 2016. *Rezago social a nivel zonas urbanas (AGEB Urbanas)*. Consultado en: http://www.coneval.org.mx/Medicion/IRS/Paginas/Rezago_social_AGEB_2010.aspx (15/06/2016).

[18] Cabe destacar que CONEVAL calcula el grado de rezago social con 5 resultados posibles ("Muy bajo", "Bajo", "Medio", "Alto" y "Muy Alto") para los ámbitos estatal y municipal. No obstante, la metodología empleada para el ámbito de AGEB urbana da como resultado tres clases ("Bajo", "Medio" y "Alto").

diseñado originalmente, con lo que se provocan desbordamientos e inclusive inundaciones de aguas negras. El bombeo puede hacerse más eficiente, pues se presentan costos de bombeo innecesarios o que pueden reducirse. La aportación a la planta de tratamiento número 1 es superior a su capacidad. El agua tratada se descarga a los cuerpos receptores, sin gestión para su posible comercialización o intercambio. Relacionado con el crecimiento desordenado de la ciudad, se tienen identificadas descargas sin tratamiento a canales y cuerpos receptores.

9.3.2. Problemática de salud humana y medio ambiente

La provisión de agua potable en cantidad y calidad suficiente, así como la conducción y tratamiento de aguas residuales son factores significativos en la salud de la población al disminuir o evitar su exposición a agentes patógenos[19]. Para disminuir la mortalidad y morbilidad de la población ante las enfermedades de transmisión hídrica así como ante afecciones resultantes de la exposición a agentes patógenos, el acceso adecuado a estos servicios es una condición necesaria pero no suficiente (pues influyen como factores las características y hábitos de higiene de cada individuo, el nivel y periodo de exposición a los agentes patógenos, así como otras acciones e intervenciones de política pública como las campañas de vacunación, cloración y suero oral, entre otros).

- Resumiendo, los problemas a resolver por el Plan Maestro en Reynosa son:
- Elevado porcentaje de agua no contabilizada.
- No está garantizada la calidad del servicio a mediano y largo plazo, y hay riesgo de colapso a corto plazo.
- No está garantizado el abasto de agua potable a futuro.
- Descarga de aguas residuales sin tratamiento, que eventualmente llega al río Bravo/Grande.
- Potenciales conflictos transfronterizos por volúmenes adicionales requeridos.
- Crecimiento desordenado de la población.
- Elevados costos de operación.
- Rezago en el mantenimiento de la infraestructura de agua potable, alcantarillado y saneamiento.

Inclusive a nivel regional, este riesgo es reconocido por la iniciativa “Frontera Saludable 2020”, elaborada por la Comisión de Salud Fronteriza México-Estados Unidos y enfocada en la prevención y promoción de salud[20], que señala como causa o determinante de enfermedades infecciosas la salud ambiental por fallas en agua potable, alcantarillado. La iniciativa establece como meta del plan estratégico “(6) Reducir la proporción de casas que no están conectadas a un sistema de drenaje público o fosa séptica”[21].

[19] CONAGUA. 2016. *Estadísticas del agua en México 2015.*
[20] Comisión de Salud Fronteriza México-Estados Unidos. 2015. *Frontera Saludable 2020.* Consultado en: http://www.saludfronterizamx.org/ (15/06/2016).
[21] Comisión de Salud Fronteriza México-Estados Unidos. 2010. *Plan Estratégico Frontera Saludable 2010/2020.* Consultado en: http://www.saludfronterizamx.org/ (15/06/2016).

9.3.3. Estadísticas en materia de salud

Se analizó la estadística disponible en materia de salud. Se dispone de la información del Sistema Nacional de Información en Salud (SINAIS)[22]. SINAIS clasifica su información conforme al catálogo CIE-10 (ICD-10)[23]. Se obtuvo la información de egresos hospitalarios reportados por las unidades médicas de la Secretaría de Salud con el siguiente criterio: para pacientes con municipio de RESIDENCIA = Reynosa, Tamaulipas, y con CAUSA clasificada con las categorías CIE-10 que se juzgaron relacionadas con origen hídrico (A01 Fiebres tifoidea y paratifoidea, A03 Shigelosis, A04 Otras infecciones intestinales bacterianas, A06 Amebiasis, A07 Otras enfermedades intestinales debidas a protozoarios, A08 Infecciones intestinales debidas a virus y otros organismos especificados, A09 Otras gastroenteritis y colitis de origen infeccioso y no especificado y A09X Diarrea y gastroenteritis de presunto origen infeccioso). Los resultados para el periodo 2010-2015 se muestran abajo.

Tabla 332. Egresos hospitalarios relevantes a enfermedades hídricas 2010-2015

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Egresos hospitalarios	172	161	72	113	109	89

Puede observarse una tendencia a la disminución en el número de egresos hospitalarios. Como se anotó en la sección anterior, el acceso a servicios de agua potable y saneamiento es una condición necesaria pero no suficiente para disminuir la mortalidad y morbilidad de la población ante las enfermedades de transmisión hídrica. La provisión de servicios de calidad en agua potable, alcantarillado y saneamiento contribuye a mejorar la salud pública.

9.3.4. Análisis de posibles efectos en cada país

La mejoría en las condiciones de la prestación de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento redundará en beneficio de los habitantes de las localidades en ambos lados de la frontera México-Estados Unidos. La baja cobertura de recolección y tratamiento de agua residual implica que el incremento de la cobertura tendrá efectos positivos en la salud de la población y en la reducción de la contaminación del medio ambiente en los cuerpos de agua compartidos, incluyendo el río Bravo.

9.3.5. Análisis de beneficios, riesgos y costos del proyecto

Beneficios:

- Mejorar la calidad de vida de la población
- al incrementar la calidad del agua suministrada
- al disminuir las descargas residuales sin tratamiento
- al reducir la conducción a cielo abierto de aguas residuales sin tratamiento

[22] Salud. 2016. *Salud en números - Sistema Nacional de Información en Salud*. Consultado en: http://www.dgis.salud.gob.mx/contenidos/sinais/s_index.htmL (15/06/2016).
[23] WHO. 2016. ICD-10 – International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems 10th Revision Version: 2016. Consultado en: http://apps.who.int/classifications/icd10/browse/2016/en#/A09 (15/06/2016).

- al reducir las fugas en el abastecimiento, disminuyendo el riesgo futuro de abastecimiento de la localidad en una zona sobreconcesionada en el contexto del cambio climático
- al hacer eficiente la operación se incrementará la continuidad del abastecimiento

Mejorar el estado del medio ambiente

- al disminuir las descargas residuales sin tratamiento
- al reducir la conducción a cielo abierto de aguas residuales sin tratamiento

Mejorar la sostenibilidad de los servicios

- al hacer eficiente la operación se disminuirán los costos de operación y se tendrá una mejor postura del organismo para operar y llevar a cabo mantenimientos preventivos y correctivos

Costos:

- Los que se determinen en los proyectos que resulten de las obras y acciones indicadas en el plan maestro.

Riesgos:

- El cambio de autoridades municipales puede presentar un riesgo en el seguimiento de la instrumentación de las obras y acciones del plan maestro.
- Que el plan maestro se implemente sin el acompañamiento de acciones que reduzcan el crecimiento desordenado de la mancha urbana y que induzcan en el usuario patrones de conducta que ayuden a conservar y mejorar la calidad de los servicios, reduciendo la basura en el drenaje, por ejemplo.

9.3.6. Autorizaciones exigidas

Las autorizaciones requeridas para los proyectos de las obras y acciones contenidos en el plan maestro variarán según sus características:

Tabla 333. Listado de trámites indicando autoridades y procedimientos

Trámite	Autoridad	Procedimiento
Manifestación de impacto ambiental en su modalidad regional - Dictamen	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) Ámbito: Federal Dirección: 7 y 8 Matamoros Palacio Federal 2° Piso, Col. Centro, C.P.87001, Cd. Victoria, Tamps. Teléfono:(834) 318-5200 Fax:(834) 318-5268 Horario de Atención al Público: Lunes a viernes de 8:30 a 14:30 hrs.	Artículo 9 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental
Manifestación del impacto ambiental - Autorización	Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente (SEDUMA) Ámbito: Estatal Tamaulipas Dirección: Centro de Oficinas Gubernamentales, Piso 16, Parque Bicentenario Libramiento Naciones Unidas con Prolongación Blvd. Praxedis Balboa S/N C.P. 87083, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México	Artículo 13 del Reglamento de Evaluación del Impacto Ambiental para el estado de Tamaulipas

Trámite	Autoridad	Procedimiento
	(52.834) 107.8951	
Aviso de ejecución en caso de obra o actividad no sujeta a evaluación del impacto ambiental	Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente (SEDUMA) Ámbito: Estatal Tamaulipas Dirección: Centro de Oficinas Gubernamentales, Piso 16, Parque Bicentenario Libramiento Naciones Unidas con Prolongación Blvd. Praxedis Balboa S/N C.P. 87083, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México (52.834) 107.8951	Artículo 8 Numeral 1 del Reglamento de Evaluación del Impacto Ambiental para el estado de Tamaulipas
Manifestación de impacto ambiental - Resolución	Ayuntamiento de Reynosa – Secretaría de Obras Públicas, Desarrollo Urbano y Medio Ambiente Ámbito: Municipio de Reynosa Dirección: Calle Matamoros esquina con Escobedo, Zona Centro, Reynosa, Tamaulipas.	Artículo 27 del Reglamento de Equilibrio y Protección al Ambiente del municipio de Reynosa
Evaluación del impacto transfronterizo – *FONSI*	*Border Environment Cooperation Commission (BECC)* – Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza (COCEF) Ámbito: Cooperación ecológica fronteriza Dirección: Blvd. Tomás Fernández 8069 Cd. Juárez, Chihuahua, 32470 (656) 688-4600	Proceso para solicitar recursos y priorizar proyectos del FIAF/*BEIF* (NADBANK 2016).
Solicitud de no objeción (asegurar patrimonio histórico) - No objeción	Centro INAH Tamaulipas Ámbito:Estatal Tamaulipas Dirección: Ex-Hacienda de Tamatán 1552 esq. Calz. Gral. Luis Caballero Col. Tamatán CP 87060, Victoria, Tamaulipas Tels.: (834) 306 01 59 y 60 Fax 306 01 60	No disponible
Validación técnica de proyectos ante Conagua	Organismo de cuenca Golfo Norte (Conagua). Ámbito: Regional – Estatal Tamaulipas Dirección: Libramiento Emiliano Portes Gil No. 200, Col. Miguel Alemán, C.P. 87030, Ciudad Victoria, Tamaulipas.	Según proyecto.

9.3.7. Justificación de los proyectos

La situación actual de la localidad de Reynosa es difícilmente sostenible. El diagnóstico elaborado como parte del plan maestro ha encontrado que la calidad del agua suministrada a la población es cuestionable. También que la prestación del servicio representa tanto un riesgo sanitario a la población como contaminación al medio ambiente, inclusive con efectos transfronterizos sobre los cuerpos de agua compartidos, entre ellos el río Bravo. La prestación misma de los servicios es insostenible, por una operación ineficiente en términos de gasto de energía y fugas, en un contexto de inseguridad del abastecimiento por localizarse Reynosa en una cuenca sobreconcesionada y con la amenaza de los efectos del cambio climático.

Actualización del Plan Maestro de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en Reynosa, Tamaulipas

Capítulo 10

Compatibilidad con la Planeación Municipal y Región Aplicable

10.Compatibilidad con la Planeación Municipal y Región Aplicable.

10.1. Normas ambientales

El plan maestro propone una serie de obras y acciones que se orientan al cumplimiento de normas y regulaciones para atajar los problemas encontrados en el diagnóstico. Los proyectos de estas obras y acciones deberán apegarse a los siguientes lineamientos:

10.1.1 Normas oficiales mexicanas

- NOM-001-SEMARNAT-1996 - Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. – El índice de tratamiento en las condiciones actuales (volumen de aguas que salen de las plantas de tratamiento y que cumplen con la norma entre volumen total producido de aguas residuales) se calcula en 63.3%.
- NOM-002-SEMARNAT-1996 - Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal. – No hay evidencia de programas de muestreo y control para dar cumplimiento a esta norma.
- NOM-004-SEMARNAT-2002 - Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes en lodos y biosólidos para su aprovechamiento y disposición final. – Se recomienda aplicarlo consistentemente para los lodos resultantes del tratamiento de aguas residuales.
- NOM-001-CONAGUA-2011 – Sistemas de agua potable, toma domiciliaria y alcantarillado sanitario – Hermeticidad – Especificaciones y métodos de prueba. – Para las obras derivadas del plan maestro.
- NOM-006-ENER-2015 – Eficiencia energética electromecánica en sistemas de bombeo para pozo profundo en operación. – Se recomienda para mejorar la eficiencia electromecánica y reducir costos.
- NOM-127-SSA1-1994 - Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. – En la situación actual la falta de macromedidores ocasiona que no se conozca el caudal preciso entregado a la planta potabilizadora Benito Juárez, lo que puede ocasionar dosificaciones inapropiadas para cumplir la norma. Para las fuentes de abastecimiento no se tiene la periodicidad establecida por la norma para los muestreos y se analizan solamente parámetros básicos.
- NOM-179-SSA1-1998 - Vigilancia y evaluación del control de calidad del agua potable en redes. – En la situación actual no se tiene registro de muestreos y análisis por laboratorio certificado.
- NOM-230-SSA1-2002 - Requisitos sanitarios para manejo del agua en las redes de agua potable. – Se recomienda instrumentar el cumplimiento de esta norma, para proporcionar un servicio eficiente bajo normas estrictas de seguridad y sanitarias.

10.1.2 Condiciones particulares de descarga

Se tienen asimismo las condiciones particulares de descarga (CPD) contenidas en el título de asignación O6TAM100226/24HAOC08, donde se establecen las CPD para los cuerpos receptores “Dren del Anhelo” y “Dren Santa Anita”.

10.1.3 Impacto ambiental

Las acciones indicadas en el plan maestro requerirán la elaboración de una Manifestación de Impacto Ambiental en modalidad Regional, para el ámbito federal, conforme al Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental[24].

Para las acciones de abastecimiento, conforme al Artículo 28, fracciones I y X de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y en el Artículo 5, incisos A) fracción VI y R) fracción I de su Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental.

Para las acciones de saneamiento, conforme al Artículo 28 fracción I de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), requiere autorización cuando el proyecto tiene las características que señalan las fracciones IV y V del inciso A del Reglamento de la misma Ley en Materia de Impacto Ambiental (Obras de conducción para el abastecimiento de agua nacional que rebasen los 10 km. de longitud, tengan un gasto de más de quince litros por segundo y cuyo diámetro de conducción exceda de 15cm.).

10.1.4 Normas estatales y municipales

- Ley de Protección Ambiental para el Desarrollo Sustentable del Estado de Tamaulipas – (Capítulo III) Le compete a las autoridades estatales o municipales de conformidad con la distribución de competencias entre la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la propia ley estatal y su reglamento: el control de las descargas de aguas residuales a sistemas de drenaje y alcantarillado; la vigilancia de las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes.
- Reglamento de Evaluación del Impacto Ambiental para el estado de Tamaulipas – Para obra pública que no sea competencia federal: sistemas de agua potable, drenaje sanitario, construcción de drenaje pluvial y construcción de sistema de alcantarillado sanitario (Artículo 5 fracción I); tratamiento de aguas residuales de procedencia municipal que descarguen en cuerpos de agua de jurisdicción municipal o estatal (Artículo 5 fracción VIII) se requiere tramitar y obtener la autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental. En caso de las acciones consistentes en ampliaciones y modificaciones, sustituciones y rehabilitaciones, conservaciones, restauraciones y mantenimiento de obras, no se requerirá autorización en tanto se cumplan las condiciones siguientes (Artículo 8):

- Cuenten con autorización previa de impacto ambiental o no se hubiese requerido
- Que las acciones no impliquen incremento en el nivel de impacto ambiental o riesgo
- Que las obras no impliquen modificación de los elementos determinantes de impacto ambiental en más de un 10%

En este caso se presentará un aviso de ejecución con 15 días de anticipación explicando las características de las obras y anexando en su caso informes y planos correspondientes.

- Reglamento de Equilibrio y Protección al Ambiente del municipio de Reynosa: Corresponde al ayuntamiento evaluar el impacto ambiental por la realización de obras o actividades en el territorio

[24] Texto vigente al 31 de octubre 2014

municipal, excepto en materias de competencia federal o estatal (Artículo 15). Esta normatividad también estipula acciones para la prevención y control de la contaminación del agua (Artículo 61 y subsiguientes).

10.1.5 Impactos transfronterizos

Al financiarse potencialmente los proyectos con fondos del Fondo de Infraestructura Ambiental Fronteriza (FIAF)/*Border Environment Infraestructure Fund (BEIF)*[25], según el procedimiento estipulado se requiere realizar un estudio de evaluación de impactos ambientales transfronterizos, para someter a revisión de la *Environmental Protection Agency* (EPA)[26], que en su caso emitirá un *Finding of No Significant Impact (FONSI)*.

10.1.6 Otras normas técnicas

Los proyectos de las acciones y obras contenidas en el plan maestro deberán seguir el Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de la Conagua, disponible en: ftp://ftp.conagua.gob.mx/Mapas/.

10.2 Compatibilidad con la planeación regional y municipal

Las obras y acciones contenidas en el plan maestro son compatibles con los instrumentos de planeación regional y municipal (se señalan las relevantes):

10.2.1 Regionales

Programa Hídrico de Gran Visión, Organismo de cuenca Río Bravo (Conagua)

- Para el periodo 2001-2025, los subprogramas y acciones siguientes:
  - Ampliación de redes de agua potable en la ciudad de Reynosa
  - Rehabilitación y modernización de sistemas de distribución de agua potable en la ciudad de Reynosa
  - Conservación y mantenimiento de sistemas de distribución de agua potable en la ciudad de Reynosa
  - Ampliación de coberturas de alcantarillado en la ciudad de Reynosa
  - Desarrollo y ampliación de capacidades de tratamiento y manejo de aguas residuales en la Ciudad de Reynosa

- Programa Hídrico por Organismo de Cuenca Visión 2030 (Organismo de cuenca Río Bravo) (Conagua)
  - Estipula como metas para el periodo 2007-2030:
    - Incrementar la eficiencia en el uso público urbano
    - Incrementar la cobertura de agua potable en zonas urbanas
    - Incrementar la cobertura de alcantarillado en zonas urbanas

[25] NADBANK. 2016. *Fondo de Infraestructura Ambiental Fronteriza– North American Development Bank.* Consultado en: http://nadbank.org/programs/beif_span.asp#project (15/06/2016).
[26] EPA. 2016. *National Environmental Policy Act Review Process.* Consultado en: https://www.epa.gov/nepa/national-environmental-policy-act-review-process#ea (15/06/2016).

- Incrementar la cobertura de tratamiento de aguas residuales en zonas urbanas
- Reducción de las enfermedades de origen hídrico

- Frontera Saludable 2020: Iniciativa enfocada en la prevención y promoción de salud[27]
  - Se señala como causa o determinante de enfermedades infecciosas la salud ambiental (agua potable, alcantarillado)
  - Se establece como meta: "(6) Reducir la proporción de casas que no están conectadas a un sistema de drenaje público o fosa séptica."[28]

10.2.1 Municipales

- Plan Municipal de Desarrollo 2013-2016
  - En el Eje Rector 02 "Reynosa Ordenada" se contempla el Objetivo 2 "Servicios Públicos de Calidad", con la estrategia
    - Estrategia 1. "Equipamiento Urbano y de Servicios Públicos de Calidad", con las líneas de acción
      - Línea de Acción 12 "Avanzar en la cobertura y en el suministro regular de agua potable e incrementar la cobertura del drenaje sanitario"
      - Línea de Acción 13 "Impulsar la ampliación y rehabilitación de redes de distribución de agua potable y establecer un programa permanente de recuperación de caídos"
      - Línea de Acción 16 "Ampliar la capacidad instalada del Municipio para el tratamiento de aguas residuales"
  - En el mismo Eje Rector, el Objetivo 3 "Medio Ambiente Sustentable", con la estrategia
    - Estrategia 1. "Reynosa Verde", con la línea de acción
      - Línea de Acción 4 "Desarrollar un programa de prevención de zonas inundables e impulsar el rescate de arroyos y cuerpos de agua"
    - Estrategia 2. "Cuidado y Preservación del Medio Ambiente", con la línea de acción
      - Línea de Acción 3 "Aplicar las disposiciones y sanciones, para prevenir y controlar la contaminación generada por ruido, descarga de agua, olores, vibraciones y desechos"
  - En el mismo Eje Rector, el Objetivo 5 "Gestión Técnica y Administrativa del Agua", que contempla las estrategias de
    - Estrategia 1. "Manejo de Canales", con la línea de acción
      - Línea de Acción 1 "Desazolve y limpieza de las lagunas y canales mediante mecanización"
    - Estrategia 2 "Hacer un uso responsable del agua", con las líneas de acción
      - Línea de Acción 3 "Llevar a cabo la reutilización e intercambio de aguas tratadas"

[27] Comisión de Salud Fronteriza México-Estados Unidos. 2015. *Frontera Saludable 2020.* Consultado en: http://www.saludfronterizamx.org/ (15/06/2016).
[28] Comisión de Salud Fronteriza México-Estados Unidos. 2010. *Plan Estratégico Frontera Saludable 2010/2020.* Consultado en: http://www.saludfronterizamx.org/ (15/06/2016).

- Línea de Acción 5 “Contribuir a la construcción de sistemas de tratamiento de aguas residuales municipales y de drenaje sanitario”
- Línea de Acción 6 “Detectar, corregir y controlar fugas de agua potable”
- Línea de Acción 7 “Promover intensivamente la cultura del cuidado del agua, mediante el apoyo de todos los actores sociales”

- En el mismo Eje Rector se tiene el Objetivo 6 “Infraestructura y Suministro de Agua Potable, Drenaje Sanitario y Saneamiento”, con las estrategias de
  - Estrategia 1. “Mejorar la cobertura y la calidad en el suministro de agua potable y alcantarillado sanitario” con las líneas de acción
    - Línea de Acción 1 “Alcanzar el cien por ciento en la cobertura de servicio de agua potable en la ciudad”
    - Línea de Acción 3 “Desarrollar un programa de obras que garanticen el abastecimiento, potabilización almacenamiento y distribución”
    - Línea de Acción 4 “Mejorar la calidad del agua potable que se distribuye en la ciudad cumpliendo siempre con las normas y especificaciones que las autoridades competentes contemplan para ello”
    - Línea de Acción 5 “Alcanzar el 100% de cobertura de servicio de alcantarillado sanitario en la ciudad”
    - Línea de Acción 6 “Construir obras que garanticen el servicio de alcantarillado sanitario en la ciudad, manteniendo la infraestructura existente y rehabilitando la obsoleta”
    - Línea de Acción 7 “Desarrollar las obras necesarias para la rehabilitación y modernización del servicio de alcantarillado sanitario”
    - Línea de Acción 9 “Diagnóstico técnico de la infraestructura existente”
    - Línea de Acción 10 “Determinar la vida útil de las tuberías instaladas en el sistema de alcantarillado”
  - Estrategia 2. “Fortalecer la Red de Alcantarillado Pluvial” con las líneas de acción
    - Línea de Acción 1 “Complementar los macroproyectos existentes de análisis de escurrimientos pluviales en la ciudad, generando un plan para su ejecución de acuerdo a los desarrollos habitacionales, industriales ó comerciales”
    - Línea de Acción 2 “Desarrollar los proyectos necesarios para construir las obras para el control, encausamiento y descarga a cuerpos receptores del agua pluvial”
  - Estrategia 3. “Saneamiento”, con las líneas de acción
    - Línea de Acción 1 “Elevar la capacidad de tratamiento de aguas residuales”
    - Línea de Acción 2 “Continuidad al proyecto integrador de saneamiento y cumplir con objetivos hasta concluirlo”
    - Línea de Acción 3 “Reutilizar el agua tratada en actividades que permitan su aprovechamiento y desarrollar la red morada de distribución de agua tratada”

- Cabe comentar que dentro de las líneas de acción del Eje Rector “01 / Reynosa SoLIDARia” se tiene la Estrategia 6 “Acceso a Servicios Básicos y fomento a la Construcción y Mejoramiento de la Vivienda” con las líneas de acción
  - Línea de Acción 6 “Apoyar la gestión para electrificar e introducir servicios de agua potable y drenaje en localidades de la zona urbana y rural de Reynosa”
  - Línea de Acción 8 “Instalar sistemas de agua potable en zonas urbanas y localidades rurales”
  - Línea de Acción 9 “Incrementar el aprovechamiento de aguas superficiales para el abastecimiento de agua potable”
- Para las estrategias del Plan Municipal se conceptualizaron 3 indicadores de seguimiento relevantes: “Cobertura de agua” (cobertura de agua potable), “Potabilización” (capacidad de potabilización) y “Saneamiento del agua” (porcentaje de las aguas residuales colectadas que son tratadas).

- Plan Municipal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano 2012, vigente a 2016 establece dentro de sus programas
  - 6.3.1 Aprovechamiento racional del agua el programa
    - Favorecer el mantenimiento y mejoramiento de la calidad del agua.
    - Revisión frecuente del estado físico de medidores y tuberías.
    - Analizar las estrategias y acciones que conduzcan a un uso sustentable del agua.
    - Establecer políticas de uso eficiente del agua y de distribución equitativa. Acceso de las regiones más pobres al agua potable.
- Diagnóstico Municipal PACMA (Programa de apoyo a la comunidad y medio ambiente), 2015.
  - Se mencionan como acciones potenciales
    - En el rubro “Mejoramiento de los servicios a las viviendas: disponibilidad de agua” el “Implementar o rehabilitar sistemas para la provisión de agua potable”.
    - En el rubro “Mejoramiento de los servicios a las viviendas: drenaje”, el “Implementar o rehabilitar obras de saneamiento, incluyendo alcantarillado, drenaje y colectores”.
    - En el rubro “Manejo del agua”, el “Mejorar el tratamiento del agua”.

10.3 Permisos requeridos

Los trámites y permisos requeridos para los proyectos de las obras y acciones contenidos en el plan maestro variarán según sus características:

Tabla 334. Listado de trámites indicando autoridades y procedimientos

Trámite	Autoridad	Procedimiento
Manifestación de impacto ambiental en su modalidad regional - Dictamen	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) Ámbito: Federal Dirección: 7 y 8 Matamoros Palacio Federal 2° Piso, Col. Centro, C.P.87001, Cd. Victoria, Tamps. Teléfono:(834) 318-5200 Fax:(834) 318-5268 Horario de Atención al Público: Lunes a viernes de 8:30 a 14:30 hrs.	Artículo 9 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental

Trámite	Autoridad	Procedimiento
Manifestación del impacto ambiental - Autorización	Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente (SEDUMA) Ámbito: Estatal Tamaulipas Dirección: Centro de Oficinas Gubernamentales, Piso 16, Parque Bicentenario Libramiento Naciones Unidas con Prolongación Blvd. Praxedis Balboa S/N C.P. 87083, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México (52.834) 107.8951	Artículo 13 del Reglamento de Evaluación del Impacto Ambiental para el estado de Tamaulipas
Aviso de ejecución en caso de obra o actividad no sujeta a evaluación del impacto ambiental	Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente (SEDUMA) Ámbito: Estatal Tamaulipas Dirección: Centro de Oficinas Gubernamentales, Piso 16, Parque Bicentenario Libramiento Naciones Unidas con Prolongación Blvd. Praxedis Balboa S/N C.P. 87083, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México (52.834) 107.8951	Artículo 8 Numeral 1 del Reglamento de Evaluación del Impacto Ambiental para el estado de Tamaulipas
Manifestación de impacto ambiental - Resolución	Ayuntamiento de Reynosa – Secretaría de Obras Públicas, Desarrollo Urbano y Medio Ambiente Ámbito: Municipio de Reynosa Dirección: Calle Matamoros esquina con Escobedo, Zona Centro, Reynosa, Tamaulipas.	Artículo 27 del Reglamento de Equilibrio y Protección al Ambiente del municipio de Reynosa
Evaluación del impacto transfronterizo – *FONSI*	*Border Environment Cooperation Commission (BECC)* – Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza (COCEF) Ámbito: Cooperación ecológica fronteriza Dirección: Blvd. Tomás Fernández 8069 Cd. Juárez, Chihuahua, 32470 (656) 688-4600	Proceso para solicitar recursos y priorizar proyectos del FIAF/*BEIF* (NADBANK 2016).
Solicitud de no objeción (asegurar patrimonio histórico) - No objeción	Centro INAH Tamaulipas Ámbito:Estatal Tamaulipas Dirección: Ex-Hacienda de Tamatán 1552 esq. Calz. Gral. Luis Caballero Col. Tamatán CP 87060, Victoria, Tamaulipas Tels.: (834) 306 01 59 y 60 Fax 306 01 60	No disponible
Validación técnica de proyectos ante Conagua	Organismo de cuenca Golfo Norte (Conagua). Ámbito: Regional – Estatal Tamaulipas Dirección: Libramiento Emiliano Portes Gil No. 200, Col. Miguel Alemán, C.P. 87030, Ciudad Victoria, Tamaulipas.	Según proyecto.

Actualización del Plan Maestro de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en Reynosa, Tamaulipas

Capítulo 11

Capacidad de pago de la población

11. Capacidad de pago de la población

11.1. Fuentes de información

Para estimar la capacidad de pago se estimó en primera instancia el ingreso mensual promedio por usuario. Las fuentes sugeridas por los Términos de Referencia son el Censo General de Población y Vivienda 2010 (Inegi), los datos publicados por el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL) y la encuesta ingreso-gasto de los hogares de INEGI.

Respecto de las fuentes, el Censo General de Población y Vivienda 2010[29] generó diversos productos con la información recabada en campo. Entre ellos destacan:

Los Microdatos, que parten de una muestra censal y cuya unidad de observación son las viviendas y las personas. En el cuestionario básico no incluye variables directamente relacionadas con el ingreso, en tanto que en el cuestionario ampliado se tiene la población ocupada y su **distribución porcentual según ingreso por trabajo por municipio**[30].

Los principales resultados por localidad (ITER), que incluyen algunas variables relevantes para el tema (población económicamente activa).

Los principales resultados por área geoestadística básica (AGEB) y manzana urbana, que incluyen algunas variables relevantes para el tema (población económicamente activa). Una localidad está constituida por varias AGEBs urbanas, a su vez constituidas por manzanas.

Debe comentarse que la información de INEGI se refiere al año 2010, que representa seis años de diferencia a la fecha actual.-

El CONEVAL[31] tiene un enfoque de medición de pobreza. Sus productos son a escala nacional, de entidad federativa y de municipio, así como el cálculo de rezago social a nivel de zonas urbanas (AGEB Urbanas).

Para el área de interés, resultarían relevantes los productos a nivel municipio y AGEB, puesto que los de entidad federativa (Tamaulipas) o nacionales simplemente no son representativos de la dinámica local. Ahora bien, los productos a escala municipal y de AGEB urbana se originan a partir del Censo General de Población y Vivienda 2010, entre los que destaca el **índice de rezago social a nivel de AGEBs urbanas**[32]. Al año 2015 se tiene el cálculo de rezago social a nivel de municipios.

---

[29] INEGI. 2016. *Censo de Población y Vivienda 2010.* Consultado en: http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2010/Default.aspx (15/06/2016).

[30] INEGI. 2016. *Tabulados básicos - cuestionario ampliado*. Consultado en: http://www3.inegi.org.mx/sistemas/tabuladosbasicos/default.aspx?c=27303&s=est (15/06/2016).

[31] CONEVAL. 2016. *Medición de la pobreza.* Consultado en: http://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/PobrezaInicio.aspx (15/06/2016).

[32] CONEVAL. 2016. *Rezago social a nivel zonas urbanas (AGEB Urbanas)*. Consultado en: http://www.coneval.org.mx/Medicion/IRS/Paginas/Rezago_social_AGEB_2010.aspx (15/06/2016).

La **Encuesta Nacional de Ingreso y Gasto de los Hogares (ENIGH)** es un instrumento de captación que es aplicado por el INEGI bianualmente. El último disponible es el de 2014[33]. Los resultados son representativos a nivel nacional, si bien se estipula que con base en la ampliación de la muestra de algunas entidades federativas es posible generar información con representatividad estatal para algunos levantamientos. Cabe comentar que en 2014 no se tuvo ampliación de muestra para Tamaulipas. No obstante, la ENIGH tiene conceptos relevantes con periodicidad mensual para los Términos de Referencia:

La medición directa del ingreso, denominado "Ingreso corriente" (ing_cor) y definido como la "suma de los ingresos por trabajo, los provenientes de rentas, de transferencias, de estimación de alquiler y de otros ingresos". Cabe destacar que en la literatura consultada se recomienda emplear el ingreso corriente (que como puede verse en el caso de la ENIGH detalla ingresos monetarios y no monetarios) porque evita el sesgo que puede presentarse al emplear solamente ingresos corrientes monetarios (*disposable income* o *cash income*) debido a que los hogares con altos ingresos tienden a tener fuentes adicionales de ingresos y otros activos, en tanto que los hogares con menores ingresos satisfacen en alguna medida sus necesidades mediante transacciones no monetarias o economía informal[34].

La medición directa del gasto por agua, denominado "Agua" (agua), y definido como el último recibo pagado en el trimestre por agua en el rubro conceptual "Vivienda y servicios de conservación".

Ingreso mensual promedio por usuario

De las fuentes consultadas en el apartado anterior, la información más actualizada para el ingreso mensual por usuario corresponde al "ingreso corriente" por hogar registrado en la ENIGH 2014, que adicionalmente presenta como ventajas presentar para los mismos hogares el gasto de agua del mismo periodo.

ENIGH 2014 en su tabla CONCENTRADOHOGAR cuenta con 19,479 registros, de los cuales 85 corresponden a la localidad 280320001 Reynosa.

Para Reynosa, el intervalo de ingresos en los hogares tiene los siguientes valores estadísticos:

Tabla 335. Estadísticos para ingreso corriente, localidad Reynosa, 2014 (ENIGH)

Estadístico	Valor
Número de datos	85
Mínimo	$ 4,838.77
Máximo	$ 261,798.06
Promedio	$ 49,059.34
Mediana[35]	$32,776.15

[33] INEGI. 2016. *Encuesta Nacional de Ingreso y Gasto de los Hogares (ENIGH).* Consultado en: http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/encuestas/hogares/regulares/enigh/default.aspx (15/06/2016).

[34] Hutton, G. 2013. Monitoring "Affordability" of Water and Sanitation Services after 2015: Review of Global Indicator Options, Geneva: World Health Organisation. Consultado en: http://www.wssinfo.org/fileadmin/user_upload/resources/END-WASH-Affordability-Review.pdf (15/06/2016).

[35] Mediana: El punto medio de una distribución. Es un número tal que la mitad de las observaciones es menor y la otra mitad es mayor. Se recomienda su empleo en vez del promedio cuando la distribución no es simétrica (Moore, D. 2010. *The Basic Practice of Statistics*. W.H. Freeman and Company, NY.)

La distribución es sesgada a la derecha (los valores se concentran en los rangos inferiores de ingreso:

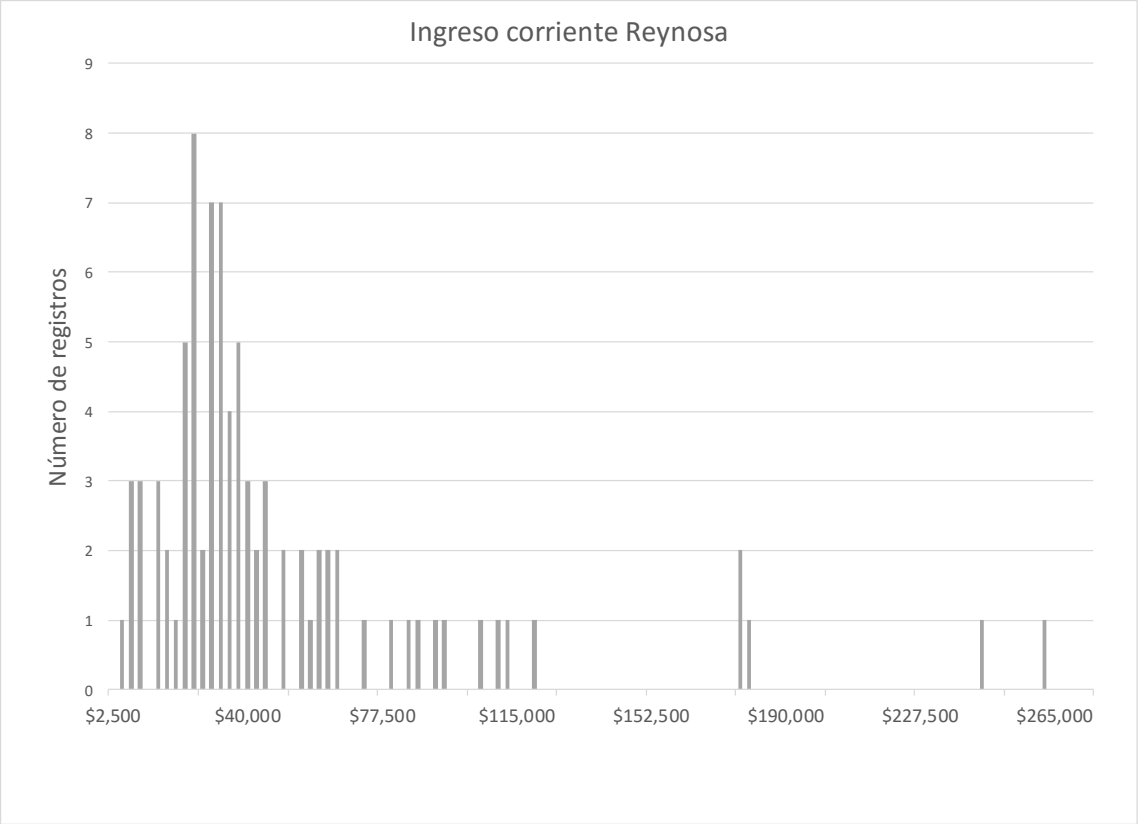


Figura 413. Distribución del ingreso corriente, localidad Reynosa, 2014 (ENIGH).

Facturación mensual

Para la facturación mensual, con la ventaja de disponer de datos por hogar y por tanto directamente relacionados al ingreso corriente del periodo, se tiene el gasto en agua (último recibo pagado) según ENIGH 2014. Se tienen los siguientes estadísticos:

Tabla 336. Estadísticos para ingreso corriente, localidad Reynosa, 2014 (ENIGH)

Estadístico	Valor
Número de datos	85
Mínimo	$ 0.00
Máximo	$ 2,250.00
Promedio	$ 439.16
Mediana	$ 342.00

La distribución de esta variable muestra, como es de esperarse, un sesgo a la derecha:

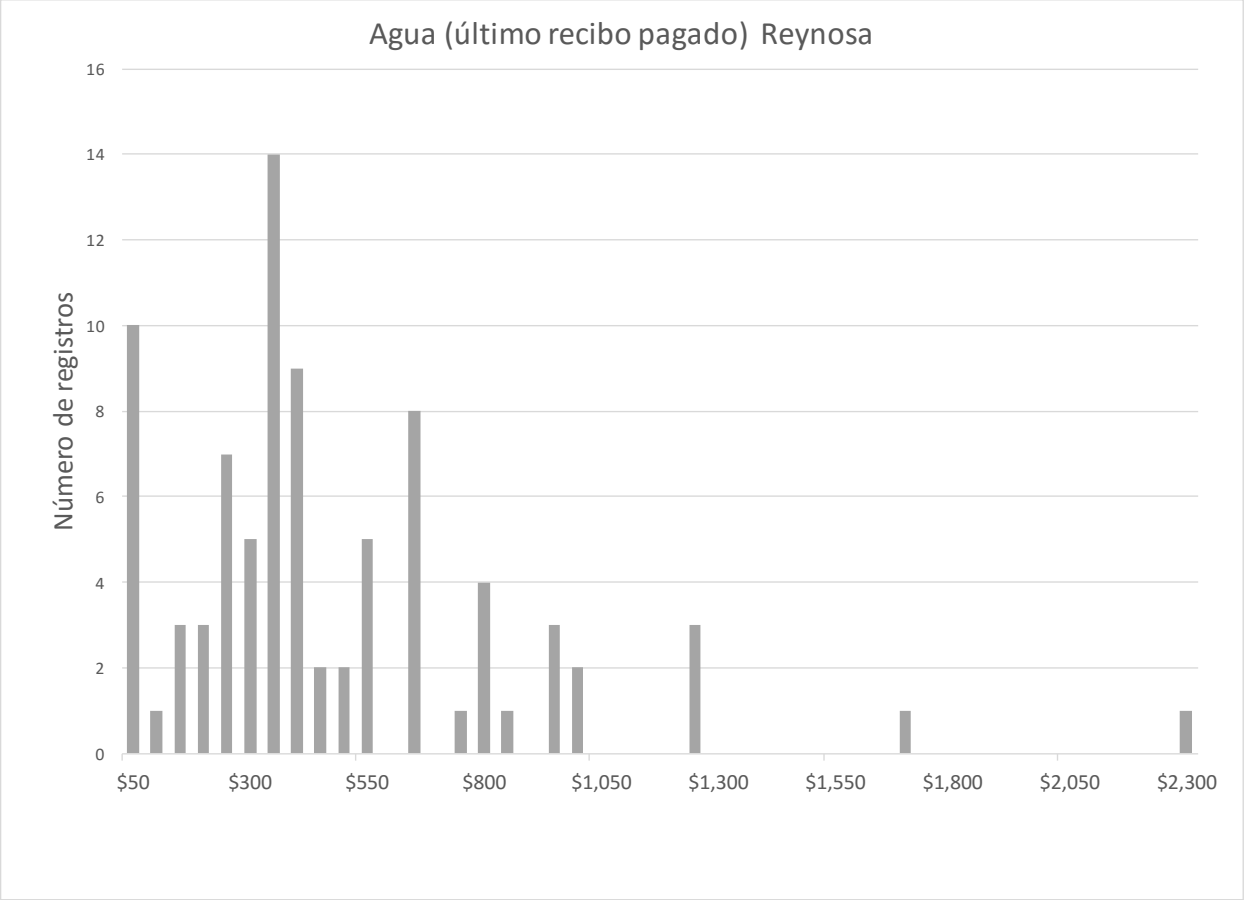


Figura 414. Distribución del agua (último recibo pagado), localidad Reynosa, 2014 (ENIGH).

Capacidad de pago

La literatura relevante de la capacidad de pago (*affordability*[36]) presenta el indicador establecido en los Términos de Referencia, como la división del gasto en agua y saneamiento entre el ingreso familiar (Hutton 2013), expresado como porcentaje. En este capítulo se emplean ambos términos indicador o porcentaje.

Los Términos indican el porcentaje de 5% como la referencia a nivel internacional.

Para el análisis se consideraron 3 ciudades con características socioeconómicas y demográficas similares a las de Reynosa.

En términos demográficos, para el año 2015 el Consejo Nacional de Población (CONAPO) estima en 660,423 habitantes la población de Reynosa[37]. Tomando en cuenta la población proyectada al 2015 se seleccionó un conjunto de localidades con población similar.

[36] Si bien su traducción directa sería "asequibilidad", término definido como "calidad de asequible". "Asequible" a su vez, "es lo que pude conseguirse o alcanzarse". (RAE. 2016. *Diccionario de la lengua española*. Consultado en: http://dle.rae.es/?id=3xzavas (15/606/2016)).

[37] CONAPO. 2016. *Proyecciones de la población 2010-2050.* Consultado en: http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Proyecciones (15/06/2016).

En términos de características socioeconómicas, el grado de rezago social más actualizado (al 2015) es a nivel municipal, y con esa granularidad, todas las localidades preseleccionadas tuvieron un grado de rezago social de “Muy bajo” o “Bajo”.

Para obtener un criterio más detallado, se consideró hacer uso del grado de rezago social por AGEB urbana. Si bien es al 2010, distingue en tres grados posibles[38] cada una de las AGEBs que constituyen las localidades urbanas de nuestro país. Considerando la población de cada AGEB urbana, se integró el porcentaje de población de la localidad para cada grado de rezago social. Entre las localidades preseleccionadas, cabe comentar que algunas de ellas tenían pocos o ningún habitante en AGEBs con grado de rezago “Alto” o “Medio”.

Con esto se logró un construir un segundo tamiz, seleccionando las localidades con población en AGEBs urbanas con distribución de grados de rezago similar a Reynosa. Se analizará la capacidad de pago de Reynosa en conjunto con las siguientes tres localidades:

Tabla 337. Localidades para la comparación de indicador de la capacidad de pago

Clave Entidad Federativa	Clave Municipio	Nombre Localidad	Población 2015	% Población en AGEBs con grado de rezago social (2010)		
				Bajo	Medio	Alto
28	032	Reynosa	660,423	93%	6%	0.8%
10	005	Victoria de Durango	572,782	93%	7%	0.7%
22	014	Santiago de Querétaro	643,945	93%	6%	0.3%
24	028	San Luis Potosí	768,613	97%	3%	0.5%

Empleando ENIGH, es posible calcular directamente el indicador de capacidad de pago para las cuatro localidades (es decir, el porcentaje resultante de dividir el gasto de agua entre el ingreso corriente). ENIGH, como se reportó para Reynosa, tiene datos para un número de hogares disponibles para cada localidad al año 2014 (Victoria de Durango: 165, Santiago de Querétaro: 194, San Luis Potosí: 135). El indicador de capacidad de pago tiene el siguiente comportamiento[39]:

Tabla 338. Indicador de la capacidad de pago de las cuatro localidades (ENIGH 2014).

Indicador	Reynosa	Victoria de Durango	Santiago de Querétaro	San Luis Potosí
Mínimo	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Mediana	0.9%	0.6%	1.0%	0.6%
Máximo	7.7%	6.5%	25.6%	16.6%
Porcentaje de hogares en ENIGH 2014 que pagan más de 5% de su ingreso corriente	5%	1%	3%	2%

[38] Cabe destacar que CONEVAL calcula el grado de rezago social con 5 resultados posibles (“Muy bajo”, “Bajo”, “Medio”, “Alto” y “Muy Alto”) para los ámbitos estatal y municipal. No obstante, la metodología empleada para el ámbito de AGEB urbana da como resultado tres clases (“Bajo”, “Medio” y “Alto”).

[39] Como se explicó en nota previa, en distribuciones no simétricas, es decir, sesgadas, como las que presenta el indicador, se prefiere como medida central la mediana y no el promedio. En las tablas de los indicadores se utilizará mínimo, mediana y máximo para dar una idea de la distribución, así como el porcentaje de hogares que paga más del valor de referencia.

Como puede observarse, Reynosa presenta un valor máximo de 7.7% como máximo del indicador de capacidad de pago. De las cuatro localidades es la que presenta el mayor porcentaje de hogares cuyo pago de agua excede el 5% de referencia a nivel mundial: 5%.

Para precisar el análisis del indicador, se dividió la población por quintiles de ingreso corriente, según la recomendación de Hutton (2013). Un quintil es un cálculo que permite dividir la población en cinco grupos basados en su valor en relación con diferentes indicadores, en este caso, ingreso corriente.

Tabla 339. Indicador de la capacidad de pago de Reynosa, según quintiles o grupos de ingresos corrientes de los hogares en ENIGH 2014

Indicador	Quintil 1 (hogares con menores ingresos)	Quintil 2	Quintil 3	Quintil 4	Quintil 5 (hogares con mayores ingresos)
Mínimo	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Mediana	2.9%	1.3%	0.8%	0.8%	0.4%
Máximo	7.7%	7.0%	3.4%	2.2%	1.3%
Porcentaje de hogares en ENIGH 2014 que pagan más de 5% de su ingreso corriente	18%	6%	0%	0%	0%

Tabla 340. Indicador de la capacidad de pago de Victoria de Durango, según quintiles o grupos de ingresos corrientes de los hogares en ENIGH 2014

Indicador	Quintil 1 (hogares con menores ingresos)	Quintil 2	Quintil 3	Quintil 4	Quintil 5 (hogares con mayores ingresos)
Mínimo	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%
Mediana	1.0%	0.9%	0.8%	0.5%	0.3%
Máximo	6.5%	6.1%	2.9%	1.8%	2.4%
Porcentaje de hogares en ENIGH 2014 que pagan más de 5% de su ingreso corriente	3%	3%	0%	0%	0%

Tabla 341. Indicador de la capacidad de pago de Santiago de Querétaro, según quintiles o grupos de ingresos corrientes de los hogares en ENIGH 2014

Indicador	Quintil 1 (hogares con menores ingresos)	Quintil 2	Quintil 3	Quintil 4	Quintil 5 (hogares con mayores ingresos)
Mínimo	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Mediana	1.6%	1.8%	1.2%	0.8%	0.5%
Máximo	25.6%	8.4%	4.9%	2.1%	1.8%
Porcentaje de hogares en ENIGH 2014 que pagan más de 5% de su ingreso corriente	8%	5%	0%	0%	0%

Tabla 342. Indicador de la capacidad de pago de San Luis Potosí, según quintiles o grupos de ingresos corrientes de los hogares en ENIGH 2014

Indicador	Quintil 1 (hogares con menores ingresos)	Quintil 2	Quintil 3	Quintil 4	Quintil 5 (hogares con mayores ingresos)
Mínimo	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Mediana	0.0%	0.9%	0.7%	0.5%	0.4%
Máximo	4.3%	16.6%	1.9%	5.3%	7.1%
Porcentaje de hogares en ENIGH 2014 que pagan más de 5% de su ingreso corriente	0%	4%	0%	4%	4%

La capacidad de pago es un indicador esquemático, que funciona como regla general (*rule of thumb*), a ser complementada con otros indicadores y estudios. Influyen en su cálculo la varianza tanto del gasto de agua (recordemos que es el último recibo de agua pagado) como el del ingreso corriente. Así como la estructura tarifaria, la existencia de tarifas volumétricas y de cuota fija, los hábitos de consumo, la certeza de la micromedición, la definición de las zonas domésticas residenciales, medias y populares.

Por supuesto, el gasto de agua sirve para sufragar en principio los costos de operación y de la infraestructura (incluyendo financiamiento) de los servicios de agua potable y alcantarillado, que varían de localidad en localidad y que tienen sus propios factores determinantes, entre ellos la eficiencia de la operación, el mantenimiento oportuno, el correcto y ordenado crecimiento urbano, entre otros.

En realidad, la capacidad de pago (*affordability*) es una regla general para estimar a partir de un umbral de referencia (5%), si los gastos de agua se están volviendo inasequibles (al superar el umbral) o si pueden considerarse asequibles (al ser menores que el umbral) para la población.

Siendo que los factores que determinan la facturación son el consumo vinculado a una estructura tarifaria volumétrica o en su defecto a cuota fija, asociados a zonificaciones de zonas domésticas categorizadas como residenciales, medias o populares, se tiene que la progresión en la distribución del ingreso no es reflejada del todo por la facturación: en todas las localidades los valores máximos del indicador de capacidad de pago son relativamente altos para los quintiles de menores ingresos y disminuyen para los de mayores ingresos. Con la distribución de ingresos corrientes, que se encuentra sesgada a la derecha, el gasto de agua en los quintiles de mayores ingresos se divide entre ingresos corrientes significativos, lo que hace disminuir el valor de porcentaje resultante. Debe recordarse que en el concepto de ingresos corrientes se tienen tanto ingresos monetarios como no monetarios.

Lo que se puede inferir de los indicadores de las localidades analizados por quintiles de ingreso:

- Este análisis parte de los mejores valores disponibles en actualidad (2014) y pertinencia (en cada hogar disponible en ENIGH se el dato de ingreso corriente y gasto en agua), exceptuando estudios de campo, para calcular la capacidad de pago. No se omite comentar que al emplear ENIGH, que es representativa a nivel nacional, para estimar indicadores a nivel localidad, se incrementan los márgenes de error y los resultados deben tomarse con reservas.
- En Victoria de Durango, los porcentajes mayores a la referencia de 5% (los máximos de 6.5% y 6.1%) ocurren en los dos quintiles de menores ingresos, si bien en cada quintil solamente el 3% de los

hogares con datos disponibles supera la referencia. Se puede interpretar en igualdad de circunstancias (*ceteris paribus*) que para ciertos hogares de los dos quintiles de menores ingresos el gasto de agua comienza a ser inasequible, lo que sugiere revisar los diversos factores de la facturación para prevenir que más hogares de menores ingresos encuentren inasequible el gasto de agua.

- En Santiago de Querétaro los dos quintiles con menores ingresos contienen los máximos del indicador, con 25.6% y 8.4% respectivamente. Al mismo tiempo, en estos dos quintiles el 8% y el 5% de los hogares sobrepasan el valor de referencia mundial del 5% del ingreso corriente como gasto en agua. En los tres quintiles restantes los máximos (4.9%, 2.1% y 1.8%) no sobrepasan el valor de referencia. En igualdad de circunstancias, para los dos quintiles de menor ingreso para ciertos hogares los números parecen indicar que el gasto de agua comienza a ser inasequible: el valor máximo de 25.6% muestra que en los valores reportados en un hogar el gasto de agua representó la cuarta parte del ingreso corriente. Se sugiere revisar los factores que determinan la facturación para prevenir que estos hogares de menores ingresos encuentren inasequible el gasto de agua.
- Para San Luis Potosí, los quintiles donde el máximo sobrepasa el 5% de referencia son los quintiles 2 (segundo menor ingreso) con un máximo de 16.6%, quintil 4 (segundo mayor ingreso) con 5.3% de máximo y quintil 5 (mayor ingreso) con 7.1%. En cada uno de estos tres quintiles el 4% de los hogares sobrepasa el 5% de referencia. Los números indican que es el segundo quintil donde se da el máximo absoluto de 16.6%, y un hallazgo que no se repite en las cuatro localidades analizadas es que en los dos quintiles de mayores ingresos los máximos sobrepasan la referencia.
- Finalmente, se tiene Reynosa.
    - Los dos quintiles de menores ingresos tienen valores máximos (7.7% y 7% respectivamente) del indicador que sobrepasan el valor de la referencia internacional.
    - Los valores máximos del indicador de los tres quintiles restantes, los de mayores ingresos, no sobrepasan el umbral. En igualdad de circunstancias pueden juzgarse asequibles.
    - Para el 18% de los hogares del quintil de menores ingresos y el 6% del quintil con los segundos menores ingresos el gasto de agua sobrepasa el umbral de referencia, por lo que estos resultarían inasequibles. Cabe destacar que por tanto, a uno de cada cinco hogares del quintil de hogares con menores ingresos su gasto de agua le resultaría inasequible.
    - La distribución del indicador en cada quintil se encuentra sesgada a la derecha. Se recomienda definir una medida aceptable del indicador, que podría ser, para cada quintil, que el 90% de los hogares no sobrepasara el valor de referencia del 5% (dicho de otra manera, que el porcentaje de hogares que pagan más del 5% del valor de referencia fuese menor al 10%).
    - Al momento, en ausencia de una regla así, y con el comportamiento de los indicadores en cada quintil, se sugiere revisar los factores de la facturación para evitar el crecimiento de la inasequibilidad en el gasto de agua para los quintiles de menores ingresos, y en la medida de lo posible, analizar los factores de la facturación para distribuir el gasto de agua de manera más equitativa entre los quintiles de mayores ingresos de la población.

Actualización del Plan Maestro de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en Reynosa, Tamaulipas

Capítulo 12

Análisis Financiero

12. Análisis Financiero

12.1. Supuestos

Antes de desarrollar la metodología del modelo financiero, en los siguientes dos apartados se presentan dos de los varios supuestos que intervienen en la elaboración de un modelo de estas características.

Además de las proyecciones de población y de las inversiones (ambos temas desarrollados en capítulos anteriores), se debe contar con una línea base de indicadores de gestión, con la proyección de la demanda de agua potable y de aportación de aguas residuales; así como la información de los estados de financieros (balance y estado de resultados).

En el apartado 12.2 se describe a detalle el objetivo, estructura y escenarios del modelo financiero desarrollado para el Plan Maestro de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Reynosa.

12.1.1. Población

En cuanto a la proyección de la población empleando los datos del más reciente censo de población y vivienda de INEGI (2010) y las tasas de crecimiento de CONAPO, se tiene lo siguiente:

Tabla 343. Proyección de la Población

	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Reynosa	601,426	660,423	707,935	749,750	788,129	822,627

Fuente: INEGI y CONAPO

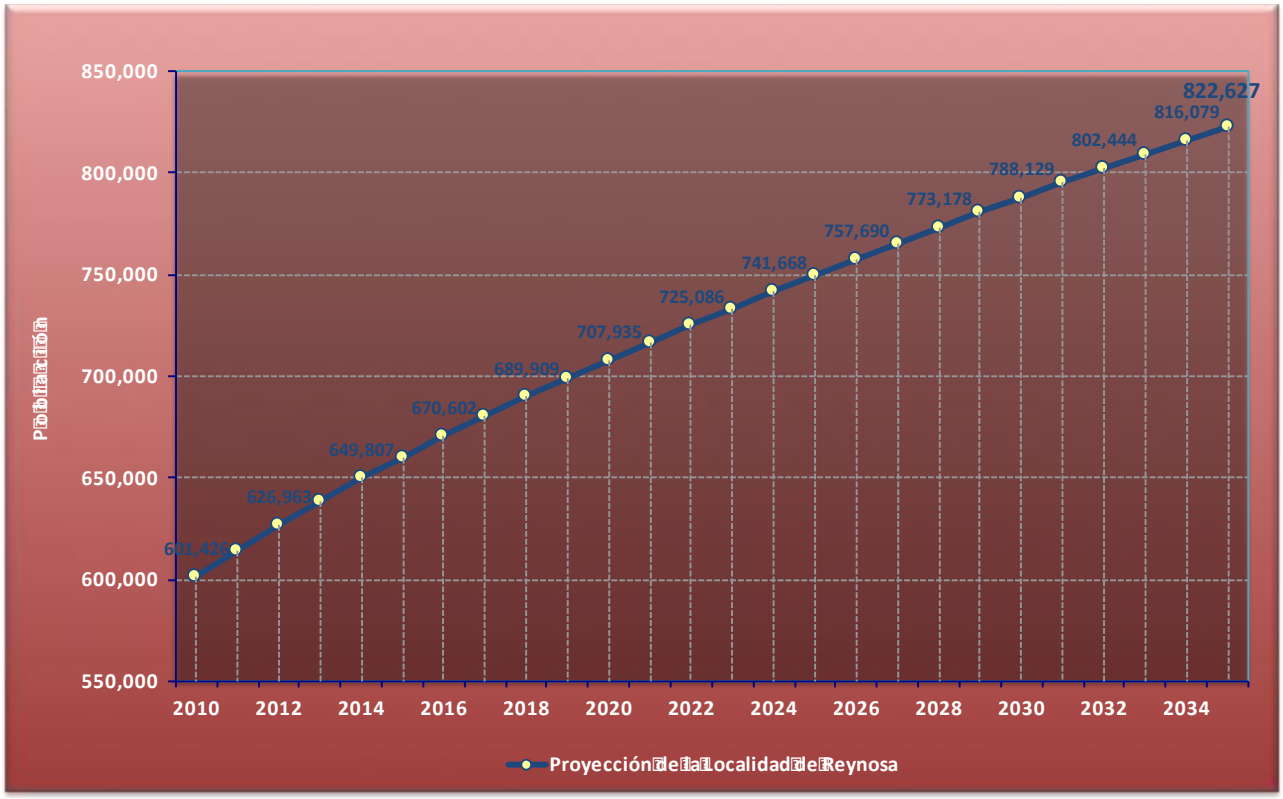


Figura 415. Proyección de la Población

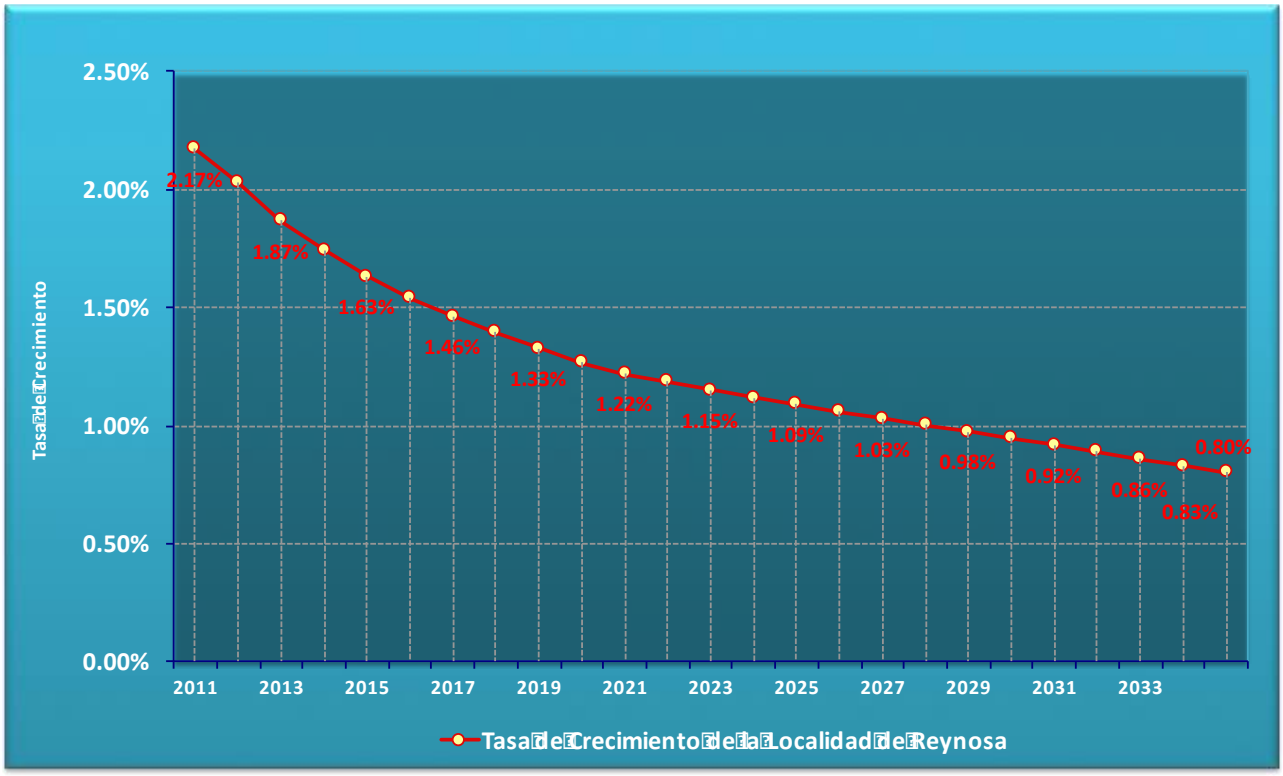


Figura 416. Tasas de crecimiento de Población (2010-2035)

12.1.2. Inversiones

Por lo que toca a la proyección de las inversiones, en los capítulos 7 y 8 se desarrollaron el programa de inversiones y el presupuesto de las acciones respectivamente.

Tabla 344. Programa de inversiones 2016-2035

Programa	2016	2017	2018	2019	2020	2021-2025	2026-2030	2031-2035	Total
1. Infraestructura de Agua Potable	1.5	47.5	100.7	285.1	350.5	552.9	251.2	50.9	**1,640.4**
2. Infraestructura de Alcantarillado	39.2	79.6	77.2	108.1	87.8	288.3	606.6	327.1	**1,613.8**
3. Infraestructura de Saneamiento	0.2	0.3	51.7	37.7	0.0	23.7	54.8	0.0	**168.5**
4. Consolidación	68.1	118.8	196.5	154.6	125.8	514.2	166.5	0.0	**1,344.5**
Total	**109.1**	**246.2**	**426.1**	**585.5**	**564.1**	**1,379.1**	**1,079.2**	**378.0**	**4,767.2**

12.2. Modelo Financiero

Derivado de los resultados y de la información obtenidos en los capítulos anteriores, se diseñó un programa de obras y acciones, mismas que permitirán a la COMAPA mejorar los servicios que ofrece a la población de Reynosa, apoyándose en una consolidación técnica y financieramente mediante un incremento en sus niveles de eficiencia operativa, comercial y financiera, con lo cual podrá colocarse en una posición favorable para hacer frente a las inversiones que se requieren para mejorar la infraestructura y con ella, los servicios.

A fin de evaluar las bondades y beneficios de llevar a cabo los paquetes de acciones que conforman el programas de inversiones, se desarrolló un modelo técnico financiero mediante el cual se podrán realizar

diversas simulaciones en las que el usuario puede modificar diversas variables que se traducen en última instancia en modificaciones a los ingresos o a los egresos, reflejándose en un estado de resultados. Al mismo tiempo, las decisiones que tome el usuario impactarán en los principales indicadores de gestión.

El programa de inversiones propuesto derivado de la elaboración del Plan Maestro se integra en los rubros descritos a continuación en sus cuatro alternativas propuestas:

Tabla 345. Componentes del Programa de Inversiones

Concepto	Acciones
Agua potable	Captación y Conducción Potabilización Regulación y alimentación Red de distribución Otros
Alcantarillado	Red de atajeas Colectores y subcolectores Otros
Saneamiento	Plantas de tratamiento Otros
Consolidación	Incremento de las eficiencias física e hidráulica Mejoramiento de la eficiencia energética Fortalecimiento de la facturación y cobranza Programa de mejora en el control de usuarios

El Modelo Financiero permite construir y simular las proyecciones de las diversas variables, a fin de lograr una prestación adecuada de los servicios en condiciones de sostenibilidad financiera.

La viabilidad financiera de la COMAPA se emula también a través del análisis de los principales indicadores, derivados de los estados pro-forma que produce el modelo (estado de resultados y balance), así como las tendencias de los mismos a lo largo del periodo del proyecto.

Objetivo del modelo

El objetivo del Modelo Financiero es verificar la factibilidad financiera de la COMAPA a fin de que pueda expandir sus servicios y operación de acuerdo con la proyección de demanda, el plan de inversiones identificado y los costos de operación asociados tomando en cuenta la canalización de recursos no recuperables provenientes de alguno o algunos programas institucionales instrumentados por instituciones nacionales o binacionales, así como otras fuentes de viables de financiamiento como son créditos provenientes de la banca comercial y de desarrollo, aportaciones estatales, municipales y generación interna de caja.

El modelo desarrollado en Excel© permite la evaluación de diferentes alternativas, de tal forma que sea posible la verificación de las opciones más viables a través de la simulación de diversos escenarios mediante la combinación de las variables.

De igual forma, el modelo se alimenta con un conjunto de datos y parámetros generados durante la elaboración del Plan Maestro como son: proyecciones de demanda, programa de inversiones, costos de

operación, estimación de tarifas y subsidios, estructura y proyección de la deuda así como estimación de otros gastos e ingresos.

Estructura del modelo

El diseño y operación del modelo es de carácter general y se buscó la forma de lograr una fácil operación del mismo y está orientado a determinar la capacidad de generación de recursos financieros por parte de la COMAPA incorporando los siguientes aspectos:

- Entorno demográfico.
- Demanda de servicio de agua y alcantarillado, desglosado por usuario (residencial, comercial, industrial, y público).
- Inversiones requeridas para ampliar la infraestructura y cobertura de los servicios.
- Diferentes indicadores de gestión.
- Variables financieras, tales como tasa de interés y plazos; tasa de inflación, garantías, tasa de descuento, tasa de retorno requerida sobre la inversión, etc.
- Fuentes de financiamiento y estructura de capital. Estructura y monto de los subsidios directos de operación y de capital (como son aportaciones a través de programas institucionales).
- Estructura de los costos de operación.

La estructura y el orden en el procesamiento de la información del Modelo Financiero se presentan en el siguiente diagrama de flujo; en azul están indicadas las entradas como son información histórica y metas a ser alcanzadas, el verde se indican las etapas a través de las cuales se procesa la información y en naranja se encuentran las salidas de información.

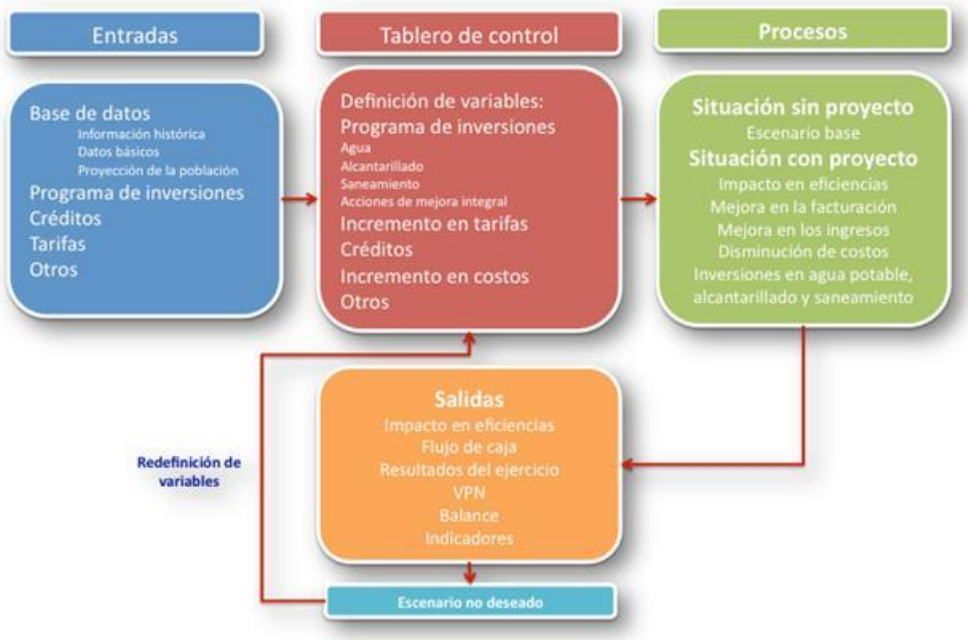


Figura 417. Estructura del Modelo Financiero

Para llevar a cabo lo anterior, el modelo se integra por una serie de hojas vinculadas e interrelacionados en un archivo elaborado en Excel©:

Selección de alternativas.- En esta hoja se constituye como un tablero de control, y aquí se pueden determinar qué acciones del Programa de Inversiones se llevan a cabo, y si son susceptibles de recibir algún apoyo no recuperable. De igual forma, permite definir el año en el cual se puede iniciar su ejecución.

En esta hoja también se puede definir el porcentaje de incremento en los costos de operación y en los gastos generales, así como la posibilidad de acceder a fuentes de financiamiento alternas (créditos) y definir las características de los mismos como son la tasa aplicable, el plazo, el año de solicitud y el monto.

Permite aplicar incrementos a la tarifa de agua en un determinado año. De igual forma permite modelar el efecto que tiene la recuperación de la cartera vencida en un cierto periodo y permite definir el incremento en la eficiencia comercial que se pudiera presentar como consecuencia de llevar a cabo las acciones del sistema comercial.

Estado de resultados.- Con base en los datos de entrada y en las consideraciones definidas en la hoja de selección de alternativas, se efectúa la proyección de ingresos y egresos a lo largo del periodo de análisis.

Programa de inversión- En esta hoja se definen los conceptos y montos de inversión requeridos, y de igual forma se distribuyen a lo largo del tiempo. Los componentes del mismo están relacionados con el abastecimiento de agua, alcantarillado, saneamiento y mejora de las eficiencias del sistema.

Indicadores.- En esta hoja se calculan las proyecciones de los principales indicadores técnicos y financieros como son los niveles de eficiencias, coberturas, liquidez, el apalancamiento, la rentabilidad, así como el capital de trabajo.

Sectores.- En esta hoja se definen las características de los distritos o sectores descentralizados. Mediante la implementación de estos sectores se pretende contribuir al incremento de la eficiencia física y comercial mediante la adopción de esquemas de participación privada.

Facturación y cobranza.- Con base en la proyección de la población y la cobertura de agua potable se calcula el volumen necesario a producir a fin de satisfacer la demanda. A dicho volumen se le restará el correspondiente al agua no contabilizada para obtener los volúmenes facturados y cobrados por concepto de agua, alcantarillado y saneamiento durante el periodo de análisis. Para la proyección de dichos ingresos se toma en cuenta la tarifa promedio ponderada.

Pagos de derechos.- Considera el pago de derechos de agua en lo correspondiente a extracción de pozos y fuentes superficiales, así como el pago de derechos por descargas.

Créditos.- En esta hoja se realiza la amortización de los créditos provenientes de la banca privada o alguna otra fuente de acuerdo a las características definidas para cada uno de los mismos en la hoja de definición de variables.

Depreciaciones.- En esta hoja se realizan las deducciones anuales de las propiedades, maquinaria y equipo. Es de gran utilidad debido a que se utiliza para entender que las inversiones que se realizan de forma permanente disminuyen con el tiempo su potencial de servicio. Los activos se deprecian con base en

criterios económicos considerando como el plazo aquel periodo de tiempo durante el cual se utilizan de forma efectiva en la realización de alguna actividad. En el caso del modelo se realiza el cálculo de las depreciaciones para los conceptos de obras de agua potable, alcantarillado y saneamiento, equipo de transporte, maquinaria y equipo, edificios así como mobiliario de oficinas.

Balance.- En esta hoja se refleja la situación del patrimonio del organismo operador de forma anual. El balance se estructura a través de tres conceptos: activo, pasivo y capital, desarrollados cada uno de ellos en grupos de cuentas que representan los diferentes elementos patrimoniales. El activo incluye todas aquellas cuentas que reflejan los valores de lo que dispone la entidad y la hoja de cálculo toma en cuenta que todos los elementos del activo son susceptibles de traer dinero a la empresa en el futuro. El pasivo muestra todas las obligaciones económicas del organismo operador y es la base para determinar las contingencias que deban registrarse. El patrimonio neto es la diferencia entre el activo y el pasivo y es un reflejo de la capacidad que tiene el organismo operador de autofinanciarse.

Flujo de caja.- Esta hoja realiza los cálculos para obtener el flujo de caja anual a lo largo del periodo de análisis.

Proyección población.- Realiza la proyección de la población con base en la información de fuentes de tipo oficial como son el INEGI y CONAPO. De igual forma, considera la proyección resultado de este estudio.

Demanda estimada.- En esta hoja se calcula la demanda total con base en el padrón de usuarios, las dotaciones y el comportamiento en el nivel de la eficiencia física.

Datos básicos.- Son los datos base del organismo operador, a partir de los cuales se calculan los indicadores de gestión y sirven de base para las proyecciones y operaciones que realiza el modelo.

Supuestos comerciales.- Con base en los datos básicos del organismo operador; esta hoja realiza diversas operaciones vinculadas a la facturación y a los ingresos derivados de la prestación de los servicios.

Escenario base.- Es una proyección de variables clave en el cual se apoya el modelo para realizar las proyecciones de las diversas componentes y mostrar el impacto que tienen las acciones contenidas en el Programa de inversiones a fin de ver reflejado el beneficio.

Proyecto PPS 1 y PPS 2.- Estas dos hojas permiten incorporar las características de proyectos que pudieran ser llevados a cabo bajo un esquema de asociación público privada de largo plazo como pudiera ser una planta de tratamiento de aguas residuales o algún proyecto de abastecimiento.

La estructura y el orden en el procesamiento de la información del Modelo de Análisis Financiero constan de entradas como son información histórica y metas a ser alcanzadas, procesamiento de la información y salidas de información.

12.3. Escenarios

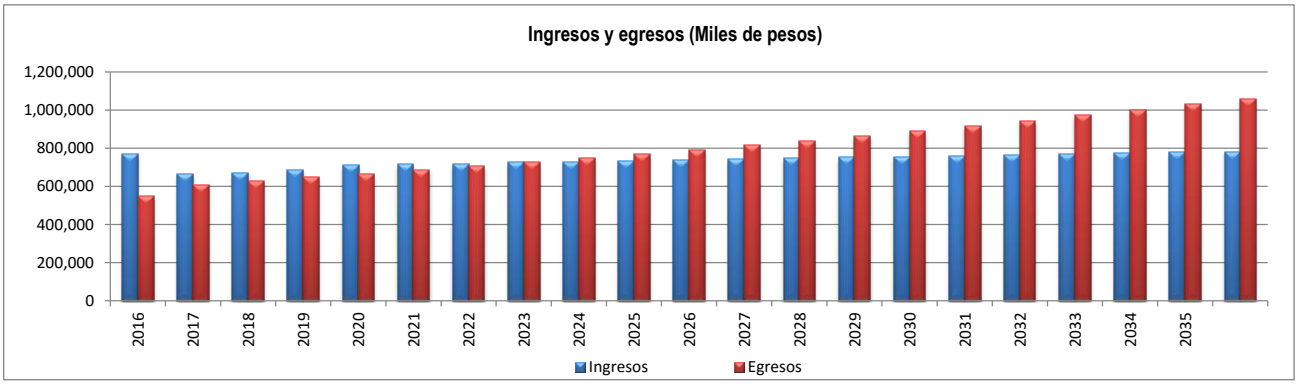
El modelo financiero está diseñado para poder simular diversos escenarios con base en la definición de distintas variables. Es importante destacar que la hoja denominada Selección de Alternativas permite manipular las principales variables a ser consideradas, en especial el programa de inversiones y la tarifa ponderada.

A continuación se presenta un cuadro en el cual se define cada uno de los escenarios propuestos para mejorar la prestación de los servicios:

Tabla 346. Escenarios planteados

Escenario	Valor Actual Neto (millones de pesos)	Consideraciones
Escenario 1 Situación Actual	$7.0	• No se pone en marcha el programa de inversiones. • Las eficiencias física y comercial se mantienen constantes. • La tarifa promedio ponderada se incrementa un 4.5% en términos reales el primer año y 3.0% durante los siguientes 3 años. • Los costos de operación se incrementan a razón del 3%, que es el promedio presentado en los últimos tres años.
Escenario 2 Situación Actual con Proyecto	$300.0	• Se pone en marcha el Programa de Infraestructura con subsidios moderados de acuerdo a cada componente (entre el 0% y el 30% en promedio). • Se pone en marcha el 30% del componente de Consolidación para mantener las eficiencias física y comercial en los niveles actuales. • La tarifa promedio ponderada se incrementa un 10% en términos reales los primeros 3 años y 5% el cuarto año. • Se logra un control de los costos operacionales reduciendo la tendencia de crecimiento del 3.0% al 2.0%.
Escenario 3 Deseable	$1,060.5	• Se pone en marcha el Programa de Infraestructura con subsidios conservadores de acuerdo a cada componente (entre el 0% y el 25% en promedio). • Se pone en marcha el componente de Consolidación para incrementar las eficiencias físicas en 15% y la comercial en 15%. • La tarifa promedio ponderada se incrementa un 7% en términos reales el primer año y 3% durante los siguientes tres años. • Se logra un mejor control de los costos operacionales reduciendo la tendencia de crecimiento del 3% al 1.5%.

Derivado del planteamiento de los diversos escenarios, a continuación se muestran algunas de las gráficas que el modelo proyecta a lo largo del periodo de análisis:



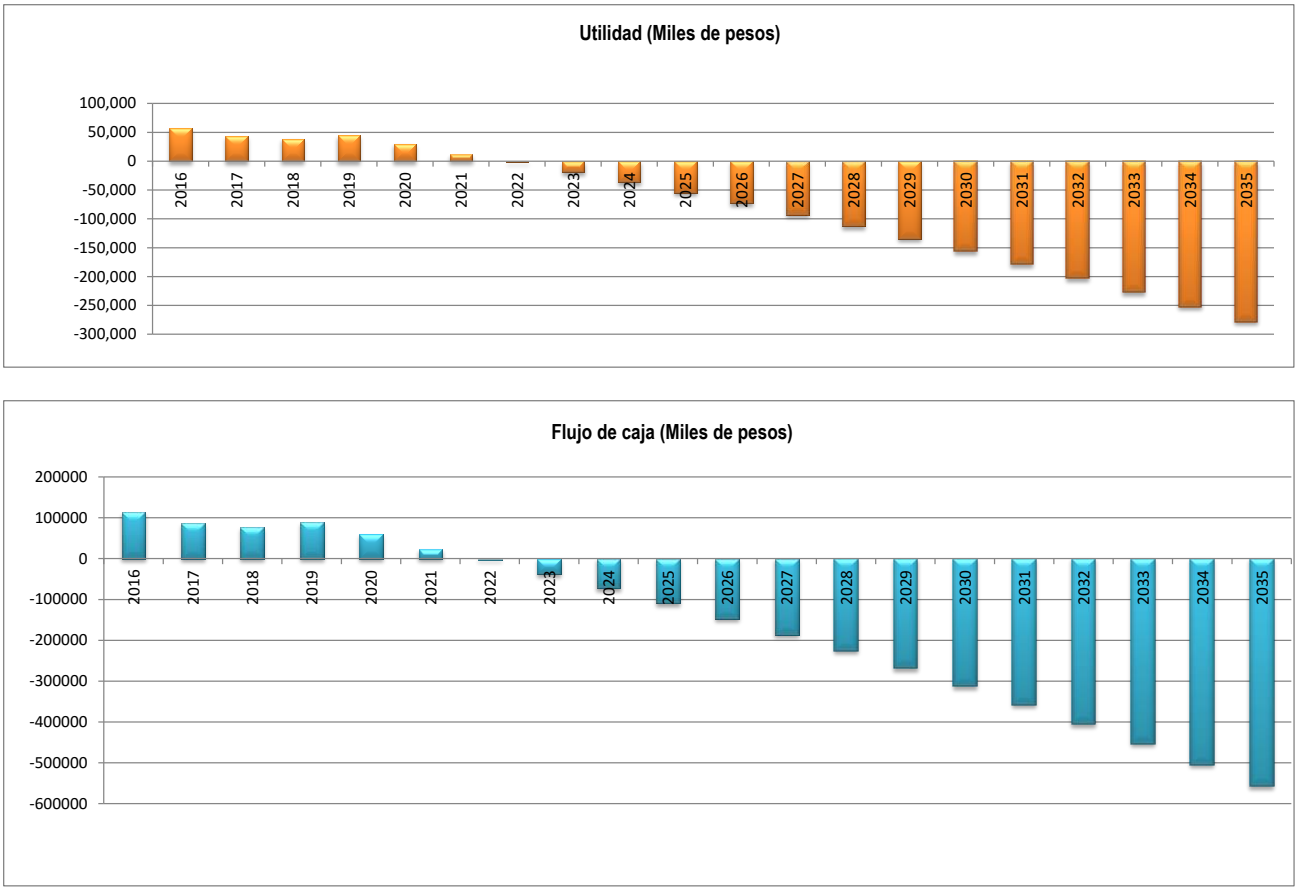
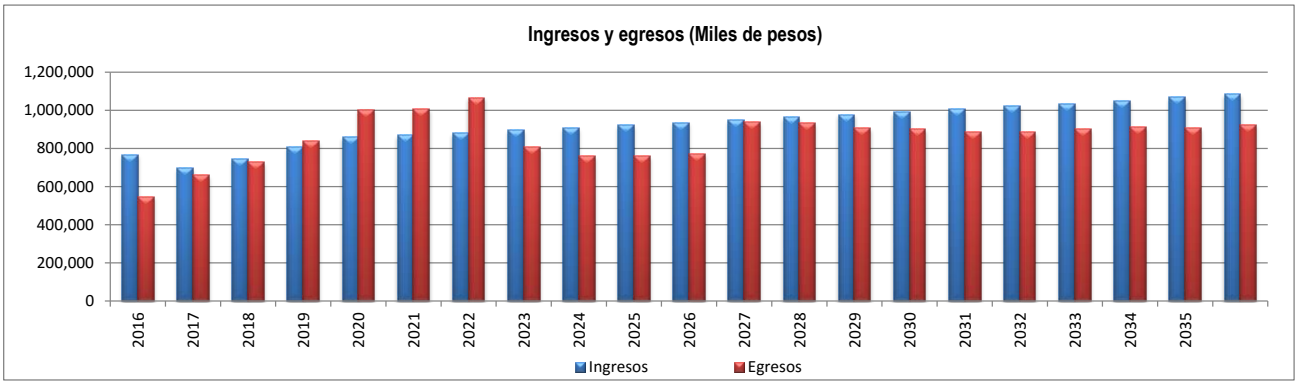


Figura 418. Ingresos, egresos, utilidades y flujo de caja del Escenario 1



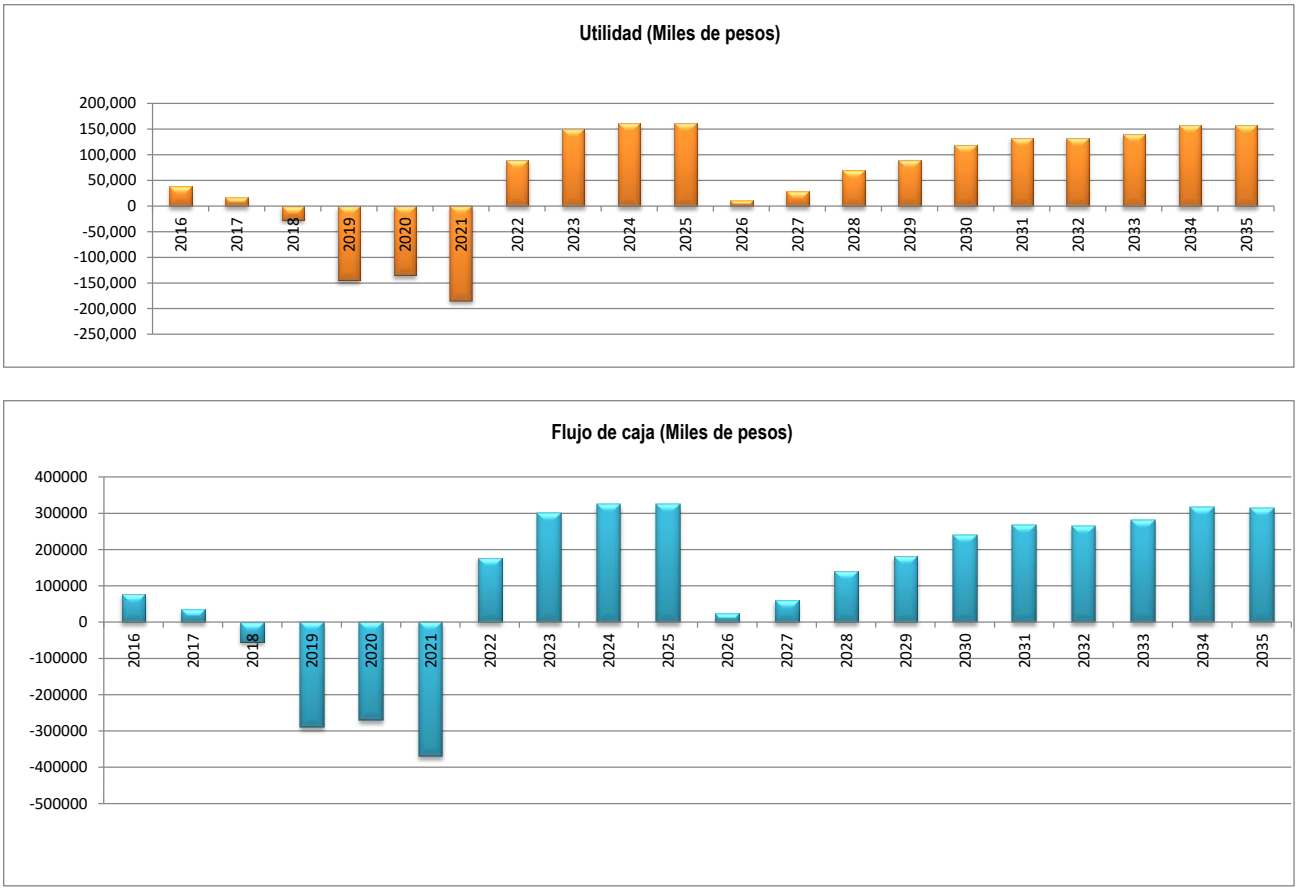
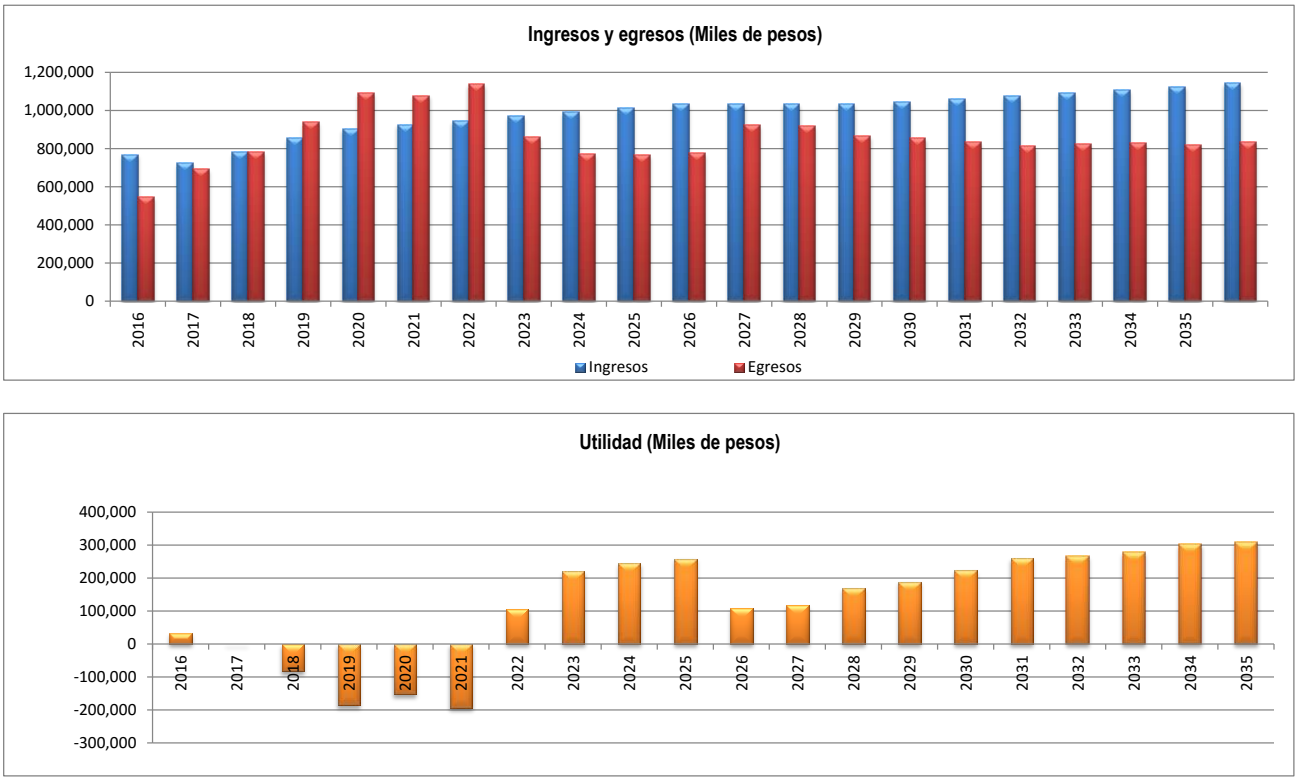


Figura 419. Ingresos, egresos, utilidades y flujo de caja del Escenario 2



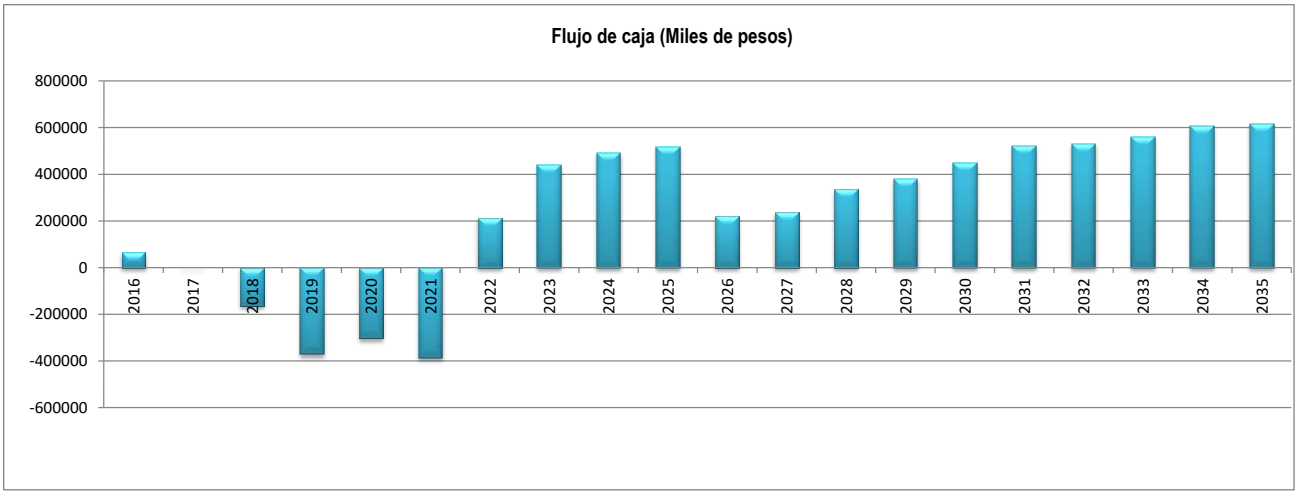


Figura 420. Ingresos, egresos, utilidades y flujo de caja del Escenario 3

Mediante el uso del Modelo Financiero se llevó a cabo el planteamiento de tres escenarios modificando las principales variables, por lo que, derivado de lo anterior se pueden identificar los siguientes aspectos:

a. Se puede apreciar que en su conjunto las necesidades de inversión son relativamente elevadas (225 millones de pesos por año que representan el 30% de los ingreso por servicios de 2014), por lo que resulta conveniente que para poder llevar a cabo el total de las acciones identificadas se implementen acciones que apuntalen los ingresos del organismo y refuercen la gestión de recursos financieros.
b. El apoyo no recuperable es un factor de gran importancia para financiar parcialmente los componentes del programa de inversiones, sin embargo, es primordial enfocar los esfuerzos hacía un uso sustentable del agua potable que se suministra a los usuarios, y para tal fin, el poder consoLIDAR al organismo operador mediante el incremento de eficiencias le permitirá enfrentar compromisos de mayor envergadura. De igual forma, es necesario tender hacia la consolidación de la COMAPA de modo tal que los subsidios se puedan ir reduciendo paulatinamente, razón por la cual en los escenarios planteados se propone un subsidio no mayor al treinta por ciento.
c. Es importante que la calidad del servicio prestado por el organismo operador se incremente y rompa el círculo vicioso en el que los usuarios no pagan por la mala calidad del servicio y la baja recaudación limita las inversiones para mejorar la infraestructura y operación de los sistemas. De igual forma, una adecuada prestación de los servicios permite incrementar las tarifas de modo tal que el cobro por los servicios sea acorde al costo.
d. Es importante resaltar que, para poder invertir en infraestructura y en incremento de coberturas, no debe de soslayarse el incremento en la tarifa de agua. Si bien el tema del incremento a las tarifas muchas veces tiene un componente político y social, será necesario sensibilizar a los usuarios y sobre todo a las autoridades municipales sobre las repercusiones e impactos adversos que tiene una tarifa inadecuada sobre la viabilidad financiera de largo plazo del Organismo.

Tal y como se plantearon los escenarios, resultante claro que la sostenibilidad financiera del Organismo depende de tres custro factures principalmente: 1) La mejora de eficiencias, 2) la capacidad de gestionar fondos no recuperables, 3) la capacidad de mejorar la eficiencia en el gasto y 4) la posibilidad de

incrementar las tarifas. En el escenario de Situación Actual Sin Proyecto, el incremento de tarifas requerido es menor al Escenario con Proyecto, sin embargo no se debe perder de vista que este análisis es financiero y no considera el deterioro la calidad del servicio. En el escenario con Aumento de Eficiencias el requerimiento de incremento de tarifas es el menor, a pesar de que las inversiones son mayores. Esto es lo que se busca con la inversión en la mejora de las eficiencias y el control de los gastos.

12.4. Estructura tarifaria

La estructura tarifaria es la forma de asignar el precio promedio entre los diferentes tipos de usuarios que el organismo operador debe cobrar para recuperar los costos por los servicios prestados; y deben estar concebidos para reconciliar al máximo sus objetivos de calidad de servicio y recuperar todos los costos que la empresa de servicios incurre para prestar el servicio lo que le permite eventualmente la sostenibilidad financiera de largo plazo. En general en la definición de una estructura tarifaria se consideran cuatro conceptos básicos:

1. Un cargo fijo para cubrir los costos fijos de la empresa de servicios;
2. Un cargo variable para cubrir los costos variables de la empresa de servicios;
3. Un subsidio explícito para asegurar que los usuarios más pobres puedan disfrutar de un servicio básico; y
4. Una tasa de soLIDARidad social a todos los usuarios no pobres que permita recuperar el subsidio otorgado.

Además, idealmente la estructura debe estar apoyada en:

1. Un reglamento de los servicios que defina los derechos y obligaciones de los usuarios y de la empresa de servicios;
2. Un sistema comercial que permita mantener información actualizada y confiable sobre los usuarios;
3. Un sistema de regulación o vigilancia de los servicios para asegurar: a) un equilibrio entre los derechos y obligaciones de los usuarios y la empresa de servicios; b) que los servicios se presten adecuada y eficientemente para evitar trasladar los costos causados por ineficiencias a los usuarios; y c) que las empresas de servicios no abusen de su posición de monopolio, en detrimento de los usuarios.

Las empresas de agua y alcantarillado tienen diferentes tipos de estructuras tarifarias para la provisión del servicios de agua y alcantarillado a los consumidores finales. Los operadores privados tratarán de emplear tarifas de precio marginal decreciente (p. ej. Tarifas de Bloque Decreciente [*Decreasing Block Tariffs* o DBT]), para incrementar sus ingresos al promover un mayor consumo de agua. Los tomadores de decisiones en políticas públicas generalmente abogan por el uso de Tarifas de Bloque Incremental [*Increasing Block Tariffs* o IBT]), para proveer incentivos para la conservación del agua. Para definir el tipo de estructura tarifaria más comunes, se deben identificar sus componentes:

- Un componente fijo (f), independiente del volumen de agua consumido
- Un volumen mínimo (m), en el cual los consumidores solamente pagan el componente fijo; cuando se tienen consumos mayores se aplican tarifas volumétricas
- Bloques para los que se establecen diferentes precios unitarios.

En la siguiente figura se muestran estructuras tarifarias típicas. El eje horizontal muestra la cantidad de agua consumida durante el periodo de facturación; en tanto que el eje vertical muestra el importe facturado durante ese mismo periodo.

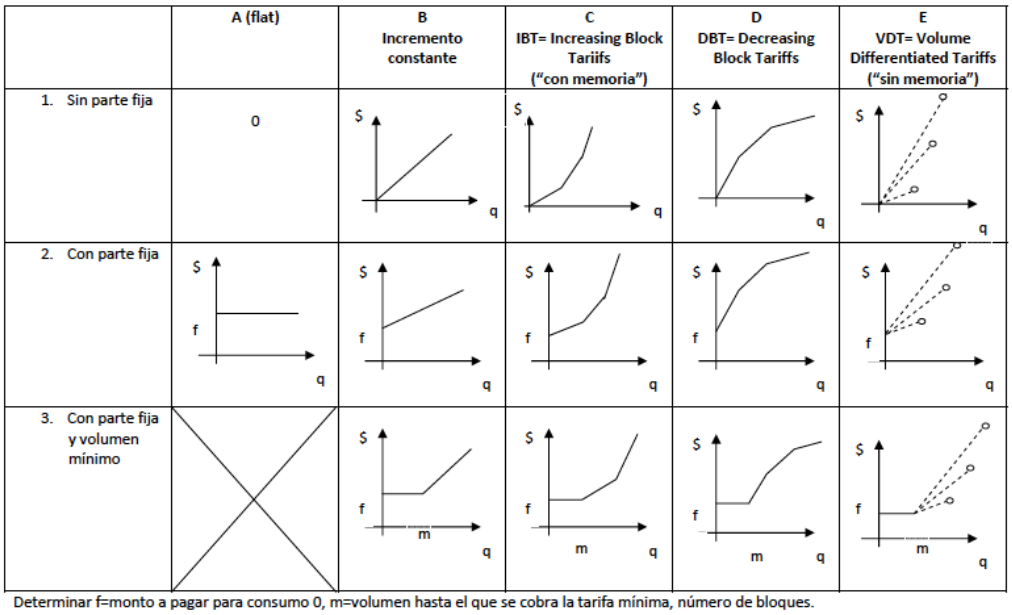


Figura 421. Clasificación de las estructuras tarifarias de agua.

Con base en esta clasificación de las estructuras tarifarias, podemos decir que la de la COMAPA de Reynosa es una estructura tipo B3, es decir con componente fijo y de incremento constante. En la siguiente figura se presenta el costo por m^3 para los tipos de usuario doméstico, comercial, público (estas dos prácticamente idénticas) e industrial.

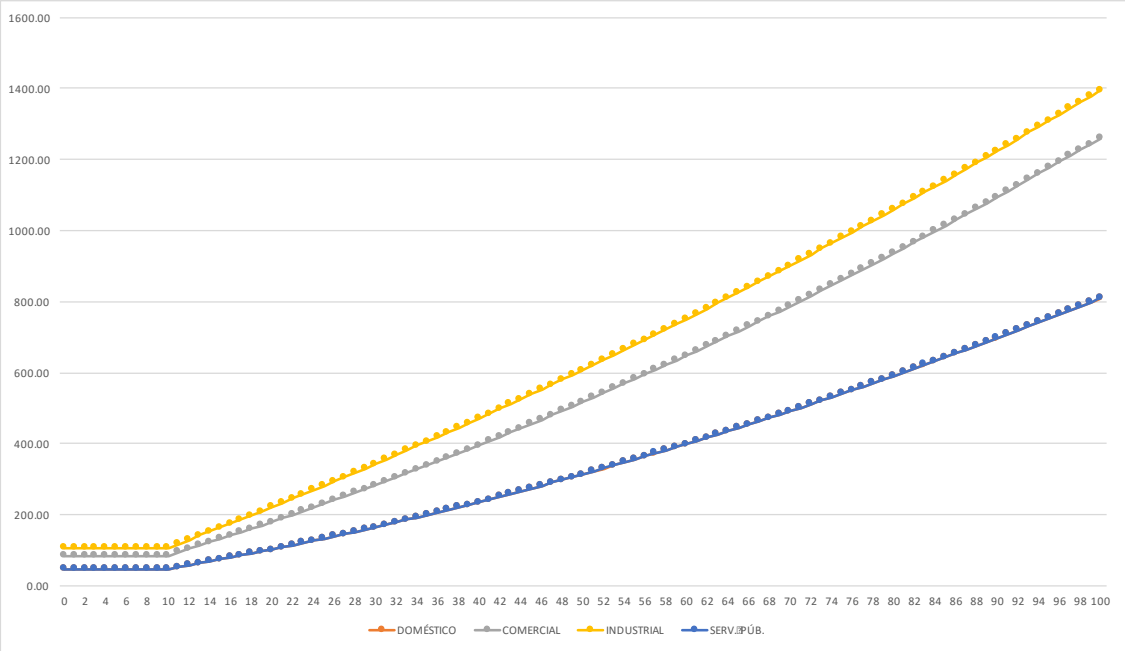


Figura 422. Estructura tarifaria vigente.

De acuerdo con los resultados del modelo financiero, en el escenario 3 se plantea además de un incremento de eficiencias, un incremento a las tarifas. Lo que el modelo maneja e su incremento a la tarifa promedio ponderada (monto facturado entre volumen facturado) del 7% en el primer año y de 3,5% durante los siguientes 3 años. Si aplicamos este incremento a las tarifas vigentes, tendríamos lo siguiente para la tarifa doméstica:

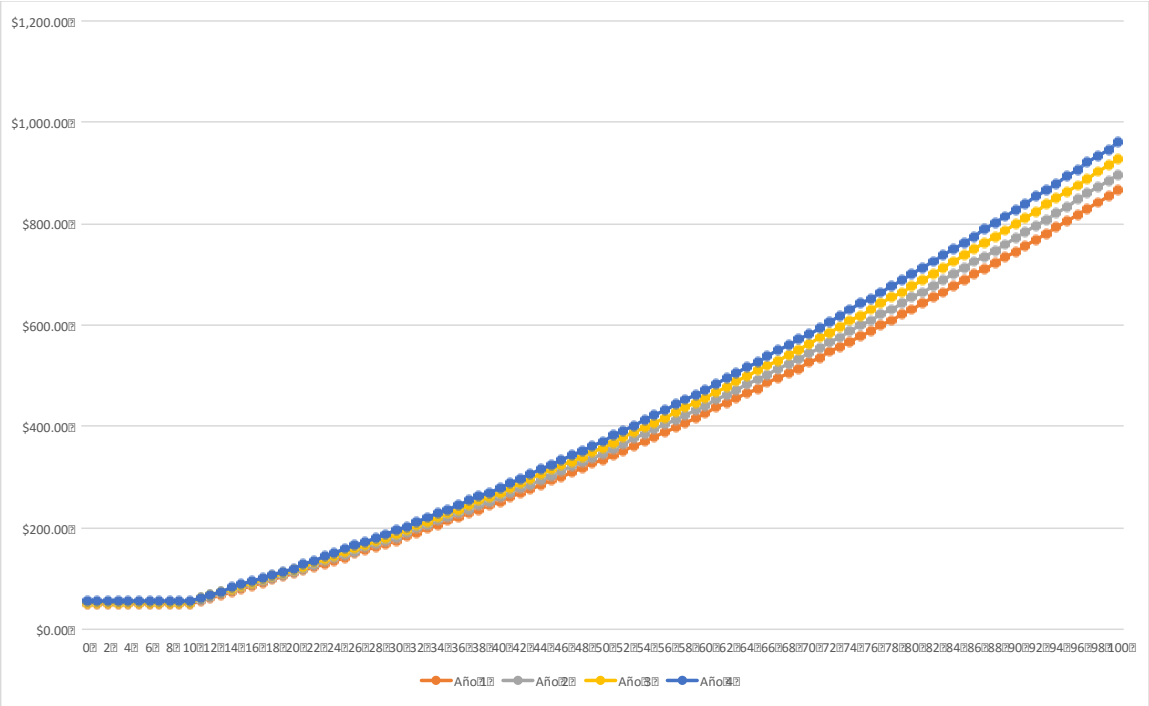


Figura 423. Incrementos a las tarifas domésticas.

Como se puede observar la estructura tarifaria es por tipo de usuario y es creciente como lo solicitan los términos de referencia; por lo que las recomendaciones serían: 1) indexar la tarifa a la inflación mensual y 2) aplicar el incremento anuales recomendados en el análisis financiero.

Para mayor detalle del modelo financiero, consultar el anexo 22.

Actualización del Plan Maestro de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en Reynosa, Tamaulipas

Capítulo 13

Conclusiones y recomendaciones

13. Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

La frontera entre México y los Estados Unidos de América se caracteriza por un intenso flujo de personas en ambos sentidos y fuertes limitaciones de los recursos hídricos de las cuencas y acuíferos que son compartidos. Esta situación se da en un contexto en el que predominan marcadas diferencias sociales y económicas entre ambos países -a lo que habría que sumar las diferencias culturales e institucionales- pero que a pesar de estas diferencias la frontera entre México y los Estados Unidos ha sido escenario de un proceso exitoso de construcción de acuerdos en materia de agua entre ambos países que se cifran en la firma de la Convención de 1906 y el Tratado de 1944, en donde se acuerda el intercambio de volúmenes de agua superficial de los ríos Bravo o Grande, Colorado y Tijuana.

La Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza (COCEF) surge en 1993 a través de un acuerdo paralelo al Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) como una respuesta binacional a los cuestionamientos de carácter ambiental a la firma de este tratado. La COCEF tiene su sede en Ciudad Juárez, Chih, México. Su principal función es certificar y apoyar proyectos de infraestructura ambiental, relacionados con agua, residuos, calidad del aire, energía, trasporte público y sobre planeación y desarrollo Municipal, en donde estos proyectos son financiados a través de recursos que provienen del Fondo de Infraestructura Ambiental Fronteriza (BEIF, en inglés) que administra el Banco de Desarrollo de América del Norte (BDAN).

Al mismo tiempo surge el Banco de Desarrollo de América del Norte (BDAN), el cual trabaja de manera conjunta con la COCEF en el propósito de apoyar la conservación, la protección y el mejoramiento de la ecología de la franja fronteriza de los 100 Km dentro de los Estados Unidos y los 300 Km dentro México. Esta institución tiene la encomienda de proporcionar financiamiento a los proyectos certificados por la COCEF, para lo cual el Banco utiliza sus propios recursos de capital, los fondos obtenidos en los mercados financieros y otros recursos disponibles.

En este contexto se desarrolla el Plan Maestro de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de la Ciudad de Reynosa, la cual forma junto con la ciudad de Mc Allen en los Estados Unidos una de las quince Ciudades Hermanas que se ubican a lo largo de la frontera entre México y los Estados Unidos de América y cuya problemática reviste particular importancia y se caracteriza de manera general por lo siguiente:

- El acelerado crecimiento demográfico y la transformación económica que tuvo lugar en las áreas urbanas fronterizas, particularmente después de la firma del TLCAN.

- La presencia aún significativa de las áreas agrícolas que, si bien han disminuido sensiblemente su participación en el PIB de la región, siguen representando una fuente importante de demanda de agua y de contaminación dispersa.

- La presencia de grandes conglomerados urbanos en los que abundan los problemas de marginación y demanda creciente de servicios.

- La naturaleza económica de la producción industrial de la frontera, basada en gran medida en un modelo maquilador que implica un grado especial de vulnerabilidad ante los cambios en el entorno macroeconómico; así como una configuración particular de su estructura productiva, con impacto en el tipo de residuos que se producen.

- La recurrencia de crisis de carácter hidrológico o meteorológico que, si bien han podido ser encauzadas con base en los instrumentos diplomáticos y de coordinación existentes, presionan cada vez más a los gobiernos de ambos países en relación con los reclamos de sus usuarios y de sus organizaciones sociales.

- El hecho de que en ambos lados de la frontera existen gobiernos municipales autónomos, así como gobiernos estatales autónomos y soberanos, con facultades distribuidas en términos de las funciones de regulación ambiental, de salud pública, de administración del agua, de los servicios municipales y del control del uso del suelo.

En cuanto al marco físico, la zona de estudio se caracteriza por:

- Poseer un clima de semiseco muy cálido a cálido con lluvias escasas todo el año, promediando una lámina anual de 465 milímetros.

- A pesar de que se presentan importantes periodos de sequía, la ciudad se ve afectada por fenómenos ciclónicos, que provocan inundaciones graves en algunas partes de la ciudad.

- Reynosa se ubica dentro de la Región Hidrológico-Administrativa VI Río Bravo (RHA VI) en la parte baja del Bajo Bravo, dentro de la Región Hidrológica No. 24 denominada Bravo–Conchos, la cual a pesar de que presenta un superávit marginal en su balance, en los hechos no tiene disponibilidad para nuevos aprovechamientos, lo que revela un sobre-concesionamiento a los diferentes usos consuntivos.

- La disponibilidad de aguas subterráneas en el acuífero Bajo Río Bravo en el que se ubica Reynosa, se considera suficiente para cubrir la demanda de agua a largo plazo, sin embargo presenta una seria limitante para su aprovechamiento como fuente alternativa de agua potable, la cual tiene que ver con el alto grado de salinidad que se ha encontrado en una gran parte del acuífero.

- El cambio climático plantea un entorno aún más crítico, debido a que los escenarios que se han proyectado al futuro para la zona en la que se encuentra Reynosa manejan la posibilidad de que se presente una reducción entre un 10% y un 20% de la precipitación pluvial[40], lo que implicaría una fuerte alteración del régimen hidrológico del que depende la disponibilidad de agua en la zona.

En el ámbito socio-demográfico, la frontera norte de México se ha destacado como una de las regiones con mayor dinamismo en todo el país. El surgimiento de una forma de trabajo, donde la inversión extranjera aprovechó la mano de obra del obrero mexicano y de esta forma redujo sus costos de producción de una manera significativa, creó un modelo de desarrollo económico regional que trajo como consecuencia una explosión demográfica, que de acuerdo con los datos base del censo de 2005, en la ciudad Reynosa residían 507 mil 998 personas, 242 mil 335 más que las existentes en 1990, mostrando un ritmo de crecimiento promedio anual de 4.42%, cifra superior en más de un punto porcentual a la tasa que se presentó entre 1980 y 1990, del 3.16%.

Durante este periodo (1990-2005) en el que la población de Reynosa prácticamente se duplicó, la creciente demanda de servicios públicos -particularmente los de agua potable y saneamiento- condujo a buscar estrategias de cooperación binacional para implementar alternativas que ayudaran a superar los retos que imponen tanto la necesidad de más y mejor infraestructura, como la escasez del recurso.

[40] Fuente: Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018 (PECC). Gobierno de la República (2014). p. 17

La COMAPA tiene una estructura administrativa encabezada por un Consejo de Administración, un Gerente General y cinco gerencias, con una plantilla de 1,203 trabajadores. A diciembre de 2014 la COMAPA contaba con un padrón de usuarios de 230,588 tomas, de las cuales el 96% son de tipo doméstico y el 4 % de tipo no doméstico; el 87% tienen servicio medido y el 13% están bajo el régimen de cuota fija.

En 2014 se registró una producción de 97.3[41] millones de m^3 y una facturación de 44.17 millones m^3 lo que se traduce en una eficiencia física del 45.4%. Así mismo la cobranza por concepto de servicios de agua potable, alcantarillado y PIS[42] fue de 459.3 millones de pesos, registrando una eficiencia comercial del 67%.

La eficiencia global[43] de la COMAPA, que representa el porcentaje de metros cúbicos que cobra respecto a los metros cúbicos que extrae, es del 30%, lo que refleja importantes áreas de oportunidad en la mejora de las eficiencias del organismo.

Si bien sus ingresos totales son mayores a sus egresos en casi un 30%, sus costos operativos superan en casi un 20% sus ingresos operativos. Su tarifa promedio ponderada es de $15.61 por metro cúbico y tiene un ingreso por toma al año de poco más de 2 mil pesos.

Para el abastecimiento de agua se cuenta con la siguiente infraestructura:

Componente del Sistema	Cantidad	Generalidades
Obra de toma	3	13 EB - 2,730 H.P. - Extracción de 3,117 L/s.
Pozos profundos	13	13 EB - 410 H.P. - Extracción de 200 L/s. Con 22 pozos F.O.
Plantas Potabilizadoras	4	Cap. Nominal de 2,807 L/s. y un caudal producido - suministrado de 2,884 L/s.
Acueductos (Km)	20.2	De 36" a 72" de diámetro, en concreto pre-esforzado, A-C y PVC
Líneas de conducción e interconexión (Km)	69.5	De 3" a 36" de diámetro en PVC y A-C
Plantas de Bombeo	16	68 EB - 12,076 H.P. - 57,350 m^3
Cisternas	38	114 EB - 3,945 H.P. - 49,990 m^3. Con 15 cisternas F.O.
Tanques de regulación	29	5,550 m^3. Con 18 tanques F.O.
Redes de distribución primarias (Km)	515	De 3" a 30" de diámetro en PVC, A-C y PEAD.
Redes de distribución secundarias (Km)	420	De 2" a 4" de diámetro en PVC, A-C y PEAD.

El sistema de abastecimiento, se basa en el aprovechamiento de las aguas superficiales del Río Bravo a través de 3 obras de toma: dos sobre el Río Bravo y una sobre el canal Rodhe; así como en la extracción de las aguas subterráneas por medio de 13 pozos profundos localizados al sur de la ciudad.

Con la finalidad de reducir los costos de operación, la COMAPA construyó recientemente dos obras de toma sobre el canal Rodhe, en el marco del proyecto de trasvase de agua del canal Anzaldúas -alimentado por el Río Bravo- al canal Rodhe, a través de la puesta en operación de la planta de bombeo Anzaldúas–Rodhe, lo que permitirá que la planta de bombeo y el acueducto Anzaldúas se rehabiliten para mantenerlos como infraestructura de abastecimiento en casos de contingencia.

[41] El volumen concesionado es de 48.4 millones de m^3
[42] Proyecto Integral de Saneamiento – Servicio de saneamiento
[43] La eficiencia global se define como el producto de multiplicar la eficiencia física por la eficiencia comercial

El caudal de agua cruda extraída de las obras de toma se bombea a las 4 plantas potabilizadoras que operan continuamente, y que en los últimos años se han rehabilitado para incrementar su capacidad y mejorar la calidad del agua suministrada. El caudal que se produce en las plantas es de 2,884 l/s., con una calidad que cumple con las normas vigentes mexicanas, lo que sumado a los 200 l/s que se extraen de los pozos, se tiene una oferta total de agua suministrada a la ciudad de 3,084 l/s.

La macro-distribución se realiza a partir de las plantas potabilizadoras desde donde se bombea hacia los rebombeos, tanques de regulación y de manera directa a la red de distribución de gran parte de la ciudad. De los siete sectores en los que está dividida la ciudad de Reynosa, cuatro[44] son abastecidos por la planta Pastor Lozano; dos[45] por la planta Benito Juárez y uno más[46] por las plantas Rancho Grande y Cavazos; presentándose el mayor crecimiento en los últimos años en el sector Granjas. Algunas zonas alejadas de las plantas potabilizadoras cuentan con el apoyo del agua extraída de los pozos profundos.

Los tanques de agua clara de las potabilizadoras tienen problemas estructurales que provocan grandes pérdidas de agua por fugas y subutilización de los mismos, en tanto que los tres tanques elevados de las potabilizadoras no son utilizados por problemas estructurales e hidráulicos.

Los tanques de mayor capacidad están fuera de operación por varias causas, por lo que la capacidad de regulación no es la suficiente para cubrir la variación diaria y horaria de la demanda de agua, lo que genera que gran parte de la red reciba el agua directa de un bombeo, con las inevitables variaciones de cargas que afectan tanto a las tuberías como a los propios equipos de bombeo.

El 85% de las líneas de conducción tienen diámetros inferiores a 20”, lo cual limita el manejo del agua. Además, se han construido derivaciones en ruta que afectan severamente la distribución del agua, generando inequidad y deficiencias principalmente en los sectores Granjas y Juárez Poniente.

La gran mayoría de las tuberías de la red primaria (70%) tiene diámetros que no superan las 8” y parte de estas tuberías son es de asbesto-cemento con antigüedades que superan los 40 años. En estas tuberías se generan mayores pérdidas de carga en la conducción, obligando a tener equipos de bombeo de mayor potencia.

Además en la red de distribución existe una gran cantidad de válvulas en estado de inoperatividad, lo que dificulta las labores del área de operación para realizar una distribución más equitativa del agua, a lo que habría que sumar que la red no tiene sectores hidráulicos aislados y equipados con los dispositivos necesarios para controlar, regular y medir el agua que se distribuye.

Se estima que en el sistema de distribución se pierde por fugas en los tanques, líneas de conducción, redes de distribución y tomas domiciliarias el 41.4% del agua que se potabiliza y se suministra.

En resumen, la distribución del agua por las diversas fallas y deficiencias resulta inequitativa, obliga a ofrecer un servicio tandeado al 15% de la población y bajo condiciones de presión mínimas a las colonias que se encuentran más alejadas y elevadas con respecto a la planta potabilizadora Pastor Lozano (Sector Granjas).

[44] Centro, Poniente, Granjas y Juárez Poniente
[45] Juárez Oriente y Oriente
[46] Rancho Grande

El sistema de alcantarillado de Reynosa tiene una cobertura del 95%[47]. Para la recolección, transportación, alejamiento, tratamiento y disposición final de las aguas residuales, se cuenta con la siguiente infraestructura:

Componente del Sistema	Cant	Generalidades
Plantas de Tratamiento	3	Cap. Nominal de 1,252 L/s. y un caudal tratado de 1,143 L/s
Colectores y subcolectores (Km)	320	De 20 a 122 cm de diámetro, en PVC, concreto reforzado y PEAD
Líneas de impulsión (Km)	47	De 3" a 36" de diámetro, en PVC, PEAD y A-C
Plantas de Bombeo	33	50 EB - 2,353 H.P. Con 8 Plantas de Bombeo F.O.
Red de atarjeas (Km)	1,100	De 20 a 30 cm de diámetro, en PVC y concreto simple

El sistema de alcantarillado está dividido en 8 cuencas principales pertenecientes a 3 macro-cuencas asociadas cada una al mismo número de plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR). Cada una de estas tres plantas cubre una importante área de servicio, tratando el caudal que reciben a través de los sistemas de colectores, subcolectores, líneas de impulsión y estaciones de bombeo de aguas residuales (EBAR) existentes. Sin embargo, en seis EBAR[48] que son consideradas como el corazón del sistema para el manejo del agua residual cruda, se tienen instalados y operando sólo 13 de los 26 equipos que debieran estar acoplados, lo que ocasiona que eventualmente se desfoguen volúmenes de agua sin tratamiento alguno a los canales de riego afluentes del Río Bravo, con consecuencias adversas de carácter ambiental, de salud pública y normativo.

Uno de los retos más importantes del sistema de alcantarillado sanitario de Reynosa es lo relativo al deterioro de la infraestructura y su falta de capacidad. Existe una longitud considerable de tuberías de drenaje que se encuentran saturadas funcionando con carga hidráulica, lo que produce el desbordamiento sobre las calles a través de los pozos de visita, e impiden el ingreso del agua de las descargas domiciliarias a los conductos. Asociado a este problema, se tiene identificado lo siguiente:

- 13.7 Km de tuberías con caídos ocasionados por la corrosión y desgaste de las claves de los tubos, lo que genera obstrucciones y taponamientos al flujo del agua, además de otros 270 Km de tuberías muy deterioradas.
- 26 Km de tuberías con capacidad de conducción insuficiente, ya sea por el diámetro o por la pendiente con las que se construyeron.

Si bien este problema tiene su origen en el diseño y la falta de planeación del crecimiento de los sistemas, la situación se ha acentuado debido a que el mantenimiento preventivo y correctivo que se le ha dado a la infraestructura por falta de presupuesto ha sido insuficiente por muchos años.

Un tema que es urgente resolver es el de la falta de capacidad de la PTAR #1. La población asentada en esta macro-cuenca genera un caudal de aguas negras de aproximadamente 1,250 l/s que supera los 1,000 l/s que es la capacidad de la PTAR, por lo que se tiene que derivar el agua residual hacia las antiguas lagunas de oxidación, incumpliendo con las condiciones particulares de descarga (CPD) fijadas en el Permiso de Descarga y en la normatividad vigente.

[47] Existen 35 colonias donde se asienta una población de más de 34 mil habitantes, que no cuentan con un sistema formal de recolección y tratamiento de las aguas residuales

[48] EBAR: 1, 4, 10, 13, 22 y 30

Los reportes de análisis de calidad que se tienen del agua que se vierte de las PTAR señalan que en general cumplen con las CPD (75-75), registrándose una cobertura de saneamiento del 63%, misma que se incrementará al 97% una vez que entren en operación en la PTAR #2 tanto el módulo de 250 l/s que se encuentra en proceso de estabilización[49], como el módulo también de 250 l/s que se encuentra en procesos de construcción con un tren de tratamiento a base de filtros percoladores. Respecto al reúso de las aguas tratadas, actualmente los agricultores son los que hacen uso de ciertos volúmenes provenientes principalmente de la PTAR #2[50].

Tomando como base los resultados del diagnóstico y el análisis de las condiciones actuales de operación de los sistemas de agua potable y saneamiento, se diseñaron alternativas de solución que posteriormente fueron analizadas y evaluadas para seleccionar las más factibles no solo desde el punto de vista financiero, sino también considerando aspectos de impacto, posibilidad, pertinencia y alineación con los objetivos estratégicos del Plan Maestro.

El desarrollo de las alternativas consideró el crecimiento de la población y el respectivo incremento tanto de la demanda de agua potable como de la aportación de aguas residuales. En este sentido es importante destacar el impacto que puede tener el adecuado manejo de la demanda. La demanda actual de agua potable es de poco más de 3 mil l/s y esta se incrementaría en más de 850 l/s en los próximos veinte años de mantenerse el nivel actual de pérdidas físicas. En cambio, la aplicación de un programa de reducción de pérdidas mantendría en el nivel actual la demanda de agua potable en este periodo, reduciendo la necesidad de inversiones en nuevas fuentes de abastecimiento.

Por otra parte, caudal de aportaciones de aguas residuales actual es de mil 800 l/s, mismo que prácticamente estaría cubierto con la capacidad de tratamiento actual y la entrada en operación de los dos módulos adicionales que se construyen actualmente en la PTAR #2. Para los próximos veinte años, se espera que la demanda de tratamiento se incremente en 450 l/s aproximadamente, la que sería cubierta principalmente con la construcción de una tercera planta de tratamiento en aproximadamente 10 años.

Con base en las estimaciones de crecimiento de las necesidades de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento, se desarrollaron alternativas de solución que posteriormente fueron sometidas a un proceso de evaluación y selección.

El proceso de evaluación y selección de alternativas arrojó que la Alternativa 2 de agua potable y la Alternativa 1 de alcantarillado y saneamiento, fueron las que mayor calificación de factibilidad obtuvieron y por lo tanto las obras y acciones asociadas a estas alternativas fueron presupuestadas, jerarquizadas[51] y calendarizadas.

La alternativa No. 2 de agua potable a corto, mediano y largo plazo, contempla la desincorporación del Sector Granjas y parte de los sectores Poniente y Centro de la Planta Potabilizadora Pastor Lozano, debido a que ésta ha rebasado su vida útil y periodo de diseño. No obstante que su operación ha mejorado, por años ha presentado fallas y deficiencias por la falta de mantenimiento. Se propuso incorporar una nueva planta potabilizadora ubicada en el sector Granjas (Los Arcos) en una elevación que permite abastecer por

[49] La estabilización se refiere a la la acción microbiana para la descomposición de la materia orgánica suspendida y disuelta en las aguas residuales hasta alcanzar condiciones de poca variabilidad.

[50] Reynosa produce aproximadamente 1,800 l/s de aguas residuales

[51] La metodología de jerarquización empleó tres criterios: 1) la alineación con el análisis estratégico (mapa), 2) la relación entre la inversión y el beneficio económico esperado y 3) el nivel de viabilidad política, económica, social y tecnológica (PEST)

gravedad a todo el sector; así como apoyar en caso de contingencia a los sectores Juárez Poniente y Juárez Oriente, sacando de operación importantes rebombeos como Jarachinas y Granjas. Además se contempla la construcción de tanques que regulen la demanda diaria y horaria, así como la sectorización de la red lo que permitirá una distribución del agua más equitativa y bajo condiciones de presión controladas, asegurando un servicio continuo y contribuyendo a mejorar los resultados del programa de control y recuperación de pérdidas físicas como medida del manejo de la demanda.

La alternativa No. 1 de alcantarillado y saneamiento a corto, mediano y largo plazo, contempla desincorporar de la PTAR #1 las aguas residuales de una parte de las cuencas de las EBAR #10 y #4, que son principales aportadoras de agua cruda a dicha planta; incorporando el caudal aportado a una nueva PTAR localizada al Noreste de la ciudad y a la PTAR #2, respectivamente. Con estas obras se conducirá e ingresará solo el gasto medio de diseño de la PTAR #1 (1,000 L/s), ya que esta planta no cuenta con las condiciones para ampliarla, por la cercanía que tiene con el Río Bravo.

La re-ingeniería de tres EBARs para condiciones de operación de gasto y carga menores, así como el reequipamiento de la gran mayoría de las EBARs utilizando equipos con eficiencias electromecánicas superiores al 60% y la cancelación de la operación de 7 EBARs, permitirán reducir el consumo energético en más del 50%

La sustitución y rehabilitación de las tuberías colapsadas y en malas condiciones estructurales permitirá un mejor funcionamiento hidráulico del sistema, así como reducirá sustancialmente el ingreso y por consiguiente la transportación y bombeo de agua infiltrada del nivel freático o de las fugas de agua potable en el sistema de alcantarillado y saneamiento.

El catálogo de acciones contiene alrededor de 350 conceptos agrupados en cuatro componentes, que para el periodo de planeación de 20 años representan una inversión de 4 mil 767 millones de pesos.

Componente	Corto plazo	Mediano Plazo	Largo Plazo	Inversión total en millones de pesos
1. Infraestructura de Agua Potable	785.3	552.9	302.1	**1,640.4**
2. Infraestructura de Alcantarillado	391.8	288.3	933.7	**1,613.8**
3. Infraestructura de Saneamiento	90.0	23.7	54.8	**168.5**
4. Consolidación	663.7	514.2	166.5	**1,344.5**
Total	**1,930.9**	**1,379.1**	**1,457.2**	**4,767.2**

Recomendaciones

- Las necesidades de inversión son relativamente elevadas (225 millones de pesos promedio por año que representan el 30% de los ingresos de 2014), por lo que resulta conveniente que para poder llevar a cabo el total de las acciones identificadas se implementen acciones que apuntalen los ingresos del organismo (componente de consolidación) y refuercen la gestión de recursos financieros.

- La administración de la demanda de agua –y no el manejo de oferta- tiene que ser la base de la estrategia para que de manera sostenible se preste un servicio de calidad en los próximos años.

- Por lo anterior resulta inaplazable poner en marcha un Proyecto de Eficiencia Integral (PEI) que tenga como objetivo elevar las eficiencias física, hidráulica y energética, con acciones de reducción

de fugas y sectorización de la red de distribución, que potencialicen los ahorros de energía, adicionales a los que se obtengan con las acciones del proyecto de eficiencia energética de rápida implementación (sustitución de equipos de alta eficiencia, instalación de variadores de velocidad y capacitores).

- Con las obras de agua potable planteadas se busca abastecer a la totalidad de los usuarios de manera continua y con presiones controladas en la red, haciendo más equitativa la distribución y reduciendo los costos de operación. El objetivo es transformar la forma de operar del sistema de distribución, estableciendo condiciones de operación (gasto–carga) constantes reduciendo las inyecciones directas a la red y eficientando la operación y vida útil de los equipos al utilizar la capacidad de regulación de los tanques.

- Debido a que el uso agrícola en la región tiene alrededor del 90% del agua superficial concesionada, resulta imperante e inaplazable la necesidad de convocar a todas las partes involucradas a una revisión y modificación de los volúmenes asignados a los diferentes usos consuntivos y no consuntivos, tomando como base tanto el tratado sobre aguas internacionales como la Ley de Aguas Nacionales que establecen que el uso doméstico y municipal tienen prelación en el uso del agua sobre cualquier otro uso.

- Dadas las circunstancias de escasez en las que se encuentra el entorno de Reynosa, el aprovechamiento de las aguas subterráneas constituye una opción que deberá de ser considerada en un estudio detallado de fuentes alternativas de agua potable, en donde además de realizar un análisis hidrogeológico para ubicar las mejores zonas de aprovechamiento, también se deberán analizar las mejores alternativas para su potabilización.

- Ante los retos que plantean los efectos del cambio climático es necesario contar con un plan regional de mitigación y adaptación para enfrentar esta potencial contingencia y poder atenuar sus posibles efectos en la disponibilidad de las fuentes actuales y potenciales de abastecimiento de agua potable.

- Con las obras de alcantarillado y saneamiento planteadas se pretende incrementar la cobertura de saneamiento y mejorar las condiciones de operación de las plantas de bombeo y de las plantas de tratamiento; lo que permitirá reducir los consumos energéticos y asegurar la calidad del agua del efluente, así como mejorar la operación del sistema de recolección y alejamiento de las aguas residuales permitiendo el ingreso al sistema de todas las descargas domiciliarias.

- El apoyo no recuperable es un factor de gran importancia para financiar parcialmente los componentes del programa de inversiones. En este sentido es primordial enfocar los esfuerzos en los primeros años hacía un uso sustentable del agua potable que se suministra a los usuarios, y para tal fin, las inversiones deben considerar acciones para incrementar las eficiencias del organismo, lo que le permita enfrentar compromisos de mayor envergadura los siguientes años.

- Es importante resaltar que, para poder invertir en infraestructura y en incremento de coberturas, no debe de soslayarse el incremento en la tarifa de agua. Si bien el tema del incremento a las tarifas suele tener un componente político y social, será necesario sensibilizar a los usuarios y sobre todo a las autoridades municipales sobre las repercusiones e impactos adversos que tiene una tarifa inadecuada sobre la viabilidad financiera de largo plazo de la COMAPA.