

# 2011

## Documentación de Experiencias en Eficiencia Energética y Eficiencia Hidráulica en Organismos Operadores en México



Alliance to Save Energy/Watergy México A.C.  
GIZ, Cooperación Técnica Alemana.  
CONUEE, Comisión Nacional para el Uso Eficiente de Energía.  
CONAGUA, Comisión Nacional del Agua



# Documentación de Experiencias en Eficiencia Energética y Eficiencia Hidráulica en Organismos Operadores en México



México, D.F., Febrero del 2012



## Tabla de Contenido

<b>Resumen Ejecutivo .....</b>	<b>1</b>
<b>1 Introducción .....</b>	<b>7</b>
<b>2 Metodología de Análisis .....</b>	<b>10</b>
2.1 Proceso Aplicado para desarrollar un Programa de Gestion Energetica. PGE. ....	10
2.2 Alcance del proyecto. ....	11
2.3 Metodologia aplicada para el Diagnostico Energetico .....	12
<b>3 Proyectos considerados .....</b>	<b>15</b>
<b>4 Resumen de los proyectos analizados.....</b>	<b>16</b>
4.1 PROYECTO: SIMAS MONCLOVA Y FRONTERA .....	16
4.1.1 Descripción general del organismo operador y su problemática .....	16
4.1.2 Descripción del proyecto y su implementación .....	19
4.2 PROYECTO : SIAPA GUADALAJARA Y ZONA CONURBADA .....	34
4.2.1 Descripción del sistema y su problemática .....	34
4.2.2 Descripción del proyecto , su implementación y resultados .....	35
4.3 4.3 PROYECTO : OOAPAS MORELIA .....	41
4.3.1 Descripción general del organismo operador y su problemática .....	41
4.3.2 Descripción del proyecto y su implementación .....	44
4.4 PROYECTO : SAPAS LA PIEDAD .....	51
4.4.1 Descripción general del organismo operador y su problemática .....	51
4.4.2 Descripción del proyecto , su implementación y resultados .....	53
4.5 PROYECTO : SIDEAPA GOMEZ PALACIO.....	60
4.5.1 Descripción general del organismo operador y su problemática .....	60
4.5.2 Descripción del proyecto , su implementación y resultados .....	64
4.6 4.6 PROYECTO : SIMAS TORREON.....	83
4.6.1 Descripción general del organismo y su problemática .....	83
4.6.2 Proyecto realizado y sus hallazgos.....	92
4.7 PROYECTO : SOAPAMA ATLIXCO .....	111
4.7.1 Descripción general del organismo y su problemática .....	111
4.8 PROYECTO : AMD DURANGO, DGO .....	149
4.8.1 Descripción general del organismo y su problemática .....	149
4.8.2 Descripción del proyecto realizado y sus hallazgos .....	152
4.9 PROYECTO : SAPAL LERDO DURANGO .....	167
4.9.1 Descripción general del organismo y su problemática .....	167
4.9.2 Descripción del proyecto realizado y sus hallazgos .....	170

4.10 PROYECTO : CESPM , MEXICALI .....	181
4.10.1 Descripción del organismo y su problemática.....	181
4.10.2 Descripción de sus proyectos y resultados.....	187
4.11 PROYECTO : JMAS , HIDALGO DEL PARRAL, CHIH .....	203
4.11.1 Descripción general del organismo y su problemática .....	203
4.11.2 Descripción del proyecto realizado y sus hallazgos .....	206
4.12 PROYECTO : OOMAPAS , NOGALES , SON.....	219
4.12.1 Descripción general del organismo y su problemática .....	219
4.12.2 Descripción del proyecto realizado y sus hallazgos.....	223
4.13 PROYECTO : TECAMAC , EDOMEX.....	253
4.13.1 Descripción general del organismo y su problemática .....	253
4.13.2 Descripción del proyecto realizado y sus resultados.....	257
4.14 PROYECTO : TULTITLAN , EDOMEX .....	275
4.14.1 Descripción general del organismo y su problemática .....	275
4.14.2 Desarrollo del proyecto y sus resultados .....	277
4.15 PROYECTO : 11 MUNICIPIOS CONURBADOS , EDOMEX.....	310
4.15.1 Descripción de la zona de proyecto seleccionada .....	310
4.15.2 Desarrollo del proyecto y sus resultados .....	315
4.16 PROYECTO : JUMAPA, CELAYA.....	331
4.16.1 Descripción del organismo y su problemática.....	331
4.16.2 Descripción del proyecto y sus resultados.....	333
4.17 PROYECTO SAPAL. LEON GUANAJUATO.....	338
4.17.1 Descripción General del organismo y su problemática .....	338
4.17.2 Descripción del proyecto .....	340
<b>5 Análisis consolidado de los proyectos .....</b>	<b>343</b>
5.1 Analisis del Grado de avance y problemática detectada .....	343
5.2 Tipo de proyectos, metodologías aplicadas y medidas de ahorro propuestas .....	354
<b>6 Experiencias institucionales anteriores .....</b>	<b>360</b>
6.1 Proyectos apoyados por del Fideicomiso para el Ahorro de Energía. FIDE.....	360
6.2 Proyectos de eficiencia energética financiados por programas de CONAGUA.....	362
<b>7 Conclusiones principales por proyecto .....</b>	<b>367</b>
<b>8 CONCLUSIONES GENERALES .....</b>	<b>371</b>
<b>9 RECOMENDACIONES FINALES.....</b>	<b>375</b>

## Lista de Tablas

Tabla 3-1. Proyectos .....	15
Tabla 4-1. Consumo de energía en equipos Zona Sur .....	17
Tabla 4-2. Consumo de energía en equipos Resto de sistemas.....	17
Tabla 4-3. Ahorro potencial según la NOM-006-1995-ENER Pozos Sector Sur .....	22
Tabla 4-4. Ahorro potencial según la NOM-006-1995-ENER Pozos Sector Sur .....	22
Tabla 4-5. Tanques de almacenamiento que tienen capacidad para parar el bombeo en Hora Punta.....	23
Tabla 4-6. Capacidad disponible de equipos de bombeo .....	23
Tabla 4-7. Resumen de la configuración de operación necesaria para parar en Hora Punta.....	24
Tabla 4-8. Configuración de operación para parar en Hora Punta.....	24
Tabla 4-9. Ahorros por paro en hora punta alcanzables en SIMAS .....	25
Tabla 4-10. Cambios en condiciones de operación definidas por el proyecto de eficiencia hidráulica .....	26
Tabla 4-11. Listado de equipos que salen de servicio con el proyecto .....	26
Tabla 4-12. Ahorros de energía alcanzables por paro de equipo.....	27
Tabla 4-13. Ahorros de energía alcanzables por reducción de carga de bombeo.....	27
Tabla 4-14. Energía y costos adicionales por incremento de cargas de bombeo.....	27
Tabla 4-15. Resumen de ahorros de energía por optimización de la operación hidráulica en SIMAS.....	28
Tabla 4-16. Equipos para optimizar el factor de Potencia.....	28
Tabla 4-17. Resumen de Ahorros de Energía y análisis costo – beneficio Para SIMAS .....	29
Tabla 4-18 Resumen infraestructura de abastecimiento de agua de SIAPA.....	35
Tabla 4-19. Proyectos Resultantes.....	37
Tabla 4-20. Medidas Realizadas .....	37
Tabla 4-21. Medidas adicionales realizadas .....	39
Tabla 4-22. Aportación de agua potable por fuente disponible para Morelia.....	41
Tabla 4-23 Consumo de energía e índice energético por tipo de fuente en OOAPAS Morelia .....	43
Tabla 4-24. Inversión real en la etapa de implementación.....	48
Tabla 4-25. Relación de Pozos en SAPAS.....	52
Tabla 4-26. Proyecciones del diagnóstico energético en los equipos de bombeo.....	54
Tabla 4-27. Situación Actual.....	56
Tabla 4-28. Consumo y costos energéticos en los últimos años.....	59

Tabla 4-29. Resumen de algunos pozos de la red de agua potable de Gómez Palacio Urbano.....	60
Tabla 4-30. Descripción de equipos factibles a sustituir, Gómez Palacio Área Urbana. ....	66
Tabla 4-31. Descripción de equipos factibles a sustituir, Gómez Palacio Área Rural.....	67
Tabla 4-32 Descripción de sistemas factibles a cambios de tarifas, Gómez palacio Área Urbana. ....	67
Tabla 4-33 Descripción de sistemas factibles a cambios de tarifas, Gómez palacio Área Rural.....	68
Tabla 4-34. Resumen de ahorros de energía Gómez palacio Urbano y Rural.....	68
Tabla 4-35.Resultados de eficiencia electromecánica obtenida durante el DEN en abril de 2009.....	70
Tabla 4-36.Resultados de eficiencia electromecánica obtenida durante la actualización del DEN Nov 2011.....	70
Tabla 4-37. Acciones de mantenimiento realizadas.....	71
Tabla 4-38. Acciones de mantenimiento realizadas.....	71
Tabla 4-39. Acciones de mantenimiento realizadas.....	72
Tabla 4-40. Acciones de mantenimiento realizadas.....	74
Tabla 4-41. Acciones de mantenimiento realizadas.....	75
Tabla 4-42. Acciones de mantenimiento realizadas.....	76
Tabla 4-43. Acciones de mantenimiento realizadas.....	76
Tabla 4-44. Operación de pozos y tanques existentes en la ciudad de Torreón, Coah.....	84
Tabla 4-45. Capacidad de regularización de los tanques existentes en la red de Torreón, Coah.....	86
Tabla 4-46. Consumo de energía en pozos de Torreón, Coah en el 2008.....	87
Tabla 4-47. Consumo de energía en rebombes de Torreón, Coah en el 2008.....	89
Tabla 4-48. Eficiencia Física.....	91
Tabla 4-49. Evaluación de Eficiencia de equipos de bombeo.....	93
Tabla 4-50 Descripción de equipos factibles a sustituir.....	95
Tabla 4-51 Descripción de sistemas factibles a cambios de tarifas.....	98
Tabla 4-52. Resumen de medidas de ahorro recomendadas.....	98
Tabla 4-53 Conclusiones del análisis pozo a pozo.....	100
Tabla 4-54 Comparativo de datos clave para el análisis Pozos B08 a B77.....	103
Tabla 4-55. Comparativo de datos clave para el análisis Pozos B31 a B75.....	104
Tabla 4-56 Comparativo de datos clave para el análisis Pozos B02 a B78.....	105
Tabla 4-57. Habitantes de las comunidades de injerencia de SOAPAMA de acuerdo a INEGI 2010.....	111
Tabla 4-58. Consumo de energía en los Pozos de SOAPAMA.....	113



Tabla 4-59. Descripción de la campaña de medición .....	115
Tabla 4-60. Parámetros hidráulicos en operación normal del pozo El León.....	119
Tabla 4-61. Resultado de análisis de abatimiento de pozos. ....	121
Tabla 4-62. Balance Energetico energético en el Pozo Cristo Chico .....	123
Tabla 4-63. Indicadores en los equipos evaluados en SOAPAMA.....	126
Tabla 4-64. Resultado del cálculo de Eficiencias en los equipos evaluados. ....	128
Tabla 4-65. Analisis de facturación y Factor de potencia en los equipos estudiados en SOAPAMA .....	129
Tabla 4-66. Calculo de beneficios al cambiar de tarifa a HM con paro en hora punta.....	131
Tabla 4-67. Especificaciones de equipo de bombeo para sustitución de los equipos objeto del presente estudio.....	133
Tabla 4-68. Calculo de costo beneficio de sustitución de equipos de bombeo. ....	135
Tabla 4-69. Balance Volumétrico General. ....	138
Tabla 4-70. Evaluación del consumo energético esperado para los equipos de bombeo. ....	144
Tabla 4-71. Evaluación de Eficiencia Energética de los equipos de bombeo.....	146
Tabla 4-72. Comparativo de porcentaje de desglose de pérdidas del balance energético esperado contra el balance energético actual. ....	147
Tabla 4-73. Resultados finales esperados con el proyecto de eficiencia integral.....	148
Tabla 4-74. Inversión requerida para implementar el proyecto de eficiencia integral. ....	148
Tabla 4-75. Fuentes de abastecimiento por sub-zona hidráulica .....	151
Tabla 4-76. Eficiencias Electromecánicas Evaluadas y el Potencial de Ahorro en Captaciones Norte .....	152
Tabla 4-77. Eficiencias Electromecánicas Evaluadas y el Potencial de Ahorro en Captaciones Sur .....	153
Tabla 4-78. Eficiencias desglosadas Motor y Bomba de Sistemas de Bombeo Externos .....	154
Tabla 4-79. Fuentes de abastecimiento por sub-zona hidráulica .....	155
Tabla 4-80. Balance volumétrico de los sectores propuestos .....	157
Tabla 4-81. Balance volumétrico de los sectores propuestos .....	158
Tabla 4-82. Equipos suministrando directo a red operando sin variador de frecuencia.....	159
Tabla 4-83. Ahorro de Energía aplicando variadores de frecuencia en la situación hidráulica optimizada .....	160
Tabla 4-84. Análisis de capacidad de regulación de tanques enfocado a analizar paro en hora punta.....	161
Tabla 4-85. Sistemas regulados con capacidad de almacenamiento suficiente para hora punta.....	161
Tabla 4-86. Ahorro económico por control de demanda en hora punta con la situación propuesta.....	162

Tabla 4-87. Configuración de equipos disponibles en el Sector SH2 con la situación propuesta.....	162
Tabla 4-88. Configuración de equipos propuestos para operar en hora punta en el Sector SH2.....	163
Tabla 4-89. Ahorro de energía por equipo fuera de operación.....	163
Tabla 4-90. Impacto en incremento de consumo y costo energético por los cambios de carga propuestos .....	164
Tabla 4-91. Impacto en incremento de consumo y costo energético por los cambios de carga propuestos .....	165
Tabla 4-92. Resumen General de Ahorro de Energía Potencial para AMD .....	165
Tabla 4-93. Localidades atendidas por Sapal.....	167
Tabla 4-94. Evolución histórica de la población en la cabecera municipal.....	168
Tabla 4-95. Proyección de población por método y grupo de localidad para SAPAL.....	168
Tabla 4-96. Características de los pozos del sistema de agua potable en Lerdo.....	170
Tabla 4-97. Características de los equipos de bombeo .....	170
Tabla 4-98. Eficiencia Electromecánica evaluada en los Equipos de bombeo de Lerdo.....	171
Tabla 4-99. Balance volumétrico para el sistema de SAPAL .....	171
Tabla 4-100. Evaluación de Ahorros por Eficiencia Electromecánica, en Pozos de SAPAL, Lerdo.....	172
Tabla 4-101. Resumen de usuarios y habitantes por sector hidráulico propuesto .....	174
Tabla 4-102. Gastos disponibles por pozo para el proyecto de sectorización.....	174
Tabla 4-103. Balance Volumétrico de Proyecto.....	175
Tabla 4-104. Cambios de operación de equipos propuestos .....	177
Tabla 4-105. Consumo de energía estimado.....	178
Tabla 4-106. Ahorro estimado. ....	178
Tabla 4-107. Especificaciones de los equipos propuestos.....	179
Tabla 4-108. Resumen de costo beneficio del proyecto de eficiencia integral en SAPAL, Lerdo.....	179
Tabla 4-109. Resumen de medidas de ahorro.....	180
Tabla 4-110. Producción y Fuentes de Abastecimiento.....	182
Tabla 4-111 Capacidad y potencia instalada en equipos de bombeo .....	184
Tabla 4-112. Tuberías que requieren reposición a corto y mediano plazos. ....	186
Tabla 4-113. Evolución de agua no cotabilizada.....	188
Tabla 4-114. Evolución de eficiencia física. ....	189
Tabla 4-115. Evolución de pérdidas .....	191
Tabla 4-116. Evolución de reportes de fugas atendidos .....	193
Tabla 4-117. Trabajos de reposición de tuberías.....	194

Tabla 4-118. Reposición de válvulas realizada.....	194
Tabla 4-119. Reposición de medidores. ....	195
Tabla 4-120. Evolución de cuota fija en el Municipio, ciudad y localidades de Mexicali.....	197
Tabla 4-121. Agua facturada. ....	198
Tabla 4-122. Disminución del consumo promedio por toma .....	198
Tabla 4-123. Eficiencia física lograda. ....	199
Tabla 4-124. Indicadores energéticos.....	200
Tabla 4-125. Inversiones y ahorros logrados.....	202
Tabla 4-126. Consumo de energía por áreas en Parral.....	206
Tabla 4-127. Eficiencias electromecánicas de equipos de bombeo instalados en Parral.....	206
Tabla 4-128. Características principales de las zonas de distribución .....	208
Tabla 4-129. Resumen de redistribución de población de acuerdo a la fuente de suministro .....	209
Tabla 4-130. Resumen de la capacidad de regularización para la zona Potabilizadora (ZA-1) .....	210
Tabla 4-131. Resumen de la capacidad de regularización para la zona El Verano (ZA-2).....	211
Tabla 4-132. Resumen de la capacidad de regularización para la zona La Recompensa (ZA-3).....	211
Tabla 4-133. Análisis costo- beneficio por optimización de eficiencia electromecánica en Pozos del Verano vía sustitución de equipos en Parral.....	213
Tabla 4-134. Acciones propuestas para evaluar el ahorro de energía con distintas condiciones de operación de las minas y rebombes. ....	214
Tabla 4-135. Ahorros estimados por optimización de eficiencia electromecánica.....	215
Tabla 4-136. Ahorros de energía alcanzables como resultado de la optimización de la operación hidráulica.....	215
Tabla 4-137. Ahorros por paro en hora punta alcanzables en Parral.....	215
Tabla 4-138. Resumen de Ahorros de Energía y análisis costo – beneficio Para Parral.....	216
Tabla 4-139. Resumen Comparativo de Indicadores Energéticos en Parral con el Proyecto de Eficiencia.....	217
Tabla 4-140. Consumo e Índice Energetico por Areas .....	223
Tabla 4-141. Eficiencias Electromecánicas Evaluadas y el Potencial de Ahorro en Captaciones.....	224
Tabla 4-142. Eficiencias Electromecánicas Evaluadas y el Potencial de Ahorro en Rebombes Primarios.....	225
Tabla 4-143. Eficiencias Electromecánicas Evaluadas y el Potencial de Ahorro en Rebombes Secundarios.....	226
Tabla 4-144. Balance Volumétrico para las diferentes zonas de influencia de Nogales.....	227
Tabla 4-145. Equipos sumergibles seleccionados en pozos y rebombes y sus eficiencias...	232

Tabla 4-146. Equipos verticales seleccionados en rebombes y sus eficiencias .....	233
Tabla 4-147. Análisis de Ahorro de Energía y Costo beneficio en Pozos de Captación Centro .....	234
Tabla 4-148. Análisis de Ahorro de Energía y Costo beneficio en Rebombeo Portezuelos .....	234
Tabla 4-149. Resumen de Ahorros y Costo Beneficio en Pozos y Rebombes de Nogales Situación Actual .....	235
Tabla 4-150. Resumen de Ahorros y Costo Beneficio en Pozos y Rebombes de Nogales Situación Propuesta .....	235
Tabla 4-151. Análisis del Factor de Potencia en Sistemas de Bombeo Nogales .....	237
Tabla 4-152. Ahorro de Energía optimizando el Factor de Potencia en Sistemas de Bombeo Nogales .....	238
Tabla 4-153. Formato de Análisis Preliminar de Oportunidades de Ahorro de Energía en conjunto con el análisis hidráulico .....	240
Tabla 4-154. Presión y potencial preliminar de ahorro de energía aplicando variadores de frecuencia en el Pozo Palenque .....	241
Tabla 4-155. Calculo Preliminar de Ahorro de Energía aplicando variador de frecuencia en 5 pozos de Nogales alimentando directo a red .....	242
Tabla 4-156. Calculo Preliminar de Ahorro de Energía aplicando variador de frecuencia en 3 sistemas de bombeo de Nogales alimentando directo a red .....	242
Tabla 4-157. Estimación Preliminar de Ahorro de Energía aplicando variadores de frecuencia en los sistemas de bombeo de Nogales alimentando directo a red. Situación actual .....	242
Tabla 4-158. Sistemas donde es viable aplicar variador de frecuencia en Nogales en la situación hidráulica optimizada .....	243
Tabla 4-159. Ahorro de Energía aplicando variadores de frecuencia en la situación hidráulica optimizada .....	244
Tabla 4-160. Descripción detallada de la operación actual y alternativas evaluadas en análisis energético del SARIC y AEROPUERTO .....	246
Tabla 4-161. Análisis Energético Alternativa A .....	247
Tabla 4-162. Análisis Energético Alternativa B .....	247
Tabla 4-163. Análisis de Perdidas de fricción en la Situación Actual del Sistema Alisos .....	248
Tabla 4-164. Análisis de Perdidas de fricción en la Situación Propuesta para el Sistema Alisos .....	249
Tabla 4-165. Sistemas regulados con capacidad de almacenamiento suficiente para hora punta .....	250
Tabla 4-166. Análisis Hora Punta en Sectores Viables .....	250
Tabla 4-167. Ahorro de energía por equipo fuera de operación .....	251
Tabla 4-168. Tabla Resumen General de Ahorro de Energía Potencial .....	251
Tabla 4-169. Índice energético Actual de Nogales por Area y General .....	252
Tabla 4-170. Características de los pozos del sistema de agua potable en Tecámac .....	253

Tabla 4-171. Características de los equipos de bombeo .....	254
Tabla 4-172. Zonas de distribución de agua potable en Tecamac y población .....	256
Tabla 4-173. Resultado del cálculo de eficiencias en los equipos de pozos evaluados. ....	257
Tabla 4-174. Resultado del cálculo de Eficiencias en los equipos de Bombeo Evaluados. ....	258
Tabla 4-175. Balance volumétrico para el sistema de ODAPAS Tecamac .....	259
Tabla 4-176. Especificaciones de operación para pozos. ....	263
Tabla 4-177. Especificaciones de operación para bombeos. ....	263
Tabla 4-178. Evaluación de Eficiencia Energética de Pozos. ....	264
Tabla 4-179. Evaluación de Eficiencia Energética de Bombeos. ....	265
Tabla 4-180. Balance de energía esperada en Pozos .....	266
Tabla 4-181. Balance de energía esperada en Bombeos .....	266
Tabla 4-182. Cálculo de beneficios al elevar el FP a 0-96 en equipos de Pozos. ....	267
Tabla 4-183. Cálculo de beneficios al elevar el FP a 0-96 en equipos de Bombeos. ....	268
Tabla 4-184. Cálculo de beneficios al cambiar de tarifa a HM y paro en hora punta para pozos .....	269
Tabla 4-185. Cálculo de beneficios al cambiar de tarifa a HM y paro en hora punta para bombeos .....	269
Tabla 4-186. Evaluación Costo Beneficio del Proyecto de Eficiencia Integral .....	270
Tabla 4-187. Evaluación Energética en Pozo Lirios .....	272
Tabla 4-188. Evaluación Energética en Pozo Santa Cruz .....	272
Tabla 4-189. Evaluación Energética esperada en Pozo Chabacanos .....	273
Tabla 4-190. Evaluación Energética esperada en Pozo Santo Domingo Ajoloapan .....	274
Tabla 4-191. Resumen comparativo de ahorros en el Pozo Ejidos Tecamac .....	274
Tabla 4-192. Zonas de influencia y fuentes en el sistema de agua potable de Tultitlan .....	276
Tabla 4-193. Resultado del cálculo de Eficiencias en los equipos evaluados. ....	278
Tabla 4-194. Resultado del diagnóstico energético en el Pozo Santo Domingo I .....	280
Tabla 4-195. Indicadores en los equipos evaluados en TULTITLAN, Estado de México. ....	283
Tabla 4-196. Consumo de energía total en los equipos estudiados en APAST, Tultitlán .....	284
Tabla 4-197. Cálculo de beneficios al elevar el FP a 0-96. ....	287
Tabla 4-198. Especificaciones de equipo de bombeo para sustitución de los equipos .....	288
Tabla 4-199. Cálculo de costo beneficio de sustitución de equipos de bombeo. ....	290
Tabla 4-200. Parámetros hidráulicos en operación normal del pozo Constitución 1857. ....	292
Tabla 4-201. Cuadro Resumen de Nivel Estático y Coeficiente de Utilización de Pozos .....	293
Tabla 4-202. Balance Volumetrico de caudales en el sistema de Tultitlan .....	294
Tabla 4-203. Problemática y alternativas de solución en la operación hidráulica de Tultitlan...	295

Tabla 4-204. Redistribución de Zona 5 por sub-zonas y balance volumétrico de Proyecto.....	296
Tabla 4-205. Ejemplo de soluciones específicas de solución a la problemática de distribución de caudales en Tultitlan .....	298
Tabla 4-206. Evaluación de la Potencia Hidráulica requerida.....	299
Tabla 4-207. Evaluación de Eficiencia Energética de los equipos de bombeo.....	301
Tabla 4-208. Balance de energía esperada en Pozos .....	303
Tabla 4-209. Evaluación económica del ahorro al aplicar medidas de eficiencia energética integradas a la eficiencia hidráulica.....	305
Tabla 4-210. Resumen de indicadores energéticos globales resultantes del proyecto de eficiencia en Tultitlan.....	307
Tabla 4-211. Comparativo de Agua en Bloque requerida con la implementación del proyecto de eficiencia hidráulica. ....	308
Tabla 4-212. Evaluación Costo Beneficio del Proyecto de Eficiencia Integral.....	308
Tabla 4-213. Resumen de equipos totales, evaluados y globales por municipio .....	311
Tabla 4-214. Lista de equipos evaluados por organismo.....	312
Tabla 4-215. Criterios para la clasificación de recomendaciones resultantes del proyecto .....	320
Tabla 4-216. Acciones típicas enfocadas al ahorro de energía evaluadas .....	320
Tabla 4-217. Acciones enfocadas a las instalaciones eléctricas.....	321
Tabla 4-218. Acciones enfocadas a las instalaciones eléctricas.....	321
Tabla 4-219. Resultados de eficiencia electromecánica y parámetros medidos en el rebombeo la Paz.....	323
Tabla 4-220. Valores de eficiencia electromecánica en los los diferente puntos de operacion.....	324
Tabla 4-221. Valores de potencia eléctrica alternativa 1 solo equipo y para 2 equipos .....	326
Tabla 4-222. Cálculo de mejoras de eficiencia en la situación de operación optimizada .....	327
Tabla 4-223. Cálculo de ahorros de energía potenciales en la situación de operación optimizada .....	327
Tabla 4-224. Analisis costo beneficio global.....	330
Tabla 4-225. Evaluacion de potencial de ahorro y costo beneficio por sustotucion de equipos .....	336
Tabla 4-226. Analisis de potencial de ahorro por cambio de tarifa.....	337
Tabla 4-227. Distribución Fuentes de agua subterránea por zona a cargo de SAPAL.....	338
Tabla 4-228. Consumo de energía de equipos de agua potable por subsistema.....	339
Tabla 5-1. Resumen de análisis de factores clave durante la etapa de diagnóstico. Parte 1 ...	343
Tabla 5-2. Resumen de análisis de factores clave durante la etapa de diagnóstico. Parte 2 ...	344
Tabla 5-3. Análisis de las características de gestión en la implementación de proyectos. Parte 1 .....	345

Tabla 5-4. Análisis de las características de gestión en la implementación de proyectos. Parte 2 .....	346
Tabla 5-5. Análisis de las características de gestión en la implementación de proyectos. Parte 3 .....	347
Tabla 5-6. Análisis de las características de gestión en la implementación de proyectos. Parte 4 .....	348
Tabla 5-7. Análisis en los factores de éxito o barreras presentadas en la gestión de proyectos. Parte 1 .....	350
Tabla 5-8. Análisis en los factores de éxito o barreras presentadas en la gestión de proyectos. Parte 2 .....	351
Tabla 5-9. Análisis en los factores de éxito o barreras presentadas en la gestión de proyectos. Parte 3 .....	352
Tabla 5-10. Análisis en los factores de éxito o barreras presentadas en la gestión de proyectos. Parte 4 .....	352
Tabla 5-11. Tipos de proyectos respecto a los aspectos incluidos .....	354
Tabla 5-12. Resumen de medidas de eficiencia propuestas o desarrolladas. Parte 1 .....	355
Tabla 5-13. Resumen de medidas de eficiencia propuestas o desarrolladas. Parte 2 .....	356
Tabla 5-14. Resumen de medidas de eficiencia propuestas o desarrolladas. Parte 3 .....	357
Tabla 5-15. Resumen de medidas de eficiencia propuestas o desarrolladas. Parte 4 .....	358
Tabla 6-1. Reporte tabular de resultados de proyectos de ahorro de energía financiados por FIDE .....	361
Tabla 6-2. Resumen del tipo de acciones financiados por el programa PATME de CONAGUA.....	362
Tabla 6-3. Ejemplo de cálculo de indicadores del programa PATME. Parte 1 .....	363
Tabla 6-4. Ejemplo de cálculo de indicadores del programa PATME. Parte 2 .....	363
Tabla 6-5. Resumen del tipo de acciones financiados por el programa PROME de CONAGUA.....	364

## Lista de Figuras

Figura 2-1. Etapas de un proceso ideal para un PGE.....	10
Figura 2-2. Etapas de los proyectos energético e hidráulico o un proyecto integral.....	11
Figura 2-3. Concepto de eficiencia energética integral .....	12
Figura 2-4. Etapas de proceso de un sistema de agua y saneamiento.....	12
Figura 2-5. Concepto del balance de energía para un diagnostico energético en un sistema de bombeo.....	13
Figura 4-1. Zonas Hidráulicas existentes en Monclova y Frontera.....	16
Figura 4-2. Esquema de Operación anterior al proyecto.....	18
Figura 4-3. Imágenes de la problemática del suministro en SIMAS MYF antes del proyecto.....	18
Figura 4-4. Sectores Hidráulicos Propuestos para equilibrar la distribución de agua y mejorar presiones .....	19
Figura 4-5. Esquema de operación optimizado .....	20
Figura 4-6. Modelo Hidráulico de los Sectores de Monclova y Frontera .....	21
Figura 4-7. Obras y equipamiento de la implementación del proyecto de Eficiencia.....	30
Figura 4-8. Ahorro de Energía Logrado en el Proyecto de Eficiencia de SIMAS.....	31
Figura 4-9. Ahorro de Agua y Conexiones en el Proyecto de SIMAS .....	32
Figura 4-10. Imágenes que muestran evidencias de mejoramiento del servicio en SIMAS .....	32
Figura 4-11. Municipios atendidos por el SIAPA.....	34
Figura 4-12. Fuentes de abastecimiento con que cuenta SIAPA.....	34
Figura 4-13. Organigrama SIAPA.....	36
Figura 4-14. Indicadores principales definidos.....	36
Figura 4-15. Imágenes de algunos proyectos realizados.....	38
Figura 4-16. Esquema de sectores definidos.....	40
Figura 4-17. Resultados en volúmenes recuperados.....	40
Figura 4-18 Esquema primario de distribución de agua potable en OOAPAS Morelia.....	42
Figura 4-19 Zonas de cobertura por fuente de abastecimiento en la cd. De Morelia .....	42
Figura 4-20. Distritos construidos en el 2006. Las tomas beneficiadas: 42,776 (21.13%).....	44
Figura 4-21. Distritos construidos en el 2006. Las tomas beneficiadas: 41,444 (20%) .....	45
Figura 4-22. Distritos construidos del 2009 al 2011. ....	45
Figura 4-23. Comportamiento gasto-presion antes de implementación .....	47
Figura 4-24 Ubicación de La Piedad Michoacan.....	51
Figura 4-25. Graficas comparativas de consumos y costos energéticos.....	53



Figura 4-26. Imágenes de implementación de proyectos.....	55
Figura 4-27. Esquema desarrollado para eficiencia energética en SAPAS.....	56
Figura 4-28. Sistema de telemetría.....	57
Figura 4-29. Grafica del sistema de telemetría. ....	57
Figura 4-30. Modelación hidráulica de sectores. ....	58
Figura 4-31. Sectores actuales considerados en la red de agua potable de Gómez Palacio Urbano.....	62
Figura 4-32. Zonas de influencia en la red de agua potable de Gómez Palacio Rural.....	63
Figura 4-33 Balance de energía actual del conjunto de pozos, Gómez Palacio, Área Urbana.....	65
Figura 4-34 Balance de energía actual del conjunto de pozos, Gómez Palacio Área Rural.....	65
Figura 4-35 Balance de energía esperado en los pozos de Gómez Palacio, Área Urbana.....	69
Figura 4-36 Balance de energía esperado en los pozos de Gómez Palacio Área Rural.....	69
Figura 4-37. Sectores operativos considerados en la red de agua potable de Gómez Palacio Urbano.....	78
Figura 4-38. Distribución de la infraestructura hidráulica en Gómez Palacio.....	78
Figura 4-39. Sectores existentes en el sistema de agua potable de Torreón, Coah. ....	84
Figura 4-40. Relación entre consumo energético y producción de agua.....	90
Figura 4-41. Eficiencia Física. ....	91
Figura 4-42 Balance de energía actual del conjunto de pozos.....	92
Figura 4-43 Balance de energía actual del conjunto de pozos.....	99
Figura 4-44. Esquema de sectorización. ....	107
Figura 4-45. Demanda y producción requerida en subsistema norte.....	107
Figura 4-46. Demanda y producción requerida en subsistema sur.....	108
Figura 4-47. Imágenes ejemplo en la construcción de sectores. ....	109
Figura 4-48. Imágenes complementarias de la implementación de proyecto de sectorización.....	109
Figura 4-49. Ejemplo de sistemas de control.....	110
Figura 4-50. Sistemas de abastecimiento del organismo de agua potable de Atlixco.....	112
Figura 4-51. Etapas del proyecto integral. ....	114
Figura 4-52. Actividades de registro de presiones en tomas domiciliarias. ....	116
Figura 4-53. Ejemplo de esquema de funcionamiento de operación hidráulica.....	117
Figura 4-54. Ejemplos de observaciones de inspección de instalaciones eléctricas.....	118
Figura 4-55. Curva de abatimiento del pozo El León.....	119
Figura 4-56. Esquema general de pozo profundo.....	120
Figura 4-57. Etapas de un proceso ideal para un PGE.....	122

Figura 4-58. Flujo del uso de la energía a través de las componentes en el total de equipos evaluados .....	122
Figura 4-59. Porcentaje de utilización de energía por componente (Balance Energético) de los equipos evaluados.....	123
Figura 4-60. Graficas de mediciones eléctricas. ....	128
Figura 4-61. Balance Energético Esperado al sustituir equipos por unos de mejor eficiencia.....	137
Figura 4-62. Metodología del proyecto de eficiencia hidráulica.....	137
Figura 4-63. Variación de demanda a la salida del Tanque La Soledad, mediciones del 23 al 26 de Ago. de 2011. ....	139
Figura 4-64. Reconfiguración de los Sistemas de Abastecimiento para el proyecto de eficiencia hidráulica.....	141
Figura 4-65. Ejemplo de evaluación de alternativas usando modelación hidráulica. ....	142
Figura 4-66. Alternativas de solución para los Sistemas de Abastecimiento 01 y 02.....	142
Figura 4-67. Ejemplo de aplicación de variador de velocidad en el Rebombear El León. ....	143
Figura 4-68. Ejemplo de evaluación de alternativas. ....	144
Figura 4-69. Balance de energía esperada en los equipos de bombeo. ....	147
Figura 4-70. Zonas de operación actuales en el sistema de agua potable de Durango .....	150
Figura 4-71. Sub-zonas de acuerdo a influencia de fuentes de abastecimiento.....	150
Figura 4-72. Sectorización propuesta para la redistribución de caudales. ....	156
Figura 4-73 Zonas de operación actuales en el sistema de agua potable de Durango .....	169
Figura 4-74. Abastecimiento y distribución en las sub-zonas principales de Durango .....	169
Figura 4-75. Sectores Hidráulicos propuestos para el SAPAL.....	173
Figura 4-76. Esquema de operación propuesta. ....	176
Figura 4-77. Ubicación de las plantas potabilizadoras principales de Mexicali .....	181
Figura 4-78. Cuadro comparativo del volumen de agua utilizado vs. volumen de agua facturado.....	188
Figura 4-79. Grafica de evolución de eficiencia física.....	189
Figura 4-80. Perdida de agua perdida en proceso de retrolavado .....	191
Figura 4-81. Costo de sustancias químicas utilizadas.....	192
Figura 4-82. Evolución del volumen estimado en pérdidas por fugas de agua. ....	193
Figura 4-83. Reposición de tomas domiciliarias .....	195
Figura 4-84. Incremento de servicio medido.....	196
Figura 4-85. Disminución de cuota fija.....	196
Figura 4-86. Tendencia de volumen facturado .....	199
Figura 4-87. Evolución de indicadores energéticos .....	201
Figura 4-88. Esquema de distribución en Hidalgo del Parral .....	204

Figura 4-89. Zonas de abastecimiento de Parral .....	205
Figura 4-90. Zonas con base en el suministro y zonas con base en la facturación.....	208
Figura 4-91. Nuevas zonas de distribución con base en el suministro.....	210
Figura 4-92. Esquema de cambio de operación hidráulica .....	212
Figura 4-93. Infraestructura correspondiente a la captación Mascareñas.....	220
Figura 4-94. Infraestructura correspondiente a la captación Alisos.....	220
Figura 4-95. Infraestructura dentro de la ciudad de Nogales abastecida por Mascareñas .....	221
Figura 4-96. Infraestructura dentro de la ciudad de Nogales abastecida por Alisos.....	221
Figura 4-97. Zonas y horarios de tandeo.....	222
Figura 4-98. Modelo de la red de agua potable de Nogales en Epanet .....	228
Figura 4-99. Propuesta para la conducción del sistema Mascareñas .....	229
Figura 4-100. Propuesta de redistribución en Nogales a través de los sistemas Mascareñas y Centro .....	229
Figura 4-101. Propuesta para la conducción del sistema Alisos .....	230
Figura 4-102. Propuesta de redistribución en Nogales a través de los sistemas Alisos y Centro.....	230
Figura 4-103. Comportamiento Q/H con un variador de frecuencia aplicado a un sistema de bombeo.....	239
Figura 4-104. Curva de variaciones de presión del Pozo Palenque en 24 realizado el 9 y 10 de mayo 2008 .....	241
Figura 4-105. Descripción Grafica Sistema de Conducción Alisos – Nomenay de Nogales....	245
Figura 4-106. Esquema de operación óptimo resultante del análisis de modelación hidráulica .....	248
Figura 4-107. Zonas de operación actuales en el sistema de agua potable de Tecámac .....	255
Figura 4-108. Localización del municipio de Tultitlan.....	275
Figura 4-109. Zonas de influencia en Tultitlan, Estado de México .....	277
Figura 4-110 Balance de energía global equipos de bombeo Tultitlan.....	282
Figura 4-111 . Curva de abatimiento del pozo Constitución 1857.....	293
Figura 4-112. Análisis de capacidad de tanques de regulación en el sistema de Tultitlan .....	295
Figura 4-113. Comparativo de áreas de influencia antes y después del proyecto en Tultitlan .....	297
Figura 4-114. Modelación de alternativas de optimización hidráulica en Tultitlan .....	298
Figura 4-115. Balance de energía esperada en los equipos de bombeo. ....	305
Figura 4-116. Municipios incluidos en el proyecto de eficiencia.....	311
Figura 4-117. Distribución Típica de Energía en un Sistema de Agua Potable .....	315
Figura 4-118. Pasos para realizar la Evaluación del Balance Energético .....	316
Figura 4-119. Balance de Energía Actual integrado de los 108 equipos evaluados.....	317

Figura 4-120. Hallazgos típicos en el análisis de las condiciones de mantenimiento en el proyecto .....	318
Figura 4-121. Situación encontrada al analizar el punto de operación real de los equipos de bombeo evaluados .....	318
Figura 4-122. Condición típica de trabajo de los equipos de bombeo analizados .....	319
Figura 4-123. Eficiencias Electromecánicas de los equipos evaluados .....	319
Figura 4-124. Esquema de la operación actual del pozo TX316 y Rebombeo la Paz .....	322
Figura 4-125. Curva de operación del rebombeo la paz en base a los puntos de operación variables .....	324
Figura 4-126. Escenas de la simulación de conducciones para determinar las especificaciones carga y gasto del equipo .....	325
Figura 4-127. Curva de operación del equipo .....	326
Figura 4-128. Imagen de la modelación hidráulica realizada para el análisis de alternativas de mejora .....	326
Figura 4-129. Balance de energía global en todos los equipos de bombeo evaluados .....	328
Figura 4-130. Cálculo de ahorros potenciales por tipo de medida de ahorro .....	328
Figura 4-131. Resumen de inversiones requeridas y análisis costo beneficio .....	329
Figura 4-132. Distribución de los pozos profundos a lo largo de la ciudad de Celaya .....	331
Figura 4-133. Sectores operativos en el sistema de agua potable de Celaya .....	332
Figura 4-134. Estadística de fugas .....	332
Figura 4-135. Imágenes de la medición de presión durante el proyecto .....	333
Figura 4-136. Imágenes de la medición de caudal para obtener el perfil de demanda de agua .....	334
Figura 4-137. Imágenes de la medición de caudal para obtener el perfil de demanda de agua .....	334
Figura 4-138. Imágenes del modelo de simulación hidráulica construido .....	335
Figura 4-139. Estrategia aplicada para el diseño de sectores .....	335
Figura 4-140. Sectores propuestos en el proyecto de eficiencia hidráulica en Celaya .....	336
Figura 4-141. Distribución Geográfica de las Fuentes de Agua de SAPAL .....	339
Figura 4-142. Imágenes de la Planta Municipal de tratamiento de aguas residuales de SAPAL .....	340
Figura 4-143. Esquema del sistema de cogeneración de aprovechamiento del biogás .....	341
Figura 4-144. Motogenerador utilizado en el sistema de cogeneración .....	341
Figura 4-145. Biodigestores e intercambiadores de calor del sistema de cogeneración .....	342
Figura 6-1. Ejemplo de presentación de resultados de proyecto de bombeo de agua financiado por FIDE .....	360





## Resumen Ejecutivo

### Objetivos

Los objetivos específicos del presente trabajos fueron:

- Documentar el desarrollo y estado actual de los proyectos de eficiencia física, hidráulica y/o integral implementados en Organismos Operadores anteriormente a este documento
- Identificar las mejores prácticas asociadas a los casos de éxito, así como la problemática y barreras detectadas en el caso de proyectos no exitosos
- Emitir las recomendaciones pertinentes para mejorar la promoción, el desarrollo, la ejecución y la evaluación de resultados que lleve a resultados concretos y tangibles en la materia

### Metodología de análisis

Para cumplir los objetivos, se desarrollaron las siguientes actividades

1. Se definieron los criterios para calificar el desarrollo de cada proyecto, de acuerdo a lo que se conoce como mejores prácticas para el desarrollo de un Programa de Gestión Energética
2. Se realizó una descripción resumida del desarrollo de cada proyecto, resaltando las metodologías aplicadas para el diagnóstico y la implementación, los hallazgos y áreas de oportunidad detectadas, y las acciones o proyectos que se recomendaron y/o aplicaron.
3. Se realizó un análisis condensado, en forma tabular, de la situación de cada proyecto respecto a los criterios establecidos sobre las mejores prácticas de gestión energética
4. Se identificaron las principales conclusiones aportadas por cada proyecto y de ahí se derivaron conclusiones generales, enfocadas a los factores de éxito o las barreras, en función de la recurrencia presentada en cada proyecto
5. Se emitieron las recomendaciones aplicables para aprovechar el potencial de eficiencia energética que tiene este sector

### Proyectos Analizados

Se analizaron 17 proyectos, del siguiente tipo:

- 10 de tipo integral, conjuntando los proyectos de eficiencia energética y eficiencia hidráulica en uno solo, lo que permite valorar los beneficios de este tipo de proyectos.
- 5 de eficiencia energética y física por separado, lo que permite ver las desventajas, desde el punto de vista de eficiencia energética, que representa la desvinculación de estos dos rubros
- 1 exclusivamente de eficiencia física, cuyas experiencias y aprendizajes complementan las experiencias de los que realizaron proyectos de eficiencia física y energética por separado

### Conclusiones Obtenidas

#### CONCLUSIONES RESPECTO A LA GESTIÓN ENERGÉTICA

Respecto a la gestión energética, en su etapa de Evaluación del desempeño, se puede establecer lo siguiente:

- En los proyectos analizados, si se realizó un diagnóstico energético o de eficiencia física, se sabe que es una práctica común no realizar este tipo de trabajos previos y realizar proyectos sin esa base, o simplemente no realizarlos. Una de las principales barreras para no realizarlos, es la

falta de recursos financieros y la falta de capacidad técnica para elaborar términos de referencia y supervisarlos

- Aunque en los proyectos incluidos en este trabajo, si se realizó la inversión y el esfuerzo de desarrollar un adecuado diagnóstico inicial, no se cerró el círculo de la planeación del proyecto, complementándolo con factores claves para el éxito del mismo y punto de partida de un Programa de gestión energética, como la implantación de una estructura formal, con responsables formalmente designados, que se encargue de la definición de metas, ejecución del proyecto y evaluación de resultados y seguimiento posterior, así como un sistema de indicadores energéticos.

En la mayoría de los casos, esto sucede porque no se cuenta con la fuente de recursos ya establecidos desde el inicio del proyecto, lo cual no es una justificación dado que una de las actividades claves de esa estructura

Aun en casos como el de SIAPA; que si creo una estructura formal, aunque reporta el uso de indicadores, no se mostraron evidencias de que se lleve ese registro en forma permanente en la realidad, sin lo cual, cualquier programa de gestión energética, está destinado al fracaso

- El nivel de avance en la implementación es muy bajo, en promedio del 20 %, a excepción de los casos del Proyecto integral de Monclova y el de eficiencia energética de SAPAS la piedad que a lo largo de los años ha rehabilitado o cambiado la mayoría de sus equipos de bombeo. Esto es una situación generalizada, comparando el avance logrado, con el total de la infraestructura, en general los organismos, aun contando con un diagnóstico energético formal, realizan acciones aisladas o acciones de rehabilitación sin ninguna planeación energética

Entre las principales barreras y problemática en la etapa de implementación destaca lo siguiente:

- La falta de recursos financieros es una primera y recurrente barrera. Sin ello, aunque exista el compromiso, la voluntad, interés y continuidad de los líderes del proyecto, no se puede iniciar un programa de gestión energética que inicia con un buen diagnóstico y definición de potenciales. La falta de ese recurso, es clave también para iniciar la fase de implementación, aun teniendo un buen proyecto, incluso integral, si no se planea contar con el recurso para, al menos iniciar la implementación, en algunas zonas o sectores, o equipos de bombeo, se corre el riesgo de que el diagnóstico pierda vigencia
- Otra barrera importante en la implementación de proyectos de eficiencia, es la falta de un diagnóstico previo, aun si se realiza un proyecto de rehabilitación, o sustitución de equipos de bombeo, es necesario realizar una correcta evaluación y diagnóstico previo de todas las características de la fuente, con el fin de realizar una correcta especificación, y asegurar el lograr mejoras energéticas e incluso ahorro de energía, Esto es clave para el éxito del proyecto. Como ya se menciona, una barrera para que se realicen este tipo de trabajos es el aspecto financiero

Un proyecto de sustitución de equipo, puede mejorar el Índice Energético e incluso tener reducción de Potencia, además de representar menor costo, que lo que normalmente se gasta en mantenimiento correctivo y se evita el tiempo muerto y los paros inesperados de equipo, si se realiza un adecuado diagnóstico energético y especificaciones correctas

- En ningún caso, se monitorean los indicadores energéticos adecuados, específicamente el Índice Energético en kWh/m<sup>3</sup> y el costo unitario promedio de energía, incluso en los casos donde se reporta el uso de los 18 indicadores exigidos por el programa PATME, ahora PROME, no se



utiliza este indicador. El único indicador que se reporta en estos casos, es el de incidencia de la energía en el costo de operación, el cual no es el indicador más adecuado porque está sujeto a las variaciones del costo de la energía eléctrica, que depende del precio internacional de los combustibles

- Otra barrera para aumentar las posibilidades de éxito en resultados de eficiencia energética, es la falta de integración con los proyectos de eficiencia física, con ello existe un divorcio entre las prioridades del organismo, con el objetivo de mejorar la eficiencia energética. Los proyectos de mejora de la eficiencia física, o reducción de agua no contabilizada, están más en línea con las prioridades del organismo de mejorar el servicio y recaudar más ingresos, si se vinculan de manera sistemática con el monitoreo del consumo energético, a través de indicadores como kWh/m<sup>3</sup>, se tienen más posibilidades de lograr mejoras energéticas
- Otra barrera clave, por el que no se da el seguimiento a la ejecución y evolución del proyecto, así como sus resultados, es la falta de sistemas de automatización o al menos monitoreo a través de telemetría. Aunque en los proyectos analizados, en algunos casos se ha aplicado tecnología de telemetría, no se aplica adecuadamente para dar seguimiento al desarrollo de un proyecto de eficiencia hidráulica o energética. En la mayoría de los casos, las funciones son simple monitoreo de variables sin ninguna utilización de la información para la toma de decisiones.

En general, en México, es necesario impulsar el uso de este tipo de tecnologías ya disponibles y cada vez de mayor alcance y menor costo

- Finalmente , una barrera importante, es de tipo institucional, esto es que no se cuenta con un sistema de seguimiento a los resultados de los proyectos realizados, o al menos de los financiados por las instituciones. Lo prueban los casos descritos financiados por el FIDE y por la CONAGUA a través del programa PATME/PROME

Entre los factores de éxito que se destacan, en el caso de los proyectos con mayor grado de avance y resultados son los siguientes;

- Dado que el proceso lleva un periodo de largo plazo para alcanzar un avance significativo, el factor clave es la continuidad de los responsables y técnicos involucrados en el proyecto, y el apoyo de la dirección, esto aun con el cambio de directivos.
- El crear una estructura formal , sin la continuidad de los técnicos y líderes del proyecto, no es garantía de éxito
- El compromiso e interés de los directivos es clave

Cuando se realiza un proyecto integral, conjuntando los proyectos de eficiencia energética e hidráulica en un solo esfuerzo, se logra el objetivo de ahorrar energía, y al mismo tiempo mejorar la situación en aspectos prioritarios de los organismos como mejorar el servicio que se presta a la población, aprovechar mejor su infraestructura optimizando el rendimiento de su personal al eliminar la operación empírica de su red, abriendo válvulas manualmente como sucedía en SIMAS MyF, e incluso, mejorar su aspecto financiero

Los principales factores de éxito que se demuestran en este proyecto, son los siguientes:

- ✓ Desde el inicio del proyecto debe visualizarse de manera integral, en cuanto a los aspectos energéticos e hidráulicos

- ✓ La continuidad de los esfuerzos, incluyendo la permanencia del personal líder del proyecto, es una condición obligada para el éxito del proyecto, sobre todo cuando se carece de los recursos financieros
  - ✓ El involucramiento y capacitación técnica , incluso autodidactica del personal involucrado en el proyecto, en las técnicas y herramientas de ingeniería usadas para el desarrollo del proyecto como la modelación hidráulica, la evaluación energética de los sistemas de bombeo, la realización de balances de agua y volumétrica, es también una condición obligada para que no se pierda la continuidad y la visión integral del proyecto
- 
- El monitoreo permanente y adecuado del comportamiento energético de los equipos de bombeo, lleva a prevenir fallas y mantener en buen rendimiento energético los equipos de bombeo, el indicador clave es el Índice Energético, expresado en kWh/m<sup>3</sup>, y no solo debe monitorearse la potencia o la eficiencia electromecánica
  - Un adecuado mantenimiento preventivo, puede tener un efecto positivo en el consumo energético del sistema de bombeo, puede ser un mantenimiento medio, como la sustitución y ajuste del cuerpo de tazones que lleve a un 10 o 15 % de ahorro, o una mantenimiento menor, como el cambio de fundas que puede representar entre un 2 y 3 % de ahorro

### **CONCLUSIONES RESPECTO A LAS METODOLOGIAS UTILIZADAS**

Las medidas de ahorro de energía más frecuentes fueron las siguientes

- Optimización de la eficiencia electromecánica vía la sustitución de conjuntos bomba motor.
- Optimización del Factor de potencia
- Adecuación de tarifa eléctrica

No obstante, basado en los resultados y metodología descrita en los proyectos integrales de SIMAS Monclova, SOAPAMA Atlixco, AMD Durango, SAPAL, Lerdo, JMAS Hidalgo del parral, OOMAPAS Nogales, APAST Tultitlan, ODAPAS Tecamac, 11 Municipios de Domes y JUMAPA Celaya

Se puede concluir que cuando se realizan proyectos de tipo integral, combinando la eficiencia energética con la eficiencia hidráulica, se logran identificar otro tipo de medidas de ahorro de energía como las siguientes:

- Equipos de bombeo que reducen su carga de de trabajo
- Equipos de bombeo que salen de servicio
- Equipos de bombeo que operen con variador de frecuencia
- Posibilidad de paro de equipos contratados en tarifa HM en hora punta

Cuando se realiza en este tipo de proyectos, una evaluación energética, realizando las corridas energéticas con el modelo de simulación hidráulica, se puede hacer un análisis integral del consumo energético de toda la red y evaluar varias alternativas para escoger la óptima energética hidráulica y económicamente

Cuando se aplica la metodología del Balance de Energía en los diagnósticos energéticos, se identifican pérdidas y ahorros de energía adicionales en lo siguiente:

- Conductores eléctricos inadecuados
- Perdidas excesivas de carga en tuberías y mala operación de equipos
- Perdidas de energía por fugas

El proyecto de 11 Municipios, Permite concluir que existen diferentes niveles de acciones, a corto, mediano y largo plazo,

Las primeras tiene que ver con el mantenimiento preventivo, con medidas como ajuste de flechas, revisión limpieza y ajuste de impulsores, limpieza y apriete de conexiones , ajuste de taps de transformadores, adecuación de instalaciones eléctricas como los sistemas de puesta a tierra, estos últimos para ayudar a mejorar la calidad de la energía alimentada a los motores, y con ello pueden lograr beneficios de ahorro que están entre el 2 y el 3 %,pero además pueden prevenir fallas y costos inesperados

Las de mediano plazo, como la sustitución de equipos de bombeo, cuidando la adecuada especificación y el monitoreo de los mismos, puede resultar en ahorros rentables entre el 15 y el 20 % con costo beneficio de menos de 2 años

Las de largo plazo, que tienen que ver con los proyectos de mejora en la operación hidráulica, pueden aumentar el potencial de ahorro hasta un 30 %, aunque requieren inversiones de mayor magnitud, cambios en la infraestructura y operación, pero también cumplen otros objetivos prioritarios como mejorar el nivel de servicio y evitar la necesidad de nuevas inversiones en infraestructura por lo que también deben ser considerados

### **Recomendaciones finales :**

Dada la problemática y los factores de éxito identificada a lo largo de este trabajo, a continuación se emiten las recomendaciones finales para impulsar , de manera generalizada los proyectos de eficiencia energética e integrales en Mexico, donde se ha identificado un enorme potencial. Y también asegurar el logro y comprobación de resultados

1. Facilitar el acceso al financiamiento, específicamente para el desarrollo de programas de gestión energética. Incluido el desarrollo de diagnósticos, que generen las bases sólidas para el desarrollo del resto del proyecto, pero también, al menos parcial, para la implementación de los proyectos que resulten del diagnóstico.
2. Generar un sistema de seguimiento a la ejecución y evaluación de resultados de los proyectos financiados. Utilizando los indicadores energéticos adecuados

Actualmente existen opciones de financiamiento, pero los mecanismos son un tanto complicados y se diluye el seguimiento entre el sin número de objetivos que se financian.

No se descarta evaluar la creación de un fideicomiso especializado para este tipo de proyectos en el sector de agua y saneamiento, cuya creación y conveniencia, debe al menos evaluarse como parte del trabajo de las instituciones involucradas.

El objetivo de crear esta entidad, es contribuir a romper la barrera de la falta de recursos para generar proyectos integrales de gestión energética, y el seguimiento a la correcta utilización de los mismos

3. Impulsar el desarrollo de tecnologías modernas de automatización y monitoreo para la toma de decisiones, incluyendo telemetría, pero enfocado a asegurar el desempeño de las recomendaciones y proyectos que deriven de los diagnósticos y no solo al monitoreo pasivo.

Con el uso de este tipo de tecnologías, se reducen los riesgos del seguimiento a los resultados de los proyectos, como fuente de justificación para generar nuevos recursos financieros derivados de los beneficios en ahorro de energía u otros objetivos que se logran en proyectos integrales

4. Impulsar la creación de manuales, fichas técnicas, opciones de capacitación técnica, para fortalecer la planta de técnicos , en todas las regiones del país, ya sea formando parte de las plantillas de los propios organismos
  
5. Impulsar el desarrollo de proyectos de eficiencia energética e hidráulica integrales, y las metodologías e ingeniería como la modelación hidráulica de redes, dados los beneficios que se logran, pero también, dada la complejidad de la implementación de los mismos y los montos de inversión necesarios, generalmente elevados, facilitar la implementación de medidas de corto plazo, como la rehabilitación y sustitución de equipos de bombeo, pero utilizando metodologías de punta como la del balance energético, para mejorar la evaluación de pérdidas y determinación de áreas de oportunidad de ahorro o mejora de índices energéticos en los sistemas de bombeo

# 1 Introducción

El 28 de Noviembre del 2008, se publica la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía. Esta ley tiene como Objetivo, propiciar un aprovechamiento sustentable de la Energía, y faculta a la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, CONUEE, a crear e implementar el Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía 2009-2012 (PRONASE). Dicho documento de, a su vez publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 27 de noviembre de 2009, define una estrategia integral para capturar el potencial de ahorro de energía a través de acciones costo-efectivas de mediano y largo plazos.

Las principales áreas de oportunidad, contempladas en el PRONASE son:

- Iluminación.
- Transporte.
- Equipos del hogar.
- Cogeneración.
- Edificaciones.
- Motores industriales.
- Bombas de agua.

Dado que una de las áreas prioritarias es el bombeo, se estableció el objetivo de incrementar la eficiencia de los sistemas de bombeo de agua a través de dos líneas de acción: “Fortalecer el programa de apoyo para la rehabilitación de sistemas de bombeo agropecuario” y “Establecer un programa de apoyo para la rehabilitación de sistemas de bombeo municipal”.

En base a esto, la Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (Cooperación Técnica Alemana GTZ) contrató los servicios de Watergy México A.C tomando en cuenta la amplia experiencia que tiene esta empresa para realizar una consultoría para la Comisión Nacional de Uso Eficiente de la Energía, para diseñar el desarrollo de dicho programa, resultando en un documento que incluyó las siguientes tareas:

- **Cuantificación de los consumos energéticos nacionales de los sistemas de bombeo para uso municipal y agrícola.** Con ello se dimensionó lo más aproximado posible, el consumo energético nacional, para definir una línea base a partir de la cual se pudo valorar mejor, los esfuerzos, los recursos aplicables y los resultados del programa propuesto. Las fuentes de información utilizadas fueron las estadísticas oficiales de producción y consumo de agua suministrada a poblaciones, los rangos de índices energéticos típicos encontrados en los sistemas de abastecimiento de agua a ciudades y zonas agrícolas, los datos del parque nacional de sistemas de bombeo municipales y agrícolas disponibles, las estadísticas nacionales de consumo final de electricidad, entre otros.
- **Identificación de las mejores prácticas y su aplicabilidad.** Se analizaron los enfoques aplicados en programas anteriores limitados a mejorar las eficiencias de transformación de la energía en los componentes electromecánicos de dichos sistemas, sin considerar los demás componentes y factores del sistema que influyen de manera sustantiva en el consumo energético y donde normalmente se tiene una gran área de oportunidad de potencializar los ahorros de energía alcanzables y se identificaron y propusieron enfoques más integrales que consideraran todos estos aspectos
- **Estimación de potenciales de ahorro de energía nacionales.** Una vez identificadas las órdenes de magnitud en los consumos, así como las posibilidades de ahorro de energía, económicamente rentables y técnicamente alcanzables, y las barreras que impiden el cabal aprovechamiento de las oportunidades de ahorro, se realizó una estimación de potenciales de

ahorro de energía nacionales, que sirvieron para replantear los objetivos inicialmente en el PRONASE

En base a este trabajo, se planteó, como escenario ideal para lograr las metas previstas por el PRONASE, realizar proyectos en 197 municipios en total al año 2030, 10 proyectos anuales en promedio, con ello se podrían lograr, considerando un crecimiento anual de los sistemas del 0.55% anual, un ahorro de energía anual de entre 30 - 80 GWh y un ahorro total alcanzable al 2030 de 12.2 TWh. Sin embargo, dado el elevado presupuesto que eso implicaría, se propone realizar, como escenario alternativo, un mínimo de 6 proyectos municipales integrales anuales, con lo cual la meta alcanzable se reduce a 9.2 TWh al año 2030, y solo se requieren, en promedio, 200 Millones de pesos anuales de inversión que son perfectamente alcanzables con los programas institucionales disponibles. Todo esto complementado con programas permanente, de menor alcance, enfocados a municipios pequeños y medianos donde solo se trabaje en las medidas convencionales de eficiencia energética como la adecuación o sustitución de equipos para mejorar las eficiencias electromecánicas, la optimización del factor de potencia, la adecuación de tarifas y la mejora del mantenimiento preventivo

En base a este primer paso y como seguimiento a la implementación del programa descrito, se propuso, en conjunto con la Comisión Nacional del Agua ( CONAGUA), desarrollar una investigación de las experiencias que se han dado en México en Materia del Eficiencia Energética en Sistemas de Agua Potable y Saneamiento, incluyendo las experiencias en eficiencia hidráulica,( que comprende los conceptos de Eficiencia Física y Eficiencia en la operación hidráulica) , que hayan incidido o no en el consumo energético de los sistemas de bombeo asociados, entendiendo la estrecha relación que hay entre ambas eficiencias.

Los objetivos de esta investigación fueron los siguientes:

- Documentar el desarrollo y estado actual de los proyectos de eficiencia física, hidráulica y/o integral implementados en Organismos Operadores anteriormente a este documento
- Identificar las mejores prácticas asociadas a los casos de éxito, así como la problemática y barreras detectadas en el caso de proyectos no exitosos
- Emitir las recomendaciones pertinentes para mejorar la promoción, el desarrollo, la ejecución y la evaluación de resultados que lleve a resultados concretos y tangibles en la materia

Para lograr estos objetivos, se aplicaron las siguientes acciones:

1. Se diseñó y difundió un documento, tipo encuesta, que fue enviado por email a los directores de los organismos de la base de datos con la que cuenta la CONAGUA, y posteriormente se le dio seguimiento telefónico para tratar de que los organismos recabaran la información solicitada y la enviaran por el mismo medio. Desafortunadamente, la encuesta no fue exitosa y solo 16 Organismos Operadores enviaron de regreso cierta información, la mayoría de la cual no resultó útil ni suficiente para documentar un proyecto, ni siquiera en la etapa de evaluación del desempeño o diagnóstico inicial de la situación.

Solo un organismo envió información suficiente por este medio que fue la Comisión Estatal de Servicios Públicos de Mexicali. CESPMP, el cual fue incluido en este documento

2. Adicional a esta encuesta, se realizó un sondeo entre aquellos organismos operadores que se sabe que han realizado al menos una de las etapas de un Proyecto de Eficiencia Energética y/o Eficiencia Hidráulica, que incluyo algunas visitas de campo o comunicación telefónica o electrónica, para saber el estatus de su proyecto. Con esto se lograron documentar 16 casos, incluyendo 26 municipios de los mayormente consumidores de energía del país

En este documento se describen los resultados de esta investigación a través de la siguiente estructura:

- A. Metodología de análisis. En esta sección se describen los criterios bajo los cuales se realizó el análisis de los proyectos , desde el punto de vista de las practicas ideales identificadas para el desarrollo de proyectos de Gestión Energética Integral en Sistemas de Agua y Saneamiento
- B. Descripción de cada uno de los proyectos analizados. En esta sección se describe, lo más resumidamente posible, sin dejar de lado información que puede resultar útil e ilustrativa a otros organismos operadores, los aspectos incluidos en cada proyecto, las metodologías aplicadas, las oportunidades de mejora en la eficiencia energética e hidráulica que se identificaron, los aspectos claves y aprendizajes durante la implementación, en el caso de haber llegado a realizarla,
- C. Las conclusiones principales obtenidas para cada proyecto de manera individual
- D. Las conclusiones generales, que resumen los factores clave de éxito, problemática y aprendizaje del conjunto de los proyectos analizados
- E. Las recomendaciones generales que se aportan por parte de los consultores para mejorar la situación prevaleciente actualmente y generar un impulso al tema y los resultados que se pretenden en los sistemas de bombeo municipales, que lleven a aprovechar los enormes potenciales de ahorro y eficiencia energética existentes, con sus consecuentes beneficios en medio ambiente y económicos que conllevan

## 2 Metodología deAnálisis

Para analizar el desarrollo, metodologíasaplicadas , alcances y resultados de los proyectos considerados, se establecieron las bases del análisis en términos de los siguientes criterios:

### 2.1 Proceso Aplicado para desarrollar un Programa de Gestion Energetica. PGE.

El proceso completo, para desarrollar un PGE en un Organismo Operador , incluye las siguientes etapas y actividades mostradas en la Figura 2.1

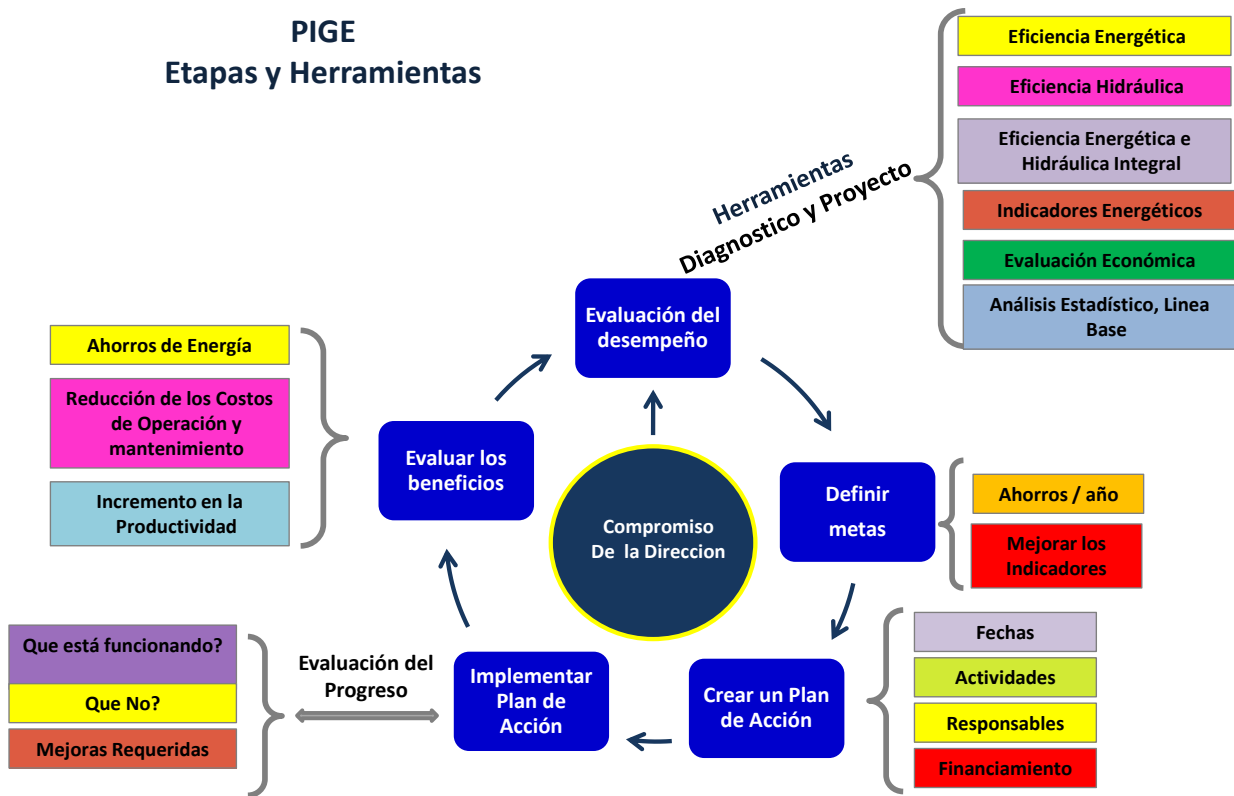


Figura 2-1. Etapas de un proceso ideal para un PGE

Este es un proceso integral, que si se realiza en todas sus etapas generalmente se logran resultados con éxito garantizado



## 2.2 Alcance del proyecto.

Otro criterio fue si se desarrollo alguna o todas las etapas necesarias para un proyecto de eficiencia energética Integral. Generalmente, como parte de las mejores practicas detectadas para desarrollo de un proyecto de Eficiencia Energetica e Hidraulica Integral, se deben abarcar todas las actividades mostradas en la siguiente Figura.



Figura 2-2. Etapas de los proyectos energético e hidráulico o un proyecto integral

El desarrollo de todas estas actividades, permite aplicar el concepto integral buscar las oportunidades de ahorro no solo en la transformación energética en la producción de agua ( lado de la oferta), sino en el resto de las áreas involucradas( Distribucion y demanda final) , el cual se explica de manera esquemática en la siguiente figura:

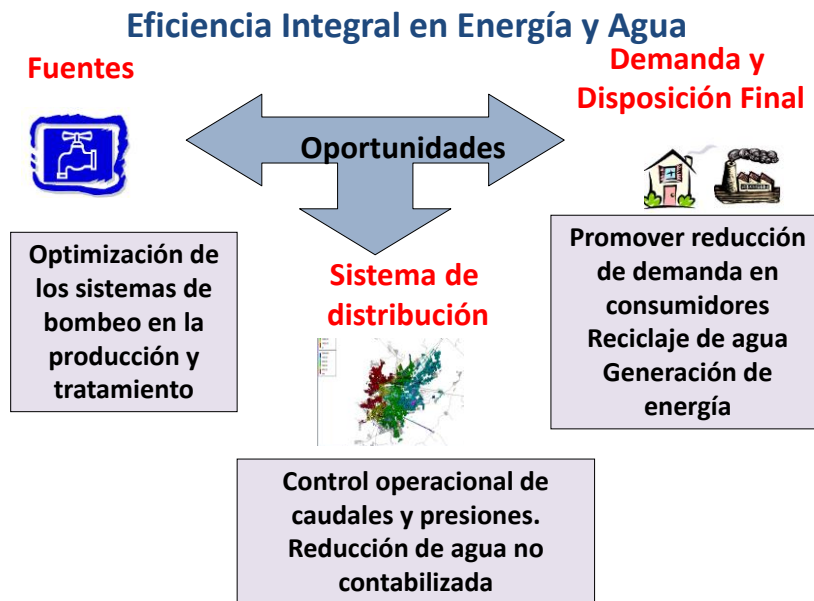


Figura 2-3. Concepto de eficiencia energética integral

## 2.3 Metodología aplicada para el Diagnostico Energetico

El Diagnostico Energetico en los sistemas de agua y saneamiento, es una de las actividades esenciales dentro del desarrollo de un PGE, e incluye evaluar todos los subsistemas consumidores en dichos sistemas que incluyen todas las etapas y elementos de infraestructura mostradas en la siguiente Fig.2.4

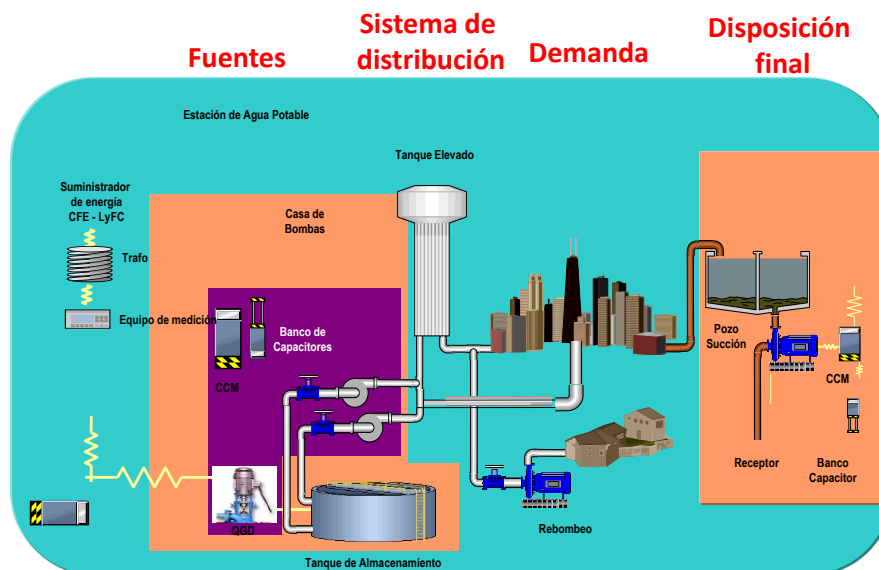


Figura 2-4. Etapas de proceso de un sistema de agua y saneamiento

Aunque se tienen diferentes etapas y diferentes sistemas electromotrices involucrados, se sabe que los sistemas de bombeo consumen el 90 – 95 % del total de energía consumida en los sistemas de agua.

Como parte de las mejores prácticas desarrolladas actualmente para realizar el Diagnóstico Energético, se encuentra la Metodología del Balance de Energía de un Sistema de Bombeo, que permite analizar integralmente todos los aspectos y etapas del proceso de transformación energética para determinar las áreas de oportunidad en materia de ahorro de energía de dichos sistemas y se ejemplifica en el siguiente esquema:

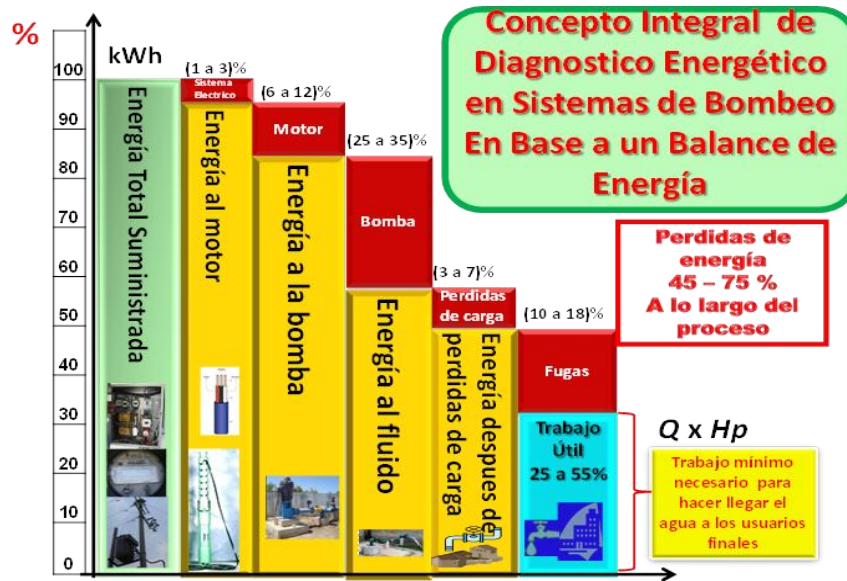


Figura 2-5. Concepto del balance de energía para un diagnóstico energético en un sistema de bombeo

En el esquema anterior se presentan los rangos de pérdidas típicas encontrados en 1800 auditorías energéticas realizadas en sistemas de bombeo de México y diversos países del Caribe y Centroamérica.

Como se puede observar, las pérdidas en el sistema eléctrico no rebasan el 3 % como máximo en condiciones normales. Asimismo, las pérdidas en los motores eléctricos oscilan entre el 3 y el 12 % y parte de estas pérdidas, tienen una estrecha relación con las condiciones de calidad de energía que recibe del sistema eléctrico. La suma de estos dos factores, se ubica, normalmente en el rango de 7 al 15 %. Un 15 % de pérdidas en estos rubros, representa ya un área de oportunidad significativa.

El resto de las pérdidas, que asciendan al 85 %, y por ende, una gran parte de las áreas de oportunidad de ahorro de energía, están estrechamente relacionadas con las características de la red y la eficiencia hidráulica, entendiendo esta como la eficiencia hidroenergética de la operación del sistema de abastecimiento y tratamiento de agua y los niveles de pérdidas físicas reales en dicho sistema

**En resumen, para cada uno de los proyectos incluidos en este trabajo, se analizará, dependiendo del nivel de información con que se cuente en cada uno de ellos, lo siguiente:**

- Etapas que incluyó el proyecto y su situación respecto a los criterios descritos en esta sección
- Avances en cada una de las etapas
- Factores claves de éxito en el caso de proyectos con resultados favorables
- Problemática o barreras por las que no se incluyeron o lograron avances en diversas etapas
- Desarrollo del proyecto e implementación. Se describirá la metodología que se aplicó en cada proyecto, dependiendo del alcance que haya abarcado, incluyendo resultados, problemática, claves de éxito o fracaso

Posteriormente, se obtendrán conclusiones o aprendizajes esenciales que cada proyecto aporte, de acuerdo al criterio de los consultores

De estas conclusiones individuales, se obtendrán una conclusiones generales, en función de los aspectos exitosos o problemas que sean recurrentes

Finalmente se emitirán las recomendaciones pertinentes para mejorar la promoción de proyectos de eficiencia energética en este sector, y aprovechar a cabalidad el enorme potencial existente

### 3 Proyectos considerados

Para efectos de este documento, se consideraron los siguientes proyectos cuya relación se muestra en la tabla 3.1

Tabla 3-1. Proyectos

No.	Municipio	Organismo Operador	Tipo de proyecto de Eficiencia
4.1	MONCLOVA Y FRONTERA, COAH	Sistema Intermunicipal de Agua y Saneamiento. SIMAS MyF	Energetico e Hidraulico Integral
4.2	GUADALAJARA, JAL Y ZONA CONURBADA	SIAPA	Energetica y Fisica por separado
4.3	MORELIA, MICH	SAPAS	Fisica
4.4	LA PIEDAD, MICH	SAPAS	Energetica y Fisica por separado
4.5	GOMEZ PALACIO, DGO	SIDEAPA	Energetica y Fisica por separado
4.6	TORREON, COAH	SIMAS T	Energetica y Fisica por separado
4.7	ATLIXCO, PUE	SOAPAMA	Energetico e Hidraulico Integral
4.8	DURANGO DGO	AMD	Energetico
4.9	LERDO,DGO	SAPAL	Energetico e Hidraulico Integral
4.10	MEXICALI	CESPM	Energetica y Fisica por separado
4.11	HIDALGO DEL PARRAL, CHIH	JMAS P	Energetico e Hidraulico Integral
4.12	NOGALES, SON.	OMAPAS	Energetico e Hidraulico Integral
4.13	TECAMAC, EDOMÉX.	ODAPAS	Energetico e Hidraulico Integral
4.14	TULTITLAN, EDOMEX	APAST	Energetico e Hidraulico Integral
4.15	10 MUNICIPIOS EDOMEX	VARIOS	Energetico e Hidraulico Integral a Nivel Piloto (*)
4.16	CELAYA, GTO	JUMAPA	Energetico e Hidraulico Integral
4.17	LEON, GTO	SAPAL	Uso de Energías Renovables

(\*) Formaron parte de una evaluación grupal apoyada por el programa PATME anterior al PROME

## 4 Resumen de los proyectos analizados

A continuación, se da una descripción resumida de cada uno de los proyectos que se consideraron, con los aspectos sobresalientes en términos de la metodología utilizada, su alcance, y las mejores prácticas utilizadas tanto en el diagnóstico como en la implementación, resaltando los hallazgos y resultados innovadores y también la problemática a la que se enfrentaron

### 4.1 PROYECTO: SIMAS MONCLOVA Y FRONTERA

Tipo de proyecto	Energético e Hidráulico Integral
Alcance	Proyecto e implementación

#### 4.1.1 Descripción general del organismo operador y su problemática

Las ciudades conurbadas de Monclova y Frontera con cerca de 300,000 habitantes se encuentran en la ruta que abarca la región Centro y Desierto del Estado de Coahuila, una zona desértica que no cuenta con fuentes superficiales de agua y con una precipitación pluvial máxima de 300 a 400 milímetros anuales y temperaturas extremas alcanzando hasta 48 grados centígrados en algunas épocas del año.

La falta de agua superficial obliga a traer la mayor parte de su suministro de una zona de captación rural conocida como la zona Pozuelos-Viborillas, localizada a 15 kilómetros de la zona urbana lo que ocasiona un elevado costo energético que impactaba en 32 % sus costos de operación y problemas de abastecimiento y deficiencias en la distribución del agua a los usuarios.

Para efectos de operación hidráulica, los 2 municipios están divididos por áreas de influencia denominados Sector Sur, Norte-Centro, Oriente y Frontera, como se muestra en la fig. 4.1.1



Figura 4-1. Zonas Hidráulicas existentes en Monclova y Frontera

En ellos existían muchas zonas con servicio intermitente, a través de la red primaria y secundaria. Únicamente en el sector Oriente, se disponía de cinco colonias con servicio continuo, por lo que la mayoría de las zonas antes mencionadas tenían servicio discontinuo.

En total, SIMAS cuenta con 27 pozos profundos, algunos de ellos en la zona rural mencionada de Pozuelos-Viborillas.

La relación de equipos de bombeo y su consumo energético al inicio del proyecto se muestra en las tablas siguientes para el sector sur y para el resto de los sectores respectivamente.

Cabe mencionar que el proyecto se realizó en dos etapas, sector sur y resto del organismo por lo que es importante hacer esta distinción

Tabla 4-1. Consumo de energía en equipos Zona Sur

Equipo de Bombeo	Potencia Demandada (kw)	Consumo anual (kwh)	Costo Unitario \$/kWh	Importe Anual de la Facturación \$/año
Pozo Monclova 2	210.0	1,760,528	1.07	\$ 1,883,764.96
Pozo Torres 3	43.0	281,106	1.07	\$ 300,783.42
Pozo Torres 1B	95.0	639,516	1.07	\$ 684,282.12
Pozo Torres 2	128.0	899,539	1.07	\$ 962,506.73
Pozo Burócratas	15.0	153,120	1.07	\$ 163,838.40
Pozo Monclova 1	76.0	527,632	1.07	\$ 564,566.24
Rebombero Loma Linda	40.0	263,854	1.07	\$ 282,323.78
<b>Total:</b>	<b>606.96</b>	<b>4,525,295.00</b>		<b>\$ 4,842,065.65</b>

Tabla 4-2. Consumo de energía en equipos Resto de sistemas

Sistema / Equipo	Tarifa	Facturación Promedio Mensual		Consumo mensual kWh	Demanda Máxima (kW)	Precio Medio \$/kWh
		\$	%			
Pozos Pozuelos Viborillas	HM	\$ 991,544.94	71.62%	899,949	1365	1.10
Pozos San José 1 y 3	HM	\$ 93,611.29	6.76%	104,919	203	0.89
Rebombero Guadalupe	HM	\$ 76,152.10	5.50%	67,661	132	1.13
Pozo Placetas	HM	\$ 69,155.16	5.00%	78,859	137	0.88
Rebombero Ermita	HM	\$ 48,222.91	3.48%	22,430	195	2.15
Rebombero Borja	O6	\$ 33,919.00	2.45%	26,687	96	1.27
Rebombero Estadio	OM	\$ 21,117.58	1.53%	12,815	57	1.65
Pozo Matilde Barrera	HM	\$ 11,303.13	0.82%	9,181	50	1.23
Rebombero La Loma	O6	\$ 8,401.77	0.61%	6,546	38	1.28
Rebombero Pytco	OM	\$ 8,109.49	0.59%	2,013	46	4.03
Pozo Carnero	HM	\$ 5,843.04	0.42%	5,868	15	1.00
Rebombero La Rivera	O6	\$ 4,905.46	0.35%	3,000	14	1.64
Rebombero Los Bosques	O6	\$ 4,836.86	0.35%	4,162		1.16
Cárcamo Inversora	OM	\$ 4,274.68	0.31%	2,933	10	1.46
Pozo 20 de Noviembre	OM	\$ 2,579.64	0.19%	592	15	4.36
Pozo Cieneguillas	OM	\$ 416.52	0.03%	125	1	3.33
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 1,384,394</b>	<b>100.00%</b>	<b>1,247,738</b>	<b>1007</b>	<b>1.11</b>
<b>ANUAL</b>		<b>\$ 16,612,723</b>		<b>14,972,859</b>		

Se puede observar, sumando ambos totales, que el consumo de energía en el año 2006, inicios del proyecto, era igual a 19'814,924 kWh anuales.

La zona de pozuelos viborillas, principal zona de captación, ubicada en zona rural alejada de la ciudad impacta en un 71 % del consumo

En evaluaciones hechas por el propio SIMAS; la eficiencia electromecánica de sus sistemas de bombeo era de 43 % antes del proyecto y el costo energético impactaba un 32 % de sus costos de operación

La operación se basaba en suministrar agua a los tanques de almacenamiento, con extracciones en ruta y de ahí, a través de varios rebombos abastecer a zonas específicas de la ciudad, como se muestra en la fig. 4.2

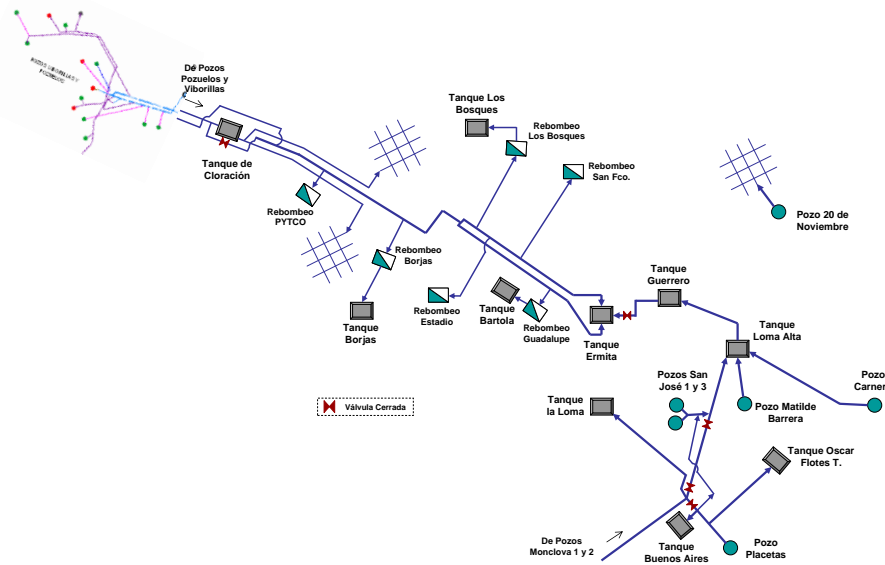


Figura 4-2. Esquema de Operación anterior al proyecto

Antes de implementar el proyecto, muchos de los usuarios recibían agua una vez por semana, a través de pipas que pasaban a su casa a llenar pequeños tambos de almacenamiento o llenándolos en las tomas comunitarias de cada barrio como lo muestran las imágenes siguientes



Figura 4-3. Imágenes de la problemática del suministro en SIMAS MYF antes del proyecto

Debido a que no existía una sectorización y control del caudales en bloque, los tanques no regulaban los consumos y de ahí el suministro discontinuo en toda la red.



Esta operación deficiente, implicaba tener, además de un consumo excesivo de energía, bajas presiones en algunos puntos y altas en otras

Otro problema a resolver, era el de las pérdidas generadas por fugas en los sectores Norte-Centro, Oriente y Frontera que era del orden del 42%, a diferencia del sector Sur, en donde eran únicamente del 15.3%.

#### 4.1.2 Descripción del proyecto y su implementación

Ante la problemática descrita, El Sistema Intermunicipal de Agua y Saneamiento (SIMAS) de Monclova y Frontera, decidió realizar un Proyecto de Eficiencia de la Operación Hidráulica y Energética, en su red de agua potable

El objetivo era resolver la problemática de servicio deficiente de agua a los usuarios, con un promedio de tan solo 10 horas promedio diarias de continuidad, presiones y caudales bajos en varias zonas de la red, una operación hidráulica con excesivos movimientos de válvulas y altos costos de energía eléctrica, buscando incrementar la continuidad del servicio de agua a los usuarios a 24 horas diarias, permitiendo ahorrar energía de manera importante.

El proyecto se desarrolló en dos etapas, la primera incluyó el sector sur y la segunda el resto del sistema.

Se respetaron las cuatro zonas manejadas por SIMAS, y a su vez se dividieron en sectores y subsectores (figura 4.4), a los cuales se les asignó un caudal medio equilibrado, en función de una dotación media que requería la población y de la disponibilidad del agua suministrada para cada Sector Hidráulico.

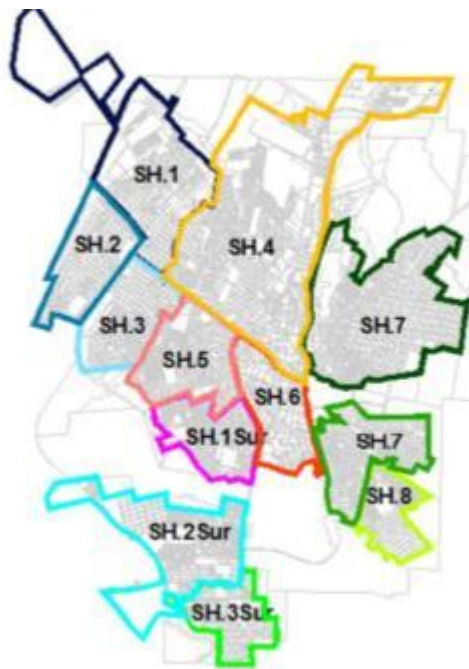


Figura 4-4. Sectores Hidráulicos Propuestos para equilibrar la distribución de agua y mejorar presiones

El equilibrio en la distribución se logró ordenando las fuentes disponibles con respecto a las necesidades, para ello se propuso que los sectores de operación Norte-Centro y Frontera, se suministraran de los pozos ubicados en la zona de Pozuelos y Viborillas y una parte de la producción de los pozos Monclova 1 y 2, la zona Oriente recibe el suministro de los pozos ubicados al este de la ciudad (Placetas, San José 1 y 3, Matilde Barrera, Carnero y 20 de Noviembre) y el sector Sur recibe el suministro de pozos Monclova 1 y 2, Torres 1B, Torres 2, Torres 3 y Burócratas.

Para lograr la construcción de los sectores, se propusieron, además de la instalación de 25 válvulas hidráulicas auto reguladas, tres tipos de modificaciones a la red. El primero fue aislar las líneas de conducción, de tal forma que no existiera ninguna inyección directa a la red para que el gasto producido por los pozos llegue íntegro hasta los tanques de regularización. El siguiente trabajo fue aislar los sectores hidráulicos propuestos para que estos fueran alimentados únicamente desde los tanques de regularización correspondientes. El tercer trabajo fue realizar cambios en la red, principalmente proponiendo líneas nuevas de la menor longitud posible para que la distribución del agua interna tuviera las menores pérdidas por cortante posibles.

En la fig. 4.5 se presenta un esquema de la nueva configuración operativa



Figura 4-5. Esquema de operación optimizado

Una vez establecidas las áreas de influencia de cada fuente de abastecimiento, fue necesario revisar la capacidad de regularización que se encuentra instalada en cada una de ellas.

El correcto funcionamiento hidráulico de estas modificaciones propuestas, la redistribución de caudales y control de presiones en la red y de las líneas de conducción, fueron analizados y validados mediante un modelo de simulación creado con el programa Epanet 2.0, tal como se puede observar en la figura 4.6.

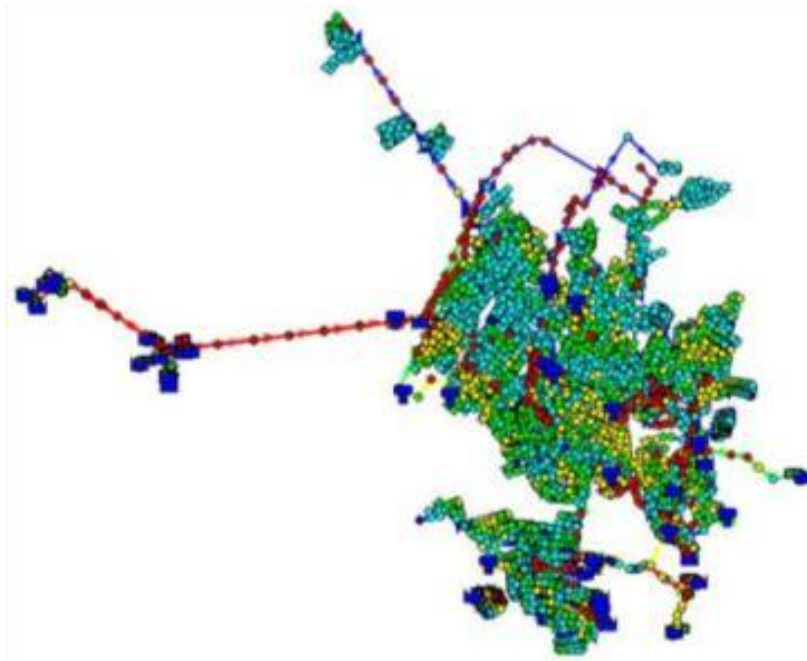


Figura 4-6. Modelo Hidráulico de los Sectores de Monclova y Frontera

Debido a que en este modelo se simulan todos los tramos de la red, se pueden realizar simulaciones rápidas de cortes de tubería para aislar zonas, instalación de líneas nuevas, instalación de válvulas reguladores de presión y reguladoras de caudal, lo cual lleva a encontrar la óptima configuración de operación y asegurar el desempeño hidráulico y energético de la misma, con el menor costo posible.

Con esto, además de encontrar la alternativa para mejorar la continuidad del servicio de 24 horas diarias, con una distribución de presiones más homogénea y con un control operacional optimizado con mínimos movimientos de válvulas, se proyectó lograr un ahorro de energía con medidas convencionales de eficiencia y otras derivadas de la mejora de operación hidráulica

Las medidas de ahorro de energía determinadas en el diagnóstico, debido a la conjunción del análisis hidráulico y energético fueron innovadoras, desde el proyecto en el sector sur donde se determinaron las siguientes medidas de ahorro de energía

#### **Mejora de la eficiencia electromecánica**

Durante el Diagnóstico se determinó la eficiencia electromecánica actual de los equipos de bombeo, con la metodología establecida por la NOM 006 ENER. En la tabla 4.3 se muestra el resultado de la evaluación y el potencial de ahorro comparado con dicha NOM para los pozos del sector sur

Tabla 4-3. Ahorro potencial según la NOM-006-1995-ENER Pozos Sector Sur

Equipo de Bombeo	P. Nominal del Motor (h.p.)	Eficiencia Electromecánica actual (%)	Eficiencia Recomendada por La Nom 006 (%)	Área de Oportunidad mínima de acuerdo a la NOM 006
Pozo Monclova 2	300	50%	64	22%
Pozo Torres 3	75	46%	60	30%
Pozo Torres 1B	150	27%	60	55%
Pozo Torres 2	200	52%	64	19%
Pozo Burócratas	30	51%	56	9%
Pozo Monclova 1	125	51%	60	15%
Promedio		46%	Ahorro	25%

También se evaluaron los ahorros por esta medida, comparados con equipos comercialmente disponibles así como su costo beneficio, como se muestra en la tabla 4.4. Para los equipos del resto del sistema

Tabla 4-4. Ahorro potencial según la NOM-006-1995-ENER Pozos Sector Sur

Sitio	Equipo	Operación Actual		Equipo Propuesto		Ahorros			Evaluación Económica	
		Eficiencia Electro-Mecánica	Potencia eléctrica kW	Eficiencia Electro-Mecánica	Potencia Eléctrica kW	kW	kWh/año	\$/año	Inversión (\$)	Pay-Back (años)
Pozuelos-Viborillas	Pozuelos 5A	56.3%	109.0	73.1%	83.9	230.0	1,819,402	2,004,580.26	\$ 345,690	0.75
	Pozuelos 6	31.2%	80.0	70.7%	35.3				\$ 156,562	
	Pozuelos 8B	57.4%	88.0	78.1%	64.7				\$ 205,512	
	Pozuelos 13	64.4%	192.0	80.8%	153.2				\$ 295,939	
	Pozuelos 14	55.3%	169.0	79.9%	117.1				\$ 295,939	
	Viborillas 1	63.2%	78.0	71.0%	69.5				\$ 156,562	
	Viborillas 5	51.2%	129.0	72.2%	91.4				\$ 37,245	
Sector Oriente	El Carnero (*)	57.7%	119.0	70.6%	97.4	21.6	173,126	172,433.06	\$ 194,145	
	Placetas	38.0%	35.1	76.8%	17.4	17.7	122,234	107,192.36	\$ 206,235	1.92
	San José 1	53.5%	75.0	76.8%	52.3	99.0	614,237	548,038.82	\$ 131,076	0.48
	San José 3	52.7%	75.3	76.8%	51.7				\$ 131,076	
	Matilde Barrera	52.7%	75.3	73.9%	53.6	21.6	29,781	36,665.53	\$ 157,454	4.29
R. Estadio	65.0%	49.6	78.4%	41.1	8.5	23,031	37,952.59	\$ 144,997	3.82	
<b>TOTAL:</b>			<b>1,274.3</b>		<b>928</b>	<b>398.5</b>	<b>2,781,810</b>	<b>2,906,862.61</b>	<b>\$ 2,458,431</b>	<b>0.85</b>

### Ahorros por control de demanda en hora punta

Gracias al análisis hidroenergetico integral, se pudo analizar la viabilidad de paro en Hora Punta y aprovechar la tarifa HM en la que se encontraban, tanto para los pozos del sector sur, como para el resto del sistema.

Para poder aprovechar esta medida de ahorro es necesario contar con la suficiente capacidad de almacenamiento en los tanques de regulación y equipos con capacidad adicional para poder llenar tanques fuera de hora punta .

En el caso del SIMAS, de acuerdo a la nueva operación hidráulica propuesta, la alternativa para poder aplicar esta medida se presenta tanto en el sector sur como en el resto del sistema, y requirió un análisis con la metodología que se describe a continuación para los equipos del resto del sistema (aunque en el sector sur también aplico)

## Paso 1. Análisis de tanques de regulación

Una vez analizadas todas las posibilidades en conjunto con las capacidades de regulación de los tanques disponibles, se determinó que los tanques que tienen capacidad son los mostrados en la tabla 4.5

Tabla 4-5. Tanques de almacenamiento que tienen capacidad para parar el bombeo en Hora Punta

Tanque Regulador	Capacidad (m <sup>3</sup> )	Bombeo 24hrs			Bombeo 20hrs		
		Cap. utilizada (m <sup>3</sup> )	Qmed (lps)	Cap. Sin utilizar (m <sup>3</sup> )	Capacidad (m <sup>3</sup> )	Qmed (lps)	Cap. Sin utilizar (m <sup>3</sup> )
Tanque Proyecto	1,200.00	799.19	52.08	400.81	1,189.24	62.49	10.76
Tanque Bartola	2,000.00	1,270.68	82.80	729.32	1,890.83	99.36	109.17
Tanque La Loma	4,000.00	860.86	56.09	3,139.14	1,281.01	67.31	2,718.99

En esta tabla también se observa que los caudales medios necesarios para operar solo 20 horas, parando en el horario punta que en promedio son 4 horas, se incrementan

## Paso 2. Análisis de Capacidad de equipos debombeo disponibles y arreglo operativo

Para determinar la configuración de equipos que alimentan a estos tanques y que podrían parar en hora punta en función de los gastos promedio adicionales necesarios y determinar también que equipos podrían servir para aportar ese gasto adicional se hizo un análisis de las fuentes disponibles para cada tanque y sus respectivas capacidades.

Por ejemplo, para el **SH2, donde es posible dejar de bombear en Punta al Tanque de Proyecto**, están disponibles los siguientes equipos con sus capacidades señaladas:

Tabla 4-6. Capacidad disponible de equipos de bombeo

Pozo	GASTO Q (L/s)
	V1
V3	11.50
V4	74.00
P5A	70.00
P6	30.00
P8A	52.00
P8B	63.00

De acuerdo con la tabla 4.6, se ve que se necesita incrementar de 52.08 a 62.48 L/s el gasto promedio fuera de hora punta, lo que significa un incremento de 10.5 L/s. De acuerdo con las capacidades de los pozos, el que puede parar es el P8A cuyo gasto coincide con el requerido por el tanque de Proyecto. El equipo de refuerzo para llenar este tanque fuera de hora punta sería el pozo V3, cuyo gasto coincide con el gasto adicional necesario.

El resultado de este análisis para los tres tanques se muestra en la tabla 4.7.

Tabla 4-7. Resumen de la configuración de operación necesaria para parar en Hora Punta

Sector Hidraulico	Tanque Regulador	Capacidad (m <sup>3</sup> )	Operacion en Punta							
			Gasto adicional requerido fuera de punta (lps)	Volumen adicional a bombear( lts/dia)	Equipo a parar o reducir gasto	Capacidad (lps)	Gasto a reducir en Punta en el tanque (lps)	Equipo de refuerzo a utilizar	Capacidad (lps)	Horas a bombear por dia
SH-2	Tanque Proyecto	1,200.00	10.42	749,887	Pozo Pozuelos 8A	50	52	Pozo Viborillas 3 (*)	23.60	8.83
SH-5	Tanque Bartola	2,000.00	16.56	1,192,287	Pozuelos 13(**)	137	42	Pozo Pozuelos 5B	23	14
					Pozuelos 14(**)	125	40			
SH-6	Tanque La Loma	4,000.00	11.22	807,753	Monclova 2	100	56	Monclova 1 (***)	32	4

(\*) Se considero un nuevo equipo de bombeo de 23 lps y de mayor eficiencia para reducir el costo energetico de operar el equipo actual  
(\*\*) Los pozos propuestos no paran totalmente , solo reducen su gasto en punta aprovechando su variador de frecuencia instalado  
(\*\*\*) este equipo deja de operar hacia el sector sur en punta para abastecer al tanque buenos aires y habilitar el apro total del Monclova 2

Se puede observar en este cuadro que se puede ahorrar en punta parando los pozos Monclova 2 y Pozuelos 8A y reducir el gasto en los Pozuelos 13 y 14.

El resumen de dichas condiciones operativas mostrando los equipos que se propone parar y los que estarán de refuerzo se muestra en la tabla 4.8.

Tabla 4-8. Configuración de operación para parar en Hora Punta

Medida	Equipo Involucrado	Acción
<b>Paro del Pozuelos 8A en Punta</b>	<b>Pozuelos 8A</b>	<b>Para completamente en punta</b>
	<b>Viborillas 3</b>	<b>Opera 1,509 horas adicionales fuera de punta</b>
	<b>TOTAL</b>	
<b>Disminución del gasto del Pozuelos 13 y 14 en Punta</b>	<b>Pozuelos 13</b>	<b>Reduce 42 lps en hora punta con su var de vel.</b>
	<b>Pozuelos 14</b>	<b>Reduce 42 lps en hora punta con su var de vel.</b>
	<b>Pozuelos 5B</b>	<b>Opera 1438 horas adicionales fuera de punta</b>
	<b>TOTAL</b>	
<b>Paro del Monclova 2 en Punta, y suministro al Tq. Buenos Aires en punta, a partir del Monclova 1</b>	<b>Monclova 2,</b>	<b>Para completamente en punta</b>
	<b>Monclova 1</b>	<b>Opera 755 horas adicionales en punta</b>
	<b>TOTAL</b>	

### Paso 3. Calculo de consumos energéticos y ahorros resultantes

Basados en estas configuraciones operativas y con base en sus consumos y demandas eléctricas actuales se calcularon los ahorros de energía por esta medida cuyos resultados se muestran en el cuadro 4.9

Tabla 4-9. Ahorros por paro en hora punta alcanzables en SIMAS

Medida	Carga que se disminuirá en punta	Energía que se dejará de consumir en punta	Gasto que se dejará de suministrar en punta	Carga adicional que se demandará fuera de	Energía adicional que se consumirá fuera de punta	Disminución de la demanda facturable	Demanda Facturable esperada	Ahorros Económico		
								Demanda Facturable	Energía	Total
	kW	kWh/año	lps	kW	kWh	kW	kW	\$/año	\$/año	\$/año
Paro del Pozuelos 8A en Punta	85.00	58,198	52.0			59.50				
				37.50	56,573	-11.25				
	85.00	58,197.78	52.0	37.50	56,573	48.25	1,283	<b>70,968</b>	<b>96,581</b>	<b>167,549</b>
Disminución del gasto del Pozuelos 13 y 14 en Punta	54.49	37,306	42.0			38.14				
	56.78	38,879	42.0			39.75				
				40.72	58,548	-12.22				
	111.27	76,185	84.0	40.72	58,548	65.67	-	<b>96,595</b>	<b>137,004</b>	<b>233,599</b>
Paro del Monclova 2 en Punta, y suministro al Tq. Buenos Aires en punta, a partir del Monclova 1	210.00	158,448	32.0			147.00	63	216,213	367,948	584,161
	- 76.00	- 57,343	-32.0			-22.80	-	33,535	- 133,162	- 166,697
	134.00	101,105	0.0	-	-	124.20	63.00	<b>182,678</b>	<b>234,786</b>	<b>417,464</b>
<b>GRAN TOTAL:</b>	<b>330.27</b>	<b>235,487</b>		<b>78.22</b>	<b>115,121</b>	<b>238</b>		<b>350,241</b>	<b>468,370</b>	<b>818,612</b>

#### Notas importantes:

- 1.- Al cálculo de ahorros se le resta el costo de la operación del equipo de refuerzo
- 2.- En el caso del Viborillas 3, se seleccionó otro equipo de alta eficiencia, para que no afectara al ahorro calculado, la potencia mayor del equipo actual; se consideró en la inversión global del proyecto

#### Ahorro de Energía por Optimización de la operación hidráulica

Uno de los beneficios que se busca con la aplicación de la metodología integral es lograr ahorros adicionales a los convencionales por el efecto de evitar operación innecesaria de equipos de bombeo o mejoramiento de cargas dinámicas en los mismos.

En el caso de SIMAS, este tipo de ahorros se pudieron determinar en las diferentes zonas, siguiendo la metodología que se explica a continuación:

## Zona Frontera y Norte centro

Esta zona es alimentada por los pozos de la zona de captación Pozuelos Viborillas y la condición actual y propuesta definida por el proyecto de eficiencia hidráulica, cuyas especificaciones se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 4-10. Cambios en condiciones de operación definidas por el proyecto de eficiencia hidráulica

Tanques y Zonas	Pozo	Condiciones actuales		Condiciones propuestas	
		Q (L/s)	H (m)	Q (L/s)	H (m)
T. Cloración (SH-1), T. Proyecto (SH-2), T. Borjas (SH-3), y 70L/s de usuarios clandestinos en viborillas y pozuelos	V1	35.00	113.72	30.00	131.00
	V3	11.50	132.00		132.00
	V4	73.00	105.00	65.00	105.00
	P5A	70.00	89.35	70.00	120.00
	P6	30.00	84.80	30.00	121.00
	P8A	50.00	79.22	50.00	120.00
	P8B	63.00	81.73	63.00	122.00
	<b>Sumas</b>	<b>332.50</b>		<b>308.00</b>	
Tanque Bartola (SH-4), Tanque Ermita (SH-5) y 25 L/s de rebombeo Pytco	P5B	23.00	66.78	-	-
	P13	148.00	85.50	137.00	113.00
	P14	125.00	76.50	125.00	106.00
	V5	67.00	105.74	-	-
	V7	40.00	168.23	-	-
	<b>Sumas</b>	<b>403.00</b>		<b>262.00</b>	

Como se ve, se puede operar de acuerdo con la nueva configuración hidráulica con solo ocho pozos permanentemente que suministran un gasto total de 570 L/s, suficiente para dicha configuración.

Los tanques Borjas, Bartola, y la Loma alimentarán a su zona de influencia por gravedad y esto permitirá sacar de servicio sus actuales equipos de rebombeo, que se sustituirán por equipos de rebombeo de mucho menor gasto, suministrando directamente hacia a zonas altas de la red con un variador de velocidad y con un gasto mucho menor, según se muestra en los tablas resumen siguientes:

Tabla 4-11. Listado de equipos que salen de servicio con el proyecto

Tanques y Zonas	Rebombeo	Condiciones actuales		Condiciones propuestas	
		Q (L/s)	H (m)	Q (L/s)	H (m)
T. Borjas (SH-3)	Borjas	106.00	48.00	-	-
T. Bartola (SH-4)	Guadalupe	73.00	68.00	-	-
	<b>Sumas</b>	<b>106.00</b>		-	

Tanques y Zonas	Rebombeo	Condiciones actuales		Condiciones propuestas			
		Q (L/s)	H (m)	En Qmed		En Qmax hr	
				Q (L/s)	H (m)	Q (L/s)	H (m)
T. Bartola (SH-4)	Estadio	98.00	30.00	62.00	25.00	122.00	40.00
T. Ermita (SH-5)	Ermita 5	46.00	40.60	5.00	15.00	11.00	15.00
	Ermita 7	70.80	40.60	-	-	-	-
T. La loma (SH-6)	La loma	73.00	68.00	6.00	15.00	12.00	15.00

En resumen los equipos que se eficientan o salen de servicio en esta zona son;

- Salen de servicio : Pozos V3, P5B, V5 y V7 que actualmente trabajan la mayor parte del tiempo, Rebombeo Borjas y Guadalupe, 3 equipos del rebombeo Ermita
- Reducen su carga de bombeo y operan con un variador de frecuencia los Rebombes Estadio, La Loma y el Ermita ( Nueva especificación)



## Zona Oriente

En esta área el único equipo de bombeo que sale de servicio es el Pozo 20 de Noviembre. Los ahorros principales están en eficiencia electromecánica y control de demanda en hora punta ya descritos anteriormente para el resto de los equipos de esta zona.

De acuerdo a esta forma de operación y con base en los consumos de energía actuales resultan ahorros de energía mostrados en las tablas 4.12 y 4.13

Tabla 4-12. Ahorros de energía alcanzables por paro de equipo

Equipos que se Pararán.									
Equipo	Facturación CFE Actual			Facturación CFE Esperada			Ahorros		
	kW	kWh/año	\$/año	kW	kWh/año	\$/año	kW	kWh/año	\$/año
Pozuelos 5B							40.7	322,208	355,001.96
Viborillas 3							42.5	340,000	374,680.00
Viborillas 5							96.2	760,911	838,356.18
Viborillas 7							122.7	970,691	1,069,487.66
<b>Total</b>	<b>1,364.9</b>	<b>10,799,384</b>	<b>11,898,539.27</b>	<b>1,062.8</b>	<b>8,409,309</b>	<b>9,265,203.51</b>	<b>302.1</b>	<b>2,390,075</b>	<b>2,633,335.76</b>
R. La Ermita	194.5	269,160	578,674.93	0.0	0	0.00	194.5	269,160	578,674.93
R. Guadalupe	131.6	811,936	913,825.17	0.0	0	0.00	131.6	811,936	913,825.17
R. Borjas	96.0	320,240	407,027.97	0.0	0	0.00	96.0	320,240	407,027.97
20 de Noviembre	14.5	7,106	30,955.68	0.0	0	0.00	14.5	7,106	30,955.68
							<b>738.7</b>	<b>3,798,517</b>	<b>4,563,819.52</b>

En este rubro se consideran los pozos de pozuelos viborillas que se espera no trabajen permanentemente, así como los equipos que salen de servicio, está incluido el rebombeo ermita.

Tabla 4-13. Ahorros de energía alcanzables por reducción de carga de bombeo

Equipos que reducirán su carga de operación									
Equipo	Facturación CFE Actual			Facturación CFE Esperada			Ahorros		
	kW	kWh/año	\$/año	kW	kWh/año	\$/año	kW	kWh/año	\$/año
R. La Loma		6,546	8,401.77	2.7	4,864	6,242.71		1,682	2,159.06
							<b>0.0</b>	<b>1,682</b>	<b>2,159.06</b>

En este rubro solo se considera el rebombeo la Loma, dado que permanecerá prácticamente igual, pero con menor carga y operando con un variador.

Estos ahorros que resultan de la operación hidráulica mejorada, que a su vez implicó algunas elevaciones en carga de bombeos, tiene que considerar a la baja los consumos adicionales de los equipos de bombeo que aumentaron su carga. El cálculo se muestra en la tabla 4.1.14.

Tabla 4-14. Energía y costos adicionales por incremento de cargas de bombeo

Equipo	Condición Actual			Condición Propuesta			Efic. E.M.	Consumo Adicional		Inversión (\$)
	Carga (mca)	Gasto (lps)	Operación (h/año)	Carga (mca)	Gasto (lps)	Operación (h/año)		Energía (kWh/año)	Facturación (\$/año)	
Pozuelos 5A	89	70	7912	120	70.00	8760	0.73	323,691	356,708	*
Pozuelos 6	85	30	7912	121	30.00	8760	0.71	162,024	178,550	*
Pozuelos 8A	79	50	7912	120	50.00	8760	0.72	288,392	317,808	194,145
Pozuelos 8B	82	63	7912	122	63.00	8760	0.78	334,219	368,309	*
Pozuelos 13	85	148	7912	137	113.00	8760	0.81	435,574	480,002	*
Pozuelos 14	76	125	7912	106	125.00	8760	0.80	498,871	549,756	*
Viborillas 1	114	35	7912	130	30.00	8760	0.71	36,932	40,699	*
R. La Ermita 5'				15	11.00	8760	0.67	21,703	23,917	48,218
								<b>2,101,407</b>	<b>2,315,750</b>	<b>242,363</b>

El resumen de ahorros de energía “netos”, por esta medida de ahorro resultante de la operación hidráulica eficiente se muestra en la tabla 4.15.

Tabla 4-15. Resumen de ahorros de energía por optimización de la operación hidráulica en SIMAS

Concepto	Energía (kWh/año)	Facturación (\$/año)	Inversión (\$)	Pay-Back (años)
Ahorros por equipos que parán	3,798,517	4,563,820		
Consumos adicionales que se generarán	-2,101,407	-2,315,749.97	242,363.10	
Equipos que reduzcan su carga	1,682	2,159.06		
<b>TOTAL:</b>	<b>1,698,793</b>	<b>2,250,228.60</b>	<b>242,363.10</b>	<b>0.11</b>

Como se ve, esta medida fue una de las más importantes al aplicar la Metodología Integral y. Representa \$ 2'250,228 pesos anuales de ahorro, un 13.5 % del total

### Ahorro de Energía por Optimización del factor de potencia

En el caso de esta medida, los únicos equipos que se optimizaron, por estar debajo del 90%, fueron los mostrados en la tabla 4.16.

Tabla 4-16. Equipos para optimizar el factor de Potencia

Equipo	Facturación CFE (Enero-Abril / 2007)					Equipo Propuesto		Ahorros			Evaluación Económica	
	F.P.	kW	kVAR	kWh/año	\$/año	Capacidad del Capacitor (kVAR)	FP nuevo	Penalización Evitada (\$)	Bonificación (\$)	TOTAL \$/año	Inversión (\$)	Pay-Back (años)
El Carnero	0.83	15	10	70,416	70,116.52	5	0.951	3,309.99	902.44	\$ 4,212.43	\$ 2,875.00	0.7
Placetas	0.89	137	72	946,313	829,861.98	30	0.957	7,401.86	12,261.64	\$ 19,663.50	\$ 12,250.00	0.6
San José 1	0.87	203	114	1,259,024	1,123,335.54	50	0.954	21,233.16	15,544.39	\$ 36,777.55	\$ 19,750.00	0.5
San José 3												
Matilde Barrera	0.77	50	41	110,168	135,637.54	25	0.952	12,285.29	1,680.42	\$ 13,965.71	\$ 10,375.00	0.7
R. La Loma	0.86	38	22	78,550	100,821.27	10	0.953	2,391.40	1,360.85	\$ 3,752.25	\$ 4,750.00	1.3
R. Pylco	0.89	46	24	24,156	97,313.88	10	0.956	890.96	1,414.03	\$ 2,304.99	\$ 4,750.00	2.1
<b>TOTAL:</b>										<b>\$ 80,676.44</b>	<b>\$ 54,750.00</b>	<b>0.7</b>

Como se observa, siete equipos tienen área de oportunidad para ahorrar por esta medida. El ahorro global será de \$ 80,678 anuales y la inversión sería de \$ 54,750 por lo que el Pay-Back simple de este proyecto es de 0.7 años

### Resumen de ahorro de energía eléctrica identificado en SIMAS

Con base en todas las medidas de ahorro determinadas anteriormente, se puede obtener un resumen global de los kilowatts-hora ahorrados y los montos que representan, como se muestra en la tabla 4.17.

Tabla 4-17. Resumen de Ahorros de Energía y análisis costo – beneficio Para SIMAS

Medida	Ahorro de Energía		Evaluación Económica			%
	Demanda	Consumo	Ahorro	Inversión Estimada	Pay back	
	kW	kWh /año	\$/año	\$	años	
Optimización del FP			\$ 80,676	\$ 54,750	0.68	0.5%
Optimización de Eficiencias Electromecánicas	398	2,781,810	\$ 2,906,863	\$ 2,458,431	0.85	17.5%
Control de Demanda en Hora Punta	238	120,366	\$ 818,612			4.9%
Optimización de la Operación Hidráulica	739	1,698,793	\$ 2,250,229	\$ 242,363	0.11	13.5%
<b>GRAN TOTAL</b>	<b>1,375</b>	<b>4,600,969</b>	<b>\$ 6,056,379</b>	<b>\$ 2,755,544</b>	<b>0.45</b>	<b>36.5%</b>

En resumen, con el proyecto de eficiencia energética y de la operación hidráulica integral desarrollado en SIMAS, se identificaron ahorros globales por \$ 6'056,379 y 4'600,969 kWh anualmente, que representa el 35 % del costo actual.

Esto se lograría, según el proyecto, con una inversión solo en equipos electromecánicos de \$ 2'755,554 que se pagaría en 0.45 años. Por lo tanto, se consideró una inversión sumamente rentable, que además podría considerarse como una alternativa para pagar las inversiones hidráulicas necesarias de rehabilitación de la red y reparación de fugas. O sustituir todos los equipos de bombeo que no se consideraron en esta inversión

Como era de esperarse, la optimización de la operación hidráulica trajo consigo medidas de ahorro adicionales a las convencionales aun cuando fue necesario incrementar algunas cargas de bombeo.

### Proceso de Implementación

Las obras que se realizaron para la implementación del proyecto fueron: construcción de tres tanques de regularización y rehabilitación de un tanque; instalación de macro y micro medidores; instalación válvulas de control automático; cortes y conexiones de tuberías; sustitución e instalación de tuberías y equipos de bombeo y detección y reparación de fugas. En la figura 4.7 se muestran algunas fotos de las obras y equipamiento de la implementación del proyecto.



Figura 4-7. Obras y equipamiento de la implementación del proyecto de Eficiencia

Una vez terminadas las obras en los primeros sectores, se inició el cambio de régimen de distribución, operando ahora los equipos de bombeo directamente a Tanques de regularización y después por gravedad a la red. En cada sector hidráulico implementado se instalaron medidores de flujo en las fuentes y a la salida de los tanques de regulación y se instalaron medidores domiciliarios al 100 % de las viviendas con lo que fue posible realizar un balance hidráulico comparando el agua suministrada contra el agua consumida por los domicilios, en los casos en que la diferencia fue considerable.

Asimismo, se llevó a cabo la reparación de todas las fugas visibles y posteriormente un barrido de detección de fugas no visibles con ayuda de equipo de escucha como geófonos y correladores, actualmente en los sectores implementados se han logrado eficiencias del orden del 80%, muy por encima de la media Nacional de 54%.

Cabe mencionar que para la puesta en marcha de los sectores construidos, se desarrolló una estrategia de saturación para el llenado de la red, en la cual se definieron subsectores de saturación que fueron aislados con válvulas de seccionamiento existentes. La secuencia implementada para el llenado de la red fue seccionar por zonas de saturación cerrando algunas válvulas de compuerta y reguladoras de presión con el fin de ir llenando las partes altas o cercanas al tanque poco a poco, sin dejar vaciar el tanque de regularización que abastece al sector.

Para determinar la eficiencia física e hidráulica de cada sector, se realizó un balance de agua en cada uno de ellos para evaluar el nivel de pérdidas y mediciones de caudal en puntos de suministro a la red y en la descarga de tanques y se registraron presiones dentro de cada sector.

Asimismo se realizó la sustitución de los anteriores equipos de bombeo por otros de mayor eficiencia y con nuevas especificaciones gasto y carga, de acuerdo a lo determinado por el

proyecto, así como se eliminaron de operación 5 sistemas de bombeo que ya no son necesarios

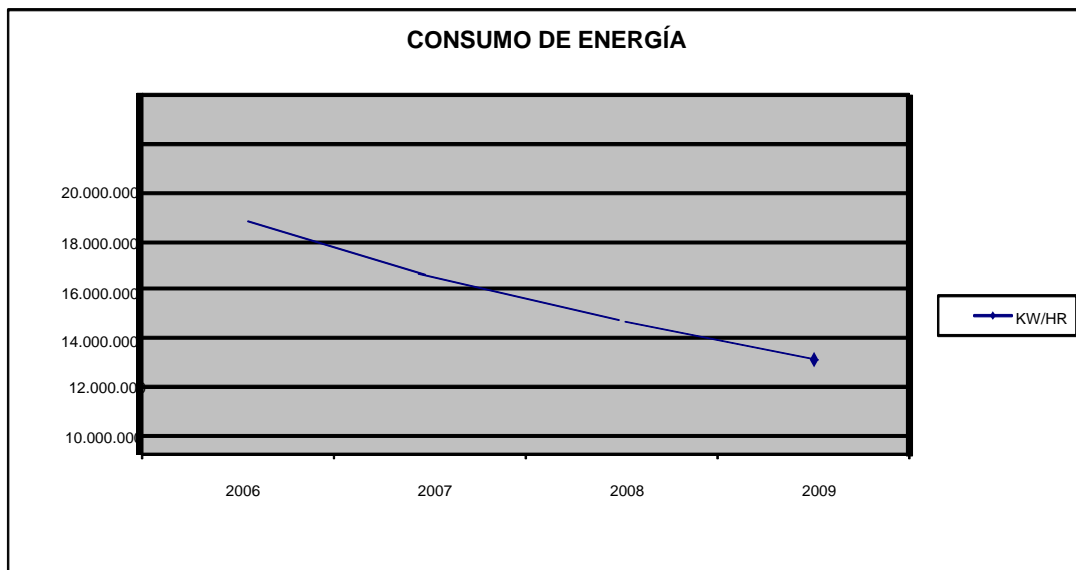
### Costos y financiamiento del Proyecto

Para conseguir los recursos económicos para la implantación del proyecto de eficiencia, SIMAS, como la mayoría de empresas municipales de agua en México, SIMAS no contaba con recursos propios, por lo que ha contado con fondos federales de programas de CONAGUA Agua potable y Alcantarillado en Zonas Urbanas (APAQU), programa de devolución de derechos (PRODDER), que combinan en relación 1 a 1, fondos estatales y municipales, lo cual ha traído como consecuencia una implementación lenta del proyecto, a lo largo de casi 4 años, en los cuales se han invertido. Hasta la fecha, se han invertido 5.3 Millones de USD

### Resultados Finales

Con la implementación del proyecto, en una evaluación realizada en el 2010, se comprobaron los siguientes resultados

- **Ahorro de Energía.** Se han logrado ahorros de energía equivalentes a lo esperado, los cuales se muestran en la fig. siguiente:



Año	2006	2007	2008	2009
KWh	19,330,530	16,192,210	14,286,972	12,697,163

Figura 4-8. Ahorro de Energía Logrado en el Proyecto de Eficiencia de SIMAS

Los ahorros de energía comparando el 2006, año en que inicio la implementación de las principales medidas de ahorro por mejorar en la eficiencia electromecánica y eliminación de equipos en el sector sur, y en el que se consumían 19,330,530 kWh anuales, han ido evolucionando hasta lograr en el 2009, consumos de solo 12,697,163 kwh anuales, que equivalen a un ahorro de 4,754,000 kWh anuales.

### Ahorro de agua y mejora en el nivel de servicio.

Con la optimización hidráulica y reducción de fugas se logró reducir el caudal que ingresa a los sectores, logrando abastecer a más población de la que se servía anteriormente como lo muestra la fig. 4.9

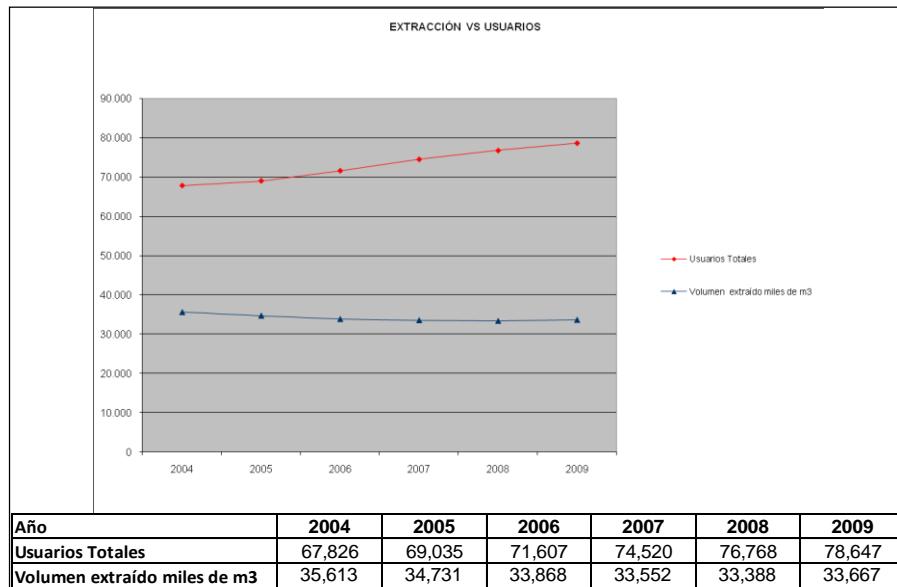


Figura 4-9. Ahorro de Agua y Conexiones en el Proyecto de SIMAS

Otros beneficios que resultaron del proyecto de eficiencia fueron el mejoramiento del funcionamiento hidráulico de la red de agua potable y el servicio continuo en los sectores implementados, logrando eliminar el suministro por tambos y tomas comunitarias como se muestran en las fotos siguientes



Figura 4-10. Imágenes que muestran evidencias de mejoramiento del servicio en SIMAS

- **Incremento en los ingresos del SIMAS**

Con las mejoras logradas en las áreas de operación y la técnica del organismo de SIMAS, SIMAS logro incrementar su nivel de facturación por micro medición del 30 al 65 %, motivando a los usuarios a solicitar el medidor domestico a cambio del servicio continuo

Adicionalmente, en el área comercial se implementó un sistema de información geográfico para ligar el proyecto de eficiencia con la parte comercial. El sistema implementado permite conocer la ubicación, historial de pagos y quejas que presenta cada usuario, el sector hidráulico del que se abastece, y la calidad del servicio que recibe con lo que se han eliminado en un alto

porcentaje las bonificaciones o condonaciones automáticas de adeudos a menos que se demuestre una situación sumamente precaria por medio de un estudio socioeconómico.

Asimismo, se implantó un Sistema de Gestión Integral de Administración y Control el cual contempla procedimientos estandarizados para los procesos de lecturas, facturación, Cobranza, etc.

Con esto se lograron mejorar sustancialmente los ingresos y la situación económica de SIMAS, llevándolos de 6.3 en el 2006 a 8.5 Millones de USD anuales en el 2009

### **Lecciones aprendidas y sustentabilidad financiera basada en el concepto de eficiencia**

Una de las principales lecciones del proyecto, fue el valor de la persistencia, solo la continuidad en las acciones para implementar una idea, a pesar de la escasez de recursos financieros, puede lograr los resultados esperados. En el caso de SIMAS, afortunadamente, la gente clave interesada y enterada de los aspectos técnicos y los beneficios del proyecto ha permanecido trabajando en SIMAS.

A esto se suma otro aspecto clave que puede servir de enseñanza; las personas claves en la organización, estuvieron involucradas en el proyecto desde su inicio, entre ellos, el director del organismo, el subdirector técnico, y con él los principales jefes de operación hidráulica y mantenimiento electromecánico, además de una buena parte de los operadores de segundo nivel, así como el encargado de las finanzas. Una clave del éxito, fue el involucramiento de la mayor parte del staff de SIMAS.

Otra enseñanza, fue , saber vender el proyecto a las autoridades municipales, resaltando el beneficio financiero del proyecto, no solo para mejorar las finanzas corrientes del organismo, sino previniendo o al menos postergando la necesidad de inversiones adicionales para nueva infraestructura de suministro de agua. En el caso de SIMAS, quedo comprobado y en la mente de toda la gente involucrada en el proyecto y también de las autoridades municipales que componen el consejo administrativo de SIMAS, que la inversión realizada, hasta el momento de 4.53 MUSD, es significativamente menor a la inversión que se habría realizado en nuevas fuentes de agua, para abastecer a los 10, 821 nuevas conexiones, equivalentes a 48,694 personas que se han aumentado desde el inicio del proyecto, y suministrar 24 horas en lugar de las 10 horas/día que se tenían anteriormente, SIMAS debería haber estado extrayendo 48 millones de m<sup>3</sup> anuales , adicionales a la extracción actual, considerando el mismo nivel de pérdidas de agua anterior, que además no es seguro se tenga disponible en sus actuales fuentes subterráneas de agua . Para generar esta nueva producción, se tendrían que haber invertido al menos 9.3 Millones USD de inversión inicial , basado en el tipo de fuentes actuales con la misma profundidad de pozos, más un costo adicional de operación, solo en energía, basado en su anterior índice energético de 0.6 kWh/m<sup>3</sup> , de 3.5 Millones de USD anuales. Agregando los ingresos adicionales por mejorar en el servicio y pago por medidor en los usuarios y ahorro de energía, el beneficio total es de 14.5 Millones de USD

Todo esto comparado con la inversión actual de 5.3 millones, representa un relación 2.7 a 1 a favor del proyecto de eficiencia, solo para un año de operación del proyecto. Además de los beneficios en el nivel de servicio a la población que anteriormente no tenía agua, y que ha contribuido a mejorar su facturación y cobranza, y en la reducción de costos.

El estricto seguimiento financiero de los beneficios del proyecto, a través del involucramiento estrecho del encargado de las finanzas, ha sido otra parte del aprendizaje que se puede sugerir para otros proyectos de eficiencia, porque de esa forma no queda lugar a dudas de la rentabilidad de la inversión en el proyecto de eficiencia

## 4.2 PROYECTO : SIAPA GUADALAJARA Y ZONA CONURBADA

Tipo de proyecto	Energético e Hidráulico por separado
Alcance	Proyecto e implementación

### 4.2.1 Descripción del sistema y su problemática

EL SISTEMA INTERMUNICIPAL PARA LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO (SIAPA), Es el organismo responsable de suministrar, operar y mantener estos servicios en la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG), conformada por 4 municipios mostrados en la figura 4.11



Figura 4-11. Municipios atendidos por el SIAPA

El número de conexiones que abastece asciende a 1,034,880

Como fuente de suministro cuenta con aguas superficiales y subterráneas en la siguiente proporción

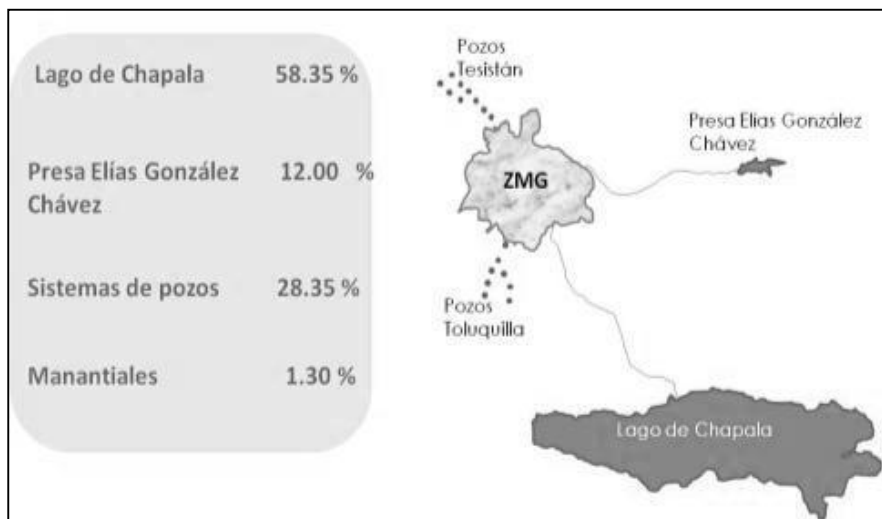


Figura 4-12. Fuentes de abastecimiento con que cuenta SIAPA



El 58% del abasto de agua. Que asciende a proviene del lago de Chapala, la cual es potabilizada y sus volúmenes enviados por bombeo,

El resumen de la infraestructura general del sistema es el siguiente:

**Tabla 4-18 Resumen infraestructura de abastecimiento de agua de SIAPA**

<b>Concepto</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Tanques de Almacenamiento</b>	<b>112 Tanques</b>
<b>Pozos Profundos</b>	<b>183 Pozos</b>
<b>Capacidad Regulación</b>	<b>343,989 M<sup>3</sup></b>
<b>Red de Distribución</b>	<b>7,685 Km</b>
<b>4 Plantas Potabilizadoras</b>	

El S. I. A. P. A. Cuenta con 297 sistemas consumidores de energía, incluyendo equipos de bombeo, instalaciones hidráulicas y edificios administrativos que dependen de energía eléctrica para su operación.

El consumo anual de energía en el 2010, ascendió a 245'438,816 kWh anuales , equivalente a 20,453,235 kWh mensuales en promedio, que implica una facturación mensual de \$ 26'000,000 mensuales

Considerando una producción anual de 283'486,369 m<sup>3</sup> durante 2010, el Índice energético específico se ubica en 0.87 kWh / m<sup>3</sup>, que está por encima de la media nacional de 0.95 kWh/m<sup>3</sup>.

Aquí conviene destacar que los pozos profundos son los que influyen para subir el índice energético, dado que la producción y envío del agua superficial proveniente del lago de Chapala, tiene un índice de 0.56 kWh/m<sup>3</sup> , considerando que se consumen 6'874,330 kWh/mes, que representa solo el 33.6 % de la energía global de SIAPA , pero produce el 58 % del agua suministrada

## **4.2.2 Descripción del proyecto , su implementación y resultados**

### **Proyecto de eficiencia energética**

#### **Desarrollo del Proyecto**

Dentro de los aspectos contemplados por el SIAPA, está el programa estratégico para la utilización eficiente de la energía eléctrica, ya que este rubro ocupa el segundo lugar dentro del presupuesto del organismo.

Dada la importancia que el SIAPA otorga a este rubro, durante 2010, creo formalmente una Unidad encargada del desarrollo de un proyecto de eficiencia energética , la Unidad Coordinadora para el Uso Eficiente de la Energía Eléctrica, UCUEEE, se trata de un grupo de 29 ingenieros especialistas que laboran dentro del siapa y que a través de 9 áreas le dan seguimiento a la eficiente utilización de la energía eléctrica en los procesos de abastecimiento, potabilización, distribución, comercialización y atención de usuarios, alcantarillado, saneamiento y reuso.

La misión de la UCUEEE se definió como sigue : Coordinar los esfuerzos técnicos y recursos económicos del siapa para el aprovechamiento eficiente de la energía eléctrica, dando cumplimiento a la normatividad y estándares de calidad exigidos, utilizando la tecnología disponible y fomentando la promoción cultural del uso racional de la energía eléctrica de sus trabajadores y usuarios.

La creación de la UCUEEE permitió involucrar a directivos de todas las áreas de la organización , e inclusive involucro a instituciones relacionadas con el suministro de energía eléctrica como CFE, este es el organigrama de las áreas de SIAPA que forman parte de la UCUEEE

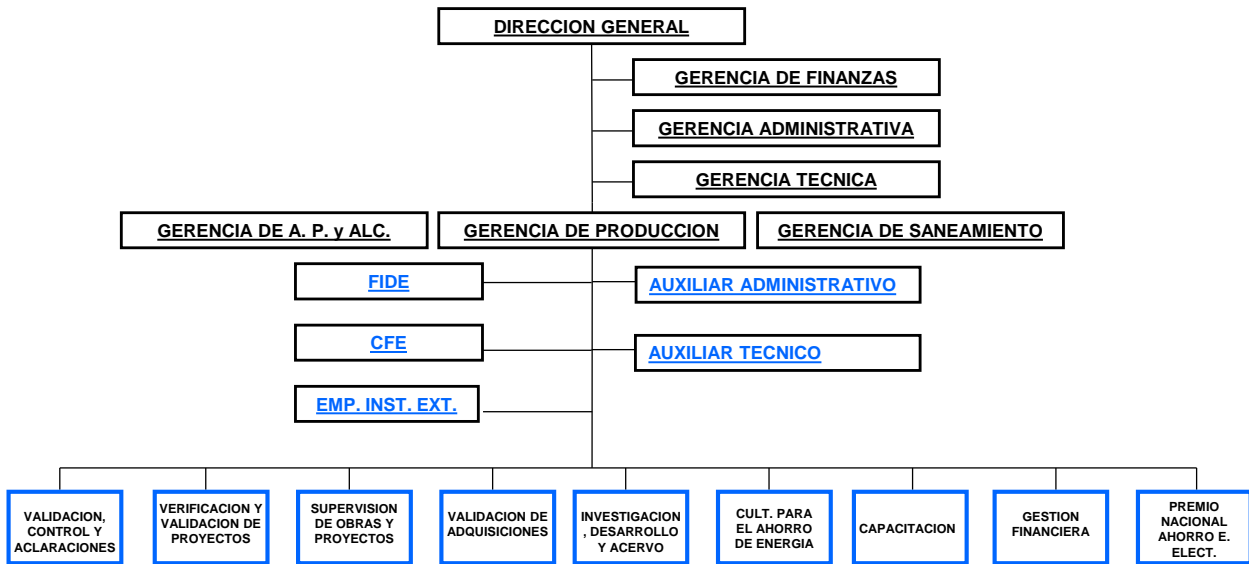


Figura 4-13. Organigrama SIAPA

Entre sus primeras acciones estuvo el crear la política de trabajar a través de indicadores en cada una de las 297 instalaciones del SIAPA, los indicadores principales definidos fueron los siguientes :

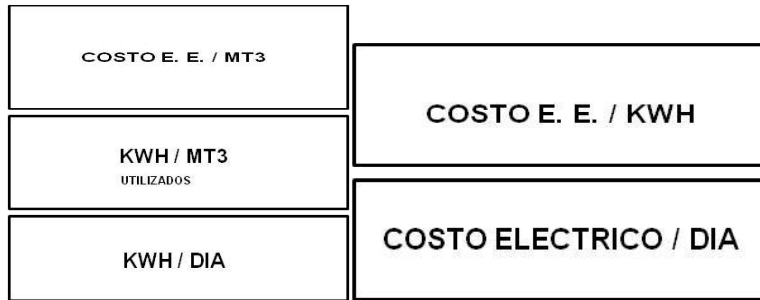


Figura 4-14. Indicadores principales definidos

La primera actividad importante de la UCUEEE fue realizar una Diagnostico Energético en todos sus motores, bombas, en pozos, plantas de bombeo, cárcamos, tanque, rebombes y edificios administrativos lo cual implico la realización de 667 estudios, 147 en Pozos profundos, 410 en plantas de bombeo, cárcamos de bombeo, tanques y rebombes, todos estos utilizando la metodología para este diagnóstico fue la indicada por la NOM 006 1995 ENER

Adicionalmente se realizaron 216 estudios para la aplicación de variadores de frecuencia y 64 para optimización del factor de potencia

Los proyectos resultantes de este Diagnostico fueron los siguientes :

Tabla 4-19. Proyectos Resultantes

Descripción Medidas de Ahorro	Ahorro Potencia (kW)	Ahorro Consumo (kWh/Año)	Ahorro Económico (\$/Año)	Inversión (\$)	Tiempo de Recuperación (Años)
Sustitución de equipos moto-bombas actual por sistema de motor-bomba eficiente.	11,301.62	62,889,701.99	100,063,898.77	322,521,264.67	3.22
Aplicación de variador de velocidad en equipos con descarga a red.	2,013.77	15,713,580.24	22,671,614.43	87,901,195.89	3.88
Corrección del factor de potencia mediante la aplicación de Banco de capacitores para incrementar el factor de potencia superior al 90%.	0.00	0.00	1,314,372.82	1,042,483.62	0.79
<b>Totales</b>	<b>13,315.38</b>	<b>78,603,282.23</b>	<b>124,049,886.02</b>	<b>411,464,944.18</b>	<b>3.32</b>

En resumen, con la aplicación conjunta de todas las medidas propuestas como factibles en el diagnóstico energético, se obtiene un ahorro de 13,315.38 kW en la demanda facturable, 78,603,282.23 kWh de energía al año, y en términos económicos \$124,049,886.02 pesos al año. Que representa el 25 % del consumo de energía global del SIAPA

La inversión requerida para la aplicación de las medidas de ahorro es \$411,464,944.18 pesos M.N. IVA incluido y con los ahorros obtenidos recuperable en 3.32 años.

### Implementación del Proyecto

Una vez determinado el potencial de ahorro y los proyectos específicos, el SIAPA procedió a realizar la adquisición e implementación de los mismos, logrando hasta Junio del 2011, el avance siguiente:

Tabla 4-20. Medidas Realizadas

MEDIDAS REALIZADAS	AHORRO EN CONSUMO Kwh ANUAL
APLICACIÓN DE VARIADORES DE VELOCIDAD EN EQUIPOS DE BOMBEO .....	4' 286 728
APLICACIÓN DE MOTORES-BOMBAS EFICIENTES .....	4' 307 300
SUSTITUCION DEL SISTEMA DE ILUMINACION POR LAMPARAS Y BALASTROS AHORRADORES .....	34 667
<b>TOTAL .....</b>	<b>8' 628 695</b>
<b>ADEMAS DE CORRECCION DE FACTOR DE POTENCIA Y CAMBIOS DE TARIFAS ELECTRICAS</b>	

Que representa un 11 % de la meta determinada en el diagnóstico

Estas son algunas imágenes de sus proyectos



Figura 4-15. Imágenes de algunos proyectos realizados.

Adicionalmente a estas medidas, el SIAPA reporta que se realizaron otras medidas relacionadas con la eficiencia hidráulica y que representaron ahorros de energía eléctrica, directa e indirectamente a los sistemas de bombeo y en las instalaciones de los usuarios como fueron las siguientes :

**Tabla 4-21. Medidas adicionales realizadas**

<b>MEDIDAS REALIZADAS</b>	<b>AHORRO EN CONSUMO Kwh ANUAL</b>
MEJORA DE EFICIENCIA ELECTRICA EN LA REDUCCION DE LOS TIEMPOS DE REPARACION DE FUGAS EN REDES DE AGUA	5' 462 234
MEJORA DE EFICIENCIA ELECTRICA EN LA REDUCCION DE LOS TIEMPOS DE REPARACION DE FUGAS EN TOMAS DE AGUA	1' 029 742
ELIMINACION DEL BOMBEO AL NO SER NECESARIO ELEVAR EL AGUA A TINACOS POR CONSTRUCCION DE MACRO TANQUES	3' 616 784
<b>TOTAL</b>	<b>10' 108 770</b>

### Proyecto de sectorización

Además del proyecto de eficiencia energética, SIAPA reporta que se está realizando, desde hace 12 años, un proyecto de mejora de eficiencia física, consistente en la implementación de 769 sectores, de los cuales 268 están completamente delimitados y 501 en proyecto con los siguientes objetivos:

- Recuperación de caudales.
- Regulación de presión hidráulica en la red.
- Regulación de volúmenes suministrados.
- Eficiencia en la distribución.
- Actualización del catastro de predios y redes hidráulicas.
- Detección y cancelación de tomas clandestinas.
- Detección y reparación de fugas no visibles.
- Reducción de fugas en redes de distribución.
- Incremento en la vida útil de las redes, por el control y regulación de presiones.

En la siguiente figura se muestra el avance comparativo respecto a las metas del proyecto:

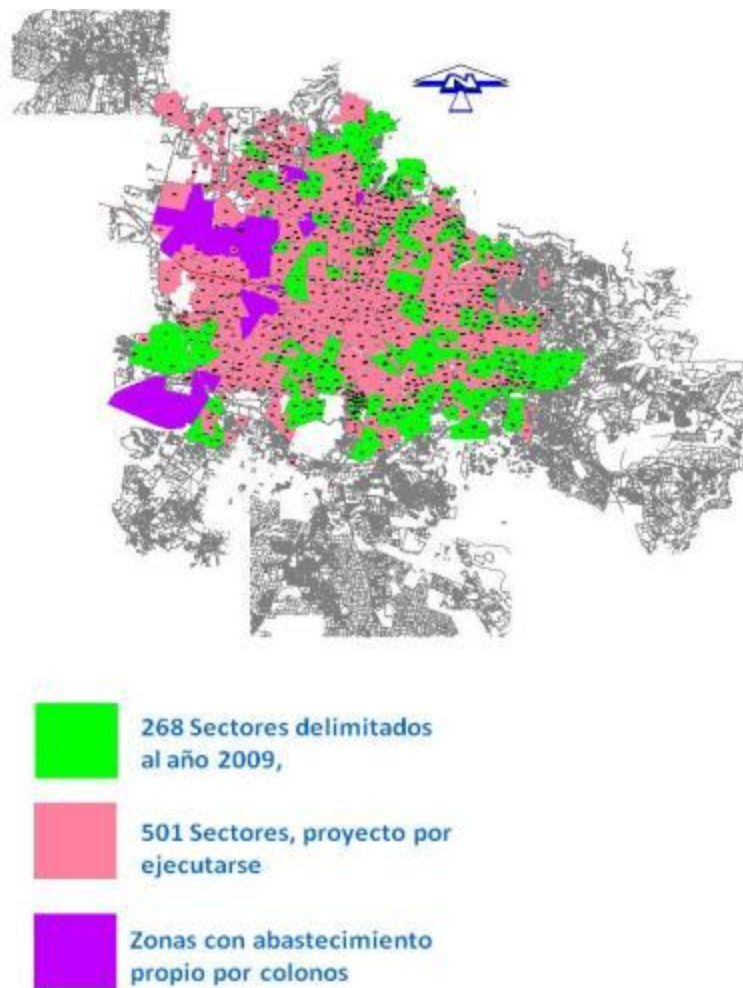


Figura 4-16. Esquema de sectores definidos

De acuerdo a reportes de SIAPA, este proyecto ha generado recuperación de agua en los volúmenes siguientes:

	Años												SUBTOTAL
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	
LITROS POR SEGUNDO	25.40	27.97	18.15	150.49	58.60	138.80	85.50	299.19	352.26	1.91	54.00	49.00	1261.27

Figura 4-17. Resultados en volúmenes recuperados.

**Cabe mencionar que el proyecto de sectorización no tiene ninguna vinculación con el proyecto de eficiencia energética descrito, y no se tiene por ende ninguna evaluación ni evidencia de reducción de consumo de energía por el agua recuperada**

### 4.3 4.3 PROYECTO : OOAPAS MORELIA

Tipo de proyecto	Eficiencia Física
Alcance	Proyecto e implementación

#### 4.3.1 Descripción general del organismo operador y su problemática

Morelia es la ciudad mexicana capital del estado de Michoacán de Ocampo, así como cabecera del municipio homónimo. La ciudad está situada en el valle de Guayangareo, formado por un repliegue del Eje Neovolcánico Transversal, en la región norte del estado, en el centro-occidente del país.

Morelia es la ciudad más poblada y extensa del estado de Michoacán y la vigésima a nivel nacional, con un área de 78km<sup>2</sup> y una población de 597,511 habitantes según los resultados del XIII Censo de Población y Vivienda 2010 del INEGI.<sup>2</sup> Su Zona Metropolitana contaba con 806.822 habitantes en ese mismo año, lo que la convertía en la tercera zona metropolitana más poblada de la Región Bajío, superada sólo por León de los Aldama y Santiago de Querétaro y la décimo octava del país. Asimismo, es la urbe más importante del estado desde el punto social, económico, cultural y político.

El Organismo operador que brinda el servicio de agua potable, alcantarillado y saneamiento, OOAPAS, proporciona el servicio a 664,728 habitantes de acuerdo a datos de CONAPO al 2010.

Las fuentes de agua son una mezcla de aguas superficial (60 %) y agua subterránea a través de pozos profundos (40 %) como está indicado en la siguiente tabla:

Tabla 4-22. Aportación de agua potable por fuente disponible para Morelia

VOLUMEN Mm <sup>3</sup> /AÑO						
FUENTE DE ABASTECIMIENTO	2006	2007	2008	2009	2010	2011
<b>SUBTERRANEA</b>						
POZOS	39.78	39.78	35.44	35.56	33.97	34.75
<b>SUMA</b>	<b>39.78</b>	<b>39.78</b>	<b>35.44</b>	<b>35.56</b>	<b>33.97</b>	<b>34.75</b>
<b>SUPERFICIAL</b>						
MINTZITA	30.83	30.83	27.05	26.79	28.32	32.95
COINTZIO	20.37	20.37	19.82	19.84	20.28	20.02
SALTO Y QUEMADA	1.57	1.57	1.7	1.64	1.49	1.29
SAN MIGUEL	2.86	2.86	2.66	2.23	2.24	2.12
<b>SUMA</b>	<b>55.63</b>	<b>55.63</b>	<b>51.23</b>	<b>50.5</b>	<b>52.33</b>	<b>56.38</b>
<b>TOTAL</b>	<b>95.41</b>	<b>95.41</b>	<b>86.67</b>	<b>86.06</b>	<b>86.3</b>	<b>91.13</b>

El contenido de agua superficial como fuente de suministro, aminora la problemática energética de OOAPAS ya que las principales fuentes superficiales que son el Manantial Mintzita y la Presa Cointzio abastecen por gravedad hasta un punto intermedio según su destino. El manantial Mintzita, abastece en promedio 1,000 l/s los cuales llegan a un cárcamo intermedio, del cual se bombean 365 al sistema de distribución y los 650 restantes se envían a la planta potabilizadora, mientras que el caudal de la presa Cointzio, que abastece en promedio 635 l/s, todo llega por gravedad a la potabilizadora.

En las siguientes figuras , se muestran el esquema general de distribución primaria descrito y las áreas de influencia de cada fuente:



Figura 4-18 Esquema primario de distribución de agua potable en OOAPAS Morelia

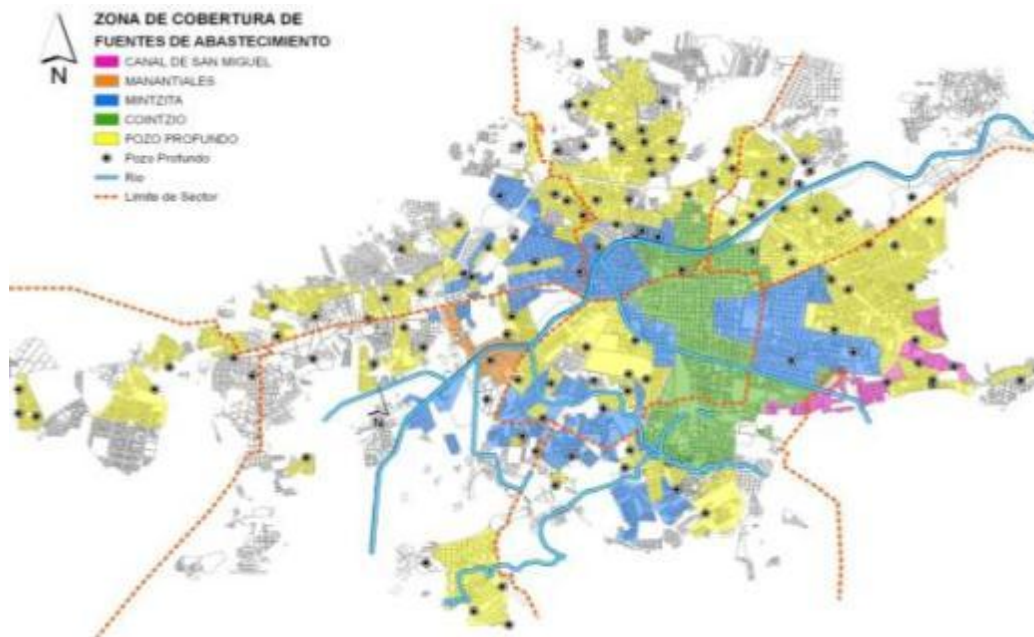


Figura 4-19 Zonas de cobertura por fuente de abastecimiento en la cd. De Morelia

Respecto a la distribución, el sistema de Agua Potable de la ciudad de Morelia opera de la siguiente forma:



El agua de la Planta Potabilizadora de Vista Bella, es utilizada para abastecer por gravedad y de forma continua a la zona centro de la Ciudad de Morelia, aproximadamente un 38% del total de la zona de cobertura.

Se cuenta con 115 pozos profundos los cuales operan suministrando tanto de forma directa a la red, como haciendo uso de tanques reguladores y rebombeos.

Los consumos de energía totales y por sistema así como su Índice Energético, para el año 2011 se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 4-23 Consumo de energía e índice energético por tipo de fuente en OOAPAS Morelia**

FUENTES	Producción		Consumo Energético	Índice energético	
	Vol. Anual m3	Aportación %	kWh	Aportación %	kWh/m3
<b>Pozos (115 fuentes en servicio)</b>	34,752,211	38.12	29,628,929	56.58%	0.853
<b>Mintzita</b>	32,959,683	36.16	16,395,179	31.31%	0.497
<b>Cointzio+Loma Larga</b>	20,028,133	21.97	1,595,046	3.05%	0.080
<b>Manantiales (Salto y La Higuera)</b>	1,293,280	1.42	569,255	1.09%	0.440
<b>San Miguel</b>	2,120,461	2.33	16,814	0.03%	0.008
<b>Otras estaciones de consumo energético</b>					
<b>Rebombeos</b>			3,562,826	6.80%	
<b>Otros (Oficinas, drenes, casetas, etc)</b>			593,805	1.13%	
<b>Totales</b>	91,153,767.51	100.00	52,361,854	100%	0.574

Como se puede observar, El Índice Energético global es de 0.574 kWh/m<sup>3</sup>, menor que la media nacional, debido a la proporción de fuentes superficiales que distribuyen por gravedad, las cuales tiene un índice de 0.497 kWh/m<sup>3</sup> en el caso de Mintzita y Manantiales Salto y la Higuera, el cual incluye el consumo de su sistema de bombeo asociado. Influye a la baja también, el índice de Cointzio que prácticamente no usa sistema de bombeo.

Los pozos tienen un índice energético de 0.853 kWh/m<sup>3</sup>, muy cercano a la media nacional, y representan el 56.58 % del consumo global de OOAPAS, a pesar de producir solo el 38 % del suministro.

Los demás rebombeos que se encuentran a lo largo de la ciudad consumen solamente el 6.80 %

Otro problema fundamental es la necesidad de tandeos, estos principalmente en la zona norte de la ciudad, desde la salida a mil cumbres, parte noreste hasta la salida a Guadalajara, parte noroeste, en esta zona la disponibilidad de agua es muy escasa, y no se ha tenido éxito en diversas perforaciones que se has realizado; con el proyecto y la construcción de los Distritos Hidrométricos, se ha observado, que, si se invierte en el cambio de la infraestructura hidráulica, redes y tomas, en el área más antigua de la ciudad; se podría disponer de al menos 100 lps para “moverlos” a la zona deprimida antes mencionada.

### 4.3.2 Descripción del proyecto y su implementación

Ante la problemática descrita, El OOAPÁS decidió realizar un proyecto de mejora de la eficiencia física con el objetivo de Mejorar el nivel de servicio de agua a los usuarios a través de la sectorización en Distritos Hidrométricos y la recuperación de caudales por fugas, con dos enfoques:

- I. **Redistribuyendo caudales y presiones en la red primaria para el suministro de agua a los Distritos Hidrométricos.**
- II. **Aislando, instrumentando y eficientizando los distritos hidrométricos**

Antes del proyecto de sectorización se elaboró el catastro digital de la red que implicó una inversión de 12 millones de pesos y fue realizado en el 2005 para iniciar la construcción de distritos en el 2006.

El proyecto incluyó la construcción de 190 Distritos, de los cuales se llevaban construidos 45 hasta el 2008, del 2009 al 2011 se construyeron un total de 19 distritos, los cuales aún no han sido instrumentados.

En las siguientes imágenes se aprecia el avance histórico del proyecto:

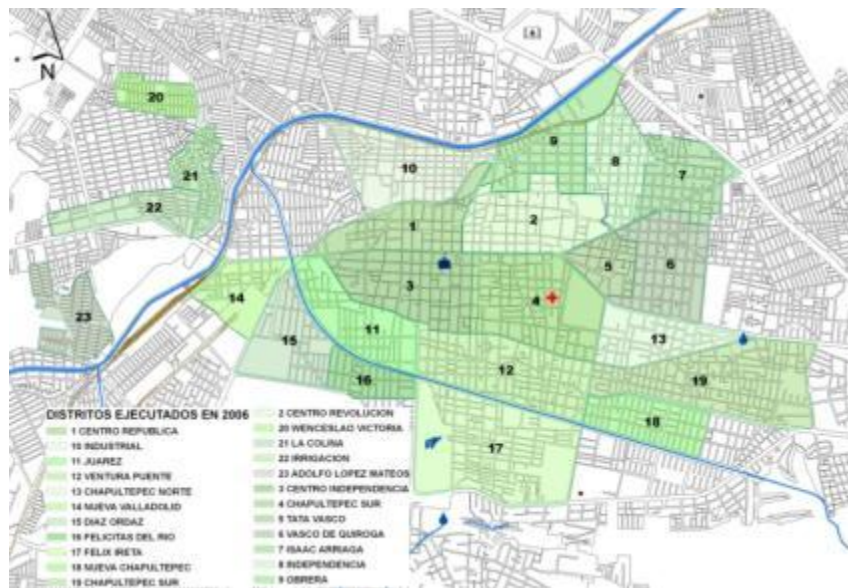


Figura 4-20. Distritos construidos en el 2006. Las tomas beneficiadas: 42,776 (21.13%)

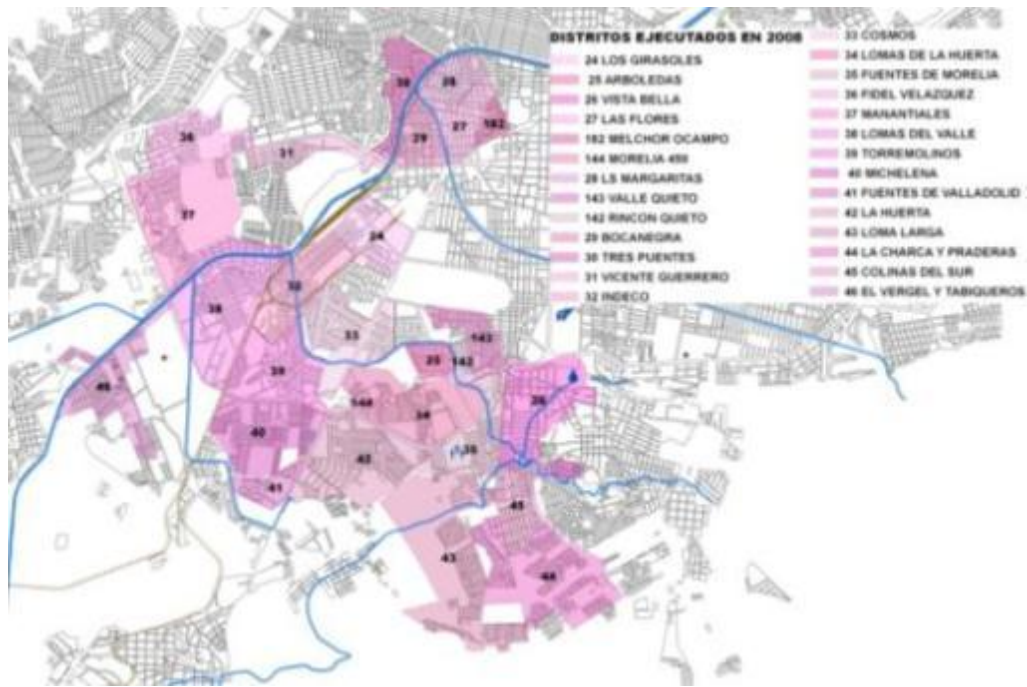


Figura 4-21. Distritos construidos en el 2006. Las tomas beneficiadas: 41,444 (20%)

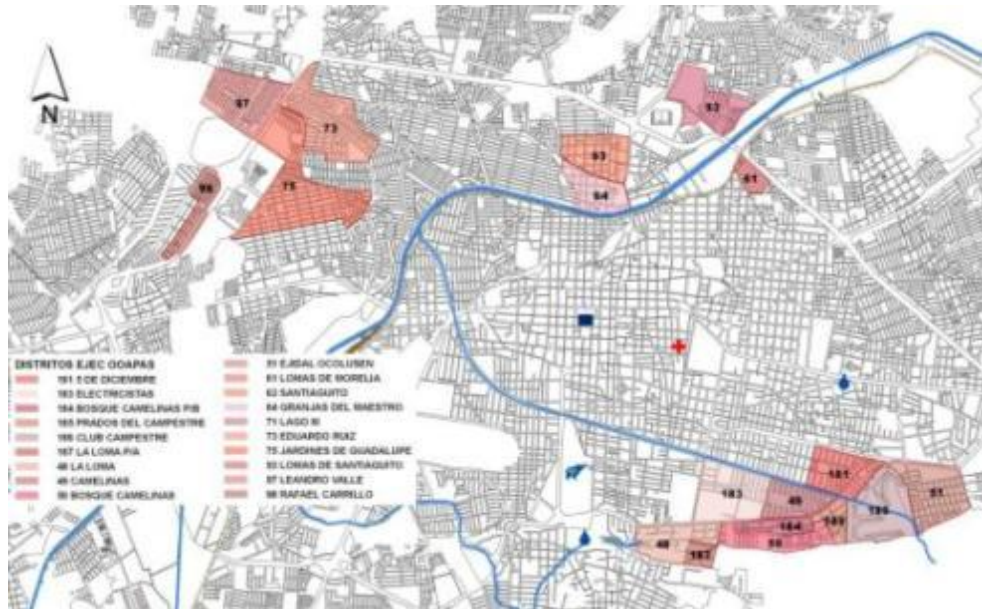


Figura 4-22. Distritos construidos del 2009 al 2011.

Los criterios para la determinación de las áreas de influencia de los distritos fueron los siguientes:

1. Zonas de abastecimiento susceptibles de ser aisladas y alimentadas por un solo punto.
2. Zonas de abastecimiento que con la construcción del distrito hidrométrico, refleje mejoría en incremento del número de horas de servicio continuo e incremento de presiones.
3. Areas alimentadas desde la red primaria existente de 20 y 24 pulgadas de diámetro, que cubren el oriente, centro y poniente de la zona centro de la ciudad.

4. Areas socioeconómicas “popular”, en las que con estas acciones se les mejorara sustancialmente el servicio.
5. Priorizar el servicio en la zona económica medular de la ciudad, centro histórico – patrimonio cultural de la humanidad.
6. Areas estratégicamente ubicadas, desde el punto de vista de la topografía, con el fin de evitar la necesidad de instalar rebombeos.

El proyecto ha reportado beneficios significativos reflejándose en la siguiente situación comparativa antes y después de su implementación respecto al funcionamiento hidráulico

Situación anterior:

- Las colonias estaban interconectadas en sus redes.
- No existía control de zonas para reparación de fugas.
- No existían puntos de monitoreo continuo.
- Horarios de servicio tandeados en la mayoría de los distritos.
- Presiones mínimas de 0.4 a 0.5 kg/cm<sup>2</sup>.

Situación posterior al proyecto:

- Colonias sectorizadas.
- Control para dejar sin agua a una zona específica.
- Colonias con monitoreo continuo de caudal y presión.
- Manuales de operación de cada DH.
- Modelos de simulación calibrados de cada DH.
- Presiones mínimas de 0.50 a 2.6 kg/cm<sup>2</sup>.
- Recepción de alarmas en tiempo real del comportamiento irregular del DH.

Un factor clave de éxito ha sido el sistema de monitoreo de variables para lo cual el organismo invirtió en lo siguiente:

Tabla 4.3.2

UNIDADES	DESCRIPCION DE EQUIPO
86	ESTACIONES DE MEDICION INSTRUMENTADAS CON MACROMEDIDORES BRIDADOS EN TUBERIAS DE 3" HASTA 14" DE DIAMETRO
26	MEDIDORES DE INSERCIÓN MOVILES PARA TUBERIAS DE 6" HASTA 30" DE DIAMETRO
5	MEDIDORES ULTRASONICOS MOVILES PARA TUBERIAS DE 2" HASTA 36" DE DIAMETRO
300	PUNTOS DE MINITOREO DE PRESIONES INTALADOS EN LA RED DE DISTRIBUCION EN TUBERIAS DE 2" A 8" DE DIAMETRO
100	VALVULAS DE CONTROL DE GASTO Y PRESION INSTALADAS EN LA RED DE DISTRIBUCION

Esta instrumentación está conectada a un sistema SCADA, que opera como un **CENTRO DE CONTROL Y GESTION DE DATOS PARA LA OPERACIÓN DE LOS DISTRITOS HIDROMETRICOS** y a través del cual se reciben:

- Alarmas en tiempo real de las incidencias en el DH.
- Reportes diarios de gastos y presiones.
- Acceso remoto para la reprogramación de variables.

Durante la implementación se han realizado evaluaciones piloto que han sido exitosas, y han representado una experiencia digna de difundir y replicar.

Específicamente el distrito hidrométrico **FELIX IRETA** que consistió en lo siguiente:

El distrito tiene las siguientes características:

- 1) **Fuente de Abastecimiento:** Planta Potabilizadora Vista Bella.
  - a) Entradas al Distrito: 1 entrada (línea de 8") derivación de línea de 20"
- 2) **Servicio:**
  - a) Continuo 24 horas siete días a la semana.
- 3) **Presiones:**
  - a) Mínimas de: 0.50 kg/cm<sup>2</sup>
  - b) máximas de: 3.5 kg/cm<sup>2</sup>
  - c) Eficiencia inicial: 58.30%

El comportamiento antes de la implementación del distrito era el siguiente:

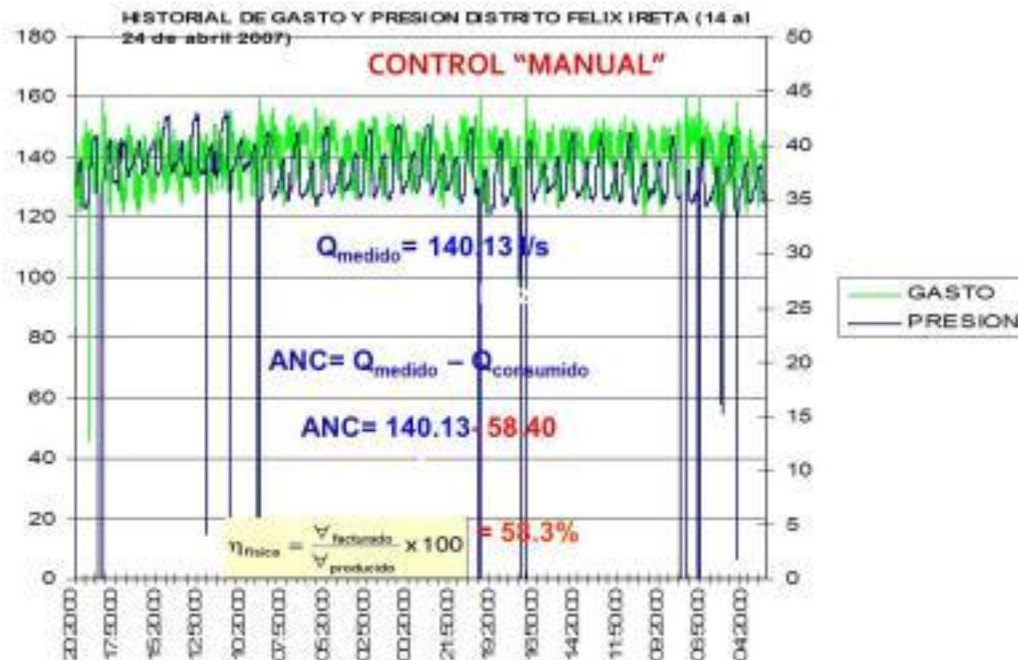


Figura 4-23. Comportamiento gasto-presión antes de implementación

Una vez aislado y construido el circuito, y controlando presión con una válvula reguladora, los números fueron los siguientes:

$$Q_{\text{medido}} = 81.43 \text{ l/s}$$

$$ANC = Q_{\text{medido}} - Q_{\text{consumido}}$$

$$ANC = 81.43 - 64.30$$

$$ANC = 17.13 \text{ l/s}$$

**PRESION DIURNA 3.20 KG/CM2 (06:00 – 22:00)**

**PRESION NOCTURNA 1.50 KG/CM2 (22:00 – 06:00)**

Como se puede ver, el ahorro de agua fue de 58.6 l/s. En total, se estima un ahorro total de 300 lps por el proceso de implementación de distritos hidrométricos.

### Inversiones

La inversión total para la etapa de implementación (construcción de los distritos hidrométricos) en los programas del 2006 y del 2008 ha sido de 72 millones de pesos (APAZU), tal como se describe en la siguiente tabla:

**Tabla 4-24. Inversión real en la etapa de implementación.**

ETAPA DE IMPLEMENTACION				
INVERSION REAL				
AÑO DE LA INVERSION	FEDERAL (60%)	ESTATAL (20%)	MUNICIPAL (20%)	TOTAL (100%)
2006	\$ 15,244,612	\$ 25,407,687	\$ 5,081,537	<b>\$25,407,687</b>
2008	\$ 28,029,409	\$ 46,715,682	\$ 9,343,136	<b>\$46,715,682</b>
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 43,274,021</b>	<b>\$ 72,123,369</b>	<b>\$ 14,424,674</b>	<b>\$72,123,369</b>

Esto incluye las fases de proyecto e implementación

### Aspectos claves, problemática enfrentada y aprendizaje.

El proyecto ha arrojado resultados comprobados, sobre todo en algunos distritos hidrométricos que han sido evaluados de manera particular para demostrar estos beneficios.

El desarrollo de los distritos hidrométricos exitosos, fue un proceso de largo plazo, que empezó en el 2003 y donde ha habido tropiezos y también éxitos.

En ese año se realizó un “intento” de operación de un distrito hidrométrico, donde se intentó implantar un distrito buscando el abastecimiento continuo por 24 horas y siete días, una semana, la prueba se abortó al tercer día, pues, el desconocimiento de la operación de la infraestructura trajo como consecuencia el desabasto de grandes áreas.

Sin embargo, a partir de los resultados parciales obtenidos en ese distrito, se proyectó al resto del sistema obteniendo valores alrededor del 32% para la eficiencia física; en el 2004 se contrató el proyecto: DIAGNÓSTICO DE REDES MEDIANTE EL ESTABLECIMIENTO DE DOS DISTRITOS HIDROMÉTRICOS EN LA CIUDAD DE MORELIA, MICH., este proyecto tenía en sus objetivos además de sentar las bases y recomendaciones para el control de fugas, el elaborar un modelo de la red de distribución con una base de datos “debidamente actualizada”, ninguno de estos dos objetivos se

cumplió, pues se continuaba operando con las deficiencias de control de siempre; sin embargo, se logró contar con dos distritos hidrométricos aislados y preparados para la medición y control. En cuanto a los resultados que el contratista en ese momento obtuvo en el renglón de detección de fugas, en el distrito más grande, unos 2500 usuarios, obtuvo únicamente 29 fugas en toma y ninguna en la red, y se estimó una recuperación de únicamente 5.0 lps; con estos resultados, proyectados a un año, se tenía una expectativa de casi 400 fugas en toma y no se identificó ninguna fuga en las redes, valor con cierta consistencia pues de la estadística obtenida del sistema comercial, ya que esa colonia tenía reportes de fugas en tomas de más de 200 al año.

En esta experiencia se empezó a valorar el control de presión como factor clave para lograr mejorar la eficiencia ya que durante el periodo de medición, el caudal de ingreso al distrito fue de 120 lps y según el proyectista, el distrito consumía hasta 35 lps, resultando una eficiencia del 29 %, así que una de las acciones implementadas por el OOAPAS de forma inmediata en ese distrito fue controlar la presión de entrada al mismo, es importante señalar que en ese punto se disponía de una presión de 5.0 kg/cm<sup>2</sup>, y se buscó el punto que nos permitiera que en la parte alta del distrito, se tuvieran presiones máximas de 1.0 kg/cm<sup>2</sup>; de inmediato el caudal de entrada se disminuyó a 80 lps, registrando una recuperación de 40 lps, un 30 %. De tal forma que la eficiencia subió a un 44%,

Otra de las acciones que se ha implementado es la modificación del procedimiento para la reparación de las fugas en tomas domiciliarias, en lugar de hacer una reparación hemos procedido a ejecutar el cambio completo de la toma, reduciendo sustancialmente el número de fugas, actualmente el caudal ingresado al distrito es de 73 lps en promedio.

Estas experiencias anteriores, permitieron afinar y aprender sobre el procedimiento de la construcción de distritos hidrométricos más favorable para contar con el control en la operación de los mismos, en el 2006 y 2008 se construyeron en total 45 distritos, al finalizar el programa de 2006, alrededor del 2007, se tenía el control completo de la distribución, y fue hasta entonces que se consiguió conocer y en consecuencia controlar las líneas primarias desde 24 hasta 14 pulgadas de diámetro.

Una de los problemas al implementar los distritos hidrométricos, es el relacionado con el levantamiento de la infraestructura existente y principalmente en las zonas más antiguas de las ciudades, pues se desarrolla de acuerdo a lo recomendado en el MAPAS de CONAGUA, que menciona solo la inspección visual de las cajas de operación de válvulas y/o la ejecución de sondeos exploratorios, procedimiento que se ejecutó y no se obtuvo el resultado esperado; ya que se obtuvo un deficiente plano con la infraestructura

Actualmente se sigue trabajando evaluando distritos piloto, uno de ellos que se construyó en el 2008 en el paquete contratado en ese entonces, se está evaluando después que en Septiembre de 2011 se instalara una válvula de control de presiones, recuperando de inmediato hasta el 50 % del volumen suministrado.

Otra tarea que ha ayudado es la toma de presiones y detección de fugas en la tomas domiciliarias, con eso se construyó un mapa para observar el comportamiento por zonas; ya se contaba con seis puntos de monitoreo de presiones directos en la red, con lo que se ubicaron dos zonas con presiones deprimidas y el organismo se dio a la tarea de indagar por qué; el resultado de las inspecciones con cámaras de video inspección fue, que la red que supuestamente se conocía, tenía grandes diferencias con la real y las bajas presiones tenían origen en taponamientos de las tuberías y a conexiones "inexistentes", no se identificaron fugas de importancia en las tuberías, pero si se encontraron en un par de calles tuberías paralelas, y en la de menor diámetro se tenían instaladas las tomas; además de eliminar los

taponamientos se canceló una transferencia de agua a otro Distrito que ubicamos y a conectar una línea secundaria a una primaria, con todo eso se obtuvo elevar la presión media a 1.4 kg/cm<sup>2</sup> en toda la red de distribución,

Otras tareas han sido sustituir todas las válvulas de seccionamiento que no servían ; y se está en el proceso del cambio de tomas total, durante este procedimiento se han detectado y cancelado tomas clandestinas y se observa una tendencia decreciente en el ingreso del volumen diario; haciendo un ensayo del balance , se estima llegar a una eficiencia hasta del 85 %; al concluir el cambio de tomas se realizara una prueba de hermeticidad en la red, se contara con válvulas de banqueta en todas las tomas para no depender de la cooperación de los usuarios.

Con todo este aprendizaje, el organismo ha decidido, si se consiguen recursos para invertir en el incremento a la eficiencia, haría por sí mismo la construcción de los distritos, sin contratistas, y solo se contrataría el equipamiento de las estaciones de entrada y/o salida, los puntos de monitoreo de presiones y quizá el aislamiento del mismo, las demás acciones se ejecutarían con personal de OOAPAS

**Como ultima conclusión, se comenta que, aunque se han hecho esfuerzos sustanciales en el tema de la recuperación de caudales, aun no se ha desarrollado un proyecto de eficiencia energética, ni de manera separada, ni mucho menos en conjunto con el proyecto de eficiencia física, y los resultados de este último proyecto, descritos en este documento, por supuesto no se han reflejado en el consumo energético**



## 4.4 PROYECTO : SAPAS LA PIEDAD

Tipo de proyecto	Eficiencia Energética y Física por separado
Alcance	Proyecto e implementación

### 4.4.1 Descripción general del organismo operador y su problemática

El municipio de la Piedad Michoacán, está localizado al norte del Estado de Michoacán, como lo indica la imagen siguiente que también presenta los datos básicos del municipio



Figura 4-24 Ubicación de La Piedad Michoacan

El organismo operador responsable del abastecimiento de agua y alcantarillado es el Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de la Piedad, SAPAS, cuya problemática antes del proyecto de eficiencia era la típica de muchos organismos resumida en los siguientes aspectos

- Escasez de recursos financieros.
- Altos costos de operación (energía, mantenimiento).
- Cortes de energía eléctrica por falta de pago a la CFE.
- Penalizaciones económicas por bajo factor de potencia.
- Alto rezago, cultura de no pago por mal servicio
- Equipos instalados obsoletos y sobredimensionados.
- Bajas eficiencias electromecánicas
- Nula información técnica (sin equipo de medición, estadística, historiales, etc.)

La incidencia del costo energético sobre los costos globales de operación es del 23 %

Para suministrar el servicio, SAPAS solo cuenta con agua subterránea , a través de 20 pozos profundos con una profundidad de entre 57 y hasta 227 metros en uno de los casos, de acuerdo a la siguiente relación :

Tabla 4-25. Relación de Pozos en SAPAS

<b>POZOS PROFUNDOS</b>	<b>NIVEL DINAMICO (MTS)</b>
<b>1.- CUITZILLO I</b>	109.50
<b>2.- CUITZILLO II</b>	69.50
<b>3.- CUITZILLO III</b>	142.70
<b>4.- CUITZILLO IV</b>	62.35
<b>5.- LOS LAURELES</b>	57.30
<b>6.- PARQUE MORELOS</b>	84.60
<b>7.- UNIDAD DEPORTIVA</b>	128.00
<b>8.- PONIENTE I</b>	105.00
<b>9.- LAS PALMAS</b>	113.00
<b>10.- SAN RAFAEL</b>	108.50
<b>11.- INF. MIGUEL SILVA</b>	124.00
<b>12.- MERCADO MIXTO</b>	77.00
<b>13.- CIUDAD DEL SOL II</b>	93.60
<b>14.- SANTA CRUZ</b>	151.00
<b>15.- TANQUE DE PEÑA</b>	227.00
<b>16.- LA ESCONDIDA</b>	147.25
<b>17.- FRACC. M.J.CLOUTIER</b>	99.60
<b>18.- FRACC. LOS OLIVOS</b>	
<b>19.- FRACC. PLAN AYALA</b>	86.00
<b>20.- VASCO DE QUIROGA</b>	156.00
<b>21.- LA CENTRAL</b>	68.00

La ciudad es relativamente plana por lo que solo cuenta con 4 sistemas de rebombeo

Estas dos condiciones , agua subterránea en niveles de profundidad medianos, y poca complejidad en la topografía, representan un índice energético de 0.69 kWh/m<sup>3</sup>

A SAPAS le afecta el incremento al costo de la tarifa eléctrica, que ha evolucionado a la alza, trayendo en consecuencia que aunque los consumos energéticos se han mantenido a lo largo de los últimos años, la facturación la ha superado como se muestra en las siguientes graficas que forman parte de las estadísticas de la SAPAS a partir del año 2007 donde iniciaron los esfuerzos por controlar o reducir el consumo de energía

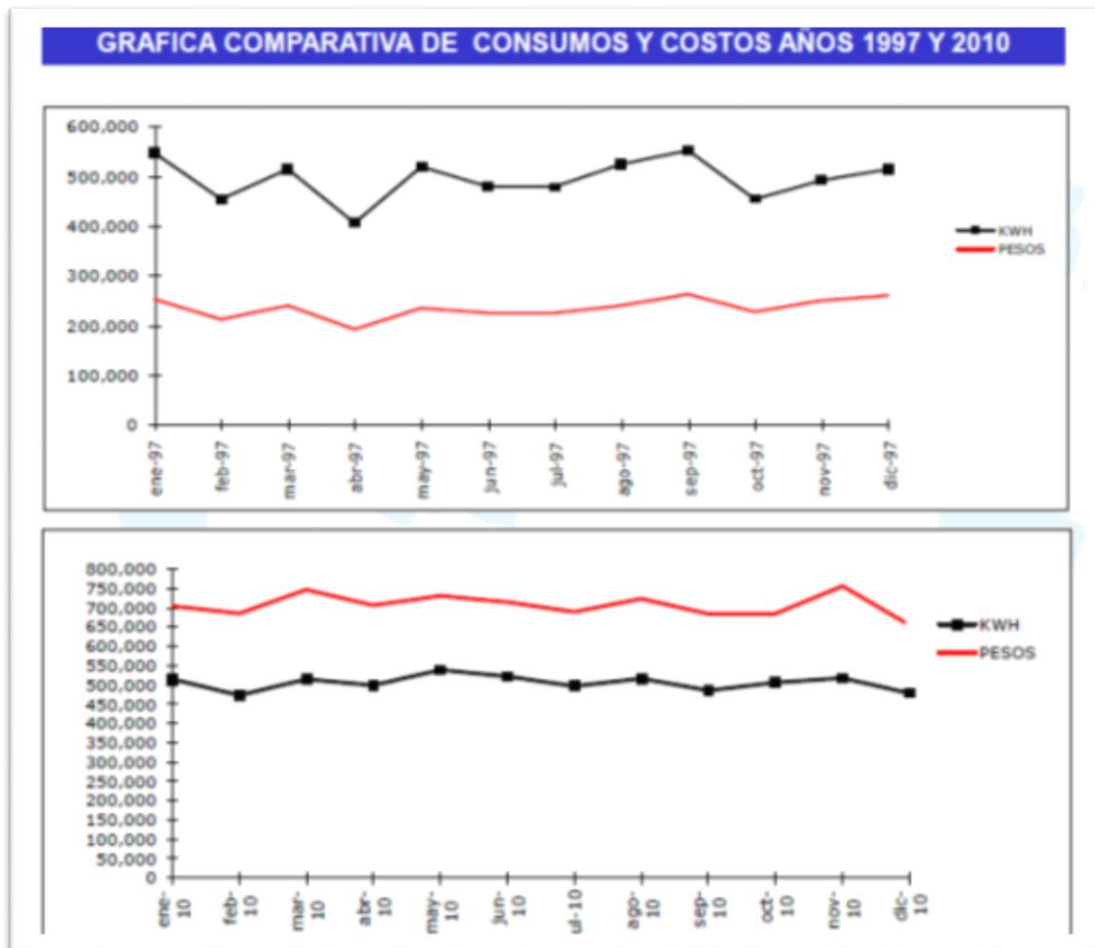


Figura 4-25. Graficas comparativas de consumos y costos energéticos

En estas se observa que mientras el consumo se ha mantenido, el costo prácticamente se ha triplicado en este periodo

#### 4.4.2 Descripción del proyecto , su implementación y resultados

Desde el año 1997, SAPAS inicio sus esfuerzos por reducir el consumo y costo energético. Los criterios guía de sus acciones, seguidos desde entonces fueron los siguientes:

- Análisis de necesidades (rediseño).
- Búsqueda, recopilación, organización de información.
- Mediciones eléctricas e hidráulicas en cada instalación .
- Gestión de los recursos.
- Ejecución del proyecto.
- Determinación de los resultados.
- Recuperación de la inversión con los ahorros de energía eléctrica obtenidos.

Los primeros proyectos, en el año 1999 y 2000, fueron enfocados a la sustitución de equipos por otros de mejor eficiencia. Las proyecciones del diagnóstico energético realizado en ese entonces fueron las siguientes:

Tabla 4-26. Proyecciones del diagnóstico energético en los equipos de bombeo

NO.	INSTALACION	GASTO EN L.P.S.	POTENCIA EN H.P.		DEMANDA EN KW		EFICIENCIA EE EN %	
			ANTERIOR	PROPUESTA	ANTERIOR	PROPUESTA	ANTERIOR	PROPUESTA
1	Pozo Cuitzillo I	37	150	125	128	84	44	73.5
2	Pozo Cuitzillo II	36	125	100	92	73	56	73
3	Pozo Cuitzillo III	18	125	100	82	58	48	53
4	Pozo Cuitzillo IV	32	200	100	128	72	48	56
5	Pozo Los Laureles	55	200	150	132	107	60	71
6	Pozo Unidad Deportiva	16	80	50	66	43	64	69
7	Pozo Inf. Dr. Miguel Silva	5	30	15	43	11	37	54
8	Pozo San Rafael	7.5	75	30	34	22	49	56
9	Pozo Fco. J. Mugica	3.6	30	10	22	7.5	34	52
10	Reb. Inf. Dr. Miguel Silva	22	60	15	45	11	24	54
<b>TOTALES</b>			<b>1075</b>	<b>695*</b>	<b>772</b>	<b>488.5 (1*)</b>		

Nota: \* 35% en disminución de potencia.

1\* 37% en disminución en la demanda en KWH

NO.	INSTALACION	CONSUMO KWH/MES		COSTO EN \$/MES	
		ANTERIOR	PROPUESTO	ANTERIOR	PROPUESTO
1	Pozo Cuitzillo I	61,052	39,564	30,800.00	22,532.00
2	Pozo Cuitzillo II	61,920	50,240	28,573.00	25,946.00
3	Pozo Cuitzillo III	59,860	42,340	24,937.68	17,638.84
4	Pozo Cuitzillo IV	93,440	52,560	38,927.10	21,896.50
5	Pozo Los Laureles	65,718	59,022	62,650.00	51,853.00
6	Pozo Unidad Deportiva	34,000	26,320	16,645.00	13,850.00
7	Pozo Inf. Dr. Miguel Silva	15,895	10,391	10,613.00	5,986.00
8	Pozo San Rafael	16,524	10,692	6,883.90	4,454.29
9	Pozo Fco. J. Mugica	16,060	5,475	6,690.60	2,280.89
10	Reb. Inf. Dr. Miguel Silva	6,840	3,952	2,849.54	1,646.40
<b>TOTALES</b>		<b>431,309</b>	<b>300,556*</b>	<b>229,569.82</b>	<b>168,083.92(1*)</b>

Nota: \* 30% en disminución de consumo.

1\* 27% en disminución en costo.

- Ahorro en potencia (h.p.) 35% : 380
- Ahorro en demanda (kw) 37%: 283.5
- Incremento en efic. Electromec. Promedio: 35%
- Ahorro en consumo de energía eléctrica (kwh/año) 30%:1,569,036
- Ahorro aprox. En costo por consumo de energía (\$/año) 27%: \$737,830.00
- Inversión : \$1,144,953.00
- Recuperación de la inversión : 1.5 AÑOS

Según reportes de SAPAS, el proyecto se implementó y resulto en los siguientes resultados reales:

- Ahorro por consumo de energía eléctrica hasta por 1'860,000 KWH por año.
- Ahorros en costo del orden de los \$750, 000.00 por año.
- Recuperación de la inversión con los ahorros logrados 1.8 Años.

A partir de ahí, y hasta la fecha. Han continuado replicando estos criterios y sustituyendo los equipos de baja eficiencia por equipos de mejor eficiencia , y también han modernizado sus instalaciones electromecánicas ,como lo muestran las siguientes imágenes



Figura 4-26. Imágenes de implementación de proyectos.

Una de los aprendizajes del SAPAS es que la clave de lograr buenos resultados es el seguimiento, basado en la aplicación de una política permanente que busque lo siguiente

- Programa permanente de eficientización de la totalidad de instalaciones ya con recursos propios.
- Generación de estadística de operación, mediciones eléctricas e hidráulicas periódicas, historial de mantenimientos.
- Determinación de eficiencias Electromecánicas, detección de potenciales nuevos de ahorro
- Análisis periódico de las tarifas de energía eléctrica. Ahorro de recursos económicos
- Implantación de nuevas tecnologías y obtener mejores herramientas para un manejo sustentable de energía eléctrica y agua. (sistema de control supervisorio en instalaciones de bombeo y tanques de almacenamiento).
- Uso de variadores de velocidad en sistemas de descarga directa a la red de distribución.
- Selección de equipos de bombeo con las más altas eficiencias existentes en el mercado.
- Supervisión de las reparaciones en equipos de bombeo.
- Evaluación de la operación en todo momento.

En el aspecto de eficiencia energética, el parámetro fundamental que sustenta las acciones es la mejora de eficiencia electromecánica, pero ligada a la evaluación de las necesidades de suministro, el concepto esquemático desarrollado por SAPAS es el siguiente



Figura 4-27. Esquema desarrollado para eficiencia energética en SAPAS

Este concepto se aplica a través de evaluaciones periódicas de la Eficiencia Electromecánica, tanto por el método de manning como el indicado por la NOM 006 ENER 1995, publicado en el diario oficial de la federación, en la tabla siguiente, se muestra el resultado de una evaluación realizada en el 2010.

Tabla 4-27. Situación Actual

SITUACION ACTUAL			
COMPARATIVO DE EFICIENCIAS ELECTROMECHANICAS			
VALORES EXPRESADOS EN PORCIENTO			
FUENTE	MANNING	DIARIO OFICIAL	NOM-006
1.- CUITZILLO I	69.56	69.83	60.00
2.- CUITZILLO II	70.16	69.60	60.00
3.- CUITZILLO III	60.22	59.80	60.00
4.- CUITZILLO IV	60.00	59.51	60.00
5.- LOS LAURELES	56.96	56.48	64.00
6.- PARQUE MORELOS	62.78	64.98	60.00
7.- UNIDAD DEPORTIVA	62.89	60.57	60.00
8.- PONIENTE I	63.12	65.49	56.00
9.- LAS PALMAS	71.39	72.23	60.00
10.- SAN RAFAEL	55.00	52.71	52.00
11.- INF. MIGUEL SILVA	64.52	57.11	56.00
12.- MERCADO MIXTO	53.31	55.00	52.00
13.- CIUDAD DEL SOL II	64.17	65.27	56.00
14.- SANTA CRUZ	62.44	64.25	60.00
15.- TANQUE DE PEÑA	61.81	62.23	56.00
16.- LA ESCONDIDA	56.35	57.19	60.00
17.- FRACC. MANUEL J. CLOUTIER	52.83	56.13	52.00
18.- FRACC. LOS OLIVOS	FUERA DE OPERACIÓN		
19.- FRACC. PLAN AYALA	56.30	58.87	52.00
20.- VASCO DE QUIROGA	61.00	60.73	60.00
21.- LA CENTRAL	65.28	61.32	56.00

Como se puede observar, los valores cumplen en su mayoría lo sugerido por la NOM 006

Otro aspecto que ha contribuido, es la implementación del sistema de telemetría, del cual se muestran algunas imágenes

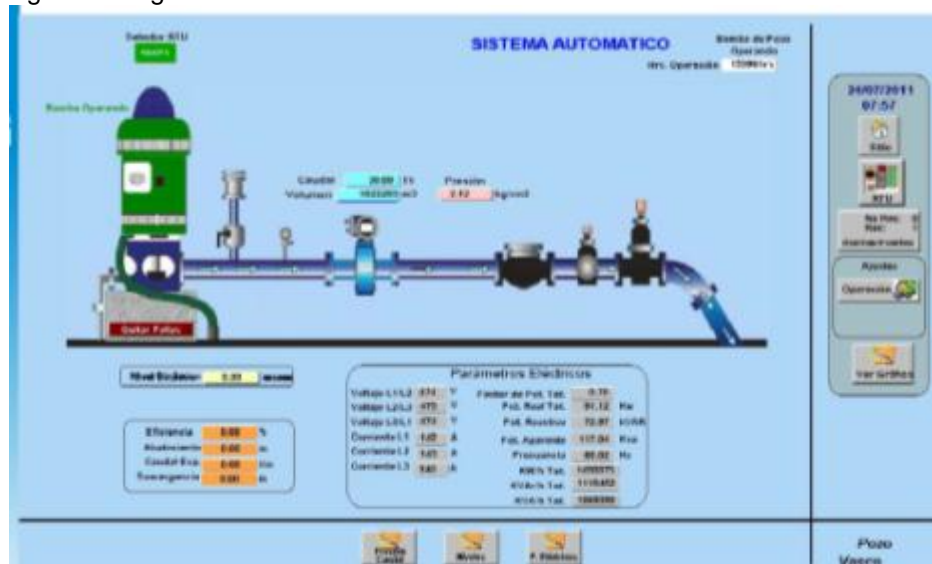


Figura 4-28. Sistema de telemetría.

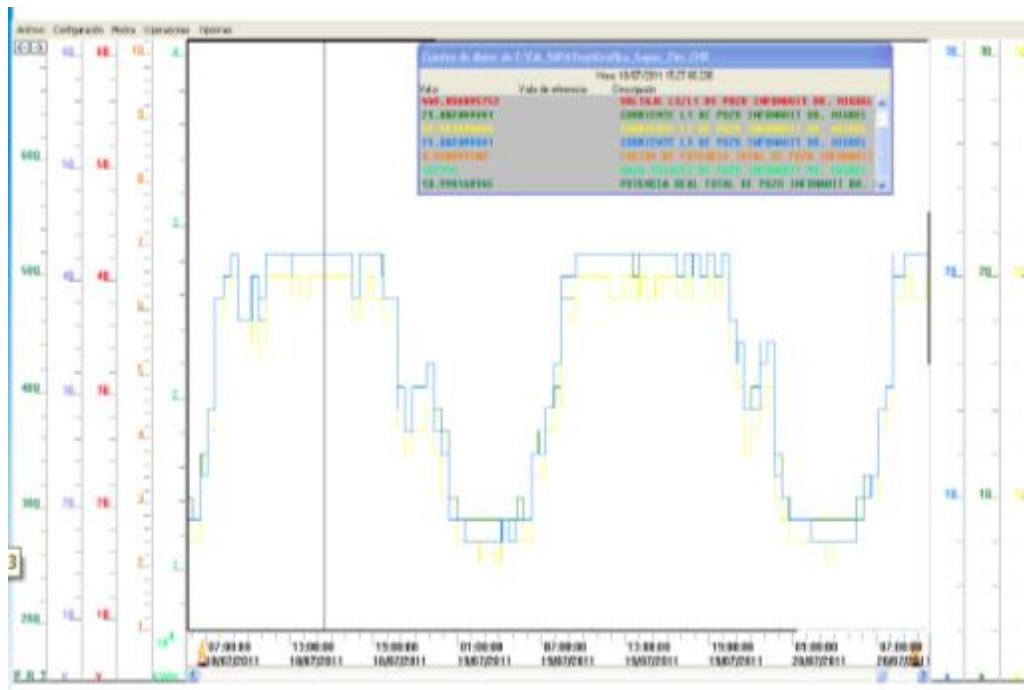


Figura 4-29. Grafica del sistema de telemetría.

La implementación de esta tecnología de punta, ha contribuido significativamente al proceso de seguimiento y mantenimiento de las acciones,

El sistema de telemetría , ha permitido el desarrollo de otros proyectos que, aunque no han sido estrechamente relacionados con el de eficiencia energética, , conviene mencionarlos y que son los siguientes,

- Sectorización de redes hidráulicas (modelaciones).
- Monitoreo de presiones y caudales en la red hidráulica.
- Detección y reparación de Fugas no visibles. Recuperación de caudales.
- Automatización de tanques de almacenamiento y regularización.

En el proyecto de sectorización se ha utilizado también la modelación hidráulica de redes

La imagen siguiente muestra el modelo de simulación de conducciones primarias, donde se muestra la modelación de conducciones primarias, pero no se ha realizado la modelación hidráulica de toda la red, incluyendo red secundaria y el resto de la infraestructura como equipos de bombeo y tanques, por ende, no se han realizado las corridas energéticas completas con el simulador que ayudarían a ligar el proyecto de sectorización con sus esfuerzos de eficiencia energética

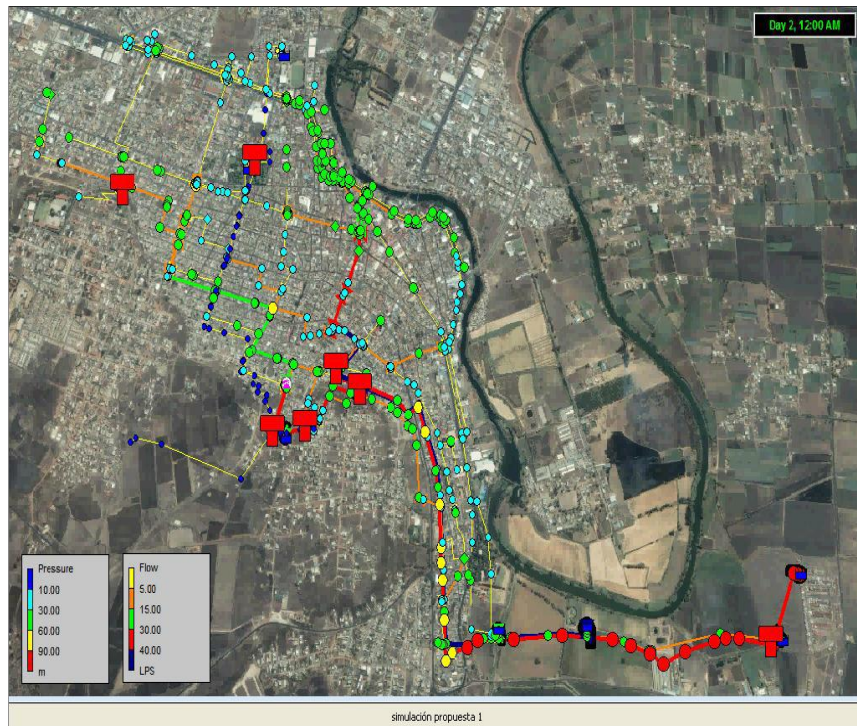


Figura 4-30. Modelación hidráulica de sectores.

Contodos esto esfuerzos, La evolución del consumo de energía y costo en los últimos 10 años ha sido la que se muestra en la siguiente tabla



Tabla 4-28. Consumo y costos energéticos en los últimos años

AÑO	ENERGIA EN KWH	COSTO DE KWH EN PESOS	VOL. EXTRACCION EN M3	POTENCIA INST. EN H.P.
AÑO 1997	5,954,033	2,832,102.00	8.40 Millones	1,828
AÑO 1998	5,391,625	2,915,643.00	8.34 Millones	1,510
AÑO 1999	4,808,920	2,790,313.00	8.30 Millones	1,311
AÑO 2000	4,894,572	3,191,775.00	8.32 Millones	1,371
AÑO 2001	4,962,932	3,314,704.00	8.23 Millones	1,428
AÑO 2002	5,329,549	3,760,801.00	8.35 Millones	1,428
AÑO 2003	5,478,804	4,527,630.00	8.04 Millones	1,427
AÑO 2004	5,377,109	5,011,605.00	8.30 Millones	1,427
AÑO 2005	5,577,761	5,879,636.00	8.70 Millones	1,442
AÑO 2006	5,524,765	6,522,168.00	7.80 Millones	1,427
AÑO 2007	5,456,846	6,236,304.00	8.14 Millones	1,480
AÑO 2008	5,667,393	8,270,764.00	8.91 Millones	1,565
AÑO 2009	5,900,162	7,293,396.00	8.461 Millones	1,370
AÑO 2010	6,062,424	8,480,485.00	8.513 Millones	1,525

■ Cambio de tarifa de la OM a la 06

Como puede observarse , el cambio de tarifa OM a 06 en el 2009 por sí mismo permitió ahorrar 12 % en costo, aun cuando el consumo se incrementó, sin embargo, el monto del consumo , e incluso el valor del Índice Energético Específico, expresado en kWh/m<sup>3</sup>, no ha disminuido, sino por el contrario, se ha incrementado.

Como conclusiones o aprendizajes del proyecto de SAPAS, las buenas practicas que han sido útiles en este caso y podrían ser de utilidad en otros son las siguientes :

- Medir para poder evaluar. Y medir bien.
- Incrementar la eficiencia electromecánica de los equipos instalados de acuerdo a la Normatividad vigente.
- Seleccionar los equipos en base a un proyecto. Seleccionando las más altas eficiencias y de mayor vida útil.
- Evitar los sobredimensionamientos. Generar stock de equipo de acuerdo a las diferentes capacidades.
- Dar seguimiento a las acciones realizadas, generar estadística, historiales de mantenimientos, bitácoras, tendencias, etc.
- Supervisión en las instalaciones de los equipos de acuerdo a manuales de fabricantes.
- Verificar las reparaciones de equipos.
- Vigilar el factor de potencia.
- Vigilar el comportamiento de las tarifas eléctricas. Generación de ahorros económicos.
- Afianzar las buenas relaciones con la Comisión Federal de Electricidad.
- Mantener la información técnica y de operación actualizada.
- **A pesar de estos esfuerzos permanentes y el seguimiento, incluso a través de tecnologías de punta como automatización, es necesario monitorear y asegurar que el Índice Energético, expresado en kWh/m<sup>3</sup> mejore o al menos se mantenga, para realmente asegurar que los esfuerzos están siendo efectivos, cosa que no está sucediendo en SAPAS**

## 4.5 PROYECTO : SIDEAPA GOMEZ PALACIO

Tipo de proyecto	Eficiencia Física y Eficiencia Energética por Separado
Alcance	Proyecto

### 4.5.1 Descripción general del organismo operador y su problemática

El municipio de Gómez Palacio se localiza al oriente del estado de Durango, a una altura de 1,150 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con el municipio de Tlahualilo; al sur con Lerdo; al oriente con el estado de Coahuila y al poniente con los municipios de Mapimí y Lerdo. Se divide en 235 localidades de las cuales las más importantes son : Gómez Palacio, El Vergel, Dolores y el Compás. Según el conteo de población y vivienda (2010), la población es de 325,042 habitantes.

La ciudad de Gómez Palacio está limitada hacia el sur y poniente por una secuencia de lomeríos calizos y por Ciudad Lerdo, Dgo. Al oriente está delimitada por el río Nazas y la Ciudad de Torreón, Coah. Esas restricciones obligan el crecimiento de la ciudad hacia el norte, en forma de un cono que se ensancha en esa dirección.

La fuente de abastecimiento de agua potable lo constituye el acuífero denominado Principal de la Región Lagunera, La principal zona de recarga se localiza en el cauce del río Nazas, que conduce el agua de riego liberada en la presa Francisco Zarco, hasta su derivación a la zona de riego por el canal Sacramento. La presencia de los lomeríos calizos con grietas y cavernas de disolución actúa para repartir el agua en el acuífero libre constituido por material granular. A ello se debe que los mejores pozos, desde el punto de vista de su caudal como su estabilidad en los niveles, se encuentren en las propias calizas en las partes sur y poniente de la ciudad, cercana a los lomeríos.

Conforme se avanza hacia el norte y oriente, los pozos entran en competencia con las extracciones para fines agrícolas y doméstico-urbano de la ciudad de Torreón, los niveles son más profundos mayor abatimiento, lo que ha obligado a la cancelación de algunos pozos.

El organismo encargado de proporcionar el servicio de agua y saneamiento a la ciudad de Gómez Palacio, Dgo., es el Sistema Descentralizado de Agua Potable y Alcantarillado del municipio (SIDEAPA), el cual, por lo que se refiere a la zona urbana, dispone de 27 pozos profundos y 14 para la zona rural,

En la tablasiguiente se muestran los pozos que componen la infraestructura de producción de SIDEAPA urbano.

Tabla 4-29. Resumen de algunos pozos de la red de agua potable de Gómez Palacio Urbano

No de orden	No. De Pozo	Ubicación
1	1	Rayón y Zaragoza, Parque Morelos
2	4A	Diamante y Cerro, Frac. Esperanza
3	5	Trujano y Urrea, Centro
4	6	Bruselas y Niza, Campestre
5	7	16 de Septiembre y Centenario, Centro
6	8	Victoria y Fco. Sarabia, Centro
7	9	Ejido San Ignacio

No de orden	No. De Pozo	Ubicación
8	12A	Suchil y Canatlán, Pil
9	13A	Poanas/Cuatroc. y Lázaro Cárdenas, Pil
10	14	Ejido San Ignacio (Cerro)
11	15	Piedras Negras/Guanacevi y V. del G., Pil
12	17	Prolong. Morelos, Frac. Los Álamos
13	19	Lázaro Cárdenas y Poanas, Pil
14	21	4ª/Prolong. Morelos e I. Leal, Álamos
15	22A	México y Guatemala, Guadalupe Victoria
16	24A	Durango y Bravo, Centro
127	27	Ejido Emiliano Zapata
18	28	Carretera Phillips y C. Herrera, 15 Mayo
19	29	Frac. Bugambillas
20	31	V. del Guadiana 354 "Lala", Pil
21	32	Cerro de la Pila
22	33	Miguel Alemán Km. 1140, dentro de ADM
23	34	3ª y Cerro de la Pila, F. Rosales
24	35	Arboledas y Santa Mónica, Hamburgo
25	36	Ejido Aquiles Serdán, Ptar Oriente
26	37	Atrás de Frankie, Ejido Cuba
27	39	Ejido San Ignacio por Autopista

El sistema de agua potable de Gómez Palacio Urbano dispone también de 17 tanques de regulación. Actualmente, la operación de la red de agua potable de la ciudad de Gómez Palacio básicamente se puede delimitar en 4 sectores



**Figura 4-31. Sectores actuales considerados en la red de agua potable de Gómez Palacio Urbano**

La distribución en los 4 sectores se efectúa sin un control estricto de los caudales que proporcionan los pozos existentes; es decir, al estar interconectadas todas las líneas que conforman la red de agua potable, el agua que se extrae de los pozos, se mezcla en aquellos tramos que son comunes entre los 4 sectores

El SIDEAPA también abastece a una zona Rural de la ciudad de Gómez Palacio, El abastecimiento de agua potable de Gómez Palacio Rural, localizado al norte de la ciudad del mismo nombre, también se realiza a partir de la extracción del agua subterránea, por medio de diversos pozos profundos, distribuidos en distintas partes de la localidad; sin embargo, se pueden delimitar cinco zonas de influencia muy específicas de donde parte la conducción del agua hacia los diferentes ejidos. Adicionalmente, existen algunos ejidos aislados que cuentan con su pozo propio, por lo que éstos no se encuentran interconectados con el resto del sistema.

En la figura 4.32 se pueden observar las zonas de influencia de los pozos que se encuentran en operación actualmente dentro del sistema de agua potable del área rural, y en ese se muestra la dispersión geográfica que existe a lo largo de las localidades de la zona rural lo que complica su abastecimiento

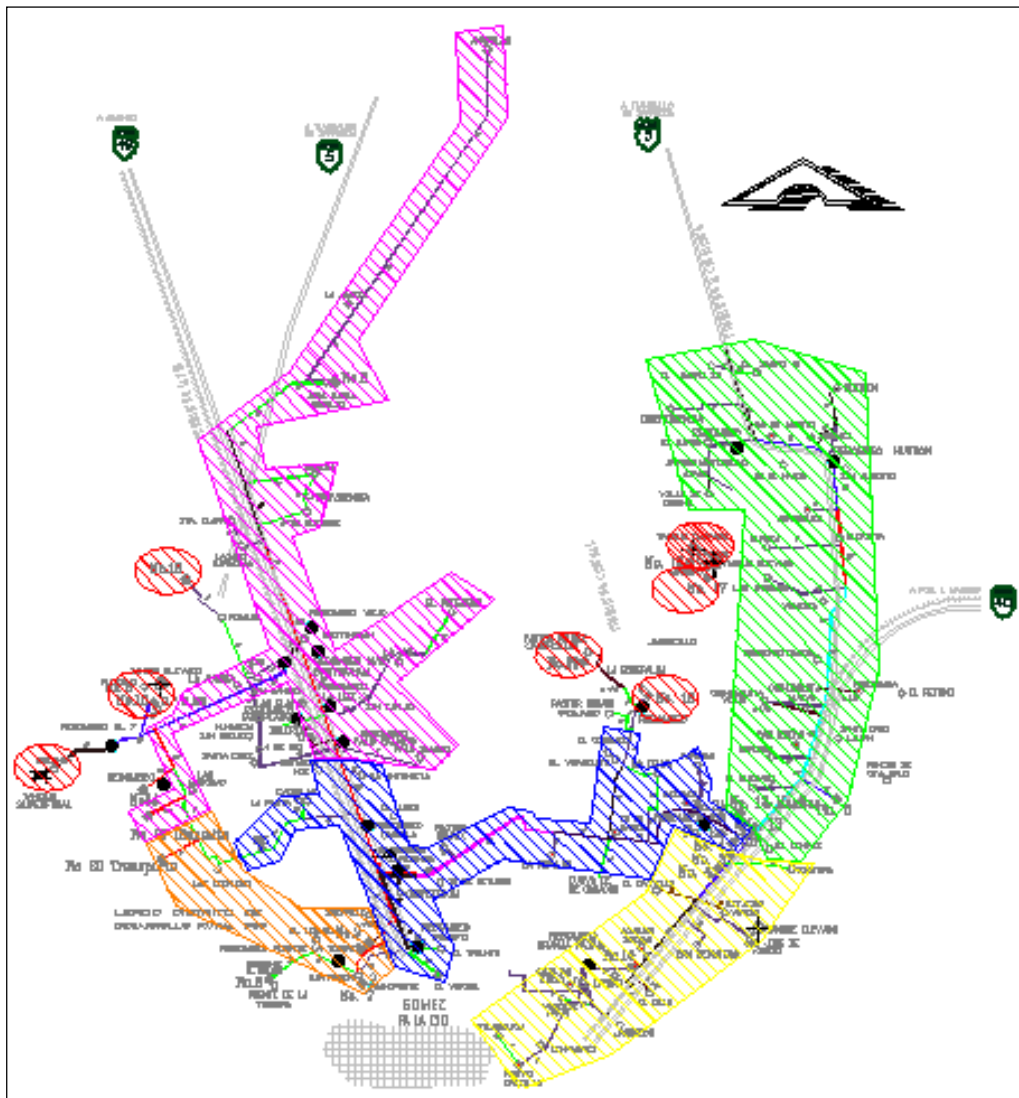


Figura 4-32. Zonas de influencia en la red de agua potable de Gómez Palacio Rural

SIDEAPA ha identificado como problemática principal de su infraestructura hidráulica: la siguiente:

Como problemática general:

- Baja eficiencia hidráulica
- Baja eficiencia electromecánica.
- Alto índice de agua no contabilizada (estimado en 63% )

La problemática de la infraestructura hidráulica se resume en:

- Crecimiento anárquico de la red sin planeación hidráulica.
- Red de distribución totalmente interconectada dando por resultado:
  - Mala distribución de gasto y presión, con zonas altamente deficitarias.
  - Dificultad de realizar balances hidráulicos por sectores y establecimiento de transferencias de un sector a otro.
  - Falta de control
- Infraestructura de almacenamiento y regulación sin utilizar.
- Pozos conectados directamente a la red.
  - Variaciones de gasto y presión y consecuentemente eficiencia
  - Alto consumo de energía.

- Obsolescencia de infraestructura principalmente por edad de la tubería y calidad de los materiales dando por consecuencia.
  - Baja eficiencia hidráulica
  - alto porcentaje de pérdidas.
- Obsolescencia de equipamiento en pozos como consecuencia del envejecimiento de las instalaciones y abatimiento de los niveles del acuífero.
  - Baja eficiencia electromecánica.
  - Baja presión en las descargas.
  - Disminución de gasto.
  - Amplias zonas deficitarias de gasto y presión.
- Vulnerabilidad del sistema ante fallas en pozos o fugas en red, teniendo por consecuencia:
  - Amplias zonas fuera de servicio.
  - Dificultades para llevar el agua a zonas diferentes del área de influencia de la fuente.

El consumo de energía eléctrica es de 38'244,072 kWh en promedio al año, de los cuales el 80 % se consumen en el área urbana y el 20 % en el área rural

#### **4.5.2 Descripción del proyecto , su implementación y resultados**

Como parte de los esfuerzos por resolver esta problemática, el SIDEAPA está desarrollando 2 proyectos:

El Proyecto de Eficiencia Energética. Apoyado por el Fondo Metropolitano de la Laguna y el Proyecto de Sectorización, buscando mejorar su eficiencia física además de otros objetivos centrales para el organismo, para lo cual ha desarrollado un PLAN MAESTRO del cual forma parte dicho proyecto de sectorización

Cabe mencionar que ambos proyectos se han desarrollado hasta la fecha de manera separada y los resultados de cada uno se explican a continuación :

##### **Proyecto de Eficiencia Energética.**

En este proyecto, En el 2009, con apoyo del Fondo metropolitano de la Laguna, se desarrolló un Diagnostico Energético, que arrojó los siguientes resultados y detectó los potenciales de ahorro que se describen

Como parte del diagnóstico energético practicado a los equipos de SIDEAPA , fue la elaboración de balances de energía, en los que se cuantificaron las pérdidas de energía en cada etapa del proceso.

Se evaluaron 27 pozos de Gómez palacio urbano. Y en el medio rural se analizaron 14 pozos,

Las figuras 4.33 y 4.34 presentan los balances de energía actuales del conjunto de pozos en Gómez Palacio Área Urbana y Rural respectivamente. En ellos se observa claramente que en las bombas se tienen las mayores pérdidas de energía, seguidas por las pérdidas por fugas y motores

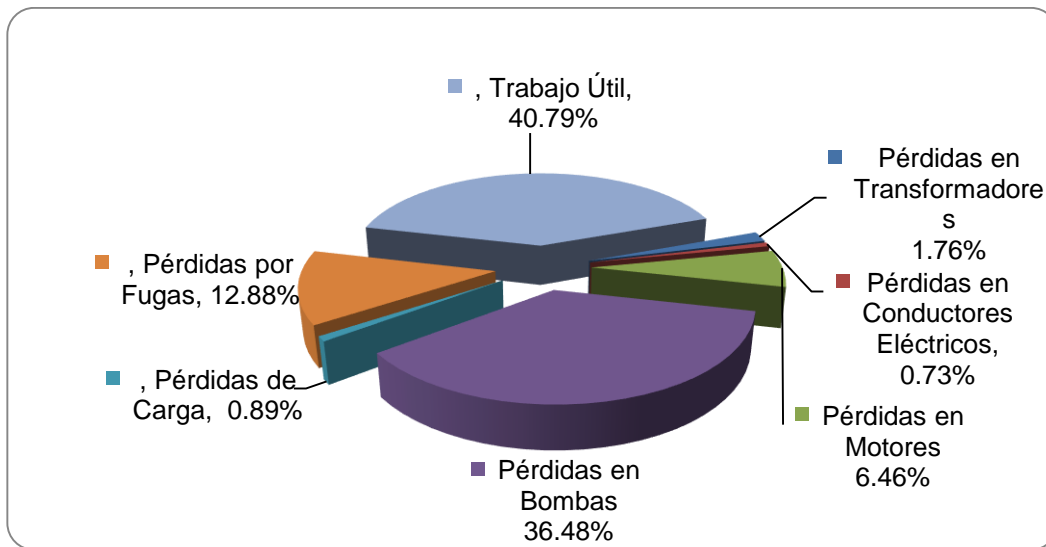


Figura 4-33 Balance de energía actual del conjunto de pozos, Gómez Palacio, Área Urbana

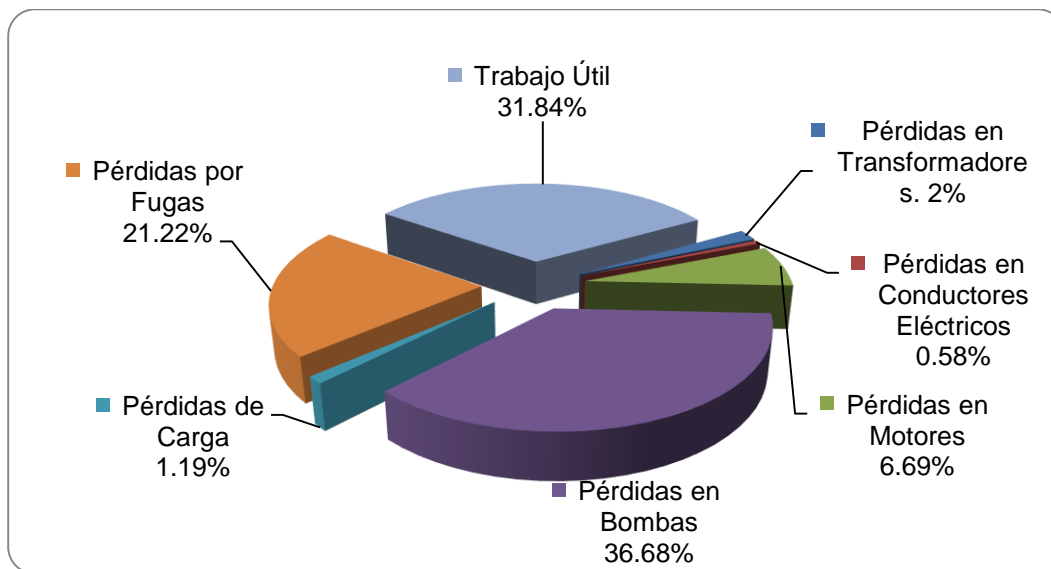


Figura 4-34 Balance de energía actual del conjunto de pozos, Gómez Palacio Área Rural

El costo por facturación eléctrica en SIDEAPA, en el año 2009, cuando se realizó el Diagnóstico Energético era de **39'339,712 \$/año**, de los cuales **31'276,574 \$/año** corresponden a pozos del área urbana y **8'063,138 \$/año** corresponden a pozos del área rural. Como resultado del diagnóstico energético practicado al SIDEAPA, se detectaron áreas de oportunidad de ahorro de energía eléctrica asociadas con:

- La sustitución de bombas que se encuentran operando con bajas eficiencias
- La sustitución de motores que se encuentran operando con bajas eficiencias.
- La sustitución de la tarifa actualmente contratada

## Proyectos de Sustitución de Equipo

Como resultado de la aplicación de la metodología del balance de energía, se analizaron y evaluaron todos los equipos del organismo, y como resultado de este análisis resultaron varios proyectos rentables de reemplazo del equipo de bombeo (motores y bombas) actualmente instalados.

En las tablas 4.30 y 4.31, se presentan los resúmenes de los proyectos específicos propuestos para el área urbana y rural respectivamente, en el que para cada sistema, se presenta la descripción de la medida de ahorro, los ahorros en kWh/año y \$/año, el monto de la inversión necesaria para hacer la implantación de la medida y el período de retorno de la inversión en años. Como se puede observar, el potencial de ahorro de esta medida asciende a **\$10'892,602** al año, con una inversión de **\$ 7'045,109**, que se recuperará en **0.65** años para el área Urbana y para el área Rural, el potencial de ahorro de esta medida asciende a **\$ 3'423,449** al año, con una inversión de **\$ 3'641,449**, que se recuperará en **1.06** años.

**Tabla 4-30. Descripción de equipos factibles a sustituir, Gómez Palacio Área Urbana.**

Núm. Equip.	Sistema	Descripción	Ahorros		Inversión \$	Retorno de Inversión
			kWh/año	\$/año		
P37	Frankie Ejido Cuba	Sustituir el conjunto Motor-Bomba	33,574	46,596	136,769.21	2.94
P36	Ejido Aquiles Serdan	Sustituir el conjunto Motor-Bomba	183,357	240,589	383,873.51	1.60
P7	16 de Septiembre	Sustituir el conjunto Motor-Bomba	261,549	375,405	262,278.72	0.70
P1	Parque Morelos	Sustituir la Bomba	257,743	265,333	150,640.23	0.57
P15	P. Negras	Sustituir la Bomba	304,185	394,083	141,331.47	0.36
P19	L. Cardenas y Poanas Pil	Sustituir el conjunto Motor-Bomba	176,412	210,495	277,255.49	1.32
P13A	Poanas	Sustituir el conjunto Motor-Bomba	280,314	357,765	432,821.45	1.21
P33	M. Aleman	Sustituir la Bomba	524,677	582,263	218,204.98	0.37
P6	Bruselas y Niza Campestre	Sustituir la Bomba	236,853	283,415	193,605.64	0.68
P24A	Durango y Bravo Centro	Sustituir la Bomba	756,653	999,768	284,326.74	0.28
P5	Trujano y Urrea Centro	Sustituir la Bomba	805,719	1,012,120	298,994.37	0.30
P17	Prol. Morelos Fracc. Los Alamos	Sustituir la Bomba	366,509	289,327	202,063.97	0.70
P21	4a Prol. Morelos E.I. Leal Alamo	Sustituir el conjunto Motor-Bomba	228,670	345,021	287,905.84	0.83
P39	Ejido San Ignacio X Autopista	Sustituir la Bomba	1,118,376	1,402,885	237,600.70	0.17
P4	Diamante Fracc. Esperanza	Sustituir la Bomba	363,178	477,515	295,324.09	0.62
P32	Cerro de la Pila	Sustituir el conjunto Motor-Bomba	439,022	553,046	468,887.78	0.85
P14	Ejido san Ignacio Cerro	Sustituir la Bomba	505,001	654,761	265,597.62	0.41
P12A	Suchil y Canatlan Pil	Sustituir la Bomba	277,951	441,459	251,555.40	0.57
P31	V. del Guadiana	Sustituir el conjunto Motor-Bomba	299,462	378,868	543,173.65	1.43
P28	Phillips y C. Herrera	Sustituir la Bomba	258,593	344,981	252,095.96	0.73
P35	Arboledas y Sta. Mónica	Sustituir el conjunto Motor-Bomba	253,282	384,109	183,958.39	0.48
P22	México y Guatemala	Sustituir el conjunto Motor-Bomba	49,878	70,403	265,921.09	3.78
P27	Ejido Emiliano Zapata	Sustituir la Bomba	26,254	42,606	123,778.12	2.91
29	Fracc. Bugambilias	Sustituir el conjunto Motor-Bomba	295,064	372,411	436,912.50	1.17
P9	Ejido San Ignacio	Sustituir el conjunto Motor-Bomba	80,308	123,928	309,768.27	2.50
P34	3a y Cerro de Pila F. Rosales	Sustituir la Bomba	173,669	243,450	140,464.22	0.58
<b>TOTAL</b>			<b>8,556,251</b>	<b>10,892,602</b>	<b>7,045,109</b>	<b>0.65</b>



**Tabla 4-31. Descripción de equipos factibles a sustituir, Gómez Palacio Área Rural**

Núm.	Sistema	Descripción	Ahorros		Inversión \$	Retorno de Inversión (años)
			kWh/año	\$/año		
P-21	EJIDO DINAMITA	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	659,705.63	954,662	584,735	0.61
P-20	EJIDO TRANSPORTE	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	99,446.67	163,048	551,804	3.38
P-17	EJIDO ARCINAS	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	95,586.54	137,571	241,770	1.76
P-19	EJIDO JABONCILLO	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	39,640.91	55,497	112,694	2.03
P-16	EJIDO ESMERALDA	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	60,480.84	94,091	200,033	2.13
P-03	EJIDO SAN FELIPE	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	324,061.20	497,006	241,070	0.49
P-2A	EJIDO SAN FELIPE	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	222,811.67	306,609	368,608	1.20
P-01	EJIDO SAN FELIPE	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	164,959.62	223,540	328,603	1.47
P-13A	EJIDO MASITAS	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	373,387.43	412,391	571,039	1.38
P-05	EJIDO LUJAN	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	239,871.49	362,258	252,079	0.70
P-13	EJIDO SAN TOÑA	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	135,903.21	216,602	189,013	0.87
TOTAL:			<b>2,415,855</b>	<b>3,423,276</b>	<b>3,641,449</b>	<b>1.06</b>

### Proyectos de cambio de tarifa

De los resultados del análisis de tarifas presentado en el capítulo anterior del presente reporte, encontramos que en tres sistemas existe la posibilidad de cambiar el tipo de tarifa actualmente contratada y obtener ahorros. En la tabla 4.32 y 4.33 se presentan el detalle de las instalaciones donde es factible este tipo de proyecto, se presenta la tarifa actual y la propuesta, y se presenta el monto de los ahorros económicos que es posible obtener con la implantación de estas medidas de ahorro. Como se puede observar, el potencial de ahorro total a alcanzar con la aplicación de la medida es de \$85, 888 al año en Gómez Palacio Área Urbana y 697,414 \$/año para Gómez Palacio, Área Rural.

**Tabla 4-32 Descripción de sistemas factibles a cambios de tarifas, Gómez palacio Área Urbana.**

Núm.	Sistema	Nom. EQ	Observaciones	Ahorro (\$/año)
1	16 de Septiembre	P7	Cambiar de tarifa OM por tarifa HM	\$ 62,540.48
2	4a Prol. Morelos E.I. Leal Alamo	P21	Cambiar de tarifa OM por tarifa HM	\$ 52,661.50
3	Suchil y Canatlan Pil	P12A	Cambiar de tarifa 06 por tarifa HM	\$ 87,468.24
4	Arboledas y Sta. Mónica	P35	Cambiar de tarifa OM por tarifa HM	\$ 42,829.36
5	Ejido Emiliano Zapata	P27	Cambiar de tarifa OM por tarifa HM	\$ 26,745.96
6	Ejido San Ignacio	P9	Cambiar de tarifa OM por tarifa 06	\$ 25,709.21
7	Victoria y Fco. Sanabria Centro	P8	Cambiar de tarifa OM por tarifa 06	\$ 24,959.76
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 322,914.51</b>

Tabla 4-33 Descripción de sistemas factibles a cambios de tarifas, Gómez palacio Área Rural

SITUACIÓN ACTUAL				
Núm.	Sistema	Nom. EQ	Observaciones	Ahorro (\$/año)
1	Pueblo Nuevo	P-15	Cambiar tarifa 06 por tarifa HM.	\$ 17,632
2	Ejido Transporte	P-20	Cambiar tarifa 06 por tarifa HM.	\$ 390,473
3	Ejido Arcinas	P-17	Cambiar tarifa 06 por tarifa HM.	\$ 20,608
4	Ejido Jaboncillo	P-19	Cambiar tarifa 9M por tarifa HM	\$ 10,590
5	Ejido Esmeralda	P-16	Cambiar tarifa 06 por tarifa HM.	\$ 41,585
6	Ejido San Felipe	P-03	Cambiar tarifa 06 por tarifa HM.	\$ 133,587
7	Ejido Lujan	P-05	Cambiar tarifa OM por tarifa HM.	\$ 82,939
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 697,414</b>

La tabla 4.34 presenta un resumen de las medidas de ahorro recomendadas

Tabla 4-34. Resumen de ahorros de energía Gómez palacio Urbano y Rural

RESUMEN DE PROYECTOS DE AHORRO DE ENERGÍA EN GOMEZ PALACIO						
Proyecto		Ahorros			Inversión	Retorno de Inversión
No.	Descripción	kW	kWh/año	\$/año	\$	años
1	Sustitución de 25 bombas y 11 motores actuales por equipos más eficientes, en pozos de Gómez Palacio Área Urbana.	1042	8'580,333	10,894,058	7'045,109	0.65
2	Cambio de tarifa en 7 sistemas, en Gómez Palacio, Área Urbana.			322,914		
2	Sustitución de 11 bombas y 11 motores actuales por equipos más eficientes, en pozos de Gómez Palacio Área Rural.	368	2'415,855	3'423,275	3'641,449	1.06
3	Cambio de tarifa en 7 sistemas, en Gómez Palacio, Área Rural.			697,414		
TOTAL:		1410	10'996,188	15'337,661	10'686,558	0.69

El potencial de ahorro identificado, ascendió , en el 2009 a **\$ 15'337,661** anuales, con una inversión de **\$10'686,558**, lo que da un período simple de recuperación de la inversión de **0.69 años**.

### Balance De Energía Esperado

En las figuras 4.35 y 4.36 se presentan la estructura del balance de energía que se obtendría con la aplicación de las medidas de ahorro. En ellas se aprecia que el potencial de ahorro por incrementar la eficiencia electromecánica de los equipos en pozos de Gómez palacio Área Urbana es de **29.59%**, y en Gómez Palacio Área Rural es de **29.43%**

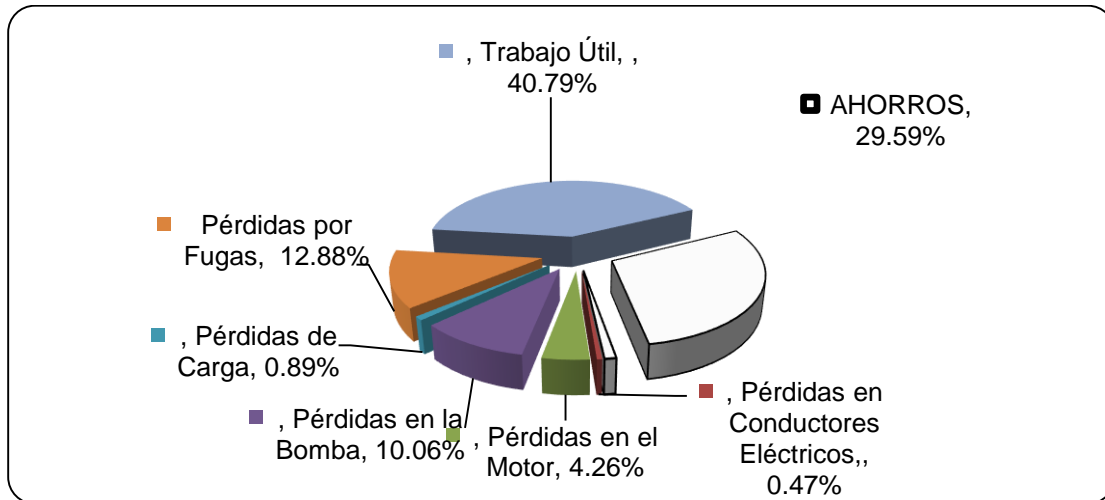


Figura 4-35 Balance de energía esperado en los pozos de Gómez Palacio, Área Urbana

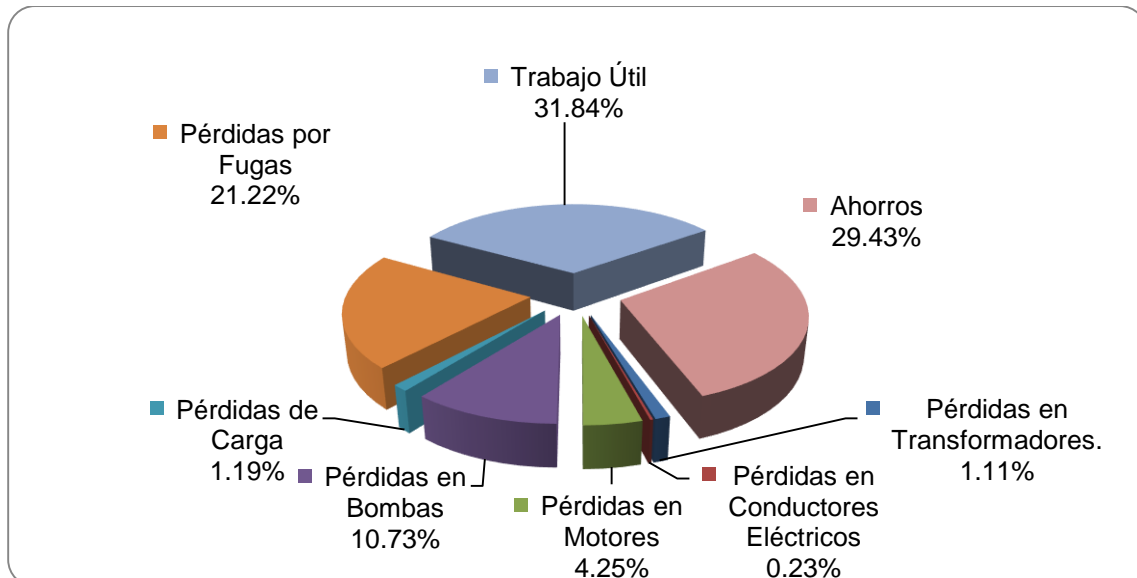


Figura 4-36 Balance de energía esperado en los pozos de Gómez Palacio Área Rural

Aun cuando se proyectaba un ahorro importante como resultado del diagnóstico, este proyecto, realizado en abril del 2009, no se implementó, como fue especificado en el mismo. No obstante, el SIDEAPA ha estado realizando acciones de rehabilitación y mantenimiento correctivo básicamente, con recursos propios.

De estas acciones se consiguió una copia detallada, incluyendo costos por parte del SIDEAPA y se realizó un análisis de resultados en materia de eficiencia energética, comparando los resultados del diagnóstico realizado en 2009 y otro diagnóstico de actualización realizado durante Noviembre 2011

El resultado de este análisis se muestra a continuación, en las siguientes tablas donde se muestra respectivamente, los resultados de eficiencia electromecánica de Abril del 2009, Actualización de Noviembre del 2011 y las conclusiones pertinentes resultantes de este análisis equipo por equipo para después describir las conclusiones generales

Tabla 4-35. Resultados de eficiencia electromecánica obtenida durante el DEN en abril de 2009

Sistema	Equipo	HP	MOTOR-BOMBA					Potencia Dem. (kW)	Factor de Potencia FP	Nivel Dinámico (m)	HP
			Gasto	Carga	Efic.						
					Bomba (%)	Motor (%)	E.M. (%)				
m3/seg	(m)	(%)	(%)	(%)							
Frankie Ejido Cuba	P37	40	0.0092	143.01	63.5%	83.1%	52.72%	24.6	0.77	137	
Ejido Aquiles Serdan	P36	200	0.0161	199.24	57.0%	90.5%	51.53%	61.2	0.65	187	200
16 de Septiembre	P7	150	0.0255	115.06	47.1%	93.4%	44.0%	65.5	0.86	110	150
Parque Morelos	P1	250	0.0495	208.20	73.0%	86.7%	63.2%	170	0.83	169.2	250
P. Negras	P15	150	0.0276	179.10	54.0%	93.1%	50.3%	96.4	-0.97	170.12	150
L. Cardenas y Poanas Pil	P19	200	0.0155	152.39	50.7%	91.4%	46.3%	46	0.71	144.03	200
Poanas	P13A	200	0.0255	182.23	55.0%	94.4%	51.87%	88	0.75	174.02	200
M. Aleman	P33	300	0.0602	152.57	56.6%	93.2%	52.7%	171	0.84	141.29	400
Bruselas y Niza Campestre	P6	300	0.052	160.91	67.8%	95.4%	64.7%	127	0.89	146.83	300
Durango y Bravo Centro	P24A	500	0.081	196.25	55.4%	95.3%	52.8%	296	0.92	160.63	400
Trujano y Urrea Centro	P5	400	0.1006	156.92	57.8%	94.5%	54.6%	284	0.88	146.25	500
Prol. Morelos Fracc. Los Alamos	P17	150	0.0327	147.07	49.9%	92.8%	46.3%	102	0.77	134.00	
4a Prol. Morelos E.I. Leal Alamo	P21	150	0.0174	144.79	44.2%	93.4%	41.3%	59.9	0.98	137.16	125
Ejido San Ignacio X Autopista	P39	400	0.081	164.54	47.9%	95.2%	45.6%	287	0.91	130.29	400
Diamante Fracc. Esperanza	P4	300	0.061	206.26	69.3%	93.3%	64.7%	191	0.86	185.93	
											300
Cerro de la Pila	P32	300	0.041	194.03	56.3%	95.1%	53.5%	146	0.84	159.02	300
Ejido san Ignacio Cerro	P14	400	0.1287	154.17	68.4%	94.7%	64.7%	301	0.88	141.39	400
Suchil y Canatlan Pil	P12A	300	0.052	210.81	62.3%	95.4%	59.5%	181	0.87	195.21	300
V. del Guadiana	P31	200	0.055	170.51	66.5%	93.5%	62.2%	148	0.96	155.34	200
Phillips y C. Herrera	P28	200	0.041	188.65	64.9%	94.5%	61.3%	124	0.94	180.02	200
Arboledas y Sta. Mónica	P35	125	0.0224	64.88	32.0%	94.3%	30.2%	47	0.54	63.60	100
México y Guatemala	P22	75	0.0265	152.43	71.5%	85.5%	61.1%	66	0.95	133.63	75
Ejido Emiliano Zapata	P27	40	0.0105	170.15	67.1%	83.8%	56.2%	32.6	0.96	161.59	50
Fracc. Bugambilias	29	200	0.0412	175.36	61.1%	95.9%	58.6%	121.1	0.98	156.44	200
Ejido San Ignacio	P9	100	0.0185	157.08	58.9%	93.7%	55.2%	51.7	0.76	121.95	
											500
3a y Cerro de Pila F. Rosales	P34	250	0.0585	176.62	72.1%	87.5%	63.1%	166	0.92	169.50	250
Victoria y Fco. Sanabria Centro	P8	125	0.0186	192.04	74.8%	80.8%	60.4%	58.5	0.99	183.47	60

Tabla 4-36. Resultados de eficiencia electromecánica obtenida durante la actualización del DEN Nov 2011

Sistema	Equipo	HP	MOTOR-BOMBA					Potencia Elec. (kW)	Factor de Potencia FP	Nivel Dinámico (m)
			Gasto	Carga	Efic.					
					Bomba (%)	Motor (%)	E.M. (%)			
m3/seg	(m)	(%)	(%)	(%)						
Frankie Ejido Cuba	P37									
Ejido Aquiles Serdan	P36	200	17.60	191.05	60.10%	91.88%	55.22%	59.73	56.56%	176.35
16 de Septiembre	P7	150	22.40	148.47	62.29%	90.43%	56.33%	57.92	68.76%	145.30
Parque Morelos	P1	250	54.50	222.76	76.03%	86.59%	65.83%	180.93	82.43%	176.70
P. Negras	P15	150	24.50	148.38	43.67%	90.85%	39.67%	89.90	86.06%	140.30
L. Cardenas y Poanas Pil	P19	200	22.20	147.41	63.04%	87.89%	55.41%	57.94	66.55%	143.10
Poanas	P13A	200	12.50	177.16	40.00%	90.69%	36.27%	59.89	65.27%	170.80
M. Aleman	P33	400	74.00	182.49	59.71%	94.97%	56.71%	233.61	78.95%	167.05
Bruselas y Niza Campestre	P6	300	37.50	179.36	63.71%	88.58%	56.43%	116.92	85.86%	159.66
Durango y Bravo Centro	P24A	400	70.00	194.67	68.68%	93.36%	64.12%	208.48	88.27%	164.60
Trujano y Urrea Centro	P5	500	127.00	174.54	74.62%	92.96%	69.36%	313.50	89.73%	161.40
Prol. Morelos Fracc. Los Alamos	P17									
4a Prol. Morelos E.I. Leal Alamo	P21	125	8.50	134.49	23.97%	90.03%	21.58%	51.98	75.26%	130.50
Ejido San Ignacio X Autopista	P39	400	98.00	174.48	56.69%	94.68%	53.68%	312.51	90.68%	149.00
Diamante Fracc. Esperanza	P4									
		300	41.00	187.82	55.06%	89.77%	49.43%	152.82	84.11%	179.25
Cerro de la Pila	P32	300	44.50	194.53	64.80%	91.70%	59.42%	142.91	91.06%	157.15
Ejido san Ignacio Cerro	P14	400	120.00	175.48	67.17%	94.80%	63.67%	324.43	91.22%	153.75
Suchil y Canatlan Pil	P12A	300	44.70	185.36	55.59%	92.63%	51.50%	157.84	86.95%	172.40
V. del Guadiana	P31	200	52.00	191.59	75.21%	93.55%	70.36%	138.90	93.72%	178.20
Phillips y C. Herrera	P28	200	43.50	199.33	72.99%	91.27%	66.62%	127.68	91.62%	194.50
Arboledas y Sta. Mónica	P35	100	11.00	91.86	37.58%	88.06%	33.09%	29.96	53.49%	80.75
México y Guatemala	P22	75	21.00	104.53	50.64%	85.06%	43.07%	50.00	77.86%	90.80
Ejido Emiliano Zapata	P27	50	13.50	130.55	54.24%	83.88%	45.50%	38.00	80.24%	100.45
Fracc. Bugambilias	29	200	34.00	191.39	64.97%	94.67%	61.51%	103.78	83.11%	173.35
Ejido San Ignacio	P9									
		500	120.00	196.38	71.24%	94.26%	67.15%	344.29	83.21%	153.00
3a y Cerro de Pila F. Rosales	P34	250	35.00	176.16	47.04%	86.30%	40.59%	149.00	76.64%	172.95
Victoria y Fco. Sanabria Centro	P8	60	11.40	192.82	63.25%	82.21%	52.00%	41.47	80.21%	174.65

En las tablas siguientes, se presentan las acciones de mantenimiento, así como las conclusiones individuales, pozo a pozo del efecto que tuvieron dichas de mantenimiento correctivo y preventivo que se realizaron entre los dos periodos de evaluación y al final las conclusiones generales

El análisis se presenta por grupo de pozos

Tabla 4-37. Acciones de mantenimiento realizadas.

Sistema	Pozo	Acciones de Mantenimiento Realizadas entre Abril 2009 y Octubre 2011	Observaciones y Conclusiones
Frankie Ejido Cuba	P37	FUERA DE OPERACIÓN	
Ejido Aquiles Serdan	P36	cambio a Bomba sumergible (2012-01-24), transformador 75 kVA (2012-02-01)	No se aprecian cambios importantes, lo cual es logico porque no se ha realizado ninguna accion, es raro que se haya incrementado la Ef.Elect., pero puede ser resultado del incremento de caudal al abatirse el nivel dinamico
16 de Septiembre	P7	Reparación a Variador (2009-10-15), mantenimiento a motor de 150 CP (2011-06-20), mantenimiento a transmisión y cuerpo de tazones (2011-08-09)	El mantenimiento a tazones y transmision tuvo un efecto positivo, dado que bajo la demanda un 12 %, es posible se haya cambiado la bomba, sin cambio de motor y ya se tenia una excesiva demanda atribuible a las fallas de la transmision mecanica
Parque Morelos	P1	Cambio bomba 150 CP (2011-01-28), retiro de variador 300 CP (2011-07-04), cambio motor a 400 CP (2011-07-11), reparación motor 300 CP (2011-07-11), rparación interruptor 600 A (2011-10-11)	La sustitucion de la bomba y motor recuperaron la produccion de 49 a 54 l/saun con mayor carga de bombeo, el indice energetico mejoro, por lo que se concluye que el cambio de equipo fue favorable y ya no se justifica el cambio nuevamente, aunque se deberia evaluar la opcion para volver al menos a la potencia anterior
P. Negras	P15	NO SE REPORTAN CAMBIOS	Segun registros no se ha dado mantenimiento ni cambios, por lo que se abatio la eficiencia, aun cuando bajo la demanda de potencia, debido al abatimiento del pozo y desgaste del equipo,,
L. Cardenas y Poanas Pil	P19	Reparación de variador (2009-02-05), by-pass eléctrico (2009-04-14), reparación dos tramos de columna (2009-07-06), nivelación de motor 200 CP (2009-07-20), instalacion de capacitores 25 kVAr (2009-07-23), reparación de puentes de arrancador a reelevadores de sobrecarga (2010-04-26), reparación extractor dentro del variador (2011-01-05)	No hubo acciones de mantenimiento en motor y bomba, solo en la columna, con lo cual se recupero el pozo, y aunque aumento la potebcia, el indice energetico es mejor. Esto indica que posiblemente estaba boqueando por los tramos de columna dañados

Observaciones sobresalientes de este grupo de pozos:

- En el pozo 7, se aprecia que el mantenimiento a transmisión y cambio de tazones, bien realizado, puede tener un efecto positivo de 12 %, sin necesidad de cambio de motor
- En el pozo 15, se observa que si no se realiza ninguna acción de mantenimiento durante 2 años, se reduce el rendimiento de la bomba, expresada en kWh/m<sup>3</sup> y baja la eficiencia electromecánica aun cuando baja la potencia eléctrica lo cual pareciera un ahorro de energía pero está afectando el servicio a los usuarios
- En el pozo 19, se observa que una acción no costosa de ajuste de las condiciones del pozo, como aumentar tramos de columna, puede tener un efecto positivo en el rendimiento, al aumentar caudal, y aunque también aumenta la potencia, se mejora el índice energético expresado en kWh/m<sup>3</sup>

Tabla 4-38. Acciones de mantenimiento realizadas

Sistema	Pozo	Acciones de Mantenimiento Realizadas entre Abril 2009 y Octubre 2011	Observaciones y Conclusiones
Poanas	P13A	Revisión de variador 300 CP falla por calentamiento (2009-02-03), cortocircuito en caja de conexiones cable dañado (2009-03-05), instalación de gabinetes de contactores y cableado por cables dañados (2009-03-17), desmontar y reparar 28 tramos de columnas de flechas (2009-09-14), video a pozo (2009-09-24), mantenimiento a equipo de bombeo instalando 2 tramos más de columna (2009-09-30), reparación de estopero (2010-06-04), reparación de variador 300 CP (2010-06-21), reparación de cuerpo de tazones de 17 pasos (2010-12-06), cambio motor 300 CP dañado por motor de 200 CP (2011-03-08)	En este equipo al parecer si se han reflejado positivamente las acciones de mantenimiento, y el variador esta influyendo en la evauacion de la eficiencia electromecanica, que aparentemente resulto baja pero puede ser que se este operando en baja frecuencia, checar especificaciones de nuevo equipo . se recomienda replantear la aplicacion del variador
M. Aleman	P33	Reparación retenida de MT (2009-07-14), cambio de valeros a motor (2010-03-23), cambio de motor de 300 CP por 400 CP (2010-06-29), cambio de motor dd 400 CP a 300 CP por inundación se trabaja a menor Hz (2010-08-17), cambio de motor de 300 CP a 400 CP por daño (2011-07-06), reparación de motor de 300 CP reemboinado y baleros (2011.-07-11), cambio de motor de 400 CP a 300 CP debido a motor quemado (2011-12-05), reemboinado de motor 400 CP (2011-12-20)	Los cambios y rebobinados del motor, afectaron la operación y aunque aumento la eficiencia electromecanica por cambios en las condiciones de operación de la bomba, que aumentaron el caudal, se incremento mucho la potencia y empeoro el indice energetico. se debe considerar el cambio de equipo
Bruselas y Niza Campestre	P6	Cambio baleros motor, mantenimiento columna de flechas, video al pozo, instalación capacitores (2008-11-12), cambio de motor 300 CP US X IEM (2010-08-24), con cambio de balero (2010-08-24), buje dañado en flecha (2010-11-09), cambio de motor mismo CP (2011-09-22), cambio de baleros (2011-10-01)	Se realizo mantenimiento al motor pero no a la bomba, y la eficiencia electromecanica baja porque baja el caudal producido quiza por desgaste de la bomba , esto implica empeorar el indice energetico lo que confirma la necesidad de monitoreo de este indicador para detectar un cambio o baja en rendimiento. recheckar el caudal para la especificacion, debe andar por los 50

- En el Pozo 13 A, se refleja el efecto negativo de la aplicación de un variador de frecuencia mal aplicado, al estarse teniendo grandes problemas en los sistemas eléctricos por la distorsión armónica y se está reflejando también en la baja eficiencia de operación, aunque aparentemente está bajando la potencia eléctrica en realidad baja el rendimiento energético
- En el pozos 33, se observa que un mal mantenimiento en el motor y bomba, ocasiona que aunque aumente la eficiencia electromecánica, aumenta en exceso la potencia eléctrica y pareciera un ahorro de energía, el índice energético empeora
- En el pozo 6, se observa que el dar mantenimiento solo al motor, pero no a la bomba, no previene el desgaste de la misma y por ende no mejora sino que empeora la eficiencia electromecánica al abatirse el caudal y por lo tanto el índice energético
- En estos pozos se confirma la necesidad de monitorear el índice energético y no solo la eficiencia electromecánica y la potencia

Tabla 4-39. Acciones de mantenimiento realizadas

Sistema	Pozo	Acciones de Mantenimiento Realizadas entre Abril 2009 y Octubre 2011	Observaciones y Conclusiones
Durango y Bravo Centro	P24A	Quitar 2 tramos de columna (2009-07-06), cambio de motor de 400 CP por uno de 500 CP se quemó el de 400 CP (2009-10-06), cambio de cuerpo de tazones para 80 lps y 35 m (2011-05-18)	El cambio de tazones si tuvo un efecto en mejora de la eficiencia electromecánica y 30 % en la potencia , además mejoro el indice energetico, lo que confirma que no se requiere muchas veces el cambio de motor, pero quizá conviene cambio de bomba nuevamente para regresarlo a 80 lps
Trujano y Urrea Centro	P5	Cambio cuerpo de tazones (2008-10-22), instalación capacitores (2008-11-12), cambio motor a 400 CP (2009-06-03), cambio motor 400 CP (2009-08-08), video del pozo (2009-09-14), reparación primer tramo de columna (2009-09-28), reparación variador (2009-10-019, cuerpo de tazones nuevo (2009-12-17), cambio motor (2010-03-23), motor quemado (2010-06-11), cambio de columna y cuerpo de tazones (2011-03-07)	Los cambios de cuerpo de tazones e incluso de motor por quemarse, mejoro el indicador energetico aun con mayor potencia porque aumento la producción sustancialmente, se gastaron \$ 800,000 con todos estos cambios de mantenimiento correctivo, mas todo el tiempo muerto y horas hombre invertidas, lo que comprueba que es mejor una inversión preventiva incluyendo sistema de tierras y todo lo necesario lo que evitaria el tiempo muerto y lograr mejora en la eficiencia energética desde mucho tiempo antes
Prol. Morelos Fracc. Los Alamos	P17	fuera de operación	
4a Prol. Morelos E.I. Leal Alamo	P21	Capacitores (2008-11-12), reparación columna (2009-01-05), base de concreto (2009-05-18), cambio de flecha motor (2010-08-24), sustitución de motor (2011-10-19)	No se reportan mejoras al equipo de bombeo pero observando las lecturas de CFE se aprecia una disminución en la potencia de 64 kW dm a 59 kW dm y en consumo de 44,160 kWh a 41,680 kWh que quiere decir que se tiene un desgaste en los tazones puesto que el gasto disminuyo de 17.4 lps a 8.5 lps y también el nivel dinámico de bombeo de 137 m a 130 m. esto comprueba la necesidad de monitorear el indice energetico que aumento al doble, o sea que empeoro, y no solo la potencia la cual disminuyo pero no se considera mejora en eficiencia energética , revisar el caudal de especificación porque anteriormente tenía 17 lps

- En el pozo 22 , se observa que el mantenimiento preventivo a la bomba, a través de un cambio de tazones, sin necesidad de cambio de motor, puede tener un efecto positivo en el rendimiento e incluso reducir la potencia lo cual si conlleva un ahorro de energía
- En el pozo 5, se observa que un buen proyecto de sustitución de equipo, puede tener un ahorro de energía sustancial, e incluso gastar menos que en este caso que se gastó demasiado ya que el cambio, que si tuvo el efecto deseado, fue por mantenimiento correctivo ya que se quemó el motor, además puede evitarse mucho tiempo muerto y horas hombre
- En el pozo 21, donde no se realizó ninguna acción de mantenimiento durante casi 2 años, se aprecia que se abate el caudal y aunque bajo la potencia eléctrica, bajo el rendimiento del equipo y se confirma también la conveniencia de monitorear este parámetro ,

Tabla 4-40. Acciones de mantenimiento realizadas

Sistema	Pozo	Acciones de Mantenimiento Realizadas entre Abril 2009 y Octubre 2011	Observaciones y Conclusiones
Durango y Bravo Centro	P24A	Quitar 2 tramos de columna (2009-07-06), cambio de motor de 400 CP por uno de 500 CP se quemó el de 400 CP (2009-10-06), cambio de cuerpo de tazones para 80 lps y 35 m (2011-05-18)	El cambio de tazones si tuvo un efecto en mejora de la eficiencia electromecanica y 30 % en la potencia , ademas mejoro el indice energetico, lo que confrma que no se requiere muchas veces el cambio de motor, pero quiza conviene cambio de bomba nuevamente para regresarlo a 80 lps
Trujano y Urrera Centro	P5	Cambio cuerpo de tazones (2008-10-22), instalación capacitores (2008-11-12), cambio motor a 400 CP (2009-06-03), cambio motor 400 CP (2009-08-08), video del pozo (2009-09-14), reparación primer tramo de columna (2009-09-28), reparación variador (2009-10-019, cuerpo de tazones nuevo (2009-12-17), cambio motor (2010-03-23), motor quemado (2010-06-11), cambio de columna y cuerpo de tazones (2011-03-07)	Los cambios de cuerpo de tazones e incluso de motor por quemarse, mejoro el indicador energetico aun con mayor potencia porque aumento la produccion sustancialmente, se gastaron\$ 800,000 con todos estos cambios de mantenimiento correctivo, mas todo el tiempo muerto y horas hombre invertidas, lo que comprueba que es mejor una inversion preventiva incluyendo sistema de tierras y todo lo necesario lo que evitaria el tiempo muerto y lograr mejora en la eficiencia energetica desde mucho tiempo antes
Prol. Morelos Fracc. Los Alamos	P17	fuera de operación	
4a Prol. Morelos E.I. Leal Alamo	P21	Capacitores (2008-11-12), reparación columna (2009-01-05), base de concreto (2009-05-18), cambio de flecha motor (2010-08-24), sustitución de motor (2011-10-19)	No se reportan mejoras al equipo de bombeo pero observando las lecturas de CFE se aprecia una disminucion en la potencia de 64 kW dm a 59 kW dm y en consumo de 44,160 kWh a 41,680 kWh que quiere decir que se tiene un desgaste en los tazones puesto que el gasto disminuyo de 17.4 lps a 8.5 lps y tambien el nivel dinamico de bombeo de 137 m a130 m. esto comprueba la necesidad de monitorear el indice energetico que aumento al doble, o sea que empeoro, y no solo la potencia la cual disminuyo pero no se considera mejora en eficiencia energetica , revisar el caudal de especificacion porque anteriormente tenia 17 lps
Ejido San Ignacio X Autopista	P39	Cambiar motor y retirar variador (2009-06-20), instalacion de variador y cambio de motor a 500 CP (2009-10-06), falla variador (2010-01-04), mantenimiento bomba, cambio motor y reparación variador (2010-02-11), reparación motor (2010-08-12), reparación flechas e instalación motor 400 CP por motor de 500 CP quemado (2011-01-28), reparación variador (2011-12-01)	De las mediciones del (2009-03-27) a las realizadas en (2011-11-15) se aumento el gasto de 81 a 98 lps y la carga total de 164 a 174 m, con esto aumento la eficiencia electromecanica de 45.6% a 53.68% resultando en una menor demanda, según CFE disminuyo de 376 kW dm a 335 kW dm y el consumo de 241,168 kWh a 156,576 kWh, el mayor problema que es que se queman los motores se debe a la falta de calibración de la protección termica que se encontro calibrada a 550 A y el motor a plena carga solo puede llegar a 477 A.se gastaron\$ 1,100,000 con todos estos cambios de mantenimiento correctivo, mas todo el tiempo muerto y horas hombre invertidas, lo que comprueba que es mejor una inversion preventiva incluyendo sistema de tierras y todo lo necesario lo que evitaria el tiempo muerto y lograr mejora en la eficiencia energetica desde mucho tiempo antes. revisar la
Diamante Fracc. Esperanza	P4	fuera de operación	
		Pozo de reciente operación	

- El cambio de bomba en el pozo 24 , por mantenimiento correctivo, tuvo un efecto positivo en el consumo y rendimiento energético, lo cual demuestra que no es necesario siempre el cambio de motor, sin embargo también demuestra que puede lograrse el mismo objetivo con un cambio programado, evitando el tiempo muerto y por ende con menor costo



- En los pozos 5 y 39, se tuvo el mismo efecto, pero incluyo cambio de motor y por ende el costo fue excesivo. En el pozo 39 se tienen problemas en la instalación eléctrica por efectos del variador y falta de un sistema de puesta a tierra efectivo
- En el Pozo 21 se demuestra que la falta de mantenimiento preventivo, lleva a un abatimiento del caudal por desgaste y aunque se tiene una reducción en potencia eléctrica, el rendimiento puede bajar hasta un 50 %

Tabla 4-41. Acciones de mantenimiento realizadas

Sistema	Pozo	Acciones de Mantenimiento Realizadas entre Abril 2009 y Octubre 2011	Observaciones y Conclusiones
Ejido San Ignacio X Autopista	P39	Cambiar motor y retirar variador (2009-06-20), instalación de variador y cambio de motor a 500 CP (2009-10-06), falla variador (2010-01-04), mantenimiento bomba, cambio motor y reparación variador (2010-02-11), reparación motor (2010-08-12), reparación flechas e instalación motor 400 CP por motor de 500 CP quemado (2011-01-28), reparación variador (2011-12-01)	De las mediciones del (2009-03-27) a las realizadas en (2011-11-15) se aumento el gasto de 81 a 98 lps y la carga total de 164 a 174 m, con esto aumento la eficiencia electromecánica de 45.6% a 53.68% resultando en una menor demanda, según CFE disminuyo de 376 kW dm a 335 kW dm y el consumo de 241,168 kWh a 156,576 kWh, el mayor problema que es que se queman los motores se debe a la falta de calibración de la protección térmica que se encontro calibrada a 550 A y el motor a plena carga solo puede llegar a 477 A. se gastaron \$ 1,100,000 con todos estos cambios de mantenimiento correctivo, mas todo el tiempo muerto y horas hombre invertidas, lo que comprueba que es mejor una inversión preventiva incluyendo sistema de tierras y todo lo necesario lo que evitaria el tiempo muerto y lograr mejora en la eficiencia energética desde mucho tiempo antes. revisar la
Cerro de la Pila	P32	Mantenimiento motor (2008-11-18), instalación capacitores (2008-12-04), cambio motor quemado 300 CP (2009-06-04), reparación de columna de flechas (2010-04-13), reparación motor 300 CP (2011-01-15), cambio apart arrayos por daño (2011-09-22), reparación transmisión y tazones (2011-10-28)	No se tienen mejoras en el equipo de bombeo, el problema es en el sistema eléctrico por la falta de un sistema de puesta a tierra, CFE reporta sin cambio las lecturas de demanda máxima del orden de 154 kW dm, pero ya sin consumo en punta a partir del mes de septiembre de 2010, esto se nota también en la disminución del consumo de 107,128 kWh a 56,433 kWh.
Ejido San Ignacio Cerro	P14	Instalación capacitores (2009-01-16), cambio motor 400 CP (2009-06-12), cambio motor 400 CP (2009-10-05), retirar variador (2010-01-04), arreglo tazones (2010-02-12), mantenimiento motor 500 CP (2010-04-15), motor quemado 400 CP (2010-05-12), reparación cuerpo tazones más cuatro tramos columna (2010-05-18), mantenimiento motor 400 CP (2012-01-17)	Las acciones de mtto no se reflejan en mejoras, aunque se ha gastado \$ 160,000 por mtto correctivo. Esto comprueba que es mejor una inversión corrigiendo todos los detalles de la instalación, con una buena especificación lo que trae como beneficios ahorro real, y reducir tiempos muertos por todos los mantenimientos correctivos, que solo representan gasto y ningún ahorro
Suchil y Canatlan Pil	P12A	Capacitores (2008-11-12), aumento de tramos de columna (2009-05-08), cambio de motor (2009-06-09), mantenimiento motor (2009-09-30), mantenimiento motor cambio baleros (2011-04-15), cambio de transformador a 300 kVA (2011-04-25)	La reducción de eficiencia se debe a falta de mtto a la bomba, aunque se ha dado al motor de manera correctiva pero eso no se ha reflejado en la eficiencia energética porque aunque bajo la potencia, el caudal se abatío
V. del Guadiana	P31	Cambio flecha motor (2009-03-21), reparación de columna y cuerpo de tazones (2009-04-02), video pozo (2009-04-04), cambio baleros motor (2009-10-27), cambio motor a 300 CP (2010-02-25), aumento tramos (2011-09-27)	En este caso si se reflejó positivamente el cambio de equipos por mantenimiento logrando ahorro de energía y mejoramiento del índice energético. Esto demuestra que bien cuidados todos los detalles se logran ambos objetivos. Los factores de éxito fueron, una buena especificación del equipo, un buen análisis de la situación del pozo con el video sacado lo que llevo a la decisión de meter mas tramos de columna para mejorar la producción y un buen mtto al motor

- En el Pozo 31 se demuestra que un buen diagnóstico, basado incluso en un video previo, que lleve a una buena especificación y una corrección en las características de la fuente, lleva a resultados de ahorro exitosos

Tabla 4-42. Acciones de mantenimiento realizadas

Sistema	Pozo	Acciones de Mantenimiento Realizadas entre Abril 2009 y Octubre 2011	Observaciones y Conclusiones
Phillips y C. Herrera	P28	Reparación de estopero (2008-12-08), incremento de tres tramos de columna completos (2009-07-27), mantenimiento a pozo bomba aumentando columna un tramo (2011-01-03), reparación estopero (2011-09-03)	El mantenimiento a bomba y motor que implicó \$ 25,000, ayudó en 4 % a la mejora de la eficiencia y el índice energético aunque aumentó la potencia, lo cual significó nulo ahorro de energía. Este caso sugiere que cuando la eficiencia ya es alta, debe ser muy cuidadoso el mantenimiento para lograr reducir la potencia también
Arboledas y Sta. Mónica	P35	Instalación capacitores (2008-11-12), reparación fundas flecha (2009-01-19), revisión variador e instalación arrancador de 200 A (2009-07-14), video pozo (2010-01-26), reparación tazones (2010-02-12)	El mantenimiento a fundas provocó mejoras aunque sea mínimas en la eficiencia y la potencia, lo que comprueba que el mantenimiento preventivo puede ayudar un 2 %, el cambio de tazones fue después de la última evaluación por lo que habría que volverla a medir a ver que eficiencia resultó, incluso antes de la compra del nuevo equipo
México y Guatemala	P22	Instalación capacitores (2008-11-12), cambio a bomba sumergible 75 CP (2009-02-16), instalar variador (2009-06-20), aumento de columna (2009-09-23)	El cambio de bomba, que implicó una inversión de \$ 100,000, fue antes de la evaluación del 2009, por lo que la reducción de la eficiencia se debió a la falta de mantenimiento, que aunque provocó una baja en el caudal y potencia, representa un empeoramiento del índice energético que es el que debe monitorearse como parámetro adecuado para la toma de decisiones
Ejido Emiliano Zapata	P27	Mantenimiento bomba sumergible y reparación cable sumergible (2009-10-14), reparación bomba sumergible 40 CP (2009-11-24)	El mantenimiento a la bomba, que implicó una inversión de \$ 66,000, se reflejó positivamente en el índice energético, porque aunque se incrementó la potencia y se redujo la eficiencia electromecánica, el índice mejoró, lo que confirma nuevamente que ese debe ser el indicador, y de todos modos, se debe buscar a través de un buen proyecto de sustitución, mejorar ambos parámetros para lograr ahorros de energía,

- El mantenimiento menor al Pozo 35, que ayudó a mejorar un 2% en eficiencia e incluso se reflejó en potencia eléctrica, demuestra que se pueden alcanzar esos %s con el mantenimiento preventivo con acciones de bajo costo

Tabla 4-43. Acciones de mantenimiento realizadas

Sistema	Pozo	Acciones de Mantenimiento Realizadas entre Abril 2009 y Octubre 2011	Observaciones y Conclusiones
Fracc. Bugambilias	29	Mantenimiento motor (2009-10-27), video pozo (2009-10-27), aumento de tramos (2009-10-30), aumento dos tramos (2010-03-10), sustitución motor 200 CP (2011-02-09), cambio apartarrayos por daño (2011-06-09)	Los cambios en la columna, incluyendo el cambio de mantenimiento preventivo en la bomba, que implica una inversión de casi \$ 400,000, implicaron un empeoramiento de la eficiencia energética basada en el índice energético, porque aunque se redujo la potencia, bajo el caudal, lo que demuestra nuevamente la necesidad de monitorear el índice como factor de decisión para evaluar el efecto del mantenimiento. el reto es lograr mejorar el índice y reducir la potencia lo cual se habría logrado con una bomba de mejor desempeño. esta no está incluida en la nueva adquisición, habrá que revisarlo EN FUNCION DE LA NUEVA CARGA
Ejido San Ignacio	P9	Fuera de servicio	
		Pozo nuevo	
3a y Cerro de Pila F. Rosales	P34	Instalación capacitores (2009-01-16), reparación flechas quebradas por desviación del pozo (2009-03-28), pesca bomba mediante videos (2009-04-17), instalación bomba sumergible de 250 CP GRUNDFOS MOD 11005200 (2009-04-24), sistema de puesta a tierra (2010-03-08), sustitución bomba sumergible (2011-09-30), reparación bomba sumergible (2012-01-21)	De las mejoras reportadas se encuentra que el pozo está desviado por lo que se cambió el equipo a bomba sumergible, con el cambio de bomba se redujo el caudal de 58 a 35 lps * CHECAR LA ESPECIFICACION PORQUE SE PIDO CON 40 LPS) con ello bajo la demanda pero se empeoró el índice energético y bajo la eficiencia electromecánica, lo que confirma la necesidad y conveniencia de monitorear el índice energético como indicador y no solo la potencia y la eficiencia electromecánica para la toma de decisiones, el sistema de puesta a tierra en las mediciones de noviembre se detecta que no se realizó correctamente puesto que no se puso a tierra el ademe ni la tubería de descarga ni la columna de la bomba y tampoco todos los equipos eléctricos, el valor de resistencia de puesta a tierra en el transformador es de 8 Ohm indicativo de un mal sistema, todo esto se refleja en el variador de velocidad que tiene una desviación armónica en tensión THD-V de más de 20%. Con el cambio de bomba como mantenimiento correctivo, se redujo el caudal de 18 a 11 porque se le quitó un paso, con ello bajo la demanda pero se empeoró el índice energético y bajo la eficiencia electromecánica, lo que confirma la necesidad y conveniencia de monitorear el índice energético como indicador y no solo la potencia y la eficiencia electromecánica para la toma de decisiones
Victoria y Fco. Sanabria Centro	P8	Cambio bomba sumergible de 75 CP por existente de 60 CP (2010-02-12), aumento de dos tramos columna (2010-03-10), aumento dos tramos columna (2011-01-25), reparación bomba sumergible de 60 CP quitando un paso (2011-10-20)	

- En el pozo 29, se demuestra que una mala selección de bomba, además de resultar costosa por el cambio de columna, no lleva a mejoras energéticas, e incluso puede resultar contraproducente y se comprueba la necesidad de hacer una evaluación precisa previa que lleve a una especificación adecuada, Lo mismo sucedió en el Pozo 8

De acuerdo a los mismos registros de mantenimiento de donde se sacaron estas conclusiones, SIDEAPA ha gastado en las mismas, del 2009 a la fecha, \$ 8,032,000 pesos, básicamente por mantenimiento correctivo.

En el diagnóstico energético realizado en 2009, se proyectaba una inversión de \$ 10,000,000 para la sustitución de prácticamente todos los equipos de bombeo, tanto rural como urbano

Todo esto permite concluir que si se invierte en un proyecto de sustitución, bien programado y con adecuadas especificaciones y seguimiento, y corrigiendo los defectos en las instalaciones eléctricas como los sistemas de puesta a tierra, se pueden reducir costos de mantenimiento correctivo y lograr los objetivos de ahorro de energía que permitan pagar las inversiones y evitar tiempos muertos por paros inesperados de equipos

**Proyecto de Sectorización**

Paralelamente y de manera separada, el SIDEAPA está implementando un proyecto de sectorización, el cual contempla dividir la ciudad en 10 sectores operativos, los cuales incluyen uno o varios macrocircuitos como les llama SIDEAPA a los sectores aislados abastecidos por una o varias fuentes, Estos 10 sectores se pueden observar en la figura 4.37

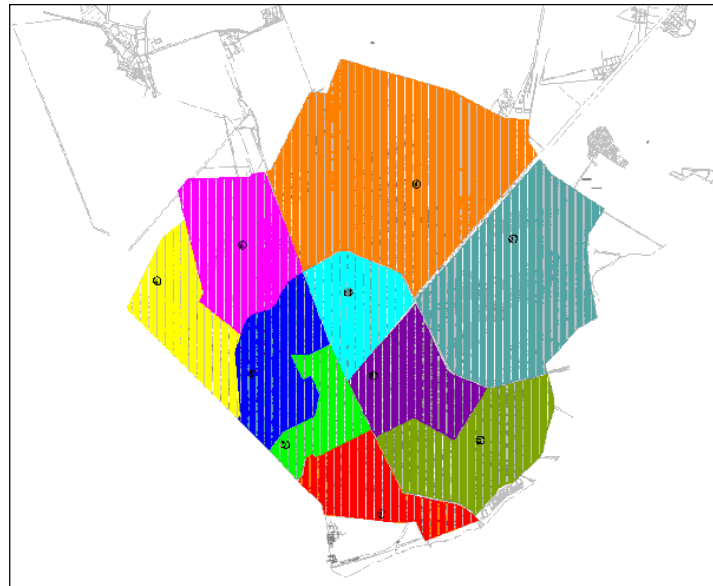


Figura 4-37. Sectores operativos considerados en la red de agua potable de Gómez Palacio Urbano

En la figura 4.38 se muestra la distribución de la infraestructura hidráulica de la ciudad de Gómez Palacio, ubicada en cada uno de 10 sectores operativos antes mencionados, donde se llega a apreciar la combinación del uso de tanques de regulación y suministro por inyección directa

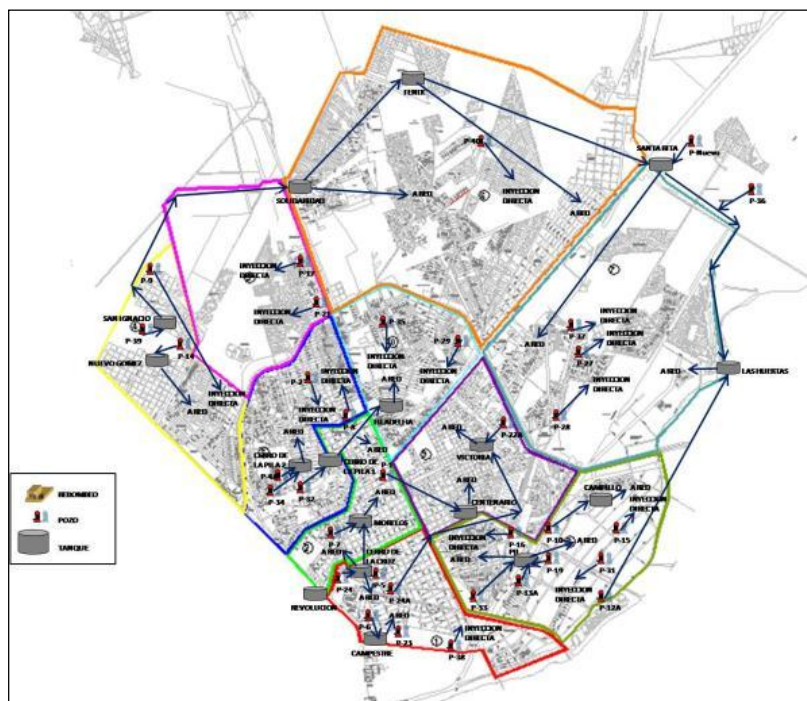


Figura 4-38. Distribución de la infraestructura hidráulica en Gómez Palacio

Para cada circuito se ha establecido una cartera de proyectos de infraestructura con su respectivo monto de inversión y un programa para ejercerlo

Se estima un monto total de \$ 395,285,937 y un tiempo estimado para la ejecución total del proyecto de 9 años

Se presenta en el siguiente cuadro el resumen de inversiones por macro circuito.

PROYECTOS	RESUMEN PROGRAMA DE INVERSIÓN								
	INVERSIÓN	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Macrocircuito Centenario	31,871,300	21,071,577	1,327,552	4,250,000	952,000	1,414,171	952,000	952,000	952,000
Macrocircuito Campestre Consuelo	4,758,519	0	548,686	1,894,027	1,771,806	136,000	136,000	136,000	136,000
Macrocircuito Centro 1	14,137,241	0	48,686	0	110,500	110,500	12,636,252	1,120,803	110,500
Macrocircuito Centro 2	3,362,738	0	0	0	110,500	110,500	530,738	2,500,500	110,500
Macrocircuito Cerro de la Pila 2	9,084,315	0	109,825	950,000	4,140,662	2,608,827	425,000	425,000	425,000
Macrocircuito Cerro de la Pila 1	2,520,578	0	0	0	204,000	204,000	324,452	984,127	804,000
Macrocircuito Chapala - Nuevo Gómez	25,458,018	0	0	97,371	21,212,647	1,037,000	1,037,000	1,037,000	1,037,000
Macrocircuito El Dorado - Refugio	4,227,897	0	0	0	2,323,897	476,000	476,000	476,000	476,000
Macrocircuito Expo Feria	22,765,628	0	146,057	0	945,000	595,000	595,000	16,092,688	4,391,884
Macrocircuito Ampliación Parque Industr	28,199,695	0	48,686	350,000	8,492,206	18,696,803	204,000	204,000	204,000
Macrocircuito Filadelfia	7,171,857	0	97,371	0	510,000	510,000	1,960,000	1,934,485	2,160,000
Macrocircuito Parque Industrial	14,887,057	0	243,428	9,134,953	5,372,676	34,000	34,000	34,000	34,000
Macrocircuito Sacrameto	8,242,069	0	48,686	350,000	340,000	6,483,383	340,000	340,000	340,000
Macrocircuito San Ignacio - Álamos	13,427,218	0	97,371	0	1,346,000	10,045,847	646,000	646,000	646,000
Macrocircuito Solidaridad	51,810,533	4,387,000	4,488,731	24,607,454	8,431,349	1,054,000	1,054,000	1,054,000	1,054,000
Proyecto Acuaférico Norte	135,763,603	9,000,000	10,000,000	12,000,000	12,000,000	28,415,000	64,348,603	0	0
Macrocircuito El Fénix	9,878,271	0	0	0	323,000	323,000	6,832,956	2,076,314	323,000
Proyecto Detección y reparación de fuga	2,719,400	0	300,000	0	2,419,400	0	0	0	0
Estudios y proyectos	5,000,000	500,000	500,000	500,000	1,000,000	1,000,000	500,000	500,000	500,000
<b>TOTAL</b>	<b>395,285,937</b>	<b>34,958,577</b>	<b>18,005,078</b>	<b>54,133,806</b>	<b>72,005,643</b>	<b>73,254,032</b>	<b>93,032,002</b>	<b>30,512,917</b>	<b>13,703,884</b>
PORCENTAJE	1.0	0.09	0.05	0.14	0.18	0.19	0.24	0.08	0.03

Debido al monto elevado del presupuesto , las limitaciones presupuestales y la conveniencia de trabajar la reestructuración de la red por macro circuitos, ha hecho necesario establecer una secuencia en la ejecución de las acciones.

Otra razón es que al estar haciendo re-asignaciones de fuentes, al retirar a una de ellas del suministro de un sitio específico, habrá que cubrirla con una de reserva, o en algún lugar se producirá una deficiencia.

Tal es el caso del macro circuito Centenario del que solamente se han podido cerrar dos células debido a que una de las fuentes, el pozo no.24-a está comprometido en las colonias INFONAVIT Santa Rosa, Ampliación Santa Rosa, Lázaro Cárdenas y 21 de marzo. Su relevo natural, el pozo 33 está comprometido con llevar agua a la colonia El Consuelo.

Es por ello que la secuencia deberá hacerse empezando por macro circuitos o partes de ellos cuya acción no cause problemas en otra zona.

A continuación, para fines ilustrativos, se describe el tipo de ruta crítica establecida dos sectores como ejemplo

Las secuencias planeadas son las siguientes:

## **Secuencia 1. Campestre Consuelo – Sacramento – Centenario**

Para cada secuencia, se tienen bien planeada la ruta crítica , por ejemplo, para esta secuencia , la ruta es la siguiente:

### **Subcircuito Consuelo**

El cierre del macro circuito Consuelo libera las aportaciones de pozo 33.

El cierre del circuito Sacramento resuelve el problema de las colonas antes mencionadas. Para cerrar Sacramento, deberá tenerse listo el tanque PIL, donde se regularía el pozo 33, incluyendo una estación de rebombeo a pié de tanque para regresar el agua al macro circuito Sacramento.

Una vez cerrado Sacramento se procede a cerrar Centenario.

El Sector Centro 1 arroja deficiencias para satisfacer el mes de máxima demanda ( $Q_{max}$ ). Estas deficiencias se eliminan si, en esos meses, se pone en funcionamiento el pozo P-24. Lo que implica que el resto de los meses, se deje de bombear en los otros pozos por algunas horas al día, con objeto de mantener el promedio ( $Q_{med}$ ) el cual está balanceado

Dentro del sector 1, el macro-circuito Campestre-Consuelo, trabajando aislado, es el que cusa la deficiencia del sector. Una parte de esas deficiencias se corrige con el aporte de los pozos P-05 y P-24.

Por otra parte, la célula B-06 (Campestre) es la que tiene mayor demanda; debido fundamentalmente al alto consumo (mayor de 400 l/h/d), que es causado por el riego de jardines y al elevado índice de fugas, lo cual arroja un una demanda máxima (mayor de 700 l/h/d)

Las acciones inmediatas son:

- Puesta en operación del tanque Campestre.
- Reposición de tomas.
- Tarifa diferencial para inducir la eficiencia en riego.

El pozo 6 tiene muy buen rendimiento, sin embargo está limitado a un gasto de 70 l/s, arriba del cual, comienza a sacar material fino en suspensión. Se propone desarrollar con un gasto de 100 l/s y posteriormente dejar la producción en 80 l/s si pasa algún material fino quedaría sedimentado en el tanque.

### **Subcircuito Sacramento - Parque Industrial.**

Una Vez cerrado el macro Campestre-Consuelo, el pozo P-33 queda libre para dedicarlo al macro Sacramento.

El P-33 se encuentra dentro de una industria y la entrega a la red está supeditada a la demanda industrial, de manera que en algunas, se dispone de muy poco aporte de gasto y presión.

SIDEAPA propone dejar el pozo para uso industrial estableciendo un estricto monitoreo e instalar otro pozo en las cercanía P-33 a. Entre los dos sacarían el mismo gasto, de manera que no se vieran afectados por interacción de los conos de abatimiento.

El parque industrial está prácticamente cerrado y requiere solamente de algunas válvulas de seccionamiento, macromedidores y líneas de conducción para llevar agua al tanque desde los pozos P-33a , 19, y 13a .

Una vez cerrado el macro Sacramento, se puede cerrar el macro Centenario. Los volúmenes rescatados, en ambos macro-circuitos por eliminación de fugas, se pueden utilizar en el macro Industrial.

El pozo P-12 a ha sido rehabilitado, incrementando su rendimiento de 20 l/s a 60 l/s. Este incremento puede transferirse al sector de Ampliación del Parque Industrial y mantener en éste las mismas condiciones actuales.

La disponibilidad futura de la ampliación Parque Industrial y desarrollos urbanos en Las Huertas, dependen de la línea de conducción para llevar agua del pozo 12-a y de los aportes del acuaférico, vía tanques El Fénix , Santa Rita y Las Huertas.

Por último, la sectorización de la colonia Campillo Sáens, puede realizarse de manera independiente a partir del pozo P-10 con un tanque de regulación. Con ello se evitan las frecuentes caídas de presión como consecuencia de la demanda de las industrias periféricas a la colonia.

Las acciones inmediatas son:

- Reposición del pozo P-33
- Rehabilitación del tanque PIL.
- Equipamiento estación de bombeo en el tanque PIL.
- Sectorización.
- Línea de conducción P-12a al tanque las huertas. (una vez que esté construido)
- Construcción tanque de regulación Las Huertas.

#### **Subcircuito Parque industrial – Ampliación Parque Industrial.**

Los excedentes del parque industrial se transfieren al sector G-05 Ampliación del parque industrial para atender la futura demanda.

#### **Secuencia 2 Solidaridad – San Ignacio.**

Independientemente de la secuencia anterior se realiza esta, que tiene por objeto completar las obras de cabeza (fuente y tanque) y de conducción para llevar agua al tanque solidaridad, actualmente construido y fuera de operación.

También se tiene rehabilitado el pozo P-39 con rendimiento de 120 l/s y construida una línea de conducción de A-C de 10”

Las acciones inmediatas son:

- Perforación y equipamiento de un nuevo pozo en el área de San Ignacio.
- Construcción de tanque de regulación.
- Construcción de línea de conducción desde el nuevo pozo al tanque.
- Construcción de línea de conducción de 16” del Tanque San Ignacio al tanque Solidaridad.

La puesta en operación de esas obras aliviará las deficiencias actuales en la zona de las colonias Miravalle, San Antonio y Álamos.

#### **Subcircuito Chapala - línea de 10” Periférico.**

La construcción del tanque de regulación Nuevo Gómez es una obra de Cabeza ya que, además de ser necesaria para cerrar el macro Chapala, provee de gasto y presión a la línea de 10” periférico y con ello se benefician todos los macros que tienen acceso a esa línea.

Las acciones inmediatas son:

- Construcción del tanque Nuevo Gómez.
- Construcción línea de conducción desde el pozo P-14 hasta el tanque.
- Construcción líneas de distribución desde tanque a la red.
- Sectorización.
- Habilitación de línea para dar apoyo a C-01 y C-04

Con agua disponible en las líneas de conducción Periférico y San Ignacio Solidaridad, se puede dar apoyo a la célula E-10 Álamos cuya demanda está creciendo de manera notable.

El resto de las secuencias son las siguientes :

#### **Secuencia 3 Acuaférico – ExpoFeria – y Ampliación Parque Industrial**

#### **Secuencia 4 Cerro de la Pila 2 – Dorado Refugio. y Cerro de la Pila 1 – Filadelfia**

De acuerdo a los registros del PROGRAMA PATME de la CONAGUA, durante 2007 a 2008, SIDEAPA implemento las acciones que se enlistan a continuación,, donde se han invertido alrededor de \$ 58,432,000 Pesos .

- Macrocircuito, Sectorización II etapa e instalación de medidores
    - Sistema de telemetría
    - Suministro e instalación de micromedidores.
  - Estudio Maestro de administración de células del Macrocircuito Centenario I y II Etapas
  - Suministro e instalación de variadores de velocidad en 4 fuentes de abastecimiento de agua potable.
  - Suministro, instalación y puesta en operación de equipo de automatización en 4 fuentes de abastecimiento de agua potable.
  - Sectorización Macrocircuito 2 (1 etapa): "Solidaridad" Construcción de líneas de conducción, automatización de pozo No. 39.
  - Sustitución de líneas de conducción y tomas domiciliarias de agua potable en zona centro de la ciudad: 2,000 ml de tubería de acero por tubería de PVC y 1,000 tomas domiciliarias por el método de microtuneleo.
  - Sectorización circuito El Consuelo I Etapa: rehabilitación de tanque, línea de conducción, válvulas de seccionamiento y líneas secundarias.
  - Estudio Maestro de Administración de células del Macrocircuito Centenario I y II Etapas.
  - Línea de reforzamiento para el macrocircuito "Solidaridad"
  - Suministro e instalación de variadores de velocidad en 4 fuentes de abastecimiento de agua potable.
  - Suministro, instalación y puesta en operación de equipo de automatización en 4 fuentes de abastecimiento de agua potable.
  - Plan maestro hidráulico de la infraestructura principal y sectorización de la red de agua potable 2ª etapa
- 
- Tanque "Consuelo", suministro, instalación de tanque de regulación de agua potable con capacidad de 2,500 M3.
    - Suministro e instalación de micromedidores domiciliarios en el Sector 1.
    - Tanque Chapala, suministro e instalación y equipamiento de tanque de regulación de agua potable de 5,000 M3.
    - Construcción de línea de conducción del pozo 14 a tanque Chapala.
    - Sistema cartográfico para la actualización de padrón de usuarios (Gis) y modernización del sistema comercial.

No se reportan aun mejoras en la reducción de caudales o servicio a la población



## 4.6 PROYECTO : SIMAS TORREON

Tipo de proyecto	Eficiencia Energética y Física por separado
Alcance	Proyecto e implementación

### 4.5.3 Descripción general del organismo y su problemática

Actualmente la ciudad de Torreón se abastece de 76 pozos profundos los cuales son operados por el SIMAS, Torreón (Sistema Municipal de Aguas y Saneamiento de Torreón, Coah.), que en conjunto aportan un gasto medio de 2420 lt/sg, teniendo un porcentaje de cobertura del 98.7%. por su producción, algunos de estos pozos se están sustituyendo buscando que sean más productivos, pero existen otros que su calidad se ha deteriorado y contienen sales arsenicales superiores a las permitidas por las autoridades sanitarias.

Todos los tanques son superficiales y la mayoría se descargan mediante equipo de bombeo que funcionan en las horas de mayor demanda para incrementar el volumen proporcionado por los pozos.

Una de las problemáticas que presenta este Sistema operador son las siguientes:

- Abatimiento de los niveles freáticos de bombeo
- Calidad del agua en diversos pozos de abastecimiento (sales arsenicales)
- Fugas de agua potable

Referente al abatimiento y calidad de agua potable se han tenido que reponer diversos pozos profundos ya que el caudal de extracción no es suficiente para cubrir la demanda de la población, ni costeable para el organismo ya que las profundidades de bombeo cada vez son mayores oscilando en los 250 metros demandándose así mayor consumo de energía eléctrica, sumándosele a este factor la verticalidad de los pozos que conlleva a realizar mantenimiento en los equipos y pozos más frecuentes.

Antes del proyecto de sectorización que está en marcha, los pozos abastecían de manera directa a red y a través de 38 tanques distribuidos en 31 sectores en los que esta aun distribuida la ciudad. .

Los pozos utilizados como fuentes de captación en la mayoría de los casos inyectan directamente a la red dentro de cada sector y en otros casos envían sus caudales a los tanques existentes utilizados como reguladores, aun continua así excepto en casos donde se han instalado tanques y sistemas de regulación dentro del proyecto de sectorización.

En la figura 4.39 se pueden observar las 31 zonas de influencia y en la Tabla 4.44 se muestra la forma como opera cada pozo dentro de cada sector.

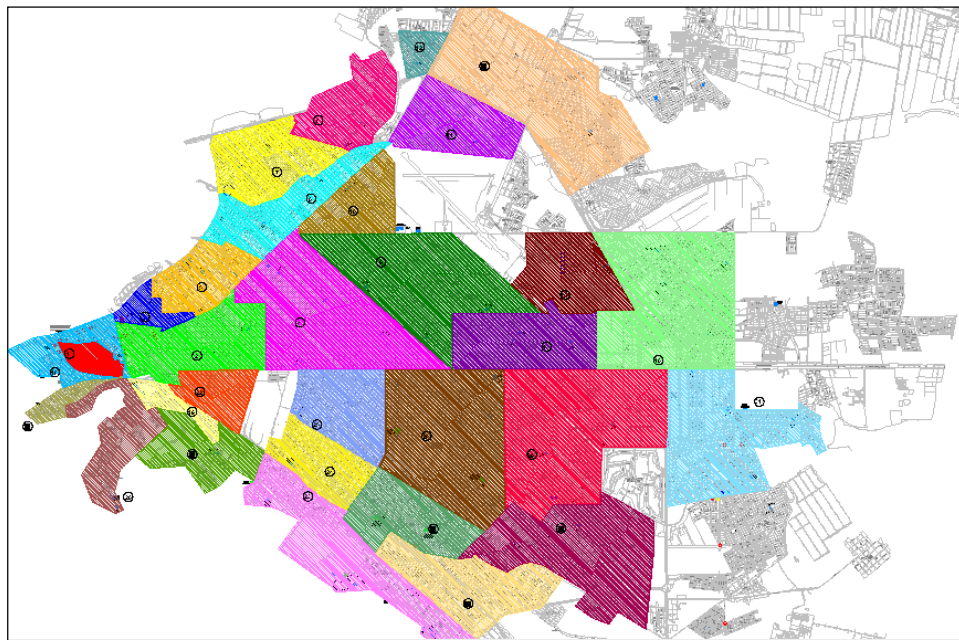


Figura 4-39. Sectores existentes en el sistema de agua potable de Torreón, Coah.

Tabla 4-44. Operación de pozos y tanques existentes en la ciudad de Torreón, Coah.

Sector	No. Pozo	Inyección Directa	Suministro a Tanque	Nombre del(os) Tanque(s)	Diámetro Tubería Inyección	Diámetro Tubería a Tanque
1	72	No	Sí	Cerro de la Cruz	—	6"
2	5	Sí	No	—	10"	—
	13	Sí	No	—	8"	—
	15	Sí	No	—	6"	—
	41	Sí	No	—	10"	—
3	14	No	Sí	Esparza	-	10"
4	13	Sí	Sí	Aldama	8"	8"
	24	Sí	No	-	6" y 8"	—
	25a	Sí	No	—	10"	—
	25b	Sí	No	—	10"	—
	37	Sí	Sí	Aldama y Abasolo	—	8" y 10"
5	5	Sí	No	—	6"	—
	9	Sí	No	—	8"	—
	14	Sí	No	—	8"	—
	34	Sí	No	—	8"	—
	42	Sí	No	—	8"	—
6	21	Sí	No	—	4"	—
	22	Sí	No	—	10"	—
	31	Sí	No	—	8"	—
	49	Sí	No	—	10"	—
7	29	No	Sí	Jacarandas	—	10"
	35	Sí	No	—	8"	—
	36	Sí	No	—	4"	—
8	63	Sí	No	—	8"	—
9	11	No	Sí	Aeropuerto	—	10"
	17	No	Sí	Reforma	—	10"
	26	Sí	No	—	10"	—
	60	Sí	No	—	8"	—
10	16	No	Sí	Estrella	—	10"

Sector	No. Pozo	Inyección Directa	Suministro a Tanque	Nombre del(os) Tanque(s)	Diámetro Tubería Inyección	Diámetro Tubería a Tanque
11	4R	Sí	No	—	8"	—
12	63	No	Sí	Villa Florida	—	8"
13	1	Sí	No	—	10"	—
	2	Sí	No	—	10"	—
14	51	No	Sí	California	—	10"
	55	Sí	Sí	Las Torres	10"	10"
	61	Sí	No	—	8"	—
15	51	No	Sí	California	—	10"
16	3	No	Sí	La Amistad	—	8"
	40	Sí	No	—	8"	—
	48	No	Sí	Fidel Velázquez	—	10"
	56	Sí	No	—	8"	—
	64	No	Sí	Del Nazas	—	8"
17	43	Sí	No	—	8"	—
18	12	No	Sí	Nazas y No. 8	—	10"
19	46	Sí	No	—	8"	—
20	18	No	Sí	Camilo Torres	—	8"
21	50	No	Sí	Zacatecas	—	10"
22	6a	Sí	No	—	8"	—
23	8	No	Sí	Luisas	—	12"
	39	Sí	No	—	12"	—
	58	Sí	No	—	10"	—
	59	Sí	Sí	Las Noas y Vicente Guerrero	12"	12"
	65	No	Sí	Lázaro Cárdenas	—	4"
	66	Sí	No	—	12"	—
24	58 y 59	No	Sí	Eduardo Guerra	—	10"
25	19	No	Sí	Lucio Blanco	—	10"
	27	Sí	No	—	10"	—
26	47	No	Sí	La Fuente 1	—	6"
	—	No	Sí	La Fuente 2	—	8"
27	65	No	Sí	Lázaro Cárdenas	—	4"
28	7a	Sí	No	—	8"	—
	28	No	Sí	La Rosita	—	8"
	32	No	Sí	Ampliación La Rosita	—	8"
	33	No	Sí	Miñagas	—	8"
	53	Sí	No	—	8"	—
29	23	Sí	Sí	Tanque Nuevo 3,800 m <sup>3</sup>	10"	10"
	44	Sí	Sí	Hacienda	8"	8"
	52	Sí	No	—	10"	—
	57	Sí	No	—	8"	—
	62	Sí	No	—	8"	—
30	10	Sí	No	—	—	—
	54	Sí	No	—	—	—
	—	No	Sí	COPRODER	—	—
31	40	Sí	No	—	8"	—
	45	No	Sí	Cereso	—	8"
	69	Sí	No	—	10"	—
	74	Sí	No	—	4"	—
	77	Sí	No	—	10"	—
	—	No	Sí	Tanque Nuevo 3,800 m <sup>3</sup>	—	10"

La operación de la red de agua potable, se hacía de manera independiente en cada sector, y sólo en algunos casos se comparten entre sectores las fuentes de captación.

Finalmente, en la tabla 4.45 se muestran las capacidades de regularización de la mayoría de los tanques existentes, su ubicación y la fuente de la cual se abastecen.

Tabla 4-45. Capacidad de regularización de los tanques existentes en la red de Torreón, Coah

No.	NOMBRE	CAPACIDAD M3	BOMBA QUE LO ABASTECE	LOCALIZACIÓN
1	INDUSTRIA	3600	30 y46	CALZ. INDUSTRIA Y AV. GUSTAVO A. MADERO COL. COMPRESORA
2	ALDAMA	3600	17 Y 37	AV. ALDAMA Y C.19
3	ARISTA	4000	24	AV. ARISTA Y CALLE 8
4	ESPARZA(FUERA)	2000	14	PRIV. REFORMA Y C. ACUÑA
5	AMPLIACION ESPARZA	1100	14	PRIV. REFORMA Y C. ACUÑA
6	VICENTE GUERRERO	2000	58 Y 59	AV. 7A Y C. 4A DEL TIRO COL. VICENTE GUERRERO
7	NAZAS	4000	12	CERRO DE LAS CALABAZAS
8	CERRO DE LA CRUZ	400	72	AV. MORELOS Y C. VISTA HERMOSA, COL. CERRO DE LA CRUZ.
9	JACARANDAS	3000	29	CALZ. DE LAS AGUILAS Y FRESNOS COL. JACARANDAS
10	REFORMA	3600	17	DIAG. REFORMA Y CALZ. EALY O. COL. MOCTEZUMA
11	MIÑA GAS	3300	33	C.47 S/N COL. EX.HDA. LOS ANGELES
12	LUISAS	1200	8	C. CHE-GUEVARA Y YUCATAN COL. LUISAS
13	ZACATECAS	1000	50	CALZ. PEÑOLES COL. ZACATECAS
14	ABASOLO	2000	37	AV. ABASOLO Y CALLE 27
15	VALLE VERDE	3600	48	AV. SALTILLO Y C. SAN PEDRO COL. VALLE VERDE
16	LAS TORRES	2200	55	C. PUNTA ARENA ENTRE T. PISA Y T. ALTA. LAS TORRES
17	VILLA FLORIDA	2100	49	C. HERRERA Y AV. FEDERICO SAUCEDO COL. VILLA FLORIDA
18	HACIENDA	1500	33,40 Y 57	C. DEL SARAPE Y P. DEL LIENZO COL. HACIENDA
19	LUCIO BLANCO	1200	19 Y PEÑOLES	C. CIPRESSES Y C. LAURELES COL. LUCIO BLANCO
20	MAGDALENAS	3000	11	CALZ. AEROPUERTO Y CALZ. AVILA CAMACHO COL. MAG.
21	CAMILO TORRES	1000	18	CAMILO TORRES
22	EDUARDO GUERRA	1200	58 Y 59	C. D Y AV. 9A COL. EDUARDO GUERRA.
23	ESTRELLA	1600	16REP	RIO SUCHIATE Y AV. RIO GUADALQUIR COL. ESTRELLA.
24	NVA. CALIFORNIA	1100	51	PROLONG. AV. BRAVO Y GUAYANA SUR. COL. AVIACIÓN
25	CALERAS SOLARES	400	46	AV. DURANGUEÑA Y C.JON. 3 COL. DURANGUEÑA
26	VILLAS LA MERCED	2000	54	AV. DEL BOSQUE Y C. TALEGAS COL. VILLAS LA MERCED
27	CERRO DE LA CRUZ(ELEVADO)	20	72	PROLONG. MORELOS Y C. VISTA HERMOSA
28	CIUDAD NAZAS	1600	64	BLVD. DE LA LIBERTAD Y CALZ. DE LA CAMPANA RESID. NAZAS
29	RIO 2000	120	35	C. PRESA VICENTE GUERRERO Y P. LAZARO CARDENAS RIO2000
30	RINCON LA MERCED	1400	6	AV. UNIVERSIDAD Y CALZ. VILLAS DEL TORREÓN RINCON LA MERCED.
31	AMISTAD	1000	3	PASEO DE LA AMISTAD, AMISTAD
32	VILLAS DE LA HACIENDA	3800	57.77	C. CARABELA ESQ. GOLETA COL. VILLAS DE LA HACIENDA
33	CAMPO NUEVO ZARAGOZA	3800	69,77,74	BLVD. MONTERREAL ESQ. CAMPO DE L. CAMPO NUEVO ZARAGOZA
34	LAS FUENTES	1000	47 REP.	PASEO DE LA AMISTAD, AMISTAD
35	VALLE DORADO	1000	58 Y 59	AV. MATAMOROS Y C. 1 DE MAYO COL. AQUILES SERDAN.
36	CAMP. LA ROSITA	1400	53 Y 28	PROLONG. PASEO DEL SUR Y C. DEL PATRIARCA AMP. FTES SUR
37	NOAS	4000	58 Y 59	C. CARABELA ESQ. GOLETA COL. VILLAS DE LA HACIENDA
38	AMPL. LA ROSITA	1000	32	BLVD. MONTERREAL ESQ. CAMPO DE L. CAMPO NUEVO ZARAGOZA

El consumo de energía en SIMASTorreón, en el 2008, antes de los proyectos de eficiencia energética y sectorización, era el mostrado en las siguientes tablas por pozos y rebombes, desglosado por sistema:

**Tabla 4-46. Consumo de energía en pozos de Torreón, Coah en el 2008**

Núm.	Sistema	Núm. Equipo	Energía Consumida (kWh/año)
1	Saltillo y Arteaga, Valle Verde	B48	795,240
2	Calle 6 de Oct S/N L C Noas II	B59	1,733,232
3	Calle 6 de Oct S/N L C Noas I	B58	1,330,320
4	Av Cueva del Tabaco y F M	B39	1,731,040
5	Yucatan y Av che Guevara	B66	1,227,600
6	Guanajuato y Plan de Ayala	B08	1,074,720
7	Allende y L Valle Alameda	B41	1,200,480
8	Calz Raúl Madero y Prol Colon	B70	927,702
9	Cda Peñoles S/N dentro del Predio	B50	612,880
10	Priv. Reforma y Acuña	B14	1,024,000
11	Calzada Industria 150 Compresora	B46	1,203,994
12	J Terrazas y E Ortiz	B42	844,548
13	Calzada Industrial 60 y Av G M	B30	1,102,104
14	Prol. Colon S/N Luis Echeverria	B50A	694,320
15	Donato Guerra y Abasolo, Centro	B13	820,320
16	C 9A y Guadalajara, Centro	B21	651,296
17	Calz los Nogales y Jacarandas	B36	655,312
18	Presa V Guerrero y Presa F R	B35	1,364,560
19	Paseo de las Águilas	B29	1,030,480
20	G Calderón y A Urraza	B09	810,560
21	Viena y Roma	B22	1,088,616
22	Bvd Const 2200 Nva Sn Isidro	B49	790,842
23	Zuloaga y Arocena	B34	755,280
24	Praxedis Guerrero, Fracc el Tajito	B16R	1,497,168
25	Bravo entre Guyana y Brasil	B51	839,504
26	Av. Allende 5052 Ote.	B55	852,176
27	Flor de Durazno de Azafra	B77	2,009,880
28	Alejo del Cueto y ortiz	B31	1,285,616

29	Calzada los Pensadores	B04	1,138,332
30	Carr Torreon- Matam y calle 48	B40	1,032,424
31	Blvd Mexico Frente al Cereso	B45	594,594
32	Av Cedral y Nogalar	B56	980,944
33	Parque Ind. La Amistad	B03	1,435,040
34	Av. Presidente Carranza 1225 Pte.	B71	499,952
35	Priv. Dr. Mora y C. 35	B60	1,222,416
36	Olimpo y calle del Viento	B53	1,427,680
37	Blvd. Sección 38 y Av de la Joya	B52	857,248
38	Calz. División del norte	B44	658,020
39	Cordoba y Paseo de la Soledad	B32	832,000
40	Constitucion y C juarez	B72	250,622
41	Av. Universidad y C de Abastos	B54	418,480
42	Rincon La Merced	B06	601,592
43	Pavorreal y cadiz, T residencial	B07	1,492,300
44	C 47 y Blvd Torreon- Matamoros	B33	1,238,684
45	Alvarez y artes Gráficas	B24	792,448
46	Prol Clzda Gomez Morin	B57	363,200
47	Piedras y Gemas	B23	746,016
48	C Zapatos y Jabonera de la Union	B10	651,864
49	Blv. Laguna Azul y C 21 mayo	B65	506,315
50	A. Camacho y Aztecas Carolinas	B26	1,319,920
51	C. Ant. Torreón - SA	B75	817,560
52	Dentro Colegio Americano	B02	785,810
53	Manuel Gutierrez Nájera	B38	1,041,120
54	J. Serrano y G. Torres	B01	388,960
55	Diag. Reforma y Ealy	B17	721,944
56	Av Yerbaniz y G Palacio	B63	974,488
57	C Jacinto Canes	B18	599,820
58	Av Independencia 1128 Pte.	B43	593,520
59	Prol Sonora y B California	B12	922,160
60	Blv. Const. 639 Pte. Ofnas SIMAS	B05	815,440
61	Calz Fco. Sarabia Allende y J	B61	1,521,808
62	Carr Torreon Mielera	B62	770,720
63	P de los Patos y P Campestre	B28	254,080
64	Blvd. Campanas y Calz. De la Lib.	B64	1,362,432
65	C. valle Hondo y Blvd. M Real	B69	1,182,792
66	Abasolo y Cuauhtemoc	B37	1,235,760
67	Argentita esq Cerro de las Calaba	B78	916,960

68	Avila Camacho y Av Aeropuerto	B11	1,241,856
69	Blvd Torreon matamoros C UV	B76	455,888
<b>Total:</b>			<b>65,616,999</b>

Tabla 4-47. Consumo de energía en rebombos de Torreón, Coah en el 2008

Num.	Sistema	Num. Equipo	Energía Consumida (kWh/año)
1	TANQUE VALLE VERDE	CB1	18,510
2		CB2	63,463
3		CB3	33,714
4	TANQUE ZACATECAS	B1	18,495
5		B2	22,729
6		B3	65,514
7	TANQUE ESPARZA	B1	28,592
8		B2	30,311
9	TANQUE LAS TORRES	B2	22,611
10		B3	22,749
11	TANQUE REFORMA	B1	37,610
12		B2	35,468
13	TANQUE HACIENDA	B1	102,085
14		B2	25,094
15	TANQUE CALIFORNIA	B2	29,600
16	TANQUE LUCIO BLANCO	B1	25,532
17		B2	93,268
18	TANQUE E. GUERRA	B1	128,274
19		B3	43,653
20	TANQUE COPRODER	B1	16,930
21		B3	18,374
22	TANQUE RINCON LA MERCED	B1	21,978
23		B2	22,344
24		B3	27,106
25	TANQUE LAS LUISAS	B1	19,824
26		B2	25,415

27		B3	6,354
28	TANQUE ESTRELLA	B1	106,999
29		B2	54,626
30		B3	34,352
31	TANQUE ARISTA	B1	26,912
32		B2	22,321
33		B3	21,846
34	TANQUE ALDAMA	B1	30,193
35		B2	10,909
36	TANQUE ABASOLO	B1	18,504
37		B2	18,615
38	TANQUE JACARANDAS	B1	35,300
39		B2	14,886
40		B3	54,439
41	MAGDALENAS	B1	52,755
42		B3	52,205
43	TANQUE VILLA FLORIDA	B1	16,232
44		B2	3,731
45	TANQUE INDUSTRIA	B2	268,002
46		B3	53,278
<b>Total:</b>			<b>1,901,703</b>

En total el consumo energético en 2008 fue de 67'518,000 kWh, que en base a una producción anual de 65'658,000 m<sup>3</sup> resulta un índice energético promedio de 1.02 kW/m<sup>3</sup>. Con la variabilidad lógica en función de la demanda mensual que se muestra en la siguiente Figura:

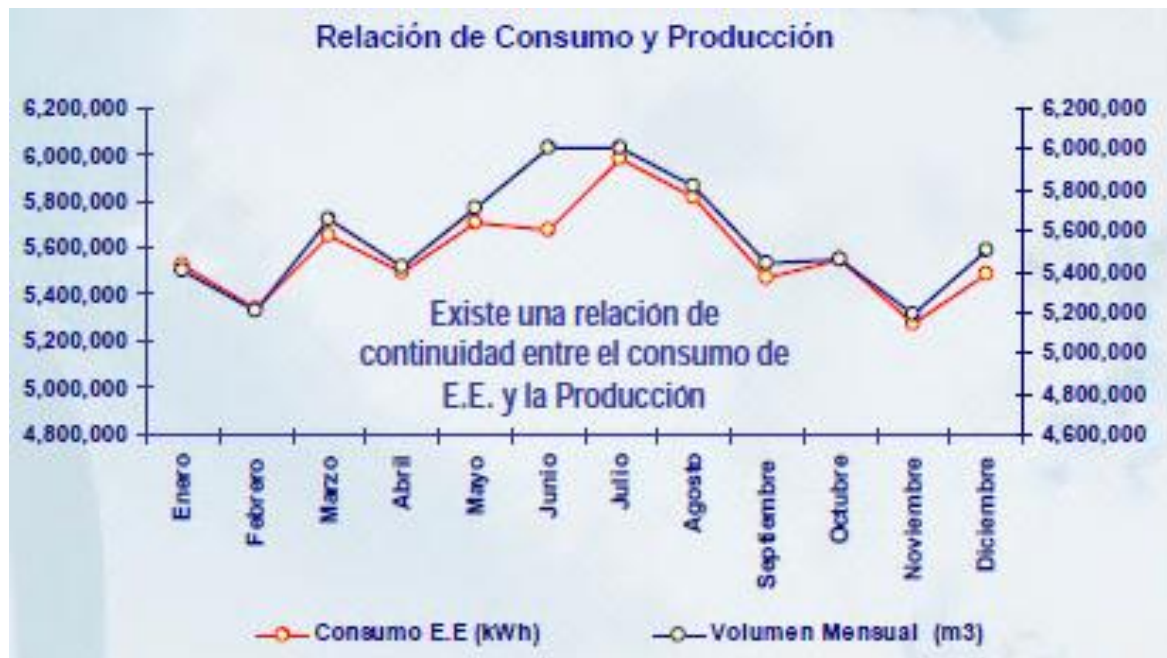


Figura 4-40. Relación entre consumo energético y producción de agua



Otro problema son el nivel de fugas de agua potable en las redes primarias y secundarias del sistema y tomas domiciliarias representan un gran problema ya que existen sectores en donde la antigüedad de esta infraestructura es de más de 60 años y estadísticamente de pierde entre un 40 a 50% del volumen producido.

Esto lleva a niveles de eficiencia física del orden de como se muestra en las siguientes tablas y figura esquemática, con datos del 2008 también :

Tabla 4-48. Eficiencia Física

Concepto	m3/día	Hm3/año	l.p.s.	%
Volumen suministrado	193,517	70.63	2,240	
Volumen consumido	118,019	43.08	1,366	61.0%
Volumen de fugas	75,498	27.56	874	39.0%
Volumen Facturado	87,313	31.87	1,011	45.1%
Volumen No Contabilizado	106,204	38.76	1,229	54.9%
Fugas en tomas domiciliarias	45,344	16.55	525	23.4%
Fugas en tuberías	30,154	11.01	349	15.6%
Usos Clandestinos				
Errores de medición	658	0.24	7.6	0.34%
Errores de facturación y estimación de cuota fija	30,048	10.97	348	15.5%

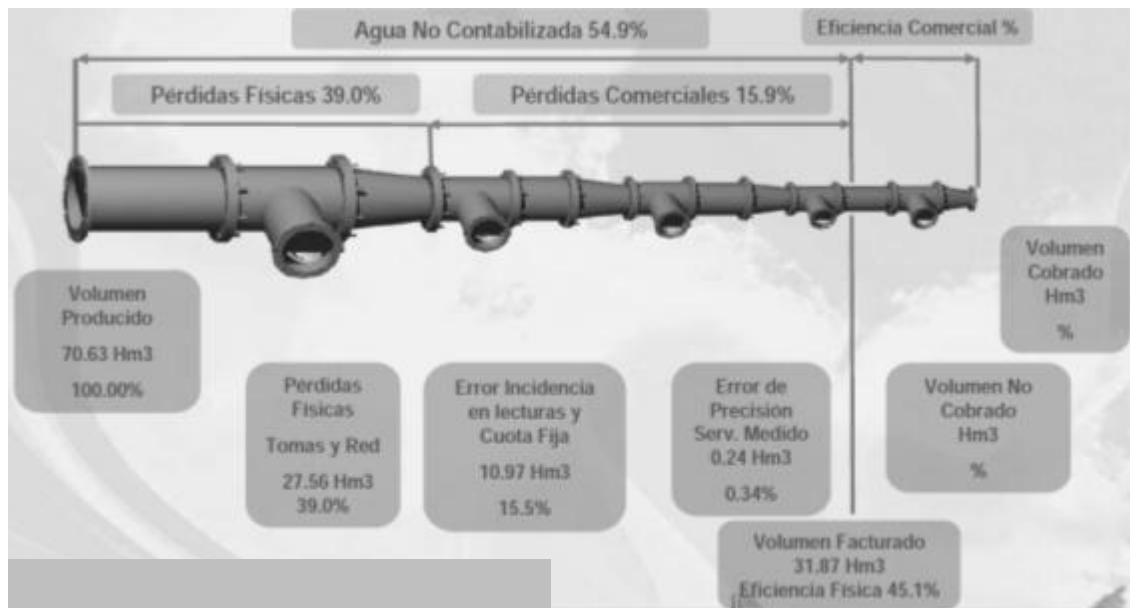


Figura 4-41. Eficiencia Física.

#### 4.5.4 Proyecto realizado y sus hallazgos

Para resolver la problemática descrita, y como resultado de las recomendaciones de un Diagnostico Integral de Planeacion, DIP, realizado en el 2008, el SIMAS ha desarrollado un proyecto de eficiencia energética y física por separado, cuyo desarrollo y resultados se explican a continuación :

##### Proyecto de Eficiencia Energetica.

En el 2009, con apoyo del Fondo metropolitano de la Laguna, se desarrollo un Diagnostico Energetico. , que arrojó los siguientes potenciales de ahorro.

Una de las primeras actividades que se desarrollaron como parte del diagnóstico, fue la elaboración de balances de energía, en los que se cuantificaron las pérdidas de energía en cada etapa del proceso tanto de manera individual como grupal .

Las figura 4.42 presenta el balance de energía actual del conjunto de pozos. En ella se observa claramente que en las bombas se tienen las mayores pérdidas de energía, seguidas por las pérdidas por fugas y motores.

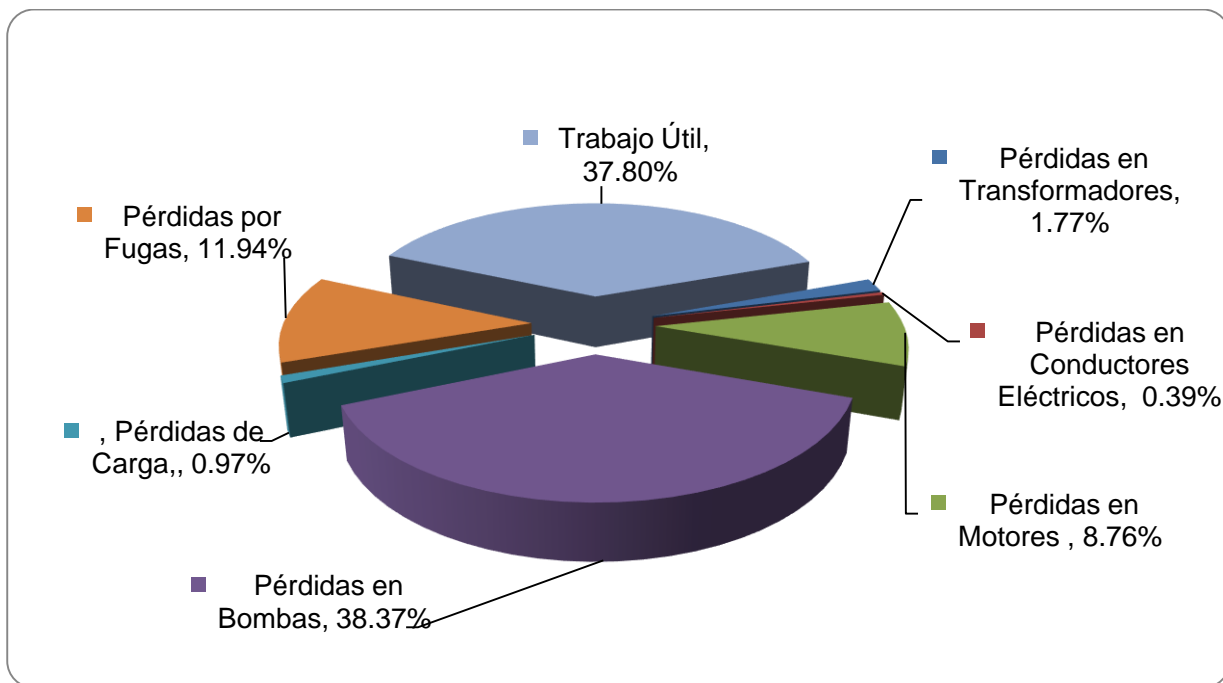


Figura 4-42 Balance de energía actual del conjunto de pozos

El área de oportunidad de ahorro de energía, por mejora de eficiencia electromecánica fue la que mayor potencial de ahorro de energía representaba,

En este rubro, se evaluó el potencial de ahorro para los pozos ,con respecto a la NOM 006 1995 ENER, cuyo resultado se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 4-49. Evaluación de Eficiencia de equipos de bombeo.

Sistema	No-EQ	Carga (H) mca	Gasto (m3/seg)	Potencia Elect. Kw	Eficiencia		Ahorro min. a lograrse (%)	
					Eval.	NOM	%	kW
Saltillo y Arteaga, Valle Verde	B48	131	0.034	77	56.6%	64%	12%	9
Calle 6 de Oct S/N L C Noas II	B59	181	0.069	195	62.7%	64%	2%	4
Calle 6 de Oct S/N L C Noas I	B58	191	0.047	149	59.0%	64%	8%	12
Av Cueva del Tabaco y F M	B39	147	0.078	214	52.2%	64%	19%	40
Yucatan y Av che Guevara	B66	163	0.033	110	47.9%	64%	25%	28
Guanajuato y Plan de Ayala	B08	161	0.051	144	56.1%	64%	12%	18
Allende y L Valle Alameda	B41	145	0.029	136	29.9%	64%	53%	72
Calz Raul Madero y Prol Colon	B70	156	0.037	116	48.1%	64%	25%	29
Cda Peñoles S/N dentro del Predio	B50	171	0.024	72	54.7%	64%	14%	10
Priv. Reforma y Acuña	B14	177	0.032	125	44.4%	64%	31%	38
Calzada Industria 150 Compresora	B46	187	0.041	129	57.6%	64%	10%	13
J Terrazas y E Ortiz	B42	190	0.027	93	54.0%	64%	16%	15
Calzada Industrial 60 y Av G M	B30	155	0.050	130	58.3%	64%	9%	12
Prol. Colon S/N Luis Echeverria	B50A	173	0.018	78	38.5%	64%	40%	31
Donato Guerra y Abasolo, Centro	B13	189	0.025	95	48.7%	64%	24%	23
C 9A y Guadalajara, Centro	B21	188	0.028	99	52.2%	64%	18%	18
Calz los Nogales y Jacarandas	B36	184	0.018	62	52.3%	64%	18%	11
Presa V Guerrero y Presa F R	B35	192	0.054	153	65.8%	64%	-3%	-4
Paseo de las Aguilas	B29	167	0.032	127	41.8%	64%	35%	44
G Calderon y A Urraza	B09	185	0.022	91	44.6%	64%	30%	28
Viena y Roma	B22	176	0.038	117	55.3%	64%	14%	16
Blvd Const 2200 Nva Sn Isidro	B49	195	0.023	95	46.3%	64%	28%	26
Zuloaga y Arocena	B34	192	0.027	87	58.6%	60%	2%	2
Praxedis Guerrero, Fracc el Tajito	B16R	173	0.053	168	53.6%	64%	16%	27
Bravo entre Guyana y Brasil	B51	166	0.027	94	46.7%	64%	27%	25
Av. Allende 5052 Ote.	B55	206	0.026	95	55.2%	64%	14%	13
Flor de Durazno de Azafra	B77	215	0.076	257	62.3%	64%	3%	7
Alejo del Cueto y ortiz	B31	171	0.040	143	46.9%	64%	27%	38
Calzada los Pensadores	B04	183	0.048	138	62.9%	64%	2%	2
Carr Torreon- Matam y calle 48	B40	194	0.044	137	61.3%	64%	4%	6
Blvd Mexico Frente al Cereso	B45	167	0.020	66	50.3%	64%	21%	14
Av Cedral y Nogalar	B56	186	0.037	113	59.6%	64%	7%	8
Parque Ind. La Amistad	B03	161	0.029	160	28.6%	64%	55%	88
Av. Presidente Carranza 1225 Pte.	B71	184	0.019	67	51.1%	60%	15%	10
Priv. Dr. Mora y C. 35	B60	171	0.055	147	62.8%	64%	2%	3
Olimpo y calle del Viento	B53	189	0.048	155	57.6%	64%	10%	16
Blvd. Sección 38 y Av de la Joya	B52	187	0.027	93	53.1%	64%	17%	16
Calz. División del norte	B44	177	0.020	62	54.7%	64%	15%	9
Manuel Gutierrez Nájera	B32	187	0.016	87	33.7%	64%	47%	41
Constitucion y C juarez	B72	129	0.015	44	43.1%	60%	28%	12
Av. Universidad y C de Abastos	B54	215	0.012	52	49.0%	64%	23%	12

Sistema	No-EQ	Carga (H) mca	Gasto (m3/seg)	Potencia Elect. Kw	Eficiencia		Ahorro min. a lograrse (%)	
					Eval.	NOM	%	kW
Rincon La Merced	B06	204	0.014	67	41.8%	64%	35%	23
Pavorreal y cadiz, T residencial	B07	195	0.046	167	52.8%	64%	18%	29
C 47 y Blvd Torreon- Matamoros	B33	193	0.047	153	57.5%	64%	10%	16
Alvarez y artes Gráficas	B24	180	0.023	97	41.9%	60%	30%	29
Prol Clzda Gomez Morin	B57	181	0.022	55	69.5%	64%	-9%	-5
Piedras y Gemas	B23	177	0.019	79	41.7%	64%	35%	28
C Zapatos y Jabonera de la Union	B10	220	0.014	72	41.4%	64%	35%	25
Blv. Laguna Azul y C 21 mayo	B65	178	0.012	50	43.3%	60%	28%	14
A. Camacho y Aztecas Carolinas	B26	172	0.037	146	42.2%	64%	34%	50
C. Ant. Torreón - SA	B75	224	0.017	91	39.8%	64%	38%	34
Dentro Colegio Americano	B02	180	0.029	102	49.3%	64%	23%	23
Manuel Gutierrez Nájera	B38	213	0.049	154	66.6%	64%	-4%	-6
J. Serrano y G. Torres	B01	156	0.013	43	44.8%	64%	30%	13
Diag. Reforma y Ealy	B17	184	0.029	99	52.6%	64%	18%	18
Av Yerbaniz y G Palacio	B63	198	0.030	110	52.5%	64%	18%	20
C Jacinto Canes	B18	218	0.012	67	36.8%	56%	34%	23
Av Independencia 1128 Pte.	B43	212	0.018	60	62.4%	87%	28%	17
Prol Sonora y B California	B12	158	0.042	124	51.8%	64%	19%	24
Blv. Const. 639 Pte. Ofnas SIMAS	B05	198	0.023	99	45.0%	64%	30%	29
Calz Fco. Sarabia Allende y J	B61	183	0.051	180	50.8%	64%	21%	37
Carr Torreon Mielera	B62	211	0.008	49	33.9%	64%	47%	23
P de los Patos y P Campestre	B28	177	0.011	114	16.7%	64%	74%	84
Bldv. Campanas y Calz. De la Lib.	B64	171	0.063	188	56.2%	64%	12%	23
C. valle Hondo y Blvd. M Real	B69	169	0.041	134	50.7%	64%	21%	28
Abasolo y Cuauhtemoc	B37	194	0.036	134	51.1%	64%	20%	27
Argentita esq Cerro de las Calaba	B78	214	0.088	253	72.8%	64%	-14%	-35
Avila Camacho y Av Aeropuerto	B11	177	0.043	147	50.9%	64%	21%	30
Bldv Torreon matamoros C UV	B76	177	0.020	61	55.6%	64%	13%	8
				7867	50.6%			1471

Como puede observarse, el potencial de ahorro con respecto a la NOM resultado de 1,471 kW, equivalente al 19 % de la demanda actual.

Cabe mencionar que también se evaluó el potencial con respecto a los sistemas comercialmente disponibles, el cual resultado de un 25 %.

como resultado de este análisis resultaron varios proyectos rentables de reemplazo del equipo de bombeo (motores y bombas) actualmente instalados.

En la tabla 4.50, se presenta un resumen de los proyectos específicos propuestos, en el que para cada sistema, se presenta la descripción de la medida de ahorro, los ahorros en kWh/año y \$/año, el monto de la inversión necesaria para hacer la implantación de la medida y el período

de retorno de la inversión en años. Como se puede observar, el potencial de ahorro de esta medida ascendió a **\$ 25, 432, 267** al año, con una inversión de **\$ 22, 551, 602**, recuperable en **0.89** años

**Tabla 4-50 Descripción de equipos factibles a sustituir**

Núm.	Sistema	Descripción	Ahorros		Inversión \$	Retorno de Inversión (años)
			kWh/año	\$/año		
B48	Saltillo y Arteaga, Valle Verde	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	3,235	281,840	370,203	1.31
B59	Calle 6 de Oct S/N L C Noas II	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	417,543	581,615	533,768	0.92
B58	Calle 6 de Oct S/N L C Noas I	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	355,206	499,257	512,602	1.03
B39	Av Cueva del Tabaco y F M	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	629,952	889,050	552,123	0.62
B66	Yucatan y Av che Guevara	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	401,875	567,258	398,065	0.70
B08	Guanajuato y Plan de Ayala	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	343,615	487,511	427,669	0.88
B41	Allende y L Valle Alameda	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	751,134	881,511	407,582	0.46
B70	Calz Raul Madero y Prol Colon	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	375,012	531,102	415,689	0.78
B50	Cda Peñoles S/N dentro del Predio	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	193,811	283,344	347,385	1.23
B14	Priv. Reforma y Acuña	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	463,274	670,204	398,941	0.60
B46	Calzada Industria 150 Compresora	Sustitución de Bomba	213,359	294,047	136,550	0.46
B42	J Terrazas y E Ortiz	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	277,499	407,082	447,470	1.10
B30	Calzada Industrial 60 y Av G M	Sustitución de Bomba	226,263	324,711	140,726	0.43
B50A	Prol. Colon S/N Luis Echeverria	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	353,500	500,497	354,154	0.71
B13	Donato Guerra y Abasolo, Centro	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	308,406	394,617	438,451	1.11
B21	C 9A y Guadalajara, Centro	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	228,926	347,109	446,068	1.29

Núm.	Sistema	Descripción	Ahorros		Inversión \$	Retorno de Inversión (años)
			kWh/año	\$/año		
B36	Calz los Nogales y Jacarandas	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	186,052	265,133	394,394	1.49
B35	Presa V Guerrero y Presa F R	Sustitución de Bomba	193,074	268,458	526,769	1.96
B29	Paseo de las Aguilas	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	537,806	684,059	393,680	0.58
B09	G Calderon y A Urraza	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	353,772	494,969	417,618	0.84
B22	Viena y Roma	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	335,453	470,678	461,075	0.98
B49	Blvd Const 2200 Nva Sn Isidro	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	262,598	367,352	427,734	1.16
B34	Zuloaga y Arocena	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	117,520	163,979	332,424	2.03
B16R	Praxedis Guerrero, Fracc el Tajito	Sustitución de Bomba	374,465	526,989	508,014	0.96
B51	Bravo entre Guyana y Brasil	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	355,359	458,846	416,744	0.91
B55	Av. Allende 5052 Ote.	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	272,788	362,309	465,961	1.29
B77	Flor de Durazno de Azafra	Sustitución de Bomba	464,604	649,432	306,536	0.47
B31	Alejo del Cueto y ortiz	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	541,408	693,756	458,444	0.66
B04	Calzada los Pensadores	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	270,824	390,365	509,768	1.31
B40	Carr Torreon- Matam y calle 48	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	266,279	383,725	549,688	1.43
B45	Blvd Mexico Frente al Cereso	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	216,925	284,807	345,631	1.21
B56	Av Cedral y Nogalar	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	264,453	373,654	460,151	1.23
B03	Parque Ind. La Amistad	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	924,812	1,301,046	421,129	0.32
B71	Av. Presidente Carranza 1225 Pte.	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	111,532	148,193	239,501	1.62
B60	Priv. Dr. Mora y C. 35	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	284,565	408,453	559,975	1.37

Documentación de Experiencias en Eficiencia Energética y Eficiencia Hidráulica en Organismos Operadores en México

Núm.	Sistema	Descripción	Ahorros		Inversión \$	Retorno de Inversión (años)
			kWh/año	\$/año		
B53	Olimpo y calle del Viento	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	286,811	402,395	450,078	1.12
B52	Blvd. Sección 38 y Av de la Joya	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	286,013	402,117	434,067	1.08
B44	Calz. División del norte	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	164,074	229,658	390,009	1.70
B32	Cordoba y Paseo de la Soledad	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	436,646	618,279	369,787	0.60
B72	Constitucion y C juarez	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	81,683	124,923	161,777	1.30
B54	Av. Universidad y C de Abastos	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	149,187	218,142	439,624	2.02
B06	Rincon La Merced	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	264,356	371,939	374,380	1.01
B07	Pavorreal y cadiz, T residencial	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	528,078	748,092	582,870	0.78
B33	C 47 y Blvd Torreon- Matamoros	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	368,066	522,866	582,051	1.11
B24	Alvarez y artes Gráficas	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	299,648	417,190	153,200	0.37
B23	Piedras y Gemas	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	330,874	469,287	379,516	0.81
B10	C Zapatos y Jabonera de la Union	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	294,961	411,461	393,582	0.96
B65	Blv. Laguna Azul y C 21 mayo	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	145,314	218,260	177,282	0.81
B26	A. Camacho y Aztecas Carolinas	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	626,057	894,270	439,917	0.49
B75	C. Ant. Torreón - SA	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	397,732	603,800	437,256	0.72
B02	Dentro Colegio Americano	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	309,536	439,463	449,138	1.02
B38	Manuel Gutierrez Nájera	Sustitución de Bomba	187,818	272,504	320,388	1.18
B01	J. Serrano y G. Torres	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	157,129	228,573	307,747	1.35
B17	Diag. Reforma y Ealy	Sustitución del conjunto Motor-	268,409	382,739	450,892	1.18

Núm.	Sistema	Descripción	Ahorros		Inversión \$	Retorno de Inversión (años)
			kWh/año	\$/año		
		Bomba				
B63	Av Yerbaniz y G Palacio	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	336,088	466,633	501,675	1.08
B18	C Jacinto Canes	Sustitución del conjunto Motor-Bomba	249,402	352,724	233,686	0.66
TOTAL			<b>18,044,782</b>	<b>25,432,267</b>	<b>22,551,602</b>	<b>0.89</b>

También se propuso el cambio de tarifa en 4 equipos que fueron los siguientes:

Tabla 4-51 Descripción de sistemas factibles a cambios de tarifas.

Num.	Sistema	Descripción	Ahorros (\$/año)
B72	Constitucion y C juarez	Cambio de tarifa 06 por tarifa HM	33,678
B57	Prol Clzda Gomez Morin	Cambio de tarifa 06 por tarifa HM	43,189
B65	Blv. Laguna Azul y C 21 mayo	Cambio de tarifa OM por tarifa HM	55,272
B01	J. Serrano y G. Torres	Cambio de tarifa OM por tarifa HM	43,289
TOTAL:			<b>175,427</b>

De manera que el resumen de ahorro era el siguiente :

La tabla 4.52. presenta un resumen de las medidas de ahorro recomendadas

Tabla 4-52. Resumen de medidas de ahorro recomendadas

Proyecto		Ahorros			Inversión	Retorno de Inversión
No.	Descripción	kW	kWh/año	\$/año	\$	años
1	Sustitución de 56 bombas y 50 motores actuales en pozos, por equipos más eficientes.	2,168	18'044,782	25'432,267	22'551,602	0.89
2	Cambio de tarifa en 4 sistemas.			175,427		
<b>Total</b>		<b>2,168</b>	<b>18'044,782</b>	<b>25'607,694</b>	<b>22'551,602</b>	<b>0.88</b>



## Balance De Energía Esperado

En la figura 4. 43 se presenta la estructura del balance de energía que se obtendría con la aplicación de las medidas de ahorro. En ella se aprecia que el potencial de ahorro por incrementar la eficiencia electromecánica de los equipos es de **34.87%**.

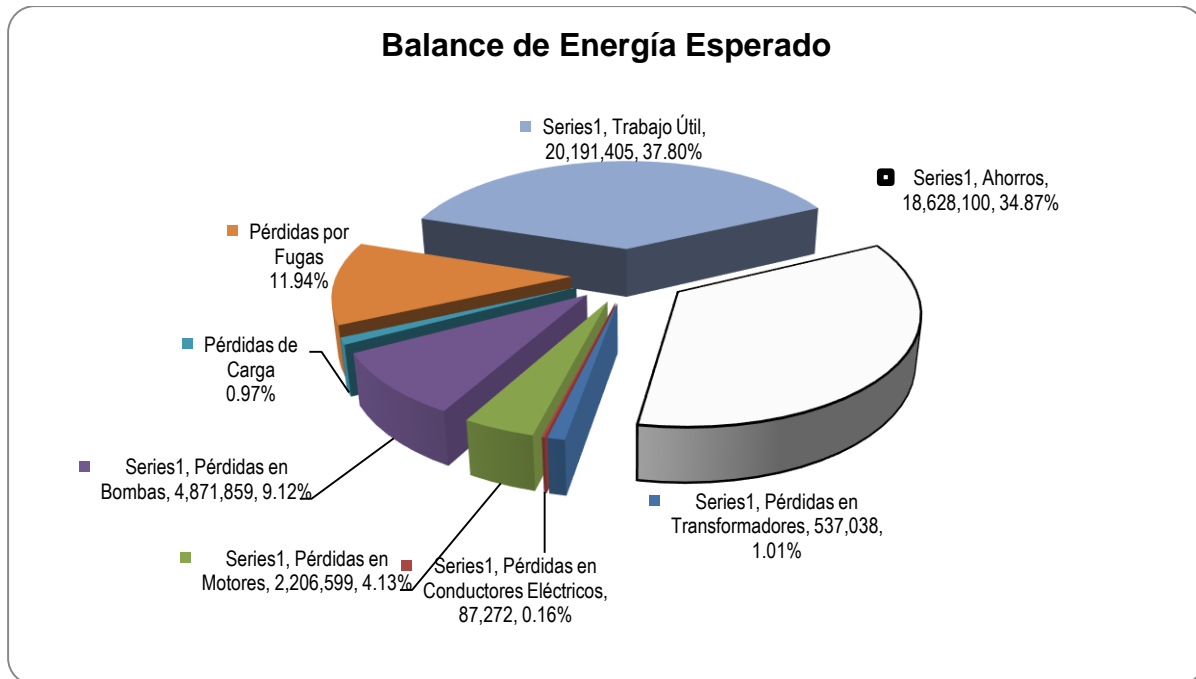


Figura 4-43 Balance de energía actual del conjunto de pozos

**Aun cuando se proyectaba un ahorro importante como resultado del diagnóstico, este proyecto, realizado en abril del 2009, no se implementó, como fue especificado en el mismo. En su lugar, el SIMAS, con recursos propios, realizo un trabajo de rehabilitación y mantenimiento de equipos, que fue realizado entre Noviembre de 2010 y Junio de 2011.**

**De este trabajo, se realizó un análisis de resultados, de 26 equipos de los cuales se contó con los datos de evaluación posterior a la rehabilitación, obtenidos por el contratista, y las facturas de CFE proporcionadas por SIMAS para todo el año de 2011 y se comparó con los valores obtenidos en el diagnóstico energético previo**

La conclusión del análisis comparativo, pozo a pozo se presenta en las tablas anexas al final de este resumen, y las conclusiones generales de este análisis, son las siguientes:

- Solo 2 equipos tuvieron una mejora energética significativa.  
El Pozo B39 tuvo un ahorro del 20 %, bajando de 95 a 75 kW, aunque pudo haber mejorado a menos de 70 porque incluso bajo el gasto 10 %, la eficiencia electromecánica subió 10 %, pudiendo mejorar 20 puntos en %  
El Pozo B37 bajo de 134 a 120 KW, aunque debió ser un poco mayor de acuerdo al diagnóstico y bajar a casi 100 kW
- 3 equipos mejoraron entre un 3 y un 5 % reflejándose en reducción de demanda de potencia eléctrica real
- 2 equipos que operaban excesiva baja de eficiencia electromecánica y requerían sustitución, mejoraron con la rehabilitación, pero no todo el potencial de mejora que podrá haber con la sustitución
- En 3 equipos, pozos B51 y B24, La rehabilitación recupero el nivel de producción, y mejoro el caudal y con ello el rendimiento, aunque no hubo reducción sino aumento de demanda, el

- Indice energético si mejoro por lo que sí se puede considerar una ligera mejora en la eficiencia energética
- En 11 equipos, el efecto energético de la rehabilitación fue negativo porque aumento la demanda y bajo la eficiencia electromecánica
  - En 3 equipos se redujo la demanda de potencia eléctrica, pero también se redujo la producción por lo que el Indice Energético empeoro y no se considera una mejora en eficiencia energética
  - En 1 equipo, B16R, aumento la producción pero aumento también sustancialmente la potencia eléctrica por lo que el Indice Energético empeoro y no se considera una mejora en eficiencia energética
  - En 1 equipo, La rehabilitación no tuvo efecto alguno prácticamente, ni positivo ni negativo, la demanda se mantuvo igual, pero el mes de operar aumento la demanda a 121 kW, un 20 % mas

**En resumen, de los 26 equipos rehabilitados, solo 2 se acercaron a una mejora energética significativa, 4 mejoraron un poco, y 20 no tuvieron una mejora en eficiencia energética, de los cuales 10 tuvieron un efecto negativo aumentando su demanda**

**Con lo cual se concluye que la rehabilitación y sustitución de equipos, debe cuidarse mucho la especificación del mismo, y realizarla de acuerdo a un diagnostico energético integral para que se logren los ahorros y mejora en el rendimiento esperado, la rehabilitación de equipo, como fue realizada en este caso, sin seguir las recomendaciones del diagnóstico lleva a que no se logre el objetivo de ahorro energético que podría lograrse**

**Tabla 4-53 Conclusiones del análisis pozo a pozo**

Ubicación	Pozo No.	Tipo de bomba	HP motor	Comentarios y conclusiones
Guanajuato y Plan de Ayala	B08	T. Vertical	200	Si hubo reducción de potencia, 134 kW vs 144 anteriores, sin embargo produjo un 20 % de menor caudal, porque la carga era mayor, por ende no se considera una mejora en eficiencia energética porque se incrementó el Indice Energético Especifico. La reducción de potencia se debió a la mejora de eficiencia ,pero se esperaba mayor ahorro, bajando a 119 kW con una mejor especificación y sustitución de equipo
Cda Peñoles S/N dentro del Predio	B50	T. Vertical	200	El efecto de la rehabilitación fue negativo energéticamente, dado que la demanda se incrementó de 72 a 88 kW y bajo la eficiencia electromecánica
Priv. Reforma y Acuña	B14	T. Vertical	250	El efecto de la rehabilitación fue negativo energéticamente, dado que la demanda se incrementó de 125 a 132 kW, prácticamente no se incrementó la eficiencia electromecánica, se pudo lograr mayor ahorro reduciendo la demanda a menos de 100 kW con una mejor especificación y sustitución de equipo
J Terrazas y E Ortiz	B42	T. Vertical	250	El efecto de la rehabilitación fue negativo energéticamente, dado que la demanda medida por CFE es incluso mayor a antes del proyecto, aunque el contratista reporta menos en su medición

Ubicación	Pozo No.	Tipo de bomba	HP motor	Comentarios y conclusiones
Blvd Const 2200 Nva Sn Isidro	B49	T. Vertical	250	Si hubo un ahorro del 20 %, bajando de 95 a 75 kW, aunque pudo haber mejorado a menos de 70 porque incluso bajo el gasto 10 %, la eficiencia electromecánica subió 10 %, pudiendo mejorar 20 puntos en %
Zuloaga y Arocena	B34	Sumergible	100	El efecto de la rehabilitación fue negativo energéticamente, dado que subió la demanda de 87 a 104 kW y bajo la eficiencia electromecánica
Praxedis Guerrero, Fracc el Tajito	B16R	T. Vertical	250	La rehabilitación recupero el nivel de producción de 53 a 61 l/s, aunque no hubo reducción sino aumento de demanda de 168 a 197 kW según registro de CFE, aunque el contratista reporta solo 168 kW, por ende el rendimiento en kWh/m3 no mejor y no se considera una mejora en eficiencia energética, con mejor eficiencia electromecánica, podría haber bajado a 140 aun con un mayor gasto y reflejarse en menor demanda
Bravo entre Guyana y Brasil	B51	T. Vertical	150	La rehabilitación recupero el nivel de producción, y mejoro el caudal y con ello el rendimiento, aunque no hubo reducción sino aumento de demanda, el Índice energético si mejoro un 10 % por lo que sí se puede considerar una ligera mejora en la eficiencia energética
Av. Allende 5052 Ote.	B55	T. Vertical	200	La rehabilitación no tuvo efecto alguno prácticamente, ni positivo ni negativo, la demanda se mantuvo igual, pero el mes de operar se cayó de nuevo la EE y aumento la demanda a 121 kW, un 20 % mas
Flor de Durazno de Azafra	B77	T. Vertical	350	El efecto de la rehabilitación fue negativo energéticamente, dado que la demanda real fue de 267 kW contra 257 kW anterior, se pronosticó 209 kW en el proyecto. Aumento un poco el caudal pero no es suficiente razón
Alejo del Cueto y Ortiz	B31	T. Vertical	250	La rehabilitación recupero el nivel de producción, pero no hubo ahorro de energía sustancial, incluso aumento el Índice energético al subir la demanda de 143 kW a 175 kW, aunque mejoro la Eficiencia Electromecánica, no se considera una mejora en eficiencia energética
Parque Ind. La Amistad	B03	T. Vertical	250	Mejoro solo 5 %, cuando pudo haber mejorado mucho más dado que el potencial era de 50 %, afecto un poco el abatimiento del pozo de 145 a 175 metros en el resultado
Blvd. Sección 38 y Av de la Joya	B52	T. Vertical	250	La rehabilitación no recupero el caudal, por el contrario, lo redujo, a lo cual se debió la reducción de demanda que bajo de 93 a 72 kW pero el índice energético empeoro por lo que no se considera una mejora en la eficiencia energética. El contratista reporta el pozo con desviaciones y roturas graves

Ubicación	Pozo No.	Tipo de bomba	HP motor	Comentarios y conclusiones
Rincon La Merced	B06	T. Vertical	250	El efecto de la rehabilitación fue negativo energéticamente, subió la demanda de 70 a 107 kW y bajo la eficiencia electromecánica, Afecto un abatimiento significativo del nivel dinámico pero no es razón suficiente, el problema es el variador de frecuencia que no es recomendable para esta aplicación
Álvarez y artes Gráficas	B24	Sumergible	125	la demanda aumento un poco, de 97 a 99 kW, pero la rehabilitación logro mejorar el caudal de 23 a 31.5 l/s y por ende el rendimiento en kWh/m3 del pozo por lo que si se considera una mejora en la eficiencia energética
Piedras y Gemas	B23	T. Vertical	200	El efecto de la rehabilitación fue negativo energéticamente, subió la demanda de 79 a 99 kW y bajo el caudal y por ende la eficiencia electromecánica a la mitad
Blv. Laguna Azul y C 21 mayo	B65	Sumergible	75	La rehabilitación tuvo un efecto energético negativo al aumentar la demanda de potencia de 50 a 74 KW reportado por CFE aunque el contratista reporta 54 kW, es lógico el incremento por el aumento de nivel dinámico, y eso fue la causa del incremento de demanda ya que el caudal se mantuvo igual. De haberse logrado lo especificado por el diagnostico la demanda se habría mantenido al menos
C. Ant. Torreón - SA	B75	T. Vertical	250	El efecto de la rehabilitación fue negativo energéticamente, ya que subió la demanda de 91 a 98 kW y bajo la eficiencia electromecánica
Dentro Colegio Americano	B02	T. Vertical	200	Mejoro un 5 %,pudo haber bajado a menos de 80 kW, y solo bajo a 98 kW , medido por CFE, aunque el contratista reporta 82 kW, el problema fue la bomba o la rehabilitación, porque el gasto y la carga no variaron prácticamente, incluso bajo el gasto un 10 %
Diag. Reforma y Ealy	B17	T. Vertical	150	La rehabilitación no recupero el caudal, por el contrario, lo redujo, a lo cual se debió la reducción de demanda que bajo de 99 a 75 kW pero el indice energético empeoro por lo que no se considera una mejora en la eficiencia energética
Blv. Const. 639 Pte. Ofnas SIMAS	B05	T. Vertical	250	Mejoro un 5 %,pudo haber bajado a menos de 70 kW, y solo bajo a 93 , medido por CFE, aunque el contratista reporta 79 kW, el problema fue la bomba o la rehabilitación, porque el gasto y la carga no variaron prácticamente, incluso bajo el gasto un 10 %

Ubicación	Pozo No.	Tipo de bomba	HP motor	Comentarios y conclusiones
Calz Fco. Sarabia Allende y J	B61	T. Vertical	250	Mejoro un 3 %, de 180 a 173 kW medido por CFE, el contratista reporta solo 156 kW en su medición y una eficiencia electromecánica de 64 % , que no es real, de haberse logrado lo propuesto por el diagnostico, al menos 70 % de eficiencia, habría bajado la demanda a 130 kW
Carr Torreón Mielera	B62	T. Vertical	200	Mejoro con la rehabilitación que ya pedía urgentemente porque estaba trabajando al 33 % de eficiencia electromecánica era otro caso extremo y aunque no bajo sino aumento la demanda de 49 a 74 kW ,aunque el contratista reporte menor demanda que CFE, el rendimiento mejoro , pero de todos modos es aún bastante mejorable
P de los Patos y P Campestre	B28	T. Vertical	200	Mejoro con la rehabilitación que ya pedía urgentemente porque estaba trabajando al 16 % de eficiencia electromecánica debido a desgaste por arena, era caso extremo y necesariamente bajo de 114 a 78 kW de acuerdo a medición de CFE aunque el contratista reporta menor demanda
Abasolo y Cuauhtémoc	B37	T. Vertical	250	En este equipo si hubo ahorro y fue bien especificado, bajo de 134 a 120 KW, aunque debió ser un poco mayor de acuerdo al diagnóstico y bajar a casi 100 kW
Argentita esq Cerro de las Calaba	B78	T. Vertical	350	El efecto de la rehabilitación fue negativo energéticamente, ya que subió la demanda real de 265 kW medida por CFE vs 253 kW anteriores, el contratista reporta solo 166 kW y EF 83 %, lo cual no es lógico porque el caudal bajo mucho

Tabla 4-54 Comparativo de datos clave para el análisis Pozos B08 a B77

Pozo No.	Antes de la rehabilitación ( Diagnostico Energetico Abril 2009)							Despues de la rehabilitación 2010-2011					
	Carga (H) mca	Gasto (l/seg)	Potencia Elect. Actual Kw	Eficiencia		Ahorro min. a lograrse (%)		Potencia Elect. Propuesta Kw	Potencia Electrica Real Obtenida kW		Gasto (l/seg)	Carga (H) mca	Eficiencia Electrom. Contrat. %
				Eval.	Prop.	%	kW		CFE	Contrat.			
B08	161	51.0	144	0.56	0.68	0.17	24	120	137	134	43	200	63.0
B50	171	23.5	72	0.55	0.66	0.17	12	60	88	98	22	187	41.2
B14	177	32.0	125	0.44	0.67	0.34	42	83	133	131	37	194	53.8
B42	190	27.0	93	0.54	0.67	0.19	18	75	102	88	26	204	59.1
B49	195	23.0	95	0.46	0.67	0.31	29	66	76	75	20	206	53.9
B34	192	27.0	87	0.59	0.60	0.03	2	85	104	84	20	195	45.5
B16R	173	53.0	168	0.54	0.72	0.25	43	125	197	168	61	203	72.3
B51	166	27.0	94	0.47	0.65	0.29	27	67	105	92	32	202	68.9
B55	206	26.0	95	0.55	0.66	0.16	15	80	100	97	30	196	59.5
B77	215	76.0	257	0.62	0.76	0.18	47	210	264	254	85	215	70.6

Tabla 4-55. Comparativo de datos clave para el análisis Pozos B31 a B75

Pozo No.	Antes de la rehabilitación ( Diagnostico Energetico Abril 2009)							Despues de la rehabilitacion 2010-2011					
	Carga (H) mca	Gasto (l/seg)	Potencia Elect. Actual Kw	Eficiencia		Ahorro mín. a lograrse (%)		Potencia Elect. Propuesta Kw	Potencia Electrica Real Obtenida kW		Gasto (l/seg)	Carga (H) mca	Eficiencia Electrom. Contrat. %
				Eval.	Prop.	%	kW		CFE	Contrat.			
B31	171	40.0	143	0.47	0.71	0.34	48	95	179	175	48	235	63.2
B03	161	29.0	160	0.29	0.67	0.57	92	68	149	139	38	213	57.1
B52	187	27.0	93	0.53	0.67	0.21	19	74	72	72.7	17	189	43.4
B06	204	14.0	67	0.42	0.67	0.38	25	42	115	107	22	253	51.0
B24	180	23.0	97	0.42	0.59	0.28	28	69	105	99	31.5	200	62.4
B23	177	19.0	79	0.42	0.66	0.37	29	50	99	99	12	224	26.6
B65	178	12.4	50	0.43	0.61	0.29	14	36	74	52	12	242	54.8
B75	224	16.5	91	0.40	0.67	0.41	37	54	98	78	15.6	231	45.3

Tabla 4-56 Comparativo de datos clave para el análisis Pozos B02 a B78

Pozo No.	Antes de la rehabilitación ( Diagnostico Energetico Abril 2009)							Despues de la rehabilitacion 2010-2011					
	Carga (H) mca	Gasto (l/seg)	Potencia Elect. Actual Kw	Eficiencia		Ahorro mín. a lograrse (%)		Potencia Elect. Propuesta Kw	Potencia Electrica Real Obtenida kW		Gasto (l/seg)	Carga (H) mca	Eficiencia Electrom. Contrat. %
				Eval.	Prop.	%	kW		CFE	Contrat.			
B75	224	16.5	91	0.40	0.67	0.41	37	54	98	78	15.6	231	45.3
B02	180	28.5	102	0.49	0.66	0.25	25	77	98	82	26	201	62.5
B17	184	28.9	99	0.53	0.65	0.19	19	80	75	68	20	193	55.7
B05	198	23.0	99	0.45	0.67	0.33	32	67	93	79	22	206	56.3
B61	183	51.0	180	0.51	0.70	0.27	49	131	173	156	47	218	64.4
B62	211	8.0	49	0.34	0.67	0.49	24	25	89	76	20	187	48.3
B28	177	11.0	114	0.17	0.67	0.75	85	29	78	50	15	195	57.4
B37	194	36.0	134	0.51	0.70	0.27	36	98	120	116	37	214	67.0
B78	214	87.5	253	0.73	0.76	0.05	12	241	265	166	68	207	83.2

### Proyecto de sectorización

Basado en las recomendaciones del DIP realizado en 2008, se inicio un proyecto de sectorización que consiste en lo siguiente:

El Sistema se ha dividido en dos grandes subsistemas, el Subsistema Norte y el Subsistema Sur, cuyo diagrama esquemático se muestra a continuación:



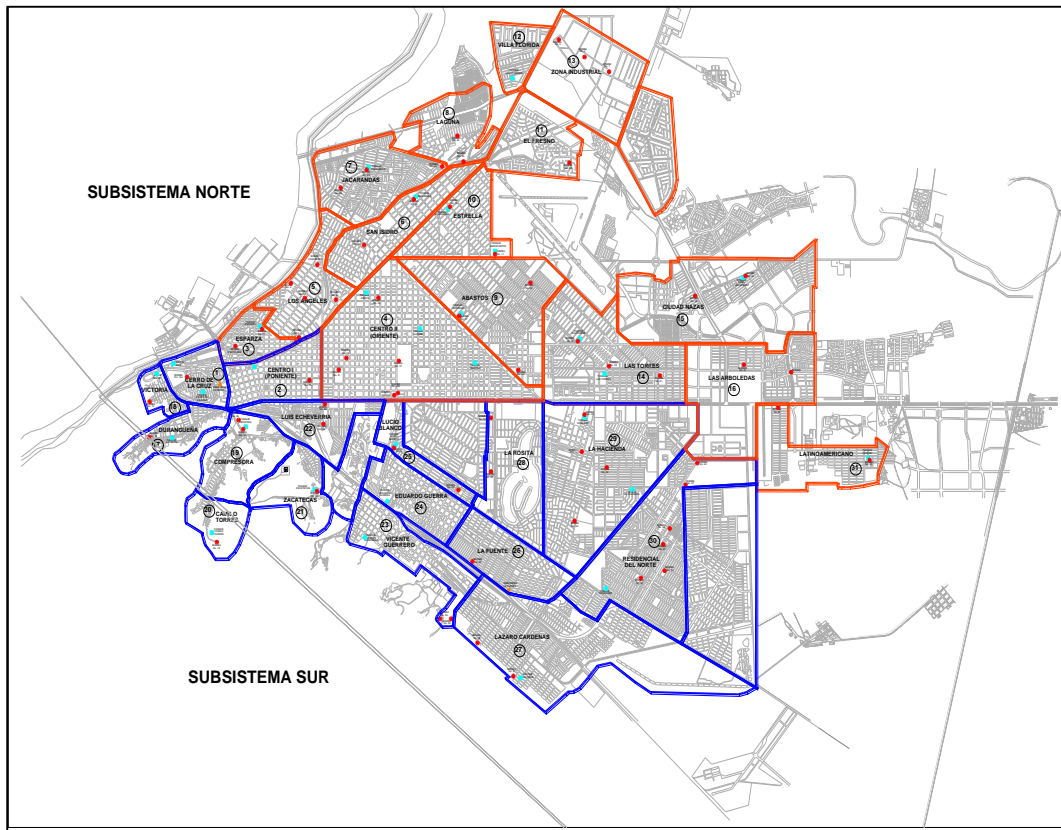


Figura 4-44. Esquema de sectorización.

Los 76 pozos están divididos también abasteciendo estos dos grandes subsistemas, de la siguiente forma:

Subsistema Norte Demanda total : 1043 l/s					
Número de Pozo	Gasto (l/s)	Número de Pozo	Gasto (l/s)	Número de Pozo	Gasto (l/s)
14	28	75	12	26	10
9	11	1	13	33	8
42	23	38	45	3	40
34	27	4	26	48	38
31	42	16r	38	15r	55
29	31	11	33	78	56
35	45	60	40	56	41
36	25	26	25	40	6
21	26	17	21	45	40
22	28	51	24	69	30
63	23	55	30	37	31
49	24	61	48		
<b>Total</b>	<b>333</b>		<b>355</b>		<b>355</b>

Figura 4-45. Demanda y producción requerida en subsistema norte

Subsistema Sur		Demanda total : 1143 l/s			
Número de Pozo	Gasto (l/s)	Número de Pozo	Gasto (l/s)	Número de Pozo	Gasto (l/s)
12	19	65	16	33	36
12a	14	66	45	44	6
43	16	8	42	52	22
46	45	53	23	23	10
36	16	28	7	54	7
30	34	39	59	10	13
18r	50	65	16	33	25
50	14	39	59	62	10
67	38	65	16	77	80
58	31	7	42	41	25
59	49	47	20	13	10
47	65	44	19	71	30
39	59	40	30	24	25
<b>Total</b>	<b>450</b>		<b>394</b>		<b>299</b>

Figura 4-46. Demanda y producción requerida en subsistema sur

El proyecto se ha ido ejecutando lentamente, entre las acciones que SIMAS reporta se encuentran las siguientes :

- Se ha estado realizando la sectorización hidráulica y el reforzamiento de líneas principales del área con desabasto de los sectores, para permitir controlar eficientemente la distribución del gasto, homogenizando las presiones en las tuberías y al mismo tiempo facilitando la reparación y control de fugas. Algunas imágenes de estas obras se presentan a continuación



Figura 4-47. Imágenes ejemplo en la construcción de sectores.

### Acciones complementarias a la sectorización llevadas a cabo en el Sistema

Se construyó y equipó un sistemas de regulación, para satisfacer con esto las demandas en las horas de mayor consumo, con 14 tanques de vidrio fusionado al acero para almacenamiento de 1,000 hasta 4,000 m<sup>3</sup>, en los sectores carentes de tanques . Imágenes de esto se presentan a continuación:



Figura 4-48. Imagenes complementarias de la implementación de proyecto de sectorización.

Como parte de estos sistemas de regulación y con el fin de mejorar la eficiencia hidráulica y reducir los costos de energía eléctrica en la operación de los pozos y tanques, se instalaron variadores de velocidad en equipos de bombeo, que tenían el objetivo de permitir suministrar el agua potable de acuerdo a la variación de la demanda, disminuyendo el consumo de energía y evitando fugas en tuberías en las horas de menor demanda, y con ello recuperar caudales para su mejor aprovechamiento.

Adicionalmente, se instalaron Sistemas de Control Supervisorio en algunos pozos , los cuales tenían el objetivo de monitorear el correcto funcionamiento de los equipos de bombeo, minimizando los efectos negativos de los paros de energía eléctrica que originan desabasto y baja presión en el sistema.

Una imagen de este tipo de sistemas se presenta a continuación



Figura 4-49. Ejemplo de sistemas de control

Con estos dispositivos se restablece el servicio de manera inmediata a control remoto.

Otra acción fue la instalación de micro y macro medidores, que permiten contabilizar con mayor eficiencia los consumos reales de los usuarios, con lo cual se evita al máximo las tomas con cuota fija y las tomas irregulares

**Con estas acciones, SIMAS reporta los siguientes beneficios**

**Mejoramiento de la distribución del agua (Caudal, presión)**

**Incremento en la eficiencia energética (Disminución de los consumos de energía eléctrica del orden del 33%)**

**Reducción de fugas y costos en mantenimiento de la red**

**Reducción en los costos en mantenimiento de equipos de bombeo**

**Flexibilidad en operación en casos de emergencias**

**Control de distribución por sectores o circuitos, para mantenimiento de pozos y/o reparación de fugas en la red**

**Incremento en la eficiencia física de los sectores del 50% a un 65 y hasta 70%**

**Población beneficiada 682,000 habitantes**

**No obstante , SIMAS no reporta evidencias de una reducción del consumo energetico en base a facturas ni de agua recuperada.**

**Tampoco reporta el uso de indicadores energéticos como kWh/m3 o \$/ kWh por ende tampoco presenta graficos de tendencia de los mismos**

## 4.7 PROYECTO : SOAPAMA ATLIXCO

Tipo de proyecto	Energetico e Hidraulico Integral
Alcance	Proyecto e implementacion

### 4.7.1 Descripción general del organismo y su problemática

El municipio de Atlixco se localiza en la parte centro Oeste del estado de Puebla, y pertenece a la Región V denominada Valle de Atlixco y Matamoros.

Cuenta con una superficie de 229.22kilómetros cuadrados y el porcentaje que representa respecto a la superficie del estado es del 0.67 %. Su población es de 127,049 habitantes (INEGI 2010).

Por otra parte el INEGI tiene registradas 131 comunidades dentro del municipio, mientras que el SOAPAMA no tiene injerencia directa para el suministro de agua potable en la totalidad de las comunidades del municipio, siendo la injerencia del SOAPAMA únicamente en 29 comunidades del centro del mismo

De acuerdo a lo señalado anteriormente y de acuerdo al Censo de Población y Vivienda del INEGI 2010, en la tabla 4.57se muestra la población total de servicio de agua potable por injerencia de SOAPAMA.

**Tabla 4-57. Habitantes de las comunidades de injerencia de SOAPAMA de acuerdo a INEGI 2010**

No Total de Localidades en Municipio	Total de Habitantes en el Municipio	Viviendas Habitadas en el Municipio	Localidades con Injerencia SOAPAMA	Habitantes con injerencia SOAPAMA	Viviendas injerencia SOAPAMA
<b>131</b>	<b>127,062</b>	<b>31,559</b>	<b>29</b>	<b>94,208</b>	<b>24,050</b>

Esto fue cotejado con su padrón de usuarios

El abastecimiento de agua potable de la ciudad de Atlixco, Puebla, se realiza a partir de la extracción del agua superficial, constituida por un manantial y de la extracción del agua subterránea constituida por 23 pozos profundos. A partir de estas fuentes de captación, y apoyados con rebombeos y tanques, el agua se distribuye a las redes de las diferentes zonas de operación.

Actualmente, el sistema de agua potable de Atlixco cuenta con 18 sistemas de abastecimiento, los cuales son el Sistema El León, Prados El León, Las Palmas I, Las Palmas II, FOVISSSTE, 47 Sur, 15 Sur, Las Carolinas, Val de Cristo, El Cristo, La Alfonsina, Valle Sur, Los Llanos, Infonavit, Tumbacarretas, Las Monjas, San Alfonso – Flores Magón y Cristo Chico (ver figura 4.50).

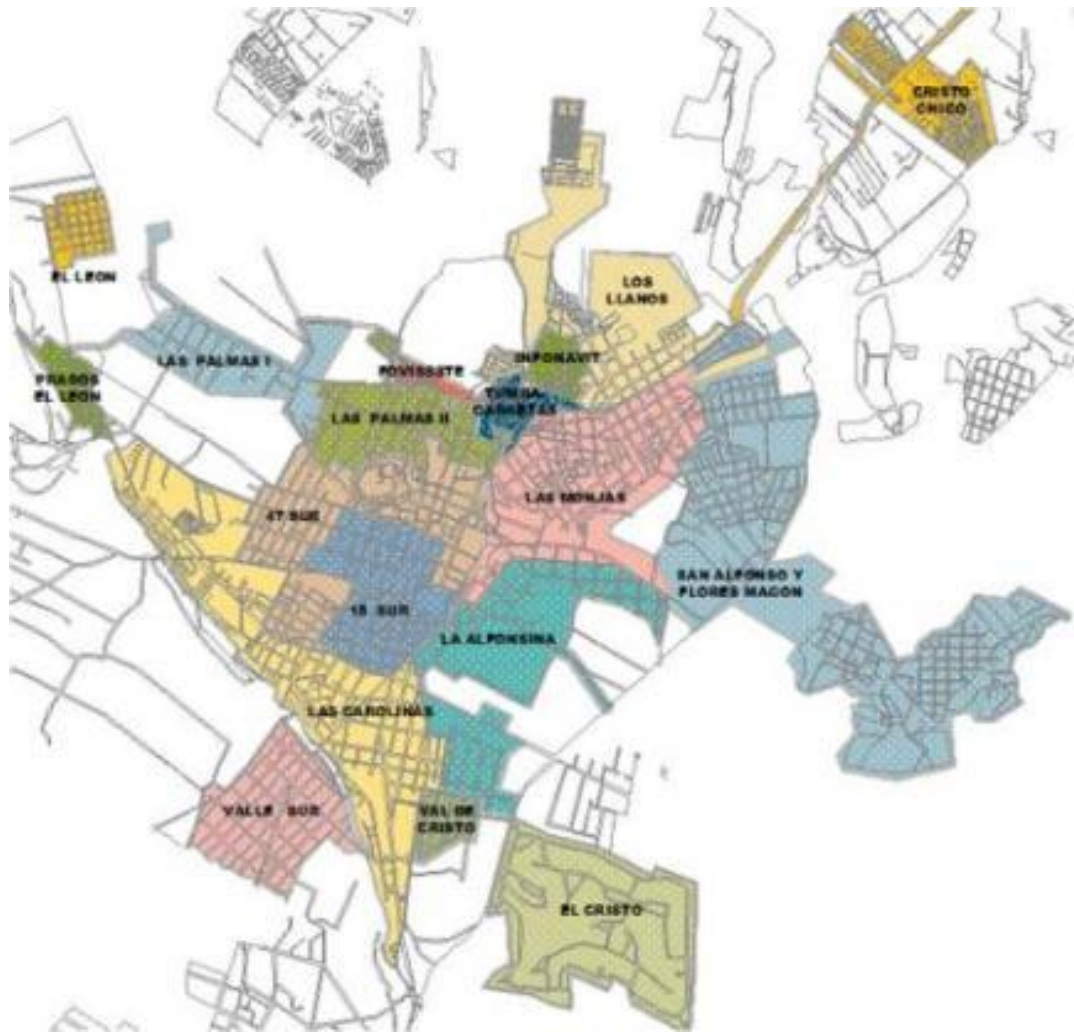


Figura 4-50. Sistemas de abastecimiento del organismo de agua potable de Atlixco

El sistema de abastecimiento de agua de Atlixco cuenta con aproximadamente 179.5 kilómetros de red, de los cuales 15.5 kilómetros son tuberías de conducción y 164 kilómetros son tuberías de distribución. Los diámetros varían de 1 a 10 pulgadas de diámetro en materiales de Asbesto Cemento (A.C.), PVC, Polietileno de Alta Densidad (PEAD) y Fierro Fundido (Fo.Fo.).

El consumo de energía de los sistemas de bombeo operados por el SOAPAMA, se muestra en la tabla siguiente 4.58.

Además de los 23 pozos profundos con que cuenta el sistema, se dispone de un manantial que abastece por gravedad el 10 % del suministro total. El otro 90 % lo abastecen los pozos que tienen un nivel dinámico de 20 metros en promedio. Estas condiciones en las fuentes de abastecimiento, aunado a que la topografía de la ciudad es bastante plana a excepción de algunas zonas de la ciudad, permiten al SOAPAMA operar con un Índice Energético actual de solo 0.34 kWh/m<sup>3</sup>, bastante más bajo que la media nacional.

No obstante esta situación favorable desde el punto de vista energético, el índice de continuidad del servicio es de 15 horas / día-usuario en promedio, por ende el reto del organismo es mejorar la distribución y con ello el servicio que presta a la población, y de ser posible, mejorar el consumo energético del sistema.

Tabla 4-58. Consumo de energía en los Pozos de SOAPAMA

Sistema	Equipo	Tarifa Contratada	Demanda (kW)	Energía (kWh/año)	Facturación (\$/año)
(01) EL LEÓN	Pozo El León	6	12	48,421	69,049
(02) PRADOS EL LEÓN	Pozo Prados El León	6	15	71,507	101,970
(03) PALMAS I	Pozo Las Palmas I	6	16	117,366	167,364
(04) PALMAS II	Pozo Las Palmas II	6	17	124,234	177,158
(05) FOVISSSTE	Pozo FOVISSSTE	6	15	110,421	157,460
(06) 47 SUR	Pozo 47 Sur (Gamboa)	6	26	228,534	325,889
(06) 47 SUR	Pozo 19 Nte		16	42,687	60,871
			16	7,601	10,840
			16	35,084	50,029
(06) 47 SUR	RB Tanque La Soledad Bomba 1		9	53,135	75,771
(07) 15 SUR	Pozo 15 Sur	OM	21	154,027	219,642
(08) LAS CAROLINAS	Pozo Carolina 1	6	31	226,907	323,570
			30	10,977	15,654
			30	208,591	298,285
(08) LAS CAROLINAS	Pozo Carolina 2	OM	36	238,268	339,770
			37	204,541	291,675
			38	14,000	19,964
			37	27,264	38,879
(09) VAL DE CRISTO	Pozo Val de Cristo	OM	12	65,753	93,763
(10) EL CRISTO	Pozo Andrés	S/R	27	159,662	227,678
(10) EL CRISTO	Pozo Apostoles		21	76,778	109,485
(11) LA ALFONSINA	Pozo La Alfonsina	6	26	180,675	257,643
(12) VALLE SUR	Pozo Valle Sur	6	20	107,018	152,607
(13) LOS LLANOS	Pozo Los Llanos	6	55	372,416	531,066
			55	120,773	172,223
			54	118,576	169,089
			49	71,721	102,274
			46	42,075	59,999
(13) LOS LLANOS	RB El Cerril Bomba 1	6	12	57,230	81,610
(14) INFONAVIT	Pozo Infonavit 1	OM	27	58,124	82,885
(14) INFONAVIT	Pozo Infonavit 2	6	13	38,591	55,031
(15) TUMBACARRETAS	Pozo Tumbacarretas	OM	15	55,002	78,433
(16) LAS MONJAS	Pozo Las Monjas	6	55	403,792	575,807
(17) SAN ALFONSO - FLORES MAGON	Pozo San Alfonso	OM	13	50,217	71,810
(17) SAN ALFONSO - FLORES MAGON	Pozo Flores Magon		39	121,567	173,355
(17) SAN ALFONSO - FLORES MAGON	Pozo Cristo Chico		35	281,815	401,868
			45	362,396	516,776
(17) SAN ALFONSO - FLORES MAGON	RB San Alfonso Bomba 1			46	403,832
(17) SAN ALFONSO - FLORES MAGON	Pozo Abierto Temaxcalapa		0.95	693	988
(17) SAN ALFONSO - FLORES MAGON	RB Temaxcalapa		7.94	22,857	32,594
(17) SAN ALFONSO - FLORES MAGON	Pozo Nieves		2.76	2,011	2,868
(17) SAN ALFONSO - FLORES MAGON	RB Las Nieves Tanque		1.09	3,272	4,666
(18) CRISTO CHICO	RB Valle Real	6	47.28	241,581	344,495
(18) CRISTO CHICO	RB EZ Los Molinos		8.00	5,841	8,330
				<b>4,185,742</b>	<b>5,969,903</b>

#### 4.7.2 Descripción del proyecto realizado y sus hallazgos

Con el fin de tener un plan de acción para enfrentar la problemática de suministro actual, el SOAPAMA desarrollo un Proyecto Integral de Eficiencia Energetica e Hidraulica cuyo desarrollo y beneficios potenciales identificados, se describen a continuación:

Las Etapas del proyecto fueron las siguientes:

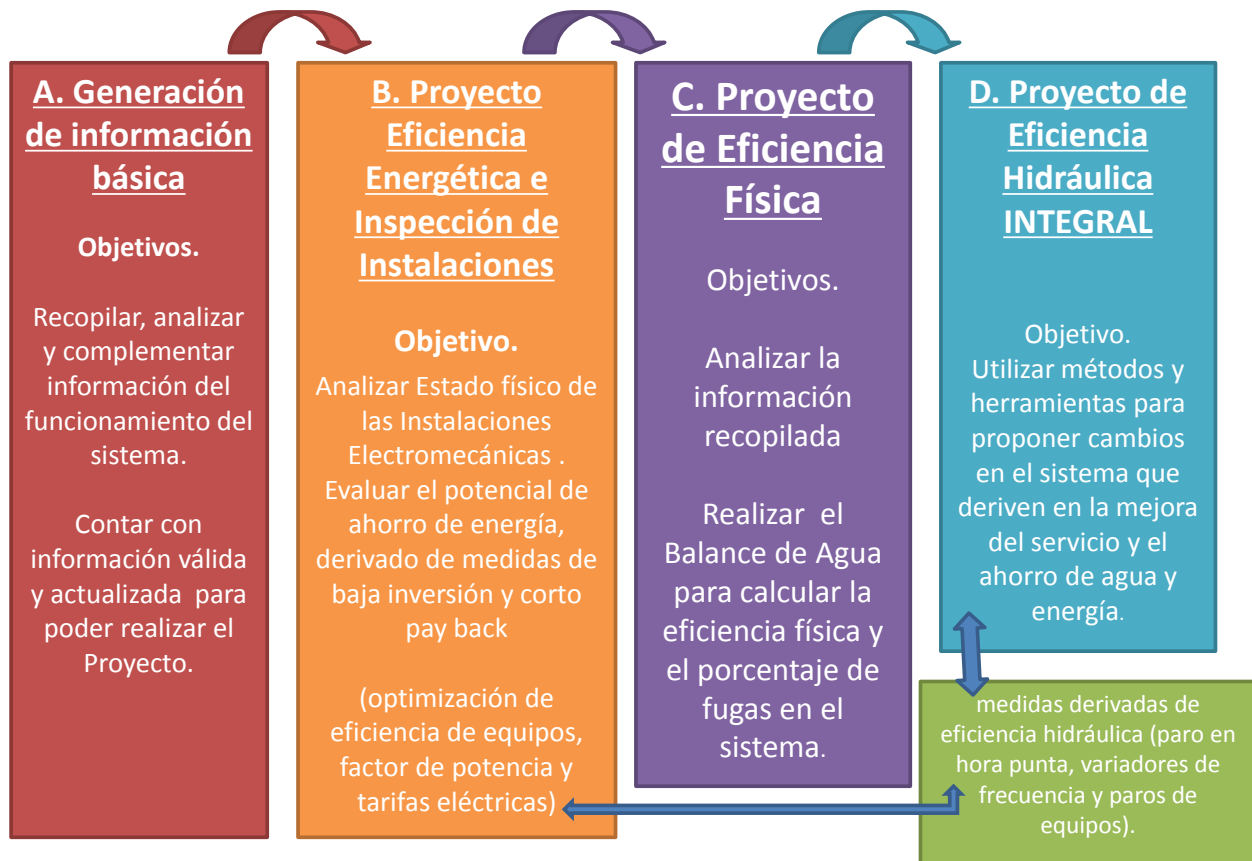


Figura 4-51. Etapas del proyecto integral.

Entre las actividades de generación de información básica se realizó lo siguiente:

#### Actualización del Catastro de la red de agua potable

Se acondiciono el catastro de red con que ya contaba SOAPAMA para verificarlo y adecuarlo a la construcción de un modelo simulación hidráulica, entre otras cosas se hizo:

- Verificar el trazo de las líneas de la red principal y secundaria
- Conversión de los planos topográficos en format SHAPE a Autocad (formato DWG)
- Construir perfiles topográficos de las líneas de conducción con las que no se cuenta

#### Intensa campaña de levantamiento de datos y medicion en campo

Entre otras las siguientes :



### Medición y prueba de parámetros eléctricos e hidráulicos.

Una vez verificados los datos básicos de los equipos, y con la información proporcionada, se realizó una campaña de medición y prueba de parámetros eléctricos e hidráulicos, para realizar tanto los diagnósticos energéticos como los análisis de la capacidad de los pozos.

Con base en el resultado de esas mediciones se determinó la eficiencia electromecánica del conjunto motor-bomba y en forma separada, la curvas de comportamiento carga – gasto del equipo de bombeo y el análisis de la capacidad de producción de los pozos.

La campaña de medición estuvo dividida en actividades hidráulicas y electromecánicas, como se muestra en la tabla 4.59.

Tabla 4-59. Descripción de la campaña de medición

CAMPAÑA DE MEDICIÓN	ACTIVIDAD	OBJETIVO	EQUIPO Y HERRAMIENTAS
Electromecánica en equipos de bombeo	Medición de parámetros eléctricos	Determinar potencia de operación y calcular eficiencia	Analizador de potencia de redes eléctricas o equipos de medición (Voltímetro, Amperímetro, etc.)
	Medición de caudal de descarga en bombas	Determinar el caudal de operación del equipo	Medidor de gasto ultrasónico o electromagnético
	Medición de presiones en descarga y succión	Obtener carga de operación del equipo	Manómetro portátil tipo Bourdon
	Definición de niveles de referencia en bombeos	Obtener carga de operación, pérdidas de carga hidráulica y curvas de abatimiento	Sonda eléctrica, Sonda neumática y cinta métrica.

Para la obtención de parámetros eléctricos se utilizó un analizador de redes eléctricas que, además de permitir la medición de parámetros por fases, integra dichas mediciones para obtener directamente los valores trifásicos.

La medición de caudales se realizó mediante la utilización de un medidor portátil del tipo ultrasónico, por la alta exactitud que ofrece y la versatilidad en su uso.

Para realizar las mediciones de las cargas de presión de succión ( $P_s$ ) y descarga ( $P_d$ ), se usaron manómetros tipo Bourdon, con glicerina, asegurándose de su buena calibración, y tomando en cuenta que se encuentre dentro del tercio medio de su escala, puesto que es donde su exactitud es la óptima.

Por último se realizaron mediciones de temperatura de los principales componentes de los equipos eléctricos y mecánicos con el fin de identificar posibles puntos de falla o faltos de mantenimiento.

#### Medición de caudal puntual en las descargas del rebombeo y de tanques de regularización.

#### Medición de presiones en tomas domiciliarias.

En el presente proyecto se estableció realizar medición de presiones en 310 puntos de la red, para tener un mapeo general actual de las presiones entregadas en la red de distribución de Atlixco.

Esta campaña se realizó junto con la campaña de verificación de errores de medición de los micromedidores, ubicando los puntos de medición de presión en las mismas tomas domiciliarias donde se verificó el micromedidor.

Para la medición de las presiones se utilizó un manómetro comercial tipo Bourdon con carátula de glicerina, el cual se colocó en las llaves para jardín de cada toma domiciliaria o en su caso se desmontó el medidor y se colocó directamente a éste.

En la figura 4.52, se presentan algunas fotografías que muestran algunas de las actividades de la campaña de medición de presiones en la red de Atlixco así como de medición de error de exactitud de micromedidores.



**Figura 4-52. Actividades de registro de presiones en tomas domiciliarias.**

### **Análisis detallado de la operación hidráulica**

Para esto , se realizaron dos actividades básicas

#### **Entrevistas y recorridos con los operarios**

Con esto se logro describir y analiza detalladamente el funcionamiento. El estado y ubicación de la red , el cual es mejor conocido por el personal de operación. Se transfirió esta información a planos y esquemas de funcionamiento como el siguiente.

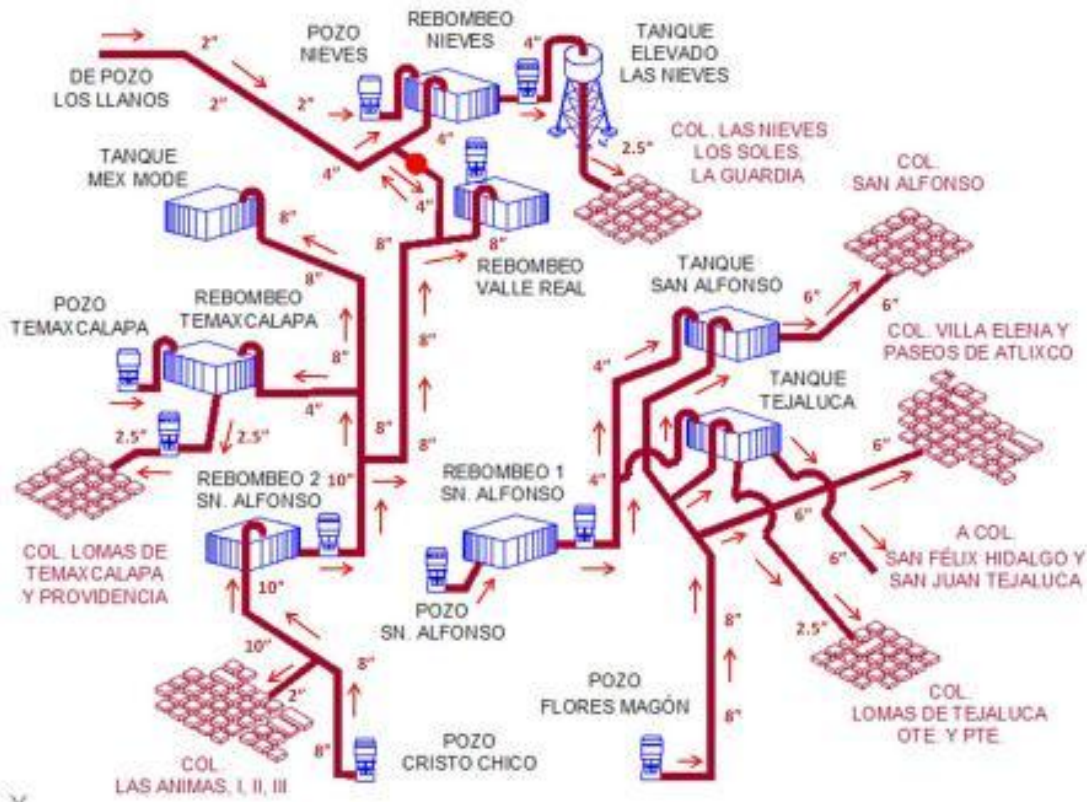


Figura 4-53. Ejemplo de esquema de funcionamiento de operación hidráulica

### Levantamiento de fontanería en infraestructura

El conocimiento de los esquemas de funcionamiento de la red, permite identificar puntos importantes para enfocar los levantamientos en campo de cajas de válvulas, tuberías e infraestructura que confirmen los detalles de la red y la operación hidráulica

Con todos estos levantamientos, recorridos y entrevistas, se logra identificar la problemática energética y de la operación hidráulica del sistema, los niveles de tandeos y sus afectaciones, las bajas dotaciones y problemas de suministro a las diferentes zonas, etc.

### Aspectos Energéticos Analizados

Los principales aspectos analizados fueron los siguientes:

#### A. Análisis de las condiciones físicas y operativas de las instalaciones

En este aspecto se analizaron dos aspectos:

- Eléctricas.
  - Evaluación con la NOM-001-SEDE-2005, "Instalaciones eléctricas (utilización)"
- Análisis de fuentes.
  - Evaluación con la NOM-003-CNA-1996, "Requisitos durante la construcción de pozos extracción de agua para prevenir la contaminación".

En el caso de las fuentes, el factor más importante que se analizó como parte del proyecto de eficiencia, fueron los coeficientes de utilización de los pozos contra Gasto y Niveles de abatimiento.

## B. Análisis de eficiencia energética.

En este aspecto se analizó y obtuvo lo siguiente :

- Balances de energía
- Observaciones generales de operación
- Oportunidades de Ahorro de Energía

En cuanto al estado de las instalaciones eléctricas se detectaron anomalías como las que se observan en la siguiente Figura.

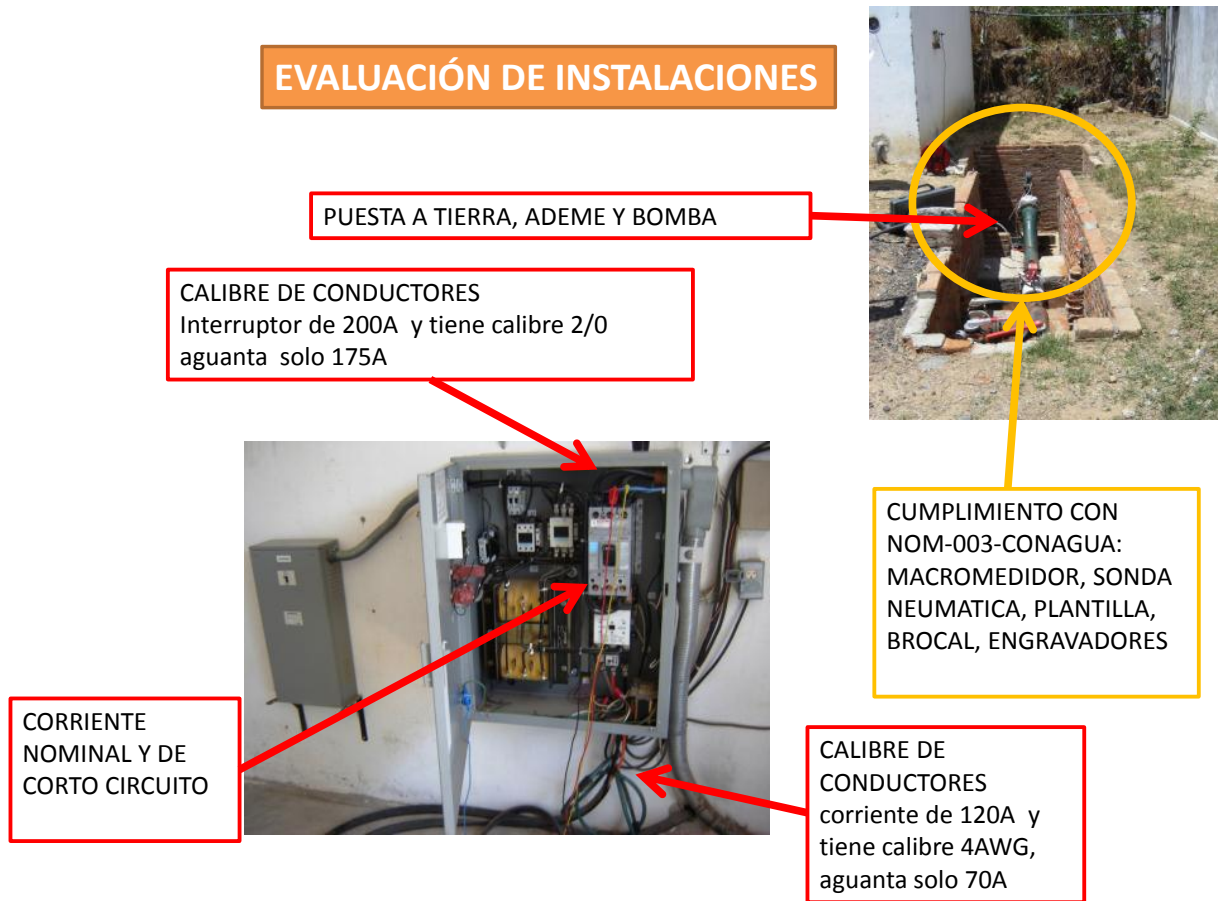


Figura 4-54. Ejemplos de observaciones de inspección de instalaciones eléctricas

Estas anomalías son importantes porque además de representar causas de paros inesperados de equipos, influyen en el consumo energético y pérdidas energéticas en el sistema eléctrico, que se determinan en el diagnóstico energético realizado con el método del balance de energía aplicado en este proyecto, y que se explica más adelante

### Análisis de curva de abatimiento

Como parte de la campaña de mediciones de campo, se realizaron las curvas de abatimiento en las cuales es posible observar el comportamiento del pozo mediante el coeficiente de utilización que es la relación del gasto obtenido contra el abatimiento del acuífero, para su obtención se regula el gasto de extracción mediante el cierre o la apertura de la válvula de seccionamiento registrando el nivel dinámico correspondiente medido con la sonda de profundidad una vez que se han estabilizado las condiciones de operación en el pozo.

A continuación se presenta, a manera de ejemplo, el análisis de la curva de abatimiento del Pozo El León, Curva de abatimiento del pozo El León.

Se realizaron las mediciones de distintos niveles en el pozo El León, donde se puede construir la curva de abatimiento y la curva de tendencia de acuerdo a los niveles dinámicos.

La tabla siguiente muestra los parámetros hidráulicos en operación normal del Pozo El León, obtenidos durante la campaña de medición, y en la Figura 4.60 se muestra la curva de abatimiento.

Tabla 4-60. Parámetros hidráulicos en operación normal del pozo El León.

No.	Descripción	Unidad	Datos
1	Profundidad del Pozo	Mts.	100.0
2	Diámetro del Ademe	Pulg.	10"
3	Longitud de la Columna	Mts.	66.0
4	Diámetro de la Columna	Pulg.	4"
5	Nivel Estático	Mts.	47.90
6	Nivel Dinámico	Mts.	48.75
7	Cono de Abatimiento	Mts.	0.85
8	Diámetro de la Descarga	Pulg.	4"
9	Distancia del N. de Ref. al Manómetro	Mts.	0.5
10	Presión Manométrica	Kg./cm <sup>2</sup>	2.5
11	Gasto	L.P.S.	10.9

Gasto lps	Nivel m	Abatimiento m	Coefficiente de utilización del pozo lps/m
0.0	47.90	0.0	0.0
5.2	48.50	0.60	8.67
10.9	48.75	0.85	12.82

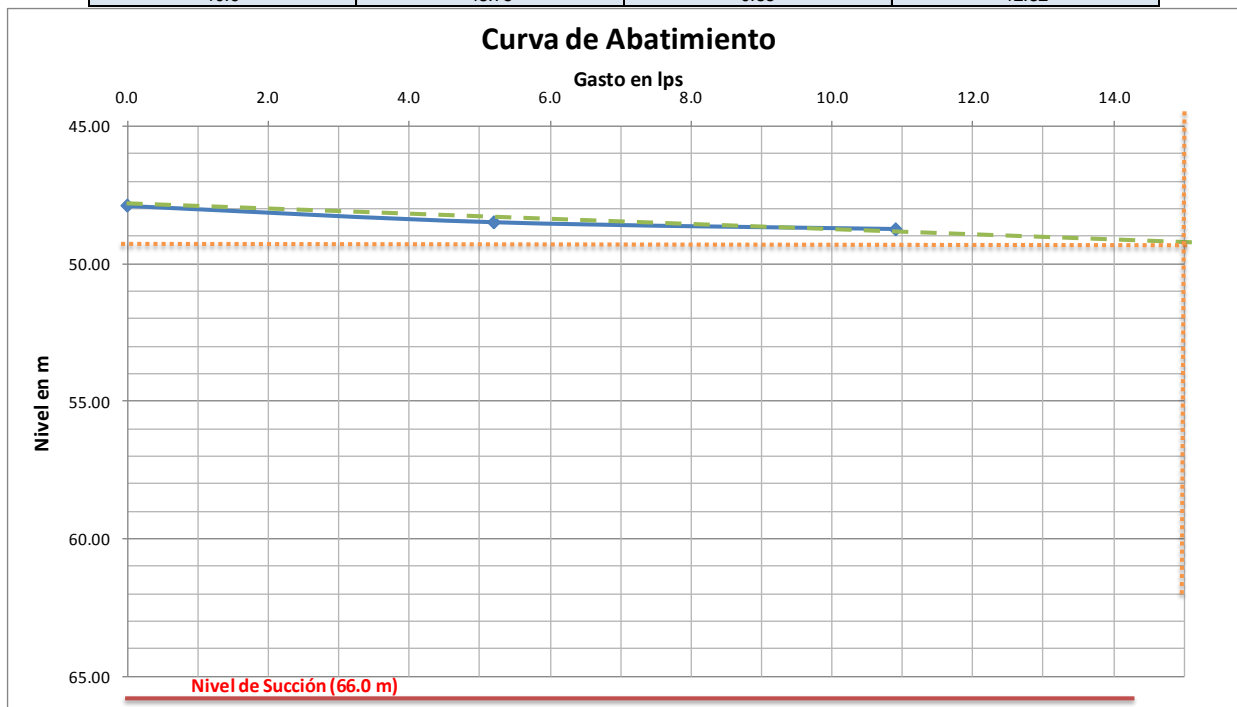


Figura 4-55. Curva de abatimiento del pozo El León

Como se puede observar en la curva de abatimiento del pozo El León, la línea punteada que muestra la tendencia de abatimiento, e indica que se puede obtener una extracción mayor a 15 lps de este pozo, puesto que presenta un muy buen coeficiente de utilización de 12.82 lps/m y con un corto abatimiento se puede aumentar considerablemente la extracción.

Se concluye entonces que el nivel máximo de extracción del pozo El León puede ser mayor a los 15 lps, si así se requiere.

Para cada uno de los pozos se elabora una tabla con los parámetros hidráulicos medidos en el punto de operación general, haciendo referencia a las componentes del pozo de acuerdo a la figura 4.56 siguiente,

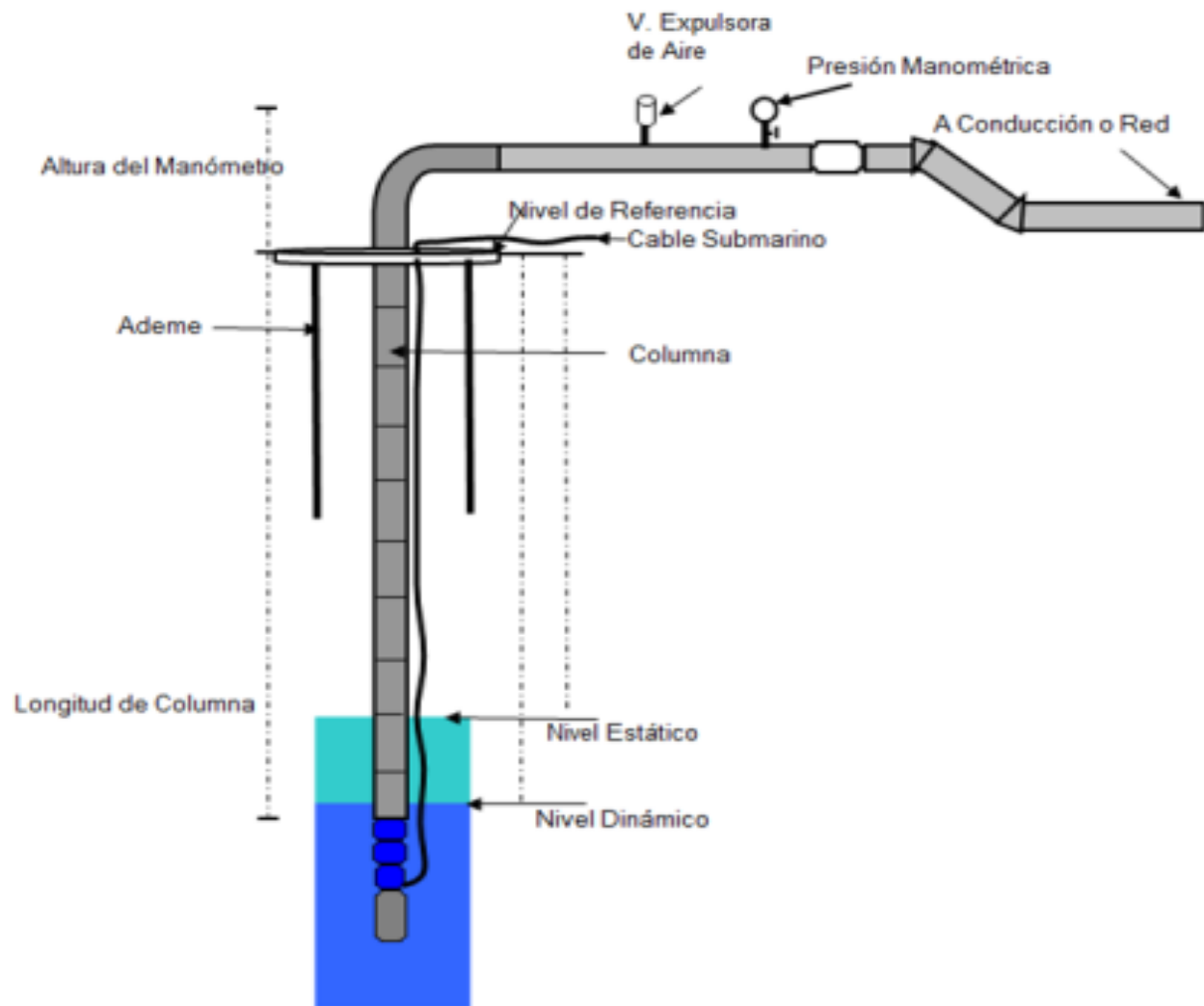


Figura 4-56. Esquema general de pozo profundo.

De esta misma manera se realizaron el resto de las evaluaciones cuyo resultado se muestra en la tabla 4.61 con sus respectivas conclusiones.

Tabla 4-61. Resultado de análisis de abatimiento de pozos.

No.	Equipo	# eval adic	Mediciones Realizadas (abril-mayo 2011)					Coef. Util. lps/m	Califica la calidad del pozo	Elevaciones	
			Nivel Estático o (m)	Nivel Dinámico (m)	Abatimiento (m)	Gasto medido (lps)	Nivel Estático (msnmm)				
1	Pozo El León		47.90	48.75	0.85	10.90	12.82	muy buena	1928.50	1880.60	
2	Pozo Prados El León		25.85	27.87	2.02	15.00	7.43	muy buena	1905.83	1879.98	
3	Pozo Las Palmas I		27.80	30.17	2.37	5.40	2.28	buena	1878.71	1850.91	
4	Pozo Las Palmas II		28.50	33.70	5.20	18.94	3.64	buena	1875.92	1847.42	
5	Pozo FOVISSSTE		14.25	20.30	6.05	20.50	3.39	buena	1861.39	1847.14	
6	Pozo 47 Sur (Gamboa)		23.40	36.35	12.95	42.50	3.28	buena	1885.90	1862.50	
7	Pozo 19 Nte		20.00	25.85	5.85	11.20	1.91	en límite	1861.32	1841.32	
7	Pozo 19 Nte	a)	20.00	30.00	10.00	11.70	1.17	en límite	1861.32	1841.32	
7	Pozo 19 Nte	b)	20.00	30.00	10.00	11.00	1.10	en límite	1861.32	1841.32	
9	Pozo 15 Sur		22.25	29.25	7.00	38.00	5.43	muy buena	1851.56	1829.31	
10	Pozo Carolina 1		20.05	31.20	11.15	38.30	3.43	buena	1857.15	1837.10	
10	Pozo Carolina 1	a)	20.05	28.90	8.85	29.50	3.33	buena	1857.15	1837.10	
10	Pozo Carolina 1	b)	20.05	30.10	10.05	33.10	3.29	buena	1857.15	1837.10	
11	Pozo Carolina 2		26.70	29.70	3.00	45.60	15.20	muy buena	1883.43	1856.73	
11	Pozo Carolina 2	a)	26.70	32.80	6.10	49.10	8.05	muy buena	1883.43	1856.73	
11	Pozo Carolina 2	b)	26.70	32.90	6.20	50.50	8.15	muy buena	1883.43	1856.73	
11	Pozo Carolina 2	c)	26.70	29.50	2.80	37.80	13.50	muy buena	1883.43	1856.73	
12	Pozo Val de Cristo		18.65	21.85	3.20	12.20	3.81	buena	1807.09	1788.44	
13	Pozo Andrés		14.00	19.30	5.30	44.00	8.30	muy buena	1786.71	1772.71	
14	Pozo Apostoles		23.00	29.50	6.50	26.12	4.02	buena	1786.71	1763.71	
15	Pozo La Alfonsina		21.00	27.40	6.40	29.20	4.56	buena	1812.99	1791.99	
16	Pozo Valle Sur		26.70	29.70	3.00	30.90	10.30	muy buena	1834.46	1807.76	
17	Pozo Los Llanos		17.85	33.07	15.22	27.50	1.81	en límite	1860.03	1842.18	
17	Pozo Los Llanos	a)	17.85	33.07	15.22	27.20	1.79	en límite	1860.03	1842.18	
17	Pozo Los Llanos	b)	17.85	33.60	15.75	27.40	1.74	en límite	1860.03	1842.18	
17	Pozo Los Llanos	c)	17.85	34.10	16.25	29.10	1.79	en límite	1860.03	1842.18	
17	Pozo Los Llanos	d)	17.85	39.90	22.05	31.50	1.43	en límite	1860.03	1842.18	
19	Pozo Infonavit 1		28.30	37.50	9.20	21.86	2.38	buena	1864.23	1835.93	
20	Pozo Infonavit 2		34.85	56.80	21.95	10.10	0.85	pobre	1866.50	1831.65	
21	Pozo Tumbacarretas		25.70	48.65	22.95	12.30	0.54	pobre	1861.35	1835.65	
22	Pozo Las Monjas		27.30	32.55	5.25	27.50	5.24	muy buena	1829.96	1802.66	
23	Pozo San Alfonso		23.50	29.25	5.75	6.00	1.04	en límite	1829.96	1806.46	
24	Pozo Flores Magon		17.50	23.42	5.92	20.40	3.45	buena	1809.66	1792.16	
25	Pozo Cristo Chico		18.30	21.90	3.60	31.80	8.83	muy buena	1798.15	1779.85	
25	Pozo Cristo Chico	Nuevo	18.30	24.60	6.30	42.60	6.76	muy buena	1798.15	1779.85	
27	Pozo Abierto Temaxcalapa		25.60	26.20	0.60	1.00	1.67	en límite	1885.19	1859.59	
29	Pozo Nieves		35.20	42.80	7.60	1.50	0.20	pobre	1890.35	1855.15	

En resumen se encontró lo siguiente:

- **3 pozos abatidos**
- **4 pozos en el límite de explotación**
- **10 pozos pueden dar un poco mas (hasta 5 lps adicional)**
- **7 pozos son potencialmente explotables (+ de 5 lps adicional)**

Como parte de las mejores practicas desarrolladas actualmente para realizar el Diagnostico Energetico, se encuentra la Metodología del Balance de Energía de un Sistema de Bombeo, que permite analizar integralmente todos los aspectos y etapas del proceso de transformación energética para determinar las áreas de oportunidad en materia de ahorro de energía de dichos sistemas y se ejemplifica en el siguiente esquema:

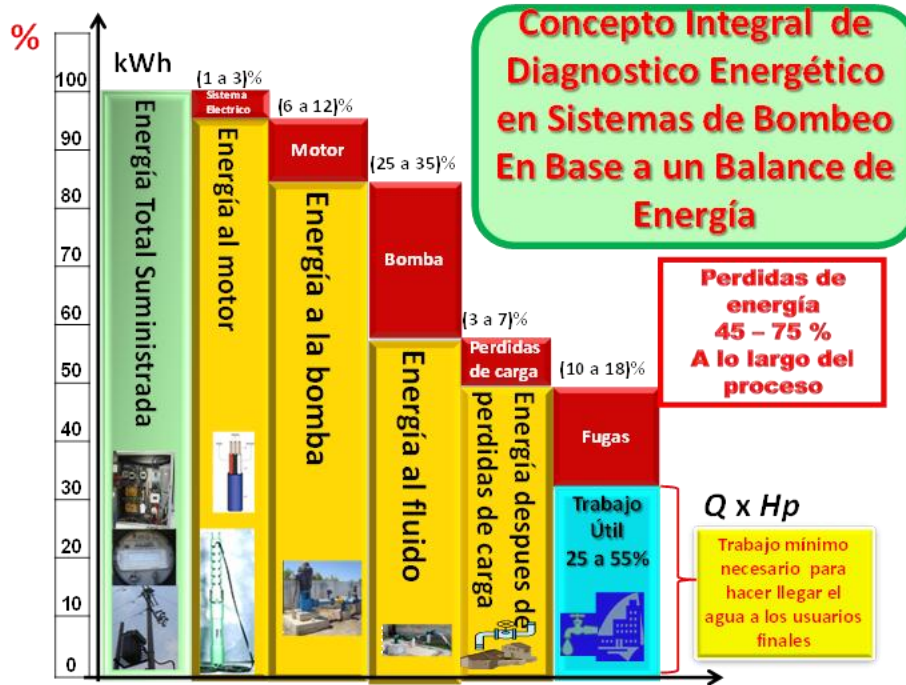


Figura 4-57. Etapas de un proceso ideal para un PGE

Esta metodología fue aplicada al proyecto de SOAPAMA y el resultado fue el siguiente. Para el total de la energía consumida de los sistemas de bombeo, el balance se muestra en las Fig. 4.58 y 4.59.

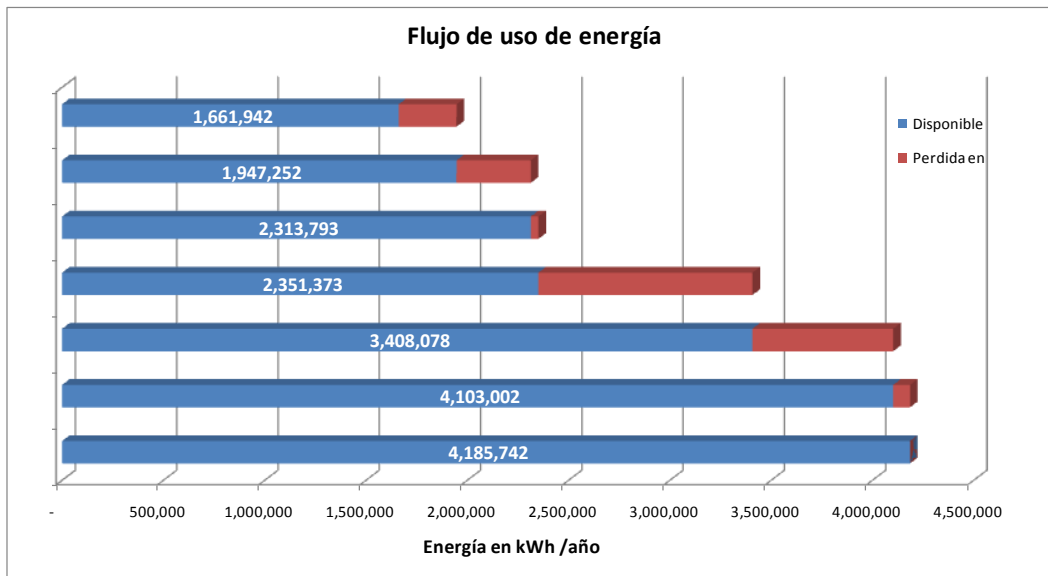


Figura 4-58. Flujo del uso de la energía a través de las componentes en el total de equipos evaluados



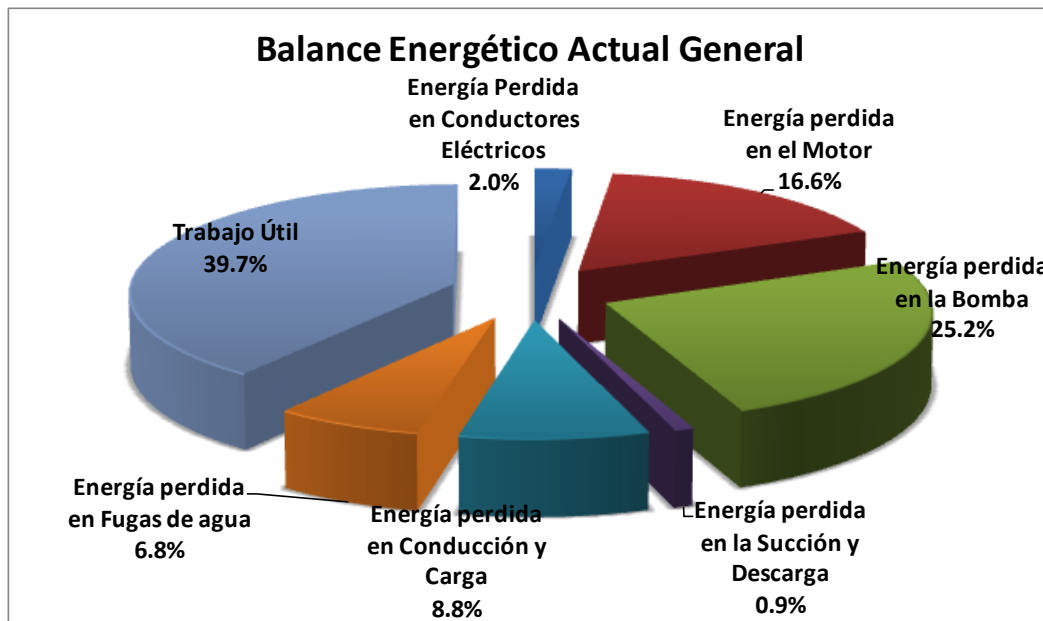


Figura 4-59. Porcentaje de utilización de energía por componente (Balance Energético) de los equipos evaluados

Se observa que el 45.2% de la energía se pierde en el conjunto Bomba-Motor y que el trabajo útil solo representa el 39.7%.

Cabe mencionar que para obtener el balance de Energía Global, se realizó el mismo procedimiento equipo por equipo, como ejemplo se presenta el caso del Pozo Cristo Chico

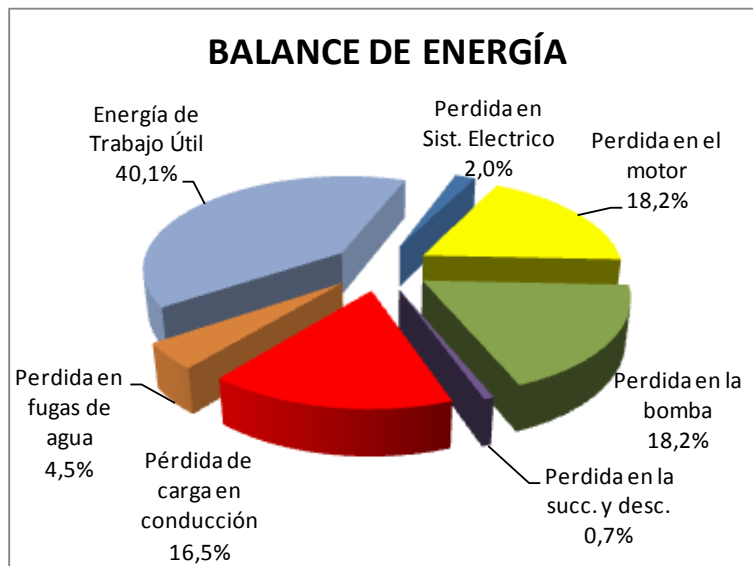
### Balance Pozo Cristo Chico

El Pozo Cristo Chico arrojó los siguientes resultados en el diagnóstico energético.

Tabla 4-62. Balance Energético energético en el Pozo Cristo Chico

Distribución de la energía	Unidades	Cantidad
Energía Total Consumida	kWh/año	281,815
Perdida en Sist. Eléctrico	kWh/año	5.497
Perdida en el motor	kWh/año	51.240
Perdida en la bomba	kWh/año	51.200
Perdida en la succ. y desc.	kWh/año	1.896
Pérdida de carga en conducción	kWh/año	46.422
Perdida en fugas de agua	kWh/año	12.556
Energía de Trabajo Útil	kWh/año	113.004

Parámetros Principales	Unidades	Valor
Eficiencia del motor	%	81,46%
Eficiencia de la bomba	%	77,25%
Ef. Electromecánica	%	62,93%
Fugas Estimadas	%	10%
Gasto	lps	31.8
Carga total de bombeo	mca	69.41
Carga estática	mca	50.88



De acuerdo a estos resultados, resultaron las siguientes observaciones.

- a). Eficiencias**
- La energía perdida en las componentes bomba y motor representan un 36.4 % del consumo total de energía.
  - La eficiencia electromecánica es del 62.93 % lo cual se encuentra por encima de lo esperado, 60 % NOM.
  - La eficiencia en el motor 81.46 % por abajo de lo esperado, de 84.6 %.
  - La desviación armónica en corriente THD-I es de 5.281, que es indicativo de un motor reparado en buenas condiciones.
- b). Desbalances Eléctricos**
- La tensión suministrada contra la tensión nominal del equipo tiene una variación de -0.1 %, aceptable.
  - La diferencia de tensión eléctrica promedio contra la máxima en una fase del motor es del 0.26 %, sin mayor afectación.
  - El desbalance de corriente por fase es 9.52 % con problema de eficiencia debido a reparación, conviene intentar su corrección cambiando las conexiones de los alimentadores a la bomba sin alterar la secuencia de fases.
  - El factor de potencia es bajo de 71.7 %, cuenta con capacitores de 10 kVArh para corrección, que toman 22 A, 20.4 A, 21.2 A por fase respectivamente, por encima de la corriente nominal.
- c). Sobre Componentes Hidráulicas**
- Las pérdidas de carga representan el 16.5 %, conviene revisar en el estudio hidráulico.
  - La eficiencia de la bomba está cercana a lo esperado 75.65 %, en vez de 77 %, lo que indica que las condiciones de trabajo se encuentran cercanas al rango de la máxima eficiencia en la curva de la bomba seleccionada.
- d). Potencia y Energía Puntual**
- El consumo de potencia medida puntual es de 34.41 kW.
  - La energía consumida por año es de 281,815 kWh por año.
- e). Potencia y Energía Integral**
- El consumo de potencia medida en 51.00 minutos.
  - Tiene un valor promedio de 36.66 kW.
  - Trabaja 8030 horas/año
  - La energía consumida por año es de 294,389 kWh por año.

El caso de este pozo es interesante como experiencia, porque , después de la primera evaluación, realizada en el mes de abril de 2011 el equipo fue cambiado en agosto de 2011, Las especificaciones del equipo, implicaron un aumento de caudal, de 31 a 50 lps, y una CDT de 70 mca, para llevar al pozo a su máximo nivel de aprovechamiento que ya no estaba realizándose antes del cambio de equipo,

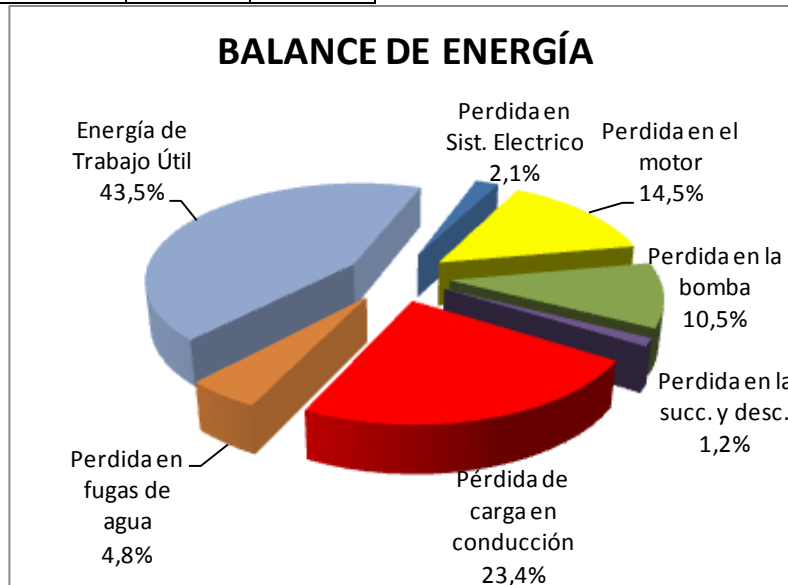
La evaluación posterior a el cambio de equipo resulto en lo siguiente :

### Pozo Cristo Chico – (EQUIPO NUEVO)

El Nuevo Equipo instalado en el Pozo Cristo Chico arroja los siguientes resultados en el diagnóstico energético.

Distribución de la energía	Unidades	Cantidad
Energía Total Consumida	kWh/año	362.396
Perdida en Sist. Eléctrico	kWh/año	7.516
Perdida en el motor	kWh/año	52.502
Perdida en la bomba	kWh/año	37.890
Perdida en la succ. Y desc.	kWh/año	4.488
Pérdida de carga en conducción	kWh/año	84.685
Perdida en fugas de agua	kWh/año	17.531
Energía de Trabajo Útil	kWh/año	157.783

Parámetros Principales	Unidades	Valor
Eficiencia del motor	%	85,21%
Eficiencia de la bomba	%	87,47%
Ef. Electromecánica	%	74,53%
Fugas Estimadas	%	10%
Gasto	lps	42,6
Carga total de bombeo	mca	78,82
Carga estática	mca	53,58



Las principales conclusiones que se obtuvieron de esta experiencia fueron las siguientes:

- El caudal no alcanzó los 50 lps, debido a una mala especificación en la carga de bombeo, dado que hubo un error de cálculo al no considerar las pérdidas de la red y la CDT resultó de 78 mca en lugar de los 70 mca especificados. Este incremento de carga provocó que el punto de operación se desplazara a la izquierda y resultara en un menor caudal, esto demuestra la importancia de una adecuada y cuidadosa especificación para que el proyecto de sustitución de los mejores resultados
- El incremento de caudal implicó un incremento en el consumo energético, sin embargo, energéticamente fue favorable dado que se mejoró el Índice Energético, expresado en kWh/m<sup>3</sup>, el cual bajó de 0.31 a 0.29. Esto podría haber mejorado aún más si se hubiera especificado y logrado el caudal de 50 lps esperado

- Este incremento de caudal, esta de acuerdo a lo que se requiere de acuerdo a la redistribución de caudales que se propone como parte del proyecto para mejorar el servicio a los usuarios que es uno de los principales objetivos del proyecto

Otro paso importante, fue el calculo de los indicadores más importantes que sirven como línea base de la evaluación energética de los equipos evaluados. Los indicadores evaluados fueron los siguientes:

- **Indicador Energético IE, (kWh/m<sup>3</sup>)**
- **Indicador de Costo Unitario de Energía en el Bombeo CUB, ( \$/m<sup>3</sup>.)**

En la tabla siguiente se resume el cálculo de estos indicadores para los equipos evaluados.

Tabla 4-63. Indicadores en los equipos evaluados en SOAPAMA.

No	Sistema	Equipo	# eval adic	ÍNDICES ENERGÉTICO			ÍNDICE DE COSTO UNITARIO DE BOMBEO		
				Flujo Bombeado o m <sup>3</sup> /Año	Energía Consumida Actual kWh/año	IE kWh/m <sup>3</sup>	Costo Unitario de Energía (\$/kWh)	Costo Actual de Energía (\$/año)	CUB (\$/m <sup>3</sup> )
1	(01) EL LEÓN	Pozo El León	-	157,549	48,421	0.31	\$1.67	\$80,717.34	\$0.51
2	(02) PRADOS EL LEÓN	Pozo Prados El León	-	256,230	71,507	0.28	\$1.63	\$116,882.31	\$0.46
3	(03) PALMAS I	Pozo Las Palmas I	-	141,912	117,366	0.83	\$1.62	\$189,749.42	\$1.34
4	(04) PALMAS II	Pozo Las Palmas II	-	497,743	124,234	0.25	\$1.66	\$205,625.62	\$0.41
5	(05) FOVISSSTE	Pozo FOVISSSTE	-	538,740	110,421	0.20	\$1.63	\$180,323.92	\$0.33
6	(06) 47 SUR	Pozo 47 Sur (Gamboa)	-	1,340,280	228,534	0.17	\$1.64	\$373,884.37	\$0.28
7	(06) 47 SUR	Pozo 19 Nte	-	107,433	42,687	0.40	\$1.70	\$72,714.23	\$0.68
7	(06) 47 SUR	Pozo 19 Nte	a)	19,986	7,601	0.38	\$2.09	\$15,857.97	\$0.79
7	(06) 47 SUR	Pozo 19 Nte	b)	86,724	35,084	0.40	\$1.72	\$60,393.61	\$0.70
8	(06) 47 SUR	RB Tanque La Soledad Bomba 1	-	121,939	53,135	0.44	\$1.69	\$89,646.93	\$0.74
9	(07) 15 SUR	Pozo 15 Sur	-	998,640	154,027	0.15	\$1.64	\$253,143.39	\$0.25
10	(08) LAS CAROLINAS	Pozo Carolina 1	-	1,006,524	226,907	0.23	\$1.65	\$374,697.75	\$0.37
10	(08) LAS CAROLINAS	Pozo Carolina 1	a)	38,763	10,977	0.28	\$1.65	\$18,127.20	\$0.47
10	(08) LAS CAROLINAS	Pozo Carolina 1	b)	826,375	208,591	0.25	\$1.65	\$344,451.57	\$0.42
11	(08) LAS CAROLINAS	Pozo Carolina 2	-	1,078,531	238,268	0.22	\$1.62	\$386,241.70	\$0.36
11	(08) LAS CAROLINAS	Pozo Carolina 2	a)	967,761	204,541	0.21	\$1.62	\$331,568.54	\$0.34
11	(08) LAS CAROLINAS	Pozo Carolina 2	b)	66,357	14,000	0.21	\$1.62	\$22,694.06	\$0.34
11	(08) LAS CAROLINAS	Pozo Carolina 2	c)	99,338	27,264	0.27	\$1.62	\$44,196.10	\$0.44
12	(09) VAL DE CRISTO	Pozo Val de Cristo	-	240,462	65,753	0.27	\$1.66	\$109,250.94	\$0.45
13	(10) EL CRISTO	Pozo Andrés	-	925,056	159,662	0.17	\$1.95	\$311,229.99	\$0.34
14	(10) EL CRISTO	Pozo Apóstoles	-	343,217	76,778	0.22	\$1.91	\$146,724.09	\$0.43
15	(11) LA ALFONSINA	Pozo La Alfonsina	-	729,007	180,675	0.25	\$1.62	\$292,211.15	\$0.40
16	(12) VALLE SUR	Pozo Valle Sur	-	609,039	107,018	0.18	\$1.66	\$177,763.40	\$0.29
17	(13) LOS LLANOS	Pozo Los Llanos	-	668,498	372,416	0.56	\$1.60	\$597,323.49	\$0.89
17	(13) LOS LLANOS	Pozo Los Llanos	a)	214,445	120,773	0.56	\$1.60	\$193,709.94	\$0.90
17	(13) LOS LLANOS	Pozo Los Llanos	b)	216,022	118,576	0.55	\$1.60	\$190,185.10	\$0.88

No	Sistema	Equipo	# eval adic	ÍNDICES ENERGÉTICO			ÍNDICE DE COSTO UNITARIO DE BOMBEO		
				Flujo Bombeado m3/Año	Energía Consumida Actual kWh/año	IE kWh/m3	Costo Unitario de Energía (\$/kWh)	Costo Actual de Energía (\$/año)	CUB (\$/m3)
17	(13) LOS LLANOS	Pozo Los Llanos	c)	152,950	71,721	0.47	\$1.60	\$115,034.46	\$0.75
17	(13) LOS LLANOS	Pozo Los Llanos	d)	103,478	42,075	0.41	\$1.60	\$67,484.49	\$0.65
18	(13) LOS LLANOS	RB El Cerril Bomba 1	-	187,902	57,230	0.30	\$1.72	\$98,595.39	\$0.52
19	(14) INFONAVIT	Pozo Infonavit 1	-	172,344	58,124	0.34	\$1.65	\$95,915.11	\$0.56
20	(14) INFONAVIT	Pozo Infonavit 2	-	106,171	38,591	0.36	\$1.68	\$64,706.78	\$0.61
21	(15) TUMBACARRETAS	Pozo Tumbacarretas	-	161,622	55,002	0.34	\$1.66	\$91,315.14	\$0.56
22	(16) LAS MONJAS	Pozo Las Monjas	-	722,700	403,792	0.56	\$1.65	\$665,658.45	\$0.92
23	(17) SAN ALFONSO - FLORES MAGÓN	Pozo San Alfonso	-	86,724	50,217	0.58	\$1.73	\$86,735.60	\$1.00
24	(17) SAN ALFONSO - FLORES MAGÓN	Pozo Flores Magón	-	227,848	121,567	0.53	\$1.64	\$199,079.19	\$0.87
25	(17) SAN ALFONSO - FLORES MAGÓN	Pozo Cristo Chico	-	919,274	281,815	0.31	\$1.68	\$472,193.70	\$0.51
25	(17) SAN ALFONSO - FLORES MAGÓN	Pozo Cristo Chico	Nuevo	1,231,481	362,396	0.29	\$1.68	\$607,210.74	\$0.49
26	(17) SAN ALFONSO - FLORES MAGÓN	RB San Alfonso Bomba 1	-	1,226,750	403,832	0.33	\$1.67	\$675,066.10	\$0.55
27	(17) SAN ALFONSO - FLORES MAGÓN	Pozo Abierto Temascalapa	-	2,628	693	0.26	\$1.67	\$1,158.50	\$0.44
28	(17) SAN ALFONSO - FLORES MAGÓN	RB Temascalapa	-	60,134	22,857	0.38	\$1.67	\$38,208.42	\$0.64
29	(17) SAN ALFONSO - FLORES MAGÓN	Pozo Nieves	-	3,942	2,011	0.51	\$1.67	\$3,362.23	\$0.85
30	(17) SAN ALFONSO - FLORES MAGÓN	RB Las Nieves Tanque	-	41,040	3,272	0.08	\$1.67	\$5,470.37	\$0.13
31	(18) CRISTO CHICO	RB Valle Real	-	647,539	241,581	0.37	\$1.67	\$404,518.69	\$0.62
32	(18) CRISTO CHICO	RB EZ Los Molinos	-	20,236	5,841	0.29	\$1.67	\$9,764.41	\$0.48
	<b>TOTAL</b>			<b>12,285,532</b>	<b>4,185,742</b>	<b>0.34</b>		<b>\$6,977,621.05</b>	<b>\$0.57</b>

Como se puede observar el índice energético promedio con la operación actual, es de **0.34 kWh/m<sup>3</sup>** a un costo de producción de **\$ 0.57/m<sup>3</sup>**. Estos valores están por debajo de la media nacional.

Es necesario mencionar que como parte del análisis energético, se utilizó un analizador de redes y se registró el comportamiento de los principales parámetros eléctricos. Un ejemplo de los resultados se muestra en la siguiente Figura

## Registros del analizador de redes para observar el comportamiento de la electricidad

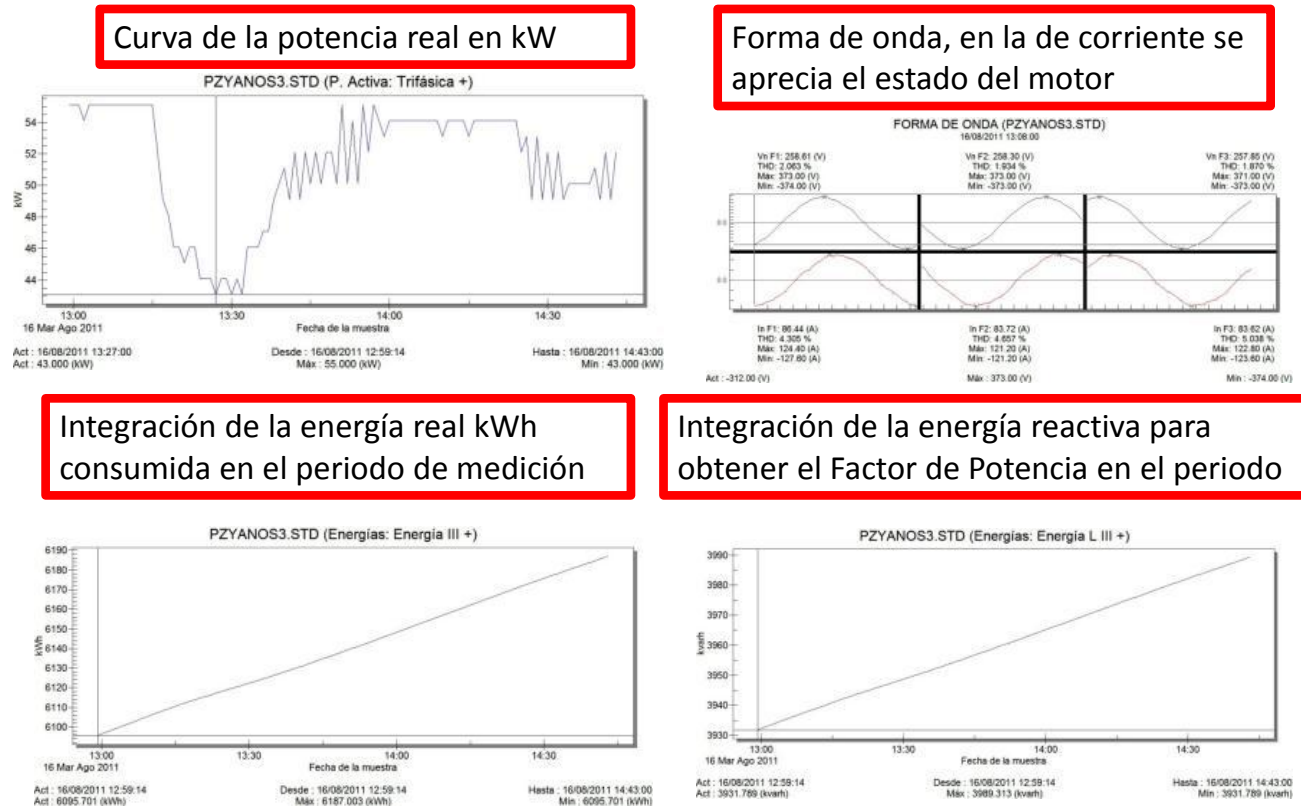


Figura 4-60. Graficas de mediciones eléctricas.

## Evaluación de la eficiencia Electromecánica

Otra evaluación importante, fue la evaluación de la eficiencia electromecánica,. En este rubro, se evaluo la eficiencia de motor y bomba por separado. Para ello, se claulo la eficiencia electromecánica y por separado, la eficiencia del motor por el método de el factor de carga. En la tabla 4.64se indica el resultado de las eficiencias de bomba, motor y electromecánica,. Cabe señalar que se incluyen las evaluaciones de los equipos que operan en más de un punto de operación.

Tabla 4-64. Resultado del cálculo de Eficiencias en los equipos evaluados.

No. Eq.	Sistema	Equipo	# eval adic	Eficiencias		
				Bomba %	Motor %	Electromecánica %
1	(01) EL LEÓN	Pozo El León	-	88.38%	80.19%	70.87%
2	(02) PRADOS EL LEÓN	Pozo Prados El León	-	73.04%	82.46%	60.22%
3	(03) PALMAS I	Pozo Las Palmas I	-	39.94%	82.60%	32.99%
4	(04) PALMAS II	Pozo Las Palmas II	-	54.92%	80.07%	43.97%
5	(05) FOVISSSTE	Pozo FOVISSSTE	-	73.85%	82.06%	60.60%
6	(06) 47 SUR	Pozo 47 Sur (Gamboa)	-	77.49%	82.10%	63.62%
7	(06) 47 SUR	Pozo 19 Nte	-	33.33%	78.94%	26.31%
7	(06) 47 SUR	Pozo 19 Nte	a)	32.24%	79.04%	25.49%
7	(06) 47 SUR	Pozo 19 Nte	b)	34.94%	79.02%	27.61%
8	(06) 47 SUR	RB Tanque La Soledad Bomba 1	-	52.73%	89.88%	47.39%
9	(07) 15 SUR	Pozo 15 Sur	-	73.28%	91.65%	67.16%

No. Eq.	Sistema	Equipo	# eval adic	Eficiencias		
				Bomba %	Motor %	Electromecánica %
10	(08) LAS CAROLINAS	Pozo Carolina 1	-	54.07%	83.67%	45.24%
10	(08) LAS CAROLINAS	Pozo Carolina 1	a)	53.52%	83.85%	44.88%
10	(08) LAS CAROLINAS	Pozo Carolina 1	b)	50.82%	83.85%	42.61%
11	(08) LAS CAROLINAS	Pozo Carolina 2	-	69.14%	83.93%	58.03%
11	(08) LAS CAROLINAS	Pozo Carolina 2	a)	57.17%	84.01%	48.03%
11	(08) LAS CAROLINAS	Pozo Carolina 2	b)	55.07%	84.04%	46.28%
11	(08) LAS CAROLINAS	Pozo Carolina 2	c)	66.88%	84.02%	56.19%
12	(09) VAL DE CRISTO	Pozo Val de Cristo	-	79.58%	76.68%	61.02%
13	(10) EL CRISTO	Pozo Andrés	-	71.63%	78.65%	56.34%
14	(10) EL CRISTO	Pozo Apóstoles	-	79.89%	80.84%	64.59%
15	(11) LA ALFONSINA	Pozo La Alfonsina	-	71.45%	82.91%	59.24%
16	(12) VALLE SUR	Pozo Valle Sur	-	81.09%	79.65%	64.58%
17	(13) LOS LLANOS	Pozo Los Llanos	-	68.01%	86.52%	58.84%
17	(13) LOS LLANOS	Pozo Los Llanos	a)	66.58%	86.58%	57.65%
17	(13) LOS LLANOS	Pozo Los Llanos	b)	69.54%	84.71%	58.91%
17	(13) LOS LLANOS	Pozo Los Llanos	c)	69.07%	86.41%	59.68%
17	(13) LOS LLANOS	Pozo Los Llanos	d)	65.01%	86.34%	56.13%
18	(13) LOS LLANOS	RB El Cerril Bomba 1	-	67.00%	80.35%	53.83%
19	(14) INFONAVIT	Pozo Infonavit 1	-	72.92%	82.66%	60.27%
20	(14) INFONAVIT	Pozo Infonavit 2	-	69.78%	78.34%	54.66%
21	(15) TUMBACARRETAS	Pozo Tumbacarretas	-	70.79%	80.89%	57.26%
22	(16) LAS MONJAS	Pozo Las Monjas	-	62.02%	82.17%	50.96%
23	(17) SAN ALFONSO - FLORES MAGÓN	Pozo San Alfonso	-	64.80%	75.45%	48.90%
24	(17) SAN ALFONSO - FLORES MAGÓN	Pozo Flores Magón	-	71.67%	85.77%	61.47%
25	(17) SAN ALFONSO - FLORES MAGÓN	Pozo Cristo Chico	-	77.25%	81.46%	62.93%
25	(17) SAN ALFONSO - FLORES MAGÓN	Pozo Cristo Chico	Nuevo	87.47%	85.21%	74.53%
26	(17) SAN ALFONSO - FLORES MAGÓN	RB San Alfonso Bomba 1	-	75.05%	82.04%	61.58%
27	(17) SAN ALFONSO - FLORES MAGÓN	Pozo Abierto Temaxcalapa	-	47.85%	62.29%	29.80%
28	(17) SAN ALFONSO - FLORES MAGÓN	RB Temaxcalapa	-	13.10%	75.09%	9.83%
29	(17) SAN ALFONSO - FLORES MAGÓN	Pozo Nieves	-	35.24%	71.53%	25.21%
30	(17) SAN ALFONSO - FLORES MAGÓN	RB Las Nieves Tanque	-	70.01%	75.31%	52.72%
31	(18) CRISTO CHICO	RB Valle Real	-	72.79%	85.16%	61.99%
32	(18) CRISTO CHICO	RB EZ Los Molinos	-	72.94%	79.74%	58.16%

**Como se puede observar solamente 14 equipos de bombeo tienen una eficiencia mayor al 60%, dando como promedio de todos los equipos una eficiencia electromecánica de 55.51%. Esto provoca un alto consumo de energía y por lo tanto un potencial de ahorro importante**

### **Análisis de Tarifas Eléctricas y Factor de Potencia**

Se evaluó también la situación de las Tarifas Eléctricas contratadas por el SOAPAMA y el Factor de Potencia, tomando como base la captura de los recibos donde existía contrato con CFE y cruzando contra los datos obtenidos de potencia activa de demanda y los tiempos de operación.

De acuerdo a esto se determinaron los consumos y cargos por concepto de energía eléctrica en todos los sitios estudiados. Dicho consumo se observa en la tabla 4.65 siguiente.

Tabla 4-65. Analisis de facturación y Factor de potencia en los equipos estudiados en SOAPAMA

Equipo	Tarifa Contratada	Demanda (kW)	Energía (kWh/año)	Factor de Potencia	Costo de la energía (\$/kWh)	Efic. Electrom.	Facturación (\$/año)
Pozo El León	6	12	48,421	0.99	1.4260	70.9%	69,049
Pozo Prados El León	6	15	71,507	0.9999	1.4260	60.2%	101,970
Pozo Las Palmas I	6	16	117,366	0.9987	1.4260	33.0%	167,364
Pozo Las Palmas II	6	17	124,234	0.957	1.4260	44.0%	177,158
Pozo FOVISSSTE	6	15	110,421	0.983	1.4260	60.6%	157,460
Pozo 47 Sur (Gamboa)	6	26	228,534	0.964	1.4260	63.6%	325,889
Pozo 19 Nte		16	42,687	0.964	1.4260	26.3%	60,871
		16	7,601	0.964	1.4260	25.5%	10,840
		16	35,084	0.964	1.4260	27.6%	50,029
RB Tanque La Soledad Bomba 1	OM	9	53,135	0.964	1.4260	47.4%	75,771
Pozo 15 Sur		21	154,027	0.964	1.4260	67.2%	219,642
Pozo Carolina 1	6	31	226,907	0.948	1.4260	45.2%	323,570
		30	10,977	0.948	1.4260	44.9%	15,654
		30	208,591	0.948	1.4300	42.6%	298,285
Pozo Carolina 2	OM	36	238,268	0.978	1.4260	58.0%	339,770
		37	204,541	0.978	1.4260	48.0%	291,675
		38	14,000	0.978	1.4260	46.3%	19,964
		37	27,264	0.978	1.4260	56.2%	38,879
Pozo Val de Cristo	OM	12	65,753	0.976	1.4260	61.0%	93,763
Pozo Andrés	S/R	27	159,662	0.73	1.4260	56.3%	227,678
Pozo Apóstoles		21	76,778	0.77	1.4260	64.6%	109,485
Pozo La Alfonsina	6	26	180,675	0.987	1.4260	59.2%	257,643
Pozo Valle Sur	6	20	107,018	0.956	1.4260	64.6%	152,607
Pozo Los Llanos	6	55	372,416	0.991	1.4260	58.8%	531,066
		55	120,773	0.991	1.4260	57.6%	172,223
		54	118,576	0.991	1.4260	58.9%	169,089
		49	71,721	0.991	1.4260	59.7%	102,274
		46	42,075	0.991	1.4260	56.1%	59,999
RB El Cerril Bomba 1	6	12	57,230	0.925	1.4260	53.8%	81,610
Pozo Infonavit 1	OM	27	58,124	0.995	1.4260	60.3%	82,885
Pozo Infonavit 2	6	13	38,591	0.999	1.4260	54.7%	55,031
Pozo Tumbacarretas	OM	15	55,002	0.988	1.4260	57.3%	78,433
Pozo Las Monjas	6	55	403,792	0.944	1.4260	51.0%	575,807
Pozo San Alfonso	OM	13	50,217	0.929	1.4300	48.9%	71,810
Pozo Flores Magón		39	121,567	0.976	1.4260	61.5%	173,355
Pozo Cristo Chico		35	281,815	0.922	1.4260	62.9%	401,868
		45	362,396	0.922	1.4260	74.5%	516,776
RB San Alfonso Bomba 1		46	403,832	0.922	1.4260	61.6%	575,864
Pozo Abierto Temaxcalapa		0.95	693	0.999	1.4260	29.8%	988
RB Temaxcalapa		7.94	22,857	0.999	1.4260	9.8%	32,594
Pozo Nieves		2.76	2,011	0.950	1.4260	25.2%	2,868
RB Las Nieves Tanque		1.09	3,272	0.940	1.4260	52.7%	4,666
RB Valle Real	6	47.28	241,581	0.925	1.4260	62.0%	344,495
RB EZ Los Molinos		8.00	5,841	0.950	1.4260	58.2%	8,330
<b>TOTAL</b>			<b>4,185,742</b>				<b>\$5,969,903</b>

Como se puede observar el consumo de energía es de 4'185,742 kWh/año representando un monto total de \$5'969,903.00.

Después de evaluar la línea base, se analizaron las oportunidades de ahorro para disminuir el costo energético de la operación de los equipos de bombeo, las cuales se describen a continuación.

### Mejora de Factor de Potencia



El cargo de factor de potencia para este caso, de acuerdo a lo mostrado en la tabla 4.65 todos los equipos cuentan con un banco de capacitores, lo cual corrige el factor de potencia y evita el cargo correspondiente. Esto se verificó al analizar los recibos de CFE. Con esto se determina que el Factor de Potencia ya está corregido y no representa factor de disminución del costo energético. Sin embargo existen dos pozos (San Andrés y Apóstoles) que actualmente no tienen banco de capacitores y sería conveniente instalarlo.

### Oportunidad de ahorro por adecuación de Tarifa

Por otra parte, para reducir el costo energético otra medida que se analizó es adecuar los contratos de servicio de CFE que actualmente se encuentran en tarifa 06 u OM a tarifa HM, con paro en hora punta. En la tabla 4.66 se observan los cálculos de los beneficios que se obtendrían al implementar esta medida.

Tabla 4-66. Calculo de beneficios al cambiar de tarifa a HM con paro en hora punta

Equipo	Descripción	Costo esperado (\$/kWh)	Ahorro (\$/año)	Ahorro (%)	Inversión (\$)	Pay-Back (años)
Pozo El León	Cambio a tarifa HM y paro en punta	1.2866	18,419.79	22.8%	0.00	0.00
Pozo Prados El León	Cambio a tarifa HM y paro en punta	1.2843	25,044.27	21.4%	0.00	0.00
Pozo Las Palmas I	Cambio a tarifa HM y paro en punta	1.2800	39,524.07	20.8%	0.00	0.00
Pozo Las Palmas II	Cambio a tarifa HM y paro en punta	1.2800	46,609.22	22.7%	0.00	0.00
Pozo FOVISSSTE	Cambio a tarifa HM y paro en punta	1.2800	38,988.56	21.6%	0.00	0.00
Pozo 47 Sur (Gamboa)	Cambio a tarifa HM y paro en punta	1.2786	81,673.95	21.8%	0.00	0.00
Pozo 19 Nte	Cambio a tarifa HM y paro en punta	1.2940	17,477.83	24.0%	0.00	0.00
		1.2940	6,021.67	38.0%	0.00	0.00
		1.2940	14,995.31	24.8%	0.00	0.00
RB Tanque La Soledad Bomba 1	Cambio a tarifa HM y paro en punta	1.2820	21,527.81	24.0%	0.00	0.00
Pozo 15 Sur	Cambio a tarifa HM y paro en punta	1.2800	55,993.39	22.1%	0.00	0.00
Pozo Carolina 1	Cambio a tarifa HM y paro en punta	1.2800	84,262.15	22.5%	0.00	0.00
		1.2800	4,076.45	22.5%	0.00	0.00
		1.2800	77,460.38	22.5%	0.00	0.00
Pozo Carolina 2	Cambio a tarifa HM y paro en punta	1.2809	81,051.44	21.0%	0.00	0.00
		1.2809	69,578.47	21.0%	0.00	0.00
		1.2809	4,762.27	21.0%	0.00	0.00
		1.2809	9,274.39	21.0%	0.00	0.00
Pozo Val de Cristo	Cambio a tarifa HM y paro en punta	1.2827	24,912.68	22.8%	0.00	0.00
Pozo Andrés	Elevar el FP a 0.96, Cambio a tarifa HM y paro en punta	1.2820	106,544.69	34.2%	9,330.75	0.09

Equipo	Descripción	Costo esperado (\$/kWh)	Ahorro (\$/año)	Ahorro (%)	Inversión (\$)	Pay-Back (años)
Pozo Apóstoles	Elevar el FP a 0.96, Cambio a tarifa HM y paro en punta	1.2880	47,831.48	32.6%	7,087.60	0.15
Pozo La Alfonsina	Cambio a tarifa HM y paro en punta	1.2804	60,874.87	20.8%	0.00	0.00
Pozo Valle Sur	Cambio a tarifa HM y paro en punta	1.2827	40,496.11	22.8%	0.00	0.00
Pozo Los Llanos	Cambio a tarifa HM y paro en punta	1.2806	120,397.02	20.2%	0.00	0.00
		1.2806	39,044.34	20.2%	0.00	0.00
		1.2806	38,333.87	20.2%	0.00	0.00
		1.2806	23,186.44	20.2%	0.00	0.00
		1.2806	13,602.23	20.2%	0.00	0.00
RB El Cerril Bomba 1	Cambio a tarifa HM y paro en punta	1.2843	25,094.02	25.5%	0.00	0.00
Pozo Infonavit 1	Cambio a tarifa HM y paro en punta	1.2988	20,423.96	21.3%	0.00	0.00
Pozo Infonavit 2	Cambio a tarifa HM y paro en punta	1.2921	14,844.87	22.9%	0.00	0.00
Pozo Tumbacarretas	Cambio a tarifa HM y paro en punta	1.2880	20,470.23	22.4%	0.00	0.00
Pozo Las Monjas	Cambio a tarifa HM y paro en punta	1.2800	148,815.26	22.4%	0.00	0.00
Pozo San Alfonso	Cambio a tarifa HM y paro en punta	1.2866	22,127.87	25.5%	0.00	0.00
Pozo Flores Magón	Cambio a tarifa HM y paro en punta	1.2909	42,150.19	21.2%	0.00	0.00
Pozo Cristo Chico	Cambio a tarifa HM y paro en punta	1.2792	143,619.14	23.7%	0.00	0.00
RB San Alfonso Bomba 1	Cambio a tarifa HM y paro en punta	1.2786	158,714.63	23.5%	0.00	0.00
Pozo Abierto Temascalapa	Cambio a tarifa HM y paro en punta	1.2786	272.38	23.5%	0.00	0.00
RB Temascalapa	Cambio a tarifa HM y paro en punta	1.2786	8,983.17	23.5%	0.00	0.00
Pozo Nieves	Cambio a tarifa HM y paro en punta	1.2786	790.49	23.5%	0.00	0.00
RB Las Nieves Tanque	Cambio a tarifa HM y paro en punta	1.2786	1,286.14	23.5%	0.00	0.00
RB Valle Real	Cambio a tarifa HM y paro en punta	1.2834	94,466.01	23.4%	0.00	0.00
RB EZ Los Molinos	Cambio a tarifa HM y paro en punta	1.2834	2,267.68	23.2%	0.00	0.00
<b>TOTAL</b>			<b>\$1'613,103</b>	<b>23.1%</b>	<b>\$ 16,418</b>	<b>0.010</b>

Como se puede observar el aplicar esta medida representaría un ahorro neto anual de \$1'613,103.00 con un costo de inversión de solo \$16,418.00 (capacitores en los pozos Apóstoles y San Andrés).

Cabe mencionar que esta evaluación se realizó para saber el potencial, equipo por equipo, si se dejara de operar en hora punta, lo cual está sujeto a que el proyecto de eficiencia hidráulica lo confirme.

### Ahorro de Energía por Mejora de Eficiencia Electromecánica.

De acuerdo al análisis de la eficiencia electromecánica descrita en la tabla 4.67 del presente reporte, otra medida que representa un potencial de ahorro con una recuperación de la inversión en el corto plazo es la sustitución de los equipos de bombeo por unos de mayor eficiencia.

Para esto se realizó la búsqueda de los equipos adecuados para cada uno de los equipos estudiados tomando en cuenta que el dimensionamiento se realizó con los datos ACTUALES de operación, y que estos pueden variar en el caso de que el Estudio de Eficiencia Hidráulica así lo determine.

En la tabla 4.7.13 se especifican los equipos recomendados para cambio para todos los equipos estudiados, antes de hacer una evaluación económica de los mismos. Por lo que más adelante se evalúa el costo-beneficio de cada uno, para determinar la conveniencia o no del cambio para tener un potencial de ahorro que convenga.

**Tabla 4-67. Especificaciones de equipo de bombeo para sustitución de los equipos objeto del presente estudio**

No de Equipo	Especificación Equipo Propuesto			Equipo Propuesto					
	Tipo	Gasto	Carga	Bomba		Motor		Eficiencia Electromec	Inversión Estimada
		m <sup>3</sup> /s	mca	Marca	Modelo	Marca	H P		
Pozo El León	Sumergible	11	76	Goulds	6CLC (5S)	CENTRIPRO	15	63.6%	\$81,528.79
Pozo Prados El León	Sumergible	15	61	Goulds	6CHC (3S)	CENTRIPRO	20	65.8%	\$92,304.83
Pozo Las Palmas I	Sumergible	5.4	98	Goulds	5RWAHC(6S)	CENTRIPRO	20	64.2%	\$103,413.28
Pozo Las Palmas II	Sumergible	19	40	Goulds	7CLC (2S)	CENTRIPRO	15	63.4%	\$90,062.94
Pozo FOVISSSTE	Sumergible	21	44	Goulds	7CLC (2S)	CENTRIPRO	20	64.3%	\$100,075.56
Pozo 47 Sur (Gamboa)	Sumergible	43	40	Goulds	9RCLC (1	CENTRIPRO	30	68.3%	\$118,145.46
Pozo 19 Nte	Sumergible	11.2	38	Goulds	6CLC (3S)	CENTRIPRO	7.5	60.0%	\$72,077.33
RB Tanque La Soledad Bomba 1	Horizontal	6	75	Cuma	K1 1/14H	US	10	51.1%	\$29,406.00
Pozo 15 Sur	Vertical	38	37	Goulds	11CLC (3S)	US	25	78.2%	\$192,683.25
Pozo Carolina 1	Sumergible	38.3	35.6	Goulds	7THC (2S)	CENTRIPRO	25	63.7%	\$109,009.37
Pozo Carolina 2	Sumergible	46	46.4	Goulds	9RCLC (1S)	CENTRIPRO	40	69.4%	\$131,967.58
Pozo Val de Cristo	Sumergible	12.2	60	Goulds	6CLC (4S)	CENTRIPRO	15	63.2%	\$88,647.02
Pozo Andrés	Sumergible	44	35	Goulds	10RJLC (1S)	CENTRIPRO	30	64.1%	\$122,275.24

No de Equipo	Especificación Equipo Propuesto			Equipo Propuesto					
	Tipo	Gasto	Carga	Bomba		Motor		Eficiencia Electromec	Inversión Estimada
		m3/s	mca	Marca	Modelo	Marca	H P		
Pozo Apóstoles	Sumergible	26.1	53	Goulds	7CHC (2S)	CENTRIPRO	30	65.3%	\$118,988.27
Pozo La Alfonsina	Sumergible	29.2	53	Goulds	7CHC (2S)	CENTRIPRO	30	65.1%	\$118,988.27
Pozo Valle Sur	Sumergible	31	41	Goulds	9WAHC (1S)	CENTRIPRO	25	65.2%	\$108,166.56
Pozo Los Llanos	Sumergible	28	117	Goulds	9WAHC (3S)	CENTRIPRO	60	68.6%	\$205,275.41
RB El Cerril Bomba 1	Sumergible	11	59	Goulds	6CLC (4)	CENTRIPRO	15	63.6%	\$89,152.71
Pozo Infonavit 1	Sumergible	22	73	Goulds	7CLC (3)	CENTRIPRO	30	65.1%	\$129,371.72
Pozo Infonavit 2	Sumergible	10.1	72	Goulds	6CLC (4)	CENTRIPRO	15	63.2%	\$89,152.71
Pozo Tumbacarretas	Sumergible	12.3	69	Goulds	6CHC (4)	CENTRIPRO	20	64.9%	\$103,143.39
Pozo Las Monjas	Sumergible	28	102	Goulds	7CHC (3)	CENTRIPRO	60	68.2%	\$188,334.88
Pozo San Alfonso	Sumergible	6	102	Goulds	5RWABC (6)	CENTRIPRO	15	64.1%	\$93,400.48
Pozo Flores Magón	Sumergible	20.4	118.4	Goulds	10RALC (3)	CENTRIPRO	50	66.1%	\$328,309.18
Pozo Cristo Chico	Sumergible	32	70	Goulds	7TLC (4S)	CENTRIPRO	40	65.5%	\$153,560.44
RB San Alfonso Bomba 1	Sumergible	38.9	74	Goulds	8RJHC (3S)	CENTRIPRO	60	66.3%	\$190,576.76
Pozo Abierto Temaxcalapa	Sumergible	1	27	Goulds	6RALC (6S)	US	3	47.9%	\$95,776.56
RB Temaxcalapa	Sumergible	6	14	Goulds	6CLC (4S)	US	3	65.1%	\$57,649.83
Pozo Nieves	Sumergible	2	47	Goulds	6RAHC (10S)	US	3	55.6%	\$164,414.78
RB Las Nieves Tanque	Horizontal	4	15	Goulds	8RALC (10S)	US	7.5	68.1%	\$171,115.23
RB Valle Real	Sumergible	35.2	84.2	Goulds	10WALC (2)	CENTRIPRO	60	66.9%	\$197,909.23
RB EZ Los Molinos	Sumergible	7.7	56	Goulds	9RCHC (6S)	CENTRIPRO	60	72.2%	\$205,117.29
TOTAL	34 EQUIPOS								\$4'140,000.31

Esta tabla muestra las especificaciones de los equipos en su totalidad, **sin embargo se debe realizar un estudio de costo-beneficio que se obtiene para cada uno de ellos y así determinar a cuales conviene la sustitución.** Para esto se calculo el costo beneficio y tiempo de recuperación de la inversión de cada uno de ellos y en la tabla 4.68 se muestran estos resultados.

Tabla 4-68. Calculo de costo beneficio de sustitución de equipos de bombeo.

Equipo	Situación Actual		Esperado al sustituir equipo					Observaciones
	Efic. Electrom	Facturación (\$/año)	Efic. Electrom	Ahorro (\$/año)	Ahorro (%)	Inversión (\$)	Pay-Back (años)	
Pozo El León	70.9%	80,717	63.2%	-9,839.43	-12.2%	81,528.79	-8.29	• No es rentable la sustitución del conjunto motor-bomba
Pozo Prados El León	60.2%	116,882	66.4%	10,898.70	9.3%	92,304.83	8.47	• No es rentable la sustitución del conjunto motor-bomba
Pozo Las Palmas I	33.0%	189,749	62.5%	89,549.26	47.2%	103,413.28	1.15	• Resulta rentable la sustitución del conjunto motor-bomba
Pozo Las Palmas II	44.0%	205,626	62.0%	59,847.15	29.1%	90,062.94	1.50	• Resulta rentable la sustitución del conjunto motor-bomba
Pozo FOVISSSTE	60.6%	180,324	63.4%	7,934.78	4.4%	100,075.56	12.61	• No es rentable la sustitución del conjunto motor-bomba
Pozo 47 Sur (Gamboa)	63.6%	373,884	67.7%	22,727.49	6.1%	118,145.46	5.20	• No es rentable la sustitución del conjunto motor-bomba
Pozo 19 Nte	26.3%	72,714	58.1%	39,776.05	54.7%	72,077.33	1.81	• Resulta rentable la sustitución del conjunto motor-bomba
RB Tanque La Soledad Bomba 1	45.2%	89,647	51.0%	10,193.94	11.4%	29,406.00	2.88	• Resulta rentable la sustitución del conjunto motor-bomba
Pozo 15 Sur	67.2%	253,143	74.6%	25,116.46	9.9%	192,683.25	7.67	• No es rentable la sustitución del conjunto motor-bomba
Pozo Carolina 1	45.2%	374,698	63.7%	108,464.25	28.9%	109,009.37	1.01	• Resulta rentable la sustitución del conjunto motor-bomba
Pozo Carolina 2	58.0%	386,242	69.2%	62,414.95	16.2%	131,967.58	2.11	• Resulta rentable la sustitución del conjunto motor-bomba
Pozo Val de Cristo	61.0%	109,251	62.8%	3,130.08	2.9%	88,647.02	28.32	• No es rentable la sustitución del conjunto motor-bomba
Pozo Andrés	56.3%	311,230	63.4%	34,869.01	11.2%	122,275.24	3.51	• Resulta rentable la sustitución del conjunto motor-bomba, si se aplica el cambio de tarifa y paro en horario punta.
Pozo Apóstoles	64.6%	146,724	64.1%	-1,155.60	-0.8%	118,988.27	-102.97	• No es rentable la sustitución del conjunto motor-bomba
Pozo La Alfonsina	59.2%	292,211	64.4%	23,297.36	8.0%	118,988.27	5.11	• Resulta rentable la sustitución del conjunto motor-bomba, si se aplica el cambio de tarifa y paro en horario punta.
Pozo Valle Sur	64.6%	177,763	64.2%	-1,102.81	-0.6%	108,166.56	-98.08	• No es rentable la sustitución del conjunto motor-bomba
Pozo Los Llanos	58.8%	597,323	68.2%	81,949.64	13.7%	205,275.41	2.50	• Resulta rentable la sustitución del conjunto motor-bomba, si se aplica el cambio de tarifa y paro en horario punta.
RB El Cerril Bomba 1	53.8%	98,595	61.8%	12,727.71	12.9%	89,152.71	7.00	• No es rentable la sustitución del conjunto motor-bomba
Pozo Infonavit 1	60.3%	95,915	64.5%	6,291.86	6.6%	129,371.72	20.56	• No es rentable la sustitución del conjunto motor-bomba
Pozo Infonavit 2	54.7%	64,707	63.4%	8,929.26	13.8%	89,152.71	9.98	• No es rentable la sustitución del conjunto motor-bomba
Pozo Tumbacarretas	57.3%	91,315	62.9%	8,146.81	8.9%	103,143.39	12.66	• No es rentable la sustitución del conjunto motor-bomba
Pozo Las Monjas	51.0%	665,658	66.2%	153,300.68	23.0%	188,334.88	1.23	• Resulta rentable la sustitución del conjunto motor-bomba

Equipo	Situación Actual		Esperado al sustituir equipo				Pay-Back (años)	Observaciones
	Efic. Electrom	Facturación (\$/año)	Efic. Electrom	Ahorro (\$/año)	Ahorro (%)	Inversión (\$)		
Pozo San Alfonso	48.9%	86,736	62.2%	18,577.75	21.4%	93,400.48	5.03	• Resulta rentable la sustitución del conjunto motor-bomba, si se aplica el cambio de tarifa y paro en horario punta.
Pozo Flores Magón	61.5%	199,079	65.4%	12,069.07	6.1%	328,309.18	27.20	• No es rentable la sustitución del conjunto motor-bomba
Pozo Cristo Chico	62.9%	472,194	70.4%	-35,903.79	-5.9%	153,560.44	-5.71	• Corresponde al nuevo equipo y no resulta rentable la sustitución del conjunto motor-bomba
RB San Alfonso Bomba 1	61.6%	675,066	65.8%	43,432.67	6.4%	190,576.76	4.39	• Resulta rentable la sustitución del conjunto motor-bomba, si se aplica el cambio de tarifa y paro en horario punta.
Pozo Abierto Temascalapa	29.8%	1,159	46.5%	415.21	35.8%	95,776.56	230.67	• No es rentable la sustitución del conjunto motor-bomba
RB Temascalapa	9.8%	38,208	63.5%	32,291.47	84.5%	57,649.83	1.79	• Resulta rentable la sustitución del conjunto motor-bomba, si se aplica el cambio de tarifa y paro en horario punta.
Pozo Nieves	25.2%	3,362	53.7%	1,783.22	53.0%	164,414.78	92.20	• No es rentable la sustitución del conjunto motor-bomba
RB Las Nieves Tanque	52.7%	5,470	50.6%	-228.74	-4.2%	171,115.23	-748.08	• No es rentable la sustitución del conjunto motor-bomba
RB Valle Real	62.0%	404,519	66.1%	25,065.12	6.2%	197,909.23	7.90	• No es rentable la sustitución del conjunto motor-bomba
RB EZ Los Molinos	58.2%	9,764	77.2%	2,403.97	24.6%	205,117.29	85.32	• No es rentable la sustitución del conjunto motor-bomba
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 6'977,621</b>		<b>\$ 857,374</b>	<b>12.3%</b>	<b>\$ 1,512,437</b>	<b>1.76</b>	<b>Solo se suman equipos con rentabilidad</b>

Como se puede observar no todos los equipos son candidatos a sustituir debido al alto costo-beneficio que representaría, ya sea porque tienen una eficiencia electromecánica aceptable, o por que el tiempo de operación del equipo no representa un factor de consumo de energía importante y por lo tanto la recuperación de la inversión sería en un largo tiempo.

Se observa en la tabla anterior que los equipos que si pueden ser sustituidos representan un potencial de ahorro en el costo de la energía hasta de **\$ 857,374.00 anuales**, es decir un **12.3%** respecto al costo energético actual, con una inversión de **\$1'512,437.00** que se puede recuperar en un máximo de **1.76 años**.

Calculando el consumo energético total al sustituir únicamente los equipos señalados por unos de mayor eficiencia, y de acuerdo a los horarios actuales de operación de dichos equipos, el Consumo Energético Esperado será de **3'718,422 kWh/año**, que comparado con el consumo actual de **4'185,742 kWh/año**, representa un ahorro del **11.2%**. De esta forma se puede calcular nuevamente el desglose de pérdidas mediante el Balance Energético Esperado, el cual se muestra en la figura siguiente.

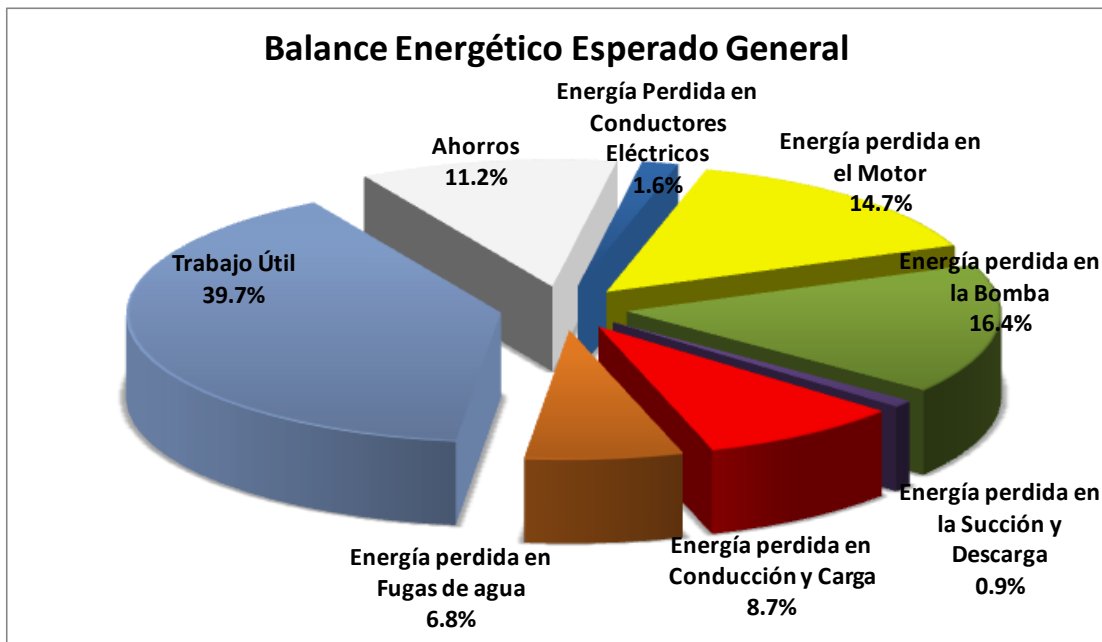


Figura 4-61. Balance Energético Esperado al sustituir equipos por unos de mejor eficiencia.

### Proyecto de Eficiencia Hidraulica

Como parte del Proyecto integral, SOAPAMA desarrollo un proyecto de mejora de la operación hidráulica, cuya metodología y resultados se muestran a continuación:

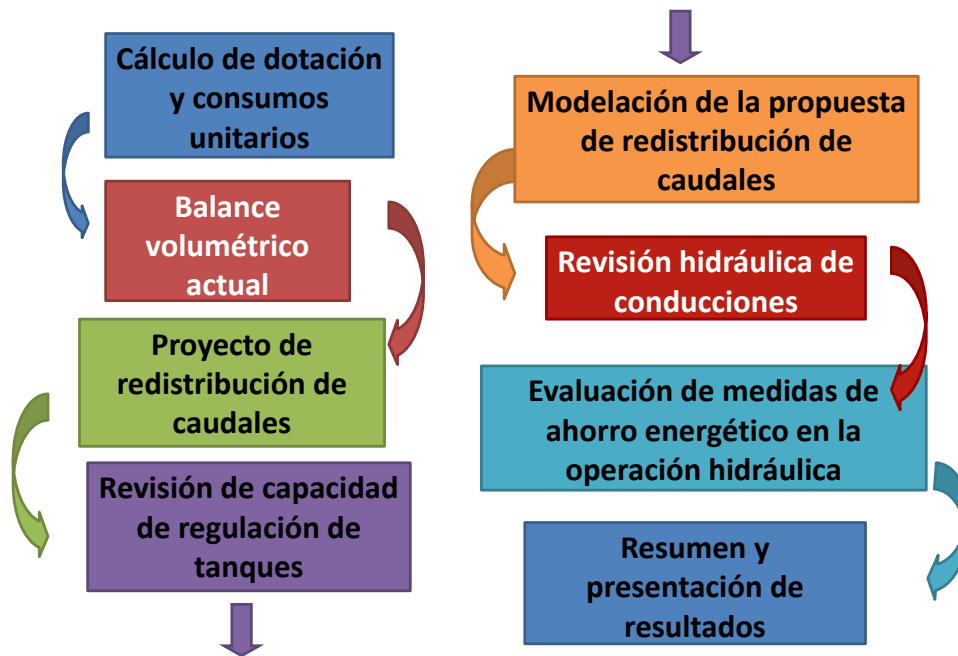


Figura 4-62. Metodología del proyecto de eficiencia hidráulica

Agrupando la demanda por sistema de abastecimiento, y comparando con los resultados de la oferta o suministro se obtuvo el BALANCE VOLUMÉTRICO para cada sistema o sub-sistema de Abastecimiento, y el Balance Volumétrico General, de acuerdo a lo mostrado en la tabla 4.69.

Tabla 4-69. Balance Volumétrico General.

No.	Nombre Sistema	Sub-sistema	Caudal Suministrado ACTUAL	Caudales requeridos (Demanda)			Balance de caudales (L/s)
			Gasto suministrado. a Sistema (L/s)	Gasto medio anual (L/s)	Gasto máx.d. (L/s)	Total Demanda (L/s)	
1	El León	01 El León	5.03	4.14	4.97	4.97	0.06
2	Prados El León	02 Prados El León	8.13	5.96	7.15	7.15	0.98
3	Las Palmas I	03 Las Palmas I	8.35	4.80	5.76	5.76	2.59
4	Las Palmas II	04 Las Palmas II	12.33	11.82	15.06	15.06	-2.73
5	FOVISSSTE	05 FOVISSSTE	5.98	1.40	1.73	1.73	4.25
6	47 Sur	06a Axocopan	45.07	15.84	19.37	19.37	25.70
		06b La soledad	30.36	17.94	21.53	21.53	8.83
		06c Treviño	1.22	4.13	4.96	4.96	-3.75
7	15 Sur	07 Tanque 15 Sur	28.50	10.40	12.49	12.49	16.01
8	Las Carolinas	08a Insurgentes 1	1.60	2.66	3.19	3.19	-1.59
		08b Las Carolinas	64.52	35.06	42.13	42.13	22.39
9	Val de Cristo	09 Val de Cristo	7.12	2.93	3.52	3.52	3.60
10	El Cristo	10 El Cristo	16.50	12.90	19.35	19.35	-2.85
11	La Alfonsina	11 La Alfonsina	23.12	12.61	15.36	15.36	7.76
12	Valle Sur	12 Valle Sur	20.60	12.89	15.48	15.48	5.12
13	Los Llanos	13a AENSCA	14.76	2.20	2.63	2.63	12.13
		13b El Cerril	2.80	7.53	9.04	9.04	-6.24
		13c Tanque Tecnológico	1.40	6.42	7.71	7.71	-6.31
		13d MEX-MODE	8.33	19.63	23.56	23.56	-15.23
14	INFONAVIT	14 INFONAVIT	10.13	9.57	11.48	11.48	-1.35
15	Tumbacarretas	15 Tumbacarretas	6.15	5.59	6.71	6.71	-0.56
16	Las Monjas	16 La Monjas	24.06	27.21	32.66	32.66	-8.60
17	San Alfonso - Flores Magón	17a San Alfonso	9.98	16.61	19.92	19.92	-9.95
		17b Las Nieves	3.54	2.19	2.70	2.70	0.84
		17c Tanque Temascalapa	4.78	3.16	3.79	3.79	0.99
		17d Las Ánimas	2.33	1.09	1.30	1.30	1.03
18	Cristo Chico	18 Valle Real	16.21	18.78	22.60	22.60	-6.39
<b>TOTALES</b>			<b>382.87</b>	<b>275.46</b>	<b>336.15</b>	<b>336.15</b>	<b>46.72</b>

Los resultados del balance volumétrico señalan que 12 sistemas de abastecimiento presentan un déficit de suministro de acuerdo a la demanda calculada, siendo los más críticos los sistemas Los Llanos, Las Monjas y San Alfonso; 15 presentan un suministro mayor a lo demandado. Esto provoca un superávit hasta de **46.72 lps** en términos globales, suficiente para el suministro al total de la población en estudio.

**Se puede concluir en que existe un desbalance importante entre los sistemas de abastecimiento, sin embargo en el balance total general existe un excedente de 46.72 lps. Esto requiere una nueva distribución de los sistemas de abastecimiento aprovechando la capacidad de producción de los pozos y del Manantial Axocopa.**

Como segundo punto se evalúo la capacidad de regulación de los tanques. Tener una buena capacidad de regulación en los tanques, para determinar la posibilidad de reducir la demanda, disminuyendo el gasto requerido para suministro a un gasto medio de regulación, y por otro la posibilidad de paro de equipo en hora punta, siempre que la capacidad del tanque permita soportar los picos de demanda máxima requeridos por la zona a la que suministra.



Para esto, fue necesario determinar la curva característica de demanda horaria, la cual se obtuvo midiendo en la salida de los tanques La Soledad y El Cristo.

Las mediciones del tanque La Soledad se realizaron de forma continua registrando flujo cada 15 minutos en la memoria del medidor en el periodo comprendido de las 10:45 hrs. del día 23 de Agosto de 2011 a las 11:45 hrs. del día 26 de Agosto de 2011.

Las figuras 4.63 muestra el comportamiento horario de la demanda a la salida del tanque La Soledad.

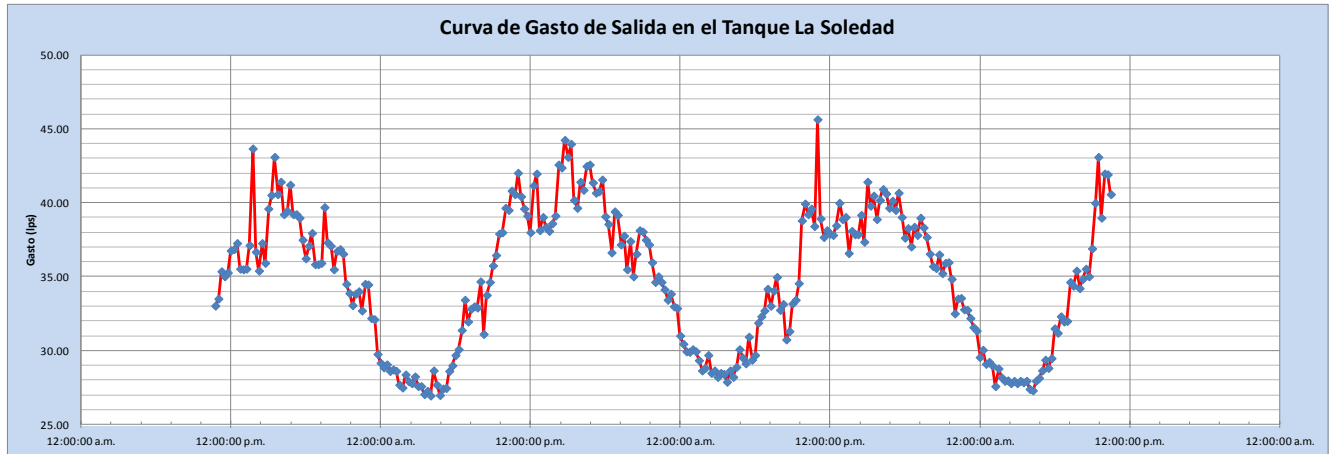


Figura 4-63. Variación de demanda a la salida del Tanque La Soledad, mediciones del 23 al 26 de Ago. de 2011.

Siguiendo la metodología planteada se evaluaron las acciones y cambios en la operación para reconfigurar las zonas de influencia de los sistemas de abastecimiento y adecuarlas de acuerdo a las fuentes de suministro, la población proyectada de acuerdo a la tasa de crecimiento y el crecimiento adicional en las colonias.

Entre las acciones determinadas se encuentran las siguientes:

- a) Se añade la colonia El Bosque al sistema Prados El León.
- b) La parte complementaria de la colonia Cabrera se añade al sistema El León.
- c) El sistema Palmas I, se conforma con las colonias Solares Chicos, Techichilco y Las Monjas, las cuales se abastecerán del tanque elevado Palmas II.
- d) El sistema Palmas II toma las colonias que actualmente abastece el sistema Tumbacarretas.
- e) Para apoyar el sistema Los Llanos se toma en cuenta como proyecto a mediano plazo, línea de conducción del pozo FOVISSSTE con 20 lps.
- f) En el sistema Infonavit, el personal del SOAPAMA rectificará la capacidad del Tanque Elevado y será notificado al personal de Watery, para revisar la posibilidad de abastecimiento del sistema con un solo tanque.
- g) El sistema Carolina 2, hay que verificar la presión que se podría tener en las primeras calles de la colonia El Popo para ubicar la cisterna o tanque además de que se añaden las colonias, parte de Solares Grandes, parte baja de El Bosque, Chapulapa, parte de Álvaro Obregón, y Hogar del Obrero, que pertenecían al sistema 47 Sur, para liberar las derivaciones a red secundaria de la línea de conducción del Manantial Axocopa y el Pozo 47 sur que se tienen, y que provocan pérdidas importantes, no dejando llegar el caudal requerido al tanque La Soledad.
- h) Respecto al sistema 15 Sur, se revisará la capacidad del Tanque.

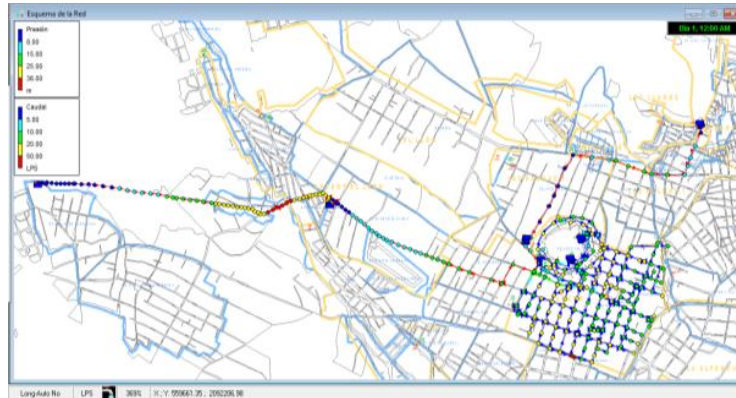
- i) Se revisará capacidad del tanque elevado de El Cristo para ponerlo en funcionamiento dividiendo la colonia en un sistema para parte alta alimentado por este tanque y otro para la parte baja alimentado directamente del tanque superficial.
- j) Se deberá tomar como fuente de abastecimiento para la zona norte, el Manantial Axocopa, llevando una línea de conducción del Tanque La Soledad a la zona del pozo Tumbacarretas, por lo que se debe disminuir los caudales de extracción de los pozos Los Llanos y Tumbacarretas, ya que no cuentan con la capacidad de producción para toda la zona correspondiente.
- k) Se divide la zona de influencia del sistema Los Llanos en Tres sistemas, debido a lo mencionado en el inciso j), quedando como se menciona a continuación:
  - i) Sistema Los Llanos.- Alimenta del pozo los llanos, solo a la colonia AENSCA Los Llanos
  - ii) Sistema Zona Norte.- Solo incluye las colonias de El Cerril y Ex Hacienda Xapatlaco y El nuevo desarrollo GEO.
  - iii) Sistema Tumbacarretas.- Las colonias de la zona noreste Fracc. Tizayuca, Vista Hermosa, Ampl. Vista Hermosa, Huertas San José, Ex-Hda. Tizayuca y parte de la colonia Los Ángeles que se alimentan del tanque Tecnológico serán abastecidas por este sistema.
- l) La colonia AENSCA el Barreal será abastecida por el sistema Palmas II, y se elimina el apoyo al sistema Infonavit, que será abastecido por sus mismos pozos. La industria Mex-Mode será abastecida del sistema Cristo Chico.
- m) En el sistema Valle Sur, se cambiarán los límites y configuración de la red para redefinir la parte alta y la parte baja, de acuerdo a la capacidad de los tanques, la cual será rectificada por personal de SOAPAMA.
- n) Para el sistema Las Monjas, se plantea la posibilidad de ubicar un tanque intermedio en el cerro del Tecoloche en la colonia Maximino Ávila Camacho, a una altura intermedia para abastecer la zona baja, mientras que la zona alta seguirá abasteciéndose del tanque Cristo Rey.
- o) El sistema Flores Magón se separa del San Alfonso, utilizando los tanques superficiales San Alfonso y Lomas de Tejaluca, de los cuales el personal de SOAPAMA verificará su capacidad.
- p) El sistema San Alfonso se anexa al sistema Cristo Chico, quedando el sistema como Cristo Chico-San Alfonso.
- q) A la industria Mex-Mode solo recibirá agua del sistema Cristo Chico-San Alfonso.

Con estas acciones se prouso una reconfiguración de los Sistemas de Abastecimiento quedando un total de 20 Sistemas,

En la figura 4.64 se muestran la configuración final de los límites de los sistemas de abastecimiento



## MODELACIÓN HIDRÁULICA DE ALTERNATIVAS.



Se verifica el funcionamiento hidráulico cada Alternativa de Solución y para cada sistema.

- Comportamiento de redes
- Comportamiento de presiones
- Variación de niveles en los tanques
- Comportamiento Energético

Figura 4-65. Ejemplo de evaluación de alternativas usando modelación hidráulica.

La mejor alternativa a seleccionar será aquella que en primer criterio, tenga una mejor eficiencia energética, es decir, el mínimo gasto de energía, el menor trabajo de bombeo, incluyendo el uso de variadores de frecuencia, las menores perdidas de carga, etc.

y por otro lado, ésta alternativa deberá ser al menor costo tanto de operación como de inversión en infraestructura necesario y costo energético. De esta manera se plantean las alternativas de solución para el abastecimiento de cada uno de los Sistemas, de acuerdo a lo mostrado en la tabla 4.66 siguiente donde se presenta el ejemplo de las alternativas evaluadas en algunos sectores:

Figura 4-66. Alternativas de solución para los Sistemas de Abastecimiento 01 y 02

Sistema	Alternativa de Solución
01 El León	A1.- Ampliar la capacidad del Tanque Elevado existente para suministrar a las colonias de la parte alta del sistema y construir un Tanque Superficial para, por gravedad, suministrar a las colonias en la parte baja, bombeando simultáneamente del pozo a ambos tanques usando una Válvula Limitadora de Caudal, para asegurar el gasto requerido de entrada a ambos tanques.
	A2.-Construir únicamente el Tanque Superficial a pie de pozo, bombeando del Pozo al tanque la totalidad del gasto requerido. Utilizar Rebombeo con Variador de Velocidad para inyectar directo a la red de las colonias en la zona alta y del tanque una salida gravedad para zona baja.
<i>* En ambos casos se requiere de una línea de conducción para llevar el gasto del tanque superficial a la zona de Cabrera y Tenería, conectando con la línea existente. Se evalúan las tres alternativas para suministro de agua de pozo a tanque(s) de 20 horas con paro en hora punta y para suministro de 24 horas continuas a tanque(s)</i>	
02 Prados El León	A1- Bombeo de Pozo simultáneamente al Tanque Elevado existente para zona media y a un Tanque superficial nuevo para abastecimiento de la zona baja. De este tanque nuevo por medio de un rebombeo enviar directo a Tanque Santa Cecilia para abastecimiento de la zona alta. Se utiliza Válvula Limitadora de Caudal para asegurar el gasto de entrada al tanque elevado.
	A2- Bombeo de Pozo a un Tanque Superficial nuevo a pie de pozo. Rebombeo directo a Tanque Santa Cecilia para la zona alta, Rebombeo con inyección directa a Red con Variador de Velocidad para zona Alta, y salida del tanque a red para suministro de la zona baja.

Sistema	Alternativa de Solución
	A3- Bombeo de Pozo a un Tanque Superficial nuevo a pie de pozo. Rebombeo directo a red con Variador de Velocidad tanto para la zona de Santa Cecilia y zona media, y con una salida directa del tanque por gravedad para la red de la zona baja.

Se evalúan las tres alternativas para suministro de agua de pozo a tanque(s) de 20 horas con paro en hora punta y para suministro de 24 horas continuas a tanque(s)

Y en la imagen siguiente, se presenta el análisis energético del uso de un variador en el rebombeo el León, mostrando el ahorro de energía esperado

Se observa en esta figura que cuando disminuye la demanda en el caso de no aplicar el variador de velocidad, la presión se incrementa en el tiempo de demanda baja, sin embargo al disminuir la velocidad del equipo se mantiene el gasto de demanda y disminuye la presión, de acuerdo al punto de diseño. La diferencia de presión o carga en la descarga del rebombeo reduce directamente el trabajo hidráulico o potencia hidráulica demandado por la bomba, y por lo consiguiente las barras representan el ahorro de energía que se puede lograr en 24 horas de operación.

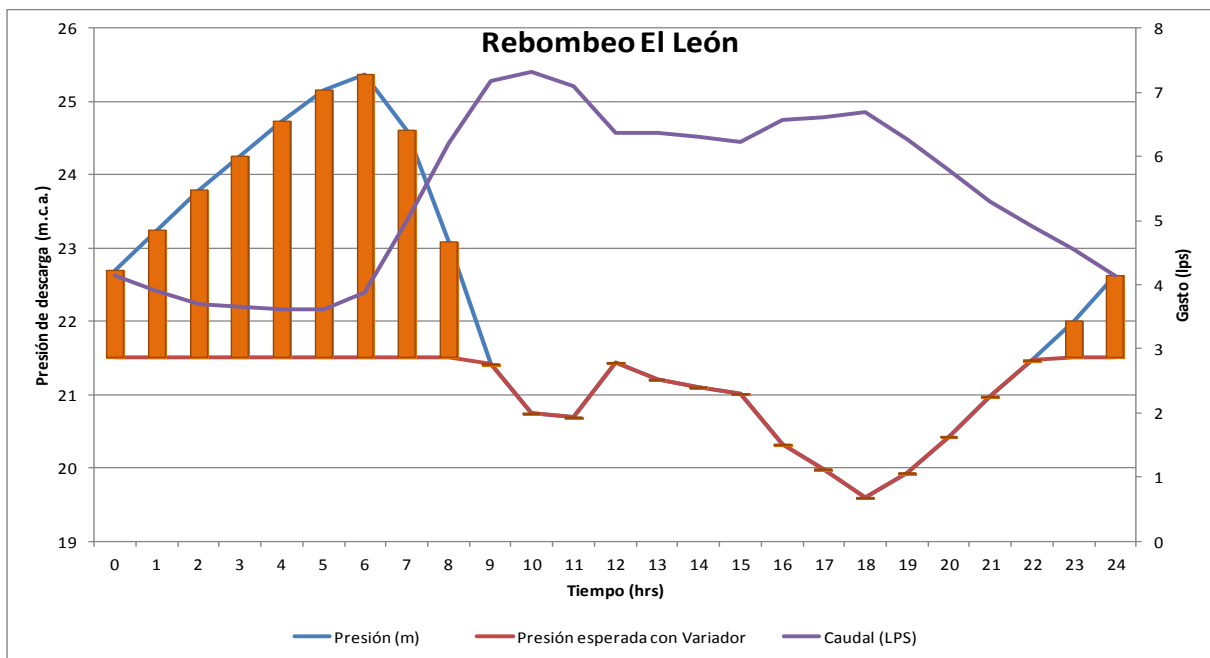


Figura 4-67. Ejemplo de aplicación de variador de velocidad en el Rebombeo El León.

En este caso, en el rebombeo El León se reduce el trabajo hidráulico promedio demandado por la bomba de 1.08 kW en promedio, a 1.03 kW, es decir aproximadamente un **3.8%**.

Una vez validado el proyecto de optimización de operación hidráulica, y conociendo las especificaciones finales de los equipos de bombeo, se realizó la evaluación energética final para todas las alternativas y en todos los sectores, un ejemplo de esta evaluación, mostrando la alternativa final seleccionada se presenta en la Fig. Siguiente:

## EVALUACIÓN ENERGÉTICA Y COSTO-BENEFICIO DE ALTERNATIVAS

Sistema	Equipo	Gasto lps	Carga mca	Potencia Hid. Pw Proyecto (kW)	Potencia Eléctrica Pe Proyecto (kW)	Tiempo de Oper.	Cons. anual Estim. kWh	Cons. Anual por Sist. kWh	Dem. Proy. por Sistema kW	Índice Ener Esperado kWh/m <sup>3</sup>	Inversión adic. de alternativ. \$	Costo anual Energía HM \$	Costo anual Energía 06 \$	Costo anual Amort. Inversión adicional en 3 años
02 Prados El León	PPLeon_A124	13.28	44.5	5.80	8.53	24	74,683	82,442	9.41	0.197	\$846,300		\$138,481	\$420,581
	PPLeon_A120	15.94	45.8	7.16	10.53	20	76,884	85,033	11.65	0.203	\$1,613,900	\$132,269		\$670,236
	RBCecilia_A124	2.21	27.78	0.60	0.89	24	7,759							
	RBCecilia_A120	2.65	29.2	0.76	1.12	20	8,149							
	PPLeon_A224	13.28	31.71	4.13	6.08	24	53,218	76,233	8.70	0.182	\$845,400		\$132,060	\$413,860
	PPLeon_A220	15.94	32.81	5.13	7.54	20	55,078	78,483	10.40	0.187	\$1,034,000	\$129,045		\$473,712
	RBCecilia_A124	2.21	27.78	0.60	0.89	24	7,759							
	RBCecilia_A120	2.65	29.2	0.76	1.12	20	8,149							
	RBPLeon_A2	7.48	19	1.13	1.74	24	15,256							
	PPLeon_A324	13.28	31.71	4.13	6.08	24	53,218	89,134	10.18	0.213	\$994,100		\$149,156	\$480,523
PPLeon_A320	15.94	32.81	5.13	7.54	20	55,078	90,994	11.64	0.217	\$1,116,200	\$152,736		\$524,802	
RBPLeon_A3	10.44	32	2.67	4.10	24	35,916								
04 Palmas II	PPalmasII_N24	17.24	37.92	6.41	9.43	24	82,617	82,617	9.43	0.152	\$690,800		\$135,276	\$365,543
	PPalmasII_N20	20.69	39.1	7.94	11.67	20	85,196	85,196	11.67	0.157	\$879,500	\$132,523		\$425,689
	PPalmasII_VV	23.1	37.5	6.52	10.03	24	87,870	87,870	10.03	0.162	\$224,800		\$143,655	\$218,588

**La mejor alternativa será en primer lugar, la de menor consumo energético es decir o menor Índice Energético, y con un costo de inversión menor o que no sea demasiado alto. También influye el factor riesgo.**

Figura 4-68. Ejemplo de evaluación de alternativas.

Finalmente, se evalúa el beneficio energético que representa esta nueva operación optimizada, incluyendo la aplicación de medidas como la mejora de eficiencia electromecánica, también influyen los cambios de régimen de operación de algunos equipos, sobre todo los que no están operando en forma continua y van a operar 24 horas para brindar el servicio continuo y mejorar la calidad del mismo, los equipos adicionales como rebombes necesarios y los equipos que salen de operación.

El resultado final se presenta a continuación para todos los equipos

Tabla 4-70. Evaluación del consumo energético esperado para los equipos de bombeo.

Sistema	Equipo	Gasto (lps)	Carga (m)	Potencia Hidráulica Pw Proyecto (kW)	Eficiencia EM esperada	Potencia Eléctrica Pe Proyecto (kW)	Tiempo de Operación (hrs/día)	Consumo anual Estimado kWh/año
01 El León	Pozo El León	12.78	53.8	6.75	0.68	9.92	24	86,892
	RB El León	7.33	18.51	1.03	0.65	1.58	24	13,881
02 Prados El León	Pozo Prados El León	13.28	31.71	4.13	0.68	6.08	24	53,218
	RB Santa Cecilia	2.21	27.78	0.60	0.68	0.89	24	7,759
	RB Prados El León	7.48	19	1.13	0.65	1.74	24	15,256
03 Palmas I	Pozo Palmas I	8.38	48.42	3.98	0.68	5.85	24	51,278
04 Palmas II	Pozo Palmas II	17.24	37.92	6.41	0.68	9.43	24	82,617
05 Fovissste	Pozo FOVISSSTE	2.74	28.5	0.77	0.68	1.13	24	9,869
06 47 Sur	Pozo 47 Sur	28.66	42.29	11.89	0.68	17.49	24	153,172
	Pozo 19 Norte	3.6	24.3	0.86	0.68	1.26	5.87	2,704
	RB La Soledad	5.4	58.1	3.08	0.68	4.53	24	39,649
07 15 Sur	Pozo 15 Sur	11.95	29.83	3.50	0.68	5.14	24	45,049
08 Carolina II	Pozo Carolina 2	32.69	40.9	13.12	0.68	19.29	24	168,967
09 Carolina I	Pozo Carolina 1	31.09	35.35	10.78	0.68	15.86	24	138,891

Sistema	Equipo	Gasto (lps)	Carga (m)	Potencia Hidráulica Pw Proyecto (kW)	Eficiencia EM esperada	Potencia Eléctrica Pe Proyecto (kW)	Tiempo de Operación (hrs/día)	Consumo anual Estimado kWh/año
10 Val de Cristo	Pozo Val de Cristo	5.4	35.87	1.90	0.68	2.79	24	24,479
11 El Cristo	Pozo San Andrés	21.06	27.87	5.76	0.68	8.47	24	74,175
	RB El Cristo	4.05	16.27	0.65	0.68	0.95	24	8,327
12 La Alfonsina	Pozo La Alfonsina	23.18	28.58	6.50	0.68	9.56	24	83,722
	RB Alfonsina Alta	27.65	28	6.03	0.67	8.99	24	78,723
	RB Alfonsina Baja	3.42	14	0.40	0.67	0.60	24	5,269
13 Valle Sur	Pozo Valle Sur	16.75	42.17	6.93	0.68	10.19	24	89,265
14 Los Llanos	Pozo Los Llanos	1.97	33.55	0.65	0.68	0.95	24	8,353
15 Zona Norte	RB Norte	35.39	41.49	14.40	0.68	21.18	24	185,562
	RB Cerril GEO	25.23	41.63	10.30	0.68	15.15	24	132,736
	RB El Cerril	10.16	58.77	5.86	0.68	8.61	24	75,459
	RB Geo	25.23	42.74	10.58	0.68	15.56	24	136,275
16 INFONAVIT	Pozo Infonavit 1	6.36	58.22	3.63	0.68	5.34	24	46,794
	Pozo Infonavit 2	6.13	67.36	4.05	0.68	5.96	24	52,183
17 Tumbacarretas	RB Tumbacarretas	8.61	70.53	5.96	0.68	8.76	24	76,743
18 Las Monjas	Pozo Las Monjas	30.15	34.15	10.10	0.68	14.85	24	130,119
	RB Monjas Alto	16.95	66.58	11.07	0.68	16.28	24	142,619
	RB Cristo Rey	0.75	13.19	0.10	0.68	0.14	24	1,250
	RB Monjas Tecolote	13.2	44.46	5.76	0.68	8.47	24	74,166
19 Flores Magón	Pozo Flores Magón	26.34	26.64	6.88	0.68	10.12	24	88,678
	RB Flores Magón Alto	17.08	84.95	14.23	0.68	20.93	24	183,365
	RB Flores Magón Bajo	9.26	42	3.82	0.68	5.61	24	49,150
20 Cristo Chico	Pozo Cristo Chico	50.33	68.05	33.60	0.68	49.41	24	432,832
	Pozo San Alfonso	7	27.65	1.90	0.68	2.79	24	24,460
	PTemax_N24	1	28.14	0.28	0.68	0.41	24	3,556
	PNieves_N24	1	44.67	0.44	0.68	0.64	24	5,645
	RBSnAlf_N24	50.73	72.34	36.00	0.68	52.94	24	463,775
	RBTemax_VV	11.76	19	1.54	0.61	2.52	24	22,115
	RBNieves_N24	3	14.08	0.41	0.68	0.61	24	5,338
	RBVReal_N24	21.4	77.2	16.21	0.68	23.83	24	208,783
	RBEZMol_N24	2.18	42.79	0.92	0.68	1.35	24	11,789
<b>TOTAL</b>		<b>667.55</b>	<b>1809.35</b>	<b>294.86</b>		<b>434.16</b>		<b>3,794,908</b>

Se observa que con el proyecto de eficiencia hidráulica se tiene un trabajo de bombeo de 294.86 kW, una demanda de energía eléctrica de 434.16 kW, que representa un consumo anual de 3'794,908 kWh/año.

### Evaluación del Índice Energético esperado de proyecto

Con el consumo energético esperado por equipo, se evalúa el consumo energético del sistema de bombeo, para obtener el índice energético esperado y comparar contra el Índice Energético actual del sistema de bombeo equivalente. La mejora de la eficiencia energética se ve reflejada directamente en el Índice Energético, el cual es un parámetro directo de mejora de eficiencia energética relacionando el consumo energético esperado por cada m<sup>3</sup> bombeado.

En la tabla 4.71 se presenta la evaluación de la eficiencia energética derivado de las medidas de mejora mencionadas.

Tabla 4-71. Evaluación de Eficiencia Energética de los equipos de bombeo.

Sistema	Equipo	Gasto (lps)	Tiempo de Operación (hrs/día)	Consumo anual Estimado kWh/año	Consumo Anual Esperado por Sistema kWh	Índice Energético Actual kWh/m <sup>3</sup>	Índice Energético Esperado kWh/m <sup>3</sup>	Reducción en Índice Energético
01 El León	Pozo El León	12.78	24	86,892	100,773	0.31	0.250	-19.3%
	RB El León	7.33	24	13,881				
02 Prados El León	Pozo Prados El León	13.28	24	53,218	76,233	0.28	0.182	-35.0%
	RB Santa Cecilia	2.21	24	7,759				
	RB Prados El León	7.48	24	15,256				
03 Palmas I	Pozo Palmas I	8.38	24	51,278	51,278	0.83	0.194	-76.6%
04 Palmas II	Pozo Palmas II	17.24	24	82,617	82,617	0.25	0.152	-39.2%
05 Fovissste	Pozo FOVISSSTE	2.74	24	9,869	9,869	0.20	0.114	-42.9%
06 47 Sur	Pozo 47 Sur	28.66	24	153,172	153,172	0.17	0.169	-0.3%
	Pozo 19 Norte	3.6	5.87	2,704				
	RB La Soledad	5.4	24	39,649				
07 15 Sur	Pozo 15 Sur	11.95	24	45,049	45,049	0.15	0.120	-20.3%
08 Carolina II	Pozo Carolina 2	32.69	24	168,967	168,967	0.22	0.164	-25.8%
09 Carolina I	Pozo Carolina 1	31.09	24	138,891	138,891	0.23	0.142	-38.4%
10 Val de Cristo	Pozo Val de Cristo	5.4	24	24,479	24,479	0.27	0.144	-46.8%
11 El Cristo	Pozo San Andrés	21.06	24	74,175	82,503	0.17	0.124	-28.0%
	RB El Cristo	4.05	24	8,327				
12 La Alfonsina	Pozo La Alfonsina	23.18	24	83,722	167,714	0.25	0.229	-8.2%
	RB Alfonsina Alta	27.65	24	78,723				
	RB Alfonsina Baja	3.42	24	5,269				
13 Valle Sur	Pozo Valle Sur	16.75	24	89,265	89,265	0.18	0.169	-6.1%
14 Los Llanos	Pozo Los Llanos	1.97	24	8,353	8,353	0.23	0.134	-41.5%
15 Zona Norte	RB Norte	35.39	24	185,562	318,297	0.23	0.234	1.7%
	RB Cerril GEO	25.23	24	132,736				
	RB El Cerril	10.16	24	75,459				
	RB Geo	25.23	24	136,275				
16 INFONAVIT	Pozo Infonavit 1	6.36	24	46,794	98,977	0.35	0.251	-28.2%
	Pozo Infonavit 2	6.13	24	52,183				
17 Tumbacarretas	RB Tumbacarretas	8.61	24	76,743	76,743	0.34	0.283	-16.9%
18 Las Monjas	Pozo Las Monjas	30.15	24	130,119	348,155	0.56	0.366	-34.6%
	RB Monjas Alto	16.95	24	142,619				
	RB Cristo Rey	0.75	24	1,250				
	RB Monjas Tecolоче	13.2	24	74,166				
19 Flores Magón	Pozo Flores Magón	26.34	24	88,678	321,192	0.53	0.387	-27.3%
	RB Flores Magón Alto	17.08	24	183,365				
	RB Flores Magón Bajo	9.26	24	49,150				
20 Cristo Chico	Pozo Cristo Chico	50.33	24	432,832	432,832	0.29	0.273	-6.6%
	Pozo San Alfonso	7	24	24,460				
	PTemax_N24	1	24	3,556				
	PNieves_N24	1	24	5,645				
	RBSnAlf_N24	50.73	24	463,775				
	RBTemax_VV	11.76	24	22,115				
	RBNieves_N24	3	24	5,338				
	RBVReal_N24	21.4	24	208,783				
RBEZMol_N24	2.18	24	11,789					
<b>TOTAL</b>		<b>667.55</b>		<b>3,794,908</b>	<b>3,794,908</b>	<b>0.34</b>	<b>0.301</b>	<b>-11.78%</b>

Se observa mejora en el Índice Energético, dando como resultado una disminución de 0.04 kWh/m<sup>3</sup> el cual representa una disminución de 11.78%. Este parámetro es un dato representativo de la mejora en la Eficiencia Energética que se podrá obtener al implementar el proyecto de eficiencia integral.



### Balance Energético Esperado.

Por último se estima la energía consumida al realizar las medidas de mejora energética comparando con la energía estimada en un año de operación, y se realiza en nuevo cálculo del balance energético para determinar los ahorros potenciales de energía que se obtendrían al implementar las medidas de mejora de eficiencia energética integral.

En la figura 4.69 se muestra el cálculo del balance energético esperado para los equipos de pozos y rebombes.

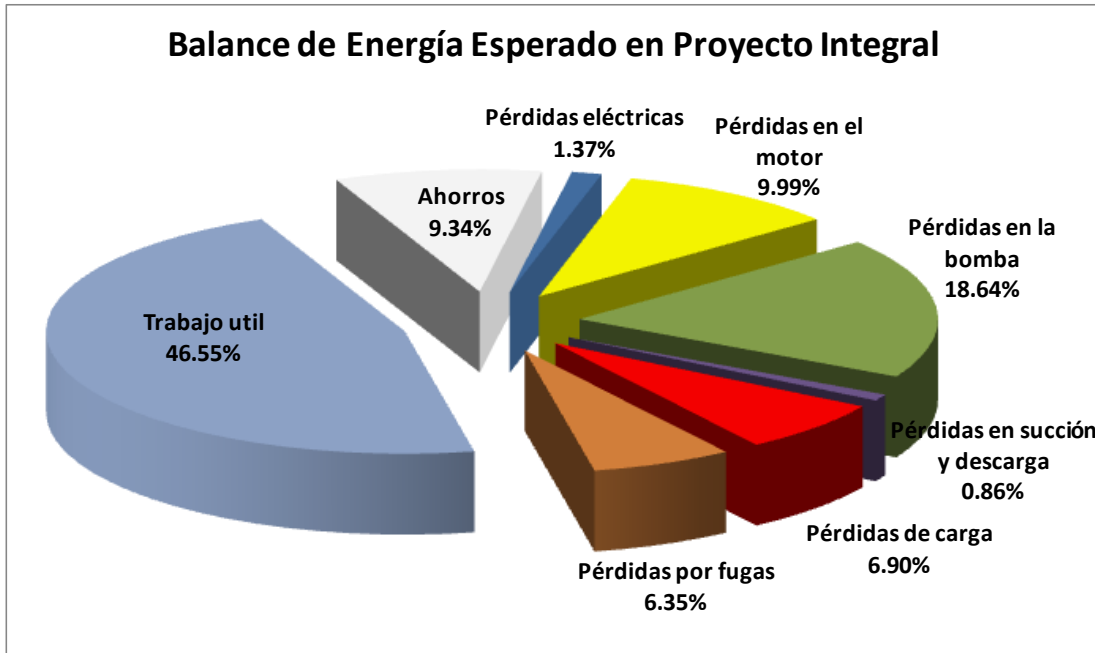


Figura 4-69. Balance de energía esperada en los equipos de bombeo.

Se observa que las pérdidas en el conjunto bomba motor esperadas son tan solo del 28.63%, contra el 41.9% que se tenían en el la situación inicial. Así mismo al comparar los Balances Energéticos contra el actual se tienen la siguiente tabla comparativa.

Tabla 4-72. Comparativo de porcentaje de desglose de pérdidas del balance energético esperado contra el balance energético actual.

	Balance Esperado	Balance Actual	Diferencia
Pérdidas eléctricas	1.37%	1.98%	-0.61%
Pérdidas en el motor	9.99%	16.60%	-6.61%
Pérdidas en la bomba	18.64%	25.27%	-6.64%
Pérdidas en succión y descarga	0.86%	0.90%	-0.03%
Pérdidas de carga	6.90%	8.76%	-1.85%
Pérdidas por fugas	6.35%	6.81%	-0.46%
Trabajo Útil	46.55%	39.69%	<b>6.86%</b>

En la tabla se observa una disminución en todos los componentes de pérdidas, lo cual representa una mejora significativa en la eficiencia del uso de la energía, ya que se observa un incremento de **6.86%** en la componente del **Trabajo Útil**.

Una vez evaluado energéticamente el proyecto de eficiencia integral, la tabla siguiente muestra los resultados finales en cuanto a indicadores de mejora de la eficiencia hidráulica y energética en forma integral.

**Tabla 4-73. Resultados finales esperados con el proyecto de eficiencia integral**

<b>Parámetro</b>	<b>Actual</b>	<b>Esperado</b>	<b>%</b>
Gasto medio anual lps	389.57	400.36	2.77%
Producción m <sup>3</sup> /año	12'285,532.08	12'625,768.73	2.77%
Demanda kW	959.88	434.16	-54.77%
Índice de servicio continuo (hrs)	15.05	24	24
Consumo Energético kWh/año	<b>4'185,741.87</b>	<b>3'794,908.00</b>	<b>-9.34%</b>
ÍNDICE Energético. kWh/m <sup>3</sup>	<b>0.341</b>	<b>0.301</b>	<b>-11.78%</b>
Costo anual energía \$/año	\$6,888,165.76	\$6,210,476.17	<b>-9.84%</b>
Ahorro directo \$/año		<b>-\$677,689.60</b>	

COMO SE PUEDE OBSERVAR SE MEJORA EL SERVICIO CONTINUO A 24 HORAS CON UNA DISMINUCIÓN DEL COSTO ENERGÉTICO HASTA EN UN 11 %, incrementando únicamente un 2% la producción de las fuentes de abastecimiento.

**Esto nos da un potencial de ahorro hasta de \$677,700.00 anuales en números redondos.**

Por último se evalúan los costos de inversión requeridos para el proyecto de eficiencia integral. En la tabla siguiente se muestra el resumen de los costos aproximados de la inversión requerida.

**Tabla 4-74. Inversión requerida para implementar el proyecto de eficiencia integral.**

<b>COSTOS DE INVERSIÓN PARA PROYECTO INTEGRAL</b>	
<b>TOTAL INVERSIÓN EN INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA</b>	<b>\$26,226,352.81</b>
<b>TOTAL INVERSIÓN EN EQUIPO</b>	<b>\$5,990,274.00</b>
<b>INVERSIÓN TOTAL</b>	<b>\$32,216,626.81</b>

## 4.8 PROYECTO : AMD DURANGO, DGO

Tipo de proyecto	Energetico e Hidraulico Integral
Alcance	Proyecto e implementacion

### 4.8.1 Descripción general del organismo y su problemática

El municipio de Durango se localiza en la parte norte del país, en el centro oeste de la altiplanicie mexicana; El territorio del municipio tiene una superficie de 10,041 kilómetros cuadrados. El clima es templado en la porción occidental o de la sierra, la temperatura media anual es de 15°C y la precipitación pluvial media anual de 1,600 milímetros. En la región oriental, la temperatura media anual es de 19°C y precipitación de 600 milímetros.

La Comisión de Agua del Estado de Durango, CAED, es el organismo encargado de suministrar el servicio de agua y saneamiento del municipio que cuenta con 479,679 habitantes, y una cobertura del 96%, lo que resulta en una población servida de 460,578 habitantes distribuidos en los 126,514 usuarios domésticos.

En la actualidad, el 100% del agua que utiliza Durango proviene de pozos de extracción, en total 77 pozos en funcionamiento, de los cuales siete forman el sistema Gabino Santillán ubicado al sureste de la ciudad, el cual es el único que cuenta con un sistema de rebombeo para abastecer zonas que por su topografía lo requiere, seis el sistema Ferrerías, y el resto se encuentran distribuidos dentro de la mancha urbana.

En general, los pozos inyectan directamente a la red, pero el sistema Gabino Santillán junto con el sistema Ferrerías son los principales que entregan agua al tanque Los Remedios, el cual cuenta con la mayor capacidad de la ciudad y distribuye por gravedad principalmente a la zona centro

Para efectos administrativos y de control de operación, la ciudad está dividida en cuatro zonas que respetan dentro de lo posible las zonas de influencia naturales de los pozos y los tanques. Las zonas definidas son zona norte, oriente, poniente y sur, las cuales tienen una extensión similar, pero no son totalmente independientes entre si. Estas zonas se dividen a su vez en subzonas. En los diagramas siguientes se muestra esta distribución.

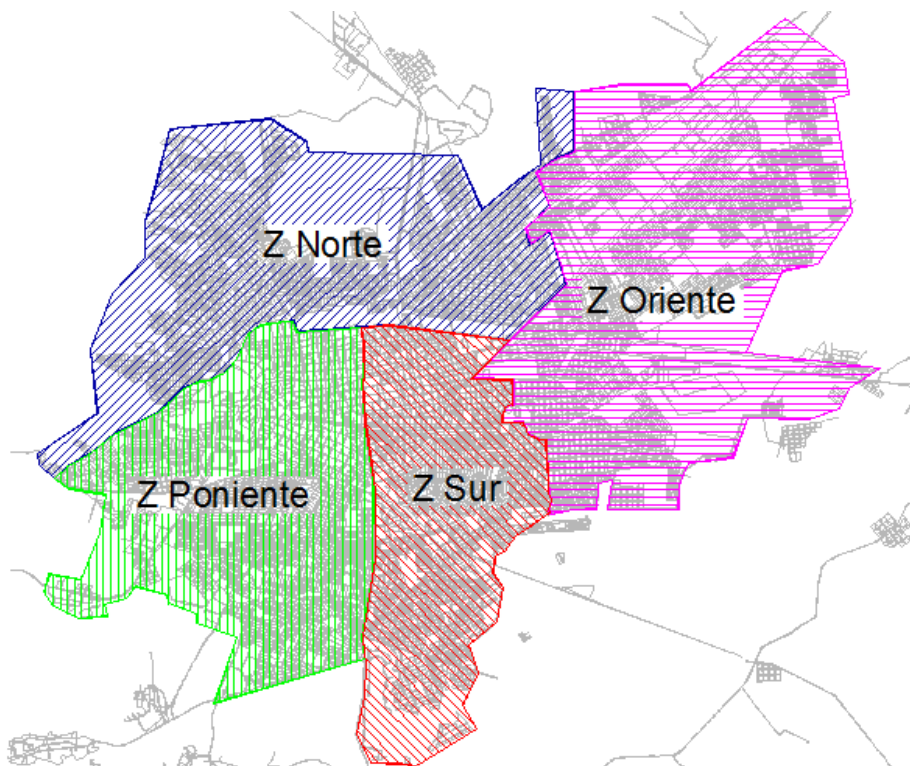


Figura 4-70. Zonas de operación actuales en el sistema de agua potable de Durango

Además, cada una de estas zonas de operación está dividida en sub-zonas, donde cada una de ellas tiene fuentes de abastecimiento definidas. Estas sub-zonas se presentan en la figura 14.8.2 y sus pozos de influencia se especifican en la tabla 4.75.



Figura 4-71. Sub-zonas de acuerdo a influencia de fuentes de abastecimiento

Tabla 4-75. Fuentes de abastecimiento por sub-zona hidráulica

Sector	Pozo	No.	Sector	Pozo	No.
Centro regulado	FERRERIA I	1	O2	INDUSTRIAL ARMAS	37
	FERRERIA 2	2		FIDEL VELAZQUEZ I	39
	FERRERIA 5	5		BOSQUES DEL VALLE	62
FERRERIA 7	7	PAMMY		80	
FERRERIA 8	8	FIDEL VELAZQUEZ II		61	
Centro En ruta	REBOM GABINO SANTILLAN	RGS	O3	SEMINARIO (PASO REAL)	88
Centro Directo	INSURGENTES	15	O4	CIMA	16
	PREPA NOCTURNA	30	O5	GUADALUPE INFONAVIT	40
	I.T.D.	48	O6	SAN LUIS	78
	PLAZA SAN PEDRO	49	O7	LAS FUENTES	31
	ISAURO VENZOR	53		JOYAS DEL VALLE	41
M. José Revueltas	FRANCISCO ZARCO	32	O8	FRACC. GUADALUPE	42
	SEC. BENITO JUAREZ	46	O9	VILLAS D SN FRANCISCO	34
	ARMANDO DEL CASTILLO	65		LOS FRESNOS	55
	JARDINES DE DURANGO II	67	P1	BOMBEROS	54
	CIPRES	76		JUANA VILLALOBOS I	69-A
	CHULAS FRONTERAS	85	P2	FERIA NUEVO	66
M. Duraznos	BUGAMBILIAS	17	P3	SAHUATOBA	36
SO1	FERRERIA 6	6	P4	FERIA VIEJO	47
	CANCUN	51	P5	SALTITO	28-A
	SAN CARLOS	64			
	CARHART	84	P7	COLINAS DEL SALTITO	89
N1	IGNACIO	29	P8	COL. BENITO JUAREZ	18
N2	ACEREROS	83		VALLE DEL SUR	70
N3	16 DE SEPTIEMBRE	68	P9	CBTIS 89	14
	FACTOR I	56	P10	INDECO	13
	FACTOR II	57		NIÑOS HEROES	60
N4	EXPLANADA TEPEYAC	26	P11	CECATI	45
N5	LUZ Y ESPERANZA	72	P12	CONSTITUCION	74
N6	LOPEZ PORTILLO	24	P13	TAPIAS II-B	12-A
N7	MORGA	25		TAPIAS II-A	12
N8	JUANA VILLALOBOS II	69-B		TAPIAS	33
N9	INTEGRAL PONIENTE	19	S1	AZCAPOTZALCO	59
	MIGUEL DE LA MADRID	22	S2	HUZACHE II	10
N10	NORPONIENTE	90	S3	HUIZACHE I	9
N11	LA VIRGEN	79	S4	PRI	11
N12	ANTONIO RAMIREZ	20	S6	MORELOS SUR	81
O1	VILLAS DEL GUADIANA I	21	S8	FERRERIA I	1
	VILLAS DE GUADIANA II	86	S10	FERRERIA 3	3
			S11	ALAMOS	52

Algunas de estas zonas, principalmente la correspondiente a la influencia del tanque remedios, funcionan de manera mixta, es decir, con un tanque de regulación y con pozos de “apoyo” que inyectan directamente a la red. Se ha encontrado que al abastecer una zona delimitada con un sistema mixto, o con dos o más pozos inyectando directamente a la red, deriva en el funcionamiento con baja eficiencia, al menos en alguno de los equipos electromecánicos.

Dentro del análisis de la problemática, se encontró también que existen algunas pequeñas zonas de la ciudad que se quedan sin servicio durante las horas de demanda máxima, lo que genera la necesidad de mover válvulas sistemáticamente para compensar esta escasez.

En el 2009 el organismo contaba con 81 pozos, los que para facilitar su operación y administración, el organismo los divide en dos zonas denominadas norte (46 pozos) y sur (35). De estos 81 pozos 7 están fuera de servicio, 3 no tuvieron producción en 2007 y los 4 restantes se ponen en marcha de manera intermitente como apoyo al sistema. El gasto disponible con el que cuenta Aguas del Municipio de Durango (AMD) lo obtiene de los 74 pozos que funcionan todo el año que es de 2,666 l/s.

En estas condiciones de operación, el consumo de energía total de AMD es de 35,000,000 kWh anuales, y de acuerdo a los niveles de producción reportados, el Índice Energético específico es de 0.49 kWh/m<sup>3</sup>, que es muy razonable dado a que, aunque solo se cuenta con agua subterránea, la topografía plana de la ciudad, implica una baja carga de presión y no exige el uso de rebombos a lo largo de la misma.

## 4.8.2 Descripción del proyecto realizado y sus hallazgos

El proyecto de eficiencia energética e hidráulica integral, empezó con un Diagnostico de la situación tanto energética como hidráulica que resulto en los siguientes hallazgos

En el aspecto energético, se determino la eficiencia electromecánica de todos los equipos de bombeo. Esto se hizo utilizando los métodos recomendados por la NOM 006 ENER 1995, y se aprovecho para hacer el comparativo de acuerdo a dicha NOM, resultando en los valores que se muestran a continuación , en las tablas 4.76 y 4.77 de las captaciones norte y sur respectivamente:

Tabla 4-76. Eficiencias Electromecánicas Evaluadas y el Potencial de Ahorro en Captaciones Norte

Equipo		Mediciones			Eficiencia Electromecanica.		Potencial de Ahorro individual (%)	Potencial de Ahorro Promedio (%)
Nombre	Num.	Carga (mca)	Gasto (m3/s)	Potencia Eléctrica (kW)	De Operacion Evaluada	Mínima de acuerdo a NORMA		
Feria Viejo	47	58.2	0.0010	9.60	5.95%	38%	84%	
Industrial Armas	37	30.2	0.0070	33.00	6.29%	61%	90%	
Huizache 2	10	87.0	0.0120	47.00	21.78%	60%	64%	
Ferrería	3	83.4	0.0285	69.00	33.78%	64%	47%	
Morga	25	68.3	0.0140	27.00	34.74%	60%	42%	
Bomberos Pozo	54	48.4	0.0050	6.50	36.50%	47%	22%	
Constitución	74	87.9	0.0180	42.00	37.0%	60%	38%	
Ferrería	8	84.5	0.0465	99.00	38.95%	64%	39%	
Feria Nuevo	66	169.3	0.0290	120.00	40.1%	64%	38%	
Jardines de Durango	67	78.4	0.0740	138.00	41.2%	68%	39%	
Chulas Fronteras	85	157.1	0.0170	63.00	41.6%	60%	31%	
Juana Villalobos II	69-A	72.0	0.0620	105.00	41.7%	68%	39%	
Isauro Vensor	53	46.0	0.0640	69.00	41.85%	64%	35%	
Villas del Guadiana II	86	62.0	0.0620	90.00	41.9%	68%	38%	
Prepa Nocturna	30	64.4	0.0385	58.00	41.92%	64%	35%	
PRI	11	75.7	0.0240	41.00	43.48%	60%	28%	
Cipres Pozo	76	155.4	0.0290	100.00	44.2%	64%	31%	
Azcapotzalco	59	106.9	0.0350	82.00	44.78%	64%	30%	
Ferrería	7	85.2	0.0590	110.00	44.84%	67%	33%	
Villas de San Francisco	34	83.5	0.0145	26.00	45.70%	64%	29%	
Insurgentes	15	97.6	0.0225	47.00	45.82%	62%	26%	
Secundaria Benito Juarez	18	75.7	0.0340	54.00	46.73%	66%	29%	
Tapias II-A	12	156.7	0.0107	34.40	47.81%	59%	19%	
CIMA	16	59.2	0.0140	17.00	47.83%	58%	17%	
López Portillo	24	98.5	0.0470	94.00	48.31%	67%	28%	
Ferrería	1	96.9	0.0470	91.00	49.10%	67%	27%	
Juana Villalobos I	69-B	50.2	0.0390	39.00	49.2%	60%	18%	
Las Fuentes	31	55.8	0.0180	20.00	49.30%	58%	14%	
Los Factores II	56-2	156.2	0.0120	37.00	49.70%	61%	19%	
Huizache 1	9	64.2	0.0365	46.00	49.97%	60%	17%	
Ferrería	2	81.6	0.0425	66.00	51.57%	67%	23%	
Ferrería	5	118.6	0.0380	83.00	53.26%	64%	17%	
Colinas del Saltillo	77	96.9	0.0185	33.00	53.3%	60%	11%	
Antonio Ramirez	20	139.5	0.0490	125.00	53.66%	67%	20%	
Tapias II-B ( Valle Bravo)	12-A	50.9	0.0130	12.00	54.06%	59%	8%	
La virgen	79	116.2	0.0500	105.00	54.3%	67%	19%	
Nor Poniente Pozo	35	133.3	0.0375	90.00	54.49%	67%	19%	
CBTIS # 89	14	53.3	0.0260	24.50	55.48%	60%	7%	
Zologico Sahuatoba	36	133.1	0.0310	71.00	57.02%	60%	5%	
Ferrería	6	158.0	0.0460	125.00	57.02%	67%	15%	
La Bugamblias	17	50.2	0.0580	50.00	57.08%	66%	14%	
Pozo ESC. SEC. Benito Juárez	46	86.2	0.0570	83.00	58.08%	64%	9%	
Miguel De La Madrid	22	169.5	0.0510	145.00	58.48%	67%	13%	
Francisco Sarco	32	104.2	0.0720	115.00	63.97%	64%	0%	
Los Factores	56	96.1	0.0270	38.00	66.95%	64%	-5%	

27.1%

Tabla 4-77. Eficiencias Electromecánicas Evaluadas y el Potencial de Ahorro en Captaciones Sur

Equipo		Mediciones			Eficiencia Electromecánica.		Potencial de Ahorro individual (%)	Potencial de Ahorro Promedio (%)
Nombre	Num.	Carga (mca)	Gasto (m3/s)	Potencia Eléctrica (kW)	De Operación Evaluada	Mínima de acuerdo a NORMA		
Maquila carhart	84	57.0	0.0025	25.00	5.6%	64%	91%	
San Ignacio	29	73.2	0.0025	8.00	22.4%	48%	53%	
Joya del Valle	31	42.2	0.0190	30.00	26.2%	60%	56%	
San Luís	78	43.4	0.0465	74.00	26.8%	64%	58%	
El Seminario	50	42.3	0.0040	5.30	31.3%	60%	48%	
El Saltillo	28	156.4	0.0120	57.00	32.3%	60%	46%	
Jardines del Cancún	51	50.1	0.0320	45.00	34.9%	60%	42%	
Pozo Plaza San Pedro	49	35.9	0.0828	82.00	35.6%	64%	44%	
Bosques del Valle	62	53.9	0.0310	41.00	40.0%	67%	40%	
Morelos Sur	81	93.4	0.0385	84.00	42.0%	60%	30%	
Infonavit	40	84.4	0.0430	84.00	42.4%	60%	29%	
Fracc. Guadalupe	42	84.4	0.0430	84.00	42.4%	64%	34%	
Valle del Sur	70	55.3	0.0420	53.00	43.0%	67%	36%	
Pozo ITD	48	42.8	0.0260	25.00	43.6%	56%	22%	
Los Fresnos	55	86.4	0.0545	104.00	44.4%	64%	31%	
Fidel Velazquez 1	39	100.4	0.0210	46.00	44.9%	60%	25%	
Pozo Gabino Santillan	3	137.3	0.0200	59.00	45.7%	60%	24%	
Pozo Niños Heroes	60	80.5	0.0160	27.00	46.8%	60%	22%	
Pozo San Carlos	64	82.4	0.0500	86.00	47.0%	60%	22%	
Armando del Castillo	65	155.4	0.0380	121.00	47.9%	64%	25%	
Pozo Gabino Santillan	6	89.8	0.0335	61.00	48.4%	60%	19%	
Los Alamos	52	73.8	0.0285	42.00	49.1%	60%	18%	
16 de Septiembre	68	100.4	0.0300	60.00	49.2%	64%	24%	
Luz y Esperanza	72	100.4	0.0200	40.00	49.2%	63%	21%	
Acereros Pozo	83	75.4	0.0080	12.00	49.3%	58%	14%	
CECATI	45	125.4	0.0170	42.30	49.4%	63%	21%	
INDECO	13	67.9	0.0256	34.00	50.2%	60%	16%	
Pozo Gabino Santillan	2	88.3	0.0365	62.00	51.0%	60%	15%	
Fidel Velazquez II	61	60.4	0.0395	44.00	53.2%	66%	20%	
Pozo Gabino Santillan	7	42.8	0.0810	62.00	54.9%	60%	9%	
Pozo Gabino Santillan	5	59.8	0.0150	16.00	55.0%	56%	2%	
Pozo Gabino Santillan	4	75.8	0.0460	61.00	56.1%	60%	7%	
Esplanada	26	121.5	0.0630	128.00	58.7%	68%	14%	
Rebombeo Gabino Santillan	1	89.3	0.1020	155.00	57.6%	81%	29%	
Rebombeo Gabino Santillan	5	126.3	0.0820	150.00	67.7%	80%	15%	
Rebombeo Gabino Santillan	2	112.3	0.1060	158.00	73.9%	81%	9%	

28.7%

Las conclusiones de estos resultados mostraron lo siguiente :

- Existe un potencial global de 27 % de ahorro respecto a la NOM. Lo cual es bastante significativo.
- 60 de los 80 pozos evaluados están por debajo del 50 % de Eficiencia lo que advierte que la sustitución de equipos por otros de mejor eficiencia puede ser muy rentable

Como parte de la metodología aplicada en el diagnostico energético, también se calculo la eficiencia por separado del motor y , en base a la eficiencia electromecánica , se estimó la eficiencia de la bomba. Esto fue solamente para los motores de equipos de bombeo de turbina vertical , con motor externo. No se incluyó el análisis para los motores sumergibles

Cabe mencionar que para el calculo de la eficiencia del motor se aplicó el método del factor de carga.

Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 4-78. Eficiencias desglosadas Motor y Bomba de Sistemas de Bombeo Externos

DESCRIPCIÓN	Equipo Número .	HP	% EFIC REAL AJUSTDA	Efic. Bomba	Efic. Electromec.
El Seminario	50	60	85.47%	37%	31%
Pozo San Carlos	64	125	82.23%	57%	47%
Armando del Castillo	65	200	83.62%	57%	48%
Zologico Sahuatoba	36	125	81.92%	70%	57%
Ferrería	8	200	83.26%	47%	39%
Los Fresnos	55	150	83.72%	53%	44%
Azcapotzalco	59	150	83.09%	54%	45%
Ferrería	5	150	83.31%	64%	53%
Fracc. Guadalupe	42	150	83.52%	51%	42%
Chulas Fronteras	85	125	82.96%	50%	42%
Juana Villalobos II	69-A	150	83.91%	50%	42%
Isauro Vensor	53	100	83.09%	50%	42%
Fidel Velazquez I	39	125	81.37%	55%	45%
Morelos Sur	81	125	84.09%	50%	42%
Cipres Pozo	76	150	84.33%	52%	44%
Ferrería	3	200	83.39%	41%	34%
Francisco Sarco	32	150	84.98%	75%	64%
Jardines del Cancún	51	125	81.99%	43%	35%
El Saltito	28	125	81.99%	39%	32%
Pozo Gabino Santillan	7	100	83.26%	66%	55%
Pozo Gabino Santillan	6	100	83.52%	58%	48%
Pozo ESC. SEC. Benito Juárez	46	150	84.46%	69%	58%
San Luís	78	150	83.12%	32%	27%
Pozo Plaza San Pedro	49	150	84.76%	42%	36%
Prepa Nocturna	30	150	83.48%	50%	42%
Huizache 2	10	100	82.69%	26%	22%
Constitución	74	100	82.92%	45%	37%
Infonavit	40	125	85.36%	50%	42%
Juana Villalobos I	69-B	100	77.58%	63%	49%
Los Alamos	52	75	83.31%	59%	49%
Huizache 1	9	75	83.25%	60%	50%
PRI	11	75	83.14%	52%	43%
Villas de San Francisco	34	125	81.67%	56%	46%
Pozo Gabino Santillan	3	100	86.59%	53%	46%
Pozo Gabino Santillan	4	100	86.61%	65%	56%
Pozo Gabino Santillan	2	100	86.64%	59%	51%
Morga	25	75	82.77%	42%	35%
Joya del Valle	31	75	83.08%	32%	26%
Pozo Niños Heroes	60	75	84.19%	56%	47%
Pozo Gabino Santillan	5	50	82.40%	67%	55%
Maquila carhart	84	150	84.42%	7%	6%
Pozo ITD	48	40	81.11%	54%	44%
INDECO	13	100	86.57%	58%	50%
Rebombeo Gabino Santillan	5	200	88.07%	77%	68%
Rebombeo Gabino Santillan	1	200	88.27%	65%	58%
Rebombeo Gabino Santillan	2	200	88.41%	84%	74%
			<b>83.8%</b>	<b>53.0%</b>	<b>44.5%</b>

Como puede verse, la eficiencia promedio de los motores resulto en 83 %, que comparado con motores de alta eficiencia que en promedio, para los tamaños de motores de AMD, podrían alcanzar 94 %, se tiene un potencial de ahorro de energía del 10 %, que aunado al potencial alcanzable en las bombas del 15 %, resulta en un 25 % ya determinado

En el aspecto hidráulico, los principales hallazgos fueron los siguientes:

Se realizo un Balance de Agua , utilizando la metodología AWWA, resultando que del volumen suministrado (73'830,589 m<sup>3</sup>/año), las pérdidas potenciales son de 46'777,248 m<sup>3</sup> de agua, equivalentes al 63.36 % del volumen suministrado a la red de distribución. Por lo tanto, La eficiencia física del sistema (conservación del agua en el sistema de abastecimiento) es de 43.9%.



Entre las recomendaciones propuestas en el proyecto para el control de fugas destacan 3 acciones principales : 1) La implementación de un sistema de control de fugas permanente; 2) la conformación de la sectorización de la red e incremento de la eficiencia; y 3) La instalación de 56,014 micromedidores en total (100% de la cobertura).

Tambien se analizo la situacion de eficiencia en la distribucion del agua a lo largo de la red, encontrando lo siguiente:

El balance volumétrico hipotético de distribución de caudales en la red actual, indico que existe un fuerte desequilibrio en el sistema, debido a que la capacidad de regulación disponible se concentra en el norte y poniente de la ciudad, mientras que en el sur y oriente se inyecta en general directamente a la red. Esto se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 4-79. Fuentes de abastecimiento por sub-zona hidráulica

Sector	Usuarios	Habitantes	Q med (L/s)	Zona regulada	Q Requerido (L/s)	Q disponible (L/s)	Diferencia Q (L/s)
Centro regulado	21,465.00	78,134.00	397.00	Si	555.80		
Centro En ruta	1,607.00	5,849.00	29.72	No	64.49	456.65	- 163.64
Centro Directo	11,312.00	41,176.00	209.22	No	454.00	233.80	- 220.20
M. José Revueltas	12,513.00	45,547.00	231.43	Si	324.00	287.00	- 37.00
M. Duraznos	364.00	1,325.00	6.73	Si	9.43	58.00	48.57
SO1	9,861.00	35,894.00	182.38	No	395.76	130.50	- 265.26
N1	-	-	-	No	-	2.50	2.50
N2	527.00	1,918.00	9.75	No	21.15	8.00	- 13.15
N3	3,554.00	12,937.00	65.73	No	142.64	69.00	- 73.64
N4	1,464.00	5,329.00	27.08	No	58.76	63.00	4.24
N5	596.00	2,169.00	11.02	Si	15.43	20.00	4.57
N6	1,508.00	5,489.00	27.89	Si	39.05	47.00	7.95
N7	2,596.00	9,449.00	48.01	No	104.19	53.00	- 76.51
N8	631.00	2,297.00	11.67	No	25.32		
N9	3,463.00	12,605.00	64.05	Si	89.67	137.50	29.14
N10	722.00	2,628.00	13.35	Si	18.69		
N11	1,348.00	4,907.00	24.93	Si	34.90	99.00	38.51
N12	988.00	3,596.00	18.27	Si	25.58		
O1	3,428.00	12,478.00	63.40	Si	88.76	62.00	- 26.76
O2	12,179.00	44,332.00	225.25	No	488.79	98.50	- 390.29
O3	284.00	1,034.00	5.25	No	11.40	4.00	- 7.40
O4	822.00	2,992.00	15.20	No	32.99	14.00	- 18.99
O5	1,129.00	4,110.00	20.88	No	45.31	43.00	- 2.31
O6	912.00	3,320.00	16.87	No	36.60	46.50	9.90
O7	2,415.00	8,791.00	44.67	No	96.92	37.00	- 59.92
O8	1,256.00	4,572.00	23.23	No	50.41	43.00	- 7.41
O9	2,018.00	7,346.00	37.32	No	80.99	69.00	- 11.99
P1	369.00	1,343.00	6.82	No	14.81	67.00	52.19
P2	562.00	2,046.00	10.39	Si	14.55	29.00	14.45
P3	743.00	2,705.00	13.74	Si	19.24	31.00	11.76
P4	86.00	313.00	1.59	No	3.45	1.00	- 2.45
P5	1.00	4.00	0.02	Si	0.03	12.00	11.97
P6	315.00	1,147.00	5.83	no	12.64		
P7	384.00	1,398.00	7.10	si	9.94	18.50	8.56
P8	4,533.00	16,500.00	83.84	No	181.93	76.00	- 105.93
P9	1,528.00	5,562.00	28.26	No	61.32	26.00	- 35.32
P10	3,759.00	13,683.00	69.52	No	150.86	41.60	- 109.26
P11	1,346.00	4,899.00	24.89	No	54.02	17.00	- 37.02
P12	1,230.00	4,477.00	22.75	No	49.36	18.00	- 31.36
P13	1,582.00	5,758.00	29.26	si	40.96	64.70	23.74
S1	2,528.00	9,202.00	46.76	No	101.46	35.00	- 66.46
S2	1,212.00	4,412.00	22.42	No	48.64	12.00	- 36.64
S3	1,681.00	6,119.00	31.09	No	67.47	36.50	- 30.97
S4	1,570.00	5,715.00	29.04	No	63.01	24.00	- 39.01
S6	2,385.00	8,681.00	44.11	No	95.72	38.50	- 57.22
S8	208.00	757.00	3.85	No	8.35	8.35	-
S10	1,187.00	4,321.00	21.95	No	47.64	28.50	- 19.14
S11	343.00	1,249.00	6.34	No	13.77	28.50	14.73
<b>Sumas =</b>	<b>126,514.00</b>	<b>460,515.00</b>	<b>2,339.87</b>		<b>4,370.20</b>	<b>2,695.10</b>	<b>- 1,675.10</b>

Como se puede observar, aún cuando la demanda media actual (2,339.87 L/s) de la población se puede cubrir con el gasto disponible (2,695.10 L/s), dado que mucha del agua se suministra directo a red, sin ninguna regulación, para las condiciones de demanda más desfavorables (4,370.20 L/s) el agua disponible es insuficiente. Este déficit es manejado en la operación diaria del sistema por distintos factores que intentan compensarlo, como son la existencia de cisternas y gasto de apoyo entre sub-zonas y las horas de menor consumo, y que debido a su variabilidad es complicado representarlos en esquemas o tablas. Con la operación mencionada, el sistema de agua de la ciudad de Durango sufre de zonas con problemas de abastecimiento, con baja presión y zonas que requieren de tandeos para distribuir el agua.

Dada esta situación, se diseñó la redistribución de caudales proponiendo 25 sectores hidráulicos, 14 funcionando con tanque regulador y 11 con inyección directa a red.

En el esquema de redistribución diseñado se proponen 25 sectores hidráulicos, de los cuales 14 funcionan con tanque regulador y pozos suministrando directamente a él y, 11 cuyos pozos inyectan directamente a la red de distribución. En las tablas 4.80 y 4.81 siguientes se presenta el balance volumétrico para los 25 sectores hidráulicos propuestos, señalando las sub-zonas actuales que abarcan y los pozos disponibles para cada sector. En la figura 4.72 se presentan los límites de los sectores propuestos.

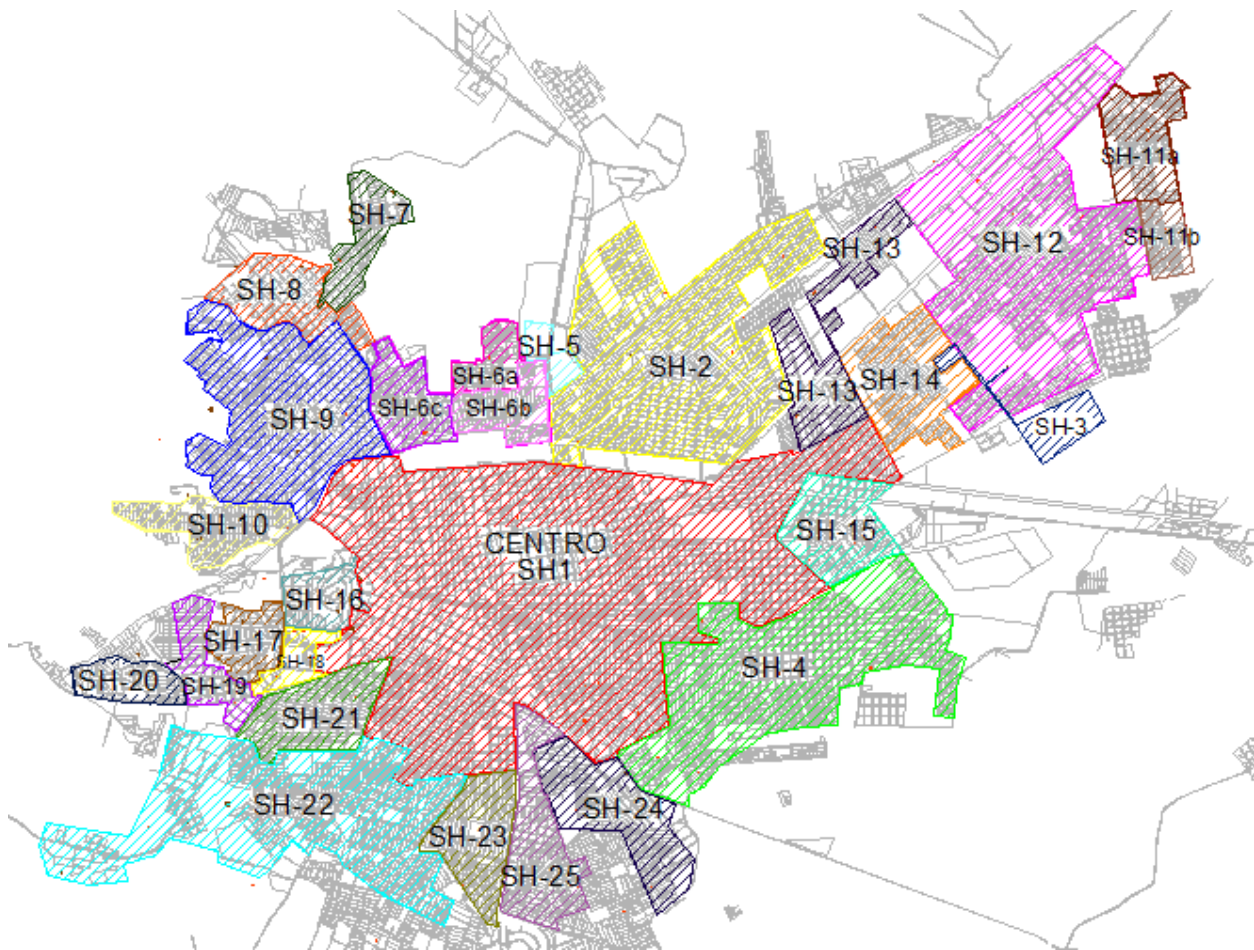


Figura 4-72. Sectorización propuesta para la redistribución de caudales.

Tabla 4-80. Balance volumétrico de los sectores propuestos

Sector	Sub-zona	Usuarios	Habitantes	Q med	Zona	Q Requerido	Gasto	No.	Gasto	Carga	Q disp.	Diferencia Q										
SH-1	Centro regulado	34,802.00	126,679.00	388.54	Si	543.96	543.96	1	47.0	96.9	617.50	73.54										
								2	42.5	81.6												
								5	38.0	118.6												
								7	59.0	85.2												
								8	46.5	84.5												
								15	22.5	97.6												
								66	29.0	169.3												
								69-A	62.0	72.0												
								69-B	39.0	50.2												
								RGS1	73.0	99.3												
								RGS2	77.0	112.3												
								RGS5	82.0	126.3												
								9	36.5	64.2												
								10	12.0	87.0												
								11	24.0	75.7												
SH-1	Centro directo	4,700.00	17,108.00	52.47	No	113.87	113.87	30	38.5	64.4	323.80	209.93										
								48	26.0	42.8												
								49	82.8	35.9												
								53	64.0	46.0												
								54	5.0	48.4												
								59	35.0	106.9												
								SH-1	Centro En ruta	502.00			1,827.00	5.60	No	12.16	12.16	-	-	-	-	12.16
								SH-2	M. José Revueltas	12,513.00			45,547.00	139.70	Si	195.58	195.58	32	72.0	104.2	287.00	91.42
46	57.0	86.2																				
65	38.0	155.4																				
67	74.0	78.4																				
76	29.0	155.4																				
85	17.0	157.1																				
SH-3	M. Duraznos	364.00	1,325.00	4.06	Si	5.69	5.69	17	58.0	50.2	58.00	52.31										
SH-4	SO1	9,861.00	35,894.04	110.09	Si	154.13	159.49	6	46.0	158.0	159.00	-										
								51	32.0	50.1												
								52	28.5	73.8												
SH-4	S11	343.00	1,248.52	3.83	Si	5.36	-	64	50.0	82.4	-	0.49										
SH-5	N1	-	-	-	No	-	-	84	2.5	57.0	2.50	2.50										
SH-6a	N2	1,204.00	4,382.56	13.44	No	29.17	29.17	29	2.5	73.2	38.00	8.83										
SH-6b	N3	1,650.00	6,006.00	18.42	No	39.97	39.97	68	30.0	100.4	39.00	0.97										
SH-6c	N4	2,691.00	9,795.24	30.04	No	65.19	65.19	57	12.0	156.2	63.00	2.19										
SH-7	N5	596.00	2,169.44	6.65	Si	9.32	9.32	26	63.0	121.5	20.00	10.68										
SH-8	N6	1,508.00	5,489.12	16.84	Si	23.57	23.57	72	20.0	100.4	47.00	23.43										
SH-9	N7	2,596.00	9,449.44	28.98	Si	40.58	115.85	24	47.0	98.5	151.50	35.65										
	N8	631.00	2,296.84	7.04	Si	9.86		19	49.0	-												
	N9	3,463.00	12,605.32	38.66	Si	54.13		22	51.0	169.5												
	N10	722.00	2,628.08	8.06	Si	11.28		25	14.0	68.3												
SH-10	N11	1,348.00	4,906.72	15.05	Si	21.07	36.51	90	37.5	133.3	99.00	62.49										
	N12	988.00	3,596.32	11.03	Si	15.44		20	49.0	139.5												
SH-11a	O1a	2,783.00	10,130.12	31.07	Si	31.07	31.07	79	50.0	116.2	62.00	30.93										
SH-11b	O1b	1,772.00	6,450.08	19.78	Si	19.78	19.78	21	-	-	-	19.78										
SH-12	O2	11,052.00	40,229.28	123.39	Si	123.39	137.64	37	7.0	30.2	145.00	7.36										
								39	21.0	100.4												
								61	39.5	60.4												
								62	31.0	53.9												
SH-12	O6	912.00	3,319.68	10.18	Si	14.25	-	78	46.5	43.4	-	-										
SH-13	O3	284.00	1,033.76	3.17	No	6.88	57.22	16	14.0	59.2	61.00	3.78										
								O4	822.00	2,992.08			9.18	No	19.91	42	43.0	84.4				
								O8	1,256.00	4,571.84			14.02	No	30.43	88	4.0	42.3				
SH-14	O5	1,129.00	4,109.56	12.60	No	27.35	85.86	31	18.0	55.8	80.00	5.86										
								O7	2,415.00	8,790.60			26.96	No	58.51	40	43.0	84.4				
SH-15	O9	2,018.00	7,345.52	22.53	No	48.89	48.89	41	19.0	42.2	69.00	20.11										
								34	14.5	83.5												
								55	54.5	86.4												

Tabla 4-81. Balance volumétrico de los sectores propuestos

Sector Proyecto	Sub-zona	Usuarios ajustados	Habitantes	Q med (L/s)	Zona regulada	Q Requerido (L/s)	Suma Q Requerido (L/s)	No. Pozo	Gasto (L/s)	Q disp. (L/s)	Diferencia Q (L/s)
SH-16	P2	562.00	2,045.68	6.27	Si	8.78	8.78	-	-	-	8.78
SH-17	P3	743.00	2,704.52	8.30	Si	11.61	11.61	36	31.0	31.00	19.39
SH-18	P4	86.00	313.04	0.96	No	2.08	2.08	47	1.0	1.00	1.08
SH-19	P5	38.00	138.00	0.42	no	0.92	7.66	28-A	12.0	12.00	4.34
	P6	278.00	1,012.00	3.10	no	6.74					
SH-20	P7	384.00	1,397.76	4.29	Si	6.00	6.00	77	18.5	18.50	12.50
SH-21	P8A	3,189.00	11,607.96	35.60	no	77.26	77.26	18	34.0	76.00	1.26
								70	42.0		
SH-22	P8B	1,344.00	4,892.16	15.00	Si	21.01	128.13	4	---	125.70	2.43
	P9	872.00	3,174.08	9.74	Si	13.63		12	10.7		
	P11	1,666.00	6,064.24	18.60	Si	26.04		12-A	13.0		
	P12	1,230.00	4,477.20	13.73	Si	19.23		14	26.0		
	P13	1,552.00	5,649.28	17.33	Si	24.26		33	41.0		
	P9 Directo	970.00	3,530.80	10.83	no	23.50		45	17.0		
SH-23	P10	3,354.00	12,208.56	37.45	No	81.26	81.26	13	25.6	41.60	39.66
								60	16.0		
SH-24	S6	2,385.00	8,681.40	26.63	No	57.78	62.82	81	38.5	38.50	24.32
	S8	208.00	757.12	2.32	No	5.04					
SH-25	S5	264.00	960.96	2.95	No	6.40	65.36	3	28.5	28.50	36.86
	S7	227.00	826.28	2.53	No	5.50					
	S9	610.00	2,220.40	6.81	No	14.78					
	S10	1,597.00	5,813.08	17.83	No	38.69					
<b>Sumas =</b>		<b>126,514.00</b>	<b>460,509.88</b>	<b>1,412.44</b>		<b>2,181.76</b>	<b>2,181.76</b>			<b>2,695.10</b>	<b>513.34</b>

Esta redistribución de caudales presenta una mejoría en el equilibrio del balance volumétrico, ya que tanto la demanda media de la población (1,412.44 L/s) como la demanda en las condiciones más desfavorables (2,181.76 L/s) son menores al gasto disponible (2,695.10 L/s).

Si se implementa la propuesta redistribución de caudales y se reducen las fugas al 20% el sistema requerirá tener disponibles un gasto de 2,182L/s para cubrir la demanda de los días más calurosos del año.

De acuerdo con los resultados del análisis hidráulico y del modelo de simulación, se requieren 27 válvulas automáticas reguladoras de presión para optimizar las presiones entregadas a los usuarios.

Es importante mencionar que esta redistribución de caudales también implicó la propuesta de construir de 2 tanques de regulación nuevos. El primero para el sector hidráulico 4, con capacidad de regulación de 2,800 m<sup>3</sup> y el segundo para el sector hidráulico 12, con capacidad de regulación de 3,000 m<sup>3</sup>.

Como resultado de esta nueva operación hidráulica optimizada, se lograron determinar medidas de ahorro de energía adicionales a la mejora de eficiencia electromecánica y optimización del factor de potencia determinadas en primera instancia.

En este rubro se evaluaron tres medidas que dependen de los cambios para optimizar la operación hidráulica y se asegura su viabilidad a través del análisis con la modelación hidráulica, capacidad de tanques de regulación y redistribución de caudales, logrando ahorrar energía sin menoscabo del servicio.

A continuación se explica cada una de estas medidas.

## Ahorro de energía por aplicación de variadores de frecuencia

En la situación actual, existen como ya se describió anteriormente, muchas zonas alimentadas directamente a red por algún equipo de bombeo, en total son 33 zonas que involucran 53 equipos de bombeo

Debido a que las zonas con inyección directa a la red son numerosas, se estimo que el potencial de aplicación de variadores era muy alto. Sin embargo, , el balance de agua desfavorable de 1,736.60 lps no permitiría la aplicación de esta medida de ahorro en todos los equipos, ya que aún cuando dichos variadores trabajaran al 100 % las 24 horas, las fuentes de abastecimiento disponibles no podrían cubrir el gasto máximo horario del día con condiciones más desfavorables.

Con el proyecto de redistribución de caudales propuesto para optimizar la operación hidráulica se vuelve viable aplicar esta medida. Aunado al análisis de la redistribución y la utilización del modelo hidráulico, se determinaron los sectores donde es viable aplicar variadores y donde no, debido principalmente por no contar con suficiente gasto disponible para cubrir la demanda máxima horaria, definiendo las áreas que pueden ser alimentadas directamente a red con una fuente de abastecimiento que cubra la demanda.

Para calcular el ahorro potencial. Se procedió a determinar el consumo de energía sin la aplicación de esta tecnología resultando en lo siguiente:

Tabla 4-82. Equipos suministrando directo a red operando sin variador de frecuencia

IDENTIFICACIÓN				OPERACION SIN VARIADOR									
Sector Proyecto	Sector	Pozo		Carga "H" a Q req. (mca)			Efic a Q req.			Pe a Q req (kW)			Energía consumida (kWh/año)
		Identificación	Núm	Min.	Medio	Máx.	Min.	Medio	Máx.	Min.	Medio	Máx.	
S H-6a	N2	16 DE SEPTIEMBRE	68	137.3	132.3	100.0	35.5%	50.3%	62.3%	29.38	35.72	47.24	321,089
S H-6b	N3	FACTOR I	56	171.7	165.4	125.0	35.5%	50.3%	62.3%	33.06	40.18	53.14	361,225
		FACTOR II	57	171.7	165.4	125.0	35.5%	50.3%	62.3%	14.69	17.86	23.62	160,544
S H-6c	N4	EXPLANADA TEPEYAC	26	171.7	165.4	125.0	35.5%	50.3%	62.3%	77.13	93.75	124.00	842,858
S H-13	O3	CIMA	16	75.5	72.8	55.0	35.5%	50.3%	62.3%	8.62	10.48	13.86	94,186
	O4	FRACC. GUADALUPE	42	89.3	86.0	65.0	35.5%	50.3%	62.3%	27.37	33.27	44.01	299,148
S H-14	O5	LAS FUENTES	31	68.7	66.2	50.0	35.5%	50.3%	62.3%	10.28	12.50	16.53	112,381
		GUADALUPE INFONAVIT	40	61.8	59.5	45.0	35.5%	50.3%	62.3%	18.95	23.04	30.47	207,102
	O7	JOYAS DEL VALLE	41	68.7	66.2	50.0	35.5%	50.3%	62.3%	10.28	12.50	16.53	112,381
S H-15	O9	LOS FRESNOS	55	85.2	82.0	62.0	35.5%	50.3%	62.3%	33.09	40.23	53.21	361,653
S H-19	P5	SALTITO	28-A	214.3	206.4	156.0	35.5%	50.3%	62.3%	18.33	22.29	29.48	200,359
	P6												
S H-21	P8A	COLONIA BENITO JUAREZ	18	123.6	119.1	90.0	35.5%	50.3%	62.3%	29.97	36.43	48.18	327,511
		VALLE DEL SUR	70	79.7	76.8	58.0	35.5%	50.3%	62.3%	23.86	29.00	38.36	260,724
S H-23	P10	INDECO	13	68.7	66.2	50.0	35.5%	50.3%	62.3%	12.73	15.48	20.47	139,139
		NIÑOS HEROES	60	114.0	109.8	83.0	35.5%	50.3%	62.3%	13.01	15.81	20.91	142,135
S H-24	S8	MORELOS SUR	81	130.5	125.7	95.0	35.5%	50.3%	62.3%	35.82	43.54	57.59	391,461
<b>TOTAL:</b>													<b>4,333,897</b>

Del cuadro anterior se detectó lo siguiente:

- Existen 11 sistemas en 10 sectores inyectando directamente a la red donde es técnicamente viable la aplicación de variadores de frecuencia para controlar presión,
- el gasto que puede ser regulado con este tipo de tecnología es de 230 L/s en gasto medio y 499 L/s en gasto máximo horario,

Una vez determinado los sistemas de bombeo técnicamente viables a operar con variador de frecuencia, se procedió a calcular los ahorros de energía y el costo beneficio de acuerdo a la metodología ya descrita, con los resultados mostrados en el cuadro siguiente.

**Tabla 4-83. Ahorro de Energía aplicando variadores de frecuencia en la situación hidráulica optimizada**

IDENTIFICACIÓN				OPERACIÓN CON VARIADOR					EVALUACIÓN ECONÓMICA				
Sector Proyecto	Sector	Pozo		Presión de Operación (m.c.a.)	Pe a Q req (kW)			Energía consumida (kWh/año)	Ahorros		Variador HP	Inversión \$	Retorno años
		Identificación	Núm		Min.	Medio	Máx.		kWh/año	\$/año			
SH-6a	N2	16 DE SEPTIEMBRE	68	100.00	21.39	26.99	47.24	273,091	47,998	57,598	75	78,556	1.36
SH-6b	N3	FACTOR I	56	130.00	25.03	31.58	53.14	313,309	47,916	57,499	75	78,556	1.37
		FACTOR II	57	130.00	11.12	14.03	23.62	139,248	21,296	25,555	40	57,810	2.26
SH-6c	N4	EXPLANADA TEPEYAC	26	125.00	56.16	70.85	124.00	716,863	125,995	151,194	200	174,255	1.15
SH-13	O3	CIMA	16	60.00	6.85	8.64	13.86	83,711	10,475	12,570	25	40,020	3.18
	O4	FRACC. GUADALUPE	42	65.00	19.93	25.15	44.01	254,430	44,718	53,662	75	78,556	1.46
SH-14	O5	LAS FUENTES	31	55.00	8.24	10.39	16.53	100,312	12,069	14,483	25	40,020	2.76
		GUADALUPE INFONAVIT	40	50.00	15.33	19.34	30.47	185,829	21,273	25,527	50	57,742	2.26
	O7	JOYAS DEL VALLE	41	55.00	8.24	10.39	16.53	100,312	12,069	14,483	25	40,020	2.76
SH-15	O9	LOS FRESNOS	55	70.00	27.21	34.32	53.21	327,233	34,420	41,304	75	78,556	1.90
SH-19	P5	SALTITO	28-A	160.00	13.69	17.27	29.48	172,571	27,788	33,346	50	57,742	1.73
	P6												
SH-21	P8A	COLONIA BENITO JUAREZ	18	95.00	23.03	29.06	48.18	286,211	41,300	49,559	75	78,556	1.59
		VALLE DEL SUR	70	63.00	18.87	23.80	38.36	231,210	29,514	35,417	75	78,556	2.22
SH-23	P10	INDECO	13	50.00	9.27	11.70	20.47	118,339	20,799	24,959	30	53,264	2.13
		NIÑOS HEROES	60	83.00	9.47	11.95	20.91	120,888	21,247	25,497	30	53,264	2.09
SH-24	S8	MORELOS SUR	81	100.00	27.46	34.64	57.59	341,615	49,845	59,815	100	89,656	1.50
<b>TOTAL:</b>								<b>3,765,174</b>	<b>568,724</b>	<b>682,468</b>		<b>1,135,129</b>	<b>1.66</b>

Las conclusiones principales de este análisis final son las siguientes;

1. Para la situación hidráulica propuesta, se estima un ahorro potencial de 568,724kWh equivalentes a un ahorro económico de \$682,468 anuales con la aplicación de variadores de frecuencia en 11 equipos. La inversión necesaria es de \$1'135,129 cuyo retorno de inversión es de 1.66 años.
2. El control de presiones ha demostrado influir en la reducción de fugas, lo cual implica un ahorro de gasto producido cuyo volumen dependerá de cada zona en particular.

### Control de Demanda en Hora Punta

En la propuesta de redistribución de caudales del análisis hidráulico, se analizó también la viabilidad de esta medida, la cual requiere algunas condiciones como las siguientes;

- Que el tanque involucrado en un determinado sector tenga la capacidad de almacenamiento suficiente para almacenar agua fuera de hora punta y regular en punta horario punta y,
- que existan las fuentes de alimentación a dicho tanque con la capacidad global de suministro suficiente para asegurar el llenado del tanque fuera de hora punta.

De acuerdo a estos requisitos, el primer paso consiste en realizar el análisis de capacidad de regulación de tanques, el cual se realizó y presentó en el capítulo anterior y se muestra nuevamente en la Tabla 4.84

Tabla 4-84. Análisis de capacidad de regulación de tanques enfocado a analizar paro en hora punta

Sector	Tanque Regulador	Población	Capacidad (m <sup>3</sup> )	Bombeo 24hrs			Bombeo menor a 24 horas (parando en hora punta)			
				Cap. utilizada (m <sup>3</sup> )	Q max diario (lps)	Cap. Sin utilizar (m <sup>3</sup> )	Horas de bombeo (hrs)	Capacidad (m <sup>3</sup> )	Qmed resultante del analisis de capacidad de regulacion (lps)	Cap. Sin utilizar (m <sup>3</sup> )
SH-1	T. Remedios	126,679	10,000.00	7,793.82	543.96	2,206.18	20.00	10,202.46	652.75	-202.46
SH-2	T. José Revueltas	45,547	5,360.00	2,802.24	195.58	2,557.76	20.00	2,977.09	234.69	2,382.91
SH-3	T. Duraznos	1,325	700.00	81.52	5.69	618.48	3.00	416.20	45.52	283.80
SH-4	T. Propuesto SH-4	37,143	2,800.00	2,285.17	159.49	514.83	21.00	2,696.49	182.27	103.51
SH-7	Luz y Esperanza	2,169	800.00	133.47	9.32	666.53	12.00	418.53	18.63	381.47
SH-8	Morelos Norte	5,489	1,500.00	337.71	23.57	1,162.29	12.00	1,058.96	47.14	441.04
SH-9	Norponiente	26,980	3,000.00	1,659.90	115.85	1,340.10	20.00	2,172.89	139.02	827.11
SH-10	La Virgen	8,503	3,650.00	523.14	36.51	3,126.86	18.00	760.65	48.68	2,889.35
SH-11a	Villas del Guadiana II	10,130	500.00	445.18	43.50	54.82	20.00	815.86	52.20	-315.86
SH-11b	Villas del Guadiana I	6,450	500.00	396.84	42.93	103.16	-	-	-	500.00
SH-12	Tanque nuevo SH12	43,549	3,000.00	2,679.31	133.57	320.69	23.00	3,507.34	195.13	-507.34
SH-16	Cárcamo II Jero	2,046	2,117.00	125.86	8.78	1,991.14	8.00	570.48	26.35	1,546.52
SH-17	Lomas	2,705	1,500.00	166.39	11.61	1,333.61	9.00	497.51	30.97	1,002.49
SH-20	Colonias Nuevo	1,398	500.00	86.00	6.00	414.00	8.00	304.01	18.01	195.99
SH-22	Tapias II	25,589	3,000.00	1,574.34	80.84	1,425.66	20.00	2,060.88	94.18	939.12
<b>Sumas Zona Frontera</b>			<b>38,927.00</b>	<b>21,090.89</b>	<b>1,417.20</b>	<b>17,836.11</b>	<b>214.00</b>	<b>28,459.35</b>	<b>1,785.54</b>	<b>10,467.65</b>

En este análisis se observan 12 zonas con tanque de capacidad suficiente para el paro en hora punta, destacando cuatro de ellas con capacidad sobrante mayor a los 1,000 m<sup>3</sup>.

Como siguiente paso se determino si la capacidad de las fuentes disponibles en cada sector es suficiente para suministrar el gasto medio requerido por el análisis de capacidad del tanque para paro en hora punta.

Como resultado de este análisis se obtuvo que ocho sectores que estarían regulados a través de tanques cuya capacidad permitiría almacenar y bombear fuera de hora punta y que cuenten con capacidad de suministro suficiente. Estas zonas se muestran en el la Tabla 4.85, donde también se muestran las condiciones de operación necesarias y los equipos de bombeo involucrados.

Tabla 4-85. Sistemas regulados con capacidad de almacenamiento suficiente para hora punta

Sector Proyecto	Sector	Pozo				Operación
		Nombre	Núm.	Gasto (L/s)	Carga (mca)	
SH-2	M. José Revueltas	FRANCISCO ZARCO	32	72.0	104.0	Suministra a tanque SH-2, Pozo apagado de 18 a 22 horas
		SEC. BENITO JUAREZ	46	57.0	95.0	Suministra a tanque SH-2, Pozo apagado de 18 a 22 horas
		ARMANDO DEL CASTILLO	65	38.0	158.0	Suministra a tanque SH-2, Pozo apagado de 18 a 22 horas
		JARDINES DE DURANGO II	67	74.0	84.0	Suministra a tanque SH-2, Pozo apagado de 18 a 22 horas
SH-3	M. Duraznos	BUGAMBILIAS	17	58.0	38.0	Directo a tanque SH-3, Pozo encendido de 9 a 12 horas
SH-7	N5	LUZ Y ESPERANZA	72	20.0	130.0	Suministra a tanque SH-7, Pozo apagado de 12 a 24 horas
SH-8	N6	LOPEZ PORTILLO	24	47.0	155.0	Suministra a tanque SH-8, Pozo encendido de 5 a 17 horas
SH-9	N8	MIGUEL DE LA MADRID	22	51.0	170.0	Suministra a tanque SH-9, Pozo apagado de 18 a 22 horas
		NORPONIENTE	90	40.0	75.0	Suministra a tanque SH-9, Pozo apagado de 18 a 22 horas
SH-10	N12	LA VIRGEN	79	50.0	136.0	Directo a tanque La Virgen SH10, apagado de 17 a 23 horas
SH-17	P3	SAHUATOBA	36	31.0	145.0	Suministra a tanque Lomas SH-17, Pozo encendido de 6 a 14 horas
SH-20	P7	COLINAS DEL SALTITO	77	18.5	110.0	Suministra a tanque Colinas SH-20, Pozo encendido de 5 a 13 horas

Una vez determinados los sectores donde es técnicamente viable el control de demanda en hora punta, se procedió a calcular el ahorro económico en el costo energético cuyos resultados se muestran en la Tabla 4.86

La conclusión de este análisis es que se pueden ahorrar \$470,803 por reducción de la demanda facturable y \$227,201 por energía en hora punta que en conjunto suman ahorros por \$ 698,004 anuales.

Tabla 4-86. Ahorro económico por control de demanda en hora punta con la situación propuesta

Sector Proyecto	Sector	Pozo				Disminución de la demanda	Ahorros (\$/año)		
		Nombre	Núm.	Gasto (L/s)	Carga (mca)		Por Demanda	Por Energía	Total
SH-2	M. José Revueltas	FRANCISCO ZARCO	32	72.0	104.0	26.8	49,867	24,065	73,931
		SEC. BENITO JUAREZ	46	57.0	95.0	19.4	36,065	17,404	53,470
		ARMANDO DEL CASTILLO	65	38.0	158.0	28.2	52,471	25,321	77,792
		JARDINES DE DURANGO II	67	74.0	84.0	32.2	59,892	28,903	88,795
SH-3	M. Duraznos	BUGAMBILIAS	17	58.0	38.0	11.7	21,743	10,493	32,236
SH-7	N5	LUZ Y ESPERANZA	72	20.0	130.0	9.3	17,317	8,357	25,673
SH-8	N6	LOPEZ PORTILLO	24	47.0	155.0	21.9	40,753	19,666	60,419
SH-9	N8	MIGUEL DE LA MADRID	22	51.0	170.0	33.8	62,887	30,348	93,234
		NORPONIENTE	90	40.0	75.0	21.0	39,060	18,850	57,910
SH-10	N12	LA VIRGEN	79	50.0	136.0	24.5	45,570	21,991	67,561
SH-17	P3	SAHUATOBA	36	31.0	145.0	16.6	30,857	14,891	45,749
SH-20	P7	COLINAS DEL SALTITO	77	18.5	110.0	7.7	14,322	6,912	21,234
<b>TOTAL:</b>							<b>470,803</b>	<b>227,201</b>	<b>698,004</b>

### Ahorros de energía por reducción de equipos en operación

Como parte de la propuesta de redistribución de caudales, se determinaron también los equipos que podían quedar en reserva o fuera de servicio una vez que se implemente dicho proyecto de redistribución y se alcance la dotación de diseño de 265L/hab/día por sector. A continuación se analiza como ejemplo ilustrativo el Sector SH-2 del Tanque José Revueltas que tiene potencial de paro en hora punta.

Los equipos involucrados en este sector y gastos disponibles se muestran en la Tabla 4.87

Tabla 4-87. Configuración de equipos disponibles en el Sector SH2 con la situación propuesta

Sector Proyecto	Sector	Q Requerido (L/s)	Q Requerido total (L/s)	Pozos disponibles	Gasto (L/s)	Q disponible (L/s) medido pr Watergy	Diferencia Q (L/s)
SH-2	M. José Revueltas	195.58	195.58	FRANCISCO ZARCO	72.0	287.00	91.42
				SEC. BENITO JUAREZ	57.0		
				ARMANDO DEL CASTILLO	38.0		
				JARDINES DE DURANGO II	74.0		
				CIPRES	29.0		
				CHULAS FRONTERAS	17.0		



En este cuadro se observa que existen 6 pozos alimentando al tanque con una capacidad global de 287 L/s, que es mayor en 91.4 L/s al gasto requerido para el día más caluroso del año.

De acuerdo con el análisis de viabilidad de paro en hora punta realizado anteriormente, el gasto requerido para compensar dicho paro sería de 234.69 l/s, los cuales pueden ser cubiertos por los pozos 32, 46, 65 y 67 con una capacidad de 241 l/s en la actualidad. Esta relación se presenta en la Tabla 4.88.

Tabla 4-88. Configuración de equipos propuestos para operar en hora punta en el Sector SH2

Sector Proyecto	Sector	Gasto requerido por ahorro (L/s) lo que resulta del analisis tanque de regulacion	Pozo	No. Pozo	Gasto propuesto (L/s)	Gasto final (L/s), resultante	Diferencia
SH-2	M. José Revueltas	234.69	FRANCISCO ZARCO	32	72.0	241.00	6.31
			SEC. BENITO JUAREZ	46	57.0		
			ARMANDO DEL CASTILLO	65	38.0		
			JARDINES DE DURANGO II	67	74.0		
			CIPRES	76	-		
			CHULAS FRONTERAS	85	-		

De este análisis se concluye que se requieren sólo 4 equipos de los 6 disponibles en la zona, lo cual implica que los pozos 76 (Cipres) y 76 (Chulas fronteras) pueden quedar como reserva en la operación normal del sector.

Esta metodología fue realizada para todos los sectores con viabilidad de paro en hora punta, y un resumen de los equipos propuestos de quedar en reserva y el ahorro de energía derivado se muestran en La Tabla 14.8.9.

Tabla 4-89. Ahorro de energía por equipo fuera de operación

Sector Proyecto	Sector	Pozo				Ahorros		
		Nombre	Núm.	Gasto (L/s)	Carga (mca)	Potencia (kW)	Energía (kWh/año)	Importe (\$/año)
SH-1	Centro directo	HUZACHE II	10	12.0	87.0	47	411,720	494,064
		PRI	11	24.0	75.7	41	359,160	430,992
		PREPA NOCTURNA	30	38.5	64.4	58	508,080	609,696
		I.T.D.	48	26.0	42.8	25	219,000	262,800
		ISAURO VENZOR	53	64.0	46.0	69	604,440	725,328
		BOMBEROS	54	5.0	48.4	2.2	19,272	23,126
		AZCAPOTZALCO	59	35.0	106.9	27.3	239,148	286,978
SH-2	M. José Revueltas	CIPRES	76	29.0	155.4	33.2	290,832	348,998
		CHULAS FRONTERAS	85	17.0	157.1	21	183,960	220,752
SH-4	S11	CARHART	84	2.5	57.0	8.3	72,708	87,250
SH-6a	N2	ACEREROS	83	8.0	75.4	4	35,040	42,048
SH-9	N9	MORGA	25	14.0	68.3	9	78,840	94,608
SH-10	N11	ANTONIO RAMIREZ	20	49.0	139.5	41.7	365,292	438,350
SH-12	O2	INDUSTRIAL ARMAS	37	7.0	30.2	11	96,360	115,632
SH-15	O8	SEMINARIO (PASO REAL)	88	4.0	42.3	1.8	15,768	18,922
SH-15	O9	VILLAS D SAN FRANCISCO	34	14.5	83.5	8.7	76,212	91,454
SH-27	P9 Directo	CECATI	45	17.0	125.4	14.1	123,516	148,219
SH-28	P13	CONSTITUCION	74	18.0	87.9	14	122,640	147,168
<b>TOTAL:</b>						<b>436.3</b>	<b>3,821,988</b>	<b>4,586,386</b>

Cabe mencionar que la redistribución de caudales propuesta, implicó no solamente la posibilidad de sacar de operación equipos, sino también el cambio en la operación de algunas conducciones, pasando de alimentar directamente a la red a alimentar a tanques de regulación. Considerando que las conducciones a tanques deben descargar en la parte alta de los mismos, el cambio en general implicó un incremento de la capacidad de carga en los pozos. Estos cambios de carga representan un incremento en el costo energético que se muestra en las tablas 4.90 y 4.91.

Tabla 4-90. Impacto en incremento de consumo y costo energético por los cambios de carga propuestos

Sector Proyecto	Sector	Equipos	No. Pozo	Condición Actual		Condición Propuesta				Variación en la Facturación		
				Gasto (L/s)	Carga (mca)	Gasto (L/s)	Carga (mca)	Horas trabajado	Eficiencia electromec.	Potencia eléctrica (kW)	Consumo de Energía (kWh/año)	Importe (\$/año)
SH-1	Centro regulado	FERRERIA I	1	47.0	96.9	47.0	120.0	24.0	0.699	15.2	133,439	160,126
		FERRERIA 2	2	42.5	81.6	42.5	108.0	24.0	0.708	15.5	135,903	163,084
		FERRERIA 5	5	38.0	118.6	38.0	147.0	24.0	0.754	14.0	123,021	147,625
		FERRERIA 7	7	59.0	85.2	52.9	110.0	24.0	0.718	10.8	94,992	113,990
		FERRERIA 8	8	46.5	84.5	46.5	103.0	24.0	0.764	11.0	96,603	115,924
		INSURGENTES	15	22.5	97.6	22.5	152.0	24.0	0.672	17.9	156,734	188,081
		FERIA NUEVO	66	29.0	169.3	29.0	157.0	24.0	0.690	5.1	-44,425	-53,310
		JUANA VILLALOBOS I	69-A	62.0	72.0	62.0	122.0	24.0	0.773	39.4	344,721	413,665
		JUANA VILLALOBOS II	69-B	39.0	50.2	39.0	107.0	24.0	0.745	29.2	255,454	306,545
	Reb Gabino Santillan	1	102.0	99.3	100.0	100.0	24.0	0.754	1.7	-14,649	-17,579	
	Reb Gabino Santillan	2	106.0	112.3	100.0	100.0	24.0	0.727	25.7	-225,102	-270,123	
	Reb Gabino Santillan	5	82.0	126.3	25.9	100.0	24.0	0.764	99.8	-873,828	-1,048,594	
Centro directo	HUIZACHE I	9	36.5	64.2	36.5	65.0	24.0	0.745	0.4	3,367	4,041	
	PLAZA SAN PEDRO	49	82.8	35.9	82.8	50.0	24.0	0.773	14.8	129,548	155,458	
SH-2	M. José Revueltas	FRANCISCO ZARCO	32	72.0	104.2	72.0	104.0	20.0	0.773	0.1	-1,068	-1,281
		SEC. BENITO JUAREZ	46	57.0	86.2	57.0	95.0	20.0	0.773	6.4	46,429	55,715
		ARMANDO DEL CASTILLO	65	38.0	155.4	38.0	158.0	20.0	0.754	1.3	9,379	11,255
		JARDINES DE DURANGO II	67	74.0	78.4	74.0	84.0	20.0	0.690	5.9	43,009	51,611
SH-3	M. Duraznos	BUGAMBILIAS	17	58.0	50.2	58.0	38.0	3.0	0.690	10.0	-10,980	-13,176
SH-4	SO1	FERRERIA 6	6	46.0	158.0	46.0	120.0	24.0	0.690	24.8	-217,474	-260,969
		ALAMOS	52	28.5	73.8	28.5	70.0	24.0	0.745	1.4	-12,489	-14,987
		SAN CARLOS	64	50.0	82.4	50.0	67.0	24.0	0.773	9.8	-85,624	-102,749
SH-5	N1	IGNACIO	29	2.5	73.2	2.5	70.0	24.0	0.690	0.1	-996	-1,196
SH-6a	N2	16 DE SEPTIEMBRE	68	30.0	100.4	30.0	100.0	24.0	0.690	0.2	-1,495	-1,793
SH-6b	N3	FACTOR I	56	27.0	96.1	27.0	125.0	24.0	0.690	11.1	97,316	116,780
		FACTOR II	57	12.0	156.2	12.0	125.0	24.0	0.690	5.3	-46,629	-55,955
SH-6c	N4	EXPLANADA TEPEYAC	26	63.0	121.5	63.0	125.0	24.0	0.690	3.1	27,462	32,954
SH-7	N5	LUZ Y ESPERANZA	72	20.0	100.4	20.0	130.0	12.0	0.690	8.4	36,865	44,238
SH-8	N6	LOPEZ PORTILLO	24	47.0	98.5	47.0	155.0	12.0	0.690	37.8	165,393	198,472
SH-9	N7	INTEGRAL PONIENTE	19	49.0	-	49.0	138.0	20.0	0.690	96.1	701,807	842,169
	N8	MIGUEL DE LA MADRID	22	51.0	169.5	51.0	170.0	20.0	0.690	0.4	2,647	3,176
	N10	NORPONIENTE	90	37.5	133.3	40.0	75.0	20.0	0.690	28.4	-207,483	-248,980
SH-10	N12	LA VIRGEN	79	50.0	116.2	50.0	136.0	18.0	0.690	14.1	92,708	111,249
SH-11a	O1a	VILLAS DE GUADIANA II	86	62.0	62.0	32.0	65.0	24.0	0.690	25.1	-219,696	-263,635
SH-11b	O1b	VILLAS DEL GUADIANA	21	-	-	20.0	15.0	24.0	0.690	4.3	37,363	44,836
SH-12	O2	FIDEL VELAZQUEZ I	39	21.0	100.4	21.0	61.0	24.0	0.736	11.0	-96,485	-115,782
		FIDEL VELAZQUEZ II	61	39.5	60.4	39.5	85.0	24.0	0.690	13.8	121,020	145,224
		BOSQUES DEL VALLE	62	31.0	53.9	31.0	88.0	24.0	0.690	15.0	131,656	157,987
	O6	SAN LUIS	78	46.5	43.4	46.5	80.0	24.0	0.764	21.9	191,532	229,838
SH-13	O3	CIMA	16	14.0	59.2	16.0	55.0	24.0	0.690	0.7	6,377	7,652
	O4	FRACC. GUADALUPE	42	43.0	84.4	43.0	65.0	24.0	0.754	10.8	-95,026	-114,031

Tabla 4-91. Impacto en incremento de consumo y costo energético por los cambios de carga propuestos

Sector Proyecto	Sector	Equipos	No. Pozo	Condición Actual		Condición Propuesta				Variación en la Facturación		
				Gasto (L/s)	Carga (mca)	Gasto (L/s)	Carga (mca)	Horas trabajado	Eficiencia electromec.	Potencia eléctrica (kW)	Consumo de Energía (kWh/año)	Importe (\$/año)
SH-14	O5	LAS FUENTES	31	18.0	55.8	21.0	50.0	24.0	0.690	0.6	5,590	6,707
		GUADALUPE INFONAVIT	40	43.0	84.4	43.0	45.0	24.0	0.754	- 22.0	-192,991	-231,589
	O7	JOYAS DEL VALLE	41	19.0	42.2	21.0	50.0	24.0	0.736	3.3	29,091	34,909
SH-15	O9	LOS FRESNOS	55	54.5	86.4	54.5	62.0	24.0	0.764	- 17.1	-149,656	-179,587
SH-17	P3	SAHUATOBA	36	31.0	133.1	31.0	145.0	9.0	0.754	4.8	15,719	18,862
SH-19	P5	SALTITO	28-A	12.0	156.4	12.0	156.0	24.0	0.708	- 0.1	-582	-699
	P6											
SH-20	P7	COLINAS DEL SALTITO	77	18.5	96.9	18.5	110.0	8.0	0.690	3.4	10,061	12,073
SH-21	P8A	COLONIA BENITO JUAREZ	18	34.0	75.7	34.0	90.0	24.0	0.690	6.9	60,765	72,918
		VALLE DEL SUR	70	42.0	55.3	42.0	58.0	24.0	0.690	1.6	14,123	16,948
SH-22	P9	TAPIAS II-A	12	10.7	156.7	11.0	142.0	24.0	0.690	- 1.6	-14,257	-17,109
	P11	TAPIAS II-B	12-A	13.0	50.9	13.0	87.0	24.0	0.690	6.7	58,497	70,197
	P12	CBTIS 89	14	26.0	53.3	26.0	60.0	24.0	0.690	2.5	21,728	26,074
	P13	TAPIAS	33	41.0	-	41.0	80.0	24.0	0.690	46.6	408,505	490,207
SH-23	P10	INDECO	13	25.6	67.9	26.0	50.0	24.0	0.736	- 5.8	-51,169	-61,403
		NIÑOS HEROES	60	16.0	80.5	16.0	83.0	24.0	0.745	0.5	4,705	5,646
SH-24	S6	MORELOS SUR	81	38.5	93.4	38.5	95.0	24.0	0.745	0.8	7,104	8,524
SH-25	S5	FERRERIA 3	3	28.5	83.4	28.5	61.0	24.0	0.745	- 8.4	-73,488	-88,186
	S7											
	S9											
	S10											
<b>TOTAL:</b>										<b>172.0</b>	<b>1,185,040</b>	<b>1,422,048</b>

La conclusión de este análisis es que existe un potencial de ahorro de hasta \$4'586,386 anuales con equipos fuera de operación, menos los incrementos de costo energético debido a modificaciones en la carga que equivalen a \$1'422,048, el ahorro neto por esta medida resulta de \$3'164,337 anuales.

### Resultados globales de ahorro de energía

En base a los resultados de cada medida se generó una tabla resumen que se muestra en la Tabla 4.92.

Tabla 4-92. Resumen General de Ahorro de Energía Potencial para AMD

Medida de Ahorro		Ahorros		%	Inversión (\$)	Pay-Back (años)
Tipo	Descripción	Energía (kWh/año)	Facturación (\$/año)			
Medidas convencionales	Optimización de Eficiencia Electromecánica via Sustitución de equipos de bombeo	10,960,352	13,152,422	30.6%	12,195,096	0.93
	Optimización del Factor de Potencia		644,915	1.5%	194,500	0.30
	Adecuación de tarifas		1,882,978	4.4%		0.00
	<b>Subtotal 1</b>		<b>10,960,352</b>	<b>15,680,315</b>	<b>36.5%</b>	
Optimización de la Operación Hidráulica	Instalación de variadores de velocidad	568,724	682,468	1.6%	1,135,129	1.66
	Paro de equipos en hora punta		698,004	1.6%	no cotizado	n/a
	Equipos fuera de operación	3,821,988	4,586,386	10.7%		
	Equipos que modifican su operación	-1,185,040	-1,422,048	-3.3%		
	<b>Total Subtotal 2</b>		<b>3,205,671</b>	<b>4,544,809</b>	<b>10.6%</b>	
<b>TOTAL:</b>		<b>14,166,023</b>	<b>20,225,125</b>	<b>47.0%</b>	<b>13,524,725</b>	<b>0.67</b>

Las conclusiones principales de este resumen son las siguientes;

- Se pueden lograr hasta un 47% de ahorro en la facturación actual considerando todas las medidas de ahorro potenciales, esto equivale a 14,166,023 kWh y \$20'225,125 anuales aun considerando los incrementos de carga por el cambio de operación hidráulica.. Cabe mencionar que en la inversión estimada, solo se consideran las inversiones en materia electromecánica y no considera las inversiones para modificar la infraestructura hidráulica que también son necesarias
- Las medidas de ahorro de energía convencionales representan un 36% y las medidas resultantes de la nueva operación hidráulica optimizada representan un 10 % adicional

En base a estas medidas, el Índice de Consumo energético actual puede reducirse en un 47% y el Índice de Costo energético puede reducirse en un 11%.

## 4.9 PROYECTO : SAPAL LERDO DURANGO

Tipo de proyecto	Energetico e Hidraulico Integral
Alcance	Proyecto e implementacion

### 4.9.1 Descripción general del organismo y su problemática

La cabecera municipal de Lerdo se ubica a los 25° 46' de latitud norte y 103° 31' de latitud oeste. Colinda al norte con los municipios de Mapimí y Gómez Palacio; al sur con el municipio de Cuencamé; al oriente con el municipio de Gómez Palacio y el estado de Coahuila y al poniente con los municipios de Mapimí y Nazas.

El territorio del municipio tiene una superficie de 1,869 kilómetros cuadrados. El clima predominante es el seco o estepario, encontrándose en sus partes altas otros más cálidos y húmedos. La temperatura media anual es de 21.1 grados centígrados. La temporada de lluvias se da durante los meses de junio, julio y agosto. Su precipitación media anual es de 253 mm.

El Sistema Intermunicipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ciudad Lerdo sirve a Ciudad Lerdo y 13 localidades más, todas dentro del municipio de Lerdo.

Tabla 4-93. Localidades atendidas por Sapal

Localidad	Población 2005
Ciudad Lerdo	71,373
Carlos Real (	2,706
El Huarache	2,628
Villa de Guadalupe	2,561
Álvaro Obregón	1,876
Dolores (La Borrega)	539
San Luis del Alto	458
Las Isabeles	430
El Sacrificio	421
Puente de la Torreña (El Capricho)	279
La Laguneta	216
Colonia Buenos Aires	172
Rancho Grande	8
San Carlos	5

El proyecto realizado clasificó y analizó la evolución de población en las localidades atendidas agrupándolas como cabecera municipal (Cd. Lerdo), localidades urbanas (Carlos Real, El Huarache y Villa de Guadalupe) y localidades rurales (resto). En la Tabla 4.94 se muestra un resumen de la evolución histórica de la población en estas localidades.

Tabla 4-94. Evolución histórica de la población en la cabecera municipal

Año	Cd. Lerdo		Localidades urbanas		Localidades Rurales	
	Población	Taza Crecimiento %	Población	Taza Crecimiento %	Población	Taza Crecimiento %
1950	13,390		485		632	
1960	17,682	2.82	836	5.6	1,040	5.1
1970	19,803	1.14	1,590	6.64	1,440	3.3
1980	33,470	5.39	2,295	3.74	2,480	5.6
1990	46,593	3.36	4,987	8.07	3,155	2.4
1995	54,570	3.21	6,275	4.7	3,010	-0.9
2000	58,862	1.53	7,337	3.18	3,568	3.5
2005	71,373	3.93	7,895	1.48	4,117	2.9

Para la estimación de la población al 2008, el estudio realizó una comparativa de métodos y fuentes de información, de acuerdo con las recomendaciones de la CONAGUA. Los métodos utilizados son:

- Estimación en base a las tomas de agua domésticas reportadas por SAPAL
- Estimación en base a las acometidas eléctricas domésticas reportadas por CFE
- Estimación utilizando métodos numéricos
- Estimación utilizando la tasa media de crecimiento de 1995 a 2005
- Proyección de población estimada por CONAPO

En la Tabla 4.95 se presenta un resumen de los resultados obtenidos para cada grupo de población utilizando cada método.

Tabla 4-95. Proyección de población por método y grupo de localidad para SAPAL

Método de proyección	Población actual Cd. Lerdo	Población actual localidades urbanas	Población actual localidades rurales
En base a las tomas domésticas de AP	106,144	11,588	5,829
En base a las tomas de CFE	77,682	<b>8,640</b>	4,266
Proyección de la población con métodos numéricos	80,052	10,990	4,176
Población según CONAPO	77,144	8,546	4,440
Aplicando la tasa media de crecimiento de 1995-2005	<b>77,358</b>	8,458	<b>4,523</b>

La población estimada al 2008 y considerada para el proyecto, fue de 90,521 habitantes totales en las localidades atendidas por SAPAL.

En la actualidad, el 100% del agua que utiliza el SAPAL proviene de pozos de extracción, en total 10 pozos en funcionamiento, de los cuales cinco forman el sistema San Fernando ubicado al suroeste de la ciudad, y el resto se encuentran distribuidos dentro de la mancha urbana.

A grandes rasgos, los pozos del sistema San Fernando inyectan directamente a la red a través de un acuífero abierto en la actualidad. El resto de los pozos se operan inyectando directamente a la red secundaria de distribución, para fortalecer las presiones cuando son necesarios.

Para efectos administrativos y de control de operación, en la ciudad se identificaron 12 sectores bien definidos, dentro de la mancha urbana de Lerdo. En la figura 4.73 se muestran los límites de las zonas.

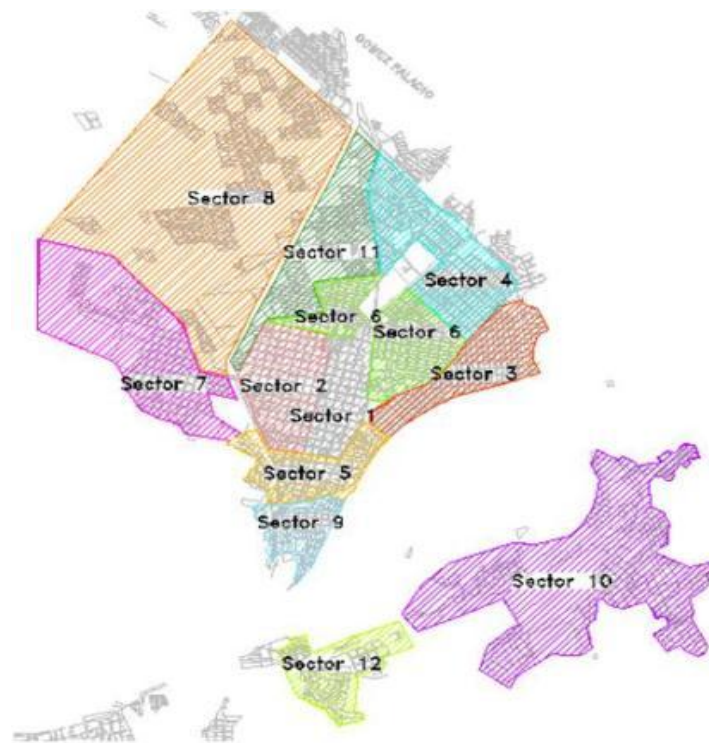


Figura 4-73 Zonas de operación actuales en el sistema de agua potable de Durango

La entrega de agua a estos sectores se realiza principalmente a través de una serie de tuberías de diámetros entre 8 y 16 pulgadas, que el sistema denomina “acuaférico”. En la figura 4.74, se presenta un diagrama de las conducciones principales de entrega.

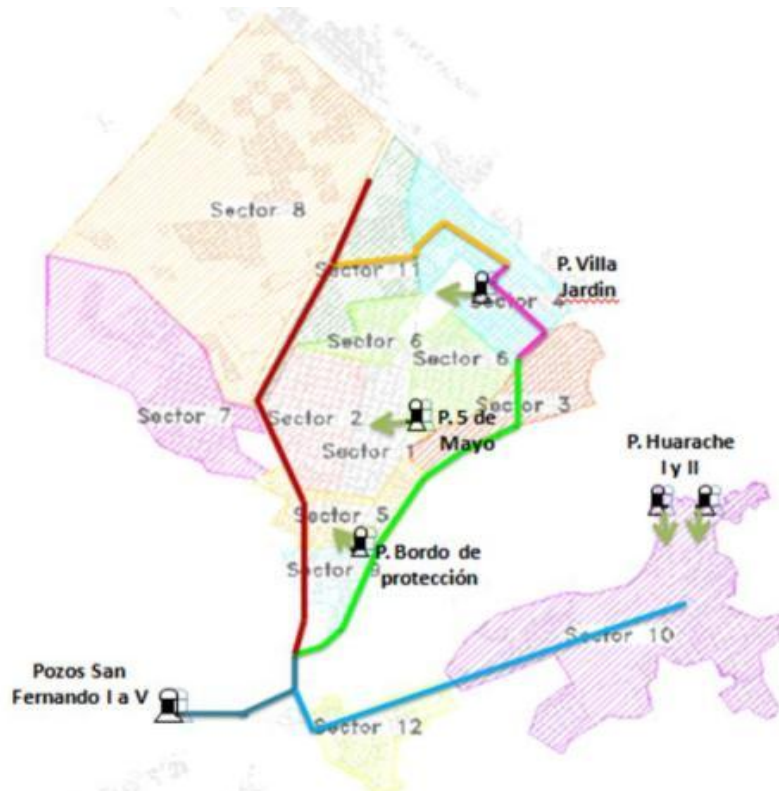


Figura 4-74. Abastecimiento y distribución en las sub-zonas principales de Durango

El sistema de agua potable de Lerdo cuenta con 9 pozos en operación. En la tabla 4.96 se presentan algunas características de estos pozos.

**Tabla 4-96. Características de los pozos del sistema de agua potable en Lerdo**

No.	Sitio	Equipo	HP	Gasto Q (mca)
1	San Fernando N° I	P-01	150	45.0
2	San Fernando N° II	P-02	200	78.0
3	San Fernando N° III	P-03	250	43.0
4	San Fernando N° V	P-05	300	105.0
5	San Fernando N° VI	P-06	300	94.0
6	Pozo Huarache I	P-01	150	22.0
7	Pozo Bordo de Protección	P-01	150	36.0
8	Villa Jardín II	P-02	125	31.0
9	San Fernando N° IV	P-04	350	97.5

El sistema de Lerdo cuenta con 3 tanques superficiales, conectados a las líneas principales de distribución a través de una sola línea. Esta situación genera que la operación de los tanques sea intermitente, almacenando agua durante algunas horas del día, y mover válvulas para por la misma línea inyectar el agua almacenada a la red, utilizando equipos de bombeo instalados al pie de cada tanque, además de 3 equipos de rebombeo tipo booster conectados directamente en las líneas de distribución.

**Tabla 4-97. Características de los equipos de rebombeo**

No.	Sitio	Equipo	HP	Gasto Q (mca)
10	REBOMBEO EL CENTAURO	R1	30	46.0
11	REBOMBEO SAN ISIDRO	R1 (BOSTER)	25	47.0
12	TANQUE SAN JUANITO	B1	15	35.5
13	TANQUE VILLA DE GUADALUPE	B1	FS	FS
14	TANQUE VILLA DE GUADALUPE	R2	15	29.0
15	REBOMBEO LOS REYES	R1	25	44.3

La problemática principal encontrada es que debido al crecimiento de la zona urbana en Lerdo y a la necesidad de encontrar soluciones rápidas a problemas principalmente de presión disponible en zonas lejanas a los pozos del sistema, se ha conectado directamente el suministro de los pozos a la red, sin usar al 100% la capacidad de regulación de los tanques, provocando que los pozos tengan que absorber los picos de demanda, y trabajando en un rango de gasto no adecuado.

## 4.9.2 Descripción del proyecto realizado y sus hallazgos

El proyecto de eficiencia energética e hidráulica integral, empezó con un Diagnostico de la situación tanto energética como hidráulica que resulto en los siguientes hallazgos.

En el aspecto energético, se determino la eficiencia electromecánica de todos los equipos de bombeo, resultando en los valores que se muestran a continuación:



Tabla 4-98. Eficiencia Electromecánica evaluada en los Equipos de bombeo de Lerdo

No.	Sitio	Equipo	HP	Carga (mca)	Gasto Q (mca)	Eficiencias			Observaciones
						Bomba %	Motor %	Electromecánica	
1	San Fernando N° I	P-01	150	86.8	45.0	64.20%	86.55%	55.56%	
2	San Fernando N° II	P-02	200	92.7	78.0	67.43%	90.75%	61.20%	
3	San Fernando N° III	P-03	250	84.6	43.0	39.53%	87.73%	34.68%	
4	San Fernando N° V	P-05	300	109.9	105.0	60.96%	93.44%	56.97%	
5	San Fernando N° VI	P-06	300	95.5	94.0	66.00%	92.17%	60.83%	Tiene Variador de Velocidad Instalado
6	Pozo Huarache I	P-01	150	167.3	22.0	63.13%	89.44%	56.46%	
7	Pozo Bordo de Protección	P-01	150	128.7	36.0	61.44%	92.62%	56.91%	
8	Villa Jardín II	P-02	125	189.0	31.0	78.80%	84.00%	66.19%	
9	San Fernando N° IV	P-04	350	110.2	97.5	50.57%	94.54%	47.82%	
10	REBOMBEO EL CENTAURO	R1	30	13.7	46.0	30.69%	91.26%	28.01%	
11	REBOMBEO SAN ISIDRO	R1 (BOSTER)	25	10.8	47.0	28.73%	92.38%	26.54%	Tiene Variador de Velocidad Instalado
12	TANQUE SAN JUANITO	B1	15	13.6	35.5	56.99%	87.98%	50.14%	
13	TANQUE VILLA DE GUADALUPE	B1							FUERA DE SERVICIO
14	TANQUE VILLA DE GUADALUPE	R2	15	18.1	29.0	68.86%	82.70%	56.94%	
15	REBOMBEO LOS REYES	R1	25	26.5	44.3	65.41%	90.52%	59.20%	

Como se puede observar solamente 3 equipos de bombeo tienen una eficiencia mayor al 60%, dando como promedio de todos los equipos una eficiencia electromecánica de 55.5%. Esto provoca un alto consumo de energía y por lo tanto un potencial de ahorro importante.

En el aspecto hidráulico, los principales hallazgos fueron los siguientes:

Se analizó la situación de eficiencia en la distribución del agua a lo largo de la red, por medio del balance volumétrico en la red actual. Este indicó que existe un fuerte desequilibrio en el sistema, debido a que actualmente no se utiliza al 100% la capacidad de regulación de los tanques existentes, inyectando directo, en algunas zonas a la red.

Esto se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 4-99. Balance volumétrico para el sistema de SAPAL

Sector	Habitantes	Gasto diario requerido (L/s)	Fuentes	Gasto de producción medido (L/s)	Gasto máximo requerido por sector (L/s)	Suma de Gastos máximos por sector (L/s)	Diferencia (L/s)
S1	6737.00	29.24	Pozos San Fernando I-V	468.00	49.53	451.12	16.88
S2	8601.00	37.33			63.24		
S3	8071.00	35.03			59.34		
S8	11294.00	49.02			83.04		
S9	3497.00	15.18			25.71		
S11	5571.00	24.18			40.96		
S14	1996.00	8.66			14.68		
S5	6453.00	28.01			47.45		
S6	9137.00	39.66			67.18		

Sector	Habitantes	Gasto diario requerido (L/s)	Fuentes	Gasto de producción medido (L/s)	Gasto máximo requerido por sector (L/s)	Suma de Gastos máximos por sector (L/s)	Diferencia (L/s)
S4	10362.00	44.97	P. Villa Jardín II	59	76.19	76.19	-17.19
S7	6398.00	27.77	R. San Isidro	36	47.04	47.04	-11.04
S10	8657.00	37.57	R. Alvaro Obregón, Pozos Huarache 1	59.8	63.65	63.65	-3.85
S12	3030.00	13.15	R. El Centauro	7.2	22.28	22.28	-15.08
<b>Sumas</b>	<b>89,804</b>	<b>389.77</b>		<b>630.00</b>	<b>660.28</b>	<b>660.28</b>	<b>-30.28</b>

Como se puede observar, aún cuando la demanda media actual (389.77 L/s) de la población se puede cubrir con el gasto disponible de las fuentes en operación actualmente (630.00 L/s), para las condiciones de demanda en hora pico (660.28 L/s) el agua disponible es insuficiente. Este déficit de gasto es compensado durante las horas pico con agua almacenada durante la noche en los tanques existentes, la cual es rebombada al sistema.

## Medidas de Ahorro de Energía Propuestas

### Mejora de Eficiencia Electromecánica en Pozos

Para cada uno de los equipos en Pozos, se ha propuesto un nuevo conjunto motor-bomba, que trabaje con mayor eficiencia, con lo que las pérdidas en bombas y motores se reducen. Adicionalmente, derivado de la disminución de la potencia demandada por los motores, las pérdidas de energía en conductores y transformadores se ven reducidas también..

De esta manera en la Tabla 4.100 se presenta el cálculo de los ahorros probables a obtenerse mediante la sustitución de los equipos en pozos que actualmente se encuentran en funcionamiento por otros de mejor eficiencia, así mismo se evalúa la inversión para obtener la tasa de retorno de dicha inversión.

Tabla 4-100. Evaluación de Ahorros por Eficiencia Electromecánica, en Pozos de SAPAL, Lerdo.

No.	Sitio	Equipo	Actual	Actual	Esperado		COSTO BENEFICIO			
			Eff. E.M.	Energía Total Consumida (kWh/año)	Efic. E.M. %	Consumo de Energía Esperado	Ahorro Consumo de Energía kWh/año	Ahorro Estimado en \$	Inversión Estimada \$	Tasa de Retorno de Inversión años
1	San Fernando N° I	P-01	55.56%	605,002	68.32%	491,915	113,086	\$180,938.17	\$424,085.50	2.34
2	San Fernando N° II	P-02	61.20%	1,016,604	71.20%	873,479	143,125	\$229,000.27	\$559,866.00	2.44
3	San Fernando N° III	P-03	34.68%	903,578	68.21%	458,837	444,741	\$711,585.98	\$424,085.50	0.60
4	San Fernando N° V	P-05	56.97%	1,747,439	71.16%	1,397,605	349,834	\$559,733.64	\$767,211.00	1.37
5	San Fernando N° VI	P-06	60.83%	1,271,235	72.11%	1,071,803	199,431	\$319,090.00	\$620,770.00	1.95
6	Pozo Huarache I	P-01	56.46%	561,455	60.19%	526,764	34,691	\$55,505.88	\$424,085.50	7.64
7	Pozo Bordo de Protección	P-01	56.91%	702,732	69.44%	575,188	127,544	\$204,070.82	\$485,863.50	2.38
8	Villa Jardín II	P-02	66.19%	771,397	69.42%	734,369	37,027	\$59,243.68	\$485,863.50	8.20
9	San Fernando N° IV	P-04	47.82%	1,937,057	71.80%	1,288,567	648,490	\$1,037,584.04	\$620,770.00	0.60

De acuerdo a lo mostrado en el Tabla 4.100, el criterio aplicado fue proponer realizar la sustitución de equipos de Pozos, por unos de mayor eficiencia siempre y cuando presenten una Eficiencia Electromecánica menor al 60% (sombreado rojo), y que su tasa de retorno de la inversión sea menor de 2 años (sombreado verde). También se debe tomar en cuenta aquellos equipos que además deberán cambiar sus condiciones de carga-gasto, para un mejor funcionamiento hidráulico.

**El Ahorro en Consumo Energético al sustituir los 4 equipos de mayor rentabilidad sería de 1'642,496 kWh/año el cual representa un costo aproximado de \$2'627,993.66**

### Propuesta de mejora de Eficiencia en la Operación Hidráulica

Como propuesta para la mejora en la operación hidráulica se realizó una redistribución del caudal abastecido por medio de un proyecto de sectorización que se describe a continuación

La sectorización propuesta implica la construcción de 10 sectores, corresponde principalmente a la operación actual del sistema, así como al conocimiento de la red de agua disponible. En la figura 4.75 se presentan los límites de los 10 sectores propuestos por el proyecto de SAPAL.

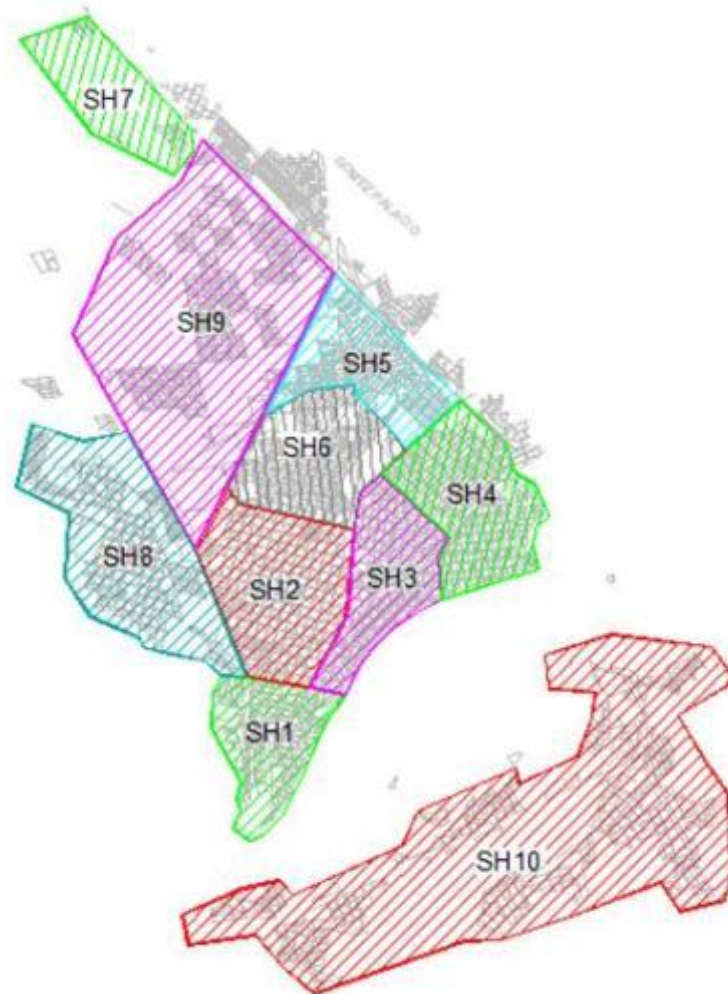


Figura 4-75.Sectores Hidráulicos propuestos para el SAPAL

Tomando en cuenta la proyección de población servida calculada en los futuros crecimientos para el año 2019 (109,576 habitantes), así como un índice de hacinamiento de 4.09, se estimaron los usuarios para cada colonia del padrón de usuarios. Para esta proyección, se utilizó también las nuevas colonias proyectadas principalmente al norte de la ciudad. La ubicación de cada una de las colonias se relacionó con los límites de los sectores propuestos.

**Tabla 4-101. Resumen de usuarios y habitantes por sector hidráulico propuesto**

Zona de servicio	Usuarios	Habitantes
SH1	1772	7246
SH2	4093	16740
SH3	2458	10053
SH4	2627	10735
SH5	2161	8833
SH6	1852	7573
SH7	497	2032
SH8	2732	11172
SH9	5636	23043
SH10A	1432	5854
SH10B	1221	4994
SH10B10	318	1301
<b>Total</b>	<b>26799</b>	<b>109576</b>

En cuanto a la disponibilidad de producción disponible, se tomo en cuenta los pozos existentes, y que operan normalmente.

**Tabla 4-102. Gastos disponibles por pozo para el proyecto de sectorización**

Zona de servicio	Fuente	Gasto Actual (l/s)
SH1 - SH10	San Fernando I	45.0
	San Fernando II	78.0
	San Fernando III	43.0
	San Fernando IV	97.5
	San Fernando V	105.0
	San Fernando VI	94.0
	P. Huarache I	22
	P. Bordo de Protección	36
	P. Villa Jardin II	31.0
	<b>TOTAL DISPONIBLE</b>	<b>551.5</b>

Tomando en cuenta estos datos, la capacidad de producción de los pozos, se evaluó la propuesta de solución en el cambio de operación, aplicando los siguientes criterios:

- Aprovechar la Capacidad de Regulación de los tanques al 100% para evitar que los pozos tengan que suministrar el gasto máximo horario y así homogeneizar la operación de los mismos a gasto constante.
- Abastecer con el mínimo necesario de equipos de pozos aprovechando principalmente las fuentes de abastecimiento de los Pozos San Fernando cuyo nivel dinámica, y dejar de operar en la manera de lo posible los pozos del centro

De acuerdo a esto se procedio a calcular la demanda para cada sector y las fuentes de abastecimiento requeridas, dando como resultado un nuevo Balance Volumétrico de Proyecto.

Tabla 4-103. Balance Volumétrico de Proyecto

Balance Volumétrico para la zona urbana de Lerdo									
Sector	Habitantes Proyecto 2020	Gasto diario requerido (L/s)	Gasto máximo diario en verano requerido (L/s)	Fuentes	Gasto de producción disponible (L/s)	Operación y entrega	Gasto máximo requerido por zona (L/s)	Gasto máximo requerido por suministro (L/s)	Diferencia (L/s)
SH1	7246	24.32	29.43	Pozos San Fernando I, II, III, V y VI y Villa Jardín de 6:00 am a 7:00 pm	450.76	T. San Juanito	29.43	173.55	5.73
SH2	16740	56.19	67.99				67.99		
SH6	7573	25.42	30.76				30.76		
SH8	11172	37.50	45.37				45.37		
SH7	2032	6.82	8.25			T. Norte	8.25	101.84	
SH9	23043	77.34	93.59				93.59		
SH3	10053	33.74	40.83			T. Villa Jardín	40.83	125.58	
SH4	10735	36.03	43.60				43.60		
SH5	8833	29.65	35.87				35.87		
SH10B10	1301	4.37	5.28			T. V Gpe	5.28	44.06	
SH10A	5854	19.65	23.78				23.78		
SH10B	4994	16.76	20.28			20.28			
<b>Total</b>	<b>109,576</b>	<b>367.79</b>	<b>445.03</b>		<b>450.76</b>		<b>445.03</b>	<b>445.03</b>	<b>5.73</b>

De acuerdo al Balance Volumétrico y el nuevo esquema de distribución de caudales, se realizo la propuesta de cambio de operación la cual se muestra en la figura 4.76 y se describe a continuación

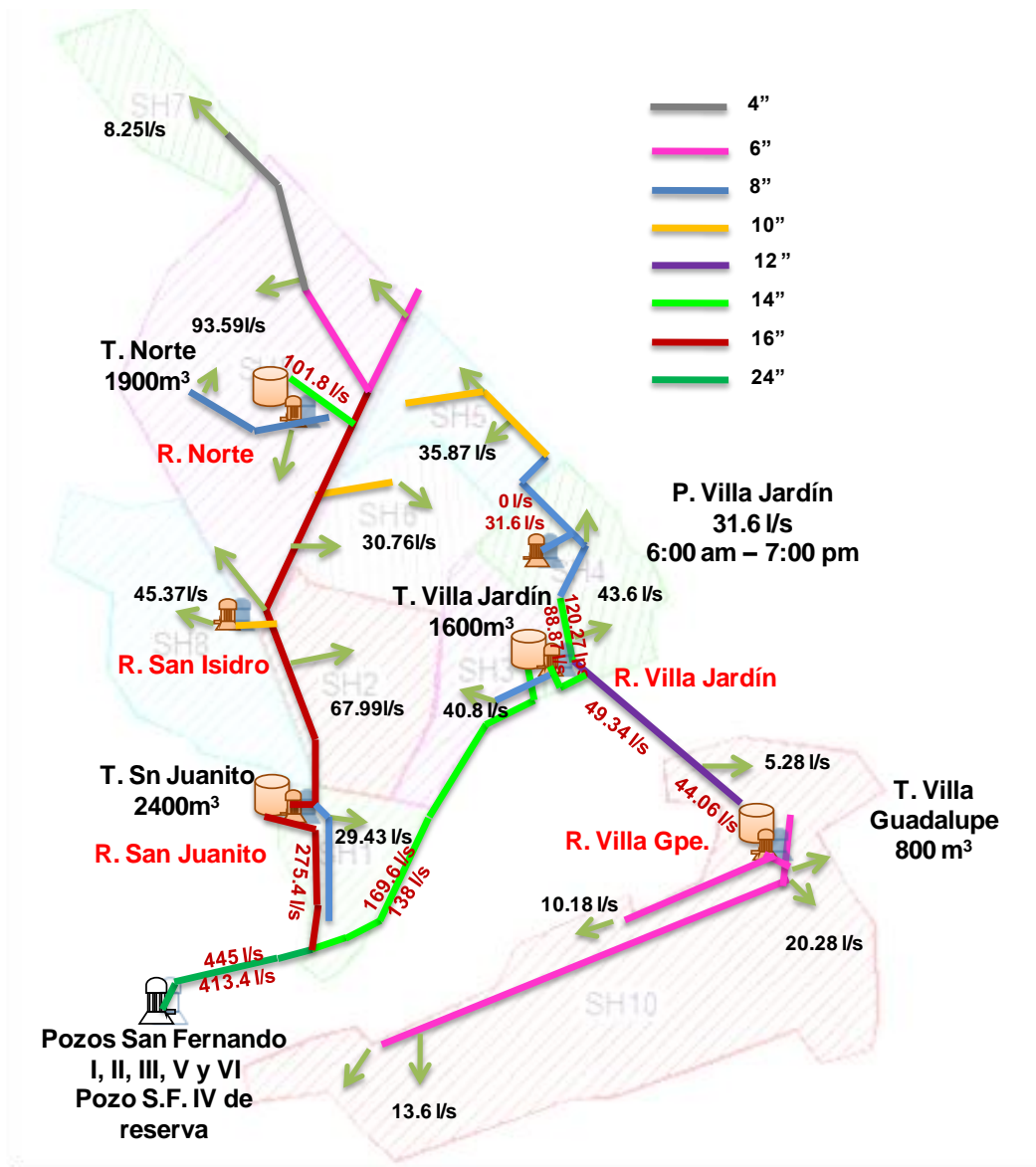


Figura 4-76. Esquema de operación propuesta.

La operación se hará tomando los pozos San Fernando como principal fuente de abastecimiento, los cuales envían el gasto medio a los tanques San Juanito y Villa Jardín. **Cabe mencionar que esto tiene un fin de ahorro de energía dado que los niveles dinámicos de estos pozos están alrededor de 65 mca, mientras que los pozos urbanos actualmente operando tienen niveles dinámicos de 135 mca**

Posteriormente por medio de un rebombeo con variador de velocidad se envía del Tanque San Juanito a la red de los sectores 1, 2 6 y 8, y el restante se envía al Tanque Norte, para que de ahí se suministre por medio de un rebombeo a los sectores 7 y 9. Para reforzar presiones a la zona alta en el sector 8, se utiliza el rebombeo San Isidro, con variador de velocidad.

Por otro lado del Tanque Villa Jardín por medio de equipos de rebombeo se suministra, por un lado a los sectores 3, 4 y 5, y con por el otro lado al sector 10, una parte se suministra a la parte baja del sector 10 y la otra directo al Tanque Villa de Guadalupe. Del Tanque Villa de Guadalupe por medio de dos equipos de rebombeo se suministr por un lado a la parte alta del sector 10, y por otra al otro extremo del sector 10.

Para reforzar el suministro en los sectores 4 y 5, entra en operación el pozo Villa Jardín, el cual solo trabajará en horario de 6 am a 7 pm. Por lo que el suministro al Tanque Villa Jardín.

Para esto se propone 3 equipos nuevos, que son Rebombes Norte, y dos equipos de bombeo en Villa Jardín

De acuerdo a los cambios de operación se calculo el costo energético total de esta medida, el cual se observa en la tabla siguiente:

Tabla 4-104. Cambios de operación de equipos propuestos

Equipo	Operación Actual		Operación Proyecto								
	Gasto Actual (Ips)	Carga Actual (m.c.a.)	Gasto (Ips)	Carga (m)	Set Point VV	Potencia Hidráulica a Pw Total (kW)	Potencia Hidráulica a Pw Con VV (kW)	Eficiencia a EM esperada	Potencia Eléctrica Pe Proyecto (kW)	Tiempo de Operación (hrs/día)	Consumo anual Estimado Proyecto kWh/año
P. SF I	45.0	86.79	88.69	94.90	33.6	82.57	80.50	0.68	118.38	24	1,037,029
P. SF II	78.0	92.70	89.5	97.32	33.0	85.45	79.98	0.68	117.62	24	1,030,331
P. SF III	43.0	84.60	88.76	91.83	8	79.96	75.30	0.68	110.74	24	970,041
P. SF IV	97.5	110.18	0	0	32.4	0.00	0.00	0.68	0.00	0	0
P. SF V	105.0	109.93	89.3	115.1	33	100.91	92.36	0.68	135.82	24	1,189,814
P. SF VI	94.0	95.49	88.71	101.1	33	88.03	80.84	0.68	118.88	24	1,041,409
P. V Jardin	31.0	188.98	33.03	209.4		67.85	67.85	0.68	99.78	13	473,458
P. B. Prot	36.0	128.70	F/S								
P. Huarache I	22.0	167.32	F/S								
Subtotal Pozos											5,742,083
RB Centauro	46.0	13.70	F/S								
RB Los Reyes	44.3	26.48	F/S								
RB Sn Juanito	35.5	13.63	345	13.5	24	45.69	44.33	0.68	65.19	24	571,075
RB Sn Isidro	47.0	10.81	39	14	29.4	5.36	3.15	0.68	4.63	24	40,579
RB Norte Nvo			143	19	26.5	26.65	18.97	0.68	27.90	24	244,378
RB V Jardin E1 Nvo			138	21	29.4	28.43	20.26	0.68	29.79	24	260,996
RB V Jardin E2 Nvo			51.5	27	30.5	13.64	11.93	0.68	17.54	24	153,686
RB V Guadalupe E1			27.5	34	42.5	9.17	6.74	0.68	9.91	24	86,827
RB V Guadalupe E2	15.2	17.41	33	35	24	11.33	9.23	0.68	13.57	24	118,904
Subtotal Rebombes											1,476,446
						645.03	591.44				7,218,529

De acuerdo a los consumos calculados con el cambio de operación se calculo el ahorro potencial de energía que se tendría al implementar el proyecto de eficiencia hidráulica de acuerdo a lo mostrado en la tabla siguiente:

Tabla 4-105. Consumo de energía estimado.

Equipo	Consumo anual Estimado Proyecto kWh/año	Consumo anual Estimado Sin VV kWh/año	Consumo Energía Anual Proyecto Esperado kWh	Energía Consumida Actual kWh/año	Ahorro Anual Energía Esperado	Ahorro Anual Energía %
P. SF I	1,037,029	1,063,665	1,037,029	605,002	432,028	71.4%
P. SF II	1,030,331	1,100,752	1,030,331	1,017,493	12,837	1.3%
P. SF III	970,041	1,030,068	970,041	903,578	66,463	7.4%
P. SF IV	0	0	0	1,937,057	-1,937,057	-100.0%
P. SF V	1,189,814	1,299,961	1,189,814	1,747,439	-557,625	-31.9%
P. SF VI	1,041,409	1,133,973	1,041,409	1,271,235	-229,825	-18.1%
P. V Jardin	473,458	473,458	473,458	771,397	-297,939	-38.6%
P. B. Prot				702,732	-702,732	-100.0%
P. Huarache I				561,455	-561,455	-100.0%
<b>Subtotal Pozos</b>	<b>5,742,083</b>	<b>6,101,878</b>	<b>5,742,083</b>	<b>9,517,388</b>	<b>-3,775,305</b>	<b>-39.7%</b>
RB Centauro				194,335	-194,335	-100.0%
RB Los Reyes				171,230	-171,230	-100.0%
RB Sn Juanito	571,075	588,596	571,075	48,569	522,506	1075.8%
RB Sn Isidro	40,579	69,001	40,579	165,956	-125,376	-75.5%
RB Norte Nvo	244,378	343,363	244,378		244,378	0.0%
RB V Jardin E1 Nvo	260,996	366,237	260,996		260,996	0.0%
RB V Jardin E2 Nvo	153,686	175,726	153,686		153,686	0.0%
RB V Guadalupe E1	86,827	118,161	86,827	27,363	59,464	217.3%
RB V Guadalupe E2	118,904	145,964	118,904	46,528	72,376	155.6%
<b>Subtotal Rebombeos</b>	<b>1,476,446</b>	<b>1,807,049</b>	<b>1,476,446</b>	<b>653,980</b>	<b>822,466</b>	<b>125.8%</b>
	7,218,529	7,908,927	7,218,529	10,171,368	-2,952,839	-29.0%

Por último, con los ahorros de energía calculados, se puede obtener el costo beneficio total al cambiar la operación hidráulica, que incluye el dejar fuera de operación de algunos equipos y el cambio de operación de otros equipos

Tabla 4-106. Ahorro estimado.

Equipo	Ahorro Anual Energía Esperado (kWh/año)	Ahorro Anual Energía %	Ahorro de Energía en Demanda (kW) %	Índice Energético Esperado kWh/m <sup>3</sup>	Índice Energético Actual kWh/m <sup>3</sup>	Ahorro directo anual (\$/año)
P. SF I	432,028	71.4%	71.7%	0.371	0.43	\$691,244.50
P. SF II	12,837	1.3%	1.5%	0.365	0.41	\$20,539.48
P. SF III	66,463	7.4%	7.6%	0.347	0.67	\$106,340.83
P. SF IV	-1,937,057	-100.0%	-100.0%	0.000	0.63	-\$3,099,291.90
P. SF V	-557,625	-31.9%	-31.7%	0.422	0.53	-\$892,199.36
P. SF VI	-229,825	-18.1%	-17.9%	0.372	0.43	-\$367,720.21
P. V Jardin	-297,939	-38.6%	14.9%	0.839	0.79	-\$476,701.72
P. B. Prot	-702,732	-100.0%	-100.0%	0.000	0.62	-\$1,124,371.27
P. Huarache I	-561,455	-100.0%	-100.0%	0.000	0.81	-\$898,328.18
<b>Subtotal Pozos</b>	<b>-3,775,305</b>	<b>-39.7%</b>	<b>-35.2%</b>	<b>0.393</b>	<b>0.55</b>	<b>-\$6,040,487.83</b>
RB Centauro	-194,335	-100.0%	-100.0%	0.000	0.13	-\$310,935.62
RB Los Reyes	-171,230	-100.0%	-100.0%	0.000	0.12	-\$273,968.25
RB Sn Juanito	522,506	1075.8%	588.5%	0.052	0.07	\$836,009.23
RB Sn Isidro	-125,376	-75.5%	-75.3%	0.033	0.11	-\$200,602.25
RB Norte Nvo	244,378	0.0%		0.054	0.00	\$391,005.18
RB V Jardin E1 Nvo	260,996	0.0%		0.060	0.00	\$417,594.35



Equipo	Ahorro Anual Energía Esperado (kWh/año)	Ahorro Anual Energía %	Ahorro de Energía en Demanda (kW) %	Índice Energético Esperado kWh/m <sup>3</sup>	Índice Energético Actual kWh/m <sup>3</sup>	Ahorro directo anual (\$/año)
RB V Jardin E2 Nvo	153,686	0.0%		0.095	0.00	\$245,898.35
RB V Guadalupe E1	59,464	217.3%	85.7%	0.100	0.10	\$95,142.61
RB V Guadalupe E2	72,376	155.6%	50.0%	0.114	0.17	\$115,802.03
<b>Subtotal Rebombes</b>	822,466	125.8%	100.31%	0.060	0.12	\$1,315,945.64
	-2,952,839	-29.0%	-25.44%	0.495	0.55	-\$4,724,542.19

Como se puede observar al implementar un proyecto de eficiencia hidráulica con cambio de operación, se tienen los siguientes resultados.

- Un ahorro global en consumo de energía del orden del 25.44%
- Una reducción del índice energético de 0.55 a 0.495 kWh/m<sup>3</sup>
- Un ahorro potencial de hasta \$4'724,542.00 pesos/año

Las especificaciones técnicas en resumen, de los equipos de bombeo y su operación, serán de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 4-107. Especificaciones de los equipos propuestos.

Equipo	Gasto Proy (l/s)	Carga Proy (m)	Punto de calibración del VV Presión desc. (m.c.a)	Eficiencia EM mínima esperada %	Capacidad Motor C.P.	Observaciones
P. SF I	90	94.90	33.6	68%	200	Uno de los pozos San Fernando debe quedar en reserva. Se recomienda comprar los equipos pero siempre dejar uno fuera de operación.
P. SF II	90	97.32	33.08	68%	200	
P. SF III	90	91.83	32.45	68%	200	
P. SF IV	90	110.20	33	68%	200	
P. SF V	90	115.19	33	68%	200	
P. SF VI	90	101.15	33	68%	200	
P. V Jardin	35	209.40		68%	150	Solo opera de 6 am a 7 pm
P. B. Prot	FUERA DE SERVICIO					
P. Huarache I	FUERA DE SERVICIO					
RB Centauro	FUERA DE SERVICIO					
RB Los Reyes	FUERA DE SERVICIO					
RB Sn Juanito	345	13.5	24	68%	100	Equipo de bombeo con variador de velocidad automatizado calibrado al punto de presión en la descarga
RB Sn Isidro	39	14	29.4	68%	8	
RB Norte	143	19	26.5	68%	45	
RB V Jardin E1	138	21	29.4	68%	45	
RB V Jardin E2	51.5	27	30.5	68%	30	
RB V Guadalupe E1	27.5	34	42.5	68%	15	
RB V Guadalupe E2	33	24	35	68%	20	

Por otro lado la inversión necesaria para la implementación de las medidas de eficiencia hidráulica tienen los siguientes costos

Tabla 4-108. Resumen de costo beneficio del proyecto de eficiencia integral en SAPAL, Lerdo.

<b>COSTO TOTAL EN MODIFICACIONES A RED</b>	<b>\$ 15,493,854.40</b>
<b>COSTO TOTAL DE EQUIPAMIENTO</b>	<b>\$ 5,570,505.40</b>
<b>INVERSIÓN TOTAL REQUERIDA PARA PROYECTO INTEGRAL</b>	<b>\$ 21,064,359.80</b>

En resumen, el potencial de ahorro con medidas a corto y mediano plazo será de la siguiente manera:

Tabla 4-109. Resumen de medidas de ahorro

Medida de Ahorro		Ahorros		%	Inversión (\$)	Pay-Back (años)
Tipo	Descripción	Energía (kWh/año)	Facturación (\$/año)			
Medida Convencional	Optimización de Eficiencia Electromecánica sustituyendo equipos de bombeo	1,642,496	\$2,627,993.66	17.3	\$2,432,836.50	0.93
Optimización de la Operación Hidráulica	Equipos que modifican su operación e instalación de variadores de velocidad, modificaciones en la red	2,952,839	\$4,724,542.19	25.43	\$21,064,359.80	4.46
	Equipos que modifican su operación SIN variadores de velocidad, modificaciones en la red	2,262,442	\$3,619,906.46	22.2	\$19,373,726.76	5.35

**Estas inversiones consideran los cambios necesarios en la infraestructura hidráulica definidos por la sectorización, y no solo los cambios en equipos de bombeo, lo cual lleva a otros beneficios como la mejora en el nivel de servicio que se presta a la población y la reducción de fugas por el control de presiones propuesto**

## 4.10 PROYECTO : CESPМ , MEXICALI

Tipo de proyecto	Energetico e Hidraulico Integral
Alcance	Proyecto e implementacion

### 4.10.1 Descripción del organismo y su problemática

La ciudad de Mexicali es la capital del estado de Baja California. Situada en la frontera norte del país, fue fundada en 1903 y nació como el centro de la región algodonera más grande del mundo en su tiempo, para luego adquirir una marcada vocación industrial.

Se le conoce como “la ciudad que atrapó al sol”, por su característico clima extremo que en verano alcanza los 50 °C a la sombra.

La ciudad de Mexicali se abastece las aguas superficiales del Río Colorado, captadas a través de la Presa Morelos y conducidas por los canales del Distrito de Riego, hasta las tres Plantas Potabilizadoras.

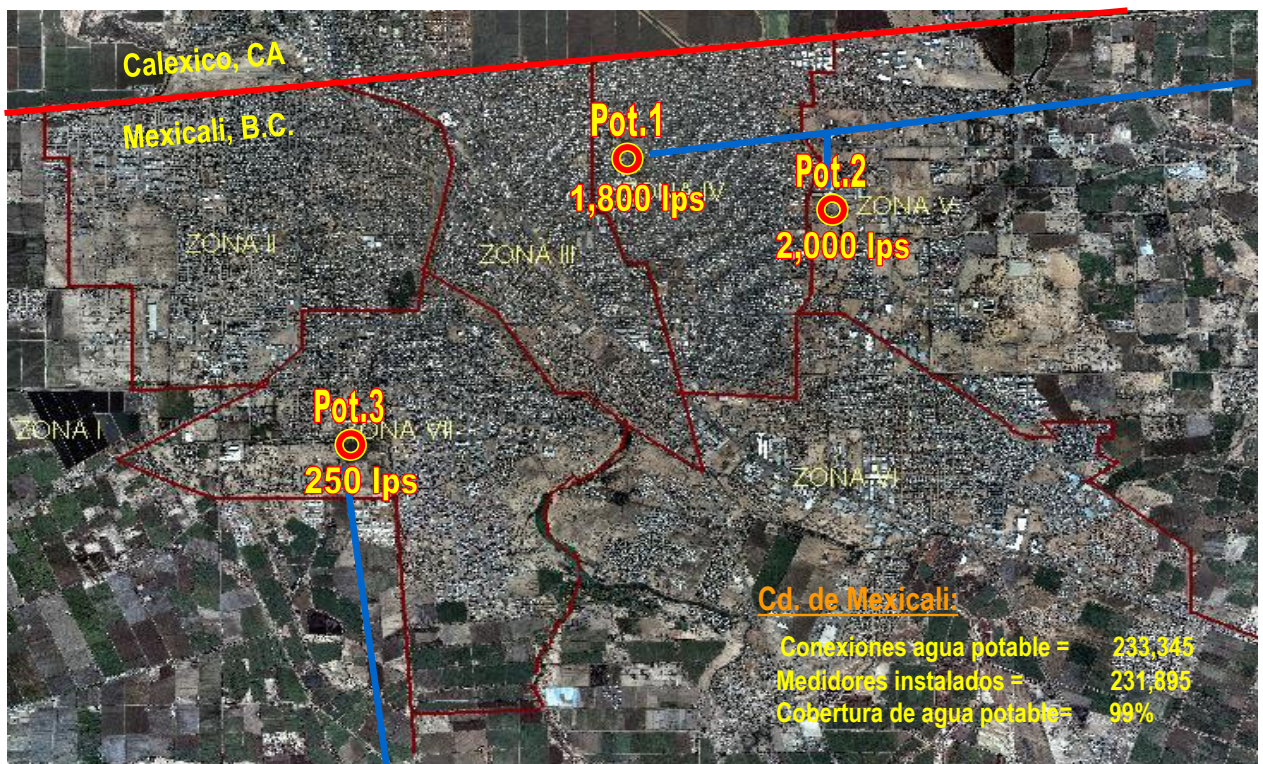


Figura 4-77. Ubicación de las plantas potabilizadoras principales de Mexicali

La asignación anual de 1,850 millones de m<sup>3</sup> del Río Colorado, garantizada por el tratado binacional de 1944, representa casi el 60% de la disponibilidad de agua en el estado.

La Comisión Estatal de Servicios Públicos de Mexicali es el organismo operador del agua potable y alcantarillado de la demarcación municipal de Mexicali. Como su nombre lo dice, es un organismo paraestatal descentralizado del Gobierno del Estado de Baja California, con personalidad jurídica y patrimonio propios; creado mediante Decreto con el objeto específico de atender la planeación, construcción, operación y mantenimiento de los sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario en el Municipio de Mexicali, cuya extensión territorial es de 13,935 Km<sup>2</sup>, equivalente a 19.5% del territorio del Estado de Baja California y 0.7% del País.

Al mes de agosto de 2011, brinda servicio a 877,489 habitantes de los 961,510 habitantes del Municipio; además de 65,747 habitantes ubicados en poblados no atendidos directamente por la CESPМ pero que son apoyados por el organismo operador dentro del Programa Agua Limpia.

En números generales se cuenta con una cobertura del servicio de agua potable del 98.1% a nivel municipal y con 99.4% en la cabecera municipal y capital del Estado. Cabe señalar que la media nacional es de 90.7%.

El Consejo Consultivo del Agua A.C. en su primer reporte de Enero de 2010, titulado “La Gestión del Agua en las Ciudades de México”, donde expone indicadores de desempeño de los organismos operadores de las 26 ciudades más pobladas del país, nos clasifica como la 6º lugar en cobertura de agua potable, como 8º lugar en alcantarillado sanitario y como 1er lugar en saneamiento de aguas residuales empatado con ciudades como Culiacán, León y Monterrey.

La CONAGUA en su publicación “Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento” Edición 2010, clasifica al sistema de agua potable de la ciudad de Mexicali como el 2º más alto en eficiencia física del país y como 25º en eficiencia comercial lo que ubica a la CESPМ como 4º lugar entre organismos operadores más eficientes a nivel nacional.

### Situación en Agua Potable

La CESPМ, actualmente opera un total de 19 plantas potabilizadoras abastecidas por una red de canales con agua del río Colorado y 10 sistemas de agua potable abastecidos por pozos. Tres de las plantas potabilizadoras se ubican en la ciudad mientras las demás instalaciones se ubican en los 23 Sistemas del Valle de Mexicali y Puerto de San Felipe. Entre las Plantas Potabilizadoras y los Pozos se cuenta con una capacidad instalada de 6,356 litros por segundo.

Tabla 4-110. Producción y Fuentes de Abastecimiento

Tipo de Fuente		Número	% de su Producción anual
Subterránea	Pozo Profundo	18	7.9%
Fuentes Superficiales	Toma de Río	15	92.1%
	Galerías Potabilizadoras		
	Filtrantes		
	Manantiales		
	Presas		
	Otras		
<b>Producción Total Anual de Agua de Junio de 2010 a Junio de 2011 (Millones de m³)</b>		<b>94.78 Millones de m³</b>	

Las redes de distribución se componen por 4,050 Km de tuberías de materiales tan diversos como asbesto cemento, fierro fundido, polietileno de alta densidad, Lock Joint, Polietileno y Cloruro de Polivinilo (PVC), con diámetros desde 2 a 42 pulgadas. De esta longitud 3,133 Km están instalados en el sistema ciudad de Mexicali y 917 Km en los sistemas del Valle y San Felipe operados por CESPМ.

### Situación en Alcantarillado Sanitario

Las redes de alcantarillado se componen de 2,843 Km de tuberías de asbesto-cemento, ABS, barro concreto, polietileno, polietileno de alta densidad, PVC y Techite. De esta longitud 2,562 Km corresponden a los sistemas de la ciudad de Mexicali mientras que los 281 Km restantes están instalados en los sistemas rurales y Puerto de San Felipe.

Para complementar la operación del sistema, son necesarias plantas de bombeo, llamadas cárcamos de bombeo de aguas residuales (CBAR) y otras de mayor tamaño llamadas plantas de bombeo de aguas residuales (PBAR), donde se eleva el agua residual que circula a profundidades considerables, para hacer más económicas las obras de instalación y para que cuando las aguas residuales transiten por tuberías más superficiales sea más fácil el mantenimiento de las líneas.

De los 39 cárcamos, 20 están ubicados en la ciudad de Mexicali y en suma cuentan con una capacidad de bombeo instalada de 1,662 l/s. Otros 15 CBAR se ubican en el Valle con una capacidad instalada que suma 807 l/s y 4 CBAR más en San Felipe, cuya capacidad instalada en conjunto es del orden de los 271 l/s. Las 10 PBAR están ubicadas en la ciudad de Mexicali y cuentan con una capacidad instalada de 4,774 l/s.; una undécima PBAR se está construyendo actualmente.

## **Tratamiento de Aguas Residuales**

En Mexicali se cuenta con diez plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) que en conjunto tienen 2,434 l/s de capacidad. Las plantas sirven a los sistemas de la ciudad y a los sistemas del Valle y San Felipe.

Con estas plantas de tratamiento de aguas residuales, se trata al 100% el agua recolectada en los sistemas de alcantarillado sanitario.

En 2010 se trataron 59.9 millones de metros cúbicos (Mm<sup>3</sup>) de aguas residuales, de los que 55.9 se tratan en la ciudad de Mexicali y de los cuales estamos reutilizando 40.4 Mm<sup>3</sup> de aguas residuales tratadas (ART); un 1.1%, de ese volumen se aprovecha en riego de áreas verdes, 19.8% en un nuevo uso en industria, 14.0% en agricultura y 37.3% en un uso ecológico en humedales que después aportan sus aguas al Río Hardy.

Para este propósito del aprovechamiento de las aguas residuales tratadas contamos con una planta de 15 l/s que acondiciona el agua residual tratada que produce la planta Mexicali II para después inyectarla a una red de 22 Km de tubería morada para su distribución en la zona urbana y conurbada de la ciudad de Mexicali.

Desde el año de 2003 el entonces Gobernador del Estado encargó a la CESPMM la operación y mantenimiento de la infraestructura para alcantarillado pluvial. En este tenor, la red de alcantarillado pluvial tiene una longitud de 798 Km de los cuales 788 Km corresponden al sistema ciudad de Mexicali y 10 Km al Valle y San Felipe.

En los últimos nueve años el total de la longitud de tubería en la ciudad de Mexicali ha tenido un crecimiento, de 65%, entendiéndose por crecimiento sólo líneas nuevas, en comparación con 2002. En el mismo periodo, las líneas y redes de alcantarillado sanitario crecieron un 82% con respecto a 2002. Cabe señalar que estas cantidades de tubería fueron alcanzadas con apoyo de importantes inversiones que vinieron a traer a la capital del Estado de Baja California al estatus que ya he mencionado anteriormente.

No obstante, el mantenimiento de los sistemas existentes ya empieza a cobrar una relevancia tal que es indispensable establecer programas de reposición sensiblemente más intensivos que los de los ejercicios anuales anteriores más recientes.

En las condiciones descritas, la capacidad instalada de sistemas de bombeo y otros equipos y el consumo de energía es el siguiente:

La capacidad de potencia instalada y el consumo de energía es la siguiente:

Tabla 4-111 Capacidad y potencia instalada en equipos de bombeo

Equipo de Bombeo			
Área	Tipo de Sistema	Número Total de Equipos	Capacidad Total Instalada H.P.
Agua Potable	Pozos	39	1,336
	Rebombeos	3	180
	Equipos tipo Booster	0	0
	Potabilizadoras	82	10,067
Agua Residual	Cárcamos de Rebombeo de Agua Residual	89	1,936
	Plantas de bombeo de agua residual	40	6,945
	Plantas de Tratamiento de Agua Residual	91	1,560
<b>Consumo y costo energético (Nota 1)</b>		<b>Periodo</b>	<b>Monto</b>
<b>Consumo Anual de Energía (Kwh)</b>		<b>Junio 2010</b>	<b>23,552,135</b>
<b>Facturación anual de Energía Eléctrica (\$)</b>		<b>a junio 2011</b>	<b>31,662,556</b>

En base a estos datos, el Índice Energético Global de CESP resulta en 0.24 kW/m<sup>3</sup>, el cual es sumamente bajo, aun a pesar de tener una cobertura importante de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales con

## LOS RETOS

Para los directivos de la propia CESP, esta es su opinión, obtenida directamente de ellos mismos<sup>1</sup>:

El primer reto es MANTENER los niveles de servicio actuales.

Sin embargo, no podemos dejar de tomar en cuenta el impacto económico que las economías mundial, norteamericana y la local por consecuencia va teniendo en la condición adquisitiva de los usuarios. Por lo tanto, el ingreso de la CESP es ciertamente limitado en el sentido de que financieramente dependemos de la tarifa y de la recaudación.

Sin embargo, la prioridad de acuerdo a la política que estamos manejando es conservar en condiciones funcionales las instalaciones de todos los sistemas.

A julio de 2011 tenemos un estimado de 2,177 Km de tuberías que ya cumplieron su vida útil y que eventualmente representan un riesgo de falla o colapso para el sistema de conducción.

No debemos omitir que uno de los grandes problemas de nuestro sistema de recolección es que las pendientes de diseño, al ser bajas (por economía) se combinan con descargas con alto contenido de sólidos sedimentables que eventualmente provocaran azolve de tales materiales y por la descomposición de la materia orgánica se generan gases de olor fétido y en altas concentraciones peligrosos para la salud como es el caso del ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S).

<sup>1</sup>La descripción de la situación actual y del desarrollo y resultados de sus proyectos, están tomadas directamente del documento proporcionado por la CESP en el formato de encuesta enviado por la CONAGUA como parte de este proyecto

Desafortunadamente este problema rebasa el ámbito técnico y se ubica en el marco de la cultura de la población. Por un lado la falta de conciencia de algunos ciudadanos provoca grandes problemas de azolve en los sistemas de recolección.

En ocasiones nuestro personal se ha encontrado con desechos que se antojan increíbles obstruyendo los conductos del drenaje, por ejemplo: colchones, bultos de cemento o yeso petrificados, balones de futbol o básquetbol, televisores, prendas de vestir, troncos y ramas de árboles, barrotes de madera, animales muertos, etc.

Un segundo componente particularmente crítico en el caso de las descargas de aguas residuales que ingresan al sistema de recolección y saneamiento, cuando los parámetros de contaminantes son rebasados por un incumplimiento de la Normatividad que exige la Ley en las descargas de particulares, entiéndase por estos a usuarios no domésticos que descargan, consciente o inconscientemente, contaminantes por arriba de lo establecido en la Norma Oficial Mexicana vigente (NOM-002-SEMARNAT-1196).

Esto hace que los costos de operación aumenten porque es necesario invertir más recursos para utilizar más energía, o más reactivos que logren abatir los niveles de contaminantes que están por arriba de lo normal hasta compensar esa sobrecarga que, en el peor de los casos provoca que el organismo operador no pueda lograr el tratamiento suficiente para verter un agua de calidad que no dañe un cuerpo receptor de agua y/o el medio ambiente. Todo esto hará que tarde o temprano ese sobre costo tenga que ser reflejado en la tarifa del servicio donde será pagado por todos los usuarios.

Luego entonces, la falta de conciencia de algunos tiene repercusiones económicas en los bolsillos de las familias ricas, las de clase media y las familias pobres también. A nosotros nos parece que esta situación no es justa en absoluto.

Existen también parámetros de calidad que no están incluidos en las Normas. Tal es el caso de la Demanda Química de Oxígeno (DQO), que es un parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltas o en suspensión en una muestra líquida. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno biatómico por litro (mg de O<sub>2</sub>/l).

Aunque este método pretende medir principalmente la concentración de materia orgánica, sufre interferencias por la presencia de sustancias inorgánicas susceptibles de ser oxidadas (sulfuros, sulfitos, yoduros...), que también se reflejan en la medida. De tal forma que aún y cuando se encuentre una descarga con cantidades exorbitantes de este parámetro no hay forma de evitar que esa condición continúe pues ni siquiera está considerado como un parámetro a cumplir en la Norma.

Esta y otras situaciones problemáticas han sido detectadas en un ejercicio de planeación donde estamos trabajando con las áreas involucradas para integrar un plan maestro común donde el principal objetivo es la participación de todos los involucrados en cada condición a desarrollar y/o a corregir para que cada área participe en el ámbito de su competencia haciendo un uso eficiente los recursos del organismo operador para maximizar los beneficios de acuerdo a un programa de acción lógico concertado de común acuerdo.

Así pues, una de las necesidades más sentidas por las áreas involucradas es la atención preventiva de un Programa de Reposición de Líneas de Agua Potable y un Programa de Reposición de Líneas de Alcantarillado.

Por otro lado, en los últimos nueve años se han repuesto 155.0 Km de líneas de agua potable y 390.7 Km de líneas de alcantarillado sanitario para un promedio anual de 17.2 y 43.4 Km respectivamente. Cabe señalar que en el caso de alcantarillado sanitario, en gran medida impactan las reposiciones de atarjeas, subcolectores y colectores de alcantarillado sanitario que se lograron bajo el auspicio de la Agencia de Protección al Ambiente de Estados Unidos (Environmental Protection Agency, EPA) a través del Banco de Desarrollo de América del Norte, en cumplimiento de los acuerdos del Tratado de Libre Comercio, dentro del Programa de Saneamiento de la Ciudad de Mexicali y que en su momento aportó recursos a fondo perdido por \$20.6 millones de dólares americanos para obras de reposición en la capital del Estado.

Eliminando esas obras podemos pensar en un promedio de 53.3 Km anuales para obras de reposición de tuberías de alcantarillado sanitario.

Para darnos una idea de las necesidades de reposición de líneas en las redes operadas por la CESP, al corto y mediano plazo se presenta la siguiente tabla:

Tabla 4-112. Tuberías que requieren reposición a corto y mediano plazos.

Red	Material	Longitud en m	Antigüedad en años
AGUA POTABLE	Fierro Fundido	33,166	>40
	Lock Joint	25,954	>40
	Asbesto Cemento	1,202,453	>30
ALCANTARILLADO SANITARIO	Barro	259,550	>40
	Concreto	58,682	>30
	ABS	346,820	>30
	Asbesto Cemento	11,225	>30
	Techite	401	>30
ALCANTARILLADO PLUVIAL	Barro	7,707	>40
	ABS	1,680	>30
	Concreto	230,238	>30
	Techite	60	>30
<b>Tsuma Totales =</b>		<b>2,177,936</b>	

Así, y bajo la premisa de conservar la misma longitud promedio anual de reposición de líneas, tanto para agua potable como para alcantarillado sanitario; podríamos pensar que la CESP terminará los 2,178 Km de reposiciones en unos 41 años.

Es más que evidente que la CESP debe enfocar más recursos en fortalecer los programas de reposiciones. Estos programas, como todos los programas de inversión están sujetos a la disponibilidad del recurso y por tanto, se antoja difícil su programación en estos tiempos de recesión económica.

## PROPUESTAS

La estrategia a seguir que hemos determinado en el ejercicio de planeación referido anteriormente es entonces: atacar varios puntos de manera simultánea y paralela:

- 1) Establecer un programa de mantenimiento mayor, para retirar la gran cantidad de azolve en los colectores principales;
- 2) Lanzar una campaña de sensibilización dirigida a la ciudadanía para inducir en la población las prácticas del buen uso del alcantarillado, logrando con esto prolongar la vida útil de los conductos y de los sistemas en general, y además diferir inversiones;
- 3) Impulsar de manera importante los programas de reposición de tuberías entre los programas de inversión, procurando la coordinación con los tres niveles de gobierno conforme correspondan las facultades de cada uno.



## CONCLUSIONES

La atención de la demanda de crecimiento de los sistemas es un factor importante para brindar un servicio oportuno a la ciudadanía. Sin embargo, mantener los sistemas actuales funcionando adecuadamente nos exige un ritmo de trabajo al cual tendremos que habituarnos.

El reparar colapsos y fallas en las redes de manera inmediata a la eventualidad, implica la aplicación de mayor cantidad de recursos para el organismo operador, además de un cúmulo de incomodidades para los habitantes de la ciudad por los cortes de circulación que necesariamente hay que realizar. Sin embargo, si logramos establecer un plan de trabajos de reposición programado con antelación se abatirán los costos y se minimizarán las molestias.

No debemos soslayar la importancia de crear conciencia en todos los sectores de la población para mantener las redes operando de manera más adecuada y por más tiempo. Es decir, la participación de los usuarios permitirá o no, hacer las inversiones cuando sean indispensables y no sólo cuando sean urgentes.

### 4.10.2 Descripción de sus proyectos y resultados

#### PROYECTO ESTRATÉGICO 1. (Eficiencia Física)

Abatir las pérdidas de agua en los procesos de: Conducción de las fuentes de abastecimiento, potabilización y distribución, con el objeto de hacer eficiente el uso y aprovechamiento de este recurso estratégico, mejorando la infraestructura y equipamiento, como parte integral de la cultura del buen uso de agua.

#### REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS DE AGUA EN LOS PROCESOS DE PLANTAS POTABILIZADORAS

En un sistema de abastecimiento de agua potable se le conoce como pérdidas, al agua que por diferentes motivos no se factura, también se conoce como agua no contabilizada, este resulta de restarle al volumen de agua utilizada en el sistema, el volumen de agua facturada.

La Comisión Nacional del Agua en su publicación de la Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de diciembre del 2003, respecto al concepto de agua no contabilizada menciona que de 157 entidades prestadoras del servicio que reportaron, el porcentaje promedio de agua no contabilizada fue de 44.

British Water, empresa inglesa, dedicada a la operación de sistemas de agua potable alrededor del mundo, menciona que el agua no contabilizada en el Reino Unido es del orden del 25%, en el norte de Europa y Singapur el 3%, y el resto del mundo entre el 50% y 70%.

De acuerdo a lo anterior podemos decir que México no entra en el resto del mundo pues la media nacional esta por el 50%.

Estas pérdidas o agua no contabilizada se pueden separar en dos grupos.

**Pérdidas físicas:** Son todas aquellas que antes de llegar al usuario se pierde, como fugas en tuberías, agua utilizada en retrolavado de filtros, evaporación etc., pueden ser visibles o no.

**Pérdidas comerciales:** Son todas aquellas que de alguna manera el agua físicamente la recibe el usuario pero no es contabilizada por diversas razones, como por ejemplo: tomas clandestinas, tomas sin medidor, con cuotas fijas o consumos estimados, medidores descompuestos, etc.

#### EFICIENCIA FÍSICA

La eficiencia física de una red de agua potable se refiere a la relación que existe entre el volumen de agua consumido realmente por la población y el volumen producido en las fuentes de abastecimiento. La diferencia entre ambos volúmenes representa las fugas de agua que se tiene en la red. La eficiencia física refleja la capacidad del organismo para evitar pérdidas físicas del agua que produce.

Para la Ciudad de Mexicali, la evolución de este indicador se muestra en la tabla siguiente donde las unidades son Millones de metros cúbicos

Tabla 4-113. Evolución de agua no cotabilizada.

	Volumen de agua		Agua no contabilizada	
	Utilizada	Facturada	m <sup>3</sup>	%
2001	88.5	69.7	18.9	21.3
2002	81.3	68.0	13.3	16.4
2003	78.6	67.8	10.8	13.7
2004	78.3	69.9	8.3	10.7
2005	80.2	70.4	9.8	12.2
2006	83.4	71.9	11.5	13.8
2007*	65.6	53.5	12.1	18.4

Como podemos observar en el tabulado anterior, entre 2001 y 2006, se alcanzó una reducción de 13.8 puntos porcentuales, incrementando con esto significativamente la eficiencia en el manejo del agua.

### ANÁLISIS DE LA TENDENCIA DE RECUPERACIÓN DE PÉRDIDAS DE AGUA

En los siguientes gráficos se aprecia en el horizonte (de 1989 a 2006, 18 años), la tendencia que registra la curva que describe la evolución de las pérdidas físicas; En 1989, este indicador fue del 29.8 por ciento; las pérdidas se fueron incrementando hasta llegar a su punto más alto en 34.8 por ciento, en el año de 1994.

A partir de 1995 empieza una situación favorable, toda vez que este indicador fue disminuyendo en forma paulatina, hasta posicionarse en el año 2001 con 21.3 por ciento. Esto quiere decir que hubo una recuperación en las pérdidas de agua en ese lapso (7 años) de 13.5 puntos porcentuales (1.9 por ciento en promedio anual).

Se lograron abatir las pérdidas de una manera muy importante, 7.5 puntos porcentuales, esto es, 2.5 por ciento en promedio anual desde el año 2002 a 2006.

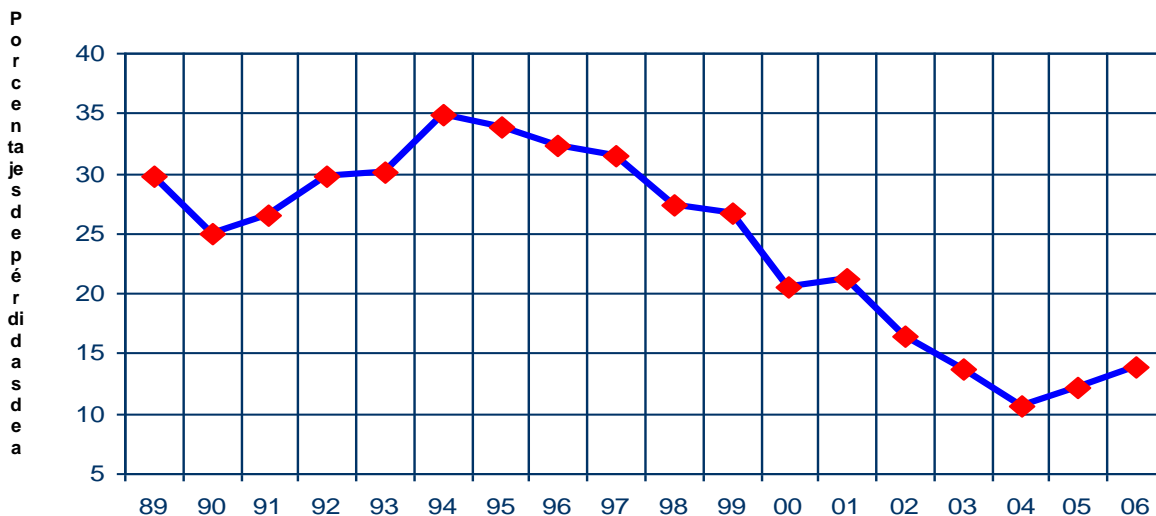


Figura 4-78. Cuadro comparativo del volumen de agua utilizado vs. volumen de agua facturado.

Tabla 4-114. Evolución de eficiencia física.

Año	Volumen en Mm <sup>3</sup>				Eficiencia
	Utilizado	Facturado	Pérdidas	%	%
1989	84.0	58.9	25.0	29.8	70.2
1990	80.8	60.6	20.2	25.0	75.0
1991	78.0	57.4	20.7	26.5	73.5
1992	78.5	55.2	23.3	29.7	70.3
1993	77.5	54.2	23.3	30.1	69.9
1994	81.1	52.9	28.2	34.8	65.2
1995	82.1	54.3	27.7	33.8	66.2
1996	84.0	56.7	27.2	32.4	67.6
1997	86.6	59.3	27.3	31.5	68.5
1998	85.1	61.8	23.3	27.4	72.6
1999	86.8	63.7	23.1	26.6	73.4
2000	86.4	68.6	17.8	20.6	79.4
2001	88.5	69.7	18.9	21.3	78.7
2002	81.3	68.0	13.3	16.4	83.6
2003	78.6	67.8	10.8	13.7	86.3
2004	78.3	69.9	8.3	10.7	89.3
2005	80.2	70.4	9.8	12.2	87.8
2006	83.4	71.9	11.5	13.8	86.2
2007*	65.6	53.5	12.1	18.4	81.6

\* Estimado al día 30 de septiembre de 2007

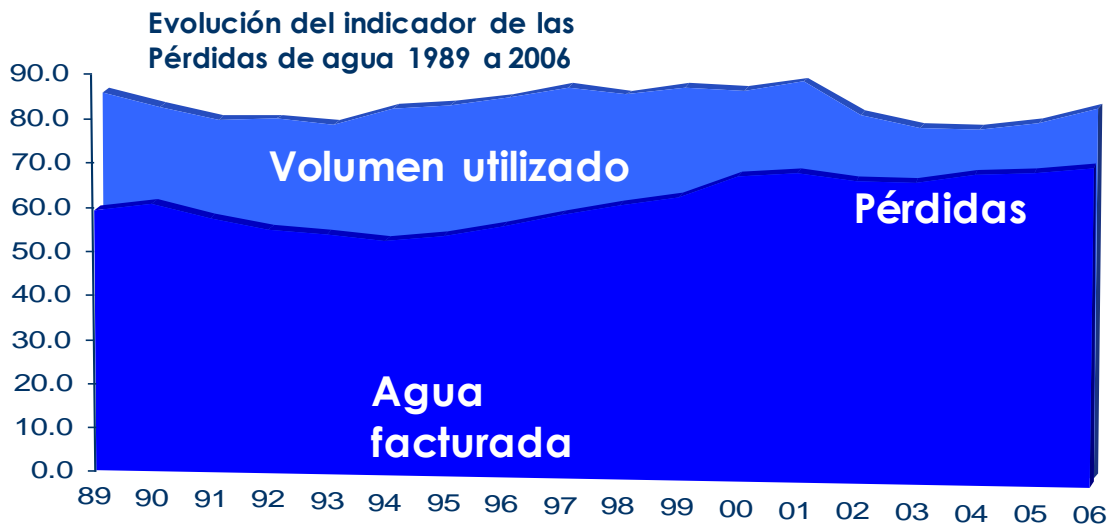


Figura 4-79. Grafica de evolución de eficiencia física.

Para alcanzar estas eficiencias, se trabajó en diferentes programas, desde luego que atendiendo en principio los problemas más obvios y visibles.

La Ciudad de Mexicali se abastece de aguas superficiales del Río Colorado, captadas a través de la presa Morelos y conducidas por los canales del distrito de riego hasta las tres plantas potabilizadoras que se encuentran en operación con las siguientes características:

Las tres plantas cuentan con tanques sedimentadores de agua cruda, clarificadores, filtros de grava-arena-antracita, desinfección con gas cloro, tanques reguladores y estaciones de bombeo a la red, esto último debido a que la topografía de la ciudad es prácticamente plana, con una presión de trabajo entre 32 y 35 metros columna de agua garantizando con esto en la red una carga disponible mínima de 15 metros columna de agua.

La red de distribución de agua de la Ciudad de Mexicali, a la fecha de este reporte, alcanza una longitud total de 2,886.4 Km, misma que se integra de las tuberías según se describe en la página 93 de este documento.

Para operación de la red se tenían instaladas 21,569 válvulas de seccionamiento, 4,110 hidrantes contra incendio y 263,565 tomas domiciliarias activas, de las cuales 262,923 contaban con medidor.

Para brindar una mejor atención al usuario el sistema se encuentra dividido físicamente en 10 zonas de atención en todo el Municipio, de estas, 7 se encuentran en la ciudad.

## **IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS DE OPORTUNIDAD**

Con el objeto de identificar posibles áreas de oportunidad, se efectuó una revisión física de las obras que integran el sistema de agua potable, buscando posibles pérdidas, concluyendo con los siguientes proyectos o programas tendientes a reducir pérdidas:

1. Recuperación de agua en retrolavado de filtros en plantas potabilizadoras.
2. Atención inmediata a reportes de fugas.
3. Reposición de tuberías que ya cumplieron con su vida útil.
4. Reposición de válvulas de seccionamiento.
5. Reposición de tomas domiciliarias.
6. Reposición de medidores.
7. Reducción de tomas con cuota fija.
8. Localización tomas clandestinas.

Estos programas o proyectos fueron los que consideramos prioritarios, mismos que van ligados a un número mayor de subprogramas que no se concluyen en el primer año y otros se convierten en programas sistemáticos, que año con año, tendrán que operarse y evaluar sus resultados.

Durante los años 2002, 2003 y 2004 se atendieron estos proyectos y los resultados fueron los siguientes:

### **1. RECUPERACIÓN DE AGUA DE RETROLAVADO DE FILTROS EN PLANTAS POTABILIZADORAS.**

En las Plantas Potabilizadoras, la filtración, es el proceso donde se remueven del agua las partículas suspendidas no sedimentadas en los procesos previos, obteniendo agua filtrada clara y transparente. Esto se logra haciendo pasar el agua a través de las capas de arena y antracita que tiene el filtro, donde se retienen y acumulan las partículas hasta que el filtro se "ensucia" y tiende a taparse. Es entonces cuando se requiere de grandes volúmenes de agua limpia para lavar (retrolavar) los filtros, removiendo

toda la “suciedad” acumulada hasta dejarlos en condiciones de seguir realizando su función eficientemente.

Hasta antes del 2002, todo el volumen de agua que se utilizaba para el retrolavado de filtros en la ciudad de Mexicali era desechado a los drenes, llegando a ser este volumen de hasta 5.3 millones de m<sup>3</sup> en 1999. Esa fue un área de oportunidad que se detectó y se decidió hacer algo al respecto.

En el año 2001, se utilizaron 88.5 millones de metros cúbicos para abastecer el sistema de agua potable, de los cuales 2.8 millones de metros cúbicos (3.15 por ciento), se utilizaron para retrolavar filtros en plantas potabilizadoras, sin recuperación alguna.

Para el año 2002, se iniciaron adecuaciones en las instalaciones de las plantas potabilizadoras N° 1 y N° 2, para recuperar parcialmente los volúmenes utilizados en el retrolavado de filtros y fue hasta el 2003, que en ambas plantas se concluyeron las adecuaciones para recuperar el 100 por ciento del agua utilizada en retrolavado de filtros y en la planta N° 3, se concluyeron en el mes de abril del 2004.

Las obras ejecutadas no hacen otra cosa más que regresar el agua utilizada en el retrolavado de filtros a los tanques sedimentadores.

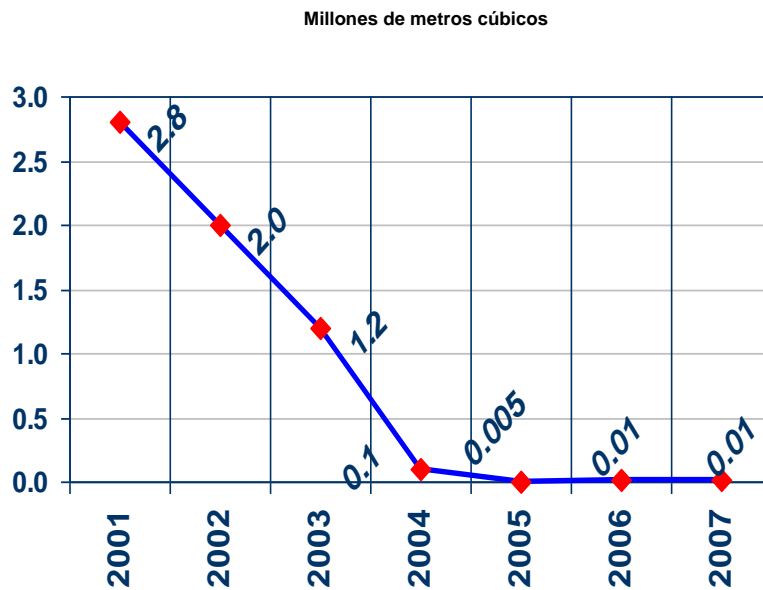


Figura 4-80. Perdida de agua perdida en proceso de retrolavado

Como se aprecia en la gráfica anterior, de los 2.8 millones de metros cúbicos que se “perdían” en el 2001 (que representan 1.3 veces el consumo anual del Puerto de San Felipe), se redujo a poco más de 14,500 metros cúbicos por año en el 2006.

Tabla 4-115. Evolución de pérdidas

Planta Potabilizadora	Volumen												Pérdidas													
	Captado m³						Bombeado m³						2002		2003		2004		2005		2006		2007			
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2002	2003	2004	2005	2006	2007	m³	%	m³	%	m³	%	m³	%	m³	%	m³	%		
No. 1 (Pro-hogar)	31.6	30.5	27.8	25.5	31.0	22.0	30.8	30.3	27.8	25.4	31.0	22.0	0.8	2.6	0.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.01	0.0
No. 2 (Calles)	46.4	41.6	43.6	45.7	43.5	36.1	45.4	40.7	43.6	45.7	43.4	36.1	1.0	2.2	0.9	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
No. 3 (Xochimilco)	2.7	6.6	6.9	9.0	9.0	7.5	2.7	6.3	6.8	9.0	9.0	7.5	0.1	3.0	0.2	3.2	0.1	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Nacionalista	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>TOTAL:</b>	<b>81.3</b>	<b>78.6</b>	<b>78.3</b>	<b>80.2</b>	<b>83.5</b>	<b>65.6</b>	<b>79.4</b>	<b>77.4</b>	<b>78.2</b>	<b>80.2</b>	<b>83.4</b>	<b>65.6</b>	<b>2.0</b>	<b>2.4</b>	<b>1.2</b>	<b>1.6</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>

Lo anterior significa que actualmente los filtros producen más metros cúbicos de agua por cada metro cúbico de agua utilizado para su lavado, dado que las pérdidas generadas por las aguas de retrolavado, al ser recuperadas, únicamente se tienen pérdidas menores por evaporación o lavado de instalaciones.

### REDUCCIÓN DEL COSTO DE TRATAMIENTO

La capacitación especializada del personal, la medición y seguimiento al desempeño de los procesos y la implementación de procedimientos de trabajo, han permitido determinar y mantener las dosificaciones óptimas de los productos químicos utilizados en el proceso de Potabilización, dando como resultado que en el 2004 se redujera en 1.8 centavos el consumo de coagulante respecto al 2001 y en 18 por ciento el consumo de cloro. Sin embargo, dada las condiciones de sólidos en suspensión a partir de 2005, se tuvieron costos de 6.0, 5.1 y 5.6 centavos por m<sup>3</sup>.

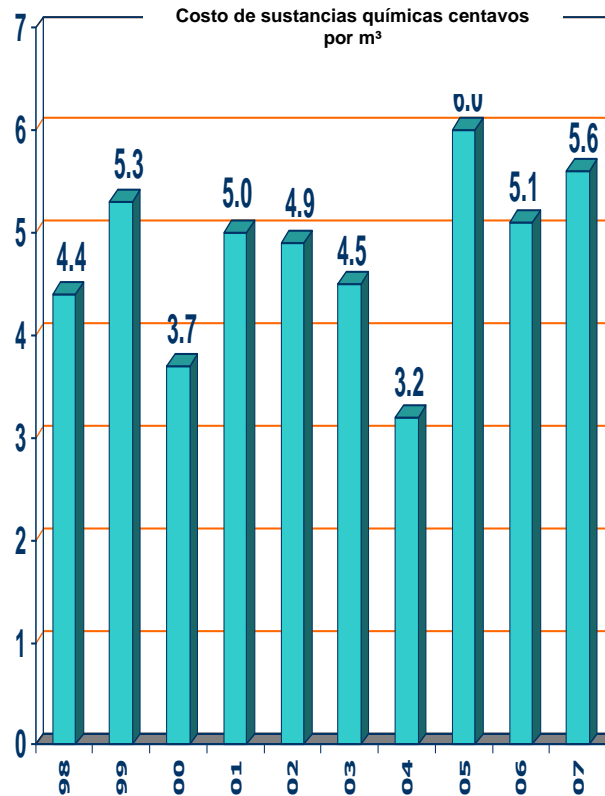


Figura 4-81. Costo de sustancias químicas utilizadas.

### LOCALIDADES DEL RESTO DEL MUNICIPIO

La operación y mantenimiento de las Plantas Potabilizadoras del valle. En base a un diagnóstico previo de las condiciones en las que se encontraban estas instalaciones y para evitar riesgos a la salud, se dio prioridad a la atención de los sistemas de desinfección, rehabilitando los 16 sistemas de cloración detectados como críticos.

Otra prioridad atendida fue la problemática de color en el agua presentada en algunas comunidades del valle, instalando sistemas de filtración para remover el Hierro y Manganeseo, en los poblados de Ciudad Morelos (Cuervos) y Guadalupe Victoria (Km 43), beneficiando a más de 27 mil habitantes.

Para mejorar el servicio e incrementar la eficiencia operativa, se dejaron fuera de operación siete Plantas Potabilizadoras en el valle y periferia de la Ciudad de Mexicali, conectando estos poblados a otros sistemas aledaños con la capacidad e instalaciones más adecuadas y eficientes.

También se automatizó la operación de los pozos y tanques de regulación en el Puerto de San Felipe (telemetría y control), incrementando la confiabilidad y eficiencia en la operación e inició el proyecto de automatización de las Plantas Potabilizadoras de la Zona Comercial IX.

## 2. ATENCIÓN INMEDIATA A REPORTE DE FUGAS

Contamos con un Módulo de Atención Telefónica, identificado con el número 073, en el que se atienden llamadas las 24 horas del día los 365 días del año y se encuentra conectado en línea con todas las Zonas Comerciales.

Después de recibir la llamada o reporte de fuga, se envía por radio y por la red a la zona correspondiente para su atención inmediata; Se tienen cuadrillas para reparaciones o atención de fugas las 24 horas del día todo el año. Como mínimo, una cuadrilla por noche en cada Zona Comercial.

Normalmente, los reportes son atendidos el mismo día. Durante el año 2001, se recibieron 24,196 llamadas relacionadas con fuga de agua potable; en el 2002, 20,886; en 2003 19,296; en 2004 14,551; en 2005 12,888 y en 2006 13,989. Hasta Septiembre de 2007, se habían atendido 12,972 reportes.

Como podemos observar, las llamadas se han reducido independientemente de que el número de usuarios ha aumentado.

Es difícil determinar cuál es o a cuanto equivale la reducción de pérdidas por este concepto, pero lo que sí es seguro es de que si se tiene una reducción de pérdidas con la ejecución de estas acciones.

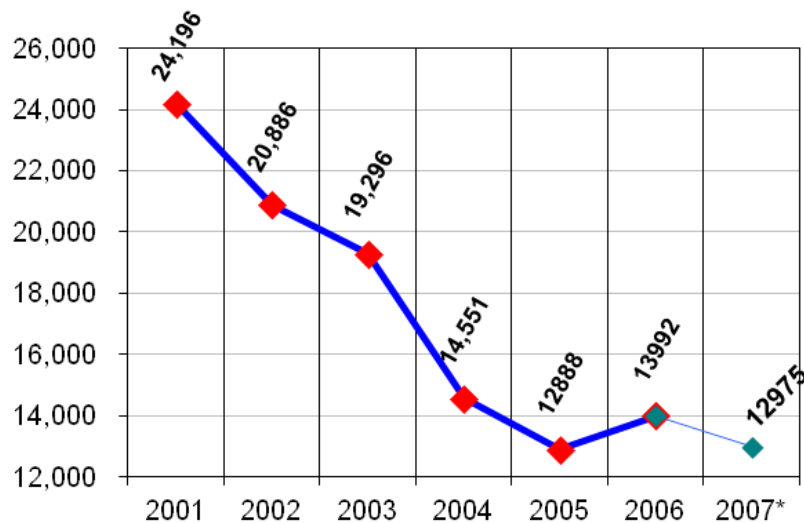


Figura 4-82. Evolución del volumen estimado en pérdidas por fugas de agua.

Tabla 4-116. Evolución de reportes de fugas atendidos

Reportes de fugas atendidos							
Descripción	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007*
Acciones	24,196	20,886	19,296	14,551	12,888	13,992	12,972

\*Real al día 30 de septiembre de 2007

## 3. REPOSICIÓN DE TUBERÍAS QUE YA CUMPLIERON CON SU VIDA ÚTIL

Durante los años 2002 y 2003 se repusieron un total de 16,317 metros, durante 2004 se repusieron 47,664 metros de tuberías, durante 2005 22,974 m y en el 2006 se instalaron 16,289 m de tubería en reposición de las que ya cumplieron con su vida útil. A septiembre de 2007 se habían repuesto un total de 3,973 m de tubería. Las tuberías instaladas son de PVC (policloruro de vinilo).

Así, los trabajos de reposición sumaban 107.2 kilómetros de tuberías de agua potable, ver cuadro siguiente.

**Tabla 4-117. Trabajos de reposición de tuberías.**

Descripción	2002	2003	2004	2005	2006	2007*
Anual	7,818	8,499	47,664	22,974	16,289	3,973
Acumulado	7,818	16,317	63,981	86,955	103,244	<b>107,217</b>

\*Real al día 30 de septiembre de 2007

#### 4. REPOSICIÓN DE VÁLVULAS DE SECCIONAMIENTO

Para garantizar que el sistema de agua potable pueda operarse eficientemente, durante los años 2002 y 2003 se repusieron 696 válvulas de seccionamiento tipo compuerta; Además, para complementar el sistema, se le integraron 167 nuevas válvulas de seccionamiento, lo que nos ayuda a seccionar más rápido la red de distribución, obteniendo con esto menor desperdicio de agua potable en caso de fuga.

**Tabla 4-118. Reposición de válvulas realizada.**

Válvulas	2001	2002	2003	2004	2005	2006	sep/07	Crecimiento	%
Cd Mexicali	12,477	13,078	13,854	13,991	16,919	19,210	21,569	9,092	72.9

#### 5. REPOSICIÓN DE TOMAS DOMICILIARIAS

En los trabajos de reposición de tomas para reducir las pérdidas de agua, la costumbre que hasta el año 2002 se tenía, al atender un reporte de una fuga en toma domiciliaria, era simplemente el acudir al sitio y repararla. Con esto el problema se resolvía momentáneamente, pero en el corto plazo, la fuga se presentaba de nuevo, porque el motivo por el cual falla la toma, se debe principalmente a que los materiales utilizados en su construcción, se encuentran fuera de norma, entonces la falla es repetitiva.

Para resolver este problema, se diseñó un método para reponer completamente la toma domiciliaria, utilizando los materiales indicados en la norma correspondiente y un método que fue ideado por nuestra gente; El cual no se requiere abrir zanja en la calle, pues solo se excava en los extremos de la toma existente, utilizando esta como guía; Se extrae la vieja toma, quedando una nueva en el mismo sitio. Esto se inició primeramente con pruebas en una zona conflictiva, hasta perfeccionarlo y a partir del mes de octubre del 2002, en todas las Zonas Comerciales, cuando una toma falla, ya no se repara, se repone.

En el cuadro y gráfico siguientes, se observa el incremento en los esfuerzos de los trabajos de reposición de tomas domiciliarias. Para el 2002 se repusieron 748, en el 2003 5,398, para el 2004 6,398, para 2005 4,241 tomas, en 2006 4,139 y hasta el día último de septiembre de 2007 3,758, lo que da un total de 24,682 tomas domiciliarias repuestas, que presentaron problemas de fugas.



Descripción	2002	2003	2004	2005	2006	2007*	Total
Tomas reposición	748	5,398	6,398	4,241	4,139	3,758	24,682

\*Real al 30 de sep.de 2007

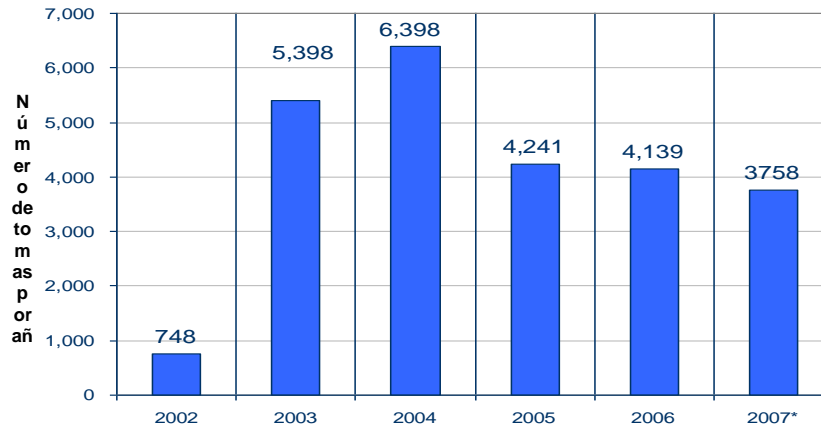


Figura 4-83. Reposición de tomas domiciliarias

## 6. REPOSICIÓN DE MEDIDORES

Para la medición de los consumos de agua a usuarios, son utilizados aparatos de medidores de flujo. Decíamos que estos aparatos se encuentran instalados en las tomas domiciliarias en diversos diámetros, dependiendo el uso: Tres cuartos de pulgada, para uso doméstico en general, que vienen siendo la mayoría y; Para usos que requieren mayores consumos, tales como edificios e instalaciones comerciales, industriales, de gobierno y educativos, son utilizados aparatos de diferentes diámetros, dependiendo su uso.

El promedio de vida de estos aparatos se tiene estimada en diez años. A la fecha de este documento la instalación de medidores data de 1977 y se tenía un inventario de más de 30 mil aparatos que ya habían cumplido su vida útil y estaban en proceso de ser reemplazados.

Por lo cual, se instalaron un total de 20,111 medidores de los cuales 11,768 fueron nuevos y 8,343 reposiciones.

Como consecuencia de las acciones de reposición de medidores, se mejoró la medición del volumen facturado a usuarios, logrando con esto elevar el grado de eficiencia en este sentido. En la Ciudad de Mexicali se alcanzó una cobertura en medición del 99.76%. Del total de 262,923 tomas de todo el sistema, 263,565 cuentan con medidor y; para el total del Municipio 98.8 por ciento, se tienen 293,656 tomas con 290,143 medidores.

En el gráfico de abajo, a nivel Municipal, se observa que para el año 2001, de 204,532 tomas, tenían 196,645 medidores instalados, 96.1 por ciento de cobertura. Para el 2007, esta condición muestra una situación favorable, ya que de 293,656 tomas, se tenían instalados 290,143 aparatos medidores, 98.8 por ciento de cobertura. Lo anterior representaba un 2.7 por ciento mayor que lo reportado en 2001.

Tabla 4-119. Reposición de medidores.

Descripción	2002	2003	2004	2005	2006	2007*	Total
Reposición	18,001	22,073	25,963	13,968	9,922	8,343	98,270
Crecimiento	13,371	15,176	18,068	17,063	18,052	11,768	93,498
Total	31,372	37,249	44,031	31,031	27,974	20,111	191,768

\*Real al día 30 de septiembre de 2007

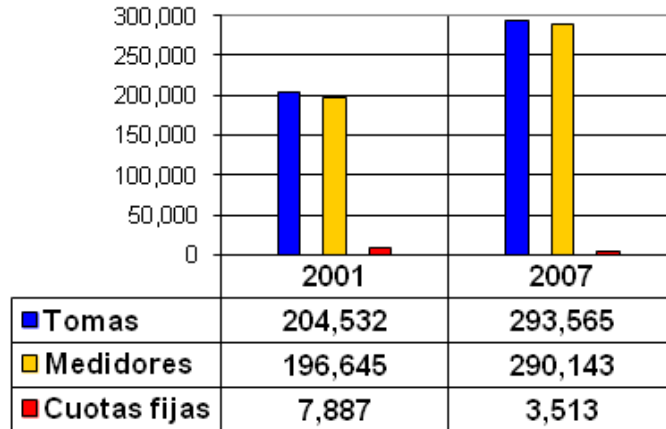


Figura 4-84. Incremento de servicio medido.

### 7. TOMAS CON CUOTA FIJA

Existen también situaciones con tomas domiciliarias que están siendo medidos mediante el cobro con cuota fija.

Este tipo de conexión es para aquellos servicios que no cuentan con aparato medidor por situaciones diversas, tales como: Contrataciones nuevas, medidores en mal estado entre otros. El volumen en este caso se calcula conforme a las disposiciones que en materia fiscal establece la Ley de Ingresos del Estado, en vigor.

Sin embargo se están haciendo esfuerzos en el sentido de abatir por completo esta situación, con acciones de instalación y reemplazo de aparatos medidores.

A finales del 2001 se reportaron 7,887 tomas con cuota fija, lo que representó en ese momento 3.9 por ciento del total de tomas (204,532). Para el 2007 se tenían registradas 3,513 tomas con cuotas fijas, que viene siendo el 1.2 por ciento de 293,656 tomas. En el gráfico de abajo, se hace un comparativo 2001 vs. 2006, se observa la tendencia de disminución de las cuotas fijas. Sin embargo, el aumento en 2007 (al día 30 de septiembre) reflejo la adición de nuevos poblados al sistema CESPМ.

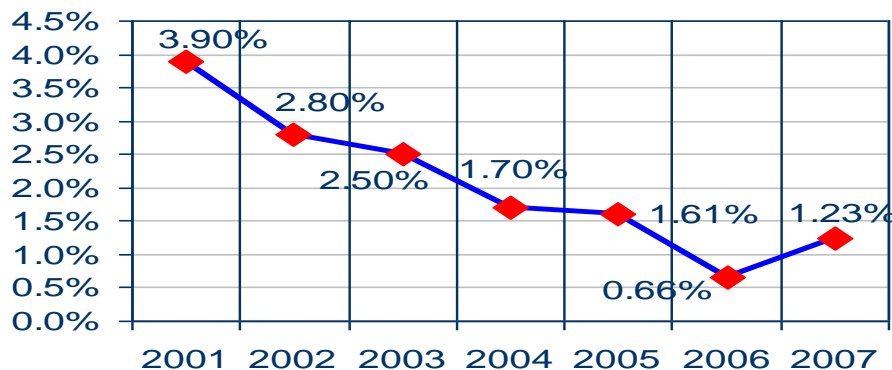


Figura 4-85. Disminución de cuota fija

Tabla 4-120. Evolución de cuota fija en el Municipio, ciudad y localidades de Mexicali

**Cuotas fijas existentes en el Municipio de Mexicali**

Descripción	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Diferencia	%
<b>Tomas</b>	<b>7,887</b>	<b>6,016</b>	<b>5,702</b>	<b>4,082</b>	<b>2,755</b>	<b>1,857</b>	<b>3,513</b>	<b>-4,374</b>	<b>-55.5</b>
Doméstico	7,854	5,990	5,669	4,072	2,747	1,849	3,505	-4,349	-55.4
Comercial	18	12	3	1	1	1	1	-17	-94.4
Industrial	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
Gobiernos	15	14	30	9	7	7	7	-8	-53.3

**Cuotas fijas existentes en la Ciudad de Mexicali**

Descripción	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Diferencia	%
<b>Tomas</b>	<b>5,161</b>	<b>3,539</b>	<b>3,442</b>	<b>2,083</b>	<b>1,320</b>	<b>804</b>	<b>642</b>	<b>-4,519</b>	<b>-87.6</b>
Doméstico	5,140	3,523	3,409	2,073	1,312	796	634	-4,506	-87.7
Comercial	6	2	3	1	1	1	1	-5	-83.3
Industrial	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
Gobiernos	15	14	30	9	7	7	7	-8	-53.3

**Cuotas fijas existentes en localidades foráneas del Municipio de Mexicali**

Descripción	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Diferencia	%
<b>Tomas</b>	<b>2,726</b>	<b>2,477</b>	<b>2,260</b>	<b>1,999</b>	<b>1,435</b>	<b>1,053</b>	<b>2,871</b>	<b>145</b>	<b>5.3</b>
Doméstico	2,714	2,467	2,260	1,999	1,435	1,053	2,871	157	5.8
Comercial	12	10	0	0	0	0	0	-12	-100.0
Industrial	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
Gobiernos	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0

## 8. LOCALIZACIÓN DE TOMAS CLANDESTINAS

En este programa se pretende continuar comparando nuestro padrón de usuarios contra planos catastrales y edificaciones existentes, durante el año 2004 se encontraron un total de 353 tomas clandestinas; en 2005, 186; y en 2006, 125 tomas clandestinas más.

En conclusión, con los programas instrumentados y que continúan en proceso, se logra una importante reducción de pérdidas. No en todos los casos se pueden medir los avances, pero al final, el resultado que se obtiene no es más que la suma de lo alcanzado en cada uno de ellos. Con respecto a los 23.96 Mm<sup>3</sup> de pérdidas registradas en 2001, en el 2002 las pérdidas se redujeron a 18.32 Mm<sup>3</sup>, en el 2003 se

redujeron a 14.62 Mm<sup>3</sup> y en 2004 hasta 11.30 Mm<sup>3</sup>. Para 2005 se registraron 12.52 Mm<sup>3</sup> y para 2006 se tuvieron 13.60 Mm<sup>3</sup> de pérdidas; que promedian 59% menos pérdidas que en 2001. A septiembre de 2007 se registraron pérdidas por 14.5 millones de m<sup>3</sup>. Lo que estamos haciendo, no es otra cosa que atender problemas identificados por nuestra gente, sin la utilización de equipos sofisticados.

Solamente se le proporcionó al personal el equipo, herramienta y material necesario, para poder realizar su trabajo de manera eficiente y rápida y; Desde luego, con inversiones mínimas, que podemos considerarlas como parte del mantenimiento normal del sistema, que a veces se nos olvida y se acumula; Y al no hacerlo, la operación del sistema es más costosa, contrario a esto, si el mantenimiento es el requerido, los costos de operación pueden reducirse.

## 9. FACTURACIÓN DEL VOLUMEN

En el 2006 se facturó un volumen anual de 81.5 millones de m<sup>3</sup>, superior en 3.7 millones de m<sup>3</sup>, al volumen que se facturó en el 2001. Este indicador nos muestra que, independientemente del crecimiento poblacional y por ende, el de los servicios instalados, ha disminuido el consumo promedio general de la población, en ese período. (Ver cuadro comparativo siguiente).

Tabla 4-121. Agua facturada.

Volumen	millones de metros cúbicos							Variación 01-06	
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007*	Vol	%
<b>Total</b>	<b>77.8</b>	<b>76.1</b>	<b>77.3</b>	<b>79.0</b>	<b>79.2</b>	<b>81.5</b>	<b>61.2</b>	<b>1.2</b>	<b>1.6</b>
Doméstico	56.6	55.6	56.5	58.0	58.4	60.4	46.1	3.8	6.7
Comercial	6.5	6.6	7.1	7.6	7.5	7.8	6.2	1.3	20.0
Industrial	6.9	6.5	6.5	6.2	6.3	5.7	3.4	-1.2	-17.3
Gobiernos	7.9	7.4	7.3	7.3	7.0	7.6	5.5	-0.2	-2.9

La siguiente gráfica acusa la tendencia de disminución del consumo promedio por toma al mes; con referencia el año 2001, en donde el consumo promedio general por toma al mes fue de 31.7 m<sup>3</sup>; a finales de cada año se han reportado disminuciones consecutivas del consumo del consumo mensual por toma: 2002, 29.4 m<sup>3</sup>; en 2003 bajó a 27.9 m<sup>3</sup>; 2004 continúa esta tendencia llegando a 26.6 m<sup>3</sup>, en 2005 se reportó un volumen de 25.1 m<sup>3</sup> y para 2006 se registraron 24.2 m<sup>3</sup>.

Lo anterior es un claro reflejo de que la población comienza a apreciar la importancia del vital líquido y participa en una cultura de ahorro en el uso del agua. Situación que es por demás favorable en términos del buen aprovechamiento de éste recurso.

Tabla 4-122. Disminución del consumo promedio por toma

Descripción	Consumo en m <sup>3</sup> promedio toma mes			
	2001	2006	Var	%
<b>Promedio</b>	<b>31.7</b>	<b>24.2</b>	<b>-7.5</b>	<b>-23.6</b>
Doméstico	24.8	19.3	-5.5	-22.1
Comercial	45.6	39.8	-5.8	-12.7
Industrial	1,328.0	2,071.9	743.9	56.0
Gobiernos	343.0	267.3	-75.7	-22.1

## 10. MEDICIÓN DEL VOLUMEN FACTURADO

La facturación del volumen a septiembre del 2007 fue medida en 98.8 por ciento, lo que equivale a 60.4 millones de m<sup>3</sup>, de un total facturado de 61.1 millones de m<sup>3</sup>. Partiendo de la base del cierre del año 2001, el volumen facturado en ese entonces fue de 77.79 millones de m<sup>3</sup>, en ese año, el porcentaje medido fue de 94.2, es decir 73.3 millones de m<sup>3</sup>.

Se logro incrementar la medición del volumen facturado a los usuarios en 4.6 por ciento. Lo anterior gracias a los trabajos de reposición de 98,000 aparatos medidores en mal estado, así como la disminución de 4,374 tomas con cuota fija.

Estas acciones incrementaron la cobertura de la micromedición, en términos porcentuales: a nivel municipal de 96.1 en 2001 a 98.8 en septiembre de 2007 y; para la Ciudad de Mexicali de 97.2 en 2001 a 99.8 en septiembre de 2007.

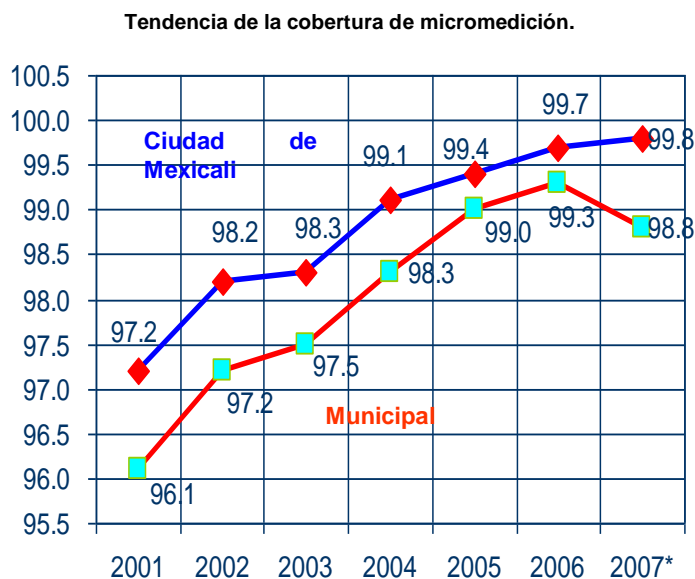


Figura 4-86. Tendencia de volumen facturado

## 11. EFICIENCIA FÍSICA CONCLUSIÓN

En conclusión, con todas estas acciones, hablando en términos de la totalidad de los sistemas se tienen las siguientes eficiencias físicas.

Tabla 4-123. Eficiencia física lograda.

Descripción	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007*	Logros 01-06	%
Captación total de agua	101.7	94.5	91.9	90.3	91.7	95.1	75.7	-6.7	-6.6
Facturación total del volumen	77.8	76.1	77.3	79.0	79.2	81.5	60.7	3.7	4.7
<b>Eficiencia física total</b>	<b>76.5</b>	<b>80.6</b>	<b>84.1</b>	<b>87.5</b>	<b>86.3</b>	<b>85.7</b>	<b>80.2</b>	<b>9.2</b>	<b>12.1</b>

\*Real al día 30 de septiembre de 2007

Como se puede observar, en el 2001 se captaron en todas la plantas potabilizadores ubicadas en el Municipio de Mexicali 101.7 millones de metros cúbicos, la tendencia del total del volumen de agua utilizado, en estos últimos cinco años ha venido disminuyendo. Al 2006 se utilizaron 95.1 millones de metros cúbicos. Actualmente se utiliza 6.6 por ciento menos agua, que el 2001.

En relación con el volumen facturado, para el 2001 se consumieron 77.8 millones de metros cúbicos, aquí la tendencia es hacia el alza. Para el 2006 fueron facturados 81.5 millones de metros cúbicos. Comparando estos datos 2006 vs. 2001, actualmente se viene facturando 4.7 por ciento más volumen de agua con menor volumen utilizado. A septiembre de 2007, se han consumido 61.1 millones de m<sup>3</sup>.

Finalmente, la eficiencia física resultante del 2001 se reportó en 76.5 por ciento, se mejoró significativamente en los últimos tres años analizados; Ahora podemos decir que la eficiencia física representa una mejora sustancial para 2006 se ubicó en 87.7 por ciento. El dato de 2007 no es representativo por no corresponder aún a la anualidad.

## PROYECTO ESTRATÉGICO 2. (Eficiencia Energética)

### Resumen ejecutivo del Proyecto:

Se sustituyeron tres equipos de bombeo en el Cárcamo Miguel Hidalgo. Ésta instalación forma parte de la infraestructura de desalojo de aguas residuales de Ciudad de Mexicali y se localiza en la margen derecha del Río Nuevo a la altura del Blvd. Lázaro Cárdenas.

Estos equipos fueron sustituidos por haber llegado al final de su vida útil y por presentar altos consumos de energía eléctrica.

Esta acción se llevó a cabo en noviembre de 2010.

### Metodología usada;

- Se sustituyen los equipos de bombeo por tener más de 10 años de uso.
- La evaluación de los resultados finales se llevó a cabo mediante la medición de los índices energéticos antes y después de la sustitución de los equipos.
- En la sección de resultados se presentan gráficas de estos índices.

### Resultados;

Tabla 4-124. Indicadores energéticos.

Indicadores				
ETAPA	Etapa de diagnóstico		Etapa de implementación	
Periodo de realización	De enero de 2010	a octubre 2010	nov 2010 a oct 2011	
Indicador	Linea base	Meta esperada	Meta real alcanzada	% de avance *
Consumo de energía, kW-h/año	76,420	68,778	60,960	83.3
Volumen de agua producido, m3/año	917,954	917,954	849,136	83.3

**Gráficas de evolución**

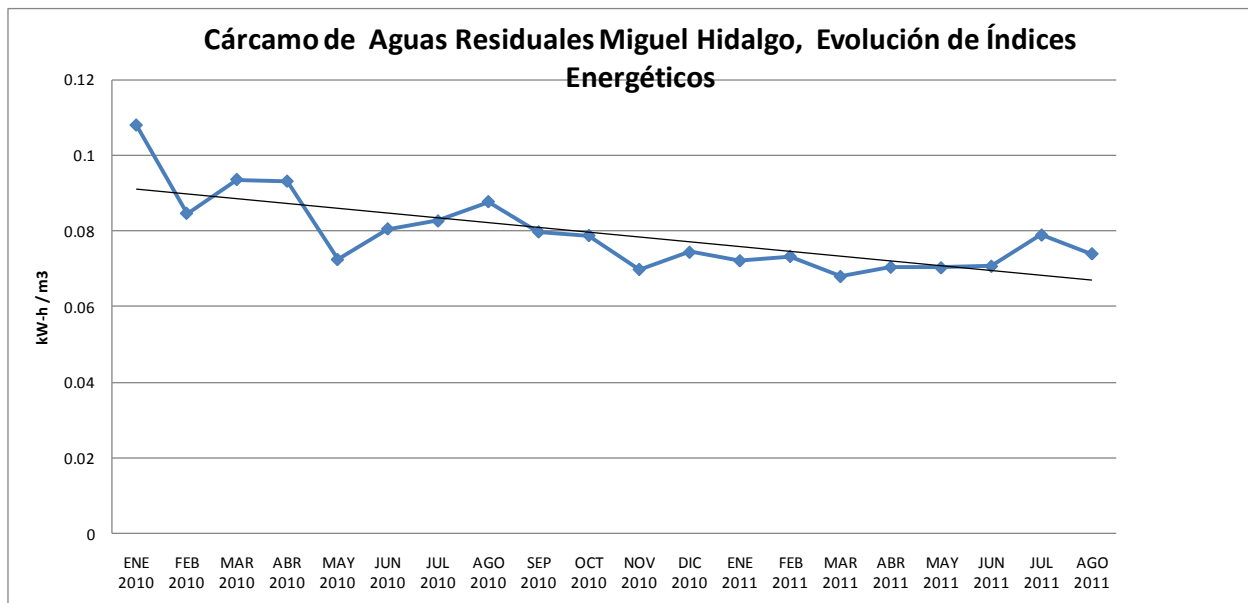
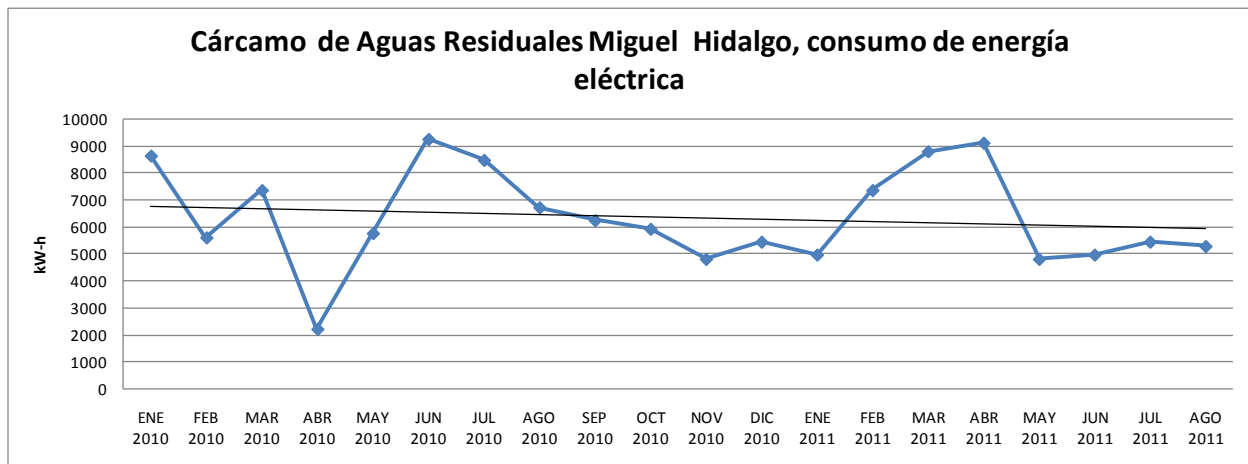
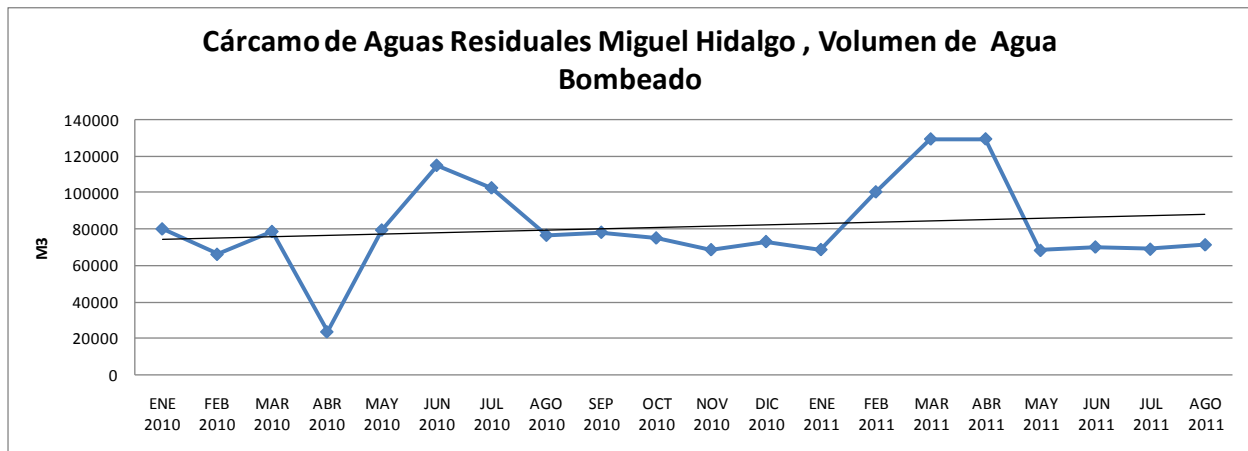


Figura 4-87. Evolución de indicadores energéticos

Tabla 4-125. Inversiones y ahorros logrados.

	Etapa de diagnóstico	Etapa de implementación	kW-h	Pesos	Observaciones
<b>Monto de la inversión *</b>	0.00	\$544,101.81			Los fondos para esta inversión son de procedencia federal.
<b>Ahorros anuales</b>			10,327	\$15,628.00	

\* Incluye la inversión de tres controles eléctricos, tres equipos de bombeo y tres motores eléctricos.



## 4.11 PROYECTO : JMAS , HIDALGO DEL PARRAL, CHIH

Tipo de proyecto	Energetico e Hidraulico Integral
Alcance	Proyecto e implementacion

### 4.11.1 Descripción general del organismo y su problemática

La Ciudad de Parral se localiza en la región central sur del Estado de Chihuahua aproximadamente a 210 Kilómetros de la Ciudad Capital,. Tiene una extensión territorial de 1,751 m<sup>2</sup> y limita al norte con el municipio de San Antonio del Potrero; al sur colinda con el municipio de San Francisco del Oro y Santa Bárbara; al oeste colinda con la Sierra Madre Occidental; al este colinda con el Valle de Ignacio Allende.

El servicio de suministro de agua es proporcionado por la Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Parral, JMAS, que proporciona dicho servicio únicamente en la cabecera municipal, que es la ciudad de Hidalgo del Parral chih., que cuenta , según el censo 2010, con 122,000 habitantes

El abastecimiento de agua potable de Hidalgo del Parral se realiza a partir de una mezcla de fuentes subterráneas y superficiales.

El sistema de agua subterránea se compone de un sistema de pozos profundos que extraen agua del acuífero denominado “El Verano”, localizado a 17 kilómetros al sur de la ciudad, el cual, de acuerdo a un estudio realizado por la Junta Central de agua y saneamiento del Estado de Chihuahua en el 2006, se encuentra actualmente sobre explotado, ya que recibe una recarga de 26.70 Mm<sup>3</sup>/año y una extracción de 31.50 Mm<sup>3</sup>/año. En total, en esta zona se han perforado 15 pozos, de los cuales, los pozos 1 y 7 se encuentran fuera de servicio pues dejaron de ser productivos. Estos abastecen el 63 % del total

El sistema de extracción de agua de las minas consta de cuatro minas denominadas Cabadeña, Esmeralda, Vésper y Recompensa. El caudal que producen las primeras dos minas, Cabadeñas y La Esmeralda, llega directamente a la planta potabilizadora, ubicada al Este de la ciudad. La mina Vesper bombea su gasto al Tanque Vesper, de donde se tienen tres derivaciones, dos de ellas de 4 pulgadas de diámetro que alimentan a un pequeño poblado cercano, y la tercera de 12 pulgadas que se conecta por gravedad al tanque La Recompensa. Este tanque recibe también el gasto que se extrae de la mina La Recompensa, y de él se realiza un rebombeo, el cual se inyecta directamente a la red de distribución de una zona al norte de la ciudad. Las minas abastecen el 29 % del total

La captación de agua de tipo superficial proviene de una presa llamada Presa Parral ubicada a 4 kilómetros al suroeste de la ciudad, que de acuerdo al registro de producción del 2006 la presa operó durante cuatro meses aportando un caudal de aproximadamente de 45 L/s. El agua de la presa también se conduce a la Planta Potabilizadora para su acondicionamiento. Cuando se tiene suficiente agua de la presa para satisfacer la necesidad de abastecimiento y la demanda de agua de la población disminuye (en periodo de invierno), se deja de operar la mina Esmeralda, debido a que la mina Esmeralda representa un mayor costo de producción

El esquema de distribución se muestra en la siguiente figura

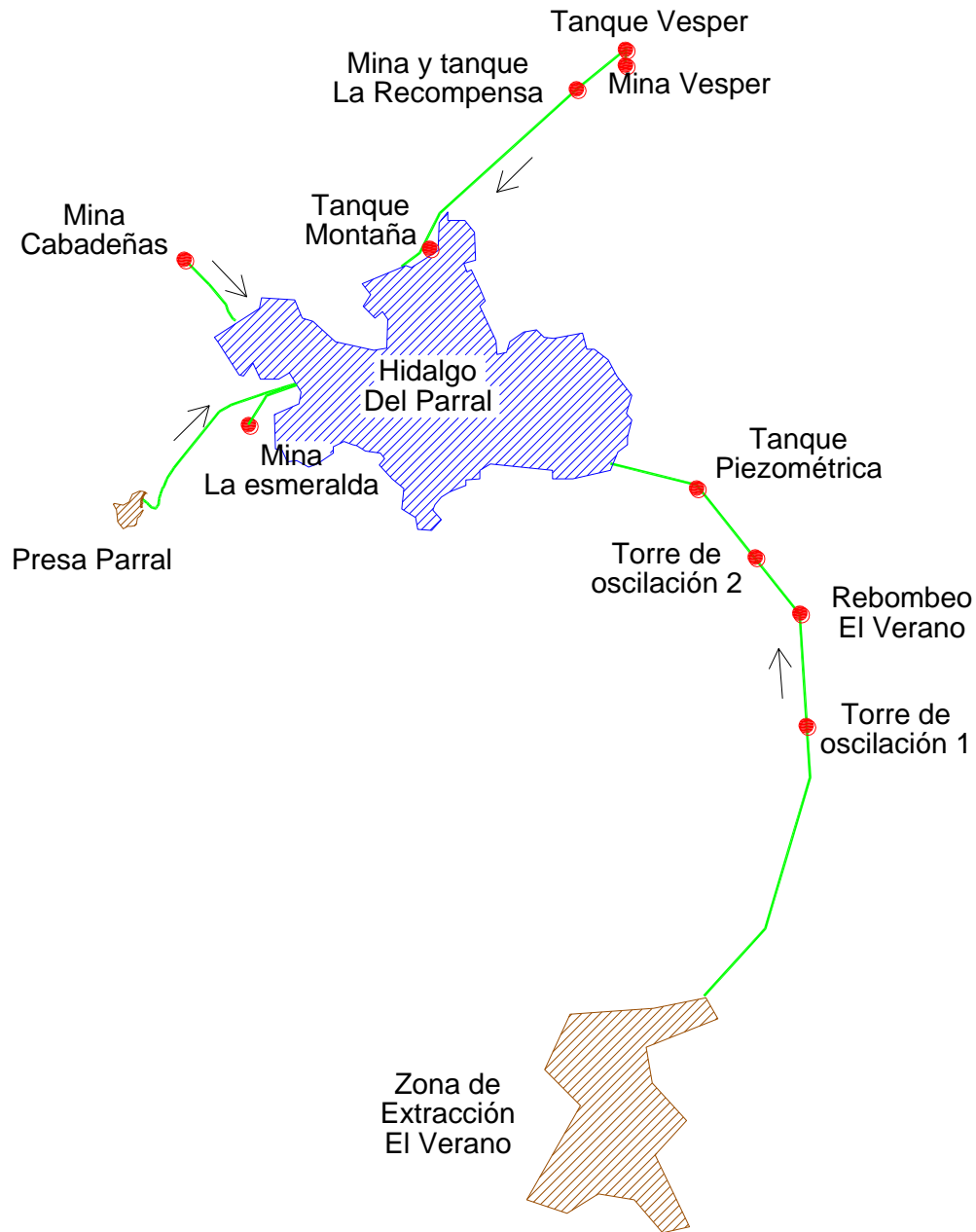


Figura 4-88. Esquema de distribución en Hidalgo del Parral

La lejanía de la zona de pozos el Verano y la cota topográfica donde se encuentran, respecto a la ciudad, implica la necesidad de un rebombero intermedio denominado Rebombero el Verano, el cual cuenta con 6 equipos de bombeo, de los cuales regularmente operan las 24 horas 2 equipos, el No. 1 y 3. Cuando el nivel de agua del cárcamo sube a 2.5 metros de altura automáticamente se prende el equipo No. 4 para disminuir el nivel, apagándose hasta la altura de 1.5 metros. Los equipos No. 2, 5 y 6 están para situaciones extraordinarias.

El sistema de distribución agua de Parral cuenta con 12 tanques de regularización, los cuales son: El tanque Cerro Blanco, Bellavista, Miguel Hidalgo, Juárez, Terres, Progreso, Almanceña, Montañas, Vesper, La Recompensa, Gómez Morín y Paseo de Almanceña. Actualmente solo 11 se encuentran en uso (Almanceña fuera de servicio).

El sistema de distribución de agua se divide en tres zonas de abastecimiento (ver figura 4.11.2). La distribución de la primera zona ZA-1 es considerada a partir del tanque Vesper de donde se tienen tres derivaciones, dos de ellas de 4 pulgadas de diámetro que alimentan a un pequeño poblado cercano, y la tercera, de 12 pulgadas que se conecta por gravedad al tanque La Recompensa. Este tanque recibe también el gasto que se extrae de la mina La Recompensa, y de él se realiza un rebombeo, el cual se inyecta directamente a la red de distribución de una zona al norte de la ciudad y alimenta al tanque Montañas.

La segunda zona ZA-2 se abastece a partir de la planta potabilizadora, ubicada al Este de la ciudad. El agua se bombea por dos líneas de distribución, la primera llega al tanque Terres y de ahí hacia la red de la parte baja del tanque. En la segunda línea se bombea el agua hacia los tanques Progreso, Gómez Morín y Paseo de Almanceña entregando agua en ruta a la red de distribución.

El sistema de distribución de la zona ZA-3 es considerado a partir del tanque Piezométrica, por ser desde donde se abastece por gravedad a la red de distribución, a tanques de regularización (Cerro Blanco y Juárez), y a rebombes (Altavista y Guamuchil). El rebombeo Guamuchil alimenta al tanque Miguel Hidalgo y el rebombeo Altavista al tanque Bellavista.

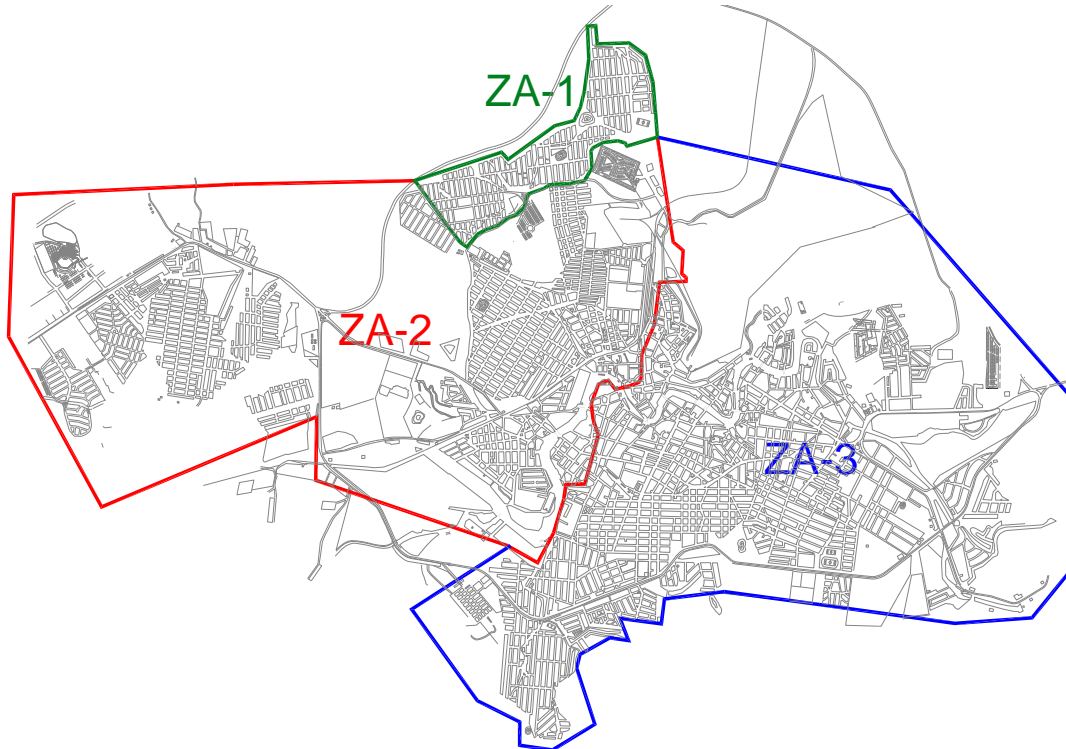


Figura 4-89. Zonas de abastecimiento de Parral

Dentro del sistema de distribución se encuentran dos estaciones de rebombeo:

1. "Rebombeo Guamuchil" que abastece al tanque Miguel Hidalgo.
2. "Rebombeo Altavista" que abastece directamente a la red y al tanque Bellavista

la ciudad siempre ha tenido el problema de falta de agua ,por lo el suministro se tiene que dar por medio de tandeos,

La profundidad de los pozos promedio es de 130 metros, que debe transportarse desde 15 km. Esto aunado a una topografía complicada que dificulta el suministro , con desniveles de alrededor de los 100 mt. del punto mas bajo al punto más alto.

Todo esto , genera un Indice Energetico especifico de 1.45 kWh/m<sup>3</sup> que es superior al promedio nacional calculado en 0.9 kWh/m<sup>3</sup>

El consumo de energía en el año 2008, cuando se inició el proyecto, era de 14'550,499 kWh anuales distribuido por sistema de acuerdo a la siguiente tabla

**Tabla 4-126. Consumo de energía por áreas en Parral**

AREA	Consumo anual kWh	%
<b>FUENTES</b>	<b>10,570,185</b>	<b>73%</b>
<b>POZOS DEL VERANO</b>	<b>7,412,640</b>	<b>51%</b>
<b>MINAS</b>	<b>3,157,546</b>	<b>22%</b>
<b>REBOMBEO</b>	<b>3,090,227</b>	<b>21%</b>
<b>PLANTA POTAB.</b>	<b>890,087</b>	<b>6%</b>
<b>TOTALES</b>	<b>14,550,499</b>	

Se puede observar que los pozos del verano impactan en un 51 %, y aunado a su rebombeo asociado, representan el subsistema de mayor consumo de energía

#### 4.11.2 Descripción del proyecto realizado y sus hallazgos

Para tratar de resolver su problemática, la JMAS desarrollo un proyecto de eficiencia energética e hidráulica conjunta, basado en técnicas de modelación hidráulica

El proyecto inicio con un Diagnostico de la situacion en ambos rubros

En el aspecto energético, se evaluaron las Eficiencias Electromecanicas de todos los sistemas de bombeo operando , en base a la metodología recomendada en la NOM 006 ENER 1995, y también se evaluo la eficiencia de los motores por separado.

Los resultados se muestran en la siguiente tabla

**Tabla 4-127. Eficiencias electromecánicas de equipos de bombeo instalados en Parral**

Sitio	Equipo	Mediciones			Potencia Manométrica kW	Eficiencia Electromec.	Eficiencia Motor	Eficiencia Bomba
		Carga	Gasto	Pot. Eléc.				
		mca	l/s	kW				
Zona de Pozos El Verano	Pozo 2	205	6.30	40.10	12.67	31.6%	83.2%	38.0%
	Pozo 4	205.5	9.90	46.00	19.96	43.4%	82.9%	52.4%
	Pozo 5	195.12	15.50	46.00	29.67	64.5%	82.6%	78.1%
	Pozo 6	196.50	22.30	96.00	42.99	44.8%	83.2%	53.8%
	Pozo 8	192.50	10.66	45.00	20.13	44.7%	83.1%	53.8%
	Pozo 9	188.62	4.05	22.6	7.49	33.2%	81.9%	40.5%
	Pozo 10	200.00	9.55	45.5	18.74	41.2%	83.0%	49.6%
	pozo 11	190.75	25.00	112.00	46.78	41.8%	82.8%	50.4%
	pozo 12	189.43	12.5	70	23.23	33.2%	82.8%	40.1%
	pozo 13	230.50	15.2	65.4	34.37	52.6%	82.4%	63.8%
Pozo 14	226.50	17.8	84	39.55	47.1%	83.2%	56.6%	
Pozo 15	191.5	19.70	67.00	37.01	55.2%	82.6%	66.9%	
<b>PROMEDIO POZOS</b>						<b>44.4%</b>	<b>82.8%</b>	<b>53.7%</b>
Rebombeo El Verano	Bomba 1	68.15	123.00	110.00	82.23	74.8%	88.4%	84.6%
	Bomba 2	82.7	25.8	53	20.93	39.5%	90.9%	43.4%
	Bomba 3	68.15	111.00	174.00	74.21	42.6%	88.7%	48.1%
	Bomba 4	68.15	67.80	77.00	45.33	58.9%	88.0%	66.9%
	Bomba 5	89.75	22	49	19.37	39.5%	89.9%	44.0%
	Bomba 6	68.15	56.00	79.00	37.44	47.4%	91.1%	52.0%
<b>PROMEDIO</b>						<b>50.4%</b>	<b>89.5%</b>	<b>56.5%</b>
Rebombeo Altavista	Bomba 1	3	44.00	46.00	1.29	2.8%	89.8%	3.1%
	Bomba 2	3	60.00	25.00	1.77	7.1%	89.0%	7.9%
	Bomba 3	78.3	81.00	94.00	62.22	66.2%	90.2%	73.4%
	Bomba 4	76.3	86.00	101.00	64.37	63.7%	90.3%	70.5%
Rebombeo Recompensa	Bomba 1	168.60	22.15	93.50	36.64	39.2%	91.2%	43.0%
	Bomba 2							
Rebombeo Guamuchil	Bomba 1	75.50	4.12	19.2	3.05	15.9%	88.6%	17.9%
Minas	Vesper	204.7	12.7	108.5	25.50	23.5%	83.1%	28.3%
	Cabadeña	165.25	8.8	71.5	14.27	20.0%	78.4%	25.5%
Mina Esmeralda	Bomba 1	240.00	25.3	144	59.57	41.4%	82.5%	50.1%
	Bomba 2	200	4.7	153	9.22	6.0%	82.7%	7.3%
<b>PROMEDIO</b>						<b>28.6%</b>	<b>86.6%</b>	<b>32.7%</b>
Planta Potabilizadora	Bomba 1	22.50	25.4	37.5	5.61	15.0%	90.7%	16.5%
	Bomba 2	20.60	10.7	20.8	2.16	10.4%	90.7%	11.5%
	Bomba 3							
	Bomba 4							
	Bomba 5	69.50	81	102.5	55.23	53.9%	90.7%	59.4%
<b>PROMEDIO</b>						<b>26.4%</b>	<b>90.7%</b>	<b>29.1%</b>

Como puede observarse, las Eficiencias resultaron muy por debajo de lo recomendado por la NOM 006 ENER 1995

Antes de continuar con el diagnóstico energético, se realizó el proyecto de mejora en la operación hidráulica que consistió en lo siguiente

En primer lugar se elaboró un balance de agua

Las pérdidas potenciales se obtienen restando del volumen suministrado al sistema (9'940,092 m<sup>3</sup>), el volumen consumido medido (3'837,180 m<sup>3</sup>), menos el volumen consumido no-medido (2'527,314 m<sup>3</sup>) y menos el total de las pérdidas identificadas y eliminadas (-1'266,872 m<sup>3</sup>). Las pérdidas potenciales que resultan son de 4'842,471 metros cúbicos de agua, equivalentes al 48.7 % del volumen suministrado a la red de distribución.

Como segundo paso, se realizó un análisis del equilibrio en la distribución de agua a lo largo de la red encontrando lo siguiente

Como se comento anteriormente, la ciudad se divide en tres zonas de influencia de las fuentes de suministro, las cuales se reordenaron de tal forma que la primera es alimentada por la planta potabilizadora (ZA-1), la segunda por los pozos ubicados en el valle El Verano (ZA-2) y la tercera por el rebombeo La Recompensa (ZA-3). Al comparar estas zonas de influencia con las áreas de facturación de la JMAS, se tiene el esquema mostrado en la figura 4.90.

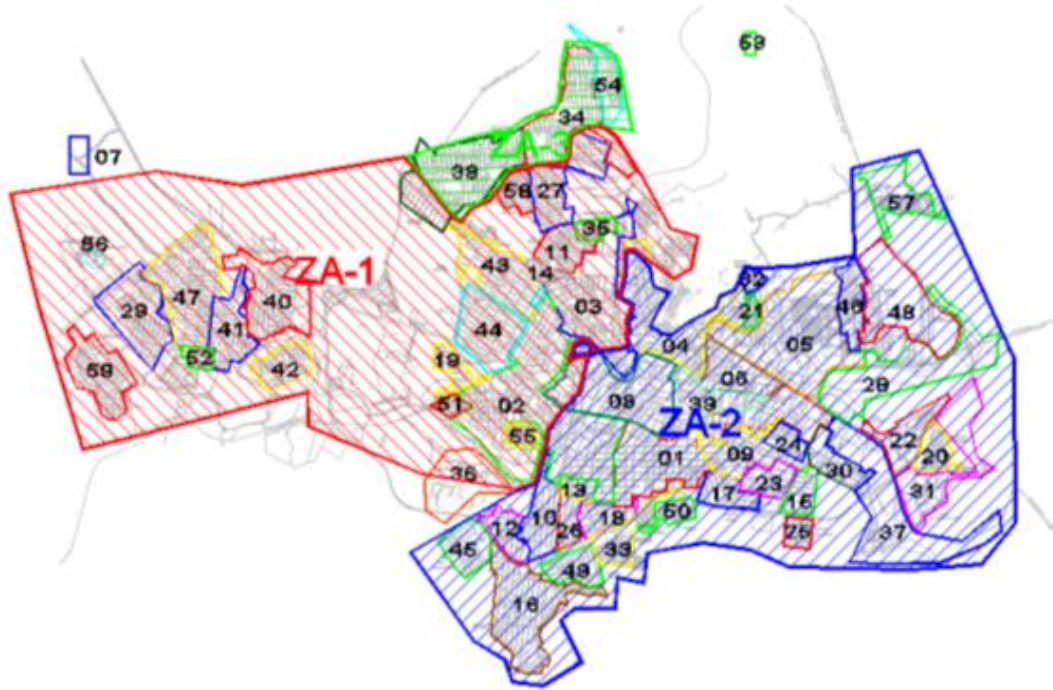


Figura 4-90. Zonas con base en el suministro y zonas con base en la facturación

El resultado de esta combinación, arroja el número de usuarios servido que corresponden a cada zona de influencia de las fuentes, la cual se presenta en la tabla siguiente.

Tabla 4-128. Características principales de las zonas de distribución

	Planta potabilizadora	Verano	Recompensa	Suma
Usuarios	11,615.00	15,734.00	2,609.00	<b>29,958.00</b>
Población	44,833.90	60,733.24	10,070.74	<b>115,637.88</b>
Q medio (L/s)	121.94	165.19	27.39	<b>314.52</b>
Fuentes de suministro	Presa Parral, minas Cabadeñas y Esmeralda	Pozos el Verano	Mina Vesper y la Recompensa	
Producción promedio disponible (L/s)	90.00	240.00	44.00	<b>374.00</b>
Diferencia Q (L/s)	- <b>31.94</b>	<b>74.81</b>	<b>16.61</b>	<b>59.48</b>

En la tabla se presenta también la capacidad actual de producción disponible en cada una de las fuentes de suministro respectivas y se puede observar dos cosas claves

- El gasto disponible total es mayor al requerido para que el 100% de la población disponga del servicio de agua potable durante las 24 horas del día,
- Existe un desequilibrio con un déficit de casi 32 L/s a la zona suministrada por la planta potabilizadora y un excedente en las zonas del Verano y la Recompensa, el cual ha originado la necesidad de los tandeos en la ciudad.
- También, es evidente que la población servida por la planta potabilizadora excede en un 35% la capacidad de producción de la misma.
- Sobre la zona de El Verano se infiere que el 31% que llega al tanque piezométrica, se está desperdiciando probablemente en fugas físicas o en tomas clandestinas.
- Del 37% de la extracción de las minas Vesper y Recompensa que sobra en el balance volumétrico, una parte se deriva a las rancherías cercanas y otra parte se pierde en fugas dentro de la red de distribución.

Una vez que se determinó el estado actual del balance volumétrico se propuso una redistribución de caudales en la red, de tal forma que las nuevas zonas de distribución no sobrepasen tres factores primordiales: la capacidad de producción media de cada fuente de abastecimiento, la capacidad de regulación disponible en la actualidad de cada zona y la capacidad de la red de distribución para distribuir el caudal sin generar zonas de baja presión.

La nueva propuesta de distribución se muestran en las tabla y figura siguientes :

**Tabla 4-129. Resumen de redistribución de población de acuerdo a la fuente de suministro**

	<b>ZA-1 Potabilizadora</b>	<b>ZA-2 El Verano</b>	<b>ZA-3 Recompensa</b>	<b>Suma</b>
Usuarios	8,390.00	18,885.00	2,683.00	29,958.00
Población	32,385.00	72,896.00	10,356.00	115,637.00
Q medio (L/s)	88.08	198.27	28.17	314.52
Fuente de suministro	Presa Parral, minas Cabadeñas y La Esmeralda	Pozos el Verano	Mina Vesper y la Recompensa	
Producción disponible L/s	90.00	240.00	44.00	374.00
<b>Diferencia Q (L/s)</b>	<b>1.92</b>	<b>41.73</b>	<b>15.83</b>	<b>59.48</b>

Como se puede observar, al reubicar las zonas de abastecimiento de los sectores resaltados en los cuadros anteriores, la producción promedio de cada fuente de suministro es suficiente para abastecer el gasto medio requerido por la población, e incluso es 20% mayor en la zona El Verano y 36% mayor en la zona de La Recompensa.

En la figura 4.91 se muestran las nuevas zonas de abastecimiento. En esta misma figura, con una línea punteada de color magenta se señalan las áreas de influencia actuales

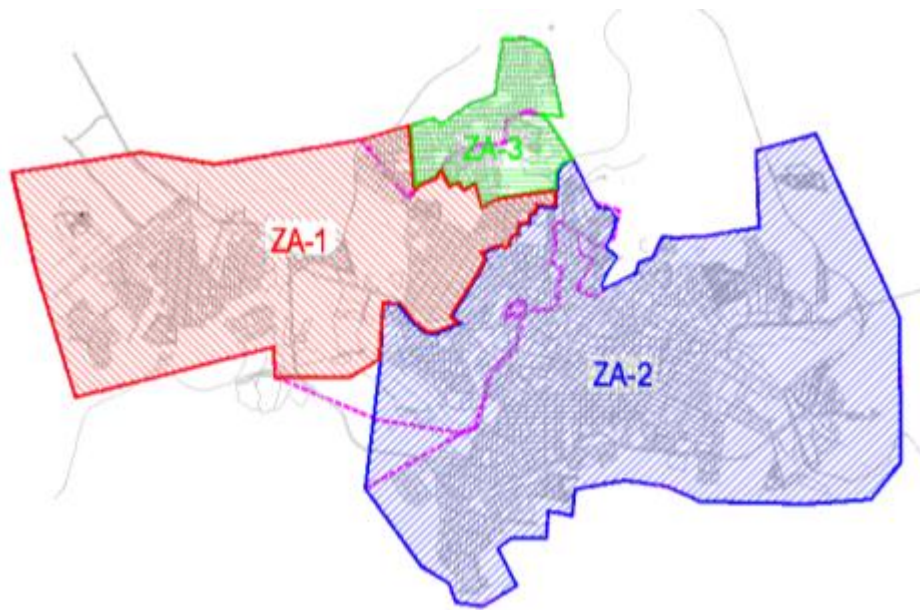


Figura 4-91. Nuevas zonas de distribución con base en el suministro

Una vez establecidas las nuevas áreas de influencia de cada fuente de abastecimiento, fue necesario revisar la capacidad de tanques de regularización que se encuentra instalada en cada una de ellas.

A partir de este análisis, a cada uno de estos tanques se les asignó un área de influencia de distribución tomando en cuenta las colonias cercanas a ellos; también se consideró su cota de desplante con respecto al nivel del mar y la capacidad de la red para distribuir a estas colonias sin generar pérdidas excesivas por cortante hidráulico.

La asignación de áreas de influencia de los tanques reguladores existentes, se combinó con las zonas de facturación para obtener las poblaciones que se alimentarán de cada uno de ellos; el resultado se presenta en las tabla 4.130., 4.131 y 4.132 para cada una de las nuevas zonas ZA1, ZA2 y ZA 3 definidas. En cada una se analizó también la posibilidad de parar el bombeo en hora punta, y operarlos solo 20 horas por día sin menoscabo del servicio ya que el tanque regulador asociado puede asumir la demanda respectiva

Tabla 4-130. Resumen de la capacidad de regularización para la zona Potabilizadora (ZA-1)

Clave	Tanque Regulador	Capacidad (m <sup>3</sup> )	Bombeo 24hrs			Bombeo 20hrs		
			Capacidad requerida (m <sup>3</sup> )	Qmed (L/s)	Capacidad excedente (m <sup>3</sup> )	Capacidad (m <sup>3</sup> )	Qmed (L/s)	Capacidad excedente (m <sup>3</sup> )
P-1	Tanque Almanceña	1,000.00	597.28	38.92	402.72	888.68	46.70	111.32
P-2	Tanque Progreso	1,000.00	619.32	40.36	380.68	921.47	48.43	78.53
P-3	Tanque Gómez Morín	250.00	34.19	2.23	215.81	50.87	2.67	199.13
P-4	Tanque P. de Almanceña	200.00	101.02	6.58	98.98	150.30	7.90	49.70
	<b>Sumas Z. Potabilizadora</b>	<b>2,450.00</b>	<b>1,351.81</b>	<b>88.09</b>	<b>1,098.19</b>	<b>2,011.31</b>	<b>105.70</b>	<b>438.69</b>

En la zona de la Potabilizadora (ZA-1) se propuso:



- Poner en funcionamiento el tanque Almanceña, el cual se encuentra en la actualidad fuera de servicio.
- Sacar de servicio El tanque Terres debido a que su zona de influencia será absorbida por el tanque Cerro Blanco ubicado en la zona de El Verano.
- La opción de bombear sólo por 20 horas se descarta debido a que se requiere un gasto medio de 105 L/s, mayor al que puede producir la planta potabilizadora.

Por lo tanto la opción seleccionada para la zona Potabilizadora fue el bombeo del caudal medio, directamente a los tanques de regularización y durante 24 horas continuas.

Tabla 4-131. Resumen de la capacidad de regularización para la zona El Verano (ZA-2)

Clave	Tanque Regulador	Capacidad (m <sup>3</sup> )	Bombeo 24hrs			Bombeo 20hrs		
			Capacidad requerida (m <sup>3</sup> )	Qmed (L/s)	Capacidad excedente (m <sup>3</sup> )	Capacidad (m <sup>3</sup> )	Qmed (L/s)	Capacidad excedente (m <sup>3</sup> )
V-1	Tanque Cerro Blanco	2,000.00	1,930.44	144.81	69.56	3,306.61	173.77	- 1,306.61
V-2	Tanque Bellavista	1,000.00	463.59	30.21	536.41	689.75	36.25	310.25
V-3	Tanque Juárez	1,000.00	304.72	19.85	695.28	453.38	23.83	546.62
V-4	Tanque Miguel Hidalgo	300.00	52.22	3.40	247.78	77.70	4.08	222.30
	<b>Sumas Zona El Verano</b>	<b>4,300.00</b>	<b>2,750.96</b>	<b>198.27</b>	<b>1,549.04</b>	<b>4,527.43</b>	<b>237.93</b>	<b>- 227.43</b>

Para la zona El Verano (ZA-2) se encontro que:

- Las áreas de influencia de los tanques Juárez y Bellavista son limitadas debido a que el agua no satura la red de distribución, por las pérdidas de cortante hidráulico. Estas limitaciones en las áreas de influencia de los tanques Juárez y Bellavista implican que se sub-utilicen las capacidad de los mismos.
- Aún cuando el gasto producido de la zona el Verano de 240 L/s es suficiente para apagar los equipos durante horas punta, no se cuenta con la capacidad de regularización en el tanque Cerro blanco.

Por lo tanto, para la zona El Verano (ZA-2) la opción seleccionada será suministrar a partir del tanque piezométrica el gasto medio de 198.27 L/s, 24 horas continuas.

Tabla 4-132. Resumen de la capacidad de regularización para la zona La Recompensa (ZA-3)

Clave	Tanque Regulador	Capacidad (m <sup>3</sup> )	Bombeo 24hrs			Bombeo 20hrs		
			Capacidad requerida (m <sup>3</sup> )	Qmed (L/s)	Capacidad excedente (m <sup>3</sup> )	Capacidad (m <sup>3</sup> )	Qmed (L/s)	Capacidad excedente (m <sup>3</sup> )
R-1	Tanque Montaña	1,000.00	427.48	27.85	572.52	636.03	33.43	363.97
	<b>Sumas Zona Recompensa</b>	<b>1,000.00</b>	<b>427.48</b>	<b>27.85</b>	<b>572.52</b>	<b>636.03</b>	<b>33.43</b>	<b>363.97</b>

Para la zona La Recompensa (ZA-3) se detectó que:

- Es posible apagar los equipos del rebombío La Recompensa en hora punta, debido a que se tiene la capacidad de regulación necesaria y la producción suficiente en las minas que suministran a esta zona.

Se debe asegurar, en cualquiera de las opciones, que el gasto que ingresa al tanque Montaña sea constante, ya que entre este tanque y la zona de extracción de las minas existen rancherías y usuarios a los que se les suministra el servicio, pero no se tiene control de cuanto caudal se les provee.

Cabe mencionar que todas estas alternativas fueron totalmente validadas en base a un software de modelación hidráulica de redes, tomando en cuenta los factores geográficos y topográficos y asegurando el desempeño hidráulico y energético de la nueva propuesta. Una de las ventajas del uso de este software es que se pueden analizar varias alternativas, hasta encontrar la que requiere de cambios mínimos en la red y que se pueda implementar a corto plazo.

El uso de la modelación, y al análisis de la capacidad de los tanques de regularización, llevo finalmente a determinar una sectorización hidráulica y energéticamente óptima de cada una de las 3 macro zonas de influencia, cuyo resultado se muestra en la siguiente figura

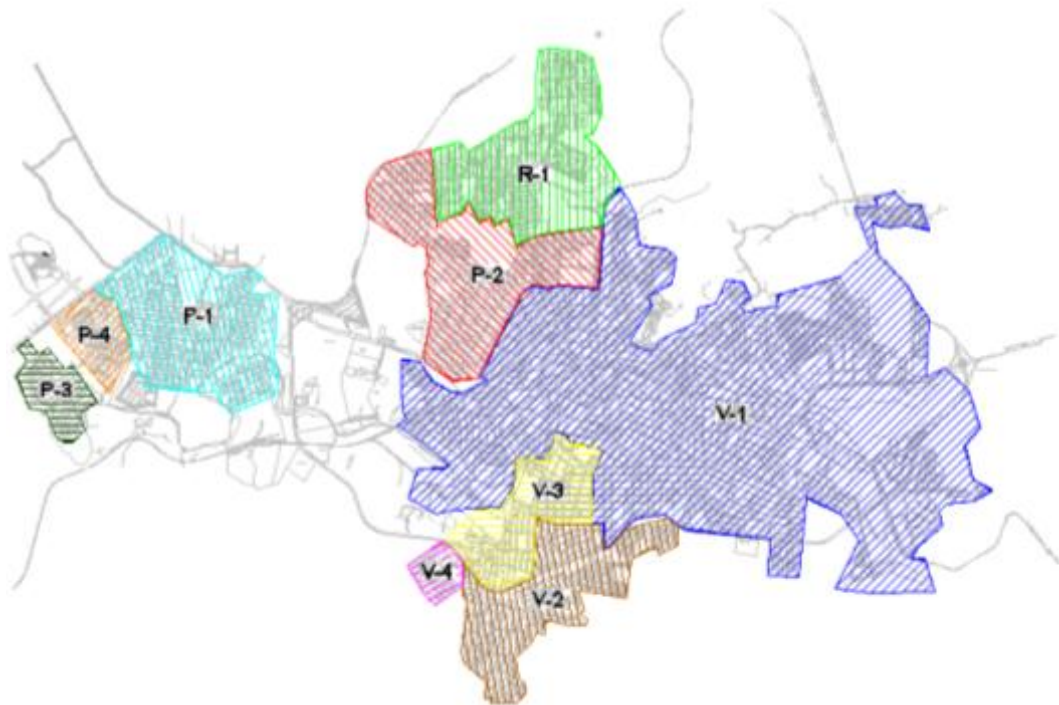


Figura 4-92. Esquema de cambio de operación hidráulica

Una vez determinado el esquema óptimo de operación hidráulica, se concluyó el diagnóstico energético determinando las siguientes medidas de ahorro de energía

### Optimización de Eficiencia Electromecánica vía sustitución de equipos

Una vez determinadas las condiciones Carga y Gasto de acuerdo a la nueva operación propuesta, para los pozos de la zona de captación el Verano,, se procedio a seleccionar equipos de alta eficiencia y calcular el ahorro y el costo beneficio del proyecto , con los siguientes resultados:

**Tabla 4-133. Análisis costo- beneficio por optimización de eficiencia electromecánica en Pozos del Verano vía sustitución de equipos en Parral**

Sitio	Equipo	Operación Actual				Equipo Propuesto		Ahorros			Evaluación Económica		
		Eficiencia Electro-Mecánica	Potencia eléctrica kW	Facturación CFE		Eficiencia Electro-Mecánica	Potencia Eléctrica kW	kW	kWh/año	\$/año	\$	Pay-Back años	
				kWh/año	\$/año								
Zona de Pozos El Verano	Pozo 2	31.6%	50	398,000	464,504	62.3%	37	13.37	106,395	\$124,589.10	\$ 79,596	0.64	
	Pozo 3	43.2%	51	329,717	386,098	60.8%	41	9.77	63,186	\$ 73,990.74	\$ 87,285	1.18	
	Pozo 4	43.4%	46	398,000	461,563	63.9%	31	14.85	113,642	\$134,552.71	\$ 86,064	0.64	
	Pozo 5	64.5%	67	564,000	655,504	65.5%	46	21.26	171,282	\$201,427.11	\$ 100,133	0.50	
	Pozo 6	44.8%	96	865,361	936,905	65.6%	66	30.27	236,043	\$258,467.58	\$ 165,671	0.64	
	Pozo 8	44.7%	45	574,799	641,334	63.9%	32	12.74	97,666	\$109,483.72	\$ 83,886	0.77	
	Pozo 9	33.2%	24	185,542	216,180	60.8%	21	2.96	22,908	\$ 28,635.07	\$ 69,949	2.44	
	Pozo 10	41.2%	48	562,000	652,036	63.1%	32	16.30	129,006	\$151,452.94	\$ 83,886	0.55	
	pozo 11	41.8%	112	945,264	1,073,937	66.5%	88	23.74	198,624	\$225,835.22	\$ 189,948	0.84	
	pozo 12	33.2%	83	711,258	789,675	66.2%	65	17.25	146,056	\$161,829.83	\$ 141,482	0.87	
	pozo 13	52.6%	67	602,939	675,825	65.9%	49	17.34	135,767	\$151,516.10	\$ 101,343	0.67	
	Pozo 14	47.1%	105	895,179	1,002,414	66.4%	86	18.71	150,911	\$169,171.58	\$ 190,619	1.13	
	Pozo 15	55.2%	67	600,881	748,671	64.7%	57	9.83	72,068	\$ 89,003.99	\$ 141,482	1.59	
			<b>44.3%</b>	<b>860</b>		<b>8,704,646</b>	<b>64.3%</b>	<b>652</b>	<b>208</b>	<b>1,643,555</b>	<b>1,879,956</b>	<b>\$ 1,521,344</b>	<b>0.93</b>

Como se puede observar, en caso de los Pozos El Verano de calculo un potencial importante para ahorrar de 1'643,555 kWh, anuales, lo cual representa el 11 % del consumo global en la JMAS de Parral. Las potencias promedios bajarían de 860 kW actuales a 652 kW lo que implica 208 kW de ahorro en potencia demandada.

Para determinar el valor de la inversión se solicitó la cotización de equipos de una marca comercial , cuyo costo total fue de \$ 1'521,344 pesos. Esta inversión se pagaría en 0.93 años sin considerar costos de instalación y mantenimiento que podrían optimizarse si la propia gente del organismo realiza estas maniobras.

En el caso de los equipos de rebombeo y minas, se pudo analizar, previo al culaculo de ahorros de energia potenciales, la situacion operativa resultante del nuevo esquema de distribucion, cuyo resumen se muestra en la Tabla 4.134 siguiente :

Tabla 4-134. Acciones propuestas para evaluar el ahorro de energía con distintas condiciones de operación de las minas y rebombes.

Sitio	Equipo	Condiciones Actuales		Especificación final		Explicación de la nueva operación y el cambio que implica	Análisis Paro en Hora Punta		
		Carga	Gasto individual				sí/no	explicación	
		mca	l/s	mca	l/s				
Rebombeo El Verano	Bomba 1	68	123.00	68	210	Trabajaría suministrando un gasto promedio de 195 lps y un gasto máximo de 215 lps para poder parar el pozo 6 en Hora Punta, divididos entre el Tanque Cerro Blanco y los tanques Miguel Hidalgo, Juárez y el carcamo del rebombeo Altavista alimentados vía el tanque piezométrica que recibe de este rebombeo del verano	sí	la capacidad de regulación sumada del cerro blanco y el propio tanque del rebombeo el verano alcanzarían para parar 1 pozo HM cuyo gasto no rebase los 20 lps que es el 10 % de los 200 lps que se requiere producir y rebombear. Se propone el pozo 6 en tarifa HM	
	Bomba 2	83	25.8						
	Bomba 3	68	111.00						
	Bomba 4	68	67.80						
	Bomba 5	90	22						
	Bomba 6	68	56.00						
Rebombeo Altavista	Bomba 1	3	44.00	88	36	Opera solo un equipo en lugar de las bombas 3 y 4 dando el gasto total alimentando al tanque bellavista. las bombas 1 y 2 salen de operación porque su área de influencia ahora está alimentada desde otro tanque por gravedad	sí	el tanque de regulación es de 1000 m3 y requiere solo 643 m3 parando 4 horas, el gasto medio requerido trabajando 24 horas es de 30.21 lps pero trabajando 20 horas debe ser de 36 lps para asegurar llenar el tanque	
	Bomba 2	3	60.00						
	Bomba 3	78	81.00						
	Bomba 4	76	86.00						
Rebombeo Recompensa	Bomba 1	159	24.00	165	33	Se amplió un poco su área de influencia por lo que requiere un gasto mayor	sí	el tanque de regulación es de 1000 m3 y requiere solo 636 m3 parando 4 horas, el gasto medio requerido trabajando 24 horas es de 27 lps pero trabajando 20 horas debe ser de 33 lps para asegurar llenar el tanque	
	Bomba 2								
Minas	Vesper			195	36	Continúa operando igual alimentando al tanque vesper que a su vez envía por gravedad al carcamo del rebombeo recompensa	sí	El tanque vesper está conectado con el rebombeo recompensa y también tiene la capacidad de regulación necesaria	
	Vesper	193	36						
	Cabadeña	Cabadeña	118	42	119.00	42	Continúa operando igual descargando a la potabilizadora	no	
	Esmeralda Bomba 1	Esmeralda Bomba 1	170	35	155	27	Continúa operando igual descargando a la potabilizadora	no	
	Esmeralda Bomba 2	Esmeralda Bomba 2	150	19.9	155	27	Continúa operando igual descargando a la potabilizadora	no	
Planta Potabilizadora	Bomba 1	23	25.4	81	90	Las bombas 1, 2 y 3 salen de servicio porque alimentaban al tanque terres que también sale de servicio dado que su área de influencia pasó al sector hidráulico "el Verano", por ende operaría un solo bombeo alimentando 90 lps con una carga de 75 mca a los 4 tanques de regulación del área para alimentar por gravedad cada uno a su zona de influencia. Las bombas 1 a 3 solo se mantienen para la operación de retrolavado	no	Aunque tienen capacidad de regularización los tanques de llegada, la capacidad de la planta potabilizadora limita el gasto máximo	
	Bomba 2	21	10.7						
	Bomba 3								
	Bomba 4								
	Bomba 5	70	81						

En base a este análisis, se pudo realizar una selección de equipos con mejor eficiencia electromecánica y menor trabajo de bombeo, con lo que los ahorros de energía de estos subsistemas resultó en los siguientes:

Tabla 4.135 Ahorros alcanzables por optimización de eficiencia electromecánica en rebombes y minas y redistribución de caudales y presiones en la red de Parral, con su análisis costo-beneficio

Tabla 4-135. Ahorros estimados por optimización de eficiencia electromecánica.

Sitio	Equipo	Operación Actual				Equipo Propuesto		Ahorros			Evaluación Económica	
		Eficiencia Electro-Mecánica	Potencia eléctrica kW	Facturación CFE		Eficiencia Electro-Mecánica	Potencia Eléctrica kW	kW	kWh/año	\$/año	\$	Pay-Back años
				kWh/año	\$/año							
Rebombero El Verano	Bomba 1	74.8%	110.0	2,090,749	2,399,232	73%	207	95	281,579	\$ 323,252	\$ 528,000	1.6
	Bomba 2	39.5%	53.0									
	Bomba 3	42.6%	174.0									
	Bomba 4	58.9%	77.0									
	Bomba 5	39.5%	49.0									
	Bomba 6	47.4%	79.0									
Rebombero Recompensa	Bomba 1	39.2%	93.5	602,940	770,977	65%	82	11	73,086	\$ 52,242	\$ 256,300	4.9
Minas	Vesper	23.5%	108.5	560,474	683,609	68%	101	8	50,311	\$ 61,364	\$ 201,597	3.3
	Cabadeña	46.8%	104.0	978,092	1,062,768	68%	72	32	545,852	\$ 665,776	\$ 144,441	0.2
	Esmeralda Bomba 1	41.4%	146.0	933,552	1,014,418	67%	123	23	\$ 319,096	\$ 381,639	\$ 620,708	1.6
	Esmeralda Bomba 2	6.1%	153.0									
Planta Potabilizadora	Bomba 1	15.0%	37.5	205,004	322,805	76%	94					
	Bomba 2	10.4%	20.8									
	Bomba 5	53.9%	102.5									
<b>TOTAL:</b>		<b>38.5%</b>	<b>1308</b>			<b>70%</b>	<b>796</b>	<b>409</b>	<b>1,591,728</b>	<b>\$ 1,852,503</b>	<b>\$ 1,594,560</b>	<b>0.9</b>

Como se observa, se pueden lograr ahorros de 1'591,728 kWh, equivalentes a \$1'852,503 anuales que representan el 11 % del costo global pagado por Parral actualmente, con un mejoramiento de la eficiencia electromecánica en promedio de 38.5 % a 70 %, la cual es alcanzable con equipos de mayores eficiencias como los seleccionados o equivalentes.

La inversión estimada para hacer este sustitución y lograr los ahorros mencionados es de 1'594,560 que se pagaría en 0.9 años

En el caso de Parral, este tipo de ahorros se pueden lograr en el rebombero Alta vista y el Guamúchil (capítulo tres). El detalle incluyendo la razón por la que se logra el ahorro y el volumen del mismo se presenta en la Tabla 4.136, con un ahorro total de \$ 245,000 pesos anuales..

Tabla 4-136. Ahorros de energía alcanzables como resultado de la optimización de la operación hidráulica

Equipo	Sistema y operacion Actual	Condición Actual	Condición Esperada				Ahorros		
		Demanda (Kw)	Operacion	Demanda (Kw)	Energía (kWh/año)	Facturación (\$/año)	Demanda (Kw)	Energía (kWh/año)	Facturación (\$/año)
Rebombero Altavista	Se tienen instalados 4 equipos de bombeo y operan dos simultaneamente suministrando a distintas zonas de influencia	110	3 equipos salen de operacion porque su area de influencia ahora esta alimentada desde otro tanque por gravedad y solo se propone un equipo alimentando 36 lps al tanque bellavista	44	185,627	\$ 211,577	66	257955	\$ 184,386
Rebombero Guamuchil	Opera un sistema de bombeo alimentando al Tanque Miguel Hidalgo	26	Saldrá de servicio porque su tanque de descarga ( Miguel Hidalgo) sera alimentado por gravedad directamente del cerro blanco	0	0	0.00	26	47540	\$ 60,752
<b>GLOBAL</b>		<b>136</b>		<b>43.53</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>93</b>	<b>305,495</b>	<b>\$ 245,138</b>

### Ahorro de Energía por control de demanda en Hora Punta

Una vez analizadas todas las posibilidades en conjunto con las capacidades de regulación de los tanques disponibles (inciso 3.2), se determinó que solo puede pararse en hora punta en los siguientes sistemas:

**a)** Un pozo en tarifa HM de la zona del verano que no rebase 20 L/s, el más conveniente y que cumple esta condición es el pozo # 6, **b)** El rebombero Altavista y el rebombero recompensa en conjunto con la mina vesper cuyos tanques tienen la capacidad de regulación necesaria. Los ahorros en el costo energético se muestran en la tabla 4.137

Tabla 4-137. Ahorros por paro en hora punta alcanzables en Parral

Sitio	Carga que se disminuirá en punta	Energía que se dejará de consumir en punta	Disminución de la demanda facturable	Ahorros Económico		
				Demanda Facturable	Energía	Total
				\$/año	\$/año	\$/año
1 Pozo del Verano ( Recomendable el Pozo No. 6)	66	50,682	46	\$ 64,347	\$ 112,397	\$ 176,744
Rebombeo Altavista	46	16706	32.2	\$ 45,035	\$ 37,050	\$ 82,085
Rebombeo Recompensa	82	47036	58	\$ 80,627	\$ 104,312	184,939
Mina Vesper	101	45467	71	\$ 98,701	\$ 100,832	\$ 199,532
<b>Totales</b>	<b>295</b>	<b>159,891</b>	<b>136</b>	<b>\$ 288,709</b>	<b>\$ 354,591</b>	<b>\$ 643,301</b>

### Resumen de ahorro de energía eléctrica en el proyecto de Parral

Con base en todas las medidas de ahorro determinadas anteriormente, se puede obtener un resumen global de los kilowatts-hora ahorrados y los montos que representan, como se muestra en el cuadro 4.14.

Como conclusión final, se puede decir que con el proyecto de eficiencia física, de la operación hidráulica y electromecánica desarrollado aquí, se pueden lograr ahorros globales por \$ 4'596,120 y 3'648,842 kWh anualmente, lo cual se logrará con una inversión solo en equipos electromecánicos de \$ 3'120,053 que se pagaría en 0.68 años. Por lo tanto, se considera una inversión sumamente rentable, que además podría considerarse como una alternativa para pagar las inversiones hidráulicas necesarias de rehabilitación de la red y reparación de fugas.

Tabla 4-138. Resumen de Ahorros de Energía y análisis costo – beneficio Para Parral

Medida de Ahorro	Ahorro de Energía		Análisis económico				
	Demanda	Consumo	Ahorro económico		Inversión Estimada	Pay back	
	kW	kWh/año	\$/año	%	\$	años	
Ahorro de Energía con Medidas Convencionales	Optimización del FP En Mina la Prieta	0	0	\$2,675	0.0%	\$4,149	1.55
	Optimización de Eficiencias Electromecánicas Pozos el Verano	208	1,460,742	\$1,687,875	10.0%	\$1,521,344	0.90
	Optimización de Eficiencias Electromecánicas Rebombes y Minas.	416	1460742	\$1,687,875	10.0%	\$1,594,560	0.94
Ahorro de Energía por Optimización de la Operación Hidráulica	Control de Demanda en Hora Punta	136	159891	\$643,301	1.1%	\$0	
	Paro de equipo no necesario	93	305,495	\$245,138	2.1%	\$0	
<b>Globales</b>	<b>854</b>	<b>3,386,870</b>	<b>\$ 4,266,863</b>	<b>23.3%</b>	<b>\$ 3,120,053</b>	<b>0.73</b>	

## INDICADORES ENERGÉTICOS

Los principales indicadores energéticos dentro del programa Watergy son los siguientes:

**Índice Energético.-** Indica el contenido energético de cada unidad volumétrica de agua producida y distribuida. Es útil entre otras cosas para determinar el potencial de ahorro de energía por reducción de pérdidas físicas. Se calcula dividiendo el consumo de energía entre la producción en m<sup>3</sup> en la misma base de tiempo y se expresa en kWh/m<sup>3</sup>.

**Índice de Costo de Energía.-** Indica el costo promedio de cada unidad de energía que se factura y es el resultado de la estructura tarifaria y de la manera como se consume la energía. Dicho valor puede ser optimizado con medidas que no necesariamente reducen el consumo pero si el costo tarifario como el control en hora punta. Se calcula dividiendo la facturación global de energía entre el consumo global en la misma base de tiempo y cambia dependiendo el valor unitario del kWh.

Basado en el balance de agua, en los consumos y costos actuales de energía, y en los ahorros proyectados, se realizó el análisis de los índices energéticos principales como se muestra se muestra en la tabla 4.139; en el anexo E se describe el detalle de su cálculo.

Tabla 4-139. Resumen Comparativo de Indicadores Energéticos en Parral con el Proyecto de Eficiencia

<b>Cuadro Resumen de Indices Energeticos</b>	
<b>Volumen de Produccion Corregido m3/año</b>	<b>9,940,092</b>
<b>Consumo actual KWh / año</b>	<b>14,550,499</b>
<b>Indice Energetico Actual kWh/m3</b>	<b>1.464</b>
<b>Ahorro de Energia kWh/año</b>	<b>2,921,484</b>
<b>Consumo eficiente KWh / año</b>	<b>11,629,016</b>
<b>Volumen esperado m3/año</b>	<b>9940092</b>
<b>Indice Energetico Eficiente kWh/m3</b>	<b>1.170</b>
<b>Mejora en el Indice Energetico kWh/m3</b>	<b>0.294</b>
<b>%</b>	<b>20%</b>
<b>Costo energetico Actual \$/año</b>	<b>\$ 16,584,582</b>
<b>Indice de Costo Energetico actual \$/kWh</b>	<b>1.140</b>
<b>Ahorro Economico \$/año</b>	<b>\$ 4,266,863</b>
<b>Costo con medidas de eficiencia \$/año</b>	<b>\$ 12,317,719</b>
<b>Indice de Costo Energetico eficiente \$/kWh</b>	<b>1.06</b>
<b>Mejora en el Indice de Costo Energetico \$/kWh</b>	<b>0.081</b>
<b>%</b>	<b>7%</b>

Se puede observar que con la ejecución e implantación del proyecto de eficiencia desarrollado aquí, se lograría una reducción del 20 % en el Índice Energético y del 7% en el Índice de Costo Energético.

**Cabe mencionar que este proyecto tenía un 30 % de avance en su implementación, habiendo logrado resultados en la mejora del nivel de servicio en la zona 3 de la potabilizadora, sin embargo, una inundación en el año 2009, que incluso dejó fuera de servicio fuentes de producción lo interrumpió y no se ha podido reanudar a la fecha por falta de recursos financieros**



## 4.12 PROYECTO : OOMAPAS , NOGALES , SON

Tipo de proyecto	Energetico e Hidraulico Integral
Alcance	Proyecto e implementacion

### 4.12.1 Descripción general del organismo y su problemática

La Ciudad de Nogales se localiza en el extremo norte de del estado de Sonora ocupando la porción media de la frontera del mismo con los Estados Unidos Americanos (USA), aproximadamente a 277 Kilómetros de la Ciudad Capital,

El municipio de Nogales cuenta con un clima semiseco templado, con una temperatura media máxima mensual de 27° C en los meses de julio y agosto, y de 8.7° C en los meses de diciembre y enero. La temperatura media anual es de 17.8° C.

De acuerdo con el XIII Censo General de Población y Vivienda del 2010 efectuado por el INEGI, la población total del municipio de Nogales es de 230,000 habitantes, que representa el 10 % del total del Estado. El 96% de su población del municipio de Nogales vive en localidades urbanas y el resto en áreas rurales.

La época de lluvia se presenta en el verano; es decir, en los meses de julio y agosto, con una precipitación media anual de 460.8 mm. En el invierno generalmente hay nevadas y granizos.

Las condiciones topográficas que prevalecen en la ciudad de Nogales, Son., aunado a las condiciones climáticas tan variables a lo largo del año, son una causa de que el sistema de agua potable existente, operado actualmente por el Organismo Operador Municipal de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Nogales, Son. (OOMAPAS), tenga un gran problema para abastecer de manera eficiente a toda la población de la ciudad, ofreciendo un servicio que, en la mayoría de los casos, no se proporciona de manera continua, ya que en las partes bajas se generan altas presiones y en las altas no se alcanza a abastecer a toda la población

Otro problema actual es la complejidad en el sistema de distribución que se describe someramente a continuación

El abastecimiento de agua potable de Nogales se realiza a partir de la extracción del agua subterránea, por medio de un sistema de pozos profundos, a través de las captaciones Paredes Mascareñas y la más reciente denominada Alisos; en el caso de la captación Mascareñas, se cuenta también con una galería filtrante conocida como Paredes, que abastece al sistema básicamente después del verano con 180 L/s.

Adicionalmente, se dispone de una captación urbana denominada Centro, la cual se compone de una serie de pozos y rebombes conectados directamente a determinados puntos de la red secundaria.

Tanto los sistemas Mascareñas como Alisos, son captaciones que se componen de varios subsistemas y líneas primarias de conducción de longitud considerable, por ejemplo , el sistema Mascareñas abastece la parte norte y noreste de la ciudad de Nogales y dispone once pozos, dos norias, una galería filtrante, dos rebombes, una conducción de aproximadamente 32 Kilómetros de longitud y cuatro tanques. En figura 4.93 se puede observar la distribución de la infraestructura de la captación Mascareñas, a partir de la galería filtrante hasta los tanques Torreón, Héroes 1, Héroes 2 y Coahuila 2.

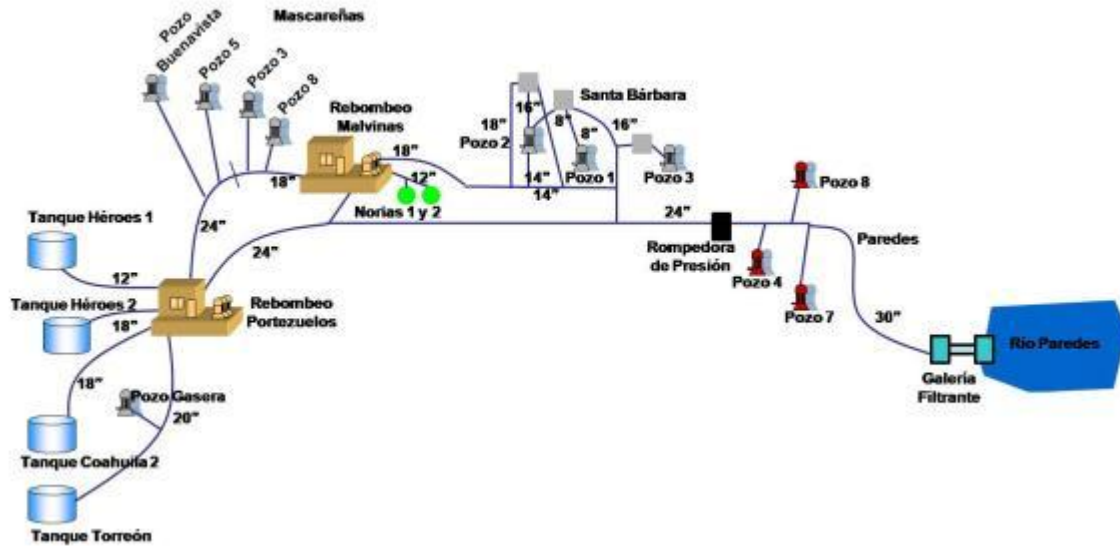


Figura 4-93. Infraestructura correspondiente a la captación Mascareñas

Por lo que se refiere al sistema de abastecimiento Alisos, éste dispone de doce pozos de los que se extrae el agua que abastece la parte sur, oeste y centro de la ciudad de Nogales, cuatro rebombes, conducciones de 35 kilómetros de longitud y tres tanques. En figura 4.94 se puede observar la distribución de la infraestructura de la captación Alisos, a partir del pozo 11 hasta el tanque Cereso y los tanques Principal 1 y 2.

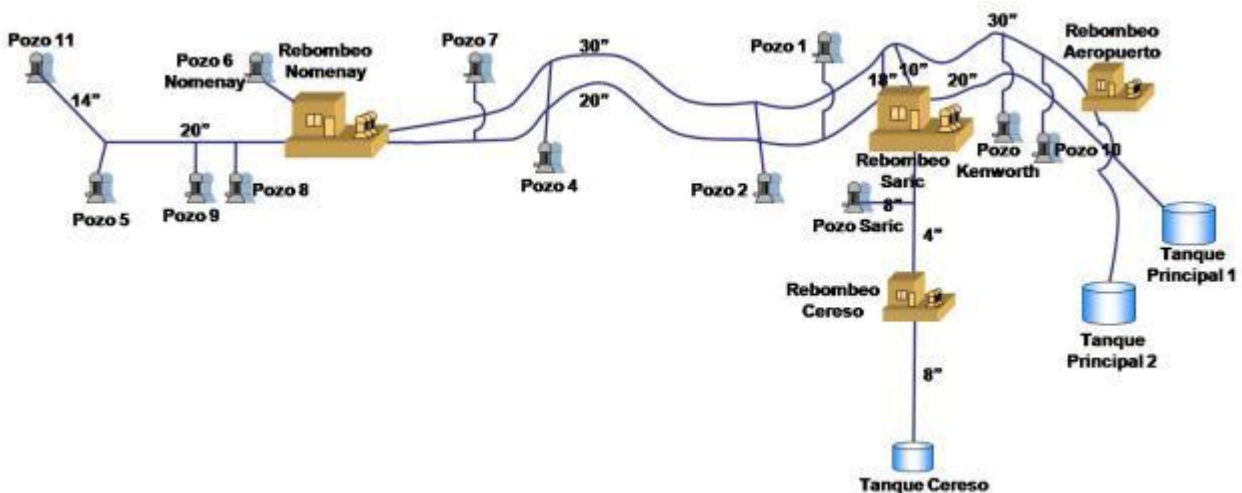


Figura 4-94. Infraestructura correspondiente a la captación Alisos

Por lo que se refiere al suministro actual dentro de la ciudad, a partir de los tanques Héroes 1, Torreón y Principal 1 se inicia la distribución hacia los 20 tanques secundarios que se encuentran ubicados en diferentes zonas de la ciudad. Adicionalmente, el suministro se complementa con 22 pozos y 2 norias, así como 15 rebombes distribuidos en toda la ciudad tal como se puede observar en las figuras 4.95 desde le rebomero Portezuelos y 4.96 desde el rebomero Saric.

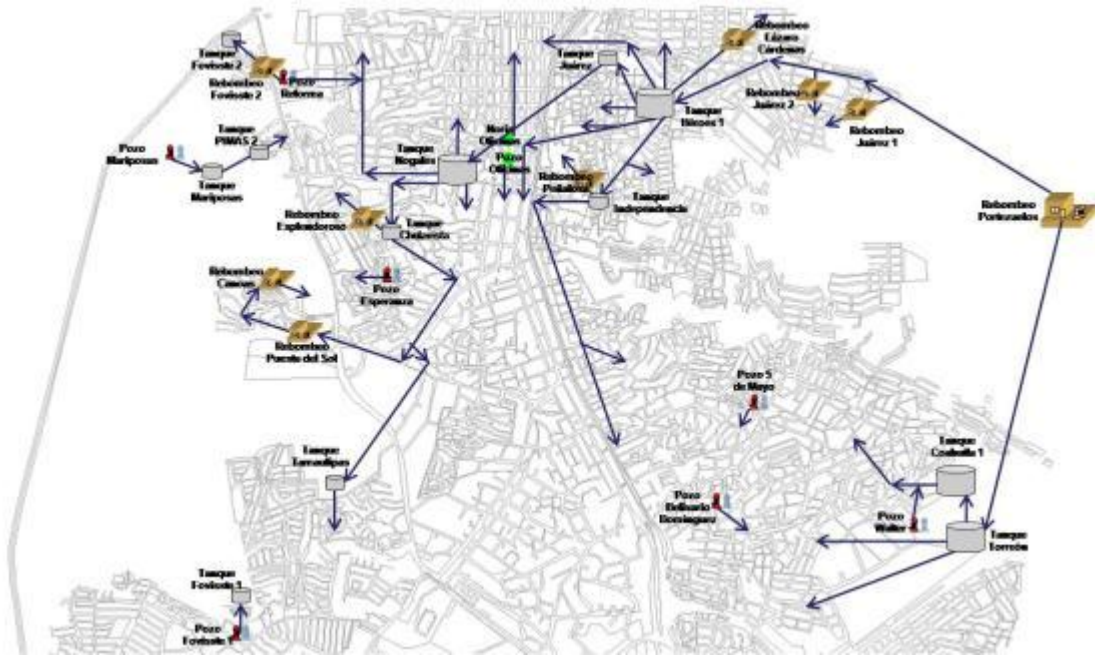


Figura 4-95. Infraestructura dentro de la ciudad de Nogales abastecida por Mascareñas

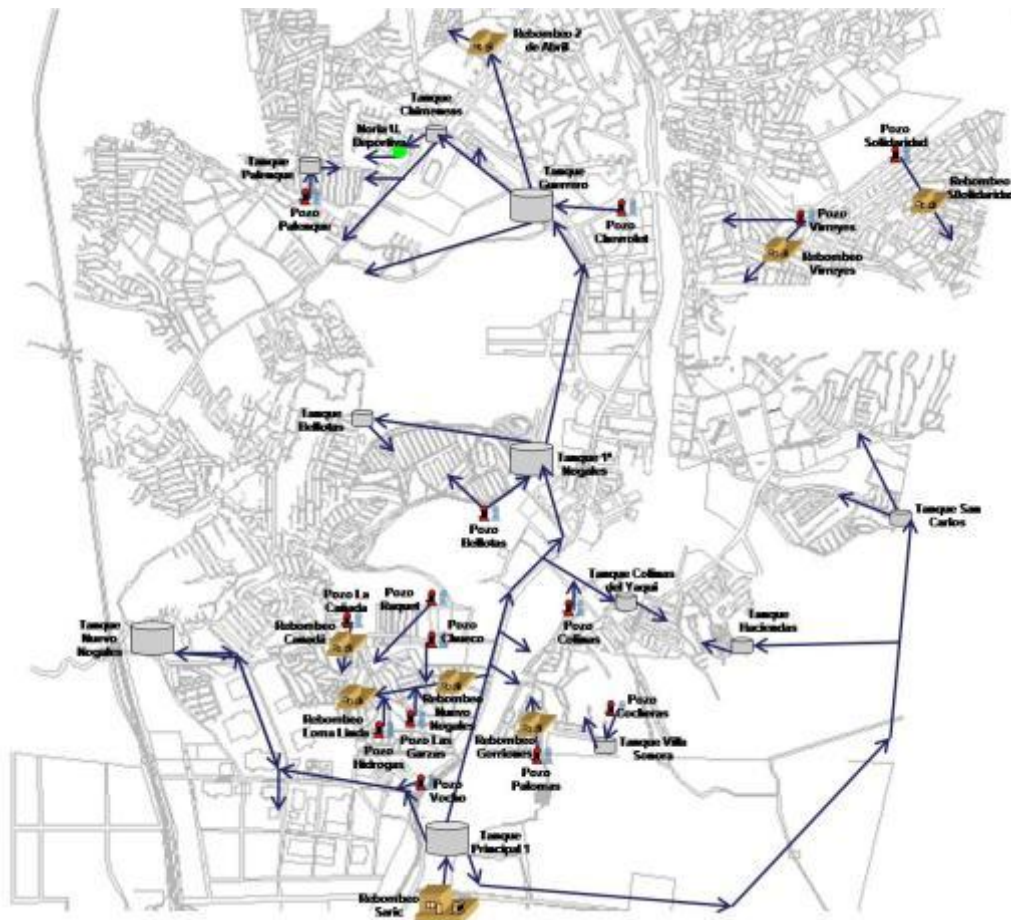


Figura 4-96. Infraestructura dentro de la ciudad de Nogales abastecida por Alisos

La distribución del agua hacia la red se realiza a partir de los rebombes Portezuelos y Saric, los cuales a su vez reciben el agua de las dos zonas de captación existentes: Mascareñas y Alisos respectivamente. El rebombeo Portezuelos se localiza al noreste de la ciudad mientras el rebombeo Saric se localiza hacia el sur de la ciudad y es a partir de estas dos estructuras que se distribuye el agua disponible hacia la ciudad dentro de la cual se localizan 29 tanques de regularización, con una capacidad instalada total de 35,502 metros cúbicos. De los 29 tanques, únicamente se utilizan 23 que en total tienen una capacidad de 29,938 metros cúbicos.

A partir de los rebombes Portezuelos y Saric se inicia en dos sentidos la distribución del agua para su entrega a los usuarios. La mayor parte del agua entregada se efectúa directamente a los tanques Héroes 1 y Torreón, a partir del rebombeo Portezuelos y al tanque Principal 1 a partir del rebombeo Saric, y a partir de estos tres tanques se inicia el proceso de trasvase a los demás tanques donde se regularizan los volúmenes de agua para hacer su entrega final a los usuarios. Actualmente, para lograr llevar el agua hasta las diferentes zonas de la ciudad, el personal de operación del sistema se auxilia de equipos de los 23 tanques, de equipos de rebombeo y de diversas válvulas ubicadas en diversos puntos estratégicos a lo largo y ancho de la red de distribución.

Esta complejidad en la distribución actual, no permite tener un suministro continuo a la población y se requiere abastecer en base a un plan de tandeo por zonas ,40 en total, el cual se muestra en la siguiente figura

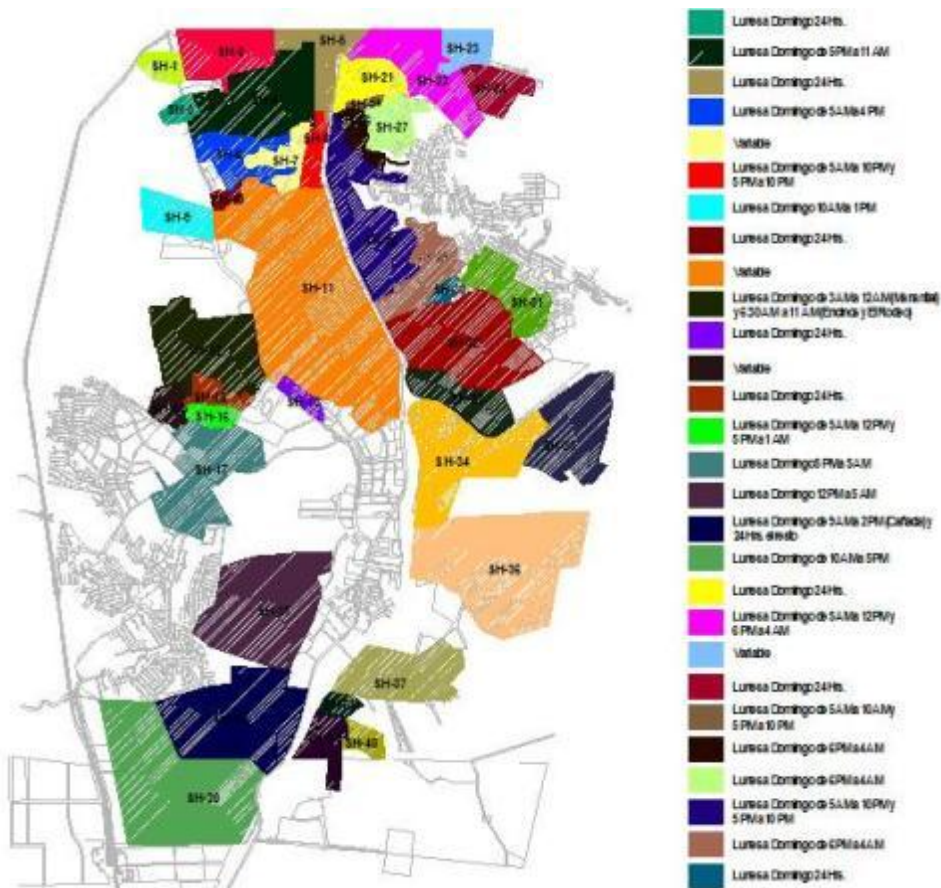


Figura 4-97. Zonas y horarios de tandeo.

En promedio se da servicio en las zonas 6.5 días de la semana, aunque ello no significa que se de servicio las 24 horas de esos 6.5 días. Se tiene que en resumen el promedio de horas de suministro a la semana es de 113.1 horas lo que representa un 67.32% del total de horas a la semana y se tiene un promedio de suministro horario de 17.17 horas/día.

Esta situación de depender de agua subterránea exclusivamente, abastecerla de manera desordenada, y trayéndola desde zonas alejadas a través de rebombes en serie, genera que el Índice Energetico de OOMAPAS este en valores por encima de la media nacional.

En la tabla siguiente se muestra este indicador por zona de captación y global

**Tabla 4-140. Consumo e Índice Energetico por Areas**

Subsistema	Índice Energetico Actual				
	Produccion	%	Consumo Energetico	%	Índice Energetico
	m3/anual	%	kWh/anual		kWh/m3
<b>Alisos</b>	<b>10,699,780</b>	<b>47%</b>	<b>16,371,702</b>	<b>47%</b>	<b>1.53</b>
<b>Mascareñas</b>	<b>6,735,440</b>	<b>30%</b>	<b>12,682,179</b>	<b>36%</b>	<b>1.88</b>
<b>Centro</b>	<b>5,345,818</b>	<b>23%</b>	<b>5,541,639</b>	<b>16%</b>	<b>1.04</b>
<b>Global</b>	<b>22,781,038</b>	<b>100%</b>	<b>34,826,673</b>	<b>99%</b>	<b>1.53</b>

Como se puede observar, el menor índice es el de los pozos dentro la ciudad, que no tienen que recorrer las distancias a través de rebombes

En total OOMAPAS opera en total 90 equipos de bombeo, de los cuales 35 son pozos profundos y el resto equipos de bombeo.

#### 4.12.2 Descripción del proyecto realizado y sus hallazgos

Para tratar de resolver su problemática, la OOMAPAS desarrollo un proyecto de eficiencia energética e hidráulica conjunta, basado en técnicas de modelación hidráulica

El proyecto inicio con un Diagnostico de la situacion en ambos rubros

En el aspecto energético, se evaluaron las Eficiencias Electromecanicas de todos los sistemas de bombeo operando , en base a la metodología recomendada en la NOM 006 ENER 1995, y también se evaluo la eficiencia de los motores por separado.

Con esto, se evaluo el potencial de ahorro de energía por optimización de la eficiencia electromecánica, se analizaron los resultados obtenidos en comparación con las Normas Oficiales Mexicanas como la NOM 006-1995 ENER, que aplica para Sistemas de Pozo profundo, la NOM 001-ENER 2000 para Sistemas de Bombeo Externos Verticales y la NOM 010- ENER 2004 para Sistemas de bombeo sumergibles. En las tablas 4.141 y 4.142 se ilustra el potencial de ahorro mínimo a lograrse, si se mejoraran las eficiencias de los equipos, para tenerlas dentro de las recomendaciones de las Normas mencionadas.

Tabla 4-141. Eficiencias Electromecánicas Evaluadas y el Potencial de Ahorro en Captaciones

Sistema	Equipo	Mediciones			Eficiencia Electromecánica.		Potencial de Ahorro individual (%)	Potencial de Ahorro Promedio (%)
	Núm.	Carga (mca)	Gasto (m3/s)	Potencia Eléctrica (kW)	De Operación Evaluada	Mínima de acuerdo a NORMA		
Captación Centro	Reforma	139.9	0.0280	62.70	61.3%	64%	4.8%	24.5%
	Mariposas	160.8	0.0100	32.30	48.8%	61%	20.0%	
	Palenque	158.7	0.0015	15.60	15.0%	39%	61.5%	
	Noria Sta Fe	19.7	0.0055	1.80	59.1%	52%	-13.9%	
	Noria II	14.0	0.0120	7.10	23.2%	57%	59.1%	
	Chevrolet	111.8	0.0140	35.90	42.8%	60%	28.4%	
	Bellotas	148.3	0.0230	56.00	59.8%	63%	4.6%	
	Cañada	134.3	0.0050	18.00	36.6%	57%	35.6%	
	Raquet	131.9	0.0070	29.90	30.3%	59%	48.6%	
	Chueco	173.7	0.0090	26.00	59.0%	59%	-0.1%	
	Hidrogas	129.0	0.0094	26.30	45.2%	58%	21.4%	
	Vocho	149.7	0.0120	36.00	49.0%	59%	16.9%	
	Palomas	185.0	0.0070	26.00	48.9%	58%	15.0%	
	Cocheras	178.3	0.0090	27.00	58.3%	58%	-1.4%	
	Virreyes	119.9	0.0023	6.90	39.2%	47%	16.5%	
	Solidaridad	130.5	0.0120	27.00	56.9%	60%	4.8%	
	Walter	112.0	0.0100	22.00	49.9%	58%	13.2%	
Torreón	145.0	0.0056	14.00	56.9%	49%	-16.6%		
Belizario Domínguez	47.9	0.0050	4.39	53.5%	45%	-20.1%		
5 de Mayo	112.4	0.0035	9.50	40.6%	44%	7.5%		
El Potrero	163.7	0.0070	23.00	48.9%	57%	14.0%		
Cibuta Est.	129.7	0.0050	10.00	63.6%	53%	-19.5%		
Captación Los Alisos	Pozo 5	95.9	0.0480	93.00	48.6%	67%	27.5%	20.6%
	Pozo 9	100.4	0.0610	108.00	55.6%	67%	17.0%	
	Pozo 8	67.9	0.0510	66.00	51.5%	67%	23.2%	
	Pozo Nomenay	97.0	0.0250	72.00	33.0%	63%	47.3%	
	Pozo 7	137.8	0.0173	43.00	54.4%	63%	13.2%	
	Pozo 4	169.7	0.0180	58.00	51.7%	63%	17.5%	
	Pozo 2	133.4	0.0290	61.00	62.2%	64%	3.4%	
	Pozo 1	109.4	0.0155	29.00	57.4%	60%	4.0%	
	Pozo Saric	76.8	0.0200	40.00	37.7%	62%	39.2%	
	Kenworth	84.5	0.0105	13.00	67.0%	57%	-17.9%	
Colinas del Yaqui	134.9	0.0021	6.00	46.3%	58%	19.6%		
Conjunto Jardín	94.2	0.0045	7.90	52.6%	62%	14.8%		
Captación Mascareñas	Santa Bárbara 1	141.7	0.0450	121.00	51.7%	72%	28.3%	14.6%
	Santa Bárbara 2	157.2	0.0500	121.00	63.7%	68%	6.1%	
	Santa Bárbara 3	130.9	0.0390	90.60	55.3%	72%	23.4%	
	5 Mascareñas	155.5	0.0220	51.00	65.8%	60%	-10.1%	
	8 Mascareñas	149.2	0.0150	39.00	56.3%	60%	5.8%	
	3 Mascareñas	147.2	0.0100	25.00	57.8%	58%	1.0%	
	Buena Vista	79.9	0.0160	25.00	50.2%	63%	20.4%	
Gasera	120.6	0.0370	79.00	55.4%	67%	17.3%		

Tabla 4-142. Eficiencias Electromecánicas Evaluadas y el Potencial de Ahorro en Rebombos Primarios

Sistema	Equipo	Mediciones			Eficiencia Electromecánica.		Potencial de Ahorro individual (%)	Potencial de Ahorro Promedio (%)
	Núm.	Carga (mca)	Gasto (m <sup>3</sup> /s)	Potencia Eléctrica (kW)	De Operación Evaluada	Mínima de acuerdo a NORMA		
Rebombero Nomenay	Equipo 1	99.4	0.0520	71.00	71.4%	73%	2.5%	21.1%
	Equipo 2	99.5	0.069	122.00	55.2%	74%	25.8%	
	Equipo 3	99.4	0.070	95.00	71.9%	74%	3.4%	
	Equipo 5	73.0	0.068	138.00	35.3%	75%	52.8%	
Rebombero Saric	Equipo 1	208.7	0.065	179.00	74.3%	75%	0.6%	10.6%
	Equipo 2	208.7	0.061	181.00	69.0%	75%	7.8%	
	Equipo 3	200.7	0.062	179.00	68.2%	75%	8.8%	
	Equipo 4	218.7	0.029	129.00	48.2%	68%	29.3%	
	Equipo 5	210.7	0.043	135.00	65.8%	72%	8.6%	
	Equipo 6	210.7	0.051	160.00	65.9%	72%	8.5%	
Rebombero Tq. Principal	Equipo 1	62.4	0.077	72.00	65.5%	73%	10.9%	10.9%
Rebombero Malvinas	Equipo 1	65.4	0.080	85.00	60.4%	75%	19.0%	18.6%
	Equipo 2	66.4	0.090	96.00	61.1%	75%	18.1%	
Rebombero Portezuelos	Equipo 1	78.8	0.076	114.00	51.5%	75%	30.9%	20.8%
	Equipo 4	68.0	0.105	105.00	66.7%	75%	10.5%	
	Equipo 5	67.9	0.080	107.00	49.8%	72%	30.6%	
	Equipo 6 ( 7 )	212.0	0.043	160.00	55.9%	75%	25.0%	
	Equipo 8 ( 9 )	100.0	0.055	94.00	57.4%	75%	23.0%	
	Equipo 9 (10)	98.0	0.068	92.00	71.1%	75%	4.7%	

Tabla 4-143. Eficiencias Electromecánicas Evaluadas y el Potencial de Ahorro en Rebombos Secundarios

Sistema	Equipo	Mediciones			Eficiencia Electromecánica.		Potencial de Ahorro individual (%)	Potencial de Ahorro Promedio (%)
	Núm.	Carga (mca)	Gasto (m3/s)	Potencia Eléctrica (kW)	De Operacion Evaluada	Mínima de acuerdo a NORMA		
Rebombero Tq. Torreón	Equipo 1	38.5	0.0840	53.00	59.9%	74%	18.6%	18.6%
Tanque Heroes	Equipo 1	52.2	0.0830	78.00	54.5%	75%	26.9%	23.4%
	Equipo 2	52.2	0.0880	77.00	58.5%	75%	21.5%	
	Equipo 6	52.8	0.1390	122.00	59.0%	75%	21.8%	
Tanque Chulavista	Equipo 1	36.7	0.1060	69.00	55.3%	73%	24.7%	29.4%
	Equipo 2	23.2	0.0140	6.00	53.1%	62%	13.7%	
	Equipo 3	24.0	0.0480	32.00	35.3%	70%	49.8%	
Tanque Nogales	Equipo 1	23.0	0.0930	43.00	48.8%	73%	32.9%	32.9%
Tanque Guerrero	Equipo 1	76.5	0.0380	57.00	50.0%	67%	25.3%	25.3%
Pila Chimeneas	Equipo 1	45.5	0.0410	33.00	55.5%	70%	21.2%	22.3%
	Equipo 2	61.9	0.0520	56.00	56.4%	74%	23.3%	
Rebombero B. Juárez I	Equipo 1	57.1	0.0050	6.14	45.6%	61%	24.8%	24.8%
Rebombero Fovissste II	Equipo 1	69.2	0.0105	18.30	39.0%	63%	37.7%	29.2%
	Equipo 2	48.0	0.0058	5.80	47.1%	59%	20.8%	
Rebombero Virreyes	Equipo 1	44.2	0.0066	6.50	44.0%	61%	27.4%	27.4%
Rebombero 2 de Abril	Equipo 1	33.2	0.0070	12.83	17.8%	60%	70.3%	70.3%
Rebombero Peñaloza	Equipo 1	37.3	0.0085	6.70	46.4%	59%	21.9%	21.9%
Rebombero Pima II	Equipo 1	19.2	0.0025	1.01	46.7%	44%	-7.2%	0.0%
Tanque Canoas	Equipo 1	52.0	0.0035	3.50	51.0%	59%	13.4%	13.4%
Rebombero Fovissste I	Equipo 1	14.5	0.0090	3.03	42.3%	55%	22.5%	31.9%
	Equipo 2	13.0	0.0120	4.47	34.2%	58%	41.2%	
Rebombero Colinas del Yaqui	Equipo 1	41.2	0.0130	9.40	55.9%	62%	9.3%	9.3%
Rebombero L. Cárdenas	Equipo 1	54.2	0.0060	8.00	39.8%	50%	20.2%	20.2%
Rebombero Conjunto Jardín		78.2	0.0045	7.90	43.7%	56%	22.1%	28.3%
	Equipo 1	60.2	0.0120	17.20	41.2%	63%	34.5%	
Tanque Tamaulipas	Equipo 1	36.5	0.0235	24.00	35.1%	69%	49.4%	49.4%
Rebombero Canada	Equipo 1	37.2	0.0040	3.62	40.3%	70%	42.5%	42.5%
Rebombero Puesta del Sol	Equipo 1	75.2	0.0201	30.70	48.3%	70%	30.7%	30.7%
Rebombero B. Juárez II	Equipo 1	24.2	0.0030	1.49	47.9%	55%	12.3%	12.3%
Rebombero Gorriones	Equipo 1	34.2	0.0040	5.02	26.8%	54%	50.8%	50.8%
Rebombero Solidaridad	Equipo 1	61.1	0.0080	14.10	34.0%	62%	44.9%	44.9%
Tq. 1ro Nogales	Equipo 1	69.5	0.0560	85.50	44.7%	75%	40.1%	40.1%
Rebombero Coahuila	Equipo 1	49.0	0.0220	24.00	44.1%	58%	24.4%	24.4%
Rebombero Nvo. Nogales	Equipo 1	88.3	0.0140	19.80	61.2%	64%	3.7%	7.6%
	Equipo 2	88.3	0.0200	30.90	56.1%	63%	11.5%	
Rebombero Pancho Villa	Equipo 1	21.6	0.0021	2.25	19.8%	50%	60.3%	60.3%
Rebombero Paseo Rumorosa	Equipo 1	27.0	0.0010	1.39	19.0%	53%	64.2%	64.2%
Noria Centro	Equipo 1	56.5	0.0085	7.70	61.2%	56%	-9.1%	0.0%
Noria Unidad Deportiva 1 y 2	Pozo 1	93.0	0.0067	13.00	47.0%	56%	16.2%	2.4%
	Pozo 2	93.0	0.0065	10.00	59.3%	53%	-11.4%	
Kenworth	Kenworth	132.7	0.0350	81.00	56.3%	67%	16.0%	16.0%

Las conclusiones de estos resultados arrojan los siguientes potenciales de ahorro:

- En captaciones, el promedio de ahorro es de 20 %. Los pozos de la captación centro son los que presentan el potencial más alto con un 24 % y los de la captación Mascareñas son los que menor potencial presentan con un 14 %



- En el caso de los rebombes primarios, el promedio de ahorro global resulta de 16 %. Los rebombes Nomenay y Portezuelos tienen el mayor potencial con un 21 %
- En el caso de los rebombes secundarios, el potencial es mayor resultando en un 28 % global. Los que mayor potencial presentan son, 2 de abril, Tamaulipas, Canada, Gorriónes, Solidaridad, 1ro Nogales, Pancho Villa y Paseo Rumorosa

En el aspecto hidráulico se realizó un análisis del equilibrio en la distribución del agua por zonas, lo cual fue bastante laborioso dada la complejidad del sistema al no tener áreas de influencia bien delimitadas al estar inyectando directo a la red en muchos casos

Para realizar el análisis, se utilizó información del padrón de usuarios de OOMAPAS, cruzándola con el mapa de zonas de tandeo y las rutas de distribución que utiliza OOMAPAS para obtener la distribución de usuarios por subsector actual, la cual se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 4-144. Balance Volumétrico para las diferentes zonas de influencia de Nogales**

Subsector de distribución	Usuarios	Habitantes	Q <sub>med</sub> (L/s)	Q <sub>disponible</sub> (L/s)	Diferencia Q (L/s)
SH-1	209	878	2.64	722.38	137.02
SH-2	773	3,247	9.77		
SH-3	362	1,520	4.58		
SH-4	1,224	5,141	15.47		
SH-5	112	469	1.41		
SH-6	563	2,366	7.12		
SH-7	193	809	2.43		
SH-8	67	282	0.85		
SH-9	1,283	5,389	16.22		
SH-10	97	409	1.23		
SH-11	4,547	19,097	57.47		
SH-12	4,075	17,114	51.50		
SH-13	62	258	0.78		
SH-14	760	3,190	9.60		
SH-15	611	2,567	7.72		
SH-16	857	3,601	10.84		
SH-17	2,183	9,169	27.59		
SH-18	2,815	11,823	35.58		
SH-19	2,550	10,710	32.23		
SH-20	949	3,985	11.99		
SH-21	451	1,894	5.70		
SH-25					
SH-22	721	3,026	9.11		
SH-23	288	1,210	3.64		
SH-24	432	1,816	5.46		
SH-26	1,106	4,645	13.98		
SH-27	1,273	5,347	16.09		
SH-28	1,104	4,638	13.96		
SH-29	1,577	6,623	19.93		
SH-30	180	755	2.27		
SH-31	1,020	4,285	12.89		
SH-32	1,678	7,046	21.20		
SH-33	921	3,869	11.64		
SH-34	1,855	7,791	23.45		
SH-35	1,544	6,485	19.51		
SH-36	4,750	19,950	60.03		
SH-37	2,092	8,786	26.44		
SH-38	206	866	2.61		
SH-39	516	2,165	6.52		
SH-40	309	1,299	3.91		
<b>Sumas =</b>	<b>46,315</b>	<b>194,520</b>	<b>585.36</b>	<b>722.38</b>	<b>137.02</b>

Como se puede observar, el gasto medio disponible total es mayor al necesario para que el 100% de la población disponga del servicio de agua potable durante las 24 horas del día, pero el desequilibrio en la

distribución y la sub-utilización de la capacidad de regulación ha originado la necesidad de los tandeos en la ciudad.

Posteriormente, se propuso una redistribución de caudales, organizando dicha distribución por fuente de captación, lo cual implicó también , cambios en la llegada de agua en bloque a través de las conducciones primarias y los tanques

En cuanto a la definición de sectores y subsectores, ésta se basó en tres tipos de modificaciones a la red. El primero fue aislar en la mayoría de los casos las líneas de conducción, de tal forma que existiera el mínimo de inyecciones directas a la red para que el gasto producido por los pozos llegara casi íntegro hasta los tanques de regularización. El siguiente trabajo fue aislar la mayoría de los sectores hidráulicos propuestos para que estos fueran alimentados únicamente desde los tanques de regularización correspondientes. El tercer trabajo fue realizar cambios en la red, principalmente proponiendo líneas nuevas de la menor longitud posible para que la distribución del agua interna tuviera las menores pérdidas por cortante posibles. En la figura 3, se muestra la distribución de los sectores hidráulicos en la zona de estudio.

Una vez establecidas las áreas de influencia de cada fuente de abastecimiento, fue necesario construir el modelo de simulación, a fin de reproducir el funcionamiento de la red en condiciones actuales, y posteriormente proponer modificaciones para la redistribución de caudales y control de presiones en la red y de las líneas de conducción. De esta manera, se construyó el modelo de simulación para analizar los resultados con el programa Epanet 2.0, tal como se puede observar en la figura 4.98.

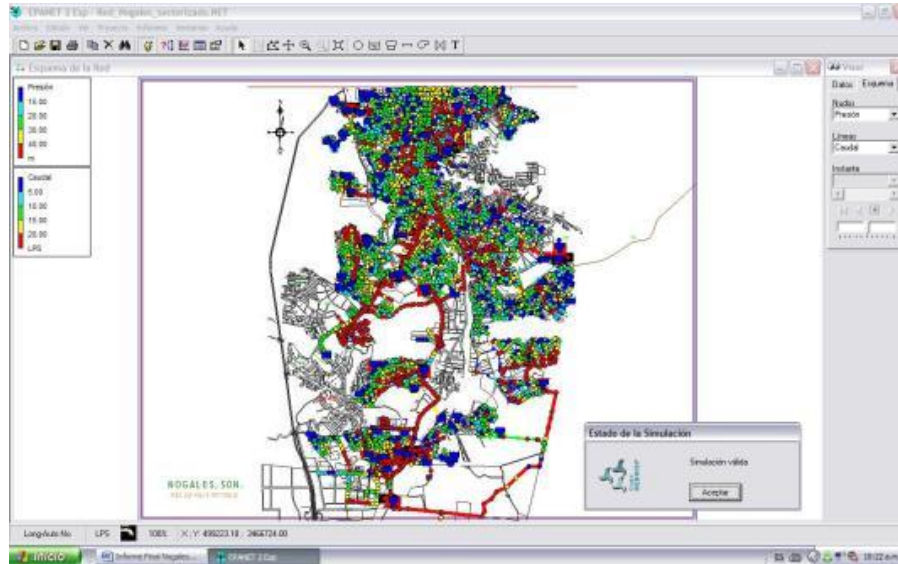


Figura 4-98. Modelo de la red de agua potable de Nogales en Epanet

Debido a que en este modelo se simulan todos los tramos de la red, se logra un óptimo funcionamiento hidráulico de los sectores, interconectando algunos tramos, cerrando o abriendo válvulas, sustituyendo tramos cortos y regulando presiones con válvulas automáticas.

De los resultados de la modelación de la red de distribución en las horas de máxima demanda se pudo identificar una distribución ineficiente del agua, por lo que se propuso una nueva redistribución de caudales y presiones con las siguientes condiciones:

- La nueva propuesta de distribución se puede dividir en dos partes, la primera desde la captación Mascareñas a partir del rebombío Portezuelos, el cual se propone que envíe un caudal de 212 L/s, repartido en 56.5 L/s al tanque Torreón y 155.2 L/s al tanque Héroe II a través de la línea de conducción existente de 18" desde Portezuelos. Hacia el tanque Torreón también llegarán el caudal del pozo Gasera de 30 L/s. Ver figura 4.99.

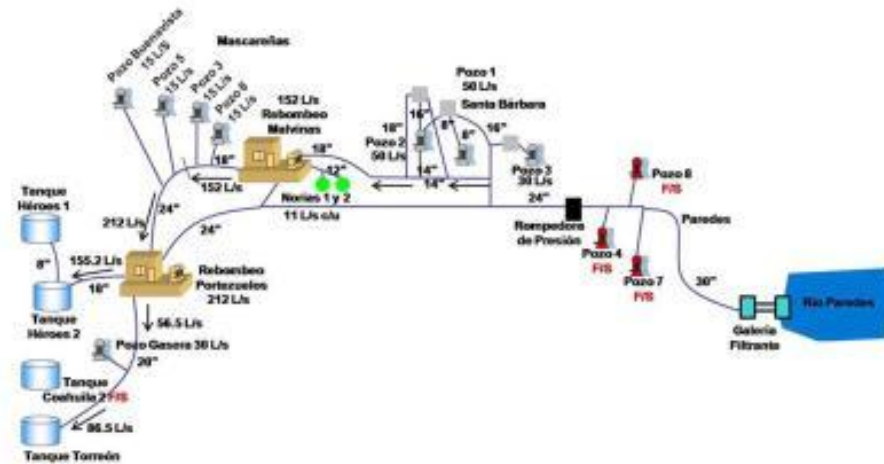


Figura 4-99. Propuesta para la conducción del sistema Mascareñas

- A partir de los tanques Torreón y Héroes II, se pretende llevar agua a los demás tanques que conforman el sistema de la siguiente manera: Del tanque Héroes II se enviará por gravedad agua al tanque Héroes I y a las zonas que eran abastecidas por los rebombes Benito Juárez I y II, así como Lázaro Cárdenas. Del tanque Héroes I se repartirán los caudales a los tanques Juárez e Independencia. Del tanque Juárez se llevará agua al tanque Nogales y de éste al tanque Chulavista. Este último abastecerá al tanque Tamaulipas. Por otro lado, del tanque Torreón se enviará únicamente agua al tanque Coahuila 1. Ver figura Figura 4.100.

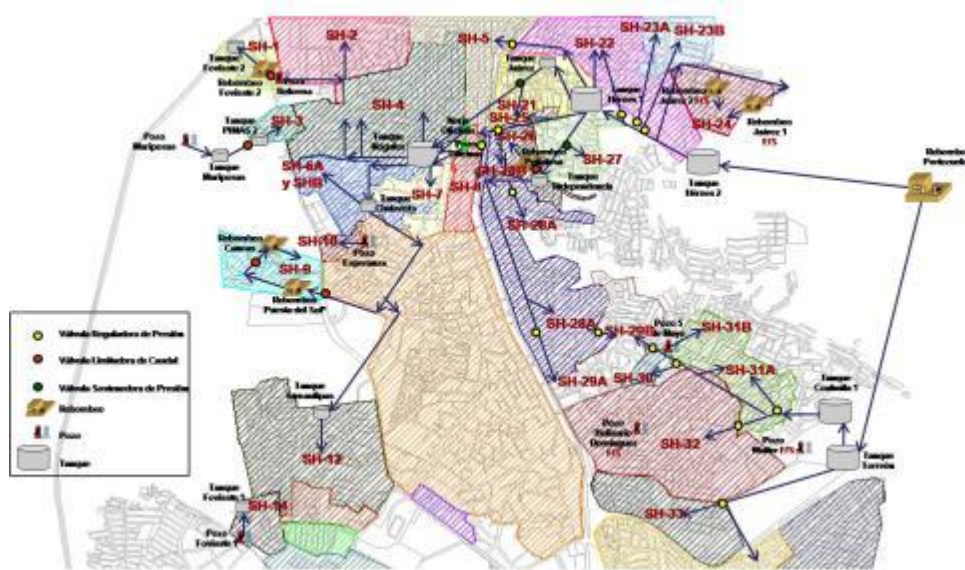


Figura 4-100. Propuesta de redistribución en Nogales a través de los sistemas Mascareñas y Centro

- En el caso de la captación Alisos, se deben enviar 230.5 L/s al rebombero Aeropuerto a partir del rebombero Saric y posteriormente al tanque Principal II, así como 100 L/s al tanque Principal I desde el rebombero Saric, y a partir de estos dos tanques se llevará agua a los demás tanques abastecidos por este sistema de la siguiente manera: Del tanque Principal I se mandará agua al tanque Primero Nogales, al Nuevo Nogales y Colinas del Yaqui, y del Principal II a los tanques Haciendas y San Carlos. Del tanque Primero Nogales se mandará agua al tanque Bellotas y de éste al tanque Nuevo Bellotas 2 (proyecto). Asimismo, del tanque Primero Nogales, se mandará

agua al tanque Guerrero, y éste a su vez, abastecerá al tanque Chimeneas. Ver figuras 4.101. y 4.102.

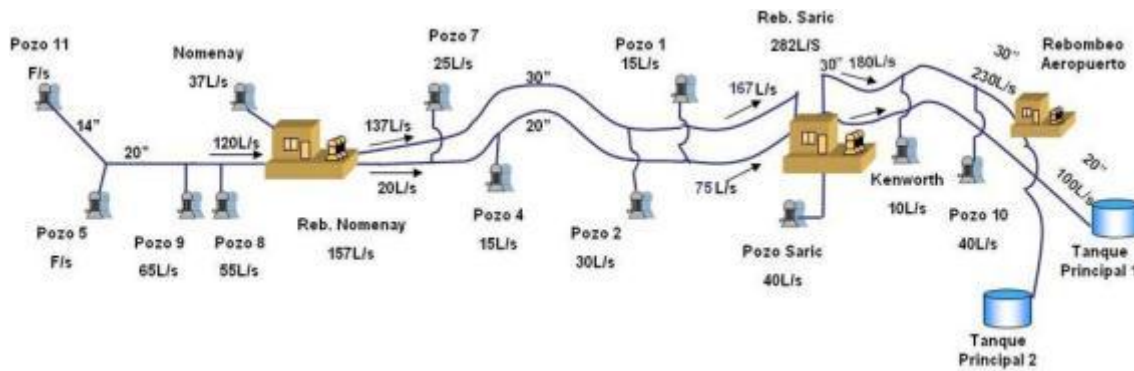


Figura 4-101. Propuesta para la conducción del sistema Alisos

- Existen zonas aisladas que se abastecerán directamente de algunos pozos de la ciudad como son los casos de los sectores SH1 y SH-2, SH-3, SH-10, SH-14, SH-31B, SH-35 y SH-40 que serán abastecidos por los pozos Reforma, Mariposas, Esperanza, Fovisste 1, 5 de Mayo, Solidaridad 1 y 2, y Cocheras respectivamente. Ver figura 4.102.

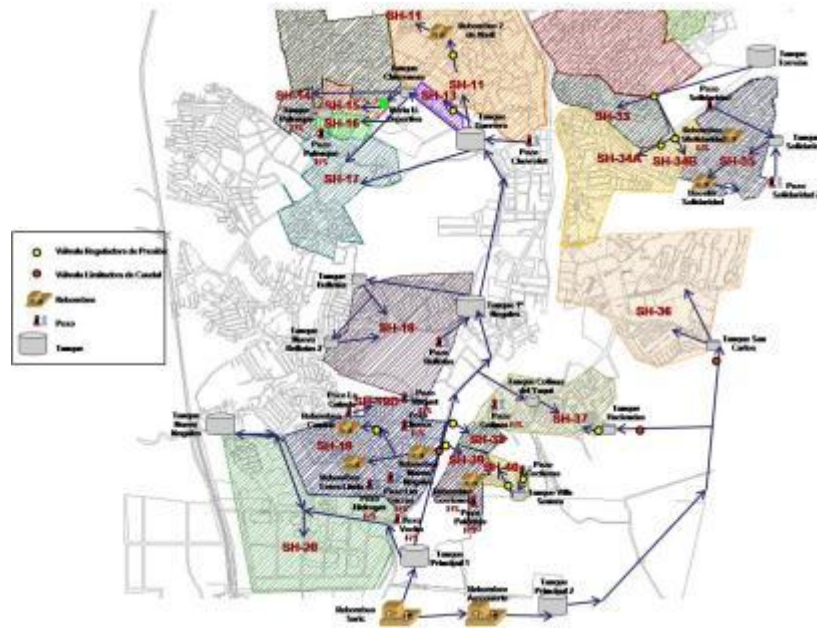


Figura 4-102. Propuesta de redistribución en Nogales a través de los sistemas Alisos y Centro

Algunas de los resultados obtenidos con la redistribución son los siguientes:

- Con esta propuesta es posible sacar de operación los pozos Palenque, Chevrolet, Hidrogas, Las Garzas, Raquet, Chueco, Vocho, Walter, Belizario Domínguez, Virreyes, Colinas del Yaqui y Palomas, así como los rebombes Esplendoroso, Benito Juárez 1 y 2, Constitución, Virreyes, Solidaridad y Gorriones, pertenecientes a la Captación Centro.

- En el caso de los sectores SH-3, SH-35 y SH-40, los cuales se propone abastecer de los pozos Mariposas, Esperanza y Cocheras, respectivamente, es posible parar equipos en hora punta, de acuerdo al análisis efectuado.
- Se debe garantizar que del pozo Fovisste 1 se pueda extraer un caudal de 2.38 L/s, con la finalidad de que se pueda abastecer al sector SH-14 las 24 hrs.
- Del análisis de las conducciones se determinó que es posible sacar de operación algunos equipos de las captaciones Alisos y Mascareñas. Del primer caso, se pueden citar el pozo 5, y los equipos 3, 4, 5 y 6 del rebombeo Saric. En cuanto a Mascareñas, podrían ser los 3 pozos de Paredes y 4 equipos del rebombeo Portezuelos.
- Al efectuar el análisis de regularización de tanques, se determinó que en el caso de la captación Mascareñas, se podrían parar equipos en hora punta siempre y cuando se garantice que la galería filtrante aportará un caudal de 180 L/s adicionales a los 213.58 L/s obtenidos en el balance de agua.
- Se debe construir un tanque proyecto denominado Nuevo Bellotas necesario para el SH-18B que tenga una capacidad de por lo menos 200 m3 para poder regularizar los caudales medios, y otro tanque para los sectores SH-41 a SH-44 tenga una capacidad de 800 m3.
- Para el caso de los rebombes Puesta del Sol, Peñaloza, 2 de Abril y Loma Linda, se propone construir un cárcamo de rebombeo que servirá para regularizar los caudales medios, cuyo capacidad se propone que sea de 450, 400, 30 y 400 m3, respectivamente.

En general, el proyecto, una vez implementado lograra incrementar la continuidad del servicio de agua, beneficiando a la población de Nogales hasta alcanzar 24 horas diarias, con una distribución de presiones más homogénea y con un control operacional optimizado con mínimos movimientos de válvulas.

Esta nueva distribución permitió determinar ahorros de energía adicionales que se describen a continuación

### **Ahorro de energía por eficiencia electromecánica con equipos de alta eficiencia disponible.**

Paralelamente al análisis de optimización de la operación hidráulica, se realizó la evaluación de ahorros de energía por eficiencia electromecánica, para identificar sistemas de bombeo, cuyo costo – beneficio es muy atractivo y que pueden ser recomendables para ejecutar proyectos de sustitución antes incluso de la implementación de las medidas de optimización hidráulica donde normalmente resultan recomendaciones para optimizar el número de equipos en operación o algún cambio en las especificaciones de los mismos y en ese momento se recomendaría sustituir los equipos con base a las nuevas condiciones.

Por experiencias anteriores, se sabe que esta medida tiene un gran potencial dados los niveles de eficiencia típicos en pozos o rebombes en los sistemas de agua en México y es aplicable en el corto plazo con recuperaciones de inversión muy atractivos

Por esta razón, en base al potencial determinado previamente en base a la comparación con la NOM 006 ENER 1995, se realizó una evaluación más detallada que a continuación se presenta

Para fines de evaluación económica se seleccionaron bombas de varias marcas comerciales y se seleccionó la que presentó un mejor costo beneficio

Un ejemplo de los equipos seleccionados para sumergibles y verticales se muestra en la tabla 4.145 para bombas sumergibles y 4.146 para las turbinas verticales de rebombes.

Tabla 4-145. Equipos sumergibles seleccionados en pozos y rebombes y sus eficiencias

IDENTIFICACIÓN	Placa	ESPECIFIC.			EQUIPO PROPUESTO						
		HP	H (mca)	Q (lps)	Bomba Franklin		Motor Franklin		Inversión (\$)		
					Modelo	Efic.	HP	Efic.	Costo Bomba	Costo Motor	Total
Captación Centro	Reforma	75	152	28	P-96080450303	76%	75	88%	\$18,392	\$67,962	\$ 91,959
	Mariposas	40	207	10	P-96060175012	67%	40	83%	\$30,546	\$26,833	\$ 62,985
	Palenque	30	176	1.5	P-93822535	48%	5	74%	\$3,045	\$7,271	\$ 15,922
	Noria Sta Fe	2	20	5.5	P-93619005	71%	2	69%	\$2,154	\$3,041	\$ 10,801
	Noria II	20	18	12	P-96060200001	67%	5	74%	\$6,548	\$7,271	\$ 19,425
	Chevrolet	40	108	14	P-96080225003	74%	25	83%	\$18,392	\$19,457	\$ 43,455
	Bellotas	75	134	16	P-96080350108	75%	40	83%	\$24,103	\$26,833	\$ 56,542
	Cañada	20	158	5	P-94827513	64%	15	81%	\$24,103	\$13,674	\$ 43,384
	Raquet	40	165	7	P-96060100013	69%	25	83%	\$29,773	\$19,457	\$ 54,836
	Chueco	40	174	9	P-96060150114	71%	30	83%	\$25,013	\$22,539	\$ 53,158
	Hidrogas	30	129	9.4	P-96060150111	71%	25	83%	\$21,847	\$19,457	\$ 46,910
	Vocho	40	150	12	P-96080225005	72%	40	83%	\$24,103	\$26,833	\$ 56,542
	Palomas	30	185	7	P-96060100013	68%	25	83%	\$29,773	\$19,457	\$ 54,836
	Cocheras	30	178	9	P-96060150114	71%	30	83%	\$25,013	\$22,539	\$ 53,158
	Virreyes	10	120	2.3	P-9425011	56%	7.5	76%	\$7,439	\$16,364	\$ 29,410
	Solidaridad	40	116	12	P-96080275003	68%	40	83%	\$18,392	\$26,833	\$ 50,831
	Walter	30	112	10	P-96080225103	68%	25	83%	\$18,392	\$19,457	\$ 43,455
	Torreón	20	145	5.6	P-96060100010	65%	20	82%	\$23,430	\$16,768	\$ 45,804
	elizardio Domínguez	5	48	5	P-93619012	58%	5	74%	\$3,344	\$7,271	\$ 16,221
	5 de Mayo	10	65.4	4	P-94827505	65%	5	74%	\$6,169	\$7,271	\$ 19,046
El Potrero	25	163.7	7	P-96060100013	69%	25	83%	\$29,773	\$19,457	\$ 54,836	
Cibuta Est.	7.5	130	5	P-94827513	62%	15	81%	\$24,103	\$13,674	\$ 43,384	
Captacion Los Alisos	Pozo 5	150	96	48	P-96080700306	75%	125	87%	\$25,765	\$106,746	\$ 138,118
	Pozo 9	125	100	61	Not Available		125	87%	\$0	\$0	\$ 5,606
	Pozo 8	100	68	51	P-96080700103	74%	60	84%	\$16,456	\$41,263	\$ 63,326
	Pozo Nomenay	150	97	25	P-96080350108	75%	40	83%	\$24,103	\$26,833	\$ 56,542
	Pozo 7	75	138	17.3	P-96080275104	74%	50	82%	\$21,253	\$33,992	\$ 60,851
	Pozo 4	75	170	18	P-96080275105	74%	60	84%	\$24,103	\$41,263	\$ 70,973
	Pozo 2	75	133	29	P-96080450303	75%	75	88%	\$18,392	\$67,962	\$ 91,959
	Pozo 1	40	110	15.5	P-96080275103	73%	40	83%	\$18,392	\$26,833	\$ 50,831
	Pozo Saric	60	77	20	P-96080350105	77%	30	83%	\$18,392	\$22,539	\$ 46,536
	Kenworth	20	85	10.5	P-96080225002	70%	20	82%	\$15,525	\$16,768	\$ 37,899
	Colinas del Yaqui	15	135	2.1	P-93613522	58%	7.5	76%	\$3,075	\$8,917	\$ 17,598
	Conjunto Jardín	10	94	4.5	P-94827509	65%	10	79%	\$0	\$0	\$ 5,606
	Captacion Mascareñas	Santa Bárbara 1	150	142	45	P-96080700305	74%	100	89%	\$22,667	\$83,786
Santa Bárbara 2		150	116	50	P-96080700306	74%	125	87%	\$25,765	\$106,746	\$ 138,118
Santa Bárbara 3		150	131	39	P-96080700305	71%	100	89%	\$22,667	\$83,786	\$ 112,060
5 Mascareñas		50	156	22	P-96080450105	76%	60	84%	\$18,392	\$41,263	\$ 65,261
8 Mascareñas		50	149	15	P-96080225105	73%	40	83%	\$24,103	\$26,833	\$ 56,542
3 Mascareñas		30	147	10	P-96080225104	68%	30	83%	\$21,253	\$22,539	\$ 49,398
Buena Vista		30	80	16	P-96080275102	73%	30	83%	\$15,525	\$22,539	\$ 43,670
Gasera	100	121	37	P-96080550307	75%	100	89%	\$26,969	\$83,786	\$ 116,362	
Tanque Guerrero	Equipo 1	75	76.5	38	P-96080550107	73%	50	82%	\$18,392	\$37,163	\$ 61,160
Rebombero Foviste II	Equipo 2	7.5	48	5.8	P-96060150103	63%	7.5	76%	\$9,183	\$10,639	\$ 19,822
Rebombero Conjunto Jardin	Equipo 1	15	78.2	4.5	P-96060100106	63%	10	79%	\$13,927	\$11,899	\$ 25,826
Rebombero Coahuila 1	Equipo 1	30	49	22	P-90680350104	77%	20	82%	\$18,392	\$16,768	\$ 35,159
Noria Centro Unidad	Equipo 1	15	56.5	8.5	P-96060100109	70%	10	79%	\$10,992	\$11,899	\$ 22,891
	Pozo 1	15	93	6.7	P-96060100109	69%	15	81%	\$20,269	\$13,674	\$ 33,943
	Pozo 2	7.5	93	4.7	P94827509	63%	10	79%	\$7,447	\$11,899	\$ 19,346
Kenworth	Kenworth	125	1.32.7	35	P96080550307	76%	100	89%	\$26,969	\$83,786	\$ 110,755
											\$ 2,635,118.77

Tabla 4-146. Equipos verticales seleccionados en rebombos y sus eficiencias

IDENTIFICACIÓN			DATO			ESPECIFIC.			EQUIPO PROPUESTO				
			Placa	H	Q	Bomba Fairbanks		Motor US		Inversión (\$)			
			HP	(mca)	(lps)	Modelo	Efic.	HP	Efic.	Bomba	Motor	Total	
1	<b>Captación Los Alisos</b>	Pozo Nomenay	150	97	25	10A.4(10S)	80.40%	50	93.6%	\$135,504	\$73,594	\$425,390	
2	<b>Captacion Mascareñas</b>	Santa Bárbara 1	150	141.7	45	12B.3(7S)	82.50%	125	95.0%	\$137,140	\$156,797	\$736,328	
3		Santa Bárbara 3	150	130.9	39	10D.4(9S)	82.20%	100	94.5%	\$124,685	\$139,375	\$706,451	
4		Buena Vista	30	79.9	16	7B.3(12S)	80.60%	25	92.4%	\$86,672	\$42,332	\$169,250	
5	<b>Rebombero Nomenay</b>	Equipo 1	100	99.4	52	12B.3(5S)	81.30%	100	94.5%	\$70,364	\$139,375	\$221,706	
6		Equipo 2	200	99.5	69	12E.3(7S)	84.30%	125	95.0%	\$162,566	\$156,797	\$332,439	
7		Equipo 3	150	99.4	70	12E.3(7S)	84.20%	125	95.0%	\$162,566	\$156,797	\$332,439	
8		Equipo 5	200	73	68	12E.3(5S)	84.40%	100	94.5%	\$123,977	\$139,375	\$276,428	
9	<b>Rebombero Saric</b>	Equipo 1	250	208.7	65	12D.3(11S)	82.80%	250	95.1%	\$200,327	\$251,961	\$475,322	
10		Equipo 2	250	208.7	61	12D.3(10S)	83.70%	250	95.1%	\$184,530	\$251,961	\$459,525	
11		Equipo 3	250	200.7	62	12D.3(10S)	83.50%	250	95.1%	\$184,530	\$251,961	\$459,525	
12		Equipo 4	250	218.7	29	10M.4(15S)	81.30%	125	95.0%	\$194,262	\$156,797	\$369,829	
13		Equipo 5	250	210.7	43	12A.3(10S)	81.30%	200	95.4%	\$184,530	\$220,052	\$428,516	
14		Equipo 6	200	210.7	51	12B.3(10S)	83.70%	200	95.4%	\$184,530	\$220,052	\$428,516	
15	<b>Rebombero Tq. Principal</b>	Equipo 1	100	62.4	77	10K.3(8S)	84.20%	100	94.5%	\$137,612	\$139,375	\$312,888	
16	<b>Rebombero Malvinas</b>	Equipo 1	150	65.4	80	10K.3(8S)	84.40%	100	94.5%	\$137,612	\$139,375	\$288,954	
17		Equipo 2	150	66.4	90	10N.3(7S)	83.40%	125	95.0%	\$123,715	\$156,797	\$292,479	
18	<b>Rebombero Portezuelos</b>	Equipo 1	150	78.8	76	10K.3(9S)	83.80%	125	95.0%	\$151,509	\$156,797	\$332,240	
19		Equipo 4	125	68	105	10N.3(9S)	82.10%	150	95.4%	\$151,509	\$174,220	\$349,663	
20		Equipo 5	125	67.9	80	10K.3(9S)	84.80%	100	94.5%	\$143,126	\$139,375	\$306,435	
21		Equipo 6 ( 7 )	125	212	43	10G.4(18S)	82.10%	200	95.4%	\$256,572	\$220,052	\$494,648	
22		Equipo 8 ( 9 )	150	100	55	12E.3(6S)	83.90%	100	94.5%	\$143,272	\$139,375	\$308,799	
23		Equipo 9 (10 )	150	98	68	12E.3(7S)	84.10%	125	95.0%	\$162,564	\$156,797	\$345,513	
24	<b>Rebombero Tq. Torreón</b>	Equipo 1	75	38.5	84	10K.3(5S)	84.20%	60	94.1%	\$95,919	\$80,255	\$200,108	
25	<b>Tanque Heroes</b>	Equipo 1	125	52.2	83	10K.3(7S)	84%	75	94.1%	\$123,715	\$106,598	\$254,247	
26		Equipo 2	150	52.2	88	10N.3(6S)	83%	100	94.5%	\$109,816	\$139,375	\$273,125	
27		Equipo 6	150	52.8	139	12V.4(4S)	82%	150	95.4%	\$107,552	\$174,220	\$305,706	
28	<b>Tanque Chulavista</b>	Equipo 1	100	36.7	106	10N.3(5S)	81.80%	75	94.1%	\$95,919	\$106,598	\$214,484	
29		Equipo 2	20	23.2	14	7A.3(5S)	82.30%	7.5	94.1%	\$47,966	\$15,965	\$71,980	
30	<b>Tanque Nogales Pila</b>	Equipo 1	50	23	93	10N.3(3S)	82.80%	40	93.6%	\$68,124	\$51,722	\$143,780	
31	<b>Chimeneas</b>	Equipo 1	50	45.5	41	10G.4(4S)	81.90%	40	93.6%	\$76,939	\$51,722	\$139,766	
32		Equipo 2	75	61.9	52	10B.3(3S)	83.80%	60	94.1%	\$73,953	\$80,255	\$165,313	
33	<b>Tq. 1ro Nogales</b>	Equipo 1	125	69.5	56	12E.3(4S)	84.10%	75	94.1%	\$104,251	\$106,598	\$237,001	
<b>INVERSION</b>											<b>\$10,858,794</b>		

Como se ve, todos los equipos seleccionados cumplen con creces la Eficiencia Electromecánica mínima que exige la NOM 006-1995-ENER y se procuró que los factores de carga de los motores estuvieran entre 70 y 90 %, que es donde se concentra la máxima eficiencia.

En base a esta selección de equipos y siguiendo algunos criterios indicados por la OOMAPAS se realizó el análisis de ahorros de energía y económicos, así como el costo beneficio para determinar cuales se recomienda sustituir en el corto plazo

Para cada zona de captación y sistemas de rebombero, se realizó un ordenamiento de menor a mayor tiempo de recuperación de la inversión para determinar cuales equipos se pagaban en menos de 12 y 24 meses.

A continuación, a manera de ejemplo, se presenta en la tabla 4.147 siguiente, el análisis costo beneficio de los pozos de la captación centro, y en la tabla 4.148 el sistema de rebombeo portezuelos que es uno de los sistemas con mayor área de oportunidad, mostrando en ambos

Tabla 4-147. Análisis de Ahorro de Energía y Costo beneficio en Pozos de Captación Centro

IDENTIFICACIÓN		SITUACION ACTUAL			SITUACION PROPUESTA				AHORROS		EVALUACION ECONOMICA	
Sistema	Equipo	Efic. Actual	Potencia Demandada	FACTURACIÓN	O DE BO	PECIFICACION	CONSUMO		Energía	Facturación	Inversión	Pay-Back
		(%)	(kW)	\$/año		HP Motor	Efic. Electromec.	Potencia				
Captación Centro	Bellotas	37.6%	56.0	667,162	40	62.3%	33.8	402,893	194,315	264,268	56,542	0.2
	Raquet	30.3%	29.9	356,217	25	57.4%	15.8	187,876	123,780	168,341	54,836	0.3
	Chevrolet	42.8%	35.9	427,698	25	61.4%	25.0	297,832	95,490	129,866	43,455	0.3
	5 de Mayo	27.0%	9.5	113,179	5	47.9%	5.4	63,858	36,266	49,321	19,046	0.4
	Palenque	15.0%	15.6	46,463	5	35.5%	6.6	19,582	19,766	26,881	15,922	0.6
	Hidrogas	45.2%	26.3	313,328	25	58.5%	20.3	242,193	52,305	71,134	46,910	0.7
	Cañada	36.6%	18.0	214,445	15	51.8%	12.7	151,389	46,365	63,056	43,384	0.7
	Vocho	49.0%	36.0	428,890	40	60.0%	29.4	349,864	58,107	79,026	56,542	0.7
	Palomas	48.9%	26.0	309,754	25	56.2%	22.6	269,349	29,709	40,405	54,836	1.4
	Walter	49.9%	22.0	262,099	25	56.6%	19.4	231,242	22,689	30,857	43,455	1.4
	Reforma	61.3%	62.7	746,983	75	66.6%	57.7	687,241	43,928	59,741	91,959	1.5
	Solidaridad	50.4%	27.0	321,667	40	56.0%	24.3	289,130	23,924	32,537	50,831	1.6
	Noria II	23.2%	7.1	17,622	5	49.7%	3.3	8,226	6,909	9,396	19,425	2.1
	El Potrero	48.9%	23.0	91,338	25	57.4%	19.6	77,724	10,010	13,614	54,836	4.0
	Virreyes	39.2%	6.9	82,204	8	42.2%	6.4	76,410	4,260	5,793	29,410	5.1
	Mariposas	48.8%	32.3	96,202	40	55.6%	28.4	84,486	8,615	11,716	62,985	5.4
	Cocheras	58.3%	27.0	321,667	30	58.5%	26.9	320,508	852	1,159	53,158	45.9
	Chueco	59.0%	26.0	309,754	30	59.0%	26.0	309,604	110	150	53,158	355.5
Noria Sta Fe	59.1%	3.6	5,361	2	49.0%	4.3	6,462	0	0	10,801	n/a	
Torreón	56.9%	14.0	166,790	20	53.3%	14.9	178,050	0	0	45,804	n/a	
Belizario Domínguez	53.5%	8.8	104,660	5	42.9%	10.9	130,433	0	0	16,221	n/a	
Cibuta Est.	63.6%	10.0	89,352	15	50.3%	12.6	113,007	0	0	43,384	n/a	

Tabla 4-148. Análisis de Ahorro de Energía y Costo beneficio en Rebombeo Portezuelos

IDENTIFICACIÓN		SITUACION ACTUAL			SITUACION PROPUESTA				AHORROS		EVALUACION ECONOMICA	
Sistema	Equipo	Efic. Actual	Potencia Demandada	FACTURACIÓN	O DE BO	PECIFICACION	CONSUMO		Energía	Facturación	Inversión	Pay-Back
		(%)	(kW)	\$/año		HP Motor	Efic. Electromec.	Potencia				
Rebombeo Portezuelos	Equipo 1	51.5%	114.0	1,358,150	125	79.6%	73.8	879,193	352,175	478,957	332,240	0.7
	Equipo 5	49.8%	107.0	1,062,296	100	80.1%	66.5	660,181	295,673	402,115	306,435	0.8
	Equipo 9 (10)	46.7%	102.4	1,143,706	125	79.9%	59.9	737,379	298,770	406,327	345,513	0.9
	Equipo 6 (7)	55.9%	160.0	1,906,176	200	78.3%	114.2	1,360,269	401,402	545,907	494,648	0.9
	Equipo 8 (9)	57.4%	94.0	933,232	100	79.3%	68.1	675,616	189,424	257,616	308,799	1.2
	Equipo 4	66.7%	105.0	1,250,928	150	78.3%	89.4	1,065,415	136,407	185,513	349,663	1.9

Haciendo el mismo análisis en todos los sistemas seleccionados y cotizados que en este momento solo se realizo con los pozos y rebombeos, se obtuvo un global de ahorros de energía para equipos que se pagan en menos de 1 y 2 años.



Esto se realizó tanto para la situación actual que considera todos los equipos cuyo resumen se muestra en la tabla 4.149 siguiente, como en la situación propuesta que ya elimina los equipos que se propone queden fuera de operación de acuerdo a los resultados del análisis hidráulico cuyo resumen se muestra en la tabla 4.150 siguiente:

**Tabla 4-149. Resumen de Ahorros y Costo Beneficio en Pozos y Rebombes de Nogales Situación Actual**

Tipo de Sistema	Análisis global incluyendo equipos que se pagan en menos de 12 meses				Análisis global incluyendo equipos que se pagan en menos de 24 meses			
	AHORROS		Inversión	Pay-Back Promedio	AHORROS		Inversión	Pay-Back Promedio
	Energía	Facturación	(kWh/año)		(\$/año)	(\$)	(años)	
	(kWh/año)	(\$/año)		(kWh/año)				(\$/año)
<b>Pozos</b>	2,165,713	2,945,370	1,729,027	0.6	2,684,113	3,650,394	2,767,287	0.76
<b>Rebombes Verticales</b>	2,435,348	3,312,074	2,546,106	0.8	3,907,646	5,314,399	5,950,524	1.12
<b>Global</b>	4,601,061	6,257,443	4,275,133	0.7	6,591,759	8,964,793	8,717,811	1.0
(*) esta influido por los equipos que se pagan en menos de 12 meses					19%	18.9%		
<b>Rebombes Horizontales</b>					327,207	445,002		
<b>Global</b>					6,918,967	9,409,795		

**Tabla 4-150. Resumen de Ahorros y Costo Beneficio en Pozos y Rebombes de Nogales Situación Propuesta**

Tipo de Sistema	Análisis global incluyendo equipos que se pagan en menos de 12 meses				Análisis global incluyendo equipos que se pagan en menos de 24 meses			
	AHORROS		Inversión	Pay-Back Promedio	AHORROS		Inversión	Pay-Back Promedio
	Energía	Facturación	(kWh/año)		(\$/año)	(\$)	(años)	
	(kWh/año)	(\$/año)		(kWh/año)				(\$/año)
<b>Pozos</b>	1,969,863	2,679,013	1,611,358	0.6	2,435,865	3,312,776	2,551,328	0.77
<b>Rebombes Verticales</b>	2,435,348	3,312,074	2,546,106	0.8	3,872,773	5,266,971	5,889,363	1.52
<b>Global</b>	4,405,211	5,991,087	4,157,465	0.7	6,308,637	8,579,747	8,440,692	1.0
(*) esta influido por los equipos que se pagan en menos de 12 meses					18%	18.1%		
<b>Rebombes Horizontales</b>					311,533	423,686		

Las conclusiones principales de estos resultados son las siguientes:

1.- Los pozos en general son los más rentables, se pueden lograr para la situación actual \$ 2'945,370 de ahorro anual con equipos que se pagan en menos de 12 meses y \$ 3'650,394 incluyendo los que se pagan en 24 meses o menos. Para los que se paga en menos de 12 meses se requiere una inversión de \$ 1'729,027 que se paga en 0.6 años e incluyendo los que se pagan en menos de 24 meses la inversión global sería de \$ 2'767,207 que se paga en 0.8 años.

**Para la situación propuesta, sin considerar equipos a eliminar, los ahorros se mantienen en \$ 2'679,013 y \$ 3'312,776 respectivamente y la inversión global baja a \$2'551,328 por los equipos que no se necesita comprar**

2.- Considerando pozos y rebombes que se pagan en menos de 12 meses el ahorro puede alcanzar \$ 6'257,443 anuales y se requeriría una inversión de \$ 4'275, 394 pesos para sustituirlos cuyo payback global simple es de 0.7 años.

3.- El ahorro global alcanzable por equipos cuya inversión se paga en menos de 24 meses es de \$ 8'964, 793 con una inversión de \$ 8'717,811 que se paga en un año.

**Para la situación propuesta, sin considerar equipos a eliminar, los ahorros se mantienen en \$ 8'579,747 y la inversión global baja a \$ 8'440,692 que se paga en 12 meses**

La recomendación general fue sustituir al menos los pozos que se pagan en menos de 12 meses que en global se pagan en realidad en 6 meses considerando solo los equipos que se propone sigan en operación entendiendo que en ese tiempo se habrán implementado las medidas propuestas por el análisis hidráulico

### **Optimización del Factor de Potencia**

Se realizó el análisis del Factor de Potencia Actual, para cuantificar un posible ahorro en el costo energético optimizándolo , para ello se analizaron y detectaron los equipos que están en 90 % o menor valor de FP actualmente que se presentan en Tabla 4.151 siguiente ;

Tabla 4-151. Análisis del Factor de Potencia en Sistemas de Bombeo Nogales

Equipo	Tarifa	CONDICIÓN ACTUAL A ABRIL 2008				
		Facturación Mensual \$	Consumo mensual kWh	Factor de potencia %	Cargo por bajo FP	Bonificación por FP
POZO RAQUET PROLONG VILLA SO	OM	26,350	23,720	90.58	\$0	\$42
REBOMBEO NVO NOGALES	OM	50,508	44,923	87.58	\$837	\$0
POZO 5 SISTEMA LOS ALISOS	HM	70,813	71,559	84.36	\$2,841	\$0
POZO 4 SISTEMAS LOS ALISOS	HM	44,414	43,270	86.16	\$1,188	\$0
REBOMBEO SARIC KM 255-7, NUEVO NOGALES NGL	HM	627,768	632,207	91.23	\$0	\$2,116
REBOMBEO MALVINAS MASCARENA	HM	58,626	57,892	90.45	\$0	\$73
REBOMBEO PORTEZUELOS MASCAR, NUEVO NOGALES NGL	HM	320,221	316,407	90.10	\$0	\$89
REBOMBEO PILA CHIMENEAS	OM	21,803	16,433	86.77	\$487	\$0
NORIA UNIDAD DEPORTIVA	OM	20,818	18,485	87.73	\$323	\$0
REBOMBEO CIRCUITO JARDIN, NUEVO NOGALES NGL	OM	5,447	3,012	86.31	\$140	\$0
POZO MARIPOSAS	OM	29,991	24,858	87.84	\$442	\$0
REBOMBEO COLINAS DEL YAQUI	OM	7,546	6,548	88.94	\$54	\$0
POZO STA BARBARA 11 P NORTE, EJ ADOLFO LOPEZ MATEOS	HM	132,938	64,263	88.41	\$1,434	\$0
POZO 9 SISTEMA LOS ALISOS, CARRET INT KM 245 Y AGUAS FEDERALES, ALTAMIRA NGL	HM	80,548	80,949	90.41	\$0	\$91
POZO WALTER, SOLIDARIDAD Y FAB D BARRO Y COAPAES PILA TORREON, SOLIDARIDAD NGS	OM	19,891	17,439	87.23	\$379	\$0
POZO 3 POBLADO CIBUTA	OM	16,710	13,802	85.36	\$545	\$0
POZO EL POTRERO, CIBUTA NGL	OM	3,006	1,761	75.98	\$333	\$0
POZO EL BOCHO, C OBREGON CALZ NVO NOGALE Y INDUSTRIAL, PARQUE IND NUEVO NOGALES NGL	OM	30,475	27,222	83.04	\$1,533	\$0
REBOMBEO AEREOPUERTO, RECINTO FISCAL	HM	433,788	69,981	90.00	\$0	\$0
POZO 10 SISTEMA ALISOS, PARQUE INDUSTRIAL NGL	HM	68,216	56,445	82.82	\$3,548	\$0
POZO BUENA VISTA, MASCARENAS NGL	OM	20,111	17,851	88.32	\$230	\$0
POZO STA BARBARA 111, MASCARENAS NGL	HM	39,205	32,707	90.00	\$0	\$0
JESUS GARCIA SECCION FERROCARR, LOS VIRREYES NGL	OM	27,988	15,116	78.61	\$2,433	\$0

Una vez identificados se procedió a especificar el banco de capacitores, calcular ahorros potenciales llevando el FP a un valor óptimo de aproximadamente 98 % que es alcanzable normalmente con una buena compensación. Los resultados globales se muestran en Tabla 4.152 siguiente.

Tabla 4-152. Ahorro de Energía optimizando el Factor de Potencia en Sistemas de Bombeo Nogales

Equipo	Tarifa	CONDICIÓN ESPERADA				EVALUACION ECONOMICA			
		FP	Reactivos kVArh	Capacitor a Instalar (kVAr)	Bonificación por FP	Ahorros \$/mes	Inversión	Pay-Back (meses)	
POZO RAQUET PROLONG VILLA SO	OM	98.4	4,238	5	\$164	\$122	\$4,000	32.8	
REBOMBEO NVO NOGALES	OM	97.5	10,162	10	\$327	\$1,164	\$6,500	5.6	
POZO 5 SISTEMA LOS ALISOS	HM	97.1	17,616	20	\$563	\$3,404	\$11,500	3.4	
POZO 4 SISTEMAS LOS ALISOS	HM	97.2	10,368	10	\$323	\$1,511	\$6,500	4.3	
REBOMBEO SARIC KM 255-7, NUEVO NOGALES NGL	HM	97.9	133,067	100	\$3,934	\$1,818	\$51,500	28.3	
REBOMBEO MALVINAS MASCARENA	HM	98.3	10,927	15	\$396	\$323	\$9,000	27.9	
REBOMBEO PORTEZUELOS MASCAR, NUEVO NOGALES NGL	HM	97.8	67,568	75	\$2,090	\$2,001	\$39,000	19.5	
REBOMBEO PILA CHIMENEAS	OM	97.2	3,961	6	\$119	\$606	\$4,500	7.4	
NORIA UNIDAD DEPORTIVA	OM	98.2	3,605	5	\$144	\$467	\$4,000	8.6	
REBOMBEO CIRCUITO JARDIN, NUEVO NOGALES NGL	OM	98.8	461	5	\$27	\$167	\$4,000	24.0	
POZO MARIPOSAS	OM	97.4	5,821	5	\$175	\$617	\$4,000	6.5	
REBOMBEO COLINAS DEL YAQUI	OM	98.4	1,168	2	\$50	\$103	\$2,500	24.2	
POZO STA BARBARA 11 P NORTE, EJ ADOLFO LOPEZ MATEOS	HM	97.8	13,733	20	\$463	\$1,898	\$11,500	6.1	
POZO 9 SISTEMA LOS ALISOS, CARRET INT KM 245 Y AGUAS FEDERALES, ALTAMIRA NGL	HM	97.7	17,806	12	\$517	\$426	\$7,500	17.6	
POZO WALTER, SOLIDARIDAD Y FAB D BARRO Y COAPAES PILA TORREON, SOLIDARIDAD NGS	OM	98.0	3,520	5	\$137	\$516	\$4,000	7.8	
POZO 3 POBLADO CIBUTA	OM	97.6	3,063	5	\$112	\$657	\$4,000	6.1	
POZO EL POTRERO, CIBUTA NGL	OM	97.9	370	3	\$20	\$353	\$3,000	8.5	
POZO EL BOCHO, C OBREGON CALZ NVO NOGALE Y INDUSTRIAL, PARQUE IND NUEVO NOGALES NGL	OM	98.0	5,502	10	\$252	\$1,784	\$6,500	3.6	
REBOMBEO AEREOPUERTO, RECINTO FISCAL	HM	97.6	15,480	25	\$456	\$456	\$14,000	30.7	
POZO 10 SISTEMA ALISOS, PARQUE INDUSTRIAL NGL	HM	97.5	12,779	25	\$496	\$4,045	\$14,000	3.5	
POZO BUENA VISTA, MASCARENAS NGL	OM	98.2	3,459	5	\$135	\$365	\$4,000	11.0	
POZO STA BARBARA 111, MASCARENAS NGL	HM	97.3	7,763	10	\$204	\$204	\$6,500	31.8	
JESUS GARCIA SECCION FERROCARR, LOS VIRREYES NGL	OM	98.0	3,098	25	\$160	\$2,593	\$14,000	5.4	
Total Anual						\$307,189	\$236,000	0.8	

Como se puede ver, el ahorro potencial es de \$307,189 anuales y la inversión necesaria es de \$236,000 pesos que se paga en menos de 1 año.

### Ahorro de energía por aplicación de variadores de frecuencia

Esta evaluación está basada en el análisis de comportamiento energético y las leyes de afinidad que gobiernan la operación de los variadores, considerando la modificación simultánea de las curvas del sistema y la bomba.

Este caso es el que se presenta en los sistemas de bombeo de agua potable en donde por requerimientos del proceso, la curva "Carga-Capacidad" del sistema varía, debido a que en el sistema existen varios usuarios y cada uno de ellos demanda más o menos gasto como función de sus propias necesidades. Esto, visto desde la bomba, representa variaciones en la curva del sistema, por lo que continuamente varía el gasto y la carga.

En sistema de control que garantice el mismo gasto a los usuarios a pesar de que algún otro usuario haya cambiado su régimen de demanda, lo encontramos en la variación de la curva de la bomba, simultáneamente con la variación de la curva del sistema, de manera tal que se mantenga la carga del sistema en cualquier condición de operación. La figura 4.5 ilustra el proceso.

Obsérvese como ante una variación de la curva del sistema, el control ajusta la velocidad de la bomba para mantener la carga  $H_1$ , y suministrar el gasto  $Q_2$  que el sistema realmente está demandando. La potencia hidráulica en este caso es:

$$Ph_1' = Q_2 \times H_1$$

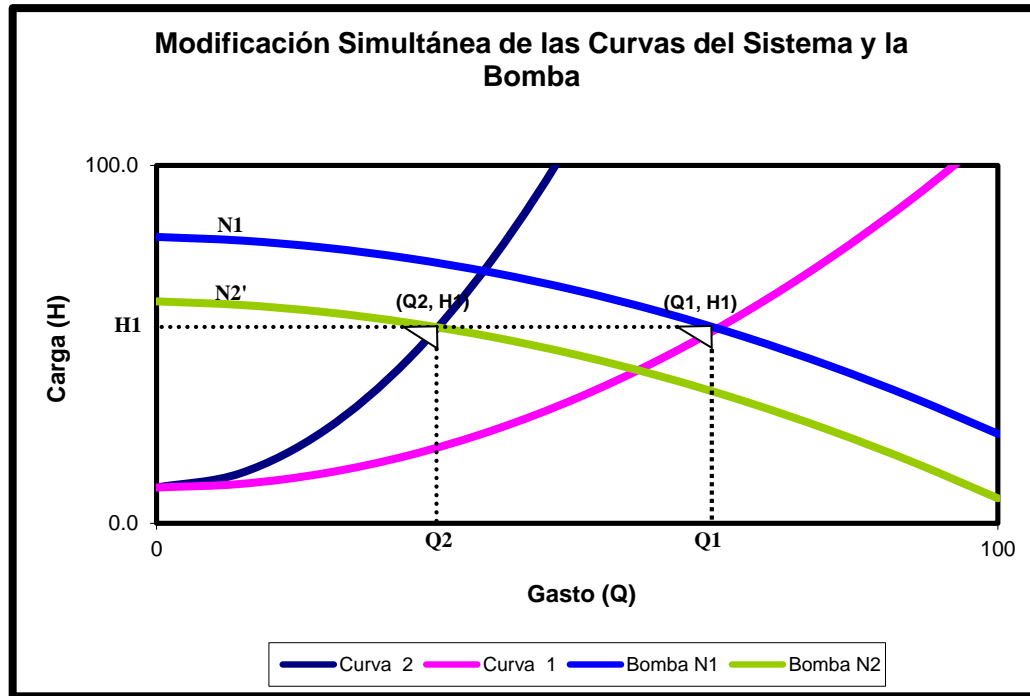


Figura 4-103. Comportamiento Q/H con un variador de frecuencia aplicado a un sistema de bombeo

Basado en esta metodología, se realizó una evaluación tanto para la situación actual como para la situación propuesta optimizando la operación hidráulica que se presentan a continuación

### Potencial de ahorro con variadores en la situación actual

Se realizó una evaluación de la posible aplicación de variadores de frecuencia tomando como criterio las variaciones de presión en sistemas de bombeo que están alimentando directamente a la red, para lo cual se realizó un monitoreo de presiones de 24 horas en 9 de estos sistemas como muestra representativa de un total de 24 que se seleccionaron. Este monitoreo de presiones también puede ser útil para validar el modelo hidráulico.

Esta evaluación resultó de un primer análisis de la forma como operan actualmente los sistemas de bombeo tanto pozos como rebombes, identificando los equipos que alimentan directo a la red. El formato de análisis en base al cual se seleccionaron los equipos con posibilidades de aplicación de variadores y que se decidieron monitorear corresponde solamente a la captación centro, en la cual se encuentra la mayoría de equipos con estas posibilidades

Otra de las ventajas de realizar este análisis preliminar es vislumbrar, para ser consideradas dentro de las propuestas de optimización de la operación hidráulica, aquellos subsistemas donde se debe considerar la posibilidad de controlar presiones a través de la aplicación de este tipo de tecnologías que además de los beneficios de reducción de pérdidas de agua por sobre presión, se tengan ahorros económico por energía dejada de consumir.

Tabla 4-153. Formato de Análisis Preliminar de Oportunidades de Ahorro de Energía en conjunto con el análisis hidráulico

	Fuente de Alimentación		OPERACIÓN CTUAL		Medida de ahorro factible de explorar ( control en hora punta, variador de frecuencia, reducción de horas de operación, paro definitivo, etc)
			Sistema al que suministra ( directo a red, a tanque de regulación, a ambos, etc)	h/año	
Captación Centro		<b>Reforma</b>	Se conecta a la red (línea de 3" sobre la calle Reforma) y abastece al rebombeo Fovisste 2. Una línea de 6" se conecta a la red general de la ciudad	8760	
		<b>Mariposas</b>	Abastece al tanque Mariposas con una línea de 6"	2190	
		<b>Palenque</b>	Abastece al tanque Palenque con una línea de 3"	2190	
		<b>Noria Sta Fe</b>	Abastece a una red cerrada que alimenta a unas 100 casas	1095	Variador de velocidad
		<b>Chevrolet</b>	Se conecta a la red (línea de 14" sobre Blvd. El Greco)	8760	Variador de velocidad
		<b>Bellotas</b>	Se conecta a la red (línea de 6" sobre Blvd. Bellotas) y abastece al tanque Primero Nogales con una línea de 6"	8760	
		<b>Cañada</b>	Se conecta a la red (línea de 4" en la esq. de la calle Nueva Canadá) y abastece al rebombeo Canadá con esa misma línea. También se conecta a la línea de 4" sobre el Blvd. El Raquet.	8760	Variador de velocidad
		<b>Raquet</b>	Se conecta a la red (línea de 4" sobre Prolong. Av. Villa Sonora)	8760	Variador de velocidad
		<b>Chueco</b>	Se conecta a la red (línea de 6" sobre calle Nueva Checoslovaquia)	8760	Variador de velocidad
		<b>Hidrogas</b>	Se conecta a la red (línea de 4" sobre calle Nuevo Portugal)	8760	Variador de velocidad
		<b>Vocho</b>	Se conecta a la red (línea de 8" sobre calle del Obrero)	8760	Variador de velocidad
		<b>Palomas</b>	Se conecta a la red (línea de 4" sobre calle de Las Palomas). Tiene una derivación de 2" y abastece una pequeña red de unas 100 casas	8760	Variador de velocidad
		<b>Cocheras</b>	Se conecta a la red (línea de 4" sobre calle Flamings)	8760	Variador de velocidad
		<b>Virreyes</b>	Se conecta a la red (línea de 8" sobre calle Virreyes)	8760	Variador de velocidad
		<b>Solidaridad</b>	Se conecta a la red (línea de 6" sobre Av. Primera)	8760	Variador de velocidad
		<b>Walter</b>	Se conecta a la red (línea de 12" que sale del tanque Coahuila 1)	8760	Variador de velocidad
		<b>Torreón</b>	Abastece al tanque Torreón con una línea de 4"	8760	
		<b>Belizario Domínguez</b>	Abastece a la escuela del mismo nombre, lo opera la propia escuela, y los excelentes van a la red.	1065	
		<b>5 de Mayo</b>	Se conecta a la red (línea de 4" sobre la calle Mpio. De Tepache)	8760	Variador de velocidad
		<b>El Potrero</b>	Abastece únicamente al tanque de la colonia El Potrero.	2920	
	<b>Cibuta Est.</b>	Abastece únicamente a la red del poblado El Cibuta	6570	Variador de velocidad	
	<b>Colinas del Yaqui</b>	Abastece a una red cerrada de la colonia Colinas del Yaqui (500 casas)	7762	Variador de velocidad	
	<b>Fovisste 1</b>	Abastece al rebombeo Fovisste 1	8760		

A continuación, en la Fig. 4.104. y en la Tabla 4.154 y se muestran a manera de ejemplo el comportamiento del Pozo Palenque que es uno muy representativo.

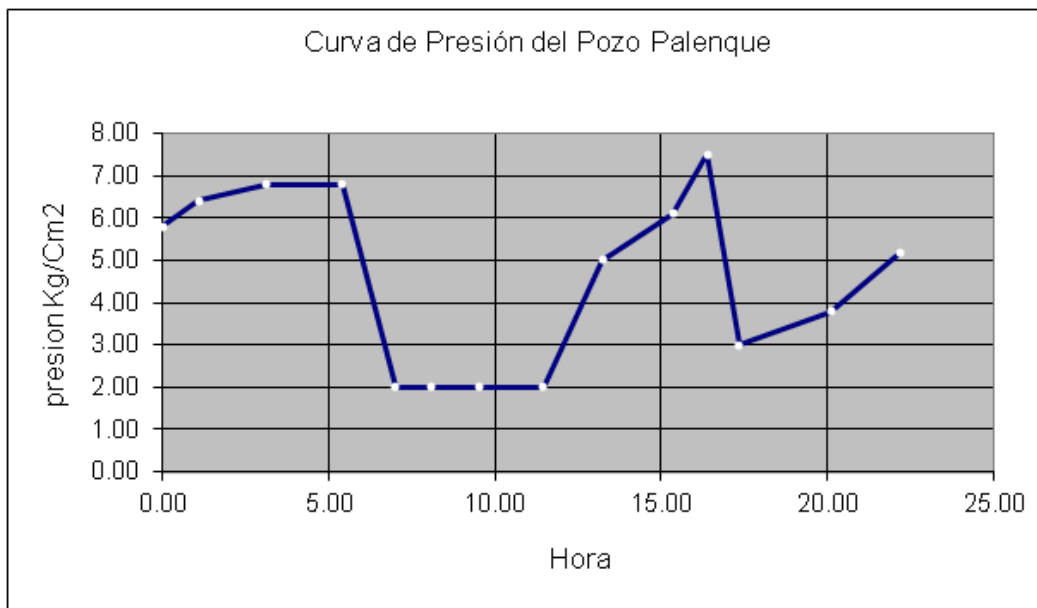


Figura 4-104. Curva de variaciones de presión del Pozo Palenque en 24 realizado el 9 y 10 de mayo 2008

Tabla 4-154. Presión y potencial preliminar de ahorro de energía aplicando variadores de frecuencia en el Pozo Palenque

Pozo Palenque				
Hora	Presión (kg/cm <sup>2</sup> )	Set Point (kg/cm <sup>2</sup> )	Carga (mca)	Ahorro (%)
0.00	5.80	4.00	168.70	10.7%
1.10	6.40	4.00	174.70	13.7%
3.10	6.80	4.00	178.70	15.7%
5.40	6.80	4.00	178.70	15.7%
7.00	2.00	4.00	130.70	0.0%
8.10	2.00	4.00	130.70	0.0%
9.55	2.00	4.00	130.70	0.0%
11.45	2.00	4.00	130.70	0.0%
13.25	5.00	4.00	160.70	6.2%
15.35	6.10	4.00	171.70	12.2%
16.40	7.50	4.00	185.70	18.8%
17.35	3.00	4.00	140.70	0.0%
20.10	3.80	4.00	148.70	0.0%
22.20	5.20	4.00	162.70	7.4%
<b>Promedio:</b>				<b>7.2%</b>

En estas se observa como en la madrugada y en la tarde, noche después de las 16 horas la presión tiende a incrementarse a niveles de 6.4 y 7.5 kg/cm<sup>2</sup> contra 2 kg/cm<sup>2</sup> del día de donde se obtiene un ahorro potencial del 7 %

Realizando un análisis de los pozos y rebombes monitoreados y ya con cotizaciones y costo beneficio se obtienen los siguientes resultados:

En la tabla 4.155 se muestra el resultado de los pozos y en la tabla 4.156 el de los rebombes

Tabla 4-155. Calculo Preliminar de Ahorro de Energía aplicando variador de frecuencia en 5 pozos de Nogales alimentando directo a red

Equipo	Energía Consumida (kWh/año)	Ahorro Esperado			Variador Propuesto			Pay-Back (años)
		%	kWh/año	\$/año	HP	V	Costo (\$)	
Pozo Palenque	34,164	7.2%	2,451	3,663.86	30	460	39,455.00	10.8
Pozo Chevrolet	314,484	6.5%	20,360	30,440.21	40	460	42,822.00	1.4
Pozo Las Palomas	227,760	4.1%	9,418	14,081.12	30	460	39,455.00	2.8
Pozo Chueco	227,760	2.9%	6,637	9,922.39	40	460	42,822.00	4.3
Pozo Raquet	261,924	1.4%	3,621	5,413.84	40	460	42,822.00	7.9
<b>Total</b>	<b>1,066,092</b>	<b>4.0%</b>	<b>42,486</b>	<b>63,521</b>			<b>207,376</b>	<b>3.3</b>

Tabla 4-156. Calculo Preliminar de Ahorro de Energía aplicando variador de frecuencia en 3 sistemas de rebombeo de Nogales alimentando directo a red

Equipo	Energía Consumida (kWh/año)	Ahorro Esperado			Variador Propuesto			Pay-Back (años)
		%	kWh/año	\$/año	HP	V	Costo (\$)	
Reb. Nvo. Nogales	163,548	6.1%	9,953	14,880.18	50	460	55,458.00	3.7
Tanque Guerero	208,050	16.3%	33,860	50,624.65	75	460	81,775.20	1.6
Pila Chimeneas	245,280	14.1%	34,580	51,700.00	75	460	81,775.20	1.6
<b>Total</b>	<b>616,878</b>	<b>12.7%</b>	<b>78,393</b>	<b>117,205</b>			<b>219,008</b>	<b>1.9</b>

Como se puede ver el potencial promedio de ahorro en pozos es del 4 % y de rebombes del 12.7 %.

Extrapolando los resultados de este análisis preliminar, al resto de los equipos seleccionados, con el fin de estimar un potencial global de ahorro de energía en los sistemas de Nogales alimentando a la red y en las condiciones de operación actuales todavía sin optimizar la operación hidráulicamente, se obtienen los resultados mostrados en la Tabla 4.157 siguiente, cabe mencionar que aquí solo se consideraron los equipos cuyo pay-back es de menos de dos años;

Tabla 4-157. Estimación Preliminar de Ahorro de Energía aplicando variadores de frecuencia en los sistemas de bombeo de Nogales alimentando directo a red. Situación actual

Equipo	Energía Consumida	Ahorro Esperado			Variador Propuesto			Pay-Back (años)
		%	kWh/año	\$/año	HP	V	Costo (\$)	
Pozo Chevrolet	314,484	6.5%	20,360	30,440	40	460	42,822	1.41
Pozo Las Palomas	227,760	4.1%	9,418	14,081	30	460	39,455	2.80
Tanque Guerero	208,050	16.3%	33,860	50,625	75	460	81,775	1.62
Pila Chimeneas	245,280	14.1%	34,580	51,700	75	460	81,775	1.58
Pozo Reforma	549,252	4.0%	21,889	32,726	75	460	81,775	2.50
Pozo Vocho	315,360	4.0%	12,568	18,790	40	440	42,822	2.28
Pozo Cocheras	236,520	4.0%	9,426	14,093	30	460	39,455	2.80
Pozo 5 de Mayo	87,600	4.0%	3,491	5,220	10	460	13,890	2.66
Cibuta Est.	65,700	4.0%	2,618	3,915	7.5	440	10,425	2.66
Colinas del Yaqui	46,572	12.7%	5,918	8,849	15	230	22,355	2.53
Rebombeo Virreyes	44,856	12.7%	5,700	8,522	10	230	13,890	1.63
Reb. Tanque Tamaul.	113,568	12.7%	14,432	21,578	30	230	42,465	1.97
Noria U. Deportiva 1	113,880	4.0%	4,538	6,785	15	460	18,950	2.79
Noria U. Deportiva 2	87,600	4.0%	3,491	5,220	7.5	460	10,425	2.00
<b>TOTAL:</b>	<b>2,656,482</b>	<b>6.9%</b>	<b>182,291</b>	<b>272,543</b>			<b>542,279</b>	<b>1.99</b>

Las conclusiones principales de este análisis preliminar son las siguientes;



1. Para la situación actual, se estima un ahorro potencial de \$ 272,000 pesos anuales con la aplicación de variadores de frecuencia en 14 equipos cuyo payback es de menos de 2 años.

2. Todos los sistemas de variación de frecuencia se pagan en más de año y medio por lo que se recomienda no realizar la inversión hasta saber cuáles de estos equipos seguirán en operación y alimentando directamente a red que se presenta a continuación

### Potencial de ahorro de energía con variadores en la situación final propuesta

De acuerdo a la redistribución de caudales que se propone para optimizar la operación hidráulica, los sistemas que se recomienda seguir operando directamente a la red y donde se puede aplicar esta medida son los mostrados en la tabla 4.158

Tabla 4-158. Sistemas donde es viable aplicar variador de frecuencia en Nogales en la situación hidráulica optimizada

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO				REQUERIMIENTOS					
Sector Hidráulico			Sistema de distribución del sector propuesto	Q requerido (L/s)			Operación (h/día)		
Zona	Clave Sector	Clave Sub Sector		Min.	Medio	Máx.	Min.	Med.	Máx.
MASCAREÑAS	SH-26	SH-26	Rebombero Peñaloza	7.83	13.98	30.33	11	5	8
	SH-6	SH-6A y B	Reb.Tq Chulavista Eq. 1	3.99	7.12	15.45	11	5	8
	SH-9	SH-9	Rebombero Puesta del Sol	9.08	16.22	35.19	11	5	8
ALISOS	SH-11	SH-11B	Rebombero 2 de Abril	5.83	10.41	22.60	11	5	8
	SH-17	SH-17A	Rebombero Guerrero	7.17	12.80	27.78	11	5	8
	SH-16 SH-17	SH-16 SH-17B	Chimeneas y Conj. Jardín. Eq. 2	18.40	32.85	71.28	11	5	8
	SH-19	SH-19A	Rebombero Nuevo Nogales Eq. 1	7.68	13.72	29.77	11	5	8
	SH-20	SH-20B	Rebombero Tq. Principal	1.46	2.61	5.66	11	5	8
	SH-19	SH-19C	Rebombero Loma Linda	7.98	14.25	30.92	11	5	8
	SH-2	SH-2	Pozo Reforma	5.47	9.77	21.20	11	5	8
ZONA AISLADA	SH-31	SH-31B	Pozo 5 de Mayo	1.08	1.93	4.20	11	5	8
				135.66		294.39			

Del cuadro anterior se pueden obtener las siguientes observaciones.

- Resultaron 12 sistemas, alimentando directamente a la red donde puede ser técnicamente viable la aplicación de variadores de frecuencia para controlar presión
- El gasto total que puede ser regulado con este tipo de tecnología es de 135 Lps. En Qmed y 249 Lps en Qmax.
- De los 12 sistemas solo 2 son pozos y el resto rebombes

Una vez determinado los sistemas de bombeo que son viables técnicamente, se procedió a calcular los ahorros de energía y el costo beneficio de acuerdo a la metodología ya descrita, con los resultados mostrados en la Tabla 4.159 siguiente:

Tabla 4-159. Ahorro de Energía aplicando variadores de frecuencia en la situación hidráulica optimizada

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO			EVALUACIÓN ECONÓMICA					
Sector Hidráulico			Sistema de distribución del sector propuesto	Ahorros		Variador	Inversión	Retorno
Zona	Clave Sector	Clave Sub Sector		kWh/año	\$/año	HP	\$	años
MASCAREÑAS	SH-26	SH-26	Rebombero Peñaloza	24,606	36,787.93	40	57,809.70	1.57
	SH-6	SH-6A y B	Reb.Tq Chulavista Eq. 1	6,575	9,830.83	10	22,620.00	2.30
	SH-9	SH-9	Rebombero Puesta del Sol	17,087	25,546.28	25	40,020.00	1.57
ALISOS	SH-11	SH-11B	Rebombero 2 de Abril	11,679	17,461.12	20	36,250.00	2.08
	SH-17	SH-17A	Rebombero Guerrero	27,286	40,795.45	30	53,264.25	1.31
	SH-16	SH-16	Chimienes y Conj. Jardín. Eq. 2	52,691	78,779.06	60	72,575.00	0.92
	SH-17	SH-17B						
	SH-19	SH-19A	Rebombero Nuevo Nogales Eq. 1	33,106	49,496.25	40	57,809.70	1.17
	SH-20	SH-20B	Rebombero Tq. Principal	2,836	4,240.51	5	15,805.00	3.73
	SH-19	SH-19C	Rebombero Loma Linda	21,274	31,807.34	30	53,264.25	1.67
ZONA AISLADA	SH-2	SH-2	Pozo Reforma	13,500	20,183.89	20	36,250.00	1.80
	SH-31	SH-31B	Pozo 5 de Mayo	3,492	5,220.62	5	15,805.00	3.03
				<b>214,132</b>	<b>320,149.28</b>		<b>461,472.90</b>	<b>1.44</b>

Las conclusiones principales de este análisis final son las siguientes;

1. Para la situación hidráulica propuesta, se estima un ahorro potencial de \$ 320,149 pesos anuales con la aplicación de variadores de frecuencia en 12 equipos cuyo payback es de menos de 1.44 años.

#### Ahorro de energía por modificación de la operación y reducción de pérdidas en el Sistema Alisos

En este rubro, la medida de ahorro mas importante se tiene en el Sistema Primario de Producción y distribución denominado Alisos a través de la modificación de la manera como opera actualmente que a su vez tiene un beneficio por reducción de perdidas energéticas por carga excesiva que se explican a continuación.;

#### A Ahorro de energía por modificación de la operación entre rebombero Saric y Rebombero Aeropuerto.

Esta medida muy específica fue evaluada a solicitud de la OOMAPAS para determinar la situación energética comparativa operando de manera diferente los rebombos mencionados.

Actualmente la línea de conducción Alisos, parte de los pozos 5, 6, 8 y 9 que se conectan a una línea de 20" que llega al rebombero Nomenay y que se destina al Tanque principal 1 actualmente. De aquí se forma un circuito con el rebombero Aeropuerto y el rebombero Saric, ya que del rebombero Nomenay salen 2 líneas de 30" y 20" de diámetro que se conectan a estos dos rebombos respectivamente, además de que en el rebombero Saric entran 2 tuberías que se derivan de la línea de 30" que va al rebombero Aeropuerto y que esta destinada al nuevo tanque principal 2.

Adicionalmente, entre los rebombos Nomenay y Saric, se conectan a la línea de 30" los pozos 2 y 4; y a la línea de 20", estos 2 más los pozos 1 y 7. Entre los rebombos Saric y Aeropuerto se conectan a la línea de 30" los pozos 10 y Kenworth. Lo anterior, se puede observar en la figura 4.105 siguiente;

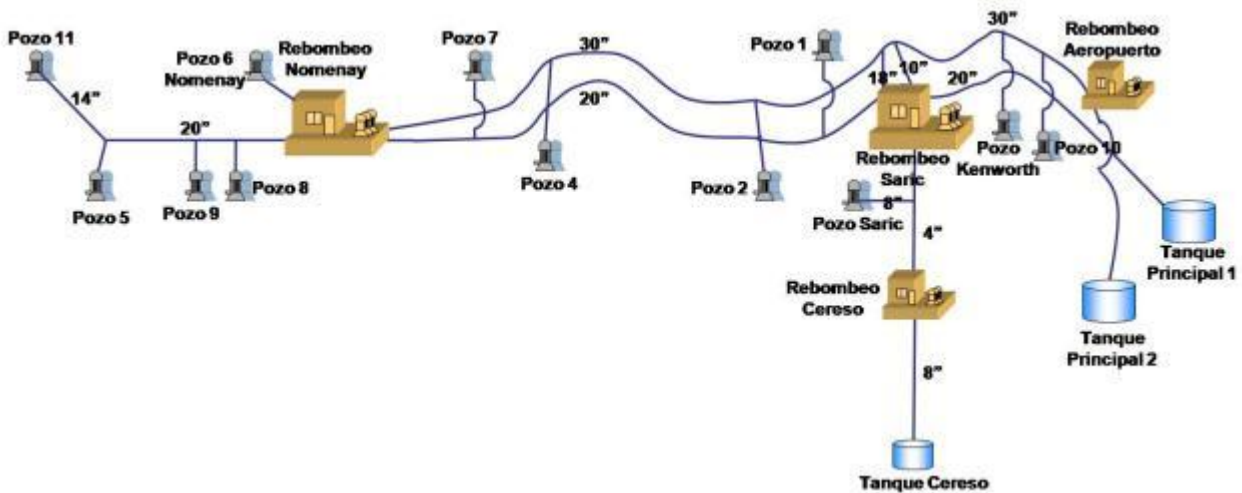


Figura 4-105. Descripción Grafica Sistema de Conducción Alisos – Nomenay de Nogales

Cabe mencionar que el rebombedor aeropuerto y el tanque principal 2 no se encuentran en operación y forman parte del proyecto integral de agua potable que representa nueva infraestructura que se está construyendo.

Ante esta circunstancia, surgió la inquietud de la OOMAPAS de evaluar la posibilidad de eliminar el rebombedor Saric que está costando 8 millones de pesos en energía anuales, y operando solamente con el nuevo rebombedor Aeropuerto que aún no se encuentra en operación continua, alimentando al tanque principal 2 y de ahí por gravedad al tanque principal 1 actualmente en operación, y que además tiene un diámetro de mayor capacidad.

### Análisis de la Situación Topográfica.

Dada la posición topográfica de los pozos, rebombedores y tanques involucrados, se analizaron dos propuestas, una en la que se evalúa eliminar el rebombedor SARIC (dejando solo el equipo que alimenta al rebombedor cerezo) y la otra donde no se elimina pero se optimiza la distribución aprovechando las cotas topográficas y reduciendo las pérdidas en las tuberías.

La descripción de cada alternativa es la siguiente

**Alternativa "A"** Se trata de eliminar prácticamente el rebombedor Saric, y enviar el caudal del tanque Nomenay por la línea de 30" al tanque Aeropuerto y de ahí al Principal 2. El Principal 1 sería alimentado por gravedad a partir del Principal 2. El Rebombedor del principal 1 sería eliminado, ya que San Carlos y el Tanque Principal serían alimentados directamente por gravedad a partir del Principal 2. Esta propuesta al tener que subir todo el volumen hasta el Tanque principal 2, la carga de bombeo es mayor y por lo tanto el consumo de energía es mayor que el de la propuesta "B".

**Alternativa "B"** En esta propuesta de lo que se trata es de aprovechar la cota de nivel de los Pozos 10, Kenworth y 2, para bombear de estos al tanque Aeropuerto y al Principal 2, por la línea de 30", el gasto

requerido por San Carlos y el parque Industrial. Con esto, sería menor el caudal a desplazar del Nomenay al Saric por línea de 20", así como el caudal del Saric al Principal 1.

El arreglo detallado de cada alternativa se presenta en el Tabla 4.160 siguiente

**Tabla 4-160. Descripción detallada de la operación actual y alternativas evaluadas en análisis energético del SARIC y AEROPUERTO**

EQUIPOS	ACTUAL				PROPUESTA "B"				PROPUESTA "A"			
	Tanque de descarga	Línea de cond.	Gasto (lps)	Carga (m)	Tanque de descarga	Línea de cond.	Gasto (lps)	Carga (m)	Tanque de descarga	Línea de cond.	Gasto (lps)	Carga (m)
					En esta propuesta de lo que se trata es de aprovechar la cota de nivel de los Pozos 10, Kenworth y 2, para bombear de estos al tanque Aeropuerto y al Principal 2, por la línea de 30", el gasto requerido por San Carlos y el parque Industrial. Con esto, llegaría un caudal menor al tanque Nomenay, y por lo tanto sería menor el caudal a desplazar del Nomenay al Saric por línea de 20", así como el caudal del Saric al Principal 1.				Se trata de eliminar el rebombeo Saric, y enviar el caudal del tanque Nomenay por la línea de 30" al tanque Aeropuerto y de ahí al Principal 2. El Principal 1 sería alimentado por gravedad a partir del Principal 2. El Rebombeo del principal 1 sería eliminando, ya que San Carlos y el Parque Principal serían alimentados directamente por gravedad a partir del Principal 2. En esta propuesta se tiene que subir todo el volumen al Tanque Principal 2 .			
Rebombeo Nomenay	Saric	20"	184	65.28	Saric	20"	131	65.28	Aeropuerto	30"	236.8	132.64
Pozo 1	Saric	20"	15.5	18.54	Saric		15.5	18.54	Nomenay	20"	15.5	0
Pozo 2	Saric	20"	29	31.54	Aeropuerto	30"	29	98.9	Aeropuerto	30"	29	98.9
Pozo 4	Saric	20"	18	52.54	Saric		18	52.54	Aeropuerto	30"	18	119.9
Pozo 7	Saric	20"	17.3	60.54	Saric		17.3	60.54	Nomenay	20"	17.3	0
Pozo 10	Nomenay	30"	40	86	Aeropuerto	30"	40	48.9	Aeropuerto	30"	40	48.9
Kenworth	Nomenay	30"	13	0	Aeropuerto	30"	13	26.9	Aeropuerto	30"	13	26.9
P. Saric -	Saric	propia	20	0.5	Saric		20	0.5	Nomenay	20"	17	0
Saric	Principal 1	20"	334	157	Principal 1	20"	252	157.46				
Saric -	Cereso	propia	15	1	Cereso		15	1	Cereso		15	1
Ppal 1 -	Red San Carlos	rebombeo	76	56.32								
Ppal 1 -	Red Parque Industrial	rebombeo	47	73.92								
Principal 1	Red por Gravedad	red	272	0	Red por Gravedad	red	272	0	Red por Gravedad	red	272	0
Aeropuerto					Principal 2	30"	82	155.10	Principal 2	30"	333.8	155.1
Principal 2					Red San Carlos	red	76	0	Red San Carlos	red	76	0
Principal 2					Red Parque Industrial	red	47	0	Red Parque Industrial	red	47	0
Principal 2					Principal 1	propia	20.5	0	Principal 1	propia	272	0

En base a estas condiciones se analizo el consumo energético en cada alternativa resultando los siguientes resultados, en la Tabla 4.161 se muestra el análisis energético de la alternativa A y en el Tabla 4.162 el de la B

Tabla 4-161. Análisis Energético Alternativa A

Reequipamiento Propuesta "A"	Q (lps)						
	Watergy	H (mca)	Ph (kW)	Ef. Em	Pe (kW)	h/año	E (kWh/año)
Nomenay-Aeropuerto	236.8	132.64	308.1	0.558	551.8	8760	4,833,660
Pozo 1 - Nomenay	15.5	0	0.0	0.746	0.0	8760	0
Pozo 2 - Aeropuerto	29	98.9	28.1	0.735	38.3	8760	335,245
Pozo 4 - Aeropuerto	18	119.9	21.2	0.746	28.4	8760	248,748
Pozo 7 - Nomenay	17.3	0	0.0	0.746	0.0	8760	0
Pozo 10 - Aeropuerto	40	48.9	19.2	0.640	30.0	8760	262,641
Kenw - Aeropuerto	13	26.9	3.4	0.590	5.8	8760	50,923
P. Saric - Nomenay	20	0.5	0.1	0.746	0.1	7391	972
P. Saric - Cereso	20	1	0.2	0.755	0.3	1369	356
Aeropuerto-Ppal 2	334	155.1	507.9	0.734	691.6	8760	6,058,130
<b>TOTAL:</b>					<b>654.6</b>		<b>11,790,674</b>
						<b>Ahorro:</b>	<b>-1,630,053</b>

Tabla 4-162. Análisis Energético Alternativa B

Reequipamiento Propuesta "B"	Q (lps)						
	Watergy	H (mca)	Ph (kW)	Ef. Em	Pe (kW)	h/año	E (kWh/año)
Nomenay-Saric	184	65.28	117.8	0.743	158.6	8760	1,389,256
Pozo 1 - Saric	15.5	18.54	2.8	0.748	3.8	8760	33,015
Pozo 2 - Aeropuerto	29	98.9	28.1	0.748	37.6	8760	329,508
Pozo 4 - Saric	18	52.54	9.3	0.744	12.5	8760	109,235
Pozo 7 - Saric	17.3	60.54	10.3	0.744	13.8	8760	120,973
Pozo 10 - Aeropuerto	40	48.9	19.2	0.640	30.0	8760	262,641
Kenw - Aeropuerto	13	26.9	3.4	0.682	5.0	8760	44,067
P. Saric - Saric	20	0.5	0.1	0.748	0.1	8760	1,149
Saric - Ppal 1	245	157	378	0.714	530.0	8760	4,642,378
Saric - Cereso	15	1	0.1	0.714	0.2	1825	376
Aeropuerto - Ppal 2	82	155.10	124.8	0.714	174.9	8760	1,531,738
<b>TOTAL:</b>					<b>791.6</b>		<b>8,464,336</b>
						<b>Ahorro:</b>	<b>1,696,285</b>

Las principales conclusiones de estos resultados son las siguientes

1. La eliminación del rebombeo SARIC de la propuesta A, al tener que subir todo el volumen hasta el Tanque principal 2, la carga de bombeo es mayor y por lo tanto el consumo de energía es mayor que el de la propuesta "B".
2. En la propuesta B al se envían los caudales de los pozos 2, 10 y Kenworth que tienen una mayor altura topográfica, al tanque aeropuerto y de este al Principal 2, de tal manera que a San Carlos y al Parque Industrial se les envíe el fluido por gravedad a partir del tanque principal 2, y los excedentes se regresen por gravedad al Principal 1.
3. La alternativa B no eliminando el SARIC pero optimizando la operación actual, representa un ahorro de \$ 1, 696, 285 anuales con respecto a la operación actual ya incluyendo la optimización de la eficiencia electromecánica en los nuevos equipos propuestos.

## B Análisis del Ahorro de Energía por reducción de pérdidas de fricción

Una vez realizado el analisis de optimizacion en la operación hidraulica, se determino que la mejor forma de operar . En resumen, la propuesta de proyecto consiste en poner en marcha la tubería de 30" que une los rebombes Saric y Aeropuerto y el Tanque Principal II, el cual se encuentra en la elevación 1407msnm y de esta manera disponer de mayor y reducir significativamente los rebombes internos en la red. Así, la tubería de 20" entre el rebombeo Saric y el Tanque Principal I solo se utilizará con un caudal que no genere tantas pérdidas hidráulicas como actualmente se opera.

Para satisfacer la demanda de agua de la zona dependiente de estas fuentes de suministro se debe conducir hasta el rebompeo Saric un gasto medio de 330.2 L/s y de acuerdo al modelo de simulación hidráulica desde éste rebompeo se deben conducir 100 y 230.5 L/s a los tanques Principal I y II respectivamente, como operación óptima.

En la figura 4.106 siguiente se muestra el esquema de conducciones propuesto con los gastos de conducción. ;

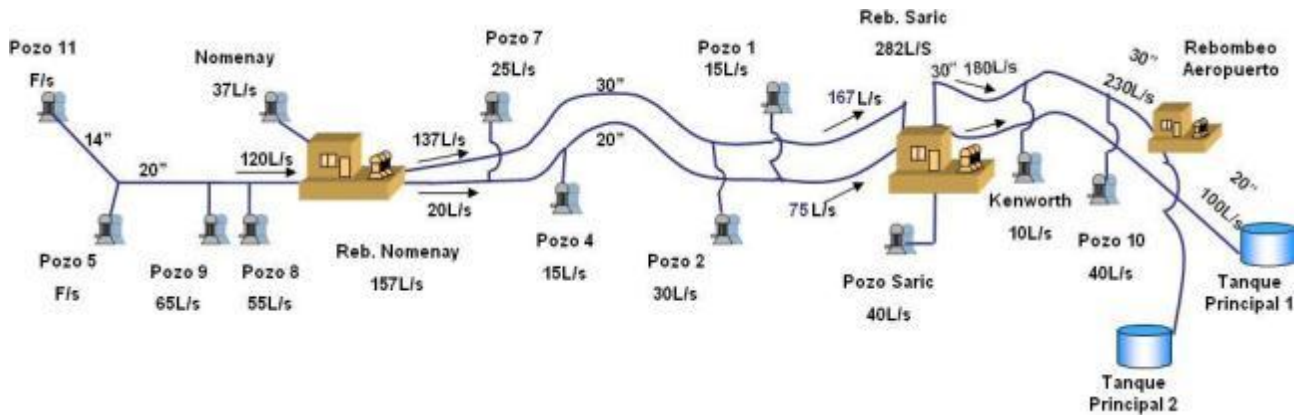


Figura 4-106. Esquema de operación óptimo resultante del análisis de modelación hidráulica

Basados en esos caudales y en ese arreglo, se procedió a calcular el ahorro de energía por reducción de pérdidas

Los resultados obtenidos en el caso del sistema Alisos analizado se muestran a continuación:

Primero se analizaron las pérdidas de carga por fricción en la situación actual donde se está utilizando la línea del 20" para conducir el caudal desde el Rebompeo Nomenay hasta el Saric y de ahí al Tanque Principal 1 Actual. Los resultados tramo a tramo y globales se muestran en el siguiente:

Tabla 4-163. Análisis de Pérdidas de fricción en la Situación Actual del Sistema Alisos

Descripción	Diámetro		Gasto	v (m/s)	Pérdidas Hidráulicas (kW)	Pérdidas		
	Pulg.	m	Q (lps)			Potencia Eléctrica (kW)	Energía (kWh/año)	Económica (\$/año)
Pozo Saric			22					
Pozo P1	6	0.152	15.5	0.85	0.0451	0.121	1,064	1,330
Pozo P2	6	0.152	29.0	1.59	0.3012	0.691	6,056	7,570
Pozo P4	6	0.152	18.0	0.99	0.0776	0.168	1,471	1,839
Pozo P7	6	0.152	17.3	0.95	0.0659	0.119	1,041	1,301
Pozo P10	8	0.203	40.0	1.23	0.2050	0.351	3,073	3,841
Pozo Kenworth	8	0.203	13.0	0.40	0.0072	0.014	126	158
Nomenay-P7	20	0.508	259.0	1.28	3.0331	4.044	35,426	44,283
P7-P4	20	0.508	276.3	1.36	5.5838	7.445	65,219	81,524
P4-P2	20	0.508	294.3	1.45	20.5841	27.446	240,423	300,528
P2-P1	20	0.508	323.3	1.60	28.7938	38.392	336,311	420,389
P1-Saric	20	0.508	338.8	1.67	24.5597	32.746	286,857	358,572
Saric-Ppal 1	20	0.508	360.8	1.78	109.1613	145.548	1,275,004	1,593,755
P4-P1	20	0.508						
Nomenay-P2	30	0.762						
P2-Saric	30	0.762						
Saric-P"K"	30	0.762						
P"K"-P10	30	0.762						
P10-Aerpto	30	0.762						
Aerpto-Ppal2	30	0.762						
						<b>257</b>	<b>2,252,073</b>	<b>2,815,091</b>

Posteriormente se calcularon las pérdidas con la alternativa B Propuesta en base al modelo de simulación

Los resultados de este cálculo se muestran en la Tabla 4.164 siguiente donde también se muestra el ahorro comparativo con respecto a la situación actual

Tabla 4-164. Análisis de Pérdidas de fricción en la Situación Propuesta para el Sistema Alisos

Descripción	Diámetro	PROPUESTA		Pérdidas Hidráulicas (kW)	Pérdidas		
	Pulg.	Q (m3/s)	v (m/s)		Potencia (kW)	Energía (kWh/año)	Económica (\$/año)
Pozo Saric		0.04					
Pozo P1	6	0.015	0.82	0.04	0.12	1,040.92	1,301
Pozo P2	6	0.03	1.64	0.35	0.79	6,939.88	8,675
Pozo P4	6	0.015	0.82	0.05	0.10	908.58	1,136
Pozo P7	6	0.025	1.37	0.21	0.37	3,252.06	4,065
Pozo P10	8	0.04	1.23	0.21	0.36	3,169.78	3,962
Pozo Kenworth	8	0.01	0.31	0.00	0.01	71.85	90
Nomenay-P7	20	0.02	0.10	0.00	0.00	26.24	33
P7-P4	20	0.045	0.22	0.03	0.04	386.64	483
P4-P2	20						
P2-P1	20						
P1-Saric	20	0.075	0.37	0.34	0.45	3,947.88	4,935
Saric-Ppal 1	20	0.100	0.49	2.74	3.65	32,008.42	40,011
P4-P1	20	0.060	0.30	0.46	0.61	5,323.52	6,654
Nomenay-P2	30	0.137	0.30	0.48	0.64	5,580.60	6,976
P2-Saric	30	0.167	0.37	1.04	1.39	12,147.72	15,185
Saric-P"K"	30	0.180	0.39	0.27	0.36	3,176.21	3,970
P"K"-P10	30	0.190	0.42	0.14	0.18	1,588.13	1,985
P10-Aeropto	30	0.230	0.50	2.50	3.33	29,181.54	36,477
Aeropto-Ppal2	30	0.230	0.50	1.19	1.58	13,862.96	17,329
					<b>14.00</b>	<b>122,612.94</b>	<b>153,266</b>
<b>Ahorro anual</b>					<b>243</b>	<b>2,129,460</b>	<b>2,661,825</b>

Las principales conclusiones a este análisis son las siguientes:

- Las pérdidas actuales de carga por fricción en las tuberías en la situación actual ascienden a 2'129,000 kWh, equivalentes a 2'661, 825 Pesos anuales, aproximadamente el 35 % del costo actual del sistema.
- Las pérdidas de fricción con la nueva situación propuesta ascienden a solo 122,612 kWh anuales equivalentes a \$ 153,266. Por lo que se tendría un ahorro anual de \$ 2'129,460 por reducción de pérdidas. Que ya considera el ahorro aprovechando la mejor posición topográfica de los pozos Kenworth , 10 y 2 .

### Control de Demanda en Hora Punta

Derivado de las propuestas de optimización del análisis hidráulico, se determinaron 6 zonas que estarán reguladas a través de tanques cuya capacidad permitiría almacenar y bombear solo fuera de hora punta ( 20 horas de bombeo) . Estas zonas se muestran en Tabla 4.165 siguiente;

Tabla 4-165. Sistemas regulados con capacidad de almacenamiento suficiente para hora punta

Sector Hidráulico							Bombeo 20 hrs.			
Zona	Clave Sector	Nombre	Clave Sub Sector	Fuentes de abastecimiento de Proyecto	Sistema de distribución del sector propuesto	Capacidad instalada (m3)	Equipos propuestos para pararse en hora punta	Capacidad requerida (m3)	Gastos Hora Punta (L/s)	Capacidad excedente (m3)
MASCAREÑAS	SH-33		SH-33			1600				
	SH-34	TORREON	SH-34	Portezuelos Equipos 8 y 9	Tanque Torreón		Equipos 8 y 9 de Portezuelos sólo en el caso de que la galería filtrante esté funcionando con un gasto de 180 L/s	921.36	42.11	678.64
	SH-24	HEROES 2	SH-24A SH-24B SH-23	Portezuelos Equipo conectado a línea del Tanque Héroes 2	Tanque Héroes 2	450	Equipos 1, 4 y 6 que se conectarían a la línea del tanque Héroes 2 sólo en el caso de que la galería filtrante esté funcionando con un gasto de 180 L/s	334.76	15.30	115.24
ZONAS AISLADAS	SH-35	SOLIDARIDAD	SH-35	Pozo Solidaridad 1 Y 2	Tanque Solidaridad	600	Pozos Solidaridad	512.42	23.42	87.58
	SH-3	PIMAS II	SH-3	Pozo Mariposas	Rebombeo en T. PIMAS II	160	Pozo Mariposas	120.14	5.49	39.86
	SH-40	VILLA SONORA	SH-40	Pozo Cocheras	Tanque Villa Sonora	180	Pozo Cocheras	102.65	4.69	77.35

Realizando el análisis, podemos observar que de estas 6 zonas donde se tiene capacidad de regulación, las 3 primeras dependen de la producción de la galería filtrante lo cual es incierto, la correspondiente al Sector Solidaridad depende de un tanque que aun no se tiene y solo se ve viable en los sectores PIMAS II y Villas Sonora, sin embargo al realizar el primer calculo de potencia que se muestra en la Tabla 4.166 siguiente;

Tabla 4-166. Análisis Hora Punta en Sectores Viables

Sector Hidráulico			Fuentes de abastecimiento de Proyecto	Sistema de distribución del sector propuesto	Q med requerido (L/s)	Pe (kW)	CONCLUSION
Zona	Clave Sector	Clave Sub Sector					
LOS ALISOS	SH-3	SH-3	Pozo Mariposas	Rebombeo en T. PIMAS II	4.58	32.00	No aplica el paro en punta, ya que la tarifa contratada es la 6
	SH-40	SH-40	Pozo Cocheras	Tanque Villa Sonora	3.91	27.00	

Se puede observar que la potencia necesaria para esta operación es bastante baja ( Menor a 100 kw) por lo que no es factible operar en Tarifa HM donde aplica el criterio de hora punta por lo que se concluye que esta medida no es recomendable en la situación propuesta para Nogales

### Ahorros de Energía por reducción de equipos en operación

Después de terminado el análisis de optimización de la operación hidráulica, los equipos que resultaron como sugeridos fuera de operación y el ahorro de energía que implica se muestra en la Tabla siguiente;



Tabla 4-167. Ahorro de energía por equipo fuera de operación

Sector Hidráulico				Equipos no necesarios	Ahorros			
Zona	Clave Sector	Nombre	Clave Sub Sector		Pe (kW)	Operación (h/año)	Energía (kWh/año)	Facturación (\$/año)
MASCAREÑAS	SH-29	COAHUILA 1	SH-29B	Pozo Walter	22	8760	192,720	288,136
	SH-31		SH-31A	Pozo B. Domínguez	9	8760	78,840	117,874
	SH-34	TORREON	SH-34	Pozo Virreyes	7	8760	61,320	91,680
			SH-34	Booster Virreyes	7	730	5,110	7,640
	SH-24	HEROES 2	SH-24A	Booster B. Juarez 2	1	2920	2,920	4,366
			SH-24B	Booster B. Juarez 1	6	2920	17,520	26,194
SH-23		SH-23	Booster L. Cárdenas	8	4380	35,040	52,388	
ALISOS	SH-11	GUERRERO	SH-11C	Rebombeo en T. Guerrero	57	3650	208,050	311,056
	SH-16	CHIMENEAS	SH-16	Pozo Palenque	16	2190	35,040	52,388
		COLINAS DEL YAQUI	SH-37B	Pozo colinas del Yaqui	6	8760	52,560	78,582
	SH-39 y 19	PRINCIPAL 1	SH-39	Pozo Palomas	26	8760	227,760	340,524
			SH-19A	Pozo Raquet	30	8760	262,800	392,912
			SH-19A	Pozo Hidrogas	26	8760	227,760	340,524
		SH-19A	Pozo Chueco	26	8760	227,760	340,524	
<b>TOTAL:</b>				<b>247</b>		<b>1,635,200</b>	<b>2,444,788</b>	

## RESUMEN DE RESULTADOS DE AHORRO DE ENERGÍA

### Resultados globales

En base a los resultados de cada medida se obtuvo una tabla resumen que se muestra en la Tabla 4.168 siguiente;

Tabla 4-168. Tabla Resumen General de Ahorro de Energía Potencial

Sistema	Energía	Facturación*	Inversion	%	Pay Back Simple años
	(kWh/año)	(\$/año)	\$		
<b>Consumo de Energía Actual</b>	<b>34,826,673</b>	<b>47,364,276</b>		<b>100.00%</b>	
<b>Ahorro por Ef. ElectroMec.</b>	<b>6,308,637</b>	<b>8,579,747</b>	<b>8,440,692</b>	<b>18.11%</b>	<b>1.0</b>
<b>Ahorro por Factor de Potencia</b>		<b>307,189</b>	<b>236,000</b>	<b>0.00%</b>	<b>0.8</b>
<b>Ahorro por eficiencia en la operacion hidraulica</b>	<b>3,978,792</b>	<b>5,426,762</b>	<b>461,473</b>	<b>11.42%</b>	<b>0.1</b>
Aplicacion de Variadores	214,132	320,149	461,473	0.61%	1.4
Reduccion de Perdidas de carga sistema Alisos	2,129,460	2,661,825	0	6.11%	0.0
Control en Hora Punta		0	0	0.00%	n/a
Equipos Fuera de Operacion	1,635,200	2,444,788		4.70%	0.0
<b>Total de Ahorros</b>	<b>10,287,430</b>	<b>14,313,697</b>	<b>9,138,165</b>	<b>29.54%</b>	<b>0.6</b>

Las conclusiones principales de este resumen son las siguientes;

- El ahorro de Energía Potencial global asciende a 10'287,430 kwh equivalentes a \$ 14,313,697 anuales, que representan 29.5 % del consumo actual total
- Las medidas de ahorro como era de esperarse , se componen de medidas convencionales y medidas resultantes de la operación hidráulica "Medidas Watergy", de las primeras se tiene un potencial de 18% que se potencializa otro 11 % con las medidas Watery

### **Análisis de indicadores energéticos**

El Índice de Consumo energético actual de la ciudad de Nogales se muestra en la Tabla 4.169 siguiente;

**Tabla 4-169. Índice energético Actual de Nogales por Area y General**

Subsistema	Índice Energetico Actual				
	Produccion	%	Consumo Energetico	%	Índice Energetico
	m3/anual	%	kWh/anual		kWh/m3
<b>Alisos</b>	<b>10,699,780</b>	<b>47%</b>	<b>16,371,702</b>	<b>47%</b>	<b>1.53</b>
<b>Mascareñas</b>	<b>6,735,440</b>	<b>30%</b>	<b>12,682,179</b>	<b>36%</b>	<b>1.88</b>
<b>Centro</b>	<b>5,345,818</b>	<b>23%</b>	<b>5,541,639</b>	<b>16%</b>	<b>1.04</b>
<b>Global</b>	<b>22,781,038</b>	<b>100%</b>	<b>34,826,673</b>	<b>99%</b>	<b>1.53</b>

En base a las medidas de ahorro energético propuestas , este indicador se puede reducir a 1.1 kW/m3 que representa un 29 % de reducción potencial que sería el objetivo final del proyecto.

## 4.13 PROYECTO : TECAMAC , EDOMEX

Tipo de Proyecto	Energético e Hidráulico Integral
Alcance	Proyecto e Implementación

### 4.13.1 Descripción general del organismo y su problemática

El municipio de Tecámac se localiza en la parte nororiente de la capital del Estado de México y al norte del Distrito Federal, en la región conocida como el Valle de México. Se ubica en las coordenadas 19° 43' latitud norte y 98° 58' de longitud oeste. Limita al norte con el estado de Hidalgo y Tlaxcala, al sur con Ecatepec, Acolman y Coacalco, al oeste con Zumpango, Nextlalpan, Jaltenco, Tultitlán y Coacalco, al este con Tlaxcala y Teotihuacán. Su distancia aproximada con la capital del estado es de 100 kilómetros.

Cuenta con una superficie de 153.41 kilómetros cuadrados y el porcentaje que representa respecto a la superficie del estado es del 0.68 %. Su población es de 270,574 habitantes (INEGI 2005). Por estar ubicado el municipio en un Valle y a orillas de lo que fuera el lago de Xaltocan, no cuenta con ningún sistema montañoso en la región del municipio ubicándose a una elevación de 2,340 m.s.n.m., y únicamente posee tres cerros aislados, cerro de San Pablo con una altitud de 2,570 m.s.n.m., Xoloc con 2,470 m.s.n.m. y Colorado con 2,370 m.s.n.m.

El Organismo Público Descentralizado para la Prestación de los Servicios de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento del Municipio de Tecámac, ODAPAS, es el sistema encargado de administrar el servicio de agua y saneamiento de dicho municipio, el cual hasta el 2011 cuenta con 245,250 habitantes, y una cobertura del 98%, lo que resulta en una población servida de 241,233 habitantes distribuidos en los 53,135 usuarios domésticos.

En la actualidad, el abastecimiento de agua potable en el municipio de Tecámac, Estado de México, se realiza a partir de la extracción del agua subterránea en 20 pozos propios que representan del orden del 96% de la producción, y complementado por 2 fuentes externas denominadas derivaciones de agua en bloque que representan únicamente el 4% del volumen producido aproximadamente. En la tabla 4.170 se presentan algunas características de estos pozos. Existen además del orden de 18 pozos operados directamente por Comités Independientes y otros 14 pozos del Fraccionamiento Héroes que aún no le han sido entregados al organismo operador, cuyos volúmenes extraídos no se tienen cuantificados por ODAPAS.

Tabla 4-170. Características de los pozos del sistema de agua potable en Tecámac

POZO	Zona de Influencia	Gasto lps	Capacidad Instalada H.P.	Cap. Instalada kW
Pozo Santo Domingo Ajoloapan	1	31	75	55.93
Pozo Santa María Ajoloapan	1	35	100	74.57
Pozo La Campiña	2	15	60	44.74
Pozo San Martín Azcatepec	3	55	300	223.71
Pozo Ejidos de Tecámac	3	35	200	149.14
Pozo Los Olivos	3B	30	125	93.21
Pozo Villas I	4	25	75	55.93
Pozo Villas II	4	60	200	149.14
Pozo Villas III	5	44	350	261
Pozo San Francisco Cuautliuixca	6	70	300	223.71
Pozo GEO	7	40	125	93.21
Pozo San Pedro Atzompa	8	60	250	186.43
Pozo Ahuehuate	9	57	125	93.21
Pozo Glorieta	9	67	150	111.86
Pozo Lirios (Ojo de Agua)	9	35	175	130.5

POZO	Zona de Influencia	Gasto lps	Capacidad Instalada H.P.	Cap. Instalada kW
Pozo Mameyes (Ojo de Agua)	9	35	150	111.86
Pozo Chabacanos	9	38	175	130.5
Pozo Santa Cruz	10	40	200	149.14
Pozo Santo Tomás	10	48	350	261
Pozo Hacienda del Bosque	13		75	55.88

El organismo operador ODAPAS Tecámac tiene definidos 14 sistemas o zonas de influencia, en las que los diferentes pozos cubren la totalidad del abastecimiento del municipio, incluidas las zonas de los Comités Independientes (zonas de influencia 11), la del Fracc. Héroes (zona de influencia 12) y la del Fracc. Villas de San Pedro (zona de influencia 14).

A partir de estas fuentes, así como en algunos casos apoyados por los rebombes que existen, el agua se distribuye en su mayoría a los diferentes tanques ubicados en cada uno de los sistemas, ya que a través de éstos se abastece a la mayor parte del municipio, con excepción de las zonas 8 y 9 denominadas San Pedro Atzompa y Ojo de Agua respectivamente, en donde la distribución se efectúa por inyección directa de los pozos. En Tabla 4.171 se presentan algunas características de los rebombes.

Tabla 4-171. Características de los equipos de bombeo

REBOMBEO	Zona de Influencia	Gasto lps	Capacidad Instalada H.P.	Cap. Instalada kW
Rebombeo Santo Domingo	1		5	3.73
Rebombeo Nuevo México	1		2	1.49
Rebombeo Ampl. San Jerónimo	1		2	1.49
Rebombeo Nueva Santa María Equipo 1	3		10	7.45
Rebombeo Nueva Santa María Equipo 1	3		10	7.45
Rebombeo Jardines de Tecámac Equipo 1	3b		5	3.73
Rebombeo Jardines de Tecámac Equipo 2	3b		5	3.73
Rebombeo Villas I Equipo 1	4		5	3.73
Rebombeo Villas I Equipo 2	4		5	3.73
Rebombeo Los Olivos Equipo 1	4		15	11.19
Rebombeo Los Olivos Equipo 2	4		15	11.19
Rebombeo Los Olivos Equipo 3	4		15	11.19
Rebombeo Los Olivos Equipo 4	4		20	14.91
Rebombeo Los Olivos Equipo 5	4		20	14.91
Rebombeo Texcaltitla Equipo 1	4		20	14.91
Rebombeo Texcaltitla Equipo 2	4		20	14.91
Rebombeo Las Gemelas E1	5		20	14.90
Rebombeo Las Gemelas E1	5		20	14.90
Rebombeo San Francisco Equipo 1	6		10	7.45
Rebombeo Geo Tanque 1 Equipo 1	7		15	11.18
Rebombeo Geo Tanque 1 Equipo 2	7		15	11.18
Rebombeo Geo Tanque 2 Equipo 1	7		15	11.18
Rebombeo Geo Tanque 2 Equipo 2	7		15	11.18
Rebombeo Geo Tanque 3 Equipo 1	7		15	11.18
Rebombeo Geo Tanque 3 Equipo 2	7		15	11.18
Rebombeo Geo Tanque 4 Equipo 1	7		20	14.90
Rebombeo Geo Tanque 4 Equipo 2	7		15	11.18
Rebombeo Real Castell Equipo 1	9		3.5	2.61
Rebombeo Real Castell Equipo 2	9		3.5	2.61
Rebombeo Real del Sol 1 Equipo 1	9		10	7.46

REBOMBEO	Zona de Influencia	Gasto Ips	Capacida d Instalada H.P.	Cap. Instalada kW
Rebombero Real del Sol 1 Equipo 2	9		10	7.46
Rebombero Real del Sol 2 Equipo 1	9		10	7.46
Rebombero Real del Sol 2 Equipo 2	9		10	7.46
Rebombero Hacienda del Bosque Equipo 1	13		15	11.18
Rebombero Hacienda del Bosque Equipo 2	13		15	11.18
Rebombero Hacienda del Bosque Equipo 3	13		15	11.18
Rebombero Hacienda del Bosque Equipo 4	13		15	11.18

En general, las zonas de influencia están bien delimitadas en cuanto a la infraestructura con la que disponen, ya que dentro de cada una de ellas existe por lo menos una fuente de captación subterránea que abastece las colonias existentes, así como también en cuanto a la distribución del agua, puesto que la transferencia entre zonas está controlada por ODAPAS mediante los tanques y rebombos de cada zona.

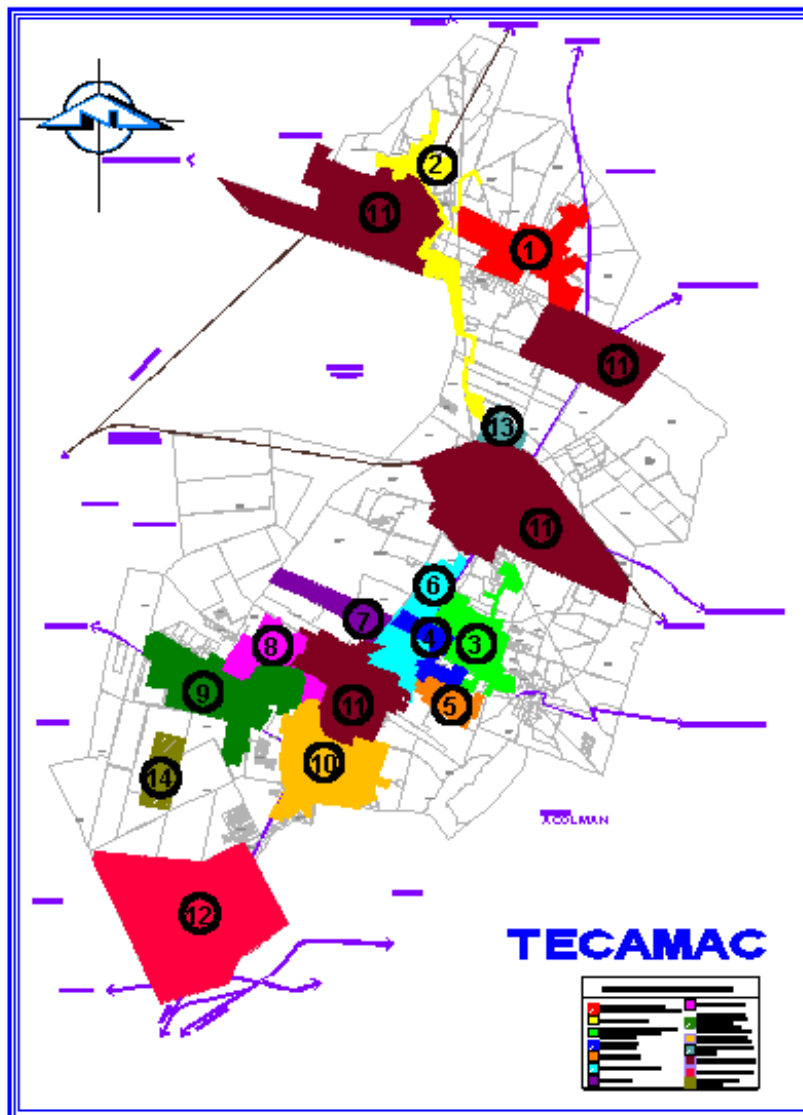


Figura 4-107. Zonas de operación actuales en el sistema de agua potable de Tecámacc

Por lo que respecta a la distribución de usuarios en el Sistema de Agua Potable de Tecámac, se el sistema esta distribuido en 11 zonas influencia, identificadas según la Tabla 4.172 donde también se presenta el numero de usuarios y la población por sector , En total, , se abatece una población de 245,250 habitantes con un índice de hacinamiento de 4.54 habitantes/vivienda.

**Tabla 4-172. Zonas de distribución de agua potable en Tecamac y poblacion**

Zona de Influencia	Nombre de la Zona de Influencia	No. Usuarios ODAPAS (tomas domésticas)	Población servida ODAPAS 2011
1	Santo Domingo y Santa María Ajoloapan	2,926	20,482
2	La Campiña	1,053	6,252
3	San Martín Azcatepec y Ejidos Tecámac	5,729	28,644
3B	Los Olivos	1,059	4,289
4 y 5	Villas	10,612	41,592
6	San Francisco	4,928	24,645
7	GEO	6,450	25,800
8	San Pedro Atzompa	3,236	19,414
9	Ojo de Agua	9,254	38,690
10	Santo Tomás y Santa Cruz	7,604	30,418
13	Hacienda del Bosque	1,114	5,024
<b>Total</b>		<b>53,965</b>	<b>245,250</b>

Uno de los problemas importantes del sistema de agua potable de Tecámac es que la eficiencia física es tan solo del 31.13%, lo cual refleja un alto índice de agua no contabilizada, entre fugas, falta de micromedición y clandestinaje que se estima en 19'842,680 m<sup>3</sup>/año; es decir, que de la producción calculada de 28'813,774 m<sup>3</sup>/año únicamente se aprovechan 8'971,094 m<sup>3</sup>/año.

Algunas de las razones del nivel tan alto de pérdidas, se debe a que gran parte de las tuberías son muy viejas, además de que no existe un control de las presiones en las partes bajas, lo que provoca pérdidas por fugas principalmente.

Asimismo, el alto índice de usuarios con cuota fija que representa el 72.39%, es otra de las razones por las cuales no existe un cuidado adecuado del agua. Al no disponer de un sistema de micromedición eficiente, provoca que la gente no utilice de manera racional el agua, y se generen pérdidas de volúmenes que podrían utilizarse para las zonas donde no disponen del servicio o a las zonas altas donde se tiene dificultad para hacerla llegar de manera adecuada por la topografía existente en el municipio.

En cuanto al consumo de energía total de ODAPAS Tecámac, éste es de 21'668,213 kWh/año siendo un 94% de este consumo por la operación de los pozos y solo el 6% por los rebombes. Se tiene una pérdida total de 58% y el índice energético específico es de 0.76 kWh/m<sup>3</sup>.

#### 4.13.2 Descripción del proyecto realizado y sus resultados

El proyecto de eficiencia energética e hidráulica integral, empezó con un Diagnóstico de la situación tanto energética como hidráulica que resultó en los siguientes hallazgos.

En el aspecto energético, se determinó la eficiencia electromecánica de todos los equipos de bombeo. Esto se efectuó utilizando los métodos recomendados por la NOM 006 ENER 1995, y se aprovechó para llevar a cabo el comparativo de acuerdo a dicha NOM, resultando en los valores que se muestran a continuación:

Tabla 4-173. Resultado del cálculo de eficiencias en los equipos de pozos evaluados.

No.	Sistema	Equipo	Eficiencias		
			Bomba %	Motor %	Electromecánica %
1	Pozo Santo Domingo Ajoloapan	Pozo	66.53%	83.25%	55.39%
2	Pozo Santa María Ajoloapan	Pozo a tanque Santa María	67.81%	80.02%	54.26%
		Pozo a tanque Santo Domingo	70.49%	79.82%	56.27%
3	Pozo La Campiña	Pozo	66.95%	82.13%	54.99%
4	Pozo San Martin Azcatepec	Pozo	78.47%	85.72%	67.26%
5	Pozo Ejidos de Tecámac	Pozo	71.98%	83.89%	60.38%
6	Pozo Los Olivos	Pozo	68.72%	85.97%	59.08%
7	Pozos Villas II	Pozo	63.41%	84.28%	53.44%
8	Pozos Villas I	Pozo	72.41%	82.11%	59.46%
9	Pozos Villas III	Pozo	67.86%	82.88%	56.24%
10	Pozo San Francisco	Pozo	69.12%	81.79%	56.54%
11	Pozo Geo	Pozo Geo a Tanque 2	73.34%	80.31%	58.90%
		Pozo Geo a Tanque 3	77.54%	80.32%	62.28%
		Pozo Geo a tanques 3-4	78.15%	80.32%	62.77%
12	Pozo San Pedro Atzompa	Pozo	65.88%	80.99%	53.36%
13	Pozo Ahuehuate	Pozo	70.92%	82.32%	58.38%
14	Pozo La Glorieta	Pozo	68.08%	86.07%	58.60%
15	Pozo Lirios	Pozo	63.59%	84.21%	53.55%
16	Pozo Mameyes	Pozo	25.15%	83.63%	21.04%
17	Pozo Chabacanos	Pozo	54.90%	87.01%	47.77%
18	Pozo Santa Cruz	Pozo	72.67%	83.60%	60.75%
19	Pozo Santo Tomás	Pozo a Tanque Sto Tomás	77.43%	84.23%	65.22%
		Pozo a Tanque Sta Cruz	63.46%	87.50%	55.53%
20	Pozo Hacienda del Bosque	Pozo	48.77%	82.13%	40.05%

Tabla 4-174. Resultado del cálculo de Eficiencias en los equipos de Rebombeo Evaluados.

No.	Sistema	Equipo	Eficiencias		
			Bomba %	Motor %	Electromecánica %
21	RB Sto Domingo Ajoloapan	B1	61.39%	72.89%	44.74%
22	RB HDA DEL BOSQUE	B1	8.78%	86.70%	7.62%
23	RB HDA DEL BOSQUE	B3	8.76%	86.70%	7.59%
24	RB HDA DEL BOSQUE	B4	8.72%	86.71%	7.56%
25	RB Nueva Sta Maria	B1	79.60%	81.21%	64.64%
26	RB Nueva Sta Maria	B2	65.18%	83.45%	54.39%
27	RB JARDINES DE TECAMAC	B1	58.39%	64.02%	37.38%
28	RB VILLAS 1	B1	74.45%	80.77%	60.13%
29	RB VILLAS 1	B2	72.19%	77.03%	55.61%
30	RB Olivos	B1	18.79%	86.67%	16.29%
31	RB Olivos	B2	21.13%	86.79%	18.34%
32	RB LOS OLIVOS	B1 ARRIBA	67.27%	82.39%	55.42%
33	RB LOS OLIVOS	B2 ARRIBA	53.64%	82.26%	44.12%
34	RB TEXCALTITLA	B1	52.63%	82.05%	43.18%
35	RB TEXCALTITLA	B2	49.60%	82.53%	40.94%
36	RB LAS GEMELAS	B1	72.84%	87.58%	63.79%
37	RB LAS GEMELAS	B2	59.50%	88.83%	52.85%
38	RB SAN FRANCISCO	B1	62.15%	71.77%	44.60%
39	RB GEOT1	B1	88.05%	88.87%	78.25%
40	RB GEOT1	B2	84.87%	88.77%	75.34%
41	RB GEOT2	B1	59.97%	88.80%	53.25%
42	RB GEOT2	B2	65.32%	88.79%	58.00%
43	RB GEOT3	B1	73.04%	89.81%	65.60%
44	RB GEOT3	B2	60.60%	89.90%	54.48%
45	RB GEOT4	B1	48.33%	88.85%	42.94%
46	RB GEOT4	B2	93.12%	88.24%	82.17%
47	RB REAL CASTELL	B1	39.12%	84.80%	33.18%
48	RB REAL CASTELL	B2	39.21%	84.80%	33.25%
49	RB REAL DEL SOL T1	B1	68.27%	88.31%	60.29%
50	RB REAL DEL SOL T1	B2	53.13%	88.25%	46.89%
51	RB REAL DEL SOL T2	B1	13.71%	88.88%	12.19%
52	RB REAL DEL SOL T2	B2	18.41%	84.89%	15.63%

Las conclusiones de estos resultados mostraron lo siguiente:

- Como se puede observar solamente 6 pozos tienen una eficiencia mayor al 60%, dando como promedio de todos los pozos una eficiencia electromecánica de 55.39%. Esto provoca un alto consumo de energía y por lo tanto un potencial de ahorro importante.
- En cuanto a los equipos de bombeo, se puede observar que solamente 7 equipos tienen una eficiencia mayor al 56%, dando como promedio, de todos los equipos de bombeo, una eficiencia electromecánica de 44.74%. Como el caso de los equipos en pozos, también provoca un alto consumo de energía pero también un potencial de ahorro importante.

En el aspecto hidráulico, los principales hallazgos fueron los siguientes:



Se realizó un Balance de Agua, utilizando la metodología AWWA, resultando como ya se había explicado anteriormente, que del volumen suministrado (28'813,774 m<sup>3</sup>/año), las pérdidas potenciales son de 19'842,680 m<sup>3</sup>/año de agua, equivalentes al 68.87 % del volumen suministrado a la red de distribución. Por lo tanto, La eficiencia física del sistema (conservación del agua en el sistema de abastecimiento) es de 31.13%.

Entre las recomendaciones propuestas en el proyecto para el control de fugas destacan 3 acciones principales: 1) La implementación de un sistema de control de fugas permanente; 2) la conformación de la sectorización de la red e incremento de la eficiencia; y 3) La instalación de 41,410 micromedidores en total (100% de la cobertura).

También se analizó la situación de eficiencia en la distribución del agua a lo largo de la red, encontrando lo siguiente:

Los resultados del balance volumétrico señalan que aún cuando algunas colonias tienen un déficit de suministro de acuerdo a la demanda calculada, la producción total en la mayoría de las zonas de influencia es suficiente para soportar esta demanda, por lo que los sectores actuales prácticamente se conservan. Solamente en las zonas 2 (La Campiña), 7 (Geo) y 8 (San Pedro) existe un déficit de 1.21, 8.97 y 5.24 lps respectivamente, lo cual no es considerado como grave; no obstante, esta situación se consideró para el proyecto de eficiencia hidráulica e integral.

Esto se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 4-175. Balance volumétrico para el sistema de ODAPAS Tecámac

Zona de Influencia	Sub sector	Nombre Zona	Colonia	DEMANDA ACTUAL A DOTACIÓN CONAGUA						BALANCE	
				Población Actual	Dotación Considerada Actual (l/hab/día)	Q med Anual (L/S)	Qmax h (L/s)	Q demanda de producción pozo (L/s)	Qmed Demanda en tanque o red	Producción	Suministro
1	SH-01A	Santo Domingo Ajoloapan	SANTO DOMINGO AJOLOAPAN	6,860	247	19.61	33.83	30.38	19.61	4.34	0.60
	SH-10B		SANTO DOMINGO AJOLOAPAN alto	862	247	2.46	4.25		2.46		2.84
	SH-10C	Ampl. Santo Domingo	AMPLIACIÓN SANTO DOMINGO	735	247	2.10	3.62		3.62		-0.77
		Nuevo Mexico	NUEVO MÉXICO	1,000	247	2.86	4.93		2.86		1.02
		Ampl. San Jerónimo	AMPLIACIÓN SAN JERONIMO	637	247	1.82	3.14		1.82		0.65
	SH-10D	Santa Maria Ajoloapan	SANTA MARÍA AJOLOAPAN	10,388	247	29.70	51.23	29.70	29.70	9.80	9.80
				20,482	247	58.55	101.01	60.08	60.08	14.15	14.15
2	SH-02A	La Campiña	PELLICER LA PALMA	885	247	2.53	4.36	22.73	11.18	-1.21	-1.28
			BUENA VISTA	773	247	2.21	3.81				-1.12
			SAN SIMÓN	336	247	0.96	1.66				-0.49
			SAN MIGUEL. LOS REYES ACOZAC	1,602	247	4.58	7.90				-2.31
			COL.EL MAGUEYAL (LOS REYES ACOZAC)	314	247	0.90	1.55				-0.45
	SH-02C	La Campiña Fraccionamientos -carretera	SAN NICOLÁS LA REDONDA, TECÁMAC Carretera Federal	339	247	0.97	1.67		5.87	1.00	
				851	247	2.43	4.20			2.51	

Zona de Influencia	Sub sector	Nombre Zona	Colonia	DEMANDA ACTUAL A DOTACIÓN CONAGUA						BALANCE	
				Población Actual	Dotación Considerada Actual (l/hab/día)	Q med Anual (L/S)	Qmax h (L/s)	Q demanda de producción pozo (L/s)	Qmed Demanda en tanque o red	Producción	Suministro
			FRACC. LA CAMPIÑA	1,152	247	3.29	5.68		5.68		0.92
				6,252	247	17.87	30.83	22.73	22.73	-1.21	-1.22
3	SH-03A	Nueva Santa María	XONACATLALI	282	233	0.76	1.31	9.45			-0.15
			MILPISCO	276	233	0.74	1.28				-0.15
			LA ESPERANZA	1,746	233	4.71	8.12				-0.93
			JOSÉ REVUELTAS CAMBIO 2000	312	233	0.84	1.45				-0.17
			NUEVA SANTA MARÍA	888	233	2.39	4.13				-0.47
	SH-03B	Tecámac	SAN MATEO TECALCO	3,654	233	9.85	17.00	77.55	67.38	18.95	3.08
			1ERO. DE MARZO	1,086	233	2.93	5.05				0.92
			AMPLIACIÓN EJIDOS TECÁMAC	438	233	1.18	2.04				0.37
			EJIDOS TECÁMAC	8,130	233	21.92	37.82				6.85
			NUEVA AMPLIACIÓN EJIDOS DE TECÁMAC	468	233	1.26	2.18				0.39
			COL. SAN MARTIN AZCATEPEC	11,208	233	30.23	52.14				9.44
	SH-03C	La Nopalera	COND. SAN FRANCISCO (NOPALERA)	156	233	0.42	0.73		0.73		-0.25
				28,644	233	77.25	133.25	77.55	77.55	18.95	18.95
3B	SH-03B-A	Fracc. Los Olivos	FRACC. LOS OLIVOS	1,283	231	3.43	5.92	16.46	6.88	19.21	5.02
	SH-03B-B	Los Olivos	LOS OLIVOS	1,798	231	4.81	8.29				7.99
			SAN MATEO II	389	231	1.04	1.79				1.73
			EL MAGUEYAL	4	231	0.01	0.02				0.02
			ASOC. 20 DE SEPTIEMBRE	253	231	0.68	1.17				1.12
				FRACC. LLANO M DE LOS BAEZ	131	231	0.35				0.60
SH-03B-C	Jardines de Tecámac	FRACC. JARDINES DE TECAMAC	431	231	1.15	1.99		1.99		2.75	
			4,289	231	11.47	19.78	16.46	14.79	19.21	19.21	
4 y 5	SH-04A	Villas I	Villas 1a sección baja	8,332	213	20.54	35.43	26.45	20.54	46.46	3.46
			Villas 1a sección alta	2,396	213	5.91	10.19				5.91
	SH-04B	Villas II	Villas 2a y 3a Sección	8,534	213	21.04	36.29	38.53	21.04		3.96
	SH-04C	Texcaltitla	Villas 4a sección	6,896	213	17.00	29.33				4.38
			Texcaltitla	200	213	0.49	0.85	17.49	0.13		
	SH-05A	Villas III	Villas 5a Sección	10,566	213	26.05	44.93	37.56	26.05		20.83
			Villas 6a Sección	4,668	213	11.51	19.85				11.51
			41,592	213	102.54	176.87	102.54	102.54	46.46	46.46	
6	SH-06A	San Francisco Norte	5 DE MAYO	8,060	223	20.80	35.89	63.61	32.88	17.39	5.36
			AMPLIACIÓN HUEYOTENCO	598	223	1.54	2.66				0.40
			COL. HUEYOTENCOT	2,327	223	6.01	10.36				1.55

Zona de Influencia	Sub sector	Nombre Zona	Colonia	DEMANDA ACTUAL A DOTACIÓN CONAGUA						BALANCE		
				Población Actual	Dotación Considerada Actual (l/hab/día)	Q med Anual (L/S)	Qmax h (L/s)	Q demanda de producción pozo (L/s)	Qmed Demanda en tanque o red	Producción	Suministro	
	SH-06B	San Francisco Centro	L									
			SAN JOSÉ	1,755	223	4.53	7.81			1.17		
			SAN FRANCISCO CUAUTLIQUIXCA	936	223	2.42	4.17	20.12		0.62		
			COL. MAGISTERIAL	150	223	0.39	0.67			0.10		
			NORCHUCA	4,895	223	12.63	21.79			3.25		
	SH-06C	San Francisco Oriente	ATLAUTENCO	1,814	223	4.68	8.08		1.21			
			SAN ANTONIO	943	223	2.43	4.20	4.82		0.63		
			AZTECA	540	223	1.39	2.40			0.36		
	SH-06D	San Francisco Alto	BENITO JUÁREZ	384	223	0.99	1.71		0.25			
			CUAUHTEMOC	936	223	2.42	4.17	2.42		0.62		
			LOMAS DE OZUMBILLA	871	223	2.25	3.88	3.37		1.25		
	AMPLIACION VISTA HERMOSA	104	223	0.27	0.46		0.15					
			VISTA HERMOSA	332	223	0.86	1.48		0.48			
				24,645	223	63.61	109.73	63.61	63.61	17.39	17.39	
7	SH-7	Fracc. Sierra Hermosa (GEO)	Geo 1	6,340	218	16.00	27.59	65.10	16.00		-0.62	
			Geo 2	5,896	218	14.88	25.66		14.88		-0.63	
			Geo 3	6,616	218	16.69	28.80		16.69		-3.44	
			Geo 4	6,948	218	17.53	30.24		17.53		-4.28	
				25,800	218	65.10	112.29	65.10	65.10		-8.97	-8.97
8	SH-8A	San Pedro Atzompa	LOMAS DE SAN PEDRO ATZOMPA	156	247	0.45	0.77	95.74	95.74	-5.24	-0.04	
			EJIDO DE SAN PEDRO ATZOMPA	70	247	0.20	0.35					-0.02
			SAN PEDRO ATZOMPA	19,188	247	54.85	94.62					-5.18
				19,414	247	55.50	95.74	95.74		-5.24	-5.24	
9	SH-9A	OJO DE AGUA	FRACC. JARDINES DE RANCHO AEREO OJO DE AGUA	42	244	0.12	0.20	136.07	136.07	71.30	0.11	
			FRACC. OJO DE AGUA	27,615	244	77.99	134.53					70.49
			FRACC. RANCHO LA CAPILLA	274	244	0.77	1.33					0.70
	SH-9B	Línea Salida Pozo Chabacanos	FRACC. REAL CASTELL	1,849	218	4.67	8.05	27.15	4.67		1.65	
			FRACC. REAL DEL SOL 1	6,778	218	17.10	29.50		17.10		-2.75	-6.39
			FRACC. REAL DEL SOL 2	2,132	218	5.38	9.28		5.38		1.99	
				38,690	237	106.03	182.89	163.21	163.21	68.55	68.55	
10	SH-10-A	Santa Cruz Nte	LOMAS SAN PEDRO	192	248	0.55	0.95	54.94	54.94	23.80	0.30	
			LOS ARCOS	658	248	1.89	3.26					1.02
			LOMA BONITA	6,811	248	19.55	33.72					10.59
		Santa Cruz Sur	SANTA CRUZ	2,381	248	6.83	11.79		3.70			
			ESMERALDA	2,923	248	8.39	14.47		4.54			

Zona de Influencia	Sub sector	Nombre Zona	Colonia	DEMANDA ACTUAL A DOTACIÓN CONAGUA						BALANCE	
				Población Actual	Dotación Considerada Actual (l/hab/día)	Q med Anual (L/S)	Qmax h (L/s)	Q demanda de producción pozo (L/s)	Qmed Demanda en tanque o red	Producción	Suministro
			AMPL. ESMERALDA	1,478	248	4.24	7.32				2.30
			MARGARITO F. AYALA	629	248	1.81	3.11				0.98
			AMPL. MARGARITO F. AYALA	240	248	0.69	1.19				0.37
	SH-10-B	Santo Tomás	FRACC. SOCIAL STO. TOMAS CHICONAUTLA	6,192	248	17.77	30.66	54.20	54.20	-15.99	-6.55
			COL. HUICHOLES	2,674	248	7.68	13.24				-2.83
			LOMAS DE TECÁMAC	6,240	248	17.91	30.90				-6.61
TOTALES				30,418	248	87.31	150.61	109.14	109.14	7.81	7.81
13	SH-13	Hacienda del bosque	FRACC. HACIENDA DEL BOSQUE	5,024	216	12.56	21.67	25.12	12.56	-13.82	-1.26
				5,024	216	12.56	21.67	25.12	12.56	-13.82	-1.26
TOTAL GENERAL										163.28	175.84

Entre las propuestas para redistribuir mas equilibradamente el agua se propuso lo siguiente:

- En la zona de La Campiña el déficit podrá contrarrestarse redistribuyendo la zona de influencia, dejando que una parte de esta zona pueda recibir suministro de agua de la zona de Santa María Ajoloapan, ya que se observa que en la zona 1 se tiene un superávit de suministro.
- Para la zona Geo, se podrá incrementar la capacidad de producción del pozo para contrarrestar dicho déficit.
- En la zona de San Pedro, este déficit es provocado principalmente por no haber tanque de regulación, por lo que en el proyecto de eficiencia hidráulica se consideraron los resultados derivados de este balance volumétrico y la posibilidad de utilizar el tanque Loma Bonita que actualmente se encuentra fuera de servicio, para requerir un flujo menor de producción del pozo.

De acuerdo con los resultados del análisis hidráulico y del modelo de simulación, se requieren para todos los sectores 12 válvulas limitadoras de caudal, 51 válvulas reguladoras de presión, 16.5 Km de líneas nuevas para optimizar la redistribución de caudales y presiones entregadas a los usuarios, la sustitución de 14 equipos de bombeo en pozos y 18 equipos en rebombos, así como la instalación de 17 variadores de velocidad, la construcción de 1 cisterna nueva y la rehabilitación de otra.

Como resultado de esta nueva operación hidráulica optimizada, se lograron determinar medidas de ahorro de energía adicionales a la mejora de eficiencia electromecánica y optimización del factor de potencia determinadas en primera instancia.

En este rubro se evaluaron tres medidas que dependen de los cambios para optimizar la operación hidráulica y se asegura su viabilidad a través del análisis con la modelación hidráulica, capacidad de tanques de regulación y redistribución de caudales, logrando ahorrar energía sin menoscabo del servicio.

A continuación se explica cada una de estas medidas.

### Ahorro de energía por sustitución de equipos y aplicación de variadores de frecuencia.

Las medidas integrales para mejora de la Eficiencia Energética se refieren a realizar el cambio de equipo de bombeo que en la evaluación del diagnóstico energético tienen una eficiencia electromecánica por debajo de lo recomendado y medidas que permiten el mejoramiento del aprovechamiento de la energía incrementando el trabajo útil por medio del cambio de operación de los equipos en cuestión de carga-gasto y por lo tanto disminuyendo el trabajo de bombeo o potencia hidráulica requerida por el equipo de bombeo.

De esta manera se definieron dos medidas para mejora de eficiencia energética.

- Sustituir el de equipo de bombeo tomando en cuenta la las nuevas condiciones de operación de carga-gasto que se definieron en el proyecto de eficiencia hidráulica para por un lado operar en su punto óptimo de diseño y por otro el mejorar la eficiencia electromecánica
- La segunda medida para mejora de eficiencia energética es la instalación de variadores de velocidad para disminuir la potencia hidráulica o trabajo de bombeo, en aquellos equipos que de acuerdo al proyecto de eficiencia hidráulica se ha recomendado la aplicación de esta tecnología, básicamente en rebombes y algunos pozos que están inyectando directamente a red.

De esta manera, en las tablas 4.176 y 4.177 se pueden ver las especificaciones de capacidad de motor, carga y gasto requeridos por los equipos tanto de pozos como de rebombes de acuerdo al proyecto de eficiencia hidráulica, comparando con las condiciones actuales de operación de dichos equipos.

**Tabla 4-176. Especificaciones de operación para pozos.**

Equipo Pozo	Capacidad Motor Actual (H.P.)	Carga prom bombeo Actual (mca)	Gasto prom. Actual (lps)	Capacidad Motor Proyecto	Carga bombeo proyecto (mca)	Gasto Proyecto (lps)	Punto de control del Variador de Velocidad (mca)
Pozo Santo Domingo Ajoloapan	75	122.9	33.2	100	143	32	
Pozo Santa María Ajoloapan	100	252.9	71.2	150	131	52	
Pozo La Campiña	85	138.9	23.0	50	160	14	
Pozo San Martín Azcatepec	200	203.6	47.6	250	212	52	
Pozo Ejidos de Tecamac	300	193.8	48.5	**	194	48	
Pozo Los Olivos	150	183.0	32.4	150	185	19	38.2
Pozos Villas I	75	135.8	23.7	75	138	32	
Pozos Villas II	177	169.1	30.4	200	172	47	
Pozos Villas III	300	232.7	47.0	350	248	68	
Pozo San Francisco Cuahutliquixca	300	155.5	80.6	300	165	81	
Pozo Geo / Fraccionamiento Geo	125	98.5	57.2	150	115	70	
Pozo San Pedro Atzompa	250	99.7	90.5	250	117.5	69	
Pozo Ahuehuete	150	91.5	58.0	50	108	22.5	41
Pozo La Glorieta	150	89.0	68.5	75	110	38	36.95
Pozo Chabacanos	200	92.3	68.1	200	100	80	31.85
Pozo Lirios	200	181.5	39.0	100	182	30	29.5
Pozo Mameyes	150	166.9	10.0	Dejar fuera de servicio de acuerdo a proyecto			
Pozo Santa Cruz	200	152.8	43.2	200	160	61	
Pozo Santo Tomás	350	190.8	75.4	**	224.5	65.5	
Pozo Hacienda del Bosque	75	101.1	22.6	60	104	32	

**Tabla 4-177. Especificaciones de operación para rebombes.**

Equipo de Rebombear	Capacidad Motor Actual (H.P.)	Carga prom. bombeo Actual (mca)	Gasto prom. Actual (lps)	Capacidad Motor Proyecto	Carga bombeo proyecto (mca)	Gasto Proyecto (lps)	Punto de control del Variador de Velocidad (mca)	
RB Sto Domingo Ajoloapan	5	34.1	5.8	2	21.7	21.7		
RB Nueva Sta Maria	7.5	68.3	17.4	7.5	25	16	27	
RB JARDINES DE TECAMAC	3	17.4	3.5	2	20	1.6		
RB VILLAS 1	7.5	38.0	37.2	2	15	8	18	
RB Olivos a Tanque Elevado	15	26.5	21.0	15	12	36	15	
RB LOS OLIVOS a T.Texcaltitla	20	78.9	41.3	15	27	23		
RB TEXCALTITLA	20	52.3	50.0	5	14	14	14.5	
RB LAS GEMELAS	20	76.5	44.8	15	29	18		
RB SAN FRANCISCO	10	18.7	9.7	2	30	6	36	
RB GEOT1	15	46.6	43.3	7.5	19.5	27	19	
RB GEOT2	15	48.7	55.5	7.5	18.5	25.66	18	
RB GEOT3	15	43.5	59.4	7.5	18.55	28.8	18	
RB GEOT4	15	41.9	34.8	7.5	18	30.24	17.5	
RB REAL CASTELL	3	35.0	11.1	7.5	15.5	8	19	
RB REAL DEL SOL T1	10	38.0	45.2	7.5	17	22	20.5	
RB REAL DEL SOL T2	10	35.5	9.5	7.5	15	16.6	18.5	
RB HDA DEL BOSQUE	15	82.8	33.0	Ya cuenta con equipo automatizado				

En primer lugar se evaluó la demanda energética de los equipos de bombeo en kW, y la mejora de la eficiencia reflejada tanto en la eficiencia electromecánica esperada como en el Índice Energético, el cual es un parámetro directo de mejora de eficiencia energética relacionando el consumo energético esperado por cada m<sup>3</sup> bombeado.

Tabla 4-178. Evaluación de Eficiencia Energética de Pozos.

Equipo Pozo	Pot. Hid. Actual Pw (kW)	Pot. Elec. Actual Pe (kW)	Eff. EM Actual	Índice Ener. Actual (kW/m <sup>3</sup> )	Pot. Hid. Total Proy. (kW)	Pot. Hid. con VV (kW)	Pot. Elec. Proy. (kW)	Efi. EM Proy.	Índice Ener. Esperado (kW/m <sup>3</sup> )	Mejora en IE
Pozo Santo Domingo Ajoloapan	35.04	63.26	55.39%	0.67	45.01	45.01	66.16	68.03%	0.58	13.62%
Pozo Santa María Ajoloapan	43.62	78.97	55.26%	0.64	66.23	66.23	98.87	66.99%	0.55	14.35%
Pozo La Campiña	31.33	56.97	54.99%	0.70	21.72	21.72	35.08	61.92%	0.70	0.08%
Pozo San Martín Azcatepec	95.06	141.33	67.26%	0.85	108.15	108.15	157.51	68.66%	0.84	0.73%
Pozo Ejidos de Tecámac	92.21	152.73	60.38%	0.91	93.21	93.21	137.36	67.86%	0.82	9.90%
Pozo Los Olivos	58.16	98.44	59.08%	0.88	34.48	29.82	43.51	65.62%	0.65	26.67%
Pozos Villas I	31.57	53.09	59.46%	0.66	43.32	43.32	68.21	63.51%	0.62	5.68%
Pozos Villas II	50.37	94.24	53.44%	0.88	78.07	78.07	116.54	66.99%	0.71	19.75%
Pozos Villas III	107.28	190.75	56.24%	1.15	161.26	161.26	237.64	67.86%	1.00	13.28%
Pozo San Francisco Cuahutliquitca	122.94	217.46	56.54%	0.76	127.14	127.14	189.79	66.99%	0.66	13.44%
Pozo Geo / Fraccionamiento Geo	54.95	89.61	61.32%	0.45	74.56	74.56	109.73	67.95%	0.45	0.33%
Pozo San Pedro Atzompa	88.52	165.90	53.36%	0.52	79.58	79.58	124.45	63.95%	0.51	2.60%
Pozo Ahuehuete	52.07	89.20	58.38%	0.44	23.25	19.40	31.42	61.74%	0.39	10.27%
Pozo La Glorieta	59.81	102.07	58.60%	0.42	39.43	33.22	49.02	67.77%	0.36	13.03%
Pozo Chabacanos	61.64	129.05	47.77%	0.53	78.22	60.60	90.46	66.99%	0.31	41.11%

Equipo Pozo	Pot. Hid. Actual Pw (kW)	Pot. Elec. Actual Pe (kW)	Eff. EM Actual	Índice Ener. Actual (kW/m <sup>3</sup> )	Pot. Hid. Total Proy. (kW)	Pot. Hid. con VV (kW)	Pot. Elec. Proy. (kW)	Efi. EM Proy.	Índice Ener. Esperado (kW/m <sup>3</sup> )	Mejora en IE
Pozo Lirios	69.52	129.83	53.55%	0.94	51.99	43.94	66.02	66.56%	0.63	32.99%
Pozo Mameyes	16.37	77.81	21.04%	2.20	-	-	-	-	0.00	100.00%
Pozo Santa Cruz	64.76	106.59	60.75%	0.70	95.75	95.75	136.44	70.18%	0.63	9.32%
Pozo Santo Tomas	137.89	229.02	60.37%	0.91	144.24	144.24	110.58	65.22%	0.66	27.60%
Pozo Hacienda del Bosque	22.40	55.94	40.05%	0.70	32.65	32.65	51.41	63.51%	0.45	35.37%
	<b>1,295.51</b>	<b>2,322.25</b>	<b>55.79%</b>	<b>0.71</b>		<b>1357.86</b>	<b>1920.17</b>	<b>70.72%</b>	<b>0.62</b>	<b>12.85%</b>

Se observa en la tabla anterior para el caso de los equipos de pozos, las medidas para incremento de la eficiencia energética dan como resultado un incremento de la eficiencia electromecánica global de 55.79% a 70.72%, mientras que se observa una disminución del índice energético global del 12.85%, lo cual representa una mejora de la eficiencia energética.

Tabla 4-179. Evaluación de Eficiencia Energética de Rebombes.

Equipo de Rebombeo	Pot. Hid. Actual Pw (kW)	Pot. Elec. Actual Pe (kW)	Eff. EM Actual	Índice Ener. Actual (kW/m <sup>3</sup> )	Pot. Hid. Total Proy. (kW)	Pot. Hid. con VV (kW)	Pot. Elec. Proy. (kW)	Efi. EM Proy.	Índice Ener. Esperado (kW/m <sup>3</sup> )	Mejora en IE
RB Sto Domingo Ajoloapan	1.94	4.33	44.74%	0.21	0.65	0.65	1.38	46.75%	0.13	39.27%
RB Nueva Sta Maria	2.92	4.99	59.52%	0.16	4.00	3.07	4.74	64.80%	0.08	49.40%
RB JARDINES DE TECAMAC	0.60	1.60	37.38%	0.13	0.27	0.27	0.59	45.47%	0.10	18.04%
RB VILLAS 1	3.47	6.00	57.87%	0.09	1.18	0.95	1.56	61.06%	0.05	39.73%
RB Olivos a TE	1.36	7.99	17.31%	0.21	4.24	4.00	6.74	59.34%	0.05	75.14%
RB LOS OLIVOS a T. Texcaltitla	8.01	16.08	49.77%	0.22	6.08	6.08	9.84	61.77%	0.12	45.25%
RB TEXCALTITLA	6.42	15.27	42.06%	0.17	1.92	1.61	2.75	58.48%	0.05	68.33%
RB LAS GEMELAS	8.41	14.47	58.32%	0.18	5.28	5.28	8.93	59.16%	0.13	26.89%
RB SAN FRANCISCO	1.78	3.99	44.60%	0.12	1.77	1.47	2.48	59.16%	0.12	1.79%
RB GEOT1	4.95	6.45	76.79%	0.08	4.68	3.71	5.15	72.00%	0.07	20.58%
RB GEOT2	6.63	11.92	55.63%	0.12	6.35	3.83	5.32	72.00%	0.04	66.81%
RB GEOT3	6.36	10.46	60.04%	0.10	7.84	4.12	5.72	72.00%	0.03	66.43%
RB GEOT4	3.58	5.78	62.55%	0.11	2.56	4.25	5.90	72.00%	0.06	40.81%
RB REAL CASTELL	0.95	2.87	33.21%	0.14	1.22	0.94	1.31	72.00%	0.05	68.53%
RB REAL DEL SOL T1	4.21	7.98	53.59%	0.10	3.67	2.76	3.83	72.00%	0.05	50.94%
RB REAL DEL SOL T2	0.83	5.97	13.91%	0.35	2.44	1.82	2.53	72.00%	0.04	88.05%
RB HDA DEL BOSQUE	2.98	39.26	7.59%	1.11	2.99	2.99	39.26	7.62%	1.09	1.38%
	<b>65.40</b>	<b>165.42</b>	<b>39.54%</b>	<b>0.19</b>		<b>47.79</b>	<b>108.03</b>	<b>44.23%</b>	<b>0.12</b>	<b>39.73%</b>

En el caso de los equipos de bombeo se observa mejora tanto de la potencia hidráulica y eléctrica demandada por los equipos de bombeo como en el Índice Energético, dando como resultado una mejora hasta del 39.73% de disminución del índice energético.

Finalmente, se estimó la energía consumida al realizar las medidas de mejora energética comparando con la energía estimada en un año de operación, y se realizó en nuevo cálculo del balance energético para determinar los ahorros potenciales de energía que se obtendrían al implementar las medidas de mejora de eficiencia energética integral.

Tabla 4-180. Balance de energía esperada en Pozos

Equipo	Energía Total Consumida (kWh/año)	Balance de Energía esperado kWh/año								
		Consumo de Energía Esperado	Energía Perdida en Conductores Eléctricos	Energía perdida en el Motor	Energía perdida en la Bomba	Energía perdida en la Succ. y Desc.	Energía perdida en Conductión y Carga	Energía perdida en Fugas de agua	Trabajo Útil	Ahorros (kWh/año)
Pozo Santo Domingo Ajoloapan	561,963	585,061	13,410	74,315	108,419	3,994	45,774	28,072	311,077	-23,098
Pozo Santa María Ajoloapan	711,426	739,076	27,239	92,539	142,439	2,144	107,066	32,829	334,821	-27,650
Pozo La Campiña	501,251	305,526	2,455	42,430	72,979	476	10,655	79,599	96,931	195,725
Pozo San Martín Azcatepec	1,253,588	1,391,810	30,946	162,946	263,542	2,110	94,760	78,942	758,565	-138,222
Pozo Ejidos de Tecámac	1,390,845	1,223,183	36,416	154,280	227,147	35,338	30,310	71,093	668,600	167,662
Pozo Los Olivos	890,981	383,122	7,213	56,386	72,851	9,493	16,974	46,960	173,245	507,859
Pozos Villas I	487,186	620,463	31,118	76,615	138,437	3,282	12,205	26,539	332,267	-133,277
Pozos Villas II	830,329	1,028,000	21,108	130,896	201,479	15,857	24,615	39,033	595,013	-197,671
Pozos Villas III	1,686,734	1,750,621	39,645	222,427	327,481	5,742	85,961	89,580	979,785	-63,887
Pozo San Francisco Cuahutliquitca	1,903,912	1,656,122	16,372	213,168	328,114	6,188	65,222	102,913	924,146	247,790
Pozo Geo / Fraccionamiento Geo	804,141	971,049	22,993	123,247	180,633	6,667	97,380	10,803	529,327	-166,908
Pozo San Pedro Atzompa	1,482,584	1,102,856	12,696	141,721	251,336	7,580	35,996	191,727	461,800	379,728
Pozo Ahuehuete	797,562	277,257	2,000	48,666	56,648	10,349	46,749	22,569	90,277	520,305
Pozo La Glorieta	893,491	425,723	2,220	55,055	81,427	10,645	86,332	38,009	152,035	467,768
Pozo Chabacanos	1,140,878	797,226	4,785	103,017	158,567	3,090	85,208	150,130	292,427	343,652
Pozo Lirios	1,157,114	583,301	4,961	75,184	118,242	4,532	52,700	159,224	168,459	573,813
Pozo Mameyes	684,339	-	-	-	-	-	-	-	-	684,339
Pozo Santa Cruz	947,376	1,213,111	17,928	167,326	189,126	4,233	83,873	27,394	723,231	-265,735
Pozo Santo Tomás	2,097,824	2,040,269	102,928	305,534	368,231	5,346	5,825	46,965	1,205,440	57,555
Pozo Hacienda del Bosque	166,687	152,540	2,436	19,514	35,259	761	6,600	6,359	81,611	14,147
<b>TOTAL</b>	<b>20,390,212</b>	<b>17,246,316</b>	<b>398,866</b>	<b>2,265,264</b>	<b>3,322,359</b>	<b>137,826</b>	<b>994,203</b>	<b>1,248,742</b>	<b>8,879,057</b>	<b>3,143,896</b>

Se espera un consumo total anual aproximado para los equipos de pozos de 17'246,316 kWh/año lo que representa un ahorro global total de 3'143,896 kWh/año, es decir un 15.4%.

Tabla 4-181. Balance de energía esperada en Rebombes

Equipo	Energía Total Consumida (kWh/año)	Balance de Energía esperado kWh/año								
		Consumo de Energía Esperado	Energía Perdida en Conductores Eléctricos	Energía perdida en el Motor	Energía perdida en la Bomba	Energía perdida en la Succ. y Desc.	Energía perdida en Conductión y Carga	Energía perdida en Fugas de agua	Trabajo Útil	Ahorros (kWh/año)
RB Sto Domingo Ajoloapan	31,757	10,108	8	2,321	3,057	39	1,261	68	3,354	21,649
RB Nueva Sta María	37,045	34,764	179	3,458	8,715	135	233	719	21,323	2,281
RB JARDINES DE TECÁMAC	11,712	4,333	3	1,026	1,335	40	11	202	1,716	7,379
RB VILLAS 1	43,816	11,360	3	1,590	2,833	1,346	286	942	4,361	32,455
RB Olivos	58,467	49,244	36	6,889	13,119	31	516	378	28,275	9,223
RB LOS OLIVOS	117,645	71,877	69	9,335	18,117	969	8,387	2,961	32,038	45,768
RB TEXCALITLA	113,463	20,120	23	2,814	5,531	4,820	1,003	1,634	4,296	93,343
RB LAS GEMELAS	105,952	65,254	75	8,473	18,146	2,561	2,132	2,122	31,745	40,699
RB SAN FRANCISCO	30,035	21,895	128	2,830	6,060	238	5,001	598	7,040	8,140



Equipo	Energía Total Consumida (kWh/año)	Balance de Energía esperado kWh/año								
		Consumo de Energía Esperado	Energía Perdida en Conductores Eléctricos	Energía perdida en el Motor	Energía perdida en la Bomba	Energía perdida en la Succ. y Desc.	Energía perdida en Conducción y Carga	Energía perdida en Fugas de agua	Trabajo Útil	Ahorros (kWh/año)
RB GEOT1	28,628	22,646	76	2,257	4,062	62	129	1,074	14,985	5,982
RB GEOT2	70,436	23,378	79	2,330	4,194	124	743	1,878	14,030	47,058
RB GEOT3	77,268	25,140	95	2,505	4,508	181	1,659	2,168	14,025	52,128
RB GEOT4	44,479	26,365	523	2,584	4,652	38	231	1,283	17,053	18,114
RB REAL CASTELL	21,036	9,542	12	953	1,716	152	-1,031	277	7,465	11,494
RB REAL DEL SOL T1	58,793	28,080	97	2,798	5,037	1,772	-236	1,056	17,555	30,713
RB REAL DEL SOL T2	43,885	18,486	34	1,845	3,322	19	-2,556	240	15,583	25,399
RB HDA DEL BOSQUE	383,583	378,279	34,369	45,719	272,094	714	20,094	264	5,024	5,304
<b>TOTAL</b>	<b>1,278,000</b>	<b>820,871</b>	<b>35,808</b>	<b>99,727</b>	<b>376,497</b>	<b>13,243</b>	<b>37,862</b>	<b>17,865</b>	<b>239,868</b>	<b>457,129</b>

Se espera un consumo total anual aproximado para los equipos de rebombes de 820,871 kWh/año lo que representa un ahorro global de **457,129 kWh/año**, es decir un **35.8%**.

En total entre Pozos y Rebombes se espera un ahorro de **3'601,025 kWh/año** lo cual representa un **16.61%** de ahorro neto al implementar las medidas de eficiencia integral.

### Elevar el Factor de Potencia a un valor de 0.96.

Se realizó el cálculo de los ahorros que se pudieran obtener al incrementar el valor de FP a 0.96, calculando la capacidad de los capacitores que se tendrían que instalar en cada una de las instalaciones eléctricas. En las tablas 4.182 y 4.183 se muestra el cálculo de la Bonificación que se tendría y los ahorros que representa al aplicar esta medida.

Tabla 4-182. Cálculo de beneficios al elevar el FP a 0.96 en equipos de Pozos.

Num.	Sistema	FP Actual	Cargos Tarifa 06	Bonificación esperada (\$/año)	Ahorro neto	
			FP (\$/año)		\$/año	%
1	Pozo Santo Domingo Ajoloapan	0.8094	52,498	12,261	64,759	6.67%
2	Pozo Santa María Ajoloapan	0.8482	36,244	15,510	51,754	4.34%
3	Pozo La Campiña	0.8049	49,432	10,942	60,374	6.94%
4	Pozo San Martín Azcatepec	0.7468	214,605	27,293	241,898	10.63%
5	Pozo Ejidos de Tecámac	0.8495	69,017	30,277	99,293	4.27%
6	Pozo Los Olivos	0.8389	54,207	19,412	73,619	4.89%
7	Pozos Villas I	0.8102	45,090	10,636	55,727	6.62%
8	Pozos Villas II	0.7916	94,875	18,094	112,969	7.77%
9	Pozos Villas III	0.7887	198,698	36,708	235,406	7.96%
10	Pozo San Francisco Cuahutlihuixca	0.8368	120,046	41,428	161,474	5.02%
11	Pozo Geo / Fraccionamiento Geo	0.8554	34,996	17,525	52,521	3.91%
12	Pozo San Pedro Atzompa	0.7508	245,888	32,271	278,158	10.38%
13	Pozo Ahuehuete	0.8629	28,617	17,382	45,999	3.48%
14	Pozo La Glorieta	0.8137	79,091	19,467	98,558	6.41%
15	Pozo Chabacanos	0.8794	22,317	24,844	47,160	2.52%
16	Pozo Lirios	0.8298	81,735	25,197	106,932	5.44%
17	Pozo Mameyes	0.8153	59,361	14,921	74,282	6.31%
18	Pozo Santa Cruz	0.7577	148,525	20,638	169,163	9.92%
19	Pozo Santo Tomás	0.7798	269,985	45,642	315,627	8.53%
20	Pozo Hacienda del Bosque	0.8003	17,323	3,670	20,993	7.18%

Num.	Sistema	FP Actual	Cargos Tarifa 06	Bonificación esperada (\$/año)	Ahorro neto	
			FP (\$/año)		\$/año	%
<b>SUB-TOTAL POZOS</b>			<b>1,922,548</b>		<b>2,366,667</b>	<b>6.72%</b>

Tabla 4-183.Cálculo de beneficios al elevar el FP a 0-96 en equipos de Rebombes.

Num.	Sistema	FP Actual	Cargos Tarifa 06	Bonificación esperada (\$/año)	Ahorro neto	
			FP (\$/año)		\$/año	%
1	RB Sto Domingo Ajoloapan B1	0.7709	4,439	95		0.00%
2	RB Nueva Sta Maria B1	0.6713	4,204	208		0.00%
2	RB Nueva Sta Maria B2	0.7324	4,252	120		0.00%
3	RB JARDINES DE TECAMAC B1	0.7697	1,654	302		0.00%
4	RB VILLAS 1 B1	0.8782	454	1,000		0.00%
4	RB VILLAS 1 B2	0.8808	399	1,000		0.00%
5	RB Olivos B1	0.7692	5,185	842		0.00%
5	RB Olivos B2	0.4700	16,747	524	17,271	29.60%
6	RB LOS OLIVOS B1 ARRIBA	0.8703	1,688	525		0.00%
6	RB LOS OLIVOS B2 ARRIBA	0.8986	74	526		0.00%
7	RB TEXCALTITLA B1	0.7866	6,600	1,001	7,601	7.63%
7	RB TEXCALTITLA B2	0.5030	38,617	1,067	39,684	27.77%
8	RB LAS GEMELAS B1	0.7421	9,087	603	9,690	10.03%
8	RB LAS GEMELAS B2	0.8200	4,460	643	5,103	5.25%
9	RB SAN FRANCISCO B1	0.6499	9,645	472		0.00%
10	RB GEOT1 B1	0.5057	8,597	335	8,931	25.65%
10	RB GEOT1 B2	0.5428	8,466	383	8,849	23.15%
11	RB GEOT2 B1	0.7736	4,800	813	5,612	8.52%
11	RB GEOT2 B2	0.7157	7,571	813	8,384	12.12%
12	RB GEOT3 B1	0.7683	6,315	1,007	7,322	8.92%
12	RB GEOT3 B2	0.6704	9,467	767	10,234	15.06%
13	RB GEOT4 B1	0.6292	7,896	430	8,326	17.29%
13	RB GEOT4 B2	0.5741	10,657	439	11,096	21.26%
14	RB REAL CASTELL B1	0.8384	639	251		0.00%
14	RB REAL CASTELL B2	0.8562	453	255		0.00%
15	RB REAL DEL SOL T1 B1	0.8062	2,493	550		0.00%
15	RB REAL DEL SOL T1 B2	1.0000	-1,574	695		0.00%
16	RB REAL DEL SOL T2 B1	0.6992	5,260	334		0.00%
16	RB REAL DEL SOL T2 B2	0.6992	5,260	334		0.00%
17	RB HDA DEL BOSQUE B1	0.6008	53,131	4,216	57,346	21.12%
17	RB HDA DEL BOSQUE B3	0.6008	53,131	4,216	57,346	21.12%
17	RB HDA DEL BOSQUE B4	0.6026	52,659	4,216	56,875	20.99%
<b>SUB-TOTAL REBOMBES</b>			<b>342,724</b>		<b>319,671</b>	<b>12.43%</b>

Como se puede observar el aplicar esta medida representaría un ahorro neto de \$2'686,337.00 con de los \$37'774,084.00 anuales estimados por cargo de energía, es decir un ahorro directo del 7.11% anual sobre el cargo de energía.

Por otro lado se estima una inversión de \$721,000.00 en la compra e instalación de dichos capacitores, por lo que la recuperación de la inversión sería en 0.3 años, o 4 meses.

### Cambiar tarifa a HM y paro en hora punta.

Por último, para reducir el costo energético otra medida que se analizó es cambiando los contratos de servicio de CFE de tarifa 06 a tarifa HM, con paro en hora punta.

En las tablas 4.184 y 4.185 se observan los cálculos de los beneficios que se obtendrían al implementar esta medida.

Tabla 4-184. Cálculo de beneficios al cambiar de tarifa a HM y paro en hora punta para pozos

Num.	Sistema	Consumos			Dem. Fact.	Cargos					Ahorro	
		Punta (kWh/año)	Intermedio (kWh/año)	Base (kWh/año)		Dem. Fact. (\$/año)	Energía (\$/año)	FP (\$/año)	IVA (\$/año)	Total (\$/año)	\$/año	%
1	Pozo Santo Domingo Ajoloapan	0	349,822	212,141	19	37,390	532,832	38,296	97,363	705,881	265,304	27.3%
2	Pozo Santa María Ajoloapan	0	442,863	268,563	24	46,676	674,548	26,415	119,622	867,261	326,238	27.3%
3	Pozo La Campiña	0	289,723	166,917	17	33,675	433,897	33,149	80,115	580,836	288,830	33.2%
4	Pozo San Martín Azcatepec	0	724,574	417,445	42	83,538	1,085,142	143,831	210,002	1,522,513	752,695	33.1%
5	Pozo Ejidos de Tecámac	0	803,909	463,151	46	90,273	1,203,955	46,170	214,464	1,554,863	772,936	33.2%
6	Pozo Los Olivos	0	514,987	296,697	30	58,189	771,259	36,278	138,516	1,004,242	499,816	33.2%
7	Pozos Villas I	0	281,593	162,233	16	31,381	421,722	30,148	77,320	560,572	281,364	33.4%
8	Pozos Villas II	0	479,930	276,500	28	55,705	718,757	63,617	134,093	972,171	481,196	33.1%
9	Pozos Villas III	0	974,932	561,682	57	112,747	1,460,085	133,200	272,965	1,978,997	976,666	33.0%
10	Pozo San Francisco Cuahutliquixca	0	1,100,461	634,003	65	128,539	1,648,081	80,532	297,144	2,154,296	1,060,561	33.0%
11	Pozo Geo / Fraccionamiento Geo	0	464,794	267,779	27	52,966	696,088	23,436	123,598	896,088	445,565	33.2%
12	Pozo San Pedro Atzompa	0	856,933	493,700	50	98,061	1,283,367	164,710	247,382	1,793,520	887,475	33.1%
13	Pozo Ahuehuate	0	460,991	265,588	27	52,723	690,393	19,168	121,966	884,250	439,387	33.2%
14	Pozo La Glorieta	0	516,438	297,532	31	60,332	773,431	53,058	141,891	1,028,713	508,261	33.1%
15	Pozo Chabacanos	0	659,427	379,912	39	76,280	987,577	14,961	172,611	1,251,428	618,862	33.1%
16	Pozo Lirios	0	668,812	385,319	39	76,738	1,001,631	54,761	181,301	1,314,430	650,982	33.1%
17	Pozo Mameyes	0	395,548	227,885	23	45,994	592,384	39,809	108,510	786,697	389,912	33.1%
18	Pozo Santa Cruz	0	547,583	315,476	32	63,005	820,076	99,529	157,217	1,139,827	564,637	33.1%
19	Pozo Santo Tomás	0	1,305,895	791,928	69	135,368	1,989,078	196,557	371,360	2,692,364	1,009,310	27.3%
20	Pozo Hacienda del Bosque	0	103,763	62,924	17	33,063	158,047	14,278	32,862	238,251	54,331	18.6%
<b>SUB-TOTAL POZOS</b>										<b>23,927,199</b>	<b>11,274,329</b>	<b>32.0%</b>

Tabla 4-185. Cálculo de beneficios al cambiar de tarifa a HM y paro en hora punta para rebombes

Num.	Sistema	Consumos			Dem. Fact.	Cargos					Ahorro	
		Punta (kWh/año)	Intermedio (kWh/año)	Base (kWh/año)		Dem. Fact. (\$/año)	Energía (\$/año)	FP (\$/año)	IVA (\$/año)	Total (\$/año)	\$/año	%
1	RB Sto Domingo Ajoloapan B1	0	19,769	11,988	1.3	2,560	30,111	3,283	5,753	41,707	18,211	30.4%
2	RB Nueva Sta Maria B1	0	9,205	5,582	1.2	2,362	14,021	3,348	3,157	22,888	9,376	29.1%
2	RB Nueva Sta Maria B2	0	13,855	8,402	1.8	3,542	21,104	3,385	4,485	32,515	11,858	26.7%
3	RB JARDINES DE TECAMAC B1	0	7,291	4,421	0.5	945	11,105	1,224	2,124	15,397	8,946	36.8%
4	RB VILLAS 1 B1	0	13,638	8,270	1.8	3,544	20,772	363	3,949	28,627	10,777	27.3%
4	RB VILLAS 1 B2	0	13,638	8,270	1.8	3,544	20,772	319	3,942	28,576	10,764	27.4%
5	RB Olivos B1	0	22,742	13,792	3.0	5,906	34,640	4,137	7,149	51,833	16,659	24.3%
5	RB Olivos B2	0	13,653	8,280	1.8	3,542	20,796	13,360	6,032	43,729	14,614	25.0%

Num.	Sistema	Consumos			Dem. Fact.	Cargos					Ahorro	
		Punta (kWh/año)	Intermedio (kWh/año)	Base (kWh/año)		Dem. Fact. (\$/año)	Energía (\$/año)	FP (\$/año)	IVA (\$/año)	Total (\$/año)	\$/año	%
6	RB LOS OLIVOS B1 ARRIBA	0	36,846	22,344	4.9	9,566	56,121	1,347	10,725	77,759	23,232	23.0%
6	RB LOS OLIVOS B2 ARRIBA	0	36,388	22,067	4.8	9,448	55,425	59	10,389	75,322	22,612	23.1%
7	RB TEXCALITLA B1	0	34,135	20,701	4.5	8,786	51,993	5,259	10,566	76,605	23,059	23.1%
7	RB TEXCALITLA B2	0	36,496	22,132	4.7	9,269	55,588	30,712	15,291	110,860	32,062	22.4%
8	RB LAS GEMELAS B1	0	31,845	19,311	4.2	8,259	48,504	7,249	10,242	74,253	22,358	23.1%
8	RB LAS GEMELAS B2	0	34,111	20,686	4.5	8,853	51,956	3,558	10,299	74,665	22,453	23.1%
9	RB SAN FRANCISCO B1	0	18,697	11,338	1.2	2,360	28,478	7,119	6,073	44,031	19,148	30.3%
10	RB GEOT1 B1	0	8,225	4,988	1.8	3,536	12,528	7,514	3,772	27,350	7,469	21.4%
10	RB GEOT1 B2	0	9,596	5,819	2.1	4,089	14,616	7,385	4,174	30,265	7,957	20.8%
11	RB GEOT2 B1	0	21,915	13,290	3.6	7,048	33,380	3,962	7,102	51,493	14,406	21.9%
11	RB GEOT2 B2	0	21,932	13,300	3.6	7,041	33,405	6,248	7,471	54,166	14,992	21.7%
12	RB GEOT3 B1	0	27,487	16,669	3.6	7,063	41,867	5,031	8,634	62,595	19,507	23.8%
12	RB GEOT3 B2	0	20,612	12,500	2.7	5,298	31,395	7,542	7,078	51,312	16,624	24.5%
13	RB GEOT4 B1	0	13,686	8,300	1.8	3,528	20,847	6,293	4,907	35,575	12,589	26.1%
13	RB GEOT4 B2	0	14,002	8,491	1.7	3,304	21,327	8,390	5,283	38,303	13,880	26.6%
14	RB REAL CASTELL B1	0	6,488	3,934	0.9	1,682	9,882	510	1,932	14,006	7,079	33.6%
14	RB REAL CASTELL B2	0	6,607	4,007	0.9	1,712	10,064	362	1,942	14,079	7,100	33.5%
15	RB REAL DEL SOL T1 B1	0	15,987	9,695	2.1	4,129	24,351	1,988	4,875	35,343	12,516	26.2%
15	RB REAL DEL SOL T1 B2	0	20,612	12,499	2.7	5,309	31,395	-1,254	5,672	41,121	14,007	25.4%
16	RB REAL DEL SOL T2 B1	0	13,659	8,283	1.8	3,527	20,805	4,193	4,564	33,088	11,945	26.5%
16	RB REAL DEL SOL T2 B2	0	13,659	8,283	1.8	3,527	20,805	4,193	4,564	33,088	11,945	26.5%
17	RB HDA DEL BOSQUE B1	0	79,593	48,267	11.8	23,170	121,233	43,138	30,007	217,548	53,922	19.9%
17	RB HDA DEL BOSQUE B3	0	79,593	48,267	11.8	23,170	121,233	43,138	30,007	217,548	53,922	19.9%
17	RB HDA DEL BOSQUE B4	0	79,593	48,267	11.8	23,275	121,233	42,786	29,967	217,262	53,661	19.8%
<b>SUB-TOTAL REBOMBEO</b>										<b>1,972,908</b>	<b>599,648</b>	<b>23.3%</b>

Como se puede observar el aplicar esta medida representaría un ahorro neto de \$11'873,976.24 anuales (pozos y rebombes) de los \$37'774,084.00 anuales estimados por cargo de energía, es decir un ahorro directo del 31.46% anual sobre el cargo total de energía.

Es importante recalcar la aplicación integral de las medidas para alcanzar el beneficio máximo de ahorro; sin embargo, es posible realizar por etapas la aplicación de dichas medidas.

Tabla 4-186. Evaluación Costo Beneficio del Proyecto de Eficiencia Integral

Ahorro por Medidas EE e Hidráulica	\$3,875,303.01
Ahorro por Medidas Factor de Potencia	\$2,686,337.47
Ahorro por Medidas de cambio de Tarifa	\$11,873,976.24
<b>Total Ahorros</b>	<b>\$18,435,616.71</b>
<b>INVERSIÓN TOTAL</b>	<b>\$28,883,404.44</b>
Retorno (años)	<b>1.57</b>

Se concluye que al aplicar todas las medidas descritas en el proyecto pueden representar ahorros anuales hasta del \$18'430,000.00 en números redondos, con un costo de inversión estimado en \$28'880,000.00, con lo que se puede tener un retorno directo de la inversión en un año y medio.

## **Conclusiones**

- Se observa que el consumo TOTAL DE ENERGÍA ES DE 21'668,213 kWh/año siendo un 94% de este consumo por la operación de los pozos y solo el 6% por los rebombes. Se tiene una pérdida total de 58%.
- El índice energético general es de 0.76 kWh/m<sup>3</sup> a un costo de \$1.21 \$/m<sup>3</sup>.
- Los equipos evaluados presentan un promedio de eficiencia del 55% en equipos de pozo y solo un 39% en equipos de bombeo, lo cual indica que existe una gran posibilidad de establecer medidas de ahorro de energía que den resultados tangibles en el corto plazo.
- La Eficiencia Física es tan solo del 31.13%, lo cual refleja un alto índice de agua no contabilizada, entre fugas, falta de micromedición y clandestinaje que se estima en 19'842,680 m<sup>3</sup>/año.
- El beneficio total al implementar medidas de eficiencia energética en pozos y rebombes de acuerdo a las especificaciones del proyecto de eficiencia hidráulica puede representar un ahorro total de \$3'875,303.00, disminuyendo el costo de producción a tan solo \$1.00 / m<sup>3</sup> en costo de energía.
- El aplicar medidas para incremento de factor de potencia, representaría un ahorro neto de \$2'686,337.00 anuales por cargo de energía, es decir un ahorro directo del 7.11% anual sobre el cargo de energía.
- El aplicar medidas de cambio de tarifa con paro en hora punta, representaría un ahorro neto de \$11'873,976.24 anuales por cargo de energía, es decir un ahorro directo del 31.46% anual sobre el cargo total de energía.
- El aplicar todas las medidas descritas en el presente proyecto pueden representar ahorros anuales hasta del \$18'430,000.00 en números redondos, con un costo de inversión estimado en \$28'880,000.00, con lo que se puede tener un retorno directo de la inversión en un año y medio.

## **Experiencias y beneficios alcanzados con la implementación**

- A la fecha se han implementado 3 sectores de los 11 propuestos: el 3 (San Martín-Ejidos Tecámac), el 6 (San Francisco) y el 10 (Santo Tomás-Santa Cruz).
- Se instalaron en total 37 válvulas reductoras de presión: 10 en el sector 3, 10 en el sector 6 y 17 en el sector 10; además, 3850 metros de líneas nuevas: 2000 m en el sector 3, 1110 m en el sector 6 y 750 m en el sector 10.
- Aún que ya se tenían perfectamente delimitadas las zonas de influencia de estos 3 sectores, ahora también se tiene un mejor control sobre los caudales reales aprovechados en los 3 sectores mejorando su redistribución.
- Finalmente, se han podido controlar las presiones en las partes bajas de dichas zonas, además de mejorarlas en las partes altas con el apoyo de las válvulas automáticas, lo que ha reducido el nivel de fugas en los 3 sectores.

Algunas recomendaciones que ya han sido aplicadas, ha sido en los pozos Lirios, Santa Cruz, Chabacanos, Santo Domingo Ajoloapan y Ejidos Tecámac, cuyos resultados se describen a continuación.

En el pozo Lirios, por ejemplo, en el cuadro siguiente se puede observar que los resultados reales obtenidos con la sustitución, son incluso mayores a los esperados con el equipo propuesto, obteniendo un ahorro real en el consumo de energía hasta del 32.13% y una disminución en el costo de producción de kWh/m<sup>3</sup> del 20.21%.

Tabla 4-187. Evaluación Energética en Pozo Lirios

Concepto	Unidad	De acuerdo a Mediciones	Esperada de acuerdo a recomendación	REAL
Potencia Nominal	H.P.	200	125	125
Potencia Activa (Demanda eléctrica)	kW	129.83	98.80	87.75
Gasto	lps	39	35	33
Carga	m	181	183	178.19
Trabajo Hidráulico	kW	69.52	62.83	57.69
Eficiencia Electromecánica	%	53.55	63.60	65.74
Índice Energético	kWh/m <sup>3</sup>	0.94	0.79	0.75
Energía Total Consumida Estimada	kWh/año	1,157,114	876,210	785,298
<b>Ahorro directo de energía</b>	<b>kWh/año</b>		<b>280,904</b>	<b>371,816</b>
<b>% Ahorro directo en energía</b>	<b>%</b>		<b>24.28</b>	<b>32.13</b>
<b>% Ahorro en Índice Energético</b>	<b>%</b>		<b>15.95</b>	<b>20.21</b>

Adicionalmente, se tiene una disminución en la energía perdida en la bomba disminuyendo del 30.1% a tan solo el 18%. También existe un incremento considerable en la Energía de Trabajo Útil, lo cual muestra la energía realmente aprovechada por el sistema de bombeo del pozo lirios, que incrementó del 31.8% a 42%.

En cuanto al pozo Santa Cruz, los resultados reflejan una disminución considerable en el costo de producción de la energía mediante el Índice Energético, que disminuye de 0.70 kWh/m<sup>3</sup> a 0.69 kWh/m<sup>3</sup>; asimismo, la eficiencia electromecánica del equipo que se ha sustituido ha incrementado del 60.75% a 73.37%, lo cual se considera muy por arriba de los estándares generales para pozos profundos, lo cual se muestra en el cuadro siguiente.

Tabla 4-188. Evaluación Energética en Pozo Santa Cruz

Concepto	Unidad	De acuerdo a Mediciones	Esperada de acuerdo a recomendación	REAL
Potencia Nominal	H.P.	200	200	200
Potencia Activa (Demanda eléctrica)	kW	106.59	136.44	138.8
Gasto	lps	<b>43.2</b>	61	<b>66</b>
Carga	m	<b>152.8</b>	160	<b>157.29</b>
Trabajo Hidráulico	kW	64.76	95.75	101.84
Eficiencia Electromecánica	%	60.75	70.18	73.37
Índice Energético	kWh/m <sup>3</sup>	0.70	0.63	0.59
Energía Total Consumida Estimada	kWh/año	947,376	1'213,111	1'237,185
Ahorro directo de energía	kWh/año		-265,734	-289,809
<b>% Ahorro directo en energía</b>	%		<b>+18%</b>	<b>+19%</b>
<b>% Ahorro en Índice Energético</b>	%		<b>10%</b>	<b>15.71%</b>

Se tiene una disminución en la energía perdida en la bomba disminuyendo del 22.5% a tan solo el 10.4%. Asimismo, existe un incremento considerable en la Energía de Trabajo Útil, lo cual muestra la energía realmente aprovechada por el sistema de bombeo del pozo Santa Cruz, que incrementó del 50.4% a 59.6%.

Por lo que respecta al pozo Chabacanos, los resultados reales obtenidos con la sustitución, son muy parecidos a los esperados con el equipo propuesto, obteniendo un ahorro real en el consumo de energía hasta del 7.68% y una disminución en el costo de producción de kWh/m<sup>3</sup> del 18.87%.

Tabla 4-189. Evaluación Energética esperada en Pozo Chabacanos

Concepto	Unidad	De acuerdo a Mediciones	Esperada de acuerdo a recomendación	REAL
Potencia Nominal	H.P.	200	150	200
Potencia Activa (Demanda eléctrica)	kW	129.05	117.70	119.05
Gasto	lps	<b>68.1</b>	<b>80.0</b>	<b>77</b>
Carga	m	92.3	100.0	105.45
Trabajo Hidráulico	kW	61.64	78.48	79.66
Eficiencia Electromecánica	%	47.77%	66.68%	66.91%
Índice Energético	kWh/m <sup>3</sup>	0.53	0.41	0.43
Energía Total Consumida Estimada	kWh/año	1,140,878	1,039,075	1,053,278
Ahorro directo de energía	kWh/año		101,803	87,600
<b>% Ahorro directo en energía</b>	%		<b>8.92%</b>	<b>7.68%</b>
<b>% Ahorro en Índice Energético</b>	%		<b>22.47%</b>	<b>18.87%</b>

Se tiene una disminución en la energía perdida en la bomba disminuyendo del 38.9% a tan solo el 20%. También existe un incremento considerable en la Energía de Trabajo Útil, lo cual muestra la energía realmente aprovechada por el sistema de bombeo del pozo Chabacanos, que incrementó del 30.7% a 53.8%.

En el pozo Santo Domingo Ajoloapan, al incrementar el gasto requerido se ha incrementado también la energía demandada por la bomba; sin embargo, y aún cuando no se consideran ahorros directos en el consumo de energía respecto al consumo actual, se tiene una disminución del 4.48% en costo de

producción en kWh/m<sup>3</sup> de dicho equipo, así como un incremento de casi 8 puntos porcentuales en la eficiencia electromecánica del mismo.

**Tabla 4-190. Evaluación Energética esperada en Pozo Santo Domingo Ajoloapan**

Concepto	Unidad	De acuerdo a Mediciones	Esperada de acuerdo a recomendación	REAL
Potencia Nominal	H.P.	75	85	75
Potencia Activa (Demanda eléctrica)	kW	63.26	74.85	73.05
Gasto	lps	<b>26.8</b>	<b>37.0</b>	<b>32.2</b>
Carga	m	133.3	133.0	147.86
Trabajo Hidráulico	kW	<b>35.04</b>	<b>48.28</b>	<b>46.56</b>
Eficiencia Electromecánica	%	55.39%	64.50%	63.74%
Índice Energético	kWh/m <sup>3</sup>	0.67	0.58	0.64
Energía Total Consumida Estimada	kWh/año	474,807	560,896	540,527
Ahorro directo de energía	kWh/año		-86,089	-65,720
<b>% Ahorro directo en energía</b>	%		+18.13%	+13.84
<b>% Ahorro en Índice Energético</b>	%		<b>14.43%</b>	<b>4.48%</b>

Se tiene una disminución en la energía perdida en la bomba disminuyendo del 27.1% al 19.9%. Asimismo, hay un incremento considerable en la Energía de Trabajo Útil, lo cual muestra la energía realmente aprovechada por el sistema de bombeo del pozo Santo Domingo Ajoloapan, que incrementó del 45.0% a 51.3%.

Finalmente, por lo que se refiere al pozo Ejidos de Tecámac, el equipo existente para un gasto de 47 lps y una carga de 181 m.c.a. se obtuvo una eficiencia electromecánica del 66%, por lo que se planteó la opción de sustituir dicho equipo por otro para un gasto de 52 lps y una carga de 192 m.c.a., así como una eficiencia electromecánica del 69%.

En el cuadro siguiente se muestra un resumen comparativo entre el equipo que se tenía instalado anteriormente contra el equipo que se instaló posteriormente, en el que se puede observar un incremento de la eficiencia de un 12.58% a un 16.49%; y por ende, una disminución del consumo de energía eléctrica.

**Tabla 4-191. Resumen comparativo de ahorros en el Pozo Ejidos Tecamac**

		Real	Estimado
<b>Consumo de Energía Eléctrica</b>	<b>Kwh/año</b>	<b>1,388,221</b>	<b>1,042,765</b>
<b>AHORRO directo</b>	<b>Kwh/año</b>	<b>25,732</b>	<b>371,187</b>
<b>AHORRO directo</b>	<b>\$/año</b>	<b>\$ 41,170.93</b>	<b>\$ 593,899.41</b>
<b>AHORRO directo</b>	<b>%</b>	<b>1.82%</b>	<b>26.25%</b>
<b>Incremento eficiencia</b>	<b>%</b>	<b>12.58%</b>	<b>16.49%</b>
<b>Disminución de Índice Energético</b>	<b>Kwh/m3</b>	<b>0.11</b>	<b>0.25</b>
<b>Ahorro por Índice Energético</b>	<b>%</b>	<b>11.26%</b>	<b>26.21%</b>



## 4.14 PROYECTO : TULTITLAN , EDOMEX

Tipo de Proyecto	Energético e Hidráulico Integral
Alcance	Proyecto

### 4.14.1 Descripción general del organismo y su problemática

El municipio de Tultitlan se localiza en la parte norte-central del Estado de México y pertenece a la región II del mismo. Se ubica en las coordenadas 19° 39' 44" latitud norte y 99° 10' de longitud oeste. Limita al norte con los municipios de Cuautitlán y Tultepec, al oriente con Jaltenco, Ecatepec y Coacalco, al sur con Tlalnepantla y el Distrito Federal y al poniente con Cuautitlán Izcalli. Su distancia aproximada con la capital del estado es de 60 kilómetros. Ver Figura 4.108.



Figura 4-108. Localización del municipio de Tultitlan

Cuenta con una superficie de 71.1 kilómetros cuadrados y el porcentaje que representa respecto a la superficie del estado es del 2.4 %. Actualmente el municipio está conformado por dos secciones principales: en la mayor se encuentra la cabecera municipal y la parte sur y suroeste, contando con una extensión de 55.9 kilómetros cuadrados. La segunda sección es la llamada isla municipal, localizada en la zona nororiente, la cual cuenta con 15.1 kilómetros cuadrados, y en ella se localiza el pueblo de San Pablo de las Salinas y una gran cantidad de fraccionamientos, como son Granjas, Unidad Morelos Tercera Sección, Izcalli San Pablo, el Kiosko, etc.

Su población es de 523,778 habitantes (INEGI 2010). La gran mayoría del territorio municipal está ocupado por una planicie, que tiene un ligero declive de poniente a oriente. La topografía es mixta teniendo una zona baja a la elevación promedio de 2,250 m.s.n.m, y una zona en falda de cerro donde la elevación máxima de la mancha urbana llega hasta los 2,380 m.s.n.m.m. La parte más alta se localiza al sur, en la sierra de Guadalupe. La cumbre más alta de la sierra dentro del municipio es el cerro

Tamazólac. El extremo poniente del municipio se encuentra a una altura promedio de 2,248 m.s.n.m., y su zona noreste que es la más baja está a 2,238 m.s.n.m.

El abastecimiento de agua potable en el Municipio de Tultitlan, Estado de México, se realiza a partir de la extracción del agua subterránea en 26 pozos propios que representan del orden del 45% de la producción, y complementado por 18 fuentes externas denominadas derivaciones de agua en bloque que representan el 55% del volumen producido aproximadamente.

El organismo operador APAST ha definido 16 sistemas o zonas de influencia, en las que los diferentes pozos y derivaciones cubren la totalidad del abastecimiento del Municipio. En la Figura 4.109 se muestran las zonas de influencia antes mencionadas, y en la Tabla 4.192 se enlistan los pozos y derivaciones que están involucradas en cada una.

**Tabla 4-192. Zonas de influencia y fuentes en el sistema de agua potable de Tultitlan**

<b>Sistema</b>	<b>Pozos</b>	<b>Derivaciones</b>
1	Industrial Cartagena	X
2	Bonito Tultitlan, San Juan (266), San Juan II y Santo Domingo II	X
3	Viveros	Cd. Labor, SME y COCEM I
4	Santo Domingo I y Agaves	X
5	X	Reyes Independencia
6	Fuentes del Valle (265)	X
7	X	Mayorazgo Tultitlan
8	X	Santa María Cuauhtepac
9	San Mateo Cuauhtepac, San Mateo I, San Mateo II	X
10	Buenavista	X
11	X	COCEM II
12	X	Sierra de Guadalupe y Reforma Las Torres
13	X	Sistema Barrientos
14	X	Sardaña y San Marcos
15	Constitución, Prados, 267, 268, Robles, Granjas, 7, Alborada, Portal San Pablo, El Reloj y Portales	Paraje San Pablo, 2, 8, 18, 49,
16	Villas de San José I, Villas de San José II	X

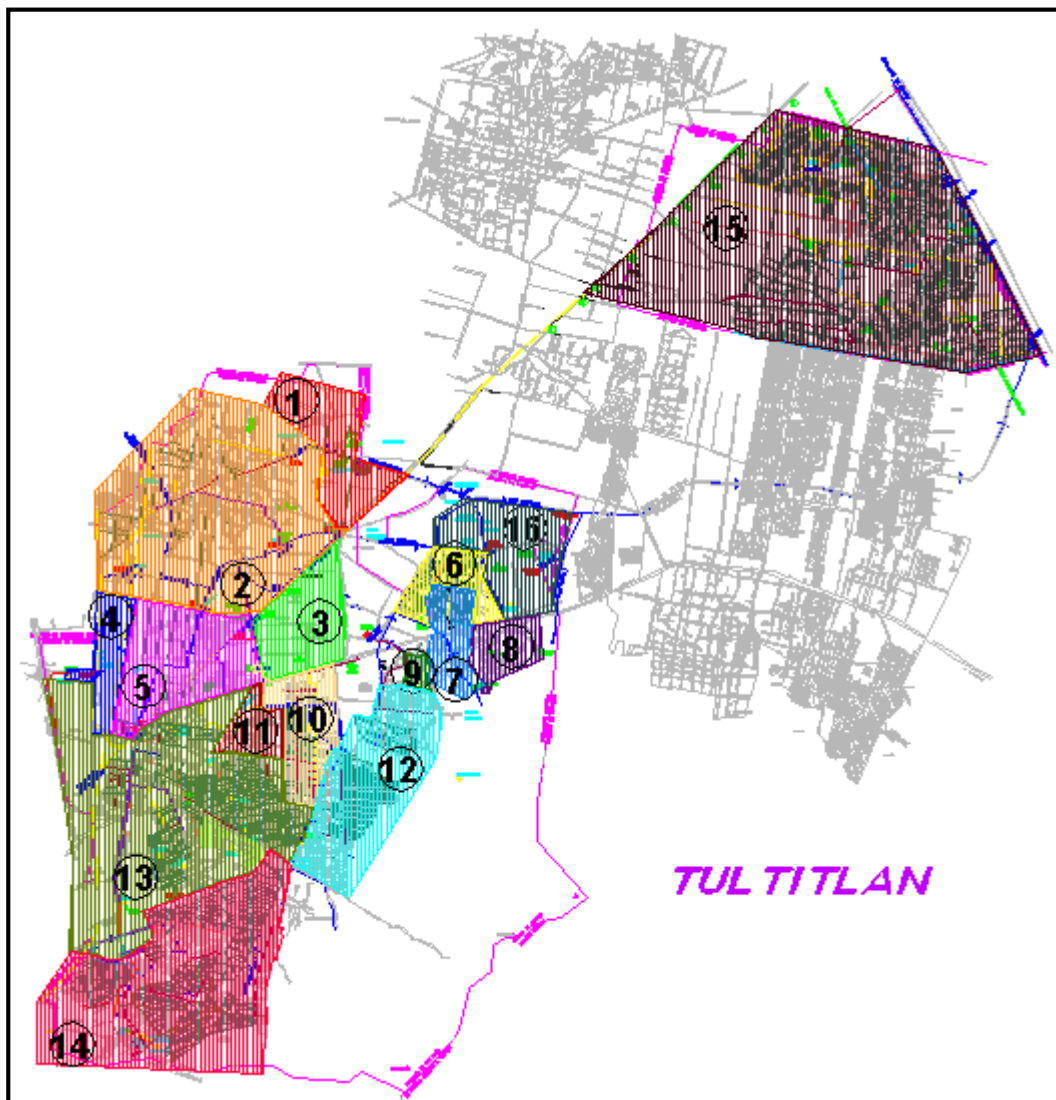


Figura 4-109. Zonas de influencia en Tultitlan, Estado de México

A partir de estas fuentes de captación, y en algunos casos apoyados por rebombos, el agua se distribuye en su mayoría a los diferentes tanques ubicados en cada uno de los sistemas, con excepción del sistema 15, en el que la distribución se efectúa por inyección directa para cubrir toda la zona.

Uno de los principales problemas de APAST, es que aun con la entrada de agua en bloque de fuentes externas, la cual es más costosa que la propia, no suministra un servicio continuo y algunas zonas, como el sector 5, denominado Solidaridad, tiene una problemática de abastecimiento crítica

#### 4.14.2 Desarrollo del proyecto y sus resultados

Dada esta problemática y con el fin de mejorar el servicio que se proporciona a la población aprovechando al máximo su actual infraestructura Uno de los Propósitos de todo Organismo Operador de un Sistema de Agua Potable, es reducir los consumos de energía eléctrica generados por los equipos de bombeo ubicados en las instalaciones de su red de agua potable, además de mejorar la continuidad de servicio, aprovechando la infraestructura existente, a través del aumento en los niveles de eficiencia física y de la operación hidráulica. Además, el aprovechamiento de la infraestructura puede contribuir a reducir necesidades de inversión y liberar recursos para usarlos en aumentar niveles de cobertura, reducción de rezagos y, con ello, reducir problemas de salud en la población.

En base a esto, APAST realizó un Proyecto de Eficiencia Integral con el objetivo de analizar el estado actual del servicio de agua a usuarios y especificar los cambios en la operación hidráulica de conducciones de la entrega de agua y la red que permitan, por un lado, reducir el consumo de energía eléctrica, y por otro, a mejorar la distribución de caudales y presiones, mediante soluciones prácticas, económicas de implantación a corto plazo, para aprovechar al máximo su infraestructura existente y mejorar el servicio de agua a los usuarios, con enfoque hacia las tres áreas siguientes:

- a) Eficiencia hidráulica (Operación Hidráulica de redes), para especificar los cambios en la operación del sistema de abastecimiento de agua que mejoren la distribución de caudales y presiones,
- b) Eficiencia energética de los equipos de bombeo, para identificar el potencial de ahorro de energía eléctrica y determinar todas las adecuaciones preventivas de las instalaciones electromecánicas para evitar paros inesperados o riesgos al personal y a las mismas instalaciones
- c). Evaluación de la Eficiencia entre la producción y entrega de agua (por el método AWWA), para detectar los volúmenes susceptibles de ahorro por pérdidas de agua en fugas y usos no autorizados,

### Generación de información básica

- Recopilación de información de tiempos de operación, capacidad de tanques, facturación eléctrica, padrón de usuarios, consumo de usuarios, planos, volúmenes de producción y agua en bloque.
- Levantamiento de datos y medición de parámetros eléctricos e hidráulicos en sitio, pozos y rebombes para:
  - Diagnóstico Energético
  - Análisis de capacidad de producción de los pozos
- Actualización de Catastro de redes (levantamiento de cajas y calas, entrevistas, recorridos en campo)
- Actualización de Topografía y Cartografía con modelos digitales de Elevación de INEGI para Georeferenciación de plano de catastro.
- Mediciones de caudal a la salida de tanques.
- Medición de presiones

### Proyecto de Eficiencia Energetica e Hidraulica.

Como primer paso del proyecto, se analizó la situación base de consumo e indicadores energéticos de todos los sistemas de bombeo cuyos resultados se presenta a continuación:

En la tabla 4.193 se indica el resultado de las eficiencias de bomba, motor y electromecánica, para los pozos evaluados.

Tabla 4-193.Resultado del cálculo de Eficiencias en los equipos evaluados.

No.	Sitio	Equipo	Eficiencias		
			Bomba %	Motor %	Electromecánica %
1	(1) Pozo Industrial Cartagena	Pozo	70.58%	84.05%	59.32%
2	(1) RB Tanque I Lomas de Cartagena	Bomba 1	67.84%	84.25%	57.15%
3	(1) RB Tanque I Lomas de Cartagena	Bomba 3	68.74%	84.49%	58.08%
4	(2) Pozo Bonito Tultitlán	Pozo	71.18%	83.30%	59.30%
5	(2) RB. Cisterna Bonito Tultitlán	Bomba 1	19.01%	82.96%	15.77%
6	(2) RB. Cisterna Bonito Tultitlán	Bomba 2	9.93%	82.90%	8.23%

No.	Sitio	Equipo	Eficiencias		
			Bomba %	Motor %	Electromecánica %
7	(2) Pozo San Juan II (Nvo)	Pozo	51.97%	84.12%	43.71%
8	(2) Pozo San Juan I (266)	Pozo	69.88%	84.13%	58.79%
9	(2) Pozo Santo Domingo II	Pozo	73.79%	84.42%	62.29%
10	(3) Pozo Viveros	Pozo	77.37%	83.65%	64.72%
11	(4) Pozo Santo Domingo I	Pozo	44.39%	83.75%	37.18%
12	(4) RB Santo Domingo I	Bomba 1	34.51%	90.14%	31.11%
13	(5) RB La Loma	Booster	73.05%	87.61%	64.00%
14	(6) Pozo Fuentes del Valle (265)	Pozo	75.95%	84.10%	63.87%
15	(6) RB Fuentes del Valle	Bomba 1	60.74%	86.56%	52.58%
16	(6) RB Fuentes del Valle	Bomba 2	76.93%	86.85%	66.82%
17	(6) RB Fuentes del Valle	Bomba 3	81.85%	88.98%	72.83%
18	(8) RB Santa María Cuauhtepac	Bomba 2	61.21%	89.59%	54.84%
19	(9) Pozo San Mateo	Pozo	65.03%	86.92%	56.52%
20	(9) Pozo San Mateo I	Pozo	59.16%	83.91%	49.64%
21	(9) RB Tanque 1 San Mateo	Bomba 1	67.97%	89.87%	61.08%
22	(9) RB Tanque 1 San Mateo	Bomba 2	54.81%	88.96%	48.76%
23	(10) Pozo Buenavista	Pozo	66.95%	87.58%	58.63%
24	(10) RB Booster Buenavista	Booster	61.46%	90.26%	55.47%
25	(12) Pozo San Mateo II	Pozo	59.32%	86.91%	51.56%
26	(12) RB Booster San Mateo II	Booster	59.41%	92.62%	55.02%
27	(13) RB Ciudad Labor	Bomba 1	61.60%	90.24%	55.59%
28	(13) RB Tanque Barrientos	Bomba 1 Gde	58.21%	90.19%	52.50%
29	(13) RB Tanque Barrientos	Bomba 2 Gde	52.00%	89.20%	46.38%
30	(13) RB Tanque Barrientos	Bomba 3 Gde	62.53%	90.19%	56.39%
31	(13) RB Tanque Barrientos	Bomba 2 Chi	61.52%	85.63%	52.68%
33	(13) RB Tanque Lomas del Parque	Bomba 1	49.71%	86.16%	42.83%
34	(13) RB Tanque Lomas del Parque	Bomba 2	28.34%	85.71%	24.29%
35	(13) RB Tanque Lomas del Parque	Bomba 3	37.58%	86.11%	32.36%
38	(14) RB Depósito I de San Marcos	Bomba 1	79.65%	81.13%	64.62%
39	(14) RB Depósito I de San Marcos	Bomba 2	77.96%	85.10%	66.35%
40	(14) RB Depósito II de San Marcos	Bomba 1	45.87%	85.12%	39.05%
41	(14) RB Depósito II de San Marcos	Bomba 2	68.94%	85.22%	58.75%
42	(14) RB Tanque San Marcos	Bomba 1	56.28%	91.35%	51.41%
43	(14) RB Tanque San Marcos	Bomba 2	52.89%	85.46%	45.20%
44	(14) RB Tanque Sardaña	Bomba 1	73.47%	85.05%	62.48%
45	(14) RB Tanque Sardaña	Bomba 2	61.08%	85.06%	51.95%
46	(15) Pozo Alborada	Pozo	60.25%	90.12%	54.30%
47	(15) Pozo Constitución de 1857	Pozo	61.73%	84.13%	51.94%
48	(15) Pozo El Reloj	Pozo	44.09%	91.20%	40.21%
49	(15) RB El Reloj	Bomba 1	66.86%	86.05%	57.54%
50	(15) RB El Reloj	Bomba 2	68.54%	86.28%	59.14%
51	(15) RB El Reloj	Bomba 3	69.25%	86.31%	59.77%
52	(15) Pozo Granjas San Pablo 1	Pozo	18.84%	87.92%	16.56%
53	(15) Pozo Granjas San Pablo 2	Pozo	73.59%	80.66%	59.36%
54	(15) Pozo Castera 7	Pozo	50.51%	83.84%	42.35%
55	(15) Pozo Portal San Pablo II	Pozo	78.36%	82.01%	64.26%
56	(15) Pozo Portales	Pozo	72.17%	84.17%	60.75%
57	(15) Pozo Prados (U. Hab. La Isla)	Pozo	62.59%	84.05%	52.61%
58	(15) Pozo Robles y Colorines (Hogares de Castera)	Pozo	68.76%	83.99%	57.75%
59	(15) Pozo San Pablo de las Salinas (268)	Pozo	62.88%	84.11%	52.88%
60	(15) Pozo San Pablo de las Salinas (267)	Pozo	62.62%	83.80%	52.48%
61	(15) RB Tanque La Isla	Bomba 2	55.09%	90.29%	49.74%
62	(16) Pozo Villas San José I	Pozo	48.13%	84.19%	40.52%

No.	Sitio	Equipo	Eficiencias		
			Bomba %	Motor %	Electromecánica %
63	(16) Pozo Villas San José II	Pozo	67.95%	89.95%	61.12%
64	() RB La Concha	Bomba 1	67.90%	89.54%	60.80%
65	() RB La Concha	Bomba 2	30.85%	89.81%	27.70%
66	() RB Sierra de Guadalupe	Bomba 1	70.32%	94.11%	66.18%
67	() RB Tulipanes	Bomba 1	42.97%	86.86%	37.33%

Como se puede observar solamente 15 equipos de bombeo tienen una eficiencia mayor al 60%, dando como promedio de todos los equipos una eficiencia electromecánica de 51.49%. Esto provoca un alto consumo de energía y por lo tanto un potencial de ahorro importante.

De acuerdo a la metodología aplicada, las recomendaciones finales para el incremento de eficiencia se realizan una vez terminado el análisis de eficiencia física e hidráulica, ya que los equipos podrían ser mejorados en su trabajo de bombeo.

También se calculó el balance de pérdidas y las observaciones resultantes del trabajo de campo y análisis de cada equipo de bombeo.

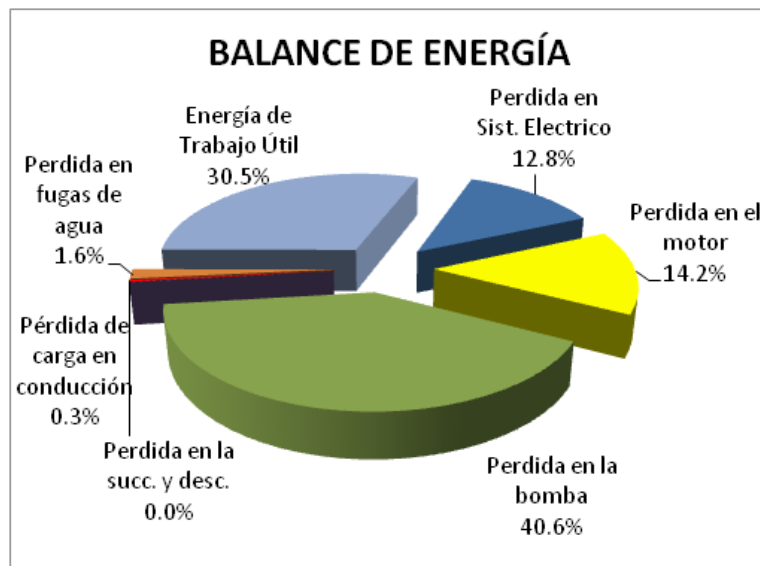
Un ejemplo del tipo de levantamiento, análisis y conclusiones se presenta en la siguiente tabla para el pozo Santo Domingo 1

### Pozo Santo Domingo I

El Pozo Santo Domingo I arrojó los siguientes resultados en el diagnóstico energético, con respecto a una transformación de energía del 100%.

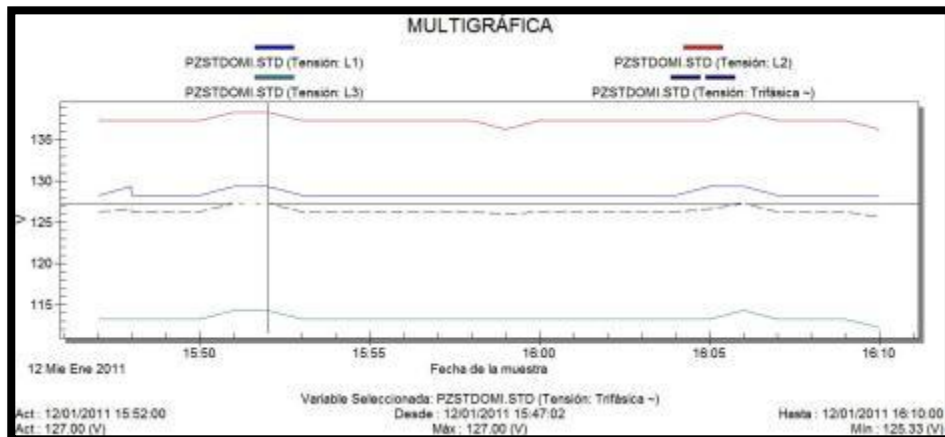
Tabla 4-194. Resultado del diagnóstico energético en el Pozo Santo Domingo I

Distribución de la energía	Unidades	Cantidad	Parámetros Principales	Unidades	Valor
Energía Total Consumida	kWh/año	520,455	Eficiencia del motor	%	83.75%
Perdida en Sist. Eléctrico	kWh/año	66,727	Eficiencia de la bomba	%	44.39%
Perdida en el motor	kWh/año	73,711	Ef. Electromecánica	%	37.18%
Perdida en la bomba	kWh/año	211,330	Fugas Estimadas	%	5%
Perdida en la succ. y desc.	kWh/año	182	Gasto	lps	15.1
Pérdida de carga en conducción	kWh/año	1,476	Carga total de bombeo	mca	131.80
Perdida en fugas de agua	kWh/año	8,352	Carga estática	mca	130.65
Energía de Trabajo Útil	kWh/año	158,680			



De acuerdo a estos resultados, se hacen las siguientes observaciones.

- La energía perdida en las componentes bomba y motor representan un 54.8 % del consumo total de energía.
- La eficiencia electromecánica es del 37.18 % lo cual se encuentra muy por debajo de lo esperado.
- La eficiencia en el motor de 83.75 % puede mejorar hasta un 86 %.
- La diferencia de tensión eléctrica promedio suministrada contra la máxima en una fase del motor es del 10.82 %, muy grande y además la tensión de alimentación es 3 % menor a la nominal causando gran afectación en el rendimiento del motor.



- El desbalance de corriente por fase es 17.86 % tiene un gran problema, se debe principalmente al deterioro del arrancador el cual denota haber sufrido un flameo por falla en equipo eléctrico y las temperaturas en las terminales de los componentes interiores denotan falsos contactos en todas sus partes, se debe sustituir el interruptor y el contactor para corregir esta falla.
- En el factor de potencia es muy bajo de 66.4 % y totalmente desequilibrado 12.5 %.
- Las pérdidas de carga representan el 1.9 %, sin mayor problema.
- La eficiencia de la bomba es muy baja 44.39 %, denotando que las condiciones de carga y gasto no son las adecuadas para su operación, se puede mejorar con otro equipo que puede tener una eficiencia de hasta 73 %, bajo unas condiciones de trabajo como las requeridas.
- El consumo de potencia es de 52.51 kW, denotando los grandes desequilibrios de tensión y corriente. La energía consumida por año es de 520,455 kWh por año

Basado en el análisis individual de todos los equipos de bombeo, similar al presentado para el Pozo Santo Domingo 1, se realizó un balance de energía general resultando en los siguiente :

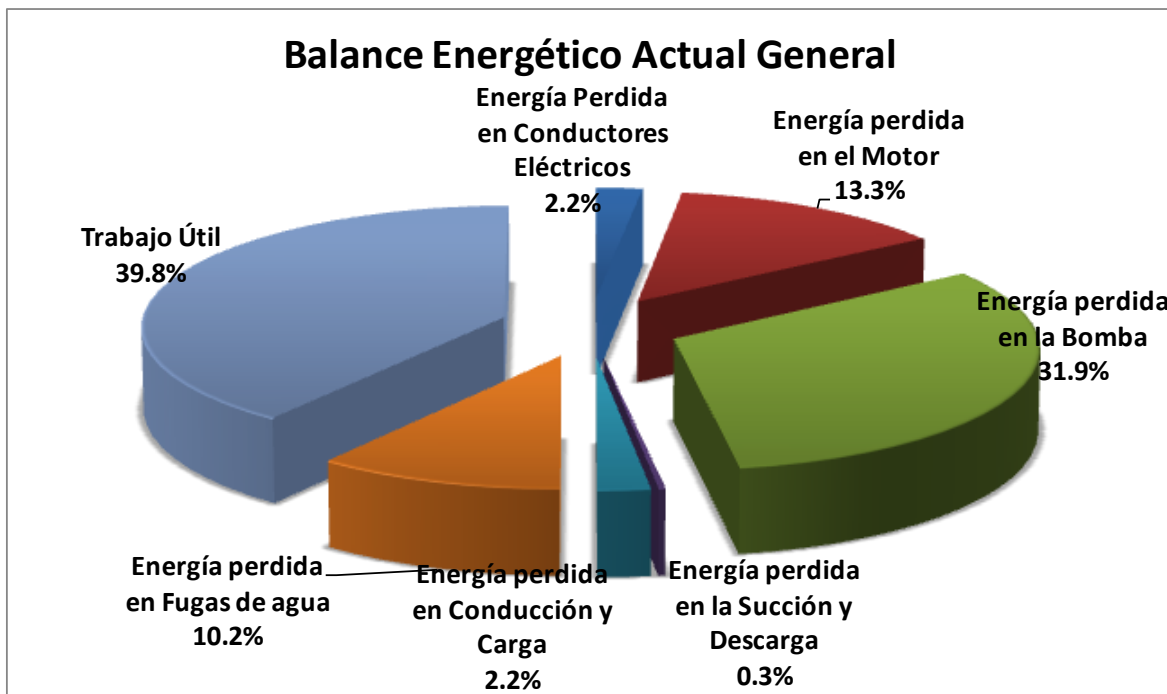
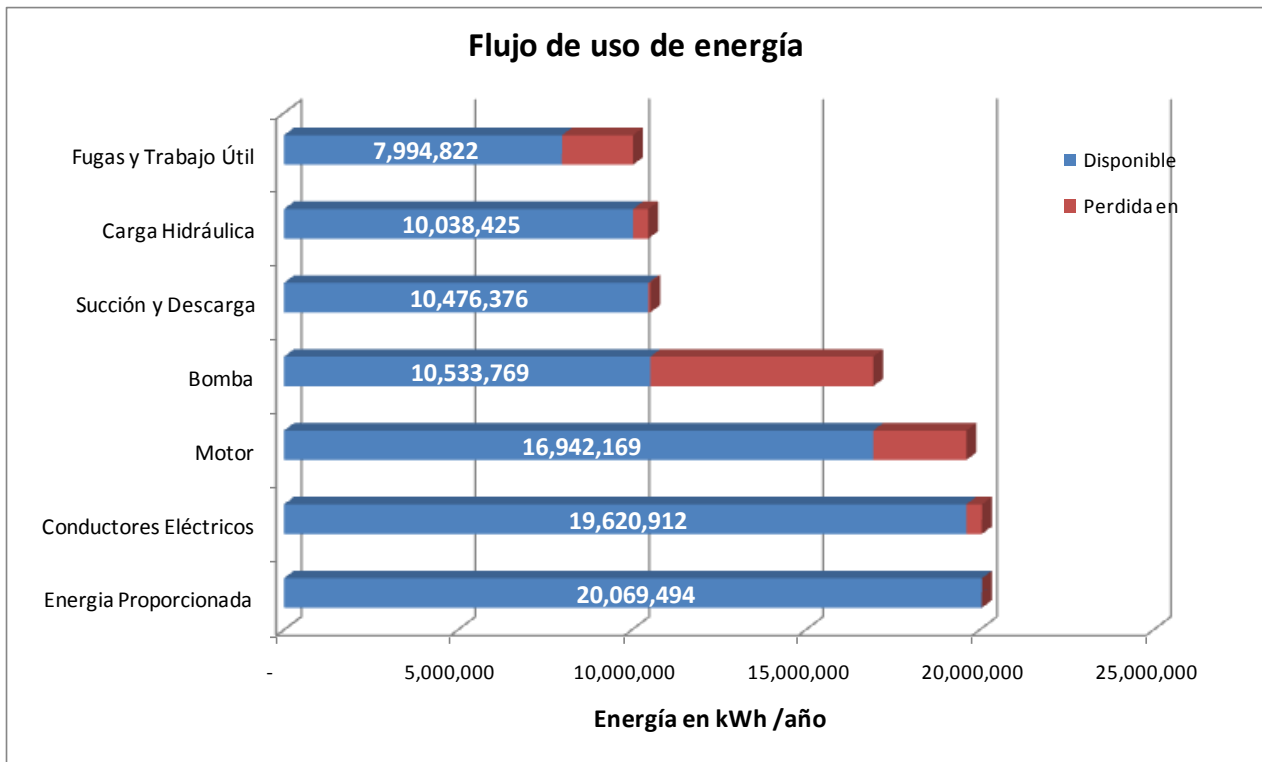


Figura 4-110 Balance de energía global equipos de bombeo Tultitlan

Se observa que el 45.2% de la energía se pierde en el conjunto Bomba-Motor.



**En resumen que el consumo total de energía eléctrica en los equipos estudiados es de 20'069,494 kWh/año, con una pérdida total de 12'074,672 kWh/año, es decir el 60.16%.**

También se calcularon los indicadores más importantes que sirven como línea base de la evaluación energética. Los indicadores evaluados fueron:

- Indicador Energético IE, (kWh/m<sup>3</sup>)
- Indicador de Costo Unitario de Energía en el Bombeo CUB, ( \$/m<sup>3</sup>.)

En la tabla siguiente se resume el cálculo de estos indicadores para los equipos evaluados.

**Tabla 4-195. Indicadores en los equipos evaluados en TULTITLAN, Estado de México.**

No.	Sitio	Equipo	ACTUAL			ACTUAL		
			Flujo Bombeado m3/Año	Energía Consumida Actual kWh/año	Índice Energético IE kWh/m3	Costo Unitario de Energía (\$/kWh)	Costo Actual de Energía (\$/año)	Costo Unitario de Bombeo CUB (\$/m3)
1	(1) Pozo Industrial Cartagena	Pozo	570,240	403,559	0.71	\$ 1.60	\$ 645,693.74	\$ 1.13
2	(1) RB Tanque I Lomas de Cartagena	Bomba 1	1,013,472	47,850	0.05	\$ 1.60	\$ 76,559.31	\$ 0.08
3	(1) RB Tanque I Lomas de Cartagena	Bomba 3	625,968	29,632	0.05	\$ 1.60	\$ 47,411.97	\$ 0.08
4	(2) Pozo Bonito Tultitlán	Pozo	1,051,315	544,997	0.52	\$ 1.60	\$ 871,995.46	\$ 0.83
5	(2) RB. Cisterna Bonito Tultitlán	Bomba 1	25,272	11,882	0.47	\$ 1.60	\$ 19,011.32	\$ 0.75
6	(2) RB. Cisterna Bonito Tultitlán	Bomba 2	14,386	12,964	0.90	\$ 1.60	\$ 20,741.84	\$ 1.44
7	(2) Pozo San Juan II (Nvo)	Pozo	186,624	234,411	1.26	\$ 1.60	\$ 375,057.73	\$ 2.01
8	(2) Pozo San Juan I (266)	Pozo	559,872	477,119	0.85	\$ 1.60	\$ 763,391.20	\$ 1.36
9	(2) Pozo Santo Domingo II	Pozo	1,306,368	675,203	0.52	\$ 1.60	\$ 1,080,324.31	\$ 0.83
10	(3) Pozo Viveros	Pozo	808,704	701,924	0.87	\$ 1.60	\$ 1,123,078.61	\$ 1.39
11	(4) Pozo Santo Domingo I	Pozo	469,670	520,455	1.11	\$ 1.60	\$ 832,728.32	\$ 1.77
12	(4) RB Santo Domingo I	Bomba 1	119,232	25,800	0.22	\$ 1.60	\$ 41,279.43	\$ 0.35
13	(5) RB La Loma	Booster	147,744	59,948	0.41	\$ 1.60	\$ 95,916.64	\$ 0.65
14	(6) Pozo Fuentes del Valle (265)	Pozo	1,168,992	722,382	0.62	\$ 1.60	\$ 1,155,811.60	\$ 0.99
15	(6) RB Fuentes del Valle	Bomba 1	204,120	32,413	0.16	\$ 1.60	\$ 51,861.26	\$ 0.25
16	(6) RB Fuentes del Valle	Bomba 2	799,762	103,120	0.13	\$ 1.60	\$ 164,992.25	\$ 0.21
17	(6) RB Fuentes del Valle	Bomba 3	769,824	91,240	0.12	\$ 1.60	\$ 145,984.25	\$ 0.19
18	(8) RB Santa María Cuauhtepac	Bomba 2	312,077	121,114	0.39	\$ 1.60	\$ 193,782.20	\$ 0.62
19	(9) Pozo San Mateo	Pozo	898,776	719,587	0.80	\$ 1.60	\$ 1,151,339.52	\$ 1.28
20	(9) Pozo San Mateo I	Pozo	416,794	640,170	1.54	\$ 1.60	\$ 1,024,272.43	\$ 2.46
21	(9) RB Tanque 1 San Mateo	Bomba 1	804,038	346,746	0.43	\$ 1.60	\$ 554,793.81	\$ 0.69
22	(9) RB Tanque 1 San Mateo	Bomba 2	634,522	341,826	0.54	\$ 1.60	\$ 546,921.65	\$ 0.86
23	(10) Pozo Buenavista	Pozo	846,029	640,073	0.76	\$ 1.60	\$ 1,024,116.68	\$ 1.21
24	(10) RB Booster Buenavista	Booster	1,548,979	484,038	0.31	\$ 1.60	\$ 774,460.98	\$ 0.50
25	(12) Pozo San Mateo II	Pozo	1,253,491	970,910	0.77	\$ 1.60	\$ 1,553,455.78	\$ 1.24
26	(12) RB Booster San Mateo II	Booster	1,247,270	649,974	0.52	\$ 1.60	\$ 1,039,958.75	\$ 0.83
27	(13) RB Ciudad Labor	Bomba 1	2,021,760	398,059	0.20	\$ 1.60	\$ 636,894.26	\$ 0.32
28	(13) RB Tanque Barrientos	Bomba 1 Gde	1,625,184	452,633	0.28	\$ 1.60	\$ 724,213.13	\$ 0.45
29	(13) RB Tanque Barrientos	Bomba 2 Gde	1,266,840	398,358	0.31	\$ 1.60	\$ 637,372.21	\$ 0.50
30	(13) RB Tanque Barrientos	Bomba 3 Gde	1,982,232	514,284	0.26	\$ 1.60	\$ 822,854.11	\$ 0.42
31	(13) RB Tanque Barrientos	Bomba 2 Chi	404,352	51,920	0.13	\$ 1.60	\$ 83,071.40	\$ 0.21
33	(13) RB Tanque Lomas del Parque	Bomba 1	102,643	13,280	0.13	\$ 1.60	\$ 21,247.29	\$ 0.21
34	(13) RB Tanque Lomas del Parque	Bomba 2	95,386	21,340	0.22	\$ 1.60	\$ 34,144.62	\$ 0.36
35	(13) RB Tanque Lomas del Parque	Bomba 3	123,379	21,340	0.17	\$ 1.60	\$ 34,143.44	\$ 0.28
38	(14) RB Depósito I de San Marcos	Bomba 1	201,139	31,436	0.16	\$ 1.60	\$ 50,297.32	\$ 0.25
39	(14) RB Depósito I de San Marcos	Bomba 2	109,901	16,720	0.15	\$ 1.60	\$ 26,752.73	\$ 0.24
40	(14) RB Depósito II de San Marcos	Bomba 1	23,328	6,051	0.26	\$ 1.60	\$ 9,681.75	\$ 0.42

No.	Sitio	Equipo	ACTUAL			ACTUAL		
			Flujo Bombeado m3/Año	Energía Consumida Actual kWh/año	Índice Energético o IE kWh/m3	Costo Unitario de Energía (\$/kWh)	Costo Actual de Energía (\$/año)	Costo Unitario de Bombeo CUB (\$/m3)
41	(14) RB Depósito II de San Marcos	Bomba 2	35,770	7,350	0.21	\$ 1.60	\$ 11,760.20	\$ 0.33
42	(14) RB Tanque San Marcos	Bomba 1	553,651	138,745	0.25	\$ 1.60	\$ 221,991.41	\$ 0.40
43	(14) RB Tanque San Marcos	Bomba 2	554,429	157,973	0.28	\$ 1.60	\$ 252,757.14	\$ 0.46
44	(14) RB Tanque Sardaña	Bomba 1	3,203,712	644,339	0.20	\$ 1.60	\$ 1,030,941.94	\$ 0.32
45	(14) RB Tanque Sardaña	Bomba 2	592,531	132,662	0.22	\$ 1.60	\$ 212,259.69	\$ 0.36
46	(15) Pozo Alborada	Pozo	646,963	311,642	0.48	\$ 1.60	\$ 498,626.98	\$ 0.77
47	(15) Pozo Constitución de 1857	Pozo	1,325,030	580,311	0.44	\$ 1.60	\$ 928,497.71	\$ 0.70
48	(15) Pozo El Reloj	Pozo	1,072,224	658,044	0.61	\$ 1.60	\$ 1,052,870.93	\$ 0.98
49	(15) RB El Reloj	Bomba 1	948,672	129,714	0.14	\$ 1.60	\$ 207,542.31	\$ 0.22
50	(15) RB El Reloj	Bomba 2	466,560	60,519	0.13	\$ 1.60	\$ 96,829.66	\$ 0.21
51	(15) RB El Reloj	Bomba 3	404,352	51,874	0.13	\$ 1.60	\$ 82,998.37	\$ 0.21
52	(15) Pozo Granjas San Pablo 1	Pozo	177,293	320,650	1.81	\$ 1.60	\$ 513,040.41	\$ 2.89
53	(15) Pozo Granjas San Pablo 2	Pozo	217,728	112,996	0.52	\$ 1.60	\$ 180,793.34	\$ 0.83
54	(15) Pozo Castera 7	Pozo	609,638	544,439	0.89	\$ 1.60	\$ 871,101.97	\$ 1.43
55	(15) Pozo Portal San Pablo II	Pozo	373,248	169,632	0.45	\$ 1.60	\$ 271,411.06	\$ 0.73
56	(15) Pozo Portales	Pozo	995,328	537,699	0.54	\$ 1.60	\$ 860,317.88	\$ 0.86
57	(15) Pozo Prados (U. Hab. La Isla)	Pozo	1,166,400	752,770	0.65	\$ 1.60	\$ 1,204,431.83	\$ 1.03
58	(15) Pozo Robles y Colorines (Hogares de Castera)	Pozo	1,179,446	596,433	0.51	\$ 1.60	\$ 954,293.21	\$ 0.81
59	(15) Pozo San Pablo de las Salinas (268)	Pozo	1,225,498	631,769	0.52	\$ 1.60	\$ 1,010,829.85	\$ 0.82
60	(15) Pozo San Pablo de las Salinas (267)	Pozo	1,069,978	536,110	0.50	\$ 1.60	\$ 857,775.74	\$ 0.80
61	(15) RB Tanque La Isla	Bomba 2	395,280	61,262	0.15	\$ 1.60	\$ 98,018.75	\$ 0.25
62	(16) Pozo Villas San José I	Pozo	1,063,757	718,967	0.68	\$ 1.60	\$ 1,150,347.03	\$ 1.08
63	(16) Pozo Villas San José II	Pozo	886,464	458,443	0.52	\$ 1.60	\$ 733,508.35	\$ 0.83
64	( ) RB La Concha	Bomba 1	185,328	28,841	0.16	\$ 1.60	\$ 46,145.84	\$ 0.25
65	( ) RB La Concha	Bomba 2	268,272	32,619	0.12	\$ 1.60	\$ 52,190.27	\$ 0.19
66	( ) RB Sierra de Guadalupe	Bomba 1	320,371	125,698	0.39	\$ 1.60	\$ 201,117.58	\$ 0.63
67	( ) RB Tulipanes	Bomba 1	215,136	33,236	0.15	\$ 1.60	\$ 53,178.14	\$ 0.25
	<b>TOTAL</b>		<b>21,545,870.4</b>	<b>20,069,494</b>	<b>0.93</b>		<b>\$32,111,190.87</b>	<b>\$ 1.49</b>

Como se puede observar el índice energético general es de 0.93 kWh/m<sup>3</sup> a un costo de producción de \$ 1.49 \$/m<sup>3</sup>.

También se analizó la facturación energética del suministrador cuyo concentrado se presenta en la tabla siguiente

Tabla 4-196. Consumo de energía total en los equipos estudiados en APAST, Tultitlán

INSTALACIÓN	SITUACIÓN ACTUAL									
	Tarifa	Consumo (kWh/año)	Demanda (kW)	FP	Cargos (\$/año)					
					Fijo	Energía	Med./BT	FP	IVA	Total
(1) Pozo Industrial Cartagena	O6	403,559	56	0.89	3,040.56	561,349.99	11,287.81	3,994.17	92,747.61	672,420.14
(1) RB Tanque I Lomas de Cartagena	O6	47,850	6	0.84	3,040.56	66,558.75	1,391.99	2,901.66	11,822.87	85,715.83
(1) RB Tanque I Lomas de Cartagena		29,632	4	0.40	3,040.56	41,218.78	885.19	34,297.02	12,710.65	92,152.20
(2) Pozo Bonito Tultitlán	O6	544,997	63	0.82	3,040.56	758,091.05	15,222.63	47,585.04	131,830.28	955,769.56
(2) RB. Cisterna Bonito Tultitlán		11,882	11	0.76	3,040.56	16,527.96	391.37	2,155.27	3,538.43	25,653.59
(2) RB. Cisterna Bonito Tultitlán		12,964	12	0.77	3,040.56	18,032.44	421.46	2,218.44	3,794.06	27,506.96

Documentación de Experiencias en Eficiencia Energética y Eficiencia Hidráulica en Organismos Operadores en México

INSTALACIÓN	SITUACIÓN ACTUAL									
	Tarifa	Consumo (kWh/año)	Demanda (kW)	FP	Cargos (\$/año)					
					Fijo	Energía	Med./BT	FP	IVA	Total
(2) Pozo San Juan II (Nvo)	Sin recibo	234,411	27	0.80	3,040.56	326,065.82	6,582.13	24,826.86	57,682.46	418,197.82
(2) Pozo San Juan I (266)	O6	477,119	55	0.73	3,040.56	663,673.22	13,334.28	97,973.63	124,483.47	902,505.15
(2) Pozo Santo Domingo II	O6	675,203	78	0.81	3,040.56	939,206.94	18,844.95	65,886.64	164,316.66	1,191,295.75
(3) Pozo Viveros	O6	701,924	81	0.78	3,040.56	976,376.47	19,588.34	90,644.60	174,343.99	1,263,993.96
(4) Pozo Santo Domingo I	O6	520,455	60	0.66	3,040.56	723,953.18	14,539.87	158,137.93	143,947.45	1,043,619.00
(4) RB Santo Domingo I		25,800	7	0.61	3,040.56	35,887.31	778.56	11,380.58	8,173.92	59,260.92
(5) RB La Loma	Sin recibo	59,948	56	0.83	3,040.56	83,387.53	1,728.56	4,199.88	14,777.04	107,133.57
(6) Pozo Fuentes del Valle (265)	O6	722,382	100	0.83	3,040.56	1,004,833.71	20,157.49	49,732.00	172,442.20	1,250,205.95
(6) RB Fuentes del Valle	OM	32,413	10	0.67	3,040.56	45,086.89	962.55	9,857.48	9,431.60	68,379.07
(6) RB Fuentes del Valle		103,120	26	0.79	3,040.56	143,440.13	2,929.61	12,431.97	25,894.76	187,737.04
(6) RB Fuentes del Valle		91,240	23	0.69	3,040.56	126,915.05	2,599.11	23,872.41	25,028.34	181,455.48
(8) RB Santa María Cuauhtepic	Sin recibo	121,114	24	0.88	3,040.56	168,469.40	3,430.20	2,182.55	28,339.63	205,462.34
(9) Pozo San Mateo	O6	719,587	82	0.83	3,040.56	1,000,945.80	20,079.73	48,367.68	171,589.40	1,244,023.17
(9) Pozo San Mateo I	O6	640,170	74	0.77	3,040.56	890,476.85	17,870.35	88,749.64	160,021.98	1,160,159.37
(9) RB Tanque 1 San Mateo	O5	346,746	80	0.85	3,040.56	482,323.86	9,707.29	18,049.24	82,099.35	595,220.31
(9) RB Tanque 1 San Mateo		341,826	79	0.85	3,040.56	475,480.01	9,570.41	15,812.90	80,624.62	584,528.50
(10) Pozo Buenavista	Sin recibo	640,073	74	0.83	3,040.56	890,341.44	17,867.64	47,838.89	153,454.16	1,112,542.69
(10) RB Booster Buenavista	sin recibo	484,038	56	0.85	3,040.56	673,297.02	13,526.75	24,606.85	114,315.39	828,786.57
(12) Pozo San Mateo II	Sin recibo	970,910	112	0.87	3,040.56	1,350,535.62	27,071.52	29,605.09	225,640.45	1,635,893.24
(12) RB Booster San Mateo II	Sin recibo	649,974	75	0.75	3,040.56	904,114.14	18,143.09	110,544.23	165,734.72	1,201,576.75
(13) RB Ciudad Labor	Sin recibo	398,059	46	0.80	3,040.56	553,699.95	11,134.81	41,005.32	97,420.90	706,301.55
(13) RB Tanque Barrientos	O6	452,633	57	0.83	3,040.56	629,612.79	12,653.07	34,961.51	108,842.87	789,110.80
(13) RB Tanque Barrientos		398,358	48	0.82	3,040.56	554,115.47	11,143.12	34,528.62	96,452.44	699,280.21
(13) RB Tanque Barrientos		514,284	62	0.83	3,040.56	715,368.80	14,368.19	36,669.08	123,111.46	892,558.08
(13) RB Tanque Barrientos		51,920	9	0.49	3,040.56	72,220.20	1,505.22	38,923.06	18,510.25	134,199.28
(13) RB Tanque Lomas del Parque	Sin recibo	13,280	5	0.54	3,040.56	18,471.86	430.25	8,588.91	4,885.05	35,416.64
(13) RB Tanque Lomas del Parque		21,340	7	0.97	3,040.56	29,684.48	654.50	-1,391.33	5,118.11	37,106.33
(13) RB Tanque Lomas del Parque		21,340	7	0.94	3,040.56	29,683.45	654.48	-947.63	5,188.94	37,619.80
(14) RB Depósito I de San Marcos	O6	31,436	5	0.70	3,040.56	43,727.23	935.36	7,968.59	8,907.48	64,579.21
(14) RB Depósito I de San Marcos		16,720	6	0.87	3,040.56	23,258.16	525.97	645.49	4,395.23	31,865.41
(14) RB Depósito II de San Marcos		6,051	1	0.59	3,040.56	8,417.07	229.15	3,772.19	2,473.44	17,932.41
(14) RB Depósito II de San Marcos		7,350	2	0.49	3,040.56	10,224.02	265.29	6,653.54	3,229.35	23,412.76
(14) RB Tanque San Marcos	O6	138,745	16	0.79	3,040.56	192,993.78	3,920.69	16,355.91	34,609.75	250,920.69
(14) RB Tanque San Marcos	O6	157,973	19	0.84	3,040.56	219,740.74	4,455.63	10,013.27	37,960.03	275,210.23

INSTALACIÓN	SITUACIÓN ACTUAL									
	Tarifa	Consumo (kWh/año)	Demanda (kW)	FP	Cargos (\$/año)					
					Fijo	Energía	Med./BT	FP	IVA	Total
(14) RB Tanque Sardaña	O6	644,339	75	0.87	3,040.56	896,275.15	17,986.31	17,851.86	149,624.62	1,084,778.51
(14) RB Tanque Sardaña		132,662	61	0.85	3,040.56	184,533.27	3,751.48	7,258.65	31,773.43	230,357.38
(15) Pozo Alborada	sin recibo	311,642	36	0.67	3,040.56	433,493.83	8,730.69	90,326.75	85,694.69	621,286.52
(15) Pozo Constitución de 1857	O6	580,311	67	0.82	3,040.56	807,212.70	16,205.07	47,707.31	139,866.50	1,014,032.13
(15) Pozo El Reloj	sin recibo	658,044	75	0.75	3,040.56	915,339.67	18,367.60	115,620.78	168,378.98	1,220,747.59
(15) RB El Reloj	sin recibo	129,714	15	0.83	3,040.56	180,432.09	3,669.45	9,784.62	31,508.28	228,435.00
(15) RB El Reloj		60,519	7	0.66	3,040.56	84,181.28	1,744.44	19,123.87	17,294.42	125,384.58
(15) RB El Reloj		51,874	6	0.60	3,040.56	72,156.71	1,503.95	22,478.28	15,868.72	115,048.21
(15) Pozo Granjas San Pablo 1	O6	320,650	37	0.82	3,040.56	446,024.51	8,981.30	27,446.75	77,678.90	563,172.02
(15) Pozo Granjas San Pablo 2	Sin recibo	112,996	39	0.82	3,040.56	157,177.21	3,204.36	9,014.62	27,589.88	200,026.63
(15) Pozo Castera 7	O6	544,439	63	0.79	3,040.56	757,314.27	15,207.10	62,793.12	134,136.81	972,491.85
(15) Pozo Portal San Pablo II	Sin recibo	169,632	52	0.79	3,040.56	235,957.99	4,779.97	21,363.53	42,422.73	307,564.78
(15) Pozo Portales	Sin recibo	537,699	62	0.81	3,040.56	747,938.85	15,019.59	48,794.32	130,366.93	945,160.25
(15) Pozo Prados (U. Hab. La Isla)	O6	752,770	87	0.79	3,040.56	1,047,102.92	21,002.87	87,400.07	185,367.43	1,343,913.84
(15) Pozo Robles y Colorines (Hogares de Castera)	O6	596,433	68	0.82	3,040.56	829,638.66	16,653.58	46,461.79	143,327.13	1,039,121.72
(15) Pozo San Pablo de las Salinas (268)	O6	631,769	73	0.82	3,040.56	878,790.20	17,636.62	54,121.72	152,574.25	1,106,163.35
(15) Pozo San Pablo de las Salinas (267)	Sin recibo	536,110	62	0.83	3,040.56	745,728.79	14,975.39	39,026.38	128,443.38	931,214.49
(15) RB Tanque La Isla	O6	61,262	17	0.63	3,040.56	85,215.05	1,765.11	23,005.89	18,084.26	131,110.87
(16) Pozo Villas San José I	O2	718,967	83	0.83	3,040.56	1,000,082.95	20,062.47	52,897.15	172,173.30	1,248,256.42
(16) Pozo Villas San José II	O6	458,443	53	0.69	3,040.56	637,693.82	12,814.69	119,401.27	123,672.06	896,622.40
( ) RB La Concha	Sin recibo	28,841	8	0.79	3,040.56	40,118.04	863.17	3,567.20	7,614.24	55,203.20
( ) RB La Concha		32,619	9	0.85	3,040.56	45,372.91	968.27	1,644.21	8,164.15	59,190.10
( ) RB Sierra de Guadalupe	O6	125,698	58	0.88	3,040.56	174,846.59	3,557.74	2,625.44	29,451.25	213,521.59
( ) RB Tulipanes	Sin recibo	33,236	5	0.82	3,040.56	46,231.75	985.45	2,743.93	8,480.27	61,481.96
		<b>20,069,494</b>	<b>2,744</b>	<b>0.77</b>	<b>194,595.84</b>	<b>27,916,666.57</b>	<b>562,225.25</b>	<b>2,198,058.68</b>	<b>4,939,447.41</b>	<b>35,810,993.75</b>

Como se puede observar el consumo de energía es de 20'069,494 kWh/año, similar a lo obtenido durante las mediciones de campo, representando un monto total de \$35'810,993.75.

También se puede observar el bajo factor de potencia, FP, que está representando por un lado, un cargo importante y por otro lado, influyendo en las pérdidas energéticas en conductores y motores

Basado en esta situación, se propuso mejorar el FP con el siguiente resultado:

### Ahorro de energía por elevar el Factor de Potencia a un valor de 0.96.

El cargo de factor de potencia es importante ya que de acuerdo a lo mostrado en la tabla 4.196, puede llegar a tener un costo hasta de \$2'198,058.68. De acuerdo a las mediciones de campo realizadas en los equipos se observa que la mayoría de ellos tienen un factor de potencia bajo, por lo que se podría realizar esta medida de ahorro en todos los equipos de bombeo.

De acuerdo a lo mencionado, se realizó el cálculo de los ahorros que se pudieran obtener al incrementar el valor de FP a 0.96, calculando la capacidad de los capacitores que se tendrían que instalar en cada una

de las instalaciones eléctricas. En la tabla 4.197 se muestra el cálculo de la Bonificación que se tendría y los ahorros que representa al aplicar esta medida.

Tabla 4-197. Cálculo de beneficios al elevar el FP a 0-96.

INSTALACIÓN	PROPUESTA 1: Elevar el FP a 0.96				
	Bonificación (\$/año)	Ahorro (\$/año)	Capacitor (kVAr)	Inversión (\$)	Pay-Back (años)
(1) Pozo Industrial Cartagena	8,947.47	<b>12,941.63</b>	15	5,707.20	0.4
(1) RB Tanque I Lomas de Cartagena	1,061.73	<b>3,963.39</b>	5	6,525.00	0.349
(1) RB Tanque I Lomas de Cartagena	657.87	<b>34,954.90</b>	8	7,047.00	
(2) Pozo Bonito Tultitlán	12,083.03	<b>59,668.06</b>	30	10,944.60	0.2
(2) RB. Cisterna Bonito Tultitlán	264.36	<b>2,419.64</b>	8	7,047.00	2.9
(2) RB. Cisterna Bonito Tultitlán	288.34	<b>2,506.78</b>	8	7,047.00	2.8
(2) Pozo San Juan II (Nvo)	5,197.62	<b>30,024.48</b>	15	7,134.00	0.2
(2) Pozo San Juan I (266)	10,578.24	<b>108,551.87</b>	40	13,641.60	0.1
(2) Pozo Santo Domingo II	14,969.56	<b>80,856.20</b>	40	13,641.60	0.2
(3) Pozo Viveros	15,561.95	<b>106,206.55</b>	45	14,511.60	0.1
(4) Pozo Santo Domingo I	11,538.95	<b>169,676.89</b>	50	16,008.00	0.1
(4) RB Santo Domingo I	572.90	<b>11,953.48</b>	10	7,047.00	0.6
(5) RB La Loma	1,329.94	<b>5,529.82</b>	20	7,395.00	1.3
(6) Pozo Fuentes del Valle (265)	16,015.49	<b>65,747.49</b>	40	13,641.60	0.2
(6) RB Fuentes del Valle	719.52	<b>10,577.00</b>	10	7,047.00	0.7
(6) RB Fuentes del Valle	2,287.03	<b>14,719.00</b>	15	7,134.00	0.5
(6) RB Fuentes del Valle	2,023.66	<b>25,896.07</b>	20	7,395.00	0.3
(8) RB Santa María Cuauhtepc	2,685.93	<b>4,868.48</b>	8	7,047.00	1.4
(9) Pozo San Mateo	15,953.52	<b>64,321.21</b>	30	10,944.60	0.2
(9) Pozo San Mateo I	14,192.92	<b>102,942.56</b>	40	13,641.60	0.1
(9) RB Tanque 1 San Mateo	7,687.99	<b>25,737.23</b>	30	10,944.60	0.4
(9) RB Tanque 1 San Mateo	7,578.91	<b>23,391.82</b>	25	10,422.60	0.4
(10) Pozo Buenavista	14,190.77	<b>62,029.66</b>	30	10,944.60	0.2
(10) RB Booster Buenavista	10,731.62	<b>35,338.48</b>	20	7,395.00	0.2
(12) Pozo San Mateo II	21,525.11	<b>51,130.20</b>	35	12,684.60	0.2
(12) RB Booster San Mateo II	14,410.27	<b>124,954.50</b>	45	14,511.60	0.1
(13) RB Ciudad Labor	8,825.54	<b>49,830.87</b>	20	7,395.00	0.1
(13) RB Tanque Barrientos	10,035.40	<b>44,996.92</b>	25	10,422.60	0.2
(13) RB Tanque Barrientos	8,832.17	<b>43,360.78</b>	20	7,395.00	0.2
(13) RB Tanque Barrientos	11,402.14	<b>48,071.22</b>	25	10,422.60	0.2
(13) RB Tanque Barrientos	1,151.96	<b>40,075.02</b>	15	7,134.00	0.2
(13) RB Tanque Lomas del Parque	295.35	<b>8,884.26</b>	8	7,047.00	0.8
(13) RB Tanque Lomas del Parque	474.05	<b>-917.29</b>	0	0.00	0.0
(13) RB Tanque Lomas del Parque	474.03	<b>-473.60</b>	1	0.00	0.0
(14) RB Depósito I de San Marcos	697.85	<b>8,666.44</b>	5	6,525.00	0.8
(14) RB Depósito I de San Marcos	371.63	<b>1,017.12</b>	2	4,350.00	4.3
(14) RB Depósito II de San Marcos	135.10	<b>3,907.29</b>	2	4,350.00	1.1
(14) RB Depósito II de San Marcos	163.90	<b>6,817.43</b>	3	4,350.00	0.6
(14) RB Tanque San Marcos	3,076.79	<b>19,432.70</b>	8	7,047.00	0.4
(14) RB Tanque San Marcos	3,503.07	<b>13,516.34</b>	8	7,047.00	0.5
(14) RB Tanque Sardaña	14,285.34	<b>32,137.20</b>	20	7,395.00	0.2
(14) RB Tanque Sardaña	2,941.95	<b>10,200.60</b>	20	7,395.00	0.7
(15) Pozo Alborada	6,909.76	<b>97,236.51</b>	30	10,944.60	0.1
(15) Pozo Constitución de 1857	12,865.90	<b>60,573.21</b>	30	10,944.60	0.2
(15) Pozo El Reloj	14,589.18	<b>130,209.96</b>	45	14,511.60	0.1
(15) RB El Reloj	2,876.59	<b>12,661.21</b>	8	7,047.00	0.6
(15) RB El Reloj	1,342.59	<b>20,466.46</b>	8	7,047.00	0.3
(15) RB El Reloj	1,150.95	<b>23,629.23</b>	8	7,047.00	0.3
(15) Pozo Granjas San Pablo 1	7,109.47	<b>34,556.22</b>	15	7,134.00	0.2
(15) Pozo Granjas San Pablo 2	2,505.96	<b>11,520.58</b>	15	7,134.00	0.6
(15) Pozo Castera 7	12,070.65	<b>74,863.76</b>	30	10,944.60	0.1
(15) Pozo Portal San Pablo II	3,761.53	<b>25,125.06</b>	30	10,944.60	0.4
(15) Pozo Portales	11,921.23	<b>60,715.54</b>	30	10,944.60	0.2

INSTALACIÓN	PROPUESTA 1: Elevar el FP a 0.96				
	Bonificación (\$/año)	Ahorro (\$/año)	Capacitor (kVAr)	Inversión (\$)	Pay-Back (años)
(15) Pozo Prados (U. Hab. La Isla)	16,689.15	<b>104,089.22</b>	45	14,511.60	0.1
(15) Pozo Robles y Colorines (Hogares de Castera)	13,223.32	<b>59,685.10</b>	30	10,944.60	0.2
(15) Pozo San Pablo de las Salinas (268)	14,006.67	<b>68,128.39</b>	30	10,944.60	0.2
(15) Pozo San Pablo de las Salinas (267)	11,886.00	<b>50,912.38</b>	25	10,422.60	0.2
(15) RB Tanque La Isla	1,359.06	<b>24,364.96</b>	15	7,134.00	0.3
(16) Pozo Villas San José I	15,939.77	<b>68,836.92</b>	35	12,684.60	0.2
(16) Pozo Villas San José II	10,164.20	<b>129,565.47</b>	40	13,641.60	0.1
() RB La Concha	640.33	<b>4,207.53</b>	5	6,525.00	1.6
() RB La Concha	724.08	<b>2,368.29</b>	3	6,525.00	2.8
() RB Sierra de Guadalupe	2,787.57	<b>5,413.00</b>	15	7,134.00	1.3
() RB Tulipanes	737.77	<b>3,481.70</b>	2	4,350.00	1.2
	<b>444,982.68</b>	<b>2,643,041.37</b>	<b>1313</b>	<b>565,186.80</b>	<b>0.2</b>

Como se puede observar el aplicar esta medida representaría un ahorro neto de **\$2'643,041.00** con un costo de inversión de solo **\$565,186.00**, lo que da un tiempo de recuperación de la inversión de tan solo **0.2 años**.

También se evaluó la medida de adecuación de tarifas eléctricas, dado que actualmente todos los equipos se encuentran en tarifa 06, y se detectó un potencial de ahorro máximo hasta de **\$14'047,054.08**, cambiando todos los equipos a tarifa HM, y parándolos en hora punta lo cual está sujeto a los análisis del proyecto de eficiencia hidráulica

De acuerdo al análisis de la eficiencia electromecánica, otra medida que puede dar resultados importantes de ahorro con una recuperación de la inversión en el corto plazo es la sustitución de los equipos de bombeo por unos de mayor eficiencia.

Para esto se realizó la búsqueda de los equipos adecuados para cada uno de los equipos estudiados tomando en cuenta que el dimensionamiento se realizó con los datos ACTUALES de operación, y que estos pueden variar en el caso de que el Estudio de Eficiencia Hidráulica así lo determine.

En la tabla 4.198 se especifican los equipos recomendados para cambio en la totalidad de los equipos estudiados, antes de hacer una evaluación económica de los mismos.

**Tabla 4-198. Especificaciones de equipo de bombeo para sustitución de los equipos**

Equipo	No de Equipo	Especificación Equipo Propuesto			Equipo Propuesto				Eficiencia Electromec.
		Tipo	Gasto	Carga	Bomba		Motor		
					m <sup>3</sup> /s	mca	Marca	Modelo	
(1) Pozo Industrial Cartagena	Pozo	Sumergible	0.022	151.0	Goulds	10WAHC (9S)	CENTRIPRO	75	64.9%
(1) RB Tanque I Lomas de Cartagena	Bomba 1	Turbina Vertical	0.034	9.5	Goulds	10RJLO (1S)	US	7.5	67.3%
(1) RB Tanque I Lomas de Cartagena	Bomba 3	Turbina Vertical	0.021	9.7	Goulds	8FDLO (2S)	US	5	62.7%
(2) Pozo Bonito Tultitlán	Pozo	0	0.0338	109.3	Goulds	10WALC (2S)	CENTRIPRO	75	62.6%
(2) RB. Cisterna Bonito Tultitlán	Bomba 1	Turbina Vertical	0.0065	27.1	Goulds	7WALC (4S)	US	5	60.8%
(2) RB. Cisterna Bonito Tultitlán	Bomba 2	Turbina Vertical	0.0037	27.1	Goulds	8RALC (4S)	US	5	58.4%
(2) Pozo San Juan II (Nvo)	Pozo	Sumergible	0.006	197.2	Goulds	7RAHC (8S)	CENTRIPRO	30	54.1%
(2) Pozo San Juan I (266)	Pozo	0	0.018	175.9	Goulds	10RALC (4S)	CENTRIPRO	75	60.0%
(2) Pozo Santo Domingo II	Pozo	Sumergible	0.042	114.8	Goulds	10WAHC (2S)	CENTRIPRO	100	63.2%
(3) Pozo Viveros	Pozo	Sumergible	0.026	198.0	Goulds	9WAHC (4S)	CENTRIPRO	125	64.1%
(4) Pozo Santo Domingo I	Pozo	Sumergible	0.0151	131.8	Goulds	6CHC (7S)	CENTRIPRO	40	59.0%
(4) RB Santo Domingo I	Bomba 1	Turbina Vertical	0.0092	23.9	Goulds	7CLO (4S)	US	5	61.6%
(5) RB La Loma	Booster	Turbina Vertical	0.038	107.0	Goulds	8RALC (13S)	US	10	61.1%

Equipo	No de Equipo	Especificación Equipo Propuesto			Equipo Propuesto				Eficiencia Electromec.
		Tipo	Gasto	Carga	Bomba		Motor		
			m <sup>3</sup> /s	mca	Marca	Modelo	Marca	HP	
(6) Pozo Fuentes del Valle (265)	Pozo	0	0.0451	141.0	Goulds	9RCLC (3S)	CENTRIPRO	125	65.3%
(6) RB Fuentes del Valle	Bomba 1	Turbina Vertical	0.0175	30.4	Goulds	10WAHC (2S)	US	15	67.7%
(6) RB Fuentes del Valle	Bomba 2	Turbina Vertical	0.0561	31.2	Goulds	12RJLO (2S)	US	30	71.5%
(6) RB Fuentes del Valle	Bomba 3	Turbina Vertical	0.054	31.1	Goulds	12RJLO (2S)	US	30	71.3%
(8) RB Santa María Cuauhtepac	Bomba 2	0	0.0172	77.1	Goulds	10WALC (6S)	US	25	69.2%
(9) Pozo San Mateo	Pozo	0	0.0285	163.4	Goulds	9WAHC (4S)	CENTRIPRO	100	62.5%
(9) Pozo San Mateo I	Pozo	0	0.0134	273.7	Goulds	7WALC (10S)	CENTRIPRO	75	60.2%
(9) RB Tanque 1 San Mateo	Bomba 1	Turbina Vertical	0.0517	96.3	Goulds	12CLC (5S)	US	100	73.5%
(9) RB Tanque 1 San Mateo	Bomba 2	Turbina Vertical	0.0408	96.2	Goulds	11CLC (6S)	US	75	72.4%
(10) Pozo Buenavista	Pozo	0	0.0272	159.0	Goulds	9WAHC (4S)	CENTRIPRO	100	62.6%
(10) RB Booster Buenavista	Booster	Turbina Vertical	0.0498	75.4	Goulds	12CLC (4S)	US	75	73.1%
(12) Pozo San Mateo II	Pozo	Sumergible	40.3	142.6	Goulds	9RCLC (3S)	CENTRIPRO	125	64.2%
(12) RB Booster San Mateo II	Booster	Turbina Vertical	0.0401	128.5	Goulds	12WAHC (5S)	US	100	72.7%
(13) RB Ciudad Labor	Bomba 1	Turbina Vertical	0.065	39.9	Goulds	12CMO (2S)	US	50	71.4%
(13) RB Tanque Barrientos	Bomba 1 Gde	Turbina Vertical	0.057	53.1	Goulds	12CLC (4S)	US	60	72.9%
(13) RB Tanque Barrientos	Bomba 2 Gde	Turbina Vertical	0.0425	53.1	Goulds	11CLC (4S)	US	40	72.0%
(13) RB Tanque Barrientos	Bomba 3 Gde	Turbina Vertical	0.0665	53.2	Goulds	12CHC (3S)	US	75	72.3%
(13) RB Tanque Barrientos	Bomba 2 Chi	Turbina Vertical	0.0195	24.6	Goulds	8FDLO (4S)	US	10	65.3%
(13) RB Tanque Lomas del Parque	Bomba 1	Turbina Vertical	0.0099	19.5	Goulds	7CLO (3S)	US	5	61.1%
(13) RB Tanque Lomas del Parque	Bomba 2	Turbina Vertical	0.0092	19.5	Goulds	7CLO (3S)	US	5	61.1%
(13) RB Tanque Lomas del Parque	Bomba 3	Turbina Vertical	0.0119	20.1	Goulds	8RJLO (3S)	US	7.5	63.9%
(14) RB Depósito I de San Marcos	Bomba 1	Turbina Vertical	0.0097	36.8	Goulds	10RALC (4S)	US	7.5	63.0%
(14) RB Depósito I de San Marcos	Bomba 2	Turbina Vertical	0.0106	36.9	Goulds	10RALC (4S)	US	7.5	63.6%
(14) RB Depósito II de San Marcos	Bomba 1	Turbina Vertical	0.0015	36.4	Goulds	6RAHC (9S)	US	5	52.3%
(14) RB Depósito II de San Marcos	Bomba 2	Turbina Vertical	0.0023	42.8	Goulds	7RAHC (6S)	US	5	56.6%
(14) RB Tanque San Marcos	Bomba 1	Horizontal Voluta	0.0178	49.3	Grudnfos	HS 80-50-380 1/1-F-B BBQV	Grudnfos	30	53.5%
(14) RB Tanque San Marcos	Bomba 2	Horizontal Voluta	0.0186	49.3	Grudnfos	HS 80-50-380 1/1-F-B BBQV	Grudnfos	30	53.7%
(14) RB Tanque Sardaña	Bomba 1	Horizontal Voluta	0.103	48.2	Grudnfos	HS 200-150-380 1/1-F-B BBQV	Grudnfos	150	69.9%
(14) RB Tanque Sardaña	Bomba 2	Horizontal Voluta	0.0762	44.8	Grudnfos	HS 150-125-380 1/1-F-B BBQV	Grudnfos	100	58.7%
(15) Pozo Alborada	Pozo	Turbina Vertical	0.0208	94.3	Goulds	10WAHC (6S)	US	40	71.4%
(15) Pozo Constitución de 1857	Pozo	Sumergible	0.0426	81.4	Goulds	9RCLC (2S)	CENTRIPRO	75	63.8%
(15) Pozo El Reloj	Pozo	Turbina Vertical	0.034	89.2	Goulds	9RCHC (7S)	US	60	71.9%
(15) RB El Reloj	Bomba 1	Turbina Vertical	0.0305	28.8	Goulds	9RCHC (2S)	US	20	70.0%
(15) RB El Reloj	Bomba 2	Turbina Vertical	0.015	28.1	Goulds	8RJLO (4S)	US	10	65.1%
(15) RB El Reloj	Bomba 3	Turbina Vertical	0.013	28.1	Goulds	7CHC (4S)	US	10	64.6%
(15) Pozo Granjas San Pablo 1	Pozo	Turbina Vertical	0.0057	106.5	Goulds	6CHC (19S)	US	15	62.8%
(15) Pozo Granjas San Pablo 2	Pozo	Sumergible	0.021	110.6	Goulds	9WAHC (3S)	CENTRIPRO	50	60.6%
(15) Pozo Castera 7	Pozo	Sumergible	0.0196	137.1	Goulds	10RALC (4S)	CENTRIPRO	50	59.6%
(15) Pozo Portal San Pablo II	Pozo	Sumergible	0.032	103.6	Goulds	10WALC (2S)	CENTRIPRO	75	62.2%
(15) Pozo Portales	Pozo	Sumergible	0.032	117.5	Goulds	7CHC (4S)	CENTRIPRO	75	61.6%
(15) Pozo Prados (U. Hab. La Isla)	Pozo	Sumergible	0.0375	120.6	Goulds	10WAHC (2S)	CENTRIPRO	100	63.0%

Equipo	No de Equipo	Especificación Equipo Propuesto			Equipo Propuesto				Eficiencia Electromec.
		Tipo	Gasto	Carga	Bomba		Motor		
			m3/s	mca	Marca	Modelo	Marca	HP	
(15) Pozo Robles y Colorines (Hogares de Castera)	Pozo	Sumergible	0.0374	105.9	Goulds	10WALC (2S)	CENTRIPRO	75	62.8%
(15) Pozo San Pablo de las Salinas (268)	Pozo	Sumergible	0.0394	97.8	Goulds	8FDLO (4S)	CENTRIPRO	75	62.6%
(15) Pozo San Pablo de las Salinas (267)	Pozo	Sumergible	0.0344	94.2	Goulds	10WALC (2S)	CENTRIPRO	60	61.2%
(15) RB Tanque La Isla	Bomba 2	Turbina Vertical	0.0305	28.1	Goulds	9RCHC (2S)	US	20	69.9%
(16) Pozo Villas San José I	Pozo	Sumergible	0.0342	98.7	Goulds	10WALC (2S)	CENTRIPRO	75	62.5%
(16) Pozo Villas San José II	Pozo	Turbina Vertical	0.0285	113.1	Goulds	9RCLC (10S)	US	60	71.8%
() RB La Concha	Bomba 1	Turbina Vertical	0.0143	34.3	Goulds	7CHC (4S)	US	15	66.8%
() RB La Concha	Bomba 2	Turbina Vertical	0.0207	12.2	Goulds	8FDLO (3S)	US	5	63.1%
() RB Sierra de Guadalupe	Bomba 1	Turbina Vertical	0.0412	94.9	Goulds	11CLC (6S)	US	75	72.4%
() RB Tulipanes	Bomba 1	Turbina Vertical	0.0083	21.0	Goulds	7CLC (3S)	US	5	60.3%

Esta tabla muestra las especificaciones de los equipos en su totalidad, sin embargo se debe realizar un estudio de costo-beneficio que se obtiene para cada uno de ellos y así determinar a cuales conviene la sustitución. Para esto se calcula el costo beneficio y tiempo de recuperación de la inversión de cada uno de ellos y en la tabla 4.199 se muestran estos resultados.

Tabla 4-199. Calculo de costo beneficio de sustitución de equipos de bombeo.

Descripción		Situación Actual		Medida de mejora de la eficiencia electromecánica					
Sistema	Equipo	Efic. Electrom.	Facturación (\$/año)	Descripción	Efic. Electrom.	Ahorro (\$/año)	Ahorro (%)	Inversión (\$)	Pay-Back (años)
(1) Pozo Industrial Cartagena	Pozo	59.3%	645,694	NO se recomienda la sustitución	64.9%	55,241.21	8.6%	256,534.00	4.64
(1) RB Tanque I Lomas de Cartagena	Bomba 1	57.2%	76,559	Sustituir el equipo actual	67.3%	11,529.30	15.1%	64,925.20	5.63
(1) RB Tanque I Lomas de Cartagena	Bomba 3	58.1%	47,412	NO se recomienda la sustitución	62.7%	3,528.84	7.4%	65,580.37	18.58
(2) Pozo Bonito Tultitlán	Pozo	59.3%	871,995	Sustituir el equipo actual	62.6%	45,458.75	5.2%	182,676.80	4.02
(2) RB. Cisterna Bonito Tultitlán	Bomba 1	15.8%	19,011	NO se recomienda la sustitución	60.8%	14,080.32	74.1%	75,857.97	5.39
(2) RB. Cisterna Bonito Tultitlán	Bomba 2	8.2%	20,742	NO se recomienda la sustitución	58.4%	17,818.23	85.9%	87,411.57	4.91
(2) Pozo San Juan II (Nvo)	Pozo	43.7%	375,058	Sustituir el equipo actual	54.1%	71,746.03	19.1%	131,416.40	1.83
(2) Pozo San Juan I (266)	Pozo	58.8%	763,391	NO se recomienda la sustitución	60.0%	15,631.67	2.0%	210,207.80	13.45
(2) Pozo Santo Domingo II	Pozo	62.3%	1,080,324	NO se recomienda la sustitución	63.2%	16,370.60	1.5%	230,352.80	14.07
(3) Pozo Viveros	Pozo	64.7%	1,123,079	NO se recomienda la sustitución	64.1%	-10,215.91	-0.9%	296,414.80	-29.02
(4) Pozo Santo Domingo I	Pozo	37.2%	832,728	Sustituir el equipo actual	59.0%	308,381.22	37.0%	103,680.80	0.34
(4) RB Santo Domingo I	Bomba 1	31.1%	41,279	Sustituir el equipo actual	61.6%	20,428.25	49.5%	75,857.97	3.71
(5) RB La Loma	Booster	64.0%	95,917	NO se recomienda la sustitución	61.1%	-4,618.83	-4.8%	163,798.50	-35.46
(6) Pozo Fuentes del Valle (265)	Pozo	63.9%	1,155,812	NO se recomienda la sustitución	65.3%	25,448.07	2.2%	286,725.20	11.27
(6) RB Fuentes del Valle	Bomba 1	52.6%	51,861	NO se recomienda la sustitución	67.7%	11,569.54	22.3%	78,063.36	6.75
(6) RB Fuentes del Valle	Bomba 2	66.8%	164,992	NO se recomienda la sustitución	71.5%	10,761.61	6.5%	102,937.47	9.57
(6) RB Fuentes del Valle	Bomba 3	72.8%	145,984	NO se recomienda la sustitución	71.3%	-3,099.60	-2.1%	102,937.50	-33.21
(8) RB Santa María Cuauhtepic	Bomba 2	54.8%	193,782	Sustituir el equipo actual	69.2%	40,190.07	20.7%	132,526.75	3.30
(9) Pozo San Mateo	Pozo	56.5%	1,151,340	Sustituir el equipo actual	62.5%	109,740.42	9.5%	245,108.00	2.23



Documentación de Experiencias en Eficiencia Energética y Eficiencia Hidráulica en Organismos Operadores en México

Descripción		Situación Actual		Medida de mejora de la eficiencia electromecánica					
Sistema	Equipo	Efic. Electrom.	Facturación (\$/año)	Descripción	Efic. Electrom.	Ahorro (\$/año)	Ahorro (%)	Inversión (\$)	Pay-Back (años)
(9) Pozo San Mateo I	Pozo	49.6%	1,024,272	Sustituir el equipo actual	60.2%	179,206.87	17.5%	226,065.00	1.26
(9) RB Tanque 1 San Mateo	Bomba 1	61.1%	554,794	Sustituir el equipo actual	73.5%	93,903.30	16.9%	218,054.94	2.32
(9) RB Tanque 1 San Mateo	Bomba 2	48.8%	546,922	Sustituir el equipo actual	72.4%	178,468.35	32.6%	184,932.77	1.04
(10) Pozo Buenavista	Pozo	58.6%	1,024,117	Sustituir el equipo actual	62.6%	65,405.74	6.4%	245,108.00	3.75
(10) RB Booster Buenavista	Booster	55.5%	774,461	Sustituir el equipo actual	73.1%	187,103.99	24.2%	170,386.37	0.91
(12) Pozo San Mateo II	Pozo	51.6%	1,553,456	Sustituir el equipo actual	64.2%	306,262.12	19.7%	286,725.20	0.94
(12) RB Booster San Mateo II	Booster	55.0%	1,039,959	Sustituir el equipo actual	72.7%	252,576.26	24.3%	218,054.94	0.86
(13) RB Ciudad Labor	Bomba 1	55.6%	636,894	Sustituir el equipo actual	71.4%	140,982.09	22.1%	114,714.72	0.81
(13) RB Tanque Barrientos	Bomba 1 Gde	52.5%	724,213	Sustituir el equipo actual	72.9%	202,589.19	28.0%	158,285.25	0.78
(13) RB Tanque Barrientos	Bomba 2 Gde	46.4%	637,372	Sustituir el equipo actual	72.0%	226,689.88	35.6%	152,720.96	0.67
(13) RB Tanque Barrientos	Bomba 3 Gde	56.4%	822,854	Sustituir el equipo actual	72.3%	180,978.55	22.0%	154,888.77	0.86
(13) RB Tanque Barrientos	Bomba 2 Chi	52.7%	83,071	NO se recomienda la sustitución	65.3%	16,079.50	19.4%	80,928.10	5.03
(13) RB Tanque Lomas del Parque	Bomba 1	42.8%	21,247	NO se recomienda la sustitución	61.1%	6,356.16	29.9%	68,712.37	10.81
(13) RB Tanque Lomas del Parque	Bomba 2	24.3%	34,145	Sustituir el equipo actual	61.1%	20,572.68	60.3%	68,712.37	3.34
(13) RB Tanque Lomas del Parque	Bomba 3	32.4%	34,143	NO se recomienda la sustitución	63.9%	16,858.07	49.4%	81,327.60	4.82
(14) RB Depósito I de San Marcos	Bomba 1	64.6%	50,297	NO se recomienda la sustitución	63.0%	-1,326.75	-2.6%	103,263.20	-77.83
(14) RB Depósito I de San Marcos	Bomba 2	66.3%	26,753	NO se recomienda la sustitución	63.6%	-1,156.60	-4.3%	103,263.20	-89.28
(14) RB Depósito II de San Marcos	Bomba 1	39.0%	9,682	NO se recomienda la sustitución	52.3%	2,455.27	25.4%	99,255.17	40.43
(14) RB Depósito II de San Marcos	Bomba 2	58.8%	11,760	NO se recomienda la sustitución	56.6%	-447.57	-3.8%	93,872.77	-209.74
(14) RB Tanque San Marcos	Bomba 1	51.4%	221,991	NO se recomienda la sustitución	53.5%	8,579.47	3.9%	111,784.56	13.03
(14) RB Tanque San Marcos	Bomba 2	45.2%	252,757	Sustituir el equipo actual	53.7%	40,114.53	15.9%	111,784.56	2.79
(14) RB Tanque Sardaña	Bomba 1	62.5%	1,030,942	Sustituir el equipo actual	69.9%	109,151.90	10.6%	354,281.70	3.25
(14) RB Tanque Sardaña	Bomba 2	52.0%	212,260	NO se recomienda la sustitución	58.7%	24,405.11	11.5%	265,651.60	10.89
(15) Pozo Alborada	Pozo	54.3%	498,627	Sustituir el equipo actual	71.4%	119,389.84	23.9%	152,117.76	1.27
(15) Pozo Constitución de 1857	Pozo	51.9%	928,498	NO se recomienda la sustitución	63.8%	172,538.50	18.6%	178,052.60	1.03
(15) Pozo El Reloj	Pozo	40.2%	1,052,871	Sustituir el equipo actual	71.9%	463,774.06	44.0%	157,113.65	0.34
(15) RB El Reloj	Bomba 1	57.5%	207,542	Sustituir el equipo actual	70.0%	36,995.02	17.8%	80,305.41	2.17
(15) RB El Reloj	Bomba 2	59.1%	96,830	NO se recomienda la sustitución	65.1%	8,844.94	9.1%	78,445.70	8.87
(15) RB El Reloj	Bomba 3	59.8%	82,998	NO se recomienda la sustitución	64.6%	6,205.22	7.5%	76,508.50	12.33
(15) Pozo Granjas San Pablo 1	Pozo	16.6%	513,040	Sustituir el equipo actual	62.8%	377,765.68	73.6%	201,989.06	0.53
(15) Pozo Granjas San Pablo 2	Pozo	59.4%	180,793	NO se recomienda la sustitución	60.6%	3,775.01	2.1%	129,235.60	34.23
(15) Pozo Castera 7	Pozo	42.3%	871,102	Sustituir el equipo actual	59.6%	251,828.11	28.9%	151,032.00	0.60
(15) Pozo Portal San Pablo II	Pozo	64.3%	271,411	NO se recomienda la sustitución	62.2%	-8,782.12	-3.2%	193,325.60	-22.01
(15) Pozo Portales	Pozo	60.8%	860,318	NO se recomienda la sustitución	61.6%	11,245.78	1.3%	193,325.60	17.19
(15) Pozo Prados (U. Hab. La Isla)	Pozo	52.6%	1,204,432	Sustituir el equipo actual	63.0%	199,001.00	16.5%	230,352.80	1.16
(15) Pozo Robles y Colorines (Hogares de Castera)	Pozo	57.7%	954,293	Sustituir el equipo actual	62.8%	76,586.58	8.0%	193,325.60	2.52
(15) Pozo San Pablo de las Salinas (268)	Pozo	52.9%	1,010,830	Sustituir el equipo actual	62.6%	157,340.65	15.6%	197,826.40	1.26
(15) Pozo San Pablo de las Salinas (267)	Pozo	52.5%	857,776	Sustituir el equipo actual	61.2%	122,409.15	14.3%	136,195.60	1.11
(15) RB Tanque La Isla	Bomba 2	49.7%	98,019	Sustituir el equipo actual	69.9%	28,303.52	28.9%	77,406.80	2.73

Descripción		Situación Actual		Medida de mejora de la eficiencia electromecánica					
Sistema	Equipo	Efic. Electrom.	Facturación (\$/año)	Descripción	Efic. Electrom.	Ahorro (\$/año)	Ahorro (%)	Inversión (\$)	Pay-Back (años)
(16) Pozo Villas San José I	Pozo	40.5%	1,150,347	Sustituir el equipo actual	62.5%	404,301.29	35.1%	193,325.60	0.48
(16) Pozo Villas San José II	Pozo	61.1%	733,508	Sustituir el equipo actual	71.8%	108,975.06	14.9%	186,183.25	1.71
() RB La Concha	Bomba 1	60.8%	46,146	NO se recomienda la sustitución	66.8%	4,174.09	9.0%	72,692.56	17.42
() RB La Concha	Bomba 2	27.7%	52,190	Sustituir el equipo actual	63.1%	29,288.56	56.1%	73,514.77	2.51
() RB Sierra de Guadalupe	Bomba 1	66.2%	201,118	NO se recomienda la sustitución	72.4%	17,217.98	8.6%	171,221.57	9.94
() RB Tulipanes	Bomba 1	37.3%	53,178	Sustituir el equipo actual	60.3%	20,279.41	38.1%	61,578.37	3.04
			<b>32,111,191</b>			<b>5,187,717.43</b>	<b>16.2%</b>	<b>5,693,174.53</b>	<b>1.10</b>

Como se puede observar no todos los equipos son candidatos a sustituir debido al alto costo-beneficio que representaría.

**Se observa en la tabla que los equipos que si pueden ser sustituidos representan un potencial de ahorro hasta de \$5'187,717.43 anuales, es decir un 16.2% respecto al costo energético actual, con una inversión de \$5'693,174.53 que se puede recuperar en un año.**

### Proyecto de eficiencia hidraulica

Como parte del proyecto, se analizo la situacion de operación hidráulica para determinar la solución a la problemática ya descrita de falta de servicio continuo y problemas de abastecimiento en zonas criticas como la Zona 5.

Para esto, se realizaron las siguientes etapas

Análisis de la disponibilidad de agua en fuentes propias, en base Al análisis de Nivel Estático y Coeficiente de Utilización de Pozos.

El análisis de los niveles estáticos es necesario para determinar en primer lugar la cota a donde es posible encontrar agua, y en segundo para determinar, si se trata solo de un acuífero general o de varios acuíferos confinados.

Por otra parte, el Coeficiente de Utilización de los Pozos es un parámetro de la capacidad del pozo. Se calcula dividiendo el gasto de extracción entre el abatimiento (Nivel estático-Nivel dinámico) y sus unidades son en lps/m, e indica el gasto unitario que se puede extraer del pozo por cada metro de abatimiento.

De esta manera el Coeficiente de Utilización de los Pozos nos permite conocer el abatimiento que tendría el pozo al extraer un gasto determinado de agua y con esto, y de acuerdo a la longitud de columna y a la profundidad del pozo, poder determinar si el pozo es susceptible a una mayor extracción y de ser el caso, calcular la longitud de columna necesaria para evitar la instrucción de aire a la tubería y con ello el posible daño de impulsos.

Con los resultados obtenidos durante la evaluación en campo, se analizaron las capacidades de los pozos, por medio de un análisis como el presentado a continuación para el Pozo

### Curva de abatimiento del pozo Constitución 1857.

En el caso del Pozo Constitución 1857, se realizan las mediciones de campo necesarias para el análisis de este pozo, realizando las mediciones del nivel dinámico y gasto, para construir la curva de abatimiento y la curva de tendencia de acuerdo a él. La tabla 4.200 siguiente muestra los parámetros hidráulicos en operación normal del pozo, y en la Figura 4.111 se muestra la curva de abatimiento con dichas mediciones.

Tabla 4-200. Parámetros hidráulicos en operación normal del pozo Constitución 1857.

PARÁMETROS HIDRÁULICOS			
No.	Descripción	Unidad	Datos
1	Profundidad del Pozo	m	164.0
2	Diámetro del Ademe	Pulg.	12"
3	Longitud de la Columna	m.	122.0
4	Diámetro de la Columna	Pulg.	10"
5	Nivel Estático	m	73.00
6	Nivel Dinámico	m	78.5
7	Cono de Abatimiento	m	8.5000
8	Diámetro de la Descarga	Pulg.	10"
9	Distancia del N. de Ref.al Manómetro	Mts.	0.60
10	Presión Manométrica	Kg./cm <sup>2</sup>	0.2
11	Gasto	lps	42.6

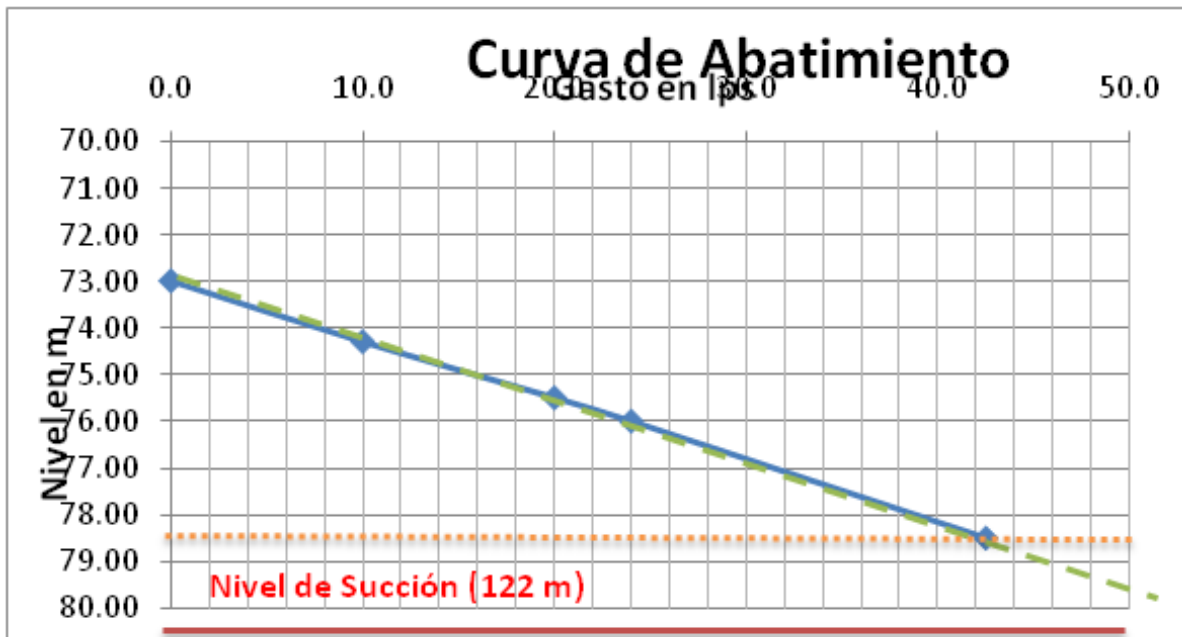


Figura 4-111. Curva de abatimiento del pozo Constitución 1857

Como se puede observar en la curva de abatimiento del pozo Constitución 1857, puede tener un mayor gasto puesto que el cono de abatimiento es bajo, por lo que el gasto de 42.6 lps, puede incrementarse de ser necesario.

**Se concluye que el Pozo Constitución 1857 tiene una capacidad de producción de 42.6 lps, que puede incrementarse sin mayor problema de ser necesario.**

El análisis de todos los equipos se presenta a continuación

Tabla 4-201. Cuadro Resumen de Nivel Estático y Coeficiente de Utilización de Pozos

No.	Sistema	Nivel Estático (m)	Nivel Dinámico (m)	Abatimiento (m)	Gasto de extracción (lps)	Coef. Utilización lps/m
1	(1) Pozo Industrial Cartagena	64.80	121.30	56.50	22.00	0.39
4	(2) Pozo Bonito Tultitlán	78.40	86.20	7.80	33.80	4.33
7	(2) Pozo San Juan II (Nvo)	60.20	183.00	122.80	6.00	0.05
8	(2) Pozo San Juan I (266)	69.00	163.00	94.00	18.00	0.19
9	(2) Pozo Santo Domingo II	69.80	95.80	26.00	42.00	1.62
10	(3) Pozo Viveros	82.40	185.00	102.60	26.00	0.25
11	(4) Pozo Santo Domingo I	78.50	127.10	48.60	15.10	0.31
14	(6) Pozo Fuentes del Valle (265)	92.30	136.70	44.40	45.10	1.02
19	(9) Pozo San Mateo	98.00	121.10	23.10	28.50	1.24
20	(9) Pozo San Mateo I	70.00	160.50	90.50	13.40	0.15
23	(10) Pozo Buenavista	81.90	146.00	64.10	27.20	0.42
25	(12) Pozo San Mateo II	70.00	116.00	46.00	40.30	0.88
46	(15) Pozo Alborada	79.80	92.20	12.40	20.80	1.69
47	(15) Pozo Constitución de 1857	65.50	78.50	13.00	42.60	3.28
48	(15) Pozo El Reloj	79.80	86.30	6.50	34.00	5.26
52	(15) Pozo Granjas San Pablo 1	0.00	85.00	85.00	5.70	0.07
53	(15) Pozo Granjas San Pablo 2	0.00	88.90	88.90	21.00	0.24
54	(15) Pozo Castera 7	90.00	124.20	34.20	19.60	0.57
55	(15) Pozo Portal San Pablo II	81.00	86.60	5.60	32.00	5.71
56	(15) Pozo Portales	70.00	94.00	24.00	32.00	1.33
57	(15) Pozo Prados (U. Hab. La Isla)	78.00	108.40	30.40	37.50	1.23
58	(15) Pozo Robles y Colorines (Hogares de Castera)	79.70	101.00	21.30	37.40	1.76
59	(15) Pozo San Pablo de las Salinas (268)	62.50	95.80	33.30	39.40	1.18
60	(15) Pozo San Pablo de las Salinas (267)	63.00	91.40	28.40	34.40	1.21
62	(16) Pozo Villas San José I	82.10	85.90	3.80	34.20	9.00
63	(16) Pozo Villas San José II	82.00	102.50	20.50	28.50	1.39

Se concluye por estos resultados mostrados en la tabla 4.201 que 9 pozos tienen un Coeficiente de Utilización menor a 0.5, es decir que por cada 0.5 lps se abaten un metro de profundidad, esto indica que no es recomendable realizar extracciones mayores a las que actualmente se están realizando en dichos pozos ya que se puede tener el riesgo de que el nivel dinámico pueda llegar al nivel de succión, provocando intrusión de aire al equipo de bombeo dañando los impulsores. Por otro lado 8 pozos tienen un coeficiente de utilización mayor a 1.5, por lo que admiten variaciones de más de 1 lps para un abatimiento de un metro. En el capítulo siguiente se analiza la capacidad de producción de algunos pozos realizando el estudio de su curva de abatimiento.

Poteriormente, se determino la situaciondel Balance de Agua a lo largo de cada zona y se encontró la siguiente situacion

Tabla 4-202. Balance Volumetrico de caudales en el sistema de Tultitlan

Zona de Influencia	Usuarios domésticos (Padrón)	Población (Hab.)	Total Gasto suministrado L/s	Gasto medio requerido, L/S	Gasto máx. diario. requerido, L/S	Balace de caudales, L/s
Z-1. Tultitlán Centro	9,616	51,238	212.12	115.64	144.55	96.48
Z-2. Fuentes de Valle	14,234	64,054	119.10	111.20	139.01	7.89
Z-3. San Francisco Chilpan	4,255	19,148	137.05	43.22	54.02	93.83
Z-4. Tanque Barrientos	18,594	83,675	337.89	188.85	236.06	149.04
Z-5. San Mateo-Solidaridad	10,809	48,642	166.71	129.49	161.86	37.22
Z-6. La Sardaña-San Marcos	10,002	47,260	201.82	125.81	157.26	76.01
Z-7. Sta. María de Guadalupe	8,148	36,667	83.09	97.61	122.01	-14.51
Z-8. San Pablo	45,934	206,704	403.95	466.52	583.15	-62.57
<b>TOTAL</b>	<b>121,592</b>	<b>557,388</b>	<b>1,661.73</b>			<b>383.39</b>

Déficit de suministro en zonas 7 y 8

Excedente de 383.39 lps en general, permite plantear el disminuir el caudal de agua en bloque (Cutzamala, y pozos CONAGUA

Nombre del Tanque	TANQUE		Bombeo 24 Hrs.		Bombeo 20 Hrs.		Qm requerido 24 hrs (L/s)	Qm requerido 20 hrs (L/s)
	Capacidad instalada (m3)	Capacidad requerida (m3)	Diferencia= Cap.inst-Cap.req (m3)	Capacidad requerida (m3)	Diferencia= Cap.inst-Cap.req (m3)			
RB. Sn Mateo 1	75.63	328.48	-252.85	481.69	-406.07	30.62	36.74	
T. San Mateo 2	765.00	328.48	436.52	481.69	283.31	30.62	36.74	
T. San Mateo 3	1106.00	473.57	632.43	694.46	411.54	44.14	52.97	
C. Santa María	337.50	104.48	233.02	153.21	184.29	9.74	11.69	
T. Santa María	507.00	104.48	402.52	153.21	353.79	9.74	11.69	

Todos los Tanques tienen capacidad de regulación suficiente excepto los tanques cisterna de Rebombear La Concha, Ciudad Labor 2 y Tanque RB. San Mateo 1, así como los Tanques Elevados Fuentes del Valle y El Reloj.

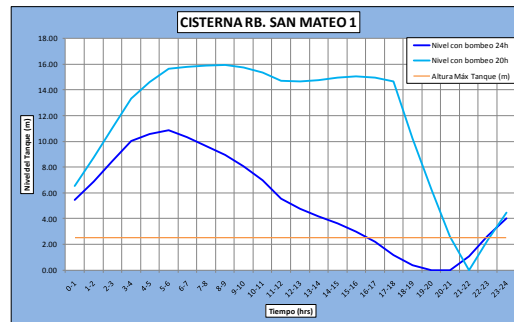


Figura 4-112. Analisis de capacidad de tanques de regulación en el sistema de Tultitlan

Como parte de las herramientas generadas, una vez actualizado el catastro de la red de agua potable, se construyó el modelo de simulación hidráulica de la misma con el cual se confirmó la razón de la problemática y se vislumbraron las posibles soluciones.

Un resumen de esto se muestra en la tabla 4.203 siguiente:

Tabla 4-203. Problemática y alternativas de solución en la operación hidráulica de Tultitlan

Resumen Problemática actual	Posibles Acciones de Solución
<ul style="list-style-type: none"> <li>No se tiene claro los límites de influencia de las fuentes, tanto entre zonas de influencia como dentro de cada una de ellas</li> <li>Existe suministro de agua excedente para la demanda en la mayoría de las zonas, y en forma general sobra hasta <b>383 lps</b>, lo cual podría permitir disminuir la necesidad de agua en bloque.</li> </ul>	<p><b>Reconfigurar zonas de influencia y sub-zonas para una mejor distribución del agua suministrada, controlando la fuente de suministro.</b></p> <p><b>Disminuir al máximo posible la demanda de agua en bloque</b></p>
Se detectan líneas de la red secundaria con velocidades altas, provocando pérdidas importantes por fricción y presiones negativas, es decir que las líneas no tienen la capacidad de conducción necesaria.	<b>Reemplazo de líneas en red secundaria de para reconfiguración de red de distribución.</b>
Transferencias de gasto entre las zonas de influencia, sobre todo en la Zona 8.	<b>Trabajos de sectorización, mediante cortes y conexiones para establecer claramente zonas de influencia para ordenar la fuente y suministro de las zonas.</b>
Se presentan presiones extremadamente altas hasta de 9.8 y 10.2 kg/cm <sup>2</sup> , en las zonas bajas incrementando la posibilidad de fugas por falla en las líneas y conexiones de tomas.	<b>Colocación de válvulas reguladoras de presión, para control y uniformizar presiones.</b>
Las fuentes de abastecimiento se encuentran en la parte baja, provocando que se tenga que realizar un gran trabajo de bombeo.	<b>Buscar la posibilidad de disminuir en lo posible el trabajo de bombeo, para disminuir la potencia hidráulica necesaria para llevar el agua a las zonas altas.</b>

Como alternativas de solución se propusieron varias opciones de redistribución de caudales buscando equilibrar la producción disponible con las zonas de influencia ,

Para el proyecto de Eficiencia Hidráulica se tomaron tres premisas.

- 1.- Definir claramente Zonas de Influencia y Sub-Zonas, bien limitadas y controladas de acuerdo a las fuentes y tanques que las suministren.
- 2.- Disminuir al máximo posible la demanda de agua en bloque, ya que el costo de la misma es muy alto. Esto mediante el incremento de la producción de los pozos propios de APAST, y de acuerdo con el análisis de su capacidad de producción realizado en el capítulo 4.
- 3.- Mejorar el funcionamiento hidráulico de redes, incrementando la capacidad de conducción de aquellas que les haga falta, e instalando válvulas reguladoras de presión en zonas donde se presentan presiones excesivas. En este caso se determina que la presión máxima en zonas bajas de cerros no debe exceder un rango entre 4.5 y 5.3 kg/cm<sup>2</sup>, y en zonas planas se debe tener una presión constante de no mas de 3.5 kg/cm<sup>2</sup>.

De acuerdo a lo aquí mencionado, se procedió a reconfigurar las zonas de influencia para limitarlas de acuerdo a las fuentes de suministro. De esta manera en la figura 4.113 se muestran la configuración general de dichas zonas de influencia. Así mismo al interior de cada una de ellas se definieron límites a sub-zonas (sub-sectores) de acuerdo a las fuentes o tanques que la suministren.

Un ejemplo se presenta en la Tabla 4.204Siguiente

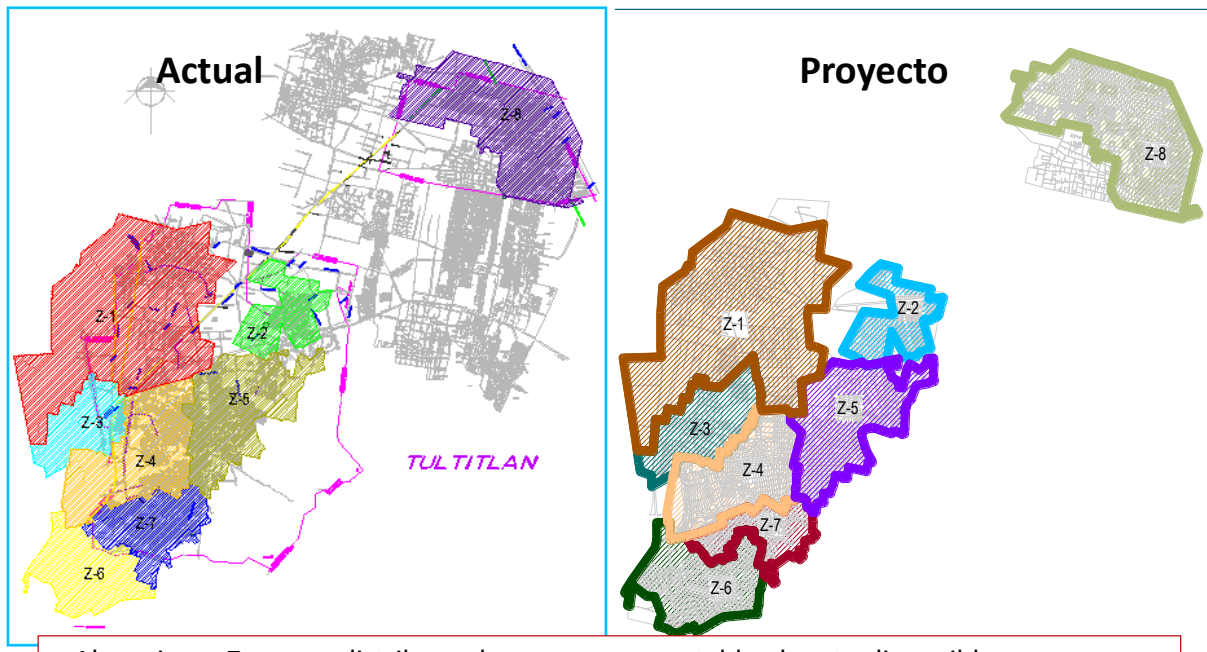
Tabla 4-204.Redistribución de Zona 5 por sub-zonas y balance volumétrico de Proyecto

REDISTRIBUCIÓN PROYECTO	DEMANDA PROYECTO	ABASTECIMIENTO PROYECTO	Balance
-------------------------	------------------	-------------------------	---------

Zona de influencia	Sub-zona de influencia	Colonia	Población (Hab.)	Gasto Medio Demanda (lps)	Demanda Media anual en la Zona (lps)	Fuente de Abastecimiento	Gasto medio Disponible por fuente (lps)	Gasto medio a Suministrar a Zona (lps)	Proyecto
Zona 5. San Mateo	Z5-01	Pueblo de San Mateo PBAJA 60%	3519	9.368	16.35	Derivación Mayorazgos	17	17	0.648
		Mayorazgos Tultitlán	518	1.378					
		Conjunto Brillante.	2106	5.606					
	Z5-02	Solidaridad 1a Sección	2786	7.415	50.50	Pozo San Mateo I	40	51	0.50
		Solidaridad 2a Sec. P.A.	1008	2.683					
		Solidaridad 3a Sec. P.A.	1850	4.923					
		Amp. Las Torres 1/2	1647	4.384					
		Amp. Las Torres 1a Secc. 1/2	54	0.144					
		Amp. Las Torres 2a Secc.	162	0.431					
		Amp. Solidaridad	27	0.072					
		Solidaridad 2a Sec. P.B.	3708	9.871					
	Solidaridad 3a Sec. P.B.	7731	20.580						
	Z5-03	Real del Bosque	16583	44.143	44.14	Pozo Sn Mateo II	45	45	0.86
	Z5-04	Sta. María Cuauhtepc	3870	10.302	9.79	Derivación Santa María	16	16	0.89
		Pueblo de San Mateo P. ALTA 40%	2340	6.229					
		Conj. Casco La Mariscal	563	1.497	5.32				
Residencial Los Sauces		95	0.252						
Conj. Las Terrazas	1130	3.007							
				132.285	126.10		129	129	2.896

La redistribución final se muestra en la siguiente Figura:

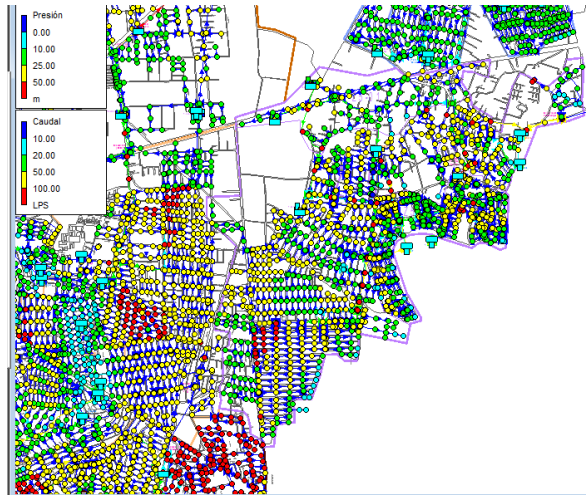
### REASIGNACIÓN DE ZONAS Y SUB-ZONAS



- Al reasignar Zonas se distribuye de manera mas estable el gasto disponible para suministro.
- Al incrementar la producción en los pozos permite dejar fuera parte de la demanda de agua en bloque.

Figura 4-113. Comparativo de áreas de influencia antes y después del proyecto en Tultitlán

El cual se validó con el uso del modelo de simulación hidráulico, del cual se muestra una imagen en la Figura siguiente:



Mejora del funcionamiento hidráulico de las redes, mejorando la capacidad de conducción al incrementar diámetros de algunos tramos de red secundaria.

Presiones máximas hasta de 5 kg/cm<sup>2</sup> en zonas localizadas y aisladas, al colocar válvulas reguladoras de presión.

Presiones mínimas de 0.8 kg/cm<sup>2</sup> en zonas donde antes había desabasto, en la parte mas alta.

Por último al balancear el gasto de suministro a los tanques y a cada zona de influencia, se garantiza el control del volumen entregado y el abasto 24 horas continuas.

Figura 4-114. Modelacion de alternativas de optimización hidráulica en Tultitlan

El tipo de soluciones que arroja el modelo son como las que se muestran en la siguiente tabla para la Zona 5

Tabla 4-205. Ejemplo de soluciones específicas de solución a la problemática de distribución de caudales en Tultitlan

Resumen Problemática Principal Actual
<ul style="list-style-type: none"> <li>De acuerdo al balance volumétrico la producción de agua de los pozos con el apoyo de las derivaciones Solidaridad, Mayorazgos y Santa María, el flujo suministrado es 37.2 lps mas que la demanda en la Zona. Sin embargo existe dependencia de suministro de derivaciones de agua en bloque.</li> <li>La derivación de agua en bloque de Solidaridad no tiene la presión suficiente para hacer llegar el agua a la zona alta de las colonias Solidaridad.</li> <li>Se presentan presiones altas hasta de 9.8 y 10.2 kg/cm<sup>2</sup>, en las zonas bajas de San Mateo.</li> <li>Se detectan líneas de la red secundaria con velocidades altas, provocando pérdidas importantes por fricción y presiones negativas, es decir que las líneas no tienen la capacidad de conducción necesaria.</li> </ul>
Resumen Acciones de Solución
<p><b>Se reconfiguran las sub-zonas limitadas por los tanques San Mateo 2 y San Mateo 3, así como del tanque Santa María Cuauhtepc.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>La zona del pueblo de San Mateo y a la zona de Santa María Cuauhtepc, se usará como fuente de suministro las derivaciones U.H. Mayorazgos y Santa María Cuauhtepc, respectivamente.</li> <li>Para la zona de San Mateo y Solidaridad se plantea suministrar la zona de solidaridad mediante el Tanque 2 el cual será alimentado por el rebombeo Tanque 1 de san Mateo, con un caudal necesario para toda la zona de solidaridad de 51 lps.</li> <li>La colonia Real del Bosque se alimenta del Tanque 3, al cual se debe alimentar 45 lps del Pozo San Mateo II.</li> <li>Se incrementa el caudal de los pozos San Mateo y San Mateo II a 40 y 45 lps.</li> <li>Se reduce el caudal del pozo San Mateo I a 11 lps, ya que no tienen mayor capacidad de producción.</li> <li>Se reconfiguran algunos tramos de líneas de conducción y red secundaria a un mayor diámetro para incrementar la capacidad de conducción de las mismas y asegurar una buena presión (mayor a 1 kg/cm<sup>2</sup>).</li> <li>Se especifican válvulas reductoras de presión para controlar las zonas bajas que abastecen los tanques a una presión no mayor a 4.5kg/cm<sup>2</sup>, para evitar ruptura de tuberías y posibles fugas</li> </ul>

Para evaluar el beneficio que representa el cambio de operación con las medidas propuestas en el proyecto de eficiencia hidráulica, se debe calcular el nuevo trabajo de bombeo requerido en



los equipos propuestos y especificados en el capítulo anterior. El trabajo de bombeo está en relación directa de la carga total de bombeo y el gasto requerido, de esta manera se puede calcular la Potencia Hidráulica requerida por los equipos.

En la tabla 4.206 siguiente se presenta un resumen de la carga-gasto y potencia hidráulica requerida en los equipos, comparando con la situación actual.

Tabla 4-206. Evaluación de la Potencia Hidráulica requerida.

Num.	Equipo	Operación Actual			Operación Proyecto		
		Carga Total de Bombeo (mca)	Gasto medido en campo Q (mca)	Potencia Hidráulica Pw (kW)	Gasto (lps)	Carga (m.c.a.)	Potencia Hidráulica Esperada (kW)
11	(Z1-01) Pozo Santo Domingo I	131.8	15.1	19.52	14.5	130.5	18.56
12	(Z1-01) RB Santo Domingo I B1	23.9	9.2	2.16	14.5	22.7	3.23
64	(Z1-01) RB La Concha B1	34.3	14.3	4.81	3.7	25.0	0.61
65	(Z1-01) RB La Concha B2	12.2	20.7	2.47	20.7	0.0	0.00
9	(Z1-02) Pozo Santo Domingo II	114.8	42.0	47.32	26.8	119.3	27.18
8	(Z1-02) Pozo San Juan I (266)	175.9	18.0	31.05	13.4	152.0	17.89
7	(Z1-02) Pozo San Juan II (Nvo)	197.2	6.0	11.60	6.0	0.0	0.00
27	(Z1-02) RB Ciudad Labor	39.9	65.0	25.43	38.1	30.6	4.40
1	(Z1-03) Pozo Industrial Cartagena	151.0	22.0	32.59	12.0	135.8	15.99
Nvo	(Z1-03) RB Industrial Cartagena (Rehabilitar)	-	-	-	20.5	24.0	3.44
10	(Z1-04) Pozo Viveros	198.0	26.0	50.49	9.5	124.6	11.61
Nvo	(Z1-04) RB Viveros	-	-	-	16.8	20.0	2.35
14	(Z2-01) Pozo Fuentes del Valle (265)	141.0	45.1	62.38	47.0	144.0	66.40
15	(Z2-01) RB Fuentes del Valle B1	30.4	17.5	5.22	17.5	0.0	0.00
16	(Z2-01) RB Fuentes del Valle B2	31.2	56.1	17.14	56.1	0.0	0.00
17	(Z2-01) RB Fuentes del Valle B3	31.1	54.0	16.50	80.0	22.0	11.32
62	(Z2-02) Pozo Villas San José I	98.7	34.2	33.13	33.4	92.2	30.20
63	(Z2-02) Pozo Villas San José II	113.1	28.5	31.62	28.5	0.0	0.00
Nvo	(Z2-02) RB Villas San José I	-	-	-	20.0	20.0	2.69
Nvo	(Z2-02) RB Villas San José II	-	-	-	36.0	20.0	4.79
56	(Z2-03) Pozo Portales	117.5	32.0	36.90	30.0	105.0	30.90
Nvo	(Z2-03) RB Los Portales	-	-	-	28.2	20.0	3.69
Nvo	(Z2-03) RB Agaves	-	-	-	10.0	20.0	1.74
Nvo	(Z2-03) RB Jardines de Tultitlán	-	-	-	7.5	20.0	1.27
13	(Z3-01) RB La Loma Booster	94.0	38.0	35.05	38.0	0.0	0.00
28	(Z4-01) RB Tanque Barrientos B1 Grande	53.1	57.0	29.71	60.1	119.7	70.58
29	(Z4-01) RB Tanque Barrientos B2 Grande	53.1	42.5	22.13	42.5	0.0	0.00
30	(Z4-01) RB Tanque Barrientos B3 Grande	53.2	66.5	34.69	66.5	0.0	0.00
31	(Z4-01) RB Tanque Barrientos B2 Chica	24.6	19.5	4.70	22.8	32.8	7.34
2	(Z4-02) RB Tanque I Lomas de Cartagena B1	9.5	34.0	3.17	40.3	10.0	3.23
3	(Z4-02) RB Tanque I Lomas de Cartagena B3	9.7	21.0	2.00	21.0	0.0	0.00

Num.	Equipo	Operación Actual			Operación Proyecto		
		Carga Total de Bombeo (mca)	Gasto medido en campo Q (mca)	Potencia Hidráulica Pw (kW)	Gasto (lps)	Carga (m.c.a.)	Potencia Hidráulica Esperada (kW)
33	(Z4-03) RB Tanque Lomas del Parque B1	19.5	9.9	1.90	14.5	14.4	2.04
34	(Z4-03) RB Tanque Lomas del Parque B2	19.5	9.2	1.76	9.2	0.0	0.00
35	(Z4-03) RB Tanque Lomas del Parque B3	20.1	11.9	2.35	11.9	0.0	0.00
23	(Z4-06) Pozo Buenavista	159.0	27.2	42.44	32.5	164.5	52.46
24	(Z4-06) RB Booster Buenavista	63.4	49.8	30.97	32.5	62.3	19.87
67	(Z4-08) RB Tulipanes B1	21.0	8.3	1.71	2.6	20.4	0.52
19	(Z5-02) Pozo San Mateo	163.4	28.5	45.68	40.0	177.2	69.52
21	(Z5-02) RB Tanque 1 San Mateo B1	96.3	51.7	48.82	51.0	96.6	48.30
22	(Z5-02) RB Tanque 1 San Mateo B1	96.2	40.8	38.49	40.8	0.0	0.00
20	(Z5-02) Pozo San Mateo I	273.7	13.4	35.98	11.0	179.7	19.39
25	(Z5-03) Pozo San Mateo II	142.6	40.3	56.38	45.0	155.7	68.73
26	(Z5-03) RB Booster San Mateo II	104.5	40.1	41.11	45.0	95.5	42.15
18	(Z5-04) RB Santa María Cuauhtepc B2	77.1	17.2	13.01	15.6	68.6	10.50
44	(Z6-03) RB Tanque Sardaña B1	45.7	103.0	46.15	91.6	51.0	45.78
45	(Z6-03) RB Tanque Sardaña B2	42.3	76.2	31.65	76.2	0.0	0.00
42	(Z6-03) RB Tanque San Marcos B1	46.8	17.8	8.17	36.4	52.9	18.89
43	(Z6-03) RB Tanque San Marcos B2	46.8	18.6	8.53	18.6	0.0	0.00
38	(Z6-04) RB Depósito I de San Marcos B1	36.8	9.7	3.50	12.5	37.0	4.55
39	(Z6-04) RB Depósito I de San Marcos B2	36.9	10.6	3.83	10.6	0.0	0.00
40	(Z6-04) RB Depósito II de San Marcos B1	36.4	1.5	0.54	6.3	34.9	2.16
41	(Z6-04) RB Depósito II de San Marcos B2	42.8	2.3	0.97	2.3	0.0	0.00
66	(Z7-02) RB Sierra de Guadalupe B1	94.9	41.2	38.34	18.8	85.7	15.81
55	(Z8-01) Pozo Portal San Pablo II	103.6	32.0	32.54	59.5	129.4	75.55
57	(Z8-02) Pozo Prados (U. Hab. La Isla)	120.6	37.5	44.38	47.0	120.4	55.51
61	(Z8-02) RB Tanque La Isla B2	28.1	30.5	8.42	125.5	24.0	25.10
48	(Z8-03) Pozo El Reloj	89.2	34.0	29.75	63.6	96.5	60.23
49	(Z8-03) RB El Reloj B1	28.8	30.5	8.61	88.1	25.0	17.97
50	(Z8-03) RB El Reloj B2	28.1	15.0	4.13	15.0	0.0	0.00
51	(Z8-03) RB El Reloj B3	28.1	13.0	3.58	13.0	0.0	0.00
4	(Z8-04) Pozo Bonito Tultitlán	109.3	33.8	36.26	55.8	94.9	51.87
5	(Z8-04) RB Cisterna Bonito Tultitlán B1	27.1	6.5	1.73	77.2	26.0	15.43
6	(Z8-04) RB Cisterna Bonito Tultitlán B2	27.1	3.7	0.98	3.7	0.0	0.00
60	(Z8-05) Pozo San Pablo de las Salinas (267)	94.2	34.4	31.78	40.0	101.0	39.62
47	(Z8-05) Pozo Constitución de 1857	81.4	42.6	34.02	60.0	87.1	51.28
Nvo	(Z8-05) RB Constitución de 1857	-	-	-	140.4	27.0	31.32
46	(Z8-06) Pozo Alborada	94.3	20.8	19.25	45.6	131.0	43.41
54	(Z8-06) Pozo Castera 7	137.1	19.6	26.36	19.6	0.0	0.00

Num.	Equipo	Operación Actual			Operación Proyecto		
		Carga Total de Bombeo (mca)	Gasto medido en campo Q (mca)	Potencia Hidráulica Pw (kW)	Gasto (lps)	Carga (m.c.a.)	Potencia Hidráulica Esperada (kW)
59	(Z8-07) Pozo San Pablo de las Salinas (268)	97.8	39.4	37.79	45.0	103.7	45.77
52	(Z8-07) Pozo Granjas San Pablo I	106.5	5.7	5.96	5.7	0.0	0.00
53	(Z8-07) Pozo Granjas San Pablo II	110.6	21.0	22.79	18.0	85.0	15.00
58	(Z8-07) Pozo Robles y Colorines (Hogares de Castera)	105.9	37.4	38.85	45.0	115.3	50.90
Nvo	(Z8-05) RB Tanque 85 El Rocio	-	-	-	148.8	23.0	28.42
	<b>TOTAL</b>			<b>1,451.21</b>			<b>1,367</b>

Se observa que con el proyecto de eficiencia hidráulica se tiene una disminución de 83.5 kW en potencia hidráulica, que representa una disminución del 5.77%, respecto a la potencia hidráulica requerid por el equipo de bombeo en situación actual

### Evaluación de la Eficiencia Energética de proyecto.

De acuerdo a las especificaciones de los equipos de bombeo señalados en el capítulo anterior, y a los cálculos de disminución del trabajo de bombeo o potencia hidráulica, se evalúa a continuación la eficiencia energética de los equipos de bombeo, tanto de pozos como de rebombes. Esta eficiencia energética se evalúa en dos sentidos.

En primer lugar se evalúa la demanda energética de los equipos de bombeo en kW, y la mejora de la eficiencia reflejada tanto en la eficiencia electromecánica esperada como en el Índice Energético el cual es un parámetro directo de mejora de eficiencia energética relacionando el consumo energético esperado por cada m<sup>3</sup> bombeado.

En la tabla 4.207se realiza la evaluación de la eficiencia energética derivado de las medidas de mejora mencionadas.

Tabla 4-207. Evaluación de Eficiencia Energética de los equipos de bombeo.

Equipo de Rebombeo	Pot. Hid. Actual Pw (kW)	Pot. Elec. Actual Pe (kW)	Eff. EM Actual	Índice Ener. Actual (kW/m <sup>3</sup> )	Pot. Hid. Total Proy. (kW)	Pot. Elec. Proy. (kW)	Efi. EM Proy.	Índice Ener. Esperado (kW/m <sup>3</sup> )
(Z1-01) Pozo Santo Domingo I	19.52	52.51	37.18%	1.11	18.56	28.28	65.60%	0.56
(Z1-01) RB Santo Domingo I B1	2.16	6.94	31.11%	0.22	3.23	4.73	68.42%	0.09
(Z1-01) RB La Concha B1	4.81	7.91	60.80%	0.16	0.61	0.89	68.25%	0.07
(Z1-01) RB La Concha B2	2.47	8.93	27.70%	0.12	0.00	0.00	27.70%	-
(Z1-02) Pozo Santo Domingo II	47.32	75.96	62.29%	0.52	27.18	38.68	70.27%	0.41
(Z1-02) Pozo San Juan I (266)	31.05	52.82	58.79%	0.85	17.89	26.82	66.68%	0.56
(Z1-02) Pozo San Juan II (Nvo)	11.60	26.55	43.71%	1.26	0.00	0.00	43.71%	-
(Z1-02) RB Ciudad Labor	25.43	45.74	55.59%	0.20	4.40	6.45	68.22%	0.05
(Z1-03) Pozo Industrial Cartagena	32.59	54.95	59.32%	0.71	15.99	24.28	65.84%	0.57
(Z1-03) RB Industrial Cartagena (Rehabilitar)	-	-	0.00%	-	3.44	5.05	68.25%	0.07
(Z1-04) Pozo Viveros	50.49	78.01	64.72%	0.87	11.61	17.62	65.91%	0.52
(Z1-04) RB Viveros	-	-	0.00%	-	2.35	3.45	68.25%	0.06

Documentación de Experiencias en Eficiencia Energética y Eficiencia Hidráulica en Organismos Operadores en México

Equipo de Rebombeo	Pot. Hid. Actual Pw (kW)	Pot. Elec. Actual Pe (kW)	Eff. EM Actual	Índice Ener. Actual (kW/m <sup>3</sup> )	Pot. Hid. Total Proy. (kW)	Pot. Elec. Proy. (kW)	Efi. EM Proy.	Índice Ener. Esperado (kW/m <sup>3</sup> )
(Z2-01) Pozo Fuentes del Valle (265)	62.38	97.67	63.87%	0.62	66.40	92.30	71.94%	0.56
(Z2-01) RB Fuentes del Valle B1	5.22	9.93	52.58%	0.16	0.00	0.00	54.86%	-
(Z2-01) RB Fuentes del Valle B2	17.14	25.66	66.82%	0.13	0.00	0.00	66.82%	-
(Z2-01) RB Fuentes del Valle B3	16.50	22.65	72.83%	0.12	11.32	16.59	68.25%	0.06
(Z2-02) Pozo Villas San José I	33.13	81.75	40.52%	0.68	30.20	44.10	68.47%	0.37
(Z2-02) Pozo Villas San José II	31.62	51.73	61.12%	0.52	0.00	0.00	61.12%	-
(Z2-02) RB Villas San José I	-	-	0.00%	-	2.69	3.94	68.25%	0.05
(Z2-02) RB Villas San José II	-	-	0.00%	-	4.79	7.02	68.25%	0.05
(Z2-03) Pozo Portales	36.90	60.73	60.75%	0.54	30.90	44.65	69.21%	0.42
(Z2-03) RB Los Portales	-	-	0.00%	-	3.69	5.40	68.25%	0.05
(Z2-03) RB Agaves	-	-	0.00%	-	1.74	2.55	68.25%	0.07
(Z2-03) RB Jardines de Tultitlán	-	-	0.00%	-	1.27	1.86	68.25%	0.07
(Z3-01) RB La Loma Booster	35.05	54.77	64.00%	0.41	0.00	0.00	64.00%	-
(Z4-01) RB Tanque Barrientos B1 Grande	29.71	56.59	52.50%	0.28	70.58	88.37	79.87%	0.41
(Z4-01) RB Tanque Barrientos B2 Grande	22.13	47.71	46.38%	0.31	0.00	0.00	46.38%	-
(Z4-01) RB Tanque Barrientos B3 Grande	34.69	61.52	56.39%	0.26	0.00	0.00	56.39%	-
(Z4-01) RB Tanque Barrientos B2 Chica	4.70	8.92	52.68%	0.13	7.34	10.13	72.51%	0.12
(Z4-02) RB Tanque I Lomas de Cartagena B1	3.17	5.55	57.15%	0.05	3.23	4.74	68.25%	0.03
(Z4-02) RB Tanque I Lomas de Cartagena B3	2.00	3.44	58.08%	0.05	0.00	0.00	58.08%	-
(Z4-03) RB Tanque Lomas del Parque B1	1.90	4.43	42.83%	0.13	2.04	2.99	68.42%	0.06
(Z4-03) RB Tanque Lomas del Parque B2	1.76	7.24	24.29%	0.22	0.00	0.00	24.29%	-
(Z4-03) RB Tanque Lomas del Parque B3	2.35	7.25	32.36%	0.17	0.00	0.00	32.36%	-
(Z4-06) Pozo Buenavista	42.44	72.38	58.63%	0.76	52.46	75.38	69.59%	0.66
(Z4-06) RB Booster Buenavista	30.97	55.82	55.47%	0.31	19.87	24.46	81.25%	0.21
(Z4-08) RB Tulipanes B1	1.71	4.58	37.33%	0.15	0.52	0.86	60.35%	0.09
(Z5-02) Pozo San Mateo	45.68	80.82	56.52%	0.80	69.52	100.15	69.42%	0.71
(Z5-02) RB Tanque 1 San Mateo B1	48.82	79.92	61.08%	0.43	48.30	59.12	81.70%	0.32
(Z5-02) RB Tanque 1 San Mateo B1	38.49	78.95	48.76%	0.54	0.00	0.00	48.76%	-
(Z5-02) Pozo San Mateo I	35.98	72.48	49.64%	1.54	19.39	30.06	64.50%	0.77
(Z5-03) Pozo San Mateo II	56.38	109.35	51.56%	0.77	68.73	106.56	64.50%	0.68
(Z5-03) RB Booster San Mateo II	41.11	74.72	55.02%	0.52	42.15	52.67	80.01%	0.33
(Z5-04) RB Santa María Cuauhtepc B2	13.01	23.73	54.84%	0.39	10.50	13.65	76.88%	0.25
(Z6-03) RB Tanque Sardaña B1	46.15	73.86	62.48%	0.20	45.78	60.37	75.84%	0.18
(Z6-03) RB Tanque Sardaña B2	31.65	60.92	51.95%	0.22	0.00	0.00	51.95%	-
(Z6-03) RB Tanque San Marcos B1	8.17	15.89	51.41%	0.25	18.89	26.41	71.52%	0.20
(Z6-03) RB Tanque San Marcos B2	8.53	18.88	45.20%	0.28	0.00	0.00	45.20%	-
(Z6-04) RB Depósito I de San Marcos B1	3.50	5.42	64.62%	0.16	4.55	6.46	70.40%	0.14
(Z6-04) RB Depósito I de San Marcos B2	3.83	5.78	66.35%	0.15	0.00	0.00	66.35%	-
(Z6-04) RB Depósito II de San Marcos B1	0.54	1.37	39.05%	0.26	2.16	3.10	69.45%	0.14
(Z6-04) RB Depósito II de San Marcos B2	0.97	1.65	58.75%	0.21	0.00	0.00	58.75%	-

Equipo de Rebombeo	Pot. Hid. Actual Pw (kW)	Pot. Elec. Actual Pe (kW)	Eff. EM Actual	Índice Ener. Actual (kW/m <sup>3</sup> )	Pot. Hid. Total Proy. (kW)	Pot. Elec. Proy. (kW)	Efi. EM Proy.	Índice Ener. Esperado (kW/m <sup>3</sup> )
(Z7-02) RB Sierra de Guadalupe B1	38.34	57.93	66.18%	0.39	15.81	20.51	77.08%	0.30
(Z8-01) Pozo Portal San Pablo II	32.54	50.63	64.26%	0.45	75.55	109.93	68.73%	0.54
(Z8-02) Pozo Prados (U. Hab. La Isla)	44.38	84.35	52.61%	0.65	55.51	80.77	68.73%	0.49
(Z8-02) RB Tanque La Isla B2	8.42	16.93	49.74%	0.15	25.10	34.68	72.38%	0.08
(Z8-03) Pozo El Reloj	29.75	74.00	40.21%	0.61	60.23	87.63	68.73%	0.39
(Z8-03) RB El Reloj B1	8.61	14.96	57.54%	0.14	17.97	26.33	68.25%	0.08
(Z8-03) RB El Reloj B2	4.13	6.98	59.14%	0.13	0.00	0.00	59.14%	-
(Z8-03) RB El Reloj B3	3.58	5.98	59.77%	0.13	0.00	0.00	59.77%	-
(Z8-04) Pozo Bonito Tultitlán	36.26	61.15	59.30%	0.52	51.87	75.48	68.73%	0.39
(Z8-04) RB Cisterna Bonito Tultitlán B1	1.73	10.94	15.77%	0.47	15.43	22.60	68.25%	0.08
(Z8-04) RB Cisterna Bonito Tultitlán B2	0.98	11.93	8.23%	0.90	0.00	0.00	8.23%	-
(Z8-05) Pozo San Pablo de las Salinas (267)	31.78	60.56	52.48%	0.50	39.62	57.64	68.73%	0.41
(Z8-05) Pozo Constitución de 1857	34.02	65.50	51.94%	0.44	51.28	74.62	68.73%	0.35
(Z8-05) RB Constitución de 1857	-	-	0.00%	-	31.32	45.89	68.25%	0.09
(Z8-06) Pozo Alborada	19.25	35.44	54.30%	0.48	43.41	62.25	69.73%	0.39
(Z8-06) Pozo Castera 7	26.36	62.25	42.35%	0.89	0.00	0.00	42.35%	-
(Z8-07) Pozo San Pablo de las Salinas (268)	37.79	71.46	52.88%	0.52	45.77	66.59	68.73%	0.42
(Z8-07) Pozo Granjas San Pablo I	5.96	35.97	16.56%	1.81	0.00	0.00	16.56%	-
(Z8-07) Pozo Granjas San Pablo II	22.79	38.39	59.36%	0.52	15.00	22.99	65.25%	0.36
(Z8-07) Pozo Robles y Colorines (Hogares de Castera)	38.85	67.27	57.75%	0.51	50.90	74.11	68.69%	0.46
(Z8-05) RB Tanque 85 El Rocío	-	-	0.00%	-	28.42	41.63	68.25%	0.08
<b>TOTAL</b>	<b>1,451</b>	<b>2,687</b>	<b>54.01%</b>	<b>0.94</b>	<b>1,367</b>	<b>1,944</b>	<b>70.35%</b>	<b>0.65</b>

Se observa que puede mejorar tanto de la potencia hidráulica y eléctrica demandada por los equipos de bombeo como en el Índice Energético, dando como resultado una disminución de 0.29 kWh/m<sup>3</sup> en el índice energético (costo de producción), el cual representa una disminución de 31.15%. Este parámetro es un dato representativo de la mejora en la Eficiencia Energética que se podrá obtener al implementar el proyecto de eficiencia integral.

### Balance Energético Esperado.

Por último se estimo la energía consumida al realizar las medidas de mejora energética comparando con la energía estimada en un año de operación, y se realiza en nuevo cálculo del balance energético para determinar los ahorros potenciales de energía que se obtendrían al implementar las medidas de mejora de eficiencia energética integral.

En la tabla 4.208 y en la figura 4.115. se muestra el cálculo del balance energético esperado así como del consumo total de energía esperado para los equipos de pozos y rebombes.

Tabla 4-208. Balance de energía esperada en Pozos

Equipo	Consumo	Balance de Energía esperado kWh/año
--------	---------	-------------------------------------

Documentación de Experiencias en Eficiencia Energética y Eficiencia Hidráulica en Organismos Operadores en México

	de Energía ACTUAL (kWh/año)	Consumo de Energía Esperado	Energía Perdida en Conductores Eléctricos	Energía perdida en el Motor	Energía perdida en la Bomba	Energía perdida en la Succ. y Desc.	Energía perdida en Conducción y Carga	Energía perdida en Fugas de agua	Trabajo Útil	Ahorros (kWh/año)
(Z1-01) Pozo Santo Domingo I	520,455	254,058	9,679	39,101	44,956	182	6,084	8,364	145,693	266,397.05
(Z1-01) RB Santo Domingo I B1	25,800	41,215	387	5,512	7,381	4	283	382	27,266	-15,414.92
(Z1-01) RB La Concha B1	28,841	7,731	9	695	1,757	175	314	1,196	3,587	21,110.42
(Z1-01) RB La Concha B2	32,619	-	-	-	-	-	-	-	-	32,618.92
(Z1-02) Pozo Santo Domingo II	675,203	338,453	4,265	48,152	51,200	1,090	24,614	52,283	156,848	336,750.08
(Z1-02) Pozo San Juan I (266)	477,119	235,385	3,647	33,370	43,839	1,839	2,298	37,598	112,795	241,734.04
(Z1-02) Pozo San Juan II (Nvo)	234,411	-	-	-	-	-	-	-	-	234,411.08
(Z1-02) RB Ciudad Labor	398,059	55,750	51	5,033	12,666	1,492	1,615	8,723	26,169	342,308.52
(Z1-03) Pozo Industrial Cartagena	403,559	211,758	1,973	30,405	41,257	2,773	2,848	2,650	129,852	191,800.85
(Z1-03) RB Industrial Cartagena (Rehabilitar)	-	43,625	25	3,924	9,919	47	1,738	6,993	20,979	-43,625.20
(Z1-04) Pozo Viveros	701,924	153,275	1,059	21,919	29,968	1,262	242	1,976	96,848	548,648.93
(Z1-04) RB Viveros	-	29,812	11	2,682	6,780	27	712	4,900	14,700	-29,811.57
(Z2-01) Pozo Fuentes del Valle (265)	722,382	816,280	18,809	112,018	111,729	1,756	16,014	22,146	533,808	-93,897.92
(Z2-01) RB Fuentes del Valle B1	32,413	-	-	-	-	-	-	-	-	32,413.29
(Z2-01) RB Fuentes del Valle B2	103,120	-	-	-	-	-	-	-	-	103,120.15
(Z2-01) RB Fuentes del Valle B3	91,240	144,501	1,197	12,897	32,602	215	3,390	23,550	70,649	-53,260.36
(Z2-02) Pozo Villas San José I	599,139	384,378	3,311	54,909	65,232	1,346	11,154	12,421	236,006	214,760.59
(Z2-02) Pozo Villas San José II	382,036	-	-	-	-	-	-	-	-	382,035.60
(Z2-02) RB Villas San José I	-	34,081	15	3,066	7,750	44	848	5,590	16,769	-34,081.30
(Z2-02) RB Villas San José II	-	60,673	48	5,456	13,792	239	1,526	9,903	29,710	-60,673.12
(Z2-03) Pozo Portales	448,082	391,840	6,079	56,145	62,627	1,307	12,714	12,648	240,319	56,242.63
(Z2-03) RB Los Portales	-	46,703	28	4,201	10,619	118	1,195	7,636	22,907	-46,703.17
(Z2-03) RB Agaves	-	22,034	6	1,982	5,011	6	424	3,651	10,953	-22,033.53
(Z2-03) RB Jardines de Tultitlán	-	16,093	3	1,448	3,660	3	318	2,665	7,996	-16,093.37
(Z3-01) RB La Loma Booster	59,948	-	-	-	-	-	-	-	-	59,947.90
(Z4-01) RB Tanque Barrientos B1 Grande	452,633	773,815	10,281	46,062	107,621	324	8,862	30,033	570,633	-321,182.07
(Z4-01) RB Tanque Barrientos B2 Grande	398,358	-	-	-	-	-	-	-	-	398,357.63
(Z4-01) RB Tanque Barrientos B3 Grande	514,284	-	-	-	-	-	-	-	-	514,283.82
(Z4-01) RB Tanque Barrientos B2 Chica	51,920	87,827	321	9,269	14,787	101	3,464	2,994	56,891	-35,907.22
(Z4-02) RB Tanque I Lomas de Cartagena B1	47,850	41,187	242	3,685	9,315	966	683	6,574	19,722	6,662.80
(Z4-02) RB Tanque I Lomas de Cartagena B3	29,632	-	-	-	-	-	-	-	-	29,632.48
(Z4-03) RB Tanque Lomas del Parque B1	13,280	26,082	288	3,482	4,663	76	490	455	16,628	-12,802.69
(Z4-03) RB Tanque Lomas del Parque B2	21,340	-	-	-	-	-	-	-	-	21,340.39
(Z4-03) RB Tanque Lomas del Parque B3	21,340	-	-	-	-	-	-	-	-	21,339.65
(Z4-06) Pozo Buenavista	640,073	665,959	14,645	93,811	104,253	1,173	2,865	8,984	440,228	-25,886.05
(Z4-06) RB Booster Buenavista	484,038	211,640	316	11,676	27,951	149	7,851	8,185	155,512	272,398.59
(Z4-08) RB Tulipanes B1	33,236	7,465	8	1,118	1,838	111	93	602	3,694	25,771.58
(Z5-02) Pozo San Mateo	719,587	893,674	16,391	126,390	141,919	1,353	18,425	29,460	559,737	-174,086.34
(Z5-02) RB Tanque 1 San Mateo B1	346,746	512,133	1,295	25,542	67,941	356	5,058	20,880	391,061	-165,386.50
(Z5-02) RB Tanque 1 San Mateo B1	341,826	-	-	-	-	-	-	-	-	341,826.03
(Z5-02) Pozo San Mateo I	640,170	262,163	2,451	36,360	55,838	215	5,380	30,887	131,032	378,007.37
(Z5-03) Pozo San Mateo II	970,910	945,064	24,411	128,892	197,941	4,409	2,632	2,934	583,847	25,845.57
(Z5-03) RB Booster San Mateo II	649,974	456,620	1,531	36,542	54,411	61	24,525	16,977	322,571	193,354.61
(Z5-04) RB Santa María Cuauhtepac B2	121,114	118,824	860	8,965	18,312	31	12,936	3,886	73,833	2,290.26
(Z6-03) RB Tanque Sardaña B1	644,339	524,787	3,203	27,122	98,892	123	26,397	7,381	361,668	119,551.91
(Z6-03) RB Tanque Sardaña B2	132,662	-	-	-	-	-	-	-	-	132,662.31
(Z6-03) RB Tanque San Marcos B1	138,745	231,462	3,273	13,439	51,540	34	9,035	3,083	151,059	-92,717.75
(Z6-03) RB Tanque San Marcos B2	157,973	-	-	-	-	-	-	-	-	157,973.21
(Z6-04) RB Depósito I de San Marcos B1	31,436	56,087	270	6,140	10,383	91	3,260	719	35,225	-24,651.12
(Z6-04) RB Depósito I de San Marcos B2	16,720	-	-	-	-	-	-	-	-	16,720.46
(Z6-04) RB Depósito II de San Marcos B1	6,051	27,385	575	2,968	5,221	2	673	359	17,586	-21,333.59
(Z6-04) RB Depósito II de San Marcos B2	7,350	-	-	-	-	-	-	-	-	7,350.12
(Z7-02) RB Sierra de Guadalupe B1	125,698	177,446	260	10,631	29,980	90	6,549	2,599	127,338	-51,747.59
(Z8-01) Pozo Portal San Pablo II	169,632	1,003,710	53,932	123,471	173,524	12,427	178,728	23,081	438,545	-834,078.05
(Z8-02) Pozo Prados (U. Hab. La Isla)	752,770	715,987	18,139	90,720	127,497	788	15,536	23,165	440,142	36,782.83
(Z8-02) RB Tanque La Isla B2	61,262	301,700	2,026	17,980	64,789	144	10,635	41,225	164,901	-240,438.08
(Z8-03) Pozo El Reloj	658,044	767,306	10,201	98,424	138,323	1,711	22,802	9,917	485,927	-109,261.29
(Z8-03) RB El Reloj B1	129,714	227,810	341	20,472	51,749	329	26,129	32,197	96,592	-98,096.41
(Z8-03) RB El Reloj B2	60,519	-	-	-	-	-	-	-	-	60,518.54
(Z8-03) RB El Reloj B3	51,874	-	-	-	-	-	-	-	-	51,873.98
(Z8-04) Pozo Bonito Tultitlán	544,997	672,294	20,187	84,774	119,140	9,027	10,159	8,580	420,426	-127,296.73
(Z8-04) RB Cisterna Bonito Tultitlán B1	11,882	196,846	1,556	17,576	44,428	2	6,540	31,686	95,057	-184,963.55
(Z8-04) RB Cisterna Bonito Tultitlán B2	12,964	-	-	-	-	-	-	-	-	12,963.65
(Z8-05) Pozo San Pablo de las Salinas (267)	536,110	508,123	10,104	64,742	90,988	6,511	24,716	6,221	304,840	27,986.58

Equipo	Consumo de Energía ACTUAL (kWh/año)	Balance de Energía esperado kWh/año								Trabajo Útil	Ahorros (kWh/año)
		Consumo de Energía Esperado	Energía Perdida en Conductores Eléctricos	Energía perdida en el Motor	Energía perdida en la Bomba	Energía perdida en la Succ. y Desc.	Energía perdida en Conducción y Carga	Energía perdida en Fugas de agua			
(Z8-05) Pozo Constitución de 1857	580,311	661,508	16,811	83,811	117,786	1,017	3,204	8,778	430,101	-81,196.66	
(Z8-05) RB Constitución de 1857	-	398,499	2,033	35,682	90,196	739	11,898	64,488	193,463	-398,498.80	
(Z8-06) Pozo Alborada	311,642	547,797	9,995	81,014	81,765	1,403	3,865	73,951	295,804	-236,154.78	
(Z8-06) Pozo Castera 7	544,439	-	-	-	-	-	-	-	-	544,438.73	
(Z8-07) Pozo San Pablo de las Salinas (268)	631,769	586,259	10,948	74,790	105,109	790	6,751	19,393	368,476	45,510.14	
(Z8-07) Pozo Granjas San Pablo I	320,650	-	-	-	-	-	-	-	-	320,650.26	
(Z8-07) Pozo Granjas San Pablo II	112,996	200,579	1,906	25,828	43,212	365	6,209	2,461	120,599	-87,583.49	
(Z8-07) Pozo Robles y Colorines (Hogares de Castera)	596,433	648,050	7,744	83,588	116,911	9,188	24,067	8,131	398,421	-51,616.77	
(Z8-05) RB Tanque 85 El Rocío	-	361,397	1,674	32,375	81,837	876	6,304	47,666	190,665	-361,397.38	
<b>TOTAL</b>	<b>19,783,643</b>	<b>17,105,127</b>	<b>298,821</b>	<b>1,970,258</b>	<b>3,012,806</b>	<b>68,907</b>	<b>585,048</b>	<b>803,209</b>	<b>10,366,078</b>	<b>2'678,516</b>	

Se espera un consumo total anual aproximado para los equipos de bombeo de 17'105,127 kWh/año lo que representa un ahorro global total de **2'678,516 kWh/año**, es decir un **13.5%**.

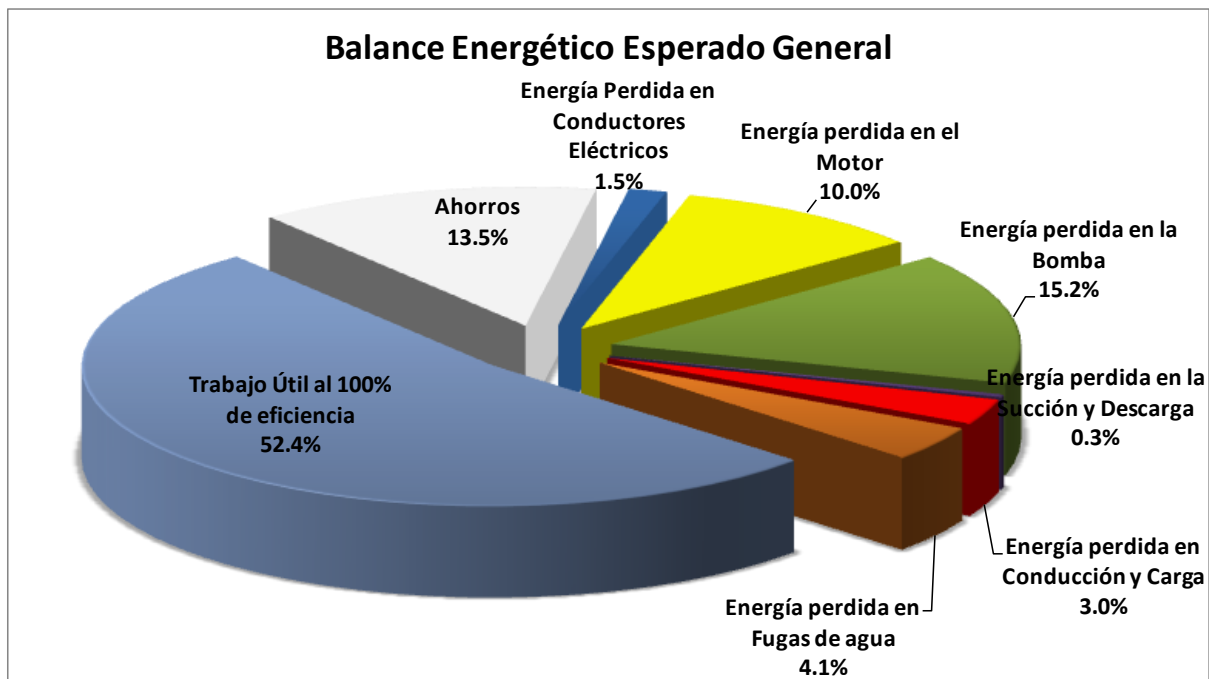


Figura 4-115. Balance de energía esperada en los equipos de bombeo.

Se observa que las pérdidas en el conjunto bomba motor esperadas son tan solo del **25.2%**, contra el **45.2%** que se tenían en el diagnóstico inicial

De acuerdo con los ahorros aquí mostrados se puede realizar la evaluación económica del ahorro tomando una tarifa promedio de \$1.60/kWh, de tal manera que para los equipos de bombeo se puede obtener un ahorro de acuerdo a lo mostrado en la tabla 4.209.

Tabla 4-209. Evaluación económica del ahorro al aplicar medidas de eficiencia energética integradas a la eficiencia hidráulica.

Documentación de Experiencias en Eficiencia Energética y Eficiencia Hidráulica en Organismos Operadores en México

Equipo Pozo	Energía Total Consumida (kWh/año)	Costo Actual de Energía (\$/año)	Costo Unitario de Bombeo CUB (\$/m3)	Consumo de Energía Esperado	Costo Actual de Energía (\$/año)	Costo Unitario de Bombeo CUB (\$/m3)	Ahorro directo en el Consumo de Energía kWh/año
(Z1-01) Pozo Santo Domingo I	520,455	\$832,728.32	\$1.77	254,058	\$406,493.04	\$0.90	\$426,235.28
(Z1-01) RB Santo Domingo I B1	25,800	\$41,279.43	\$0.35	41,215	\$65,943.31	\$0.15	-\$24,663.87
(Z1-01) RB La Concha B1	28,841	\$46,145.84	\$0.25	7,731	\$12,369.17	\$0.11	\$33,776.67
(Z1-01) RB La Concha B2	32,619	\$52,190.27	\$0.19	0	\$0.00	\$0.00	\$52,190.27
(Z1-02) Pozo Santo Domingo II	675,203	\$1,080,324.31	\$0.83	338,453	\$541,524.18	\$0.65	\$538,800.13
(Z1-02) Pozo San Juan I (266)	477,119	\$763,391.20	\$1.36	235,385	\$376,616.73	\$0.90	\$386,774.47
(Z1-02) Pozo San Juan II (Nvo)	234,411	\$375,057.73	\$2.01	0	\$0.00	\$0.00	\$375,057.73
(Z1-02) RB Ciudad Labor	398,059	\$636,894.26	\$0.32	55,750	\$89,200.62	\$0.08	\$547,693.64
(Z1-03) Pozo Industrial Cartagena	403,559	\$645,693.74	\$1.13	211,758	\$338,812.38	\$0.91	\$306,881.35
(Z1-03) RB Industrial Cartagena (Rehabilitar)	0	\$0.00	\$0.00	43,625	\$69,800.31	\$0.11	-\$69,800.31
(Z1-04) Pozo Viveros	701,924	\$1,123,078.61	\$1.39	153,275	\$245,240.32	\$0.83	\$877,838.29
(Z1-04) RB Viveros	0	\$0.00	\$0.00	29,812	\$47,698.52	\$0.09	-\$47,698.52
(Z2-01) Pozo Fuentes del Valle (265)	722,382	\$1,155,811.60	\$0.99	816,280	\$1,306,048.26	\$0.89	-\$150,236.67
(Z2-01) RB Fuentes del Valle B1	32,413	\$51,861.26	\$0.25	0	\$0.00	\$0.00	\$51,861.26
(Z2-01) RB Fuentes del Valle B2	103,120	\$164,992.25	\$0.21	0	\$0.00	\$0.00	\$164,992.25
(Z2-01) RB Fuentes del Valle B3	91,240	\$145,984.25	\$0.19	144,501	\$231,200.83	\$0.09	-\$85,216.58
(Z2-02) Pozo Villas San José I	599,139	\$958,622.52	\$1.08	384,378	\$615,005.58	\$0.59	\$343,616.94
(Z2-02) Pozo Villas San José II	382,036	\$611,256.96	\$0.83	0	\$0.00	\$0.00	\$611,256.96
(Z2-02) RB Villas San José I	0	\$0.00	\$0.00	34,081	\$54,530.07	\$0.09	-\$54,530.07
(Z2-02) RB Villas San José II	0	\$0.00	\$0.00	60,673	\$97,076.99	\$0.09	-\$97,076.99
(Z2-03) Pozo Portales	448,082	\$716,931.56	\$0.86	391,840	\$626,943.35	\$0.67	\$89,988.21
(Z2-03) RB Los Portales	0	\$0.00	\$0.00	46,703	\$74,725.07	\$0.09	-\$74,725.07
(Z2-03) RB Agaves	0	\$0.00	\$0.00	22,034	\$35,253.65	\$0.11	-\$35,253.65
(Z2-03) RB Jardines de Tultitlán	0	\$0.00	\$0.00	16,093	\$25,749.39	\$0.11	-\$25,749.39
(Z3-01) RB La Loma Booster	59,948	\$95,916.64	\$0.65	0	\$0.00	\$0.00	\$95,916.64
(Z4-01) RB Tanque Barrientos B1 Grande	452,633	\$724,213.13	\$0.45	773,815	\$1,238,104.44	\$0.66	-\$513,891.31
(Z4-01) RB Tanque Barrientos B2 Grande	398,358	\$637,372.21	\$0.50	0	\$0.00	\$0.00	\$637,372.21
(Z4-01) RB Tanque Barrientos B3 Grande	514,284	\$822,854.11	\$0.42	0	\$0.00	\$0.00	\$822,854.11
(Z4-01) RB Tanque Barrientos B2 Chica	51,920	\$83,071.40	\$0.21	87,827	\$140,522.95	\$0.20	-\$57,451.55
(Z4-02) RB Tanque I Lomas de Cartagena B1	47,850	\$76,559.31	\$0.08	41,187	\$65,898.83	\$0.05	\$10,660.48
(Z4-02) RB Tanque I Lomas de Cartagena B3	29,632	\$47,411.97	\$0.08	0	\$0.00	\$0.00	\$47,411.97
(Z4-03) RB Tanque Lomas del Parque B1	13,280	\$21,247.29	\$0.21	26,082	\$41,731.59	\$0.09	-\$20,484.30
(Z4-03) RB Tanque Lomas del Parque B2	21,340	\$34,144.62	\$0.36	0	\$0.00	\$0.00	\$34,144.62
(Z4-03) RB Tanque Lomas del Parque B3	21,340	\$34,143.44	\$0.28	0	\$0.00	\$0.00	\$34,143.44
(Z4-06) Pozo Buenavista	640,073	\$1,024,116.68	\$1.21	665,959	\$1,065,534.36	\$1.05	-\$41,417.68
(Z4-06) RB Booster Buenavista	484,038	\$774,460.98	\$0.50	211,640	\$338,623.24	\$0.33	\$435,837.75
(Z4-08) RB Tulipanes B1	33,236	\$53,178.14	\$0.25	7,465	\$11,943.61	\$0.15	\$41,234.53
(Z5-02) Pozo San Mateo	719,587	\$1,151,339.52	\$1.28	893,674	\$1,429,877.66	\$1.13	-\$278,538.14
(Z5-02) RB Tanque 1 San Mateo B1	346,746	\$554,793.81	\$0.69	512,133	\$819,412.20	\$0.52	-\$264,618.40
(Z5-02) RB Tanque 1 San Mateo B1	341,826	\$546,921.65	\$0.86	0	\$0.00	\$0.00	\$546,921.65
(Z5-02) Pozo San Mateo I	640,170	\$1,024,272.43	\$2.46	262,163	\$419,460.64	\$1.23	\$604,811.79
(Z5-03) Pozo San Mateo II	970,910	\$1,553,455.78	\$1.24	945,064	\$1,512,102.87	\$1.08	\$41,352.91
(Z5-03) RB Booster San Mateo II	649,974	\$1,039,958.75	\$0.83	456,620	\$730,591.37	\$0.52	\$309,367.38
(Z5-04) RB Santa María Cuauhtepac B2	121,114	\$193,782.20	\$0.62	118,824	\$190,117.78	\$0.39	\$3,664.42
(Z6-03) RB Tanque Sardaña B1	644,339	\$1,030,941.94	\$0.32	524,787	\$839,658.89	\$0.29	\$191,283.05
(Z6-03) RB Tanque Sardaña B2	132,662	\$212,259.69	\$0.36	0	\$0.00	\$0.00	\$212,259.69
(Z6-03) RB Tanque San Marcos B1	138,745	\$221,991.41	\$0.40	231,462	\$370,339.81	\$0.33	-\$148,348.40
(Z6-03) RB Tanque San Marcos B2	157,973	\$252,757.14	\$0.46	0	\$0.00	\$0.00	\$252,757.14
(Z6-04) RB Depósito I de San Marcos B1	31,436	\$50,297.32	\$0.25	56,087	\$89,739.11	\$0.23	-\$39,441.79
(Z6-04) RB Depósito I de San Marcos B2	16,720	\$26,752.73	\$0.24	0	\$0.00	\$0.00	\$26,752.73
(Z6-04) RB Depósito II de San Marcos B1	6,051	\$9,681.75	\$0.42	27,385	\$43,815.49	\$0.22	-\$34,133.74
(Z6-04) RB Depósito II de San Marcos B2	7,350	\$11,760.20	\$0.33	0	\$0.00	\$0.00	\$11,760.20
(Z7-02) RB Sierra de Guadalupe B1	125,698	\$201,117.58	\$0.63	177,446	\$283,913.73	\$0.49	-\$82,796.15
(Z8-01) Pozo Portal San Pablo II	169,632	\$271,411.06	\$0.73	1,003,710	\$1,605,935.94	\$0.87	-\$1,334,524.88
(Z8-02) Pozo Prados (U. Hab. La Isla)	752,770	\$1,204,431.83	\$1.03	715,987	\$1,145,579.30	\$0.78	\$58,852.53
(Z8-02) RB Tanque La Isla B2	61,262	\$98,018.75	\$0.25	301,700	\$482,719.67	\$0.12	-\$384,700.93
(Z8-03) Pozo El Reloj	658,044	\$1,052,870.93	\$0.98	767,306	\$1,227,689.00	\$0.62	-\$174,818.06
(Z8-03) RB El Reloj B1	129,714	\$207,542.31	\$0.22	227,810	\$364,496.56	\$0.13	-\$156,954.25
(Z8-03) RB El Reloj B2	60,519	\$96,829.66	\$0.21	0	\$0.00	\$0.00	\$96,829.66
(Z8-03) RB El Reloj B3	51,874	\$82,998.37	\$0.21	0	\$0.00	\$0.00	\$82,998.37
(Z8-04) Pozo Bonito Tultitlán	544,997	\$871,995.46	\$0.83	672,294	\$1,075,670.22	\$0.62	-\$203,674.76
(Z8-04) RB Cisterna Bonito Tultitlán B1	11,882	\$19,011.32	\$0.75	196,846	\$314,953.00	\$0.13	-\$295,941.69
(Z8-04) RB Cisterna Bonito Tultitlán B2	12,964	\$20,741.84	\$1.44	0	\$0.00	\$0.00	\$20,741.84



Equipo Pozo	Energía Total Consumida (kWh/año)	Costo Actual de Energía (\$/año)	Costo Unitario de Bombeo CUB (\$/m <sup>3</sup> )	Consumo de Energía Esperado	Costo Actual de Energía (\$/año)	Costo Unitario de Bombeo CUB (\$/m <sup>3</sup> )	Ahorro directo en el Consumo de Energía kWh/año
(Z8-05) Pozo San Pablo de las Salinas (267)	536,110	\$857,775.74	\$0.80	508,123	\$812,997.22	\$0.65	\$44,778.53
(Z8-05) Pozo Constitución de 1857	580,311	\$928,497.71	\$0.70	661,508	\$1,058,412.37	\$0.57	-\$129,914.66
(Z8-05) RB Constitución de 1857	0	\$0.00	\$0.00	398,499	\$637,598.08	\$0.15	-\$637,598.08
(Z8-06) Pozo Alborada	311,642	\$498,626.98	\$0.77	547,797	\$876,474.64	\$0.62	-\$377,847.65
(Z8-06) Pozo Castera 7	544,439	\$871,101.97	\$1.43	0	\$0.00	\$0.00	\$871,101.97
(Z8-07) Pozo San Pablo de las Salinas (268)	631,769	\$1,010,829.85	\$0.82	586,259	\$938,013.63	\$0.67	\$72,816.22
(Z8-07) Pozo Granjas San Pablo I	320,650	\$513,040.41	\$2.89	0	\$0.00	\$0.00	\$513,040.41
(Z8-07) Pozo Granjas San Pablo II	112,996	\$180,793.34	\$0.83	200,579	\$320,926.93	\$0.57	-\$140,133.59
(Z8-07) Pozo Robles y Colorines (Hogares de Castera)	596,433	\$954,293.21	\$0.81	648,050	\$1,036,880.04	\$0.74	-\$82,586.83
(Z8-05) RB Tanque 85 El Rocio	0	\$0.00	\$0.00	361,397	\$578,235.81	\$0.12	-\$578,235.81
<b>TOTAL</b>	<b>19,783,643</b>	<b>\$31,653,828.67</b>	<b>\$1.50</b>	<b>17,105,127</b>	<b>\$27,368,202.75</b>	<b>\$1.03</b>	<b>\$4,285,625.92</b>

Se concluye que el beneficio total al implementar medidas de eficiencia energética en pozos y rebombes puede representar un ahorro total de \$4'285,626.00, disminuyendo el costo de producción a tan solo \$1.03 / m<sup>3</sup> en costo de energía.

El resumen global condensado de indicadores energéticos se presenta en la tabla 4.210

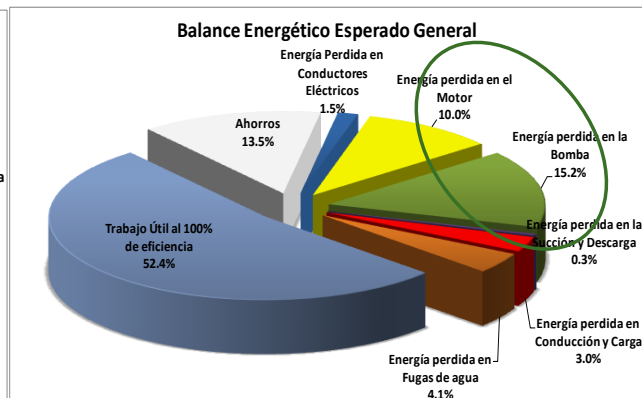
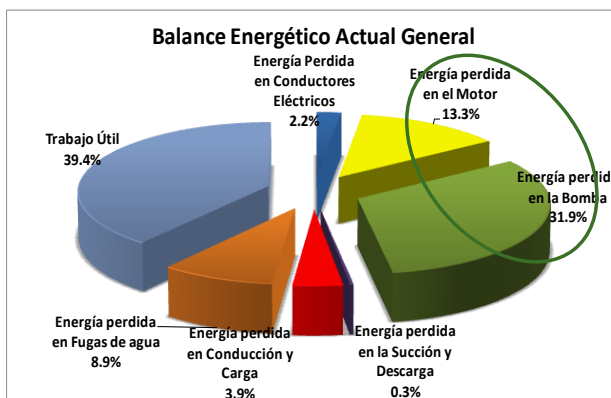
Tabla 4-210. Resumen de indicadores energéticos globales resultantes del proyecto de eficiencia en Tultitlan

	Pot. Hid. Pw (kW)	Pot. Elec. Pe (kW)	Eff. EM	Índice Ener. (kW/m <sup>3</sup> )	Costo Unitario (\$/m <sup>3</sup> )	Consumo Anual (kWh/año)	Costo Anual de Energía (kWh/año)
<b>Actual</b>	<b>1,451</b>	<b>2,687</b>	<b>54.01%</b>	<b>0.94</b>	<b>\$1.50</b>	<b>19,783,643</b>	<b>\$31,653,828.67</b>
<b>Proyecto</b>	<b>1,367</b>	<b>1,944</b>	<b>70.35%</b>	<b>0.65</b>	<b>\$1.03</b>	<b>17,105,127</b>	<b>\$27,368,202.75</b>
<b>Mejora</b>	<b>84</b>	<b>743</b>	<b>16.34%</b>	<b>0.29</b>	<b>\$0.47</b>	<b>2,678,516</b>	<b>\$4,285,625.92</b>

Las pérdidas en el conjunto bomba motor son solo del 25.2%, contra el 45.2%

En general se mejoran todos los indicadores energéticos teniendo como resultado un ahorro del 13.5% global

El Trabajo Útil se incrementa al 52%



De acuerdo al proyecto de Eficiencia Hidráulica, se mencionó que una de las premisas de dicho proyecto es disminuir al máximo posible la demanda de agua en bloque. Es por esto que en la solución se ha tomado en cuenta esta consideración, reflejando ahorros importantes.

De acuerdo al balance volumétrico y a la redistribución de sub-zonas de influencia, para ordenar las áreas de acuerdo a la fuente de suministro, se ha podido disminuir el agua en bloque que se requiere en las "Derivaciones" tanto de agua Estatal como Federal. De esta manera a continuación en la tabla 4.211 se hace el comparativo de la demanda anual de agua en bloque esperada al implementar el proyecto de eficiencia hidráulica, comparando con los volúmenes anuales de agua en bloque demandados por APAST en 2010 y calculando el ahorro a un costo de \$4.80/m<sup>3</sup>.

**Tabla 4-211. Comparativo de Agua en Bloque requerida con la implementación del proyecto de eficiencia hidráulica.**

NOMBRE DE LA DERIVACIÓN	Tipo de Derivación FUENTE	VOLUMEN TOTAL 2010 (m <sup>3</sup> )	Gasto Promedio 2010 lps	Gasto medio de Proyecto (lps)	Volumen Anual Estimado de Proyecto (m <sup>3</sup> )	Ahorro Anual Esperado (m <sup>3</sup> )	Ahorro Anual Esperado a \$4.8/m <sup>3</sup> promedio
DERIVACIÓN CD. LABOR	CONAGUA	1,998,472.00	63.37	13.75	433,620.00	-1,564,852.00	-\$7,511,289.60
DERIV. CEAS Y COCEM	CONAGUA	216,207.00	6.86	17.40	548,726.40	332,519.40	\$1,596,093.12
POZO II ECAT. 3a SECC. U. MORELOS	CONAGUA	1,206,083.00	38.24	0.00	0.00	-1,206,083.00	-\$5,789,198.40
DERIV. LOS REYES E INDEPENDENCIA	CONAGUA	1,915,796.00	60.75	26.68	841,380.48	-1,074,415.52	-\$5,157,194.50
POZO 3 S.M. E.	CONAGUA	215,123.00	6.82	0.00	0.00	-215,123.00	-\$1,032,590.40
PARAJE SAN PABLO	CONAGUA	44,683.00	1.42	1.42	44,781.12	98.12	\$470.98
POZO 49 PRADOS SUR 3a SECC.	CONAGUA	300,603.00	9.53	0.00	0.00	-300,603.00	-\$1,442,894.40
DERIV. POZO 8	CONAGUA	41,135.00	1.30	0.00	0.00	-41,135.00	-\$197,448.00
DERIV. REFORMA Y LAS TORRES	CUTZAMALA	783,236.00	24.84	0.00	0.00	-783,236.00	-\$3,759,532.80
CONJUNTO HAB. MAYORAZGO	CUTZAMALA	61,210.00	1.94	17.00	536,112.00	474,902.00	\$2,279,529.60
DERIV. STA. MA. CUAUTEPEC	CUTZAMALA	575,781.00	18.26	16.00	504,576.00	-71,205.00	-\$341,784.00
TANQUE BARRIENTOS	CAEM NZT	679,370.00	21.54	1.21	38,158.56	-641,211.44	-\$3,077,814.91
DERIV. SIERRA DE GUADALUPE	CUTZAMALA	603,894.00	19.15	0.00	0.00	-603,894.00	-\$2,898,691.20
IZCALLI DEL VALLE	CAEM	1,590,058.00	50.42	31.90	1,005,998.40	-584,059.60	-\$2,803,486.08
NUEVA. TULTITLÁN	CAEM	765,291.00	24.27	1.50	47,304.00	-717,987.00	-\$3,446,337.60
LÍNEA TULTITLÁN 30"	CAEM NZT	7,442,587.00	236.00	197.50	6,228,360.00	-1,214,227.00	-\$5,828,289.60
LA SARDAÑA	CAEM NZT	7,210,402.00	228.64	182.20	5,745,859.20	-1,464,542.80	-\$7,029,805.44
<b>TOTAL</b>		<b>25,649,931.00</b>	<b>813.35</b>	<b>506.56</b>	<b>15,974,876.16</b>	<b>-9'675,054.84</b>	<b>-\$46,440,263.23</b>

**Se observa que al implementar el proyecto de eficiencia hidráulica se pueden llegar a tener ahorros de demanda en agua en bloque hasta de 9'675,055 m<sup>3</sup> anuales, lo cual representa un ahorro hasta de \$46'440,263.64 anuales.**

### **Análisis Costo Beneficio.**

Por último en la Tabla 4.14.22 se realiza la evaluación total del Costo-Beneficio que se tendrá al aplicar las medidas de los proyectos de eficiencia hidráulica, física y energética, de acuerdo a lo señalado en el presente documento.

Es sumamente importante recalcar la aplicación integral de las medidas para alcanzar el beneficio máximo de ahorro.

**Tabla 4-212. Evaluación Costo Beneficio del Proyecto de Eficiencia Integral**

INVERSIONES	
Inversión en Modificaciones a la red y operación hidráulica	\$ 27,615,939.98
Inversión para Equipamiento de Pozos y Rebombes	\$ 14,480,195.00
<b>Inversión para implementación de Proyecto Integral</b>	<b>\$ 42,096,134.98</b>
Costo estimado para Reducción de Fugas	\$ 13,991,796.00
<b>Total Inversión Total incluyendo reducción de fugas</b>	<b>\$ 56,087,930.98</b>
AHORROS	
Ahorros por Agua en Bloque	\$ 46,440,263.23
Ahorros Por mejora de Eficienci EM y FP	\$ 4,285,625.92
<b>Ahorro Total</b>	<b>\$ 50,725,889.15</b>
Tasa de Retorno por implementación del proyecto integral	<b>0.83</b>
Tasa de Retorno adicionando programa de reducción de Fugas	<b>1.11</b>

Se concluye que el aplicar todas las medidas descritas en el presente proyecto pueden representar ahorros anuales hasta del \$50'726,000.00 en números redondos, con un costo de inversión estimado en \$56'100,000.00, con lo que se puede tener un retorno directo de la inversión en un año y dos meses.

## 4.15 PROYECTO : 11 MUNICIPIOS CONURBADOS , EDOMEX

Tipo de Proyecto	Energético
Alcance	Proyecto

### 4.15.1 Descripción de la zona de proyecto seleccionada

En la zona conurbada del Valle de México se concentra más del 20% de la población y es el centro político y económico del país. El abastecimiento de agua se realiza por la extracción de agua de la cuenca del Valle de México y desde hace más de 28 años se importa agua de otras cuencas (Lerma y Cutzamala). La problemática para el abastecimiento y desalojo de aguas residuales en esta zona es muy compleja y el reto para recuperar el equilibrio hidrológico de la cuenca y poder dar viabilidad a la Zona Metropolitana en el mediano y largo plazo es sumamente grande. Bajo este panorama fue creado el Fideicomiso 1928, instrumento por el cual la Federación deposita íntegramente los pagos que hacen el Distrito Federal y Estado de México por concepto de aprovechamientos de agua en bloque para destinar estos recursos a obras hidráulicas. Adicionalmente, el 8 de noviembre de 2007, el Presidente de la República lanzó el Programa de Sustentabilidad Hídrica de la Cuenca del Valle de México, convocando a los Gobiernos del Distrito Federal, Estado de México e Hidalgo a sumarse a la tarea de recuperar el equilibrio ecológico de esta Cuenca.

Bajo esta perspectiva resulta fundamental combinar estos esfuerzos con el fortalecimiento técnico, financiero y administrativo de los organismos operadores que se ubican en esta zona. Para ello, la Conagua apoya a través de sus programas de fortalecimiento de forma prioritaria aquellas acciones que contribuyan al mejoramiento de la eficiencia. Entre estos programas se encuentra el Programa de Asistencia Técnica para la Mejora de la Eficiencia del Sector de Agua Potable y Saneamiento (PATME) financiado parcialmente por el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (BIRF) que tiene dentro de sus componentes el objetivo de generar modelos exitosos de mejoramiento de eficiencia que puedan ser aprovechados por otros organismos operadores del país.

Con recursos de este Programa se contrató este proyecto que tuvo como fin hacer una revisión de las instalaciones electromecánicas de algunos organismos operadores de la zona conurbada del Valle de México para emitir recomendaciones tendientes a la reducción de costos energéticos y operativos para que estos recursos puedan ser aprovechados en otras áreas para mejorar el servicio y reducir las pérdidas de agua. Estas experiencias podrán servir de referencia para otros organismos con problemas similares.

La metodología utilizada para realizar estos trabajos proviene del Manual de Incremento de Eficiencia Física, Hidráulica y Energética que fue publicado por la Conagua a finales de 2009 y financiado igualmente con recursos del Programa PATME, por lo que el objetivo del presente proyecto consistió en recomendar acciones que permitan mejorar las condiciones de operación de los equipos electromecánicos, priorizando aquellas que resulten menos costosas, de mayor impacto y que arrojen resultados positivos a corto plazo.

Estas recomendaciones fueron definidas a través de la inspección física de las instalaciones, mediciones de campo y el análisis de los resultados, con la finalidad de determinar acciones de bajo costo que incidan en el incremento de eficiencia física y ahorren agua y energía. Asimismo, se contemplaron las necesidades de mantenimiento integral de las instalaciones; y se determinaron indicadores de gestión que servirán para dar seguimiento y corroborar el beneficio de las acciones de mejora que sean implementadas.

Los organismos operadores que fueron seleccionados para este fin se encuentran ubicados en el Estado de México y pertenecen al área conurbada con el Distrito Federal, siendo los siguientes: Tultitlán, Cuautitlán Izcalli, Teoloyucan, Coacalco, Tecámac, Nezahualcóyotl, Chimalhuacán, La Paz, Ixtapaluca, Valle de Chalco y Chalco. Su ubicación se muestra en la Fig. siguiente

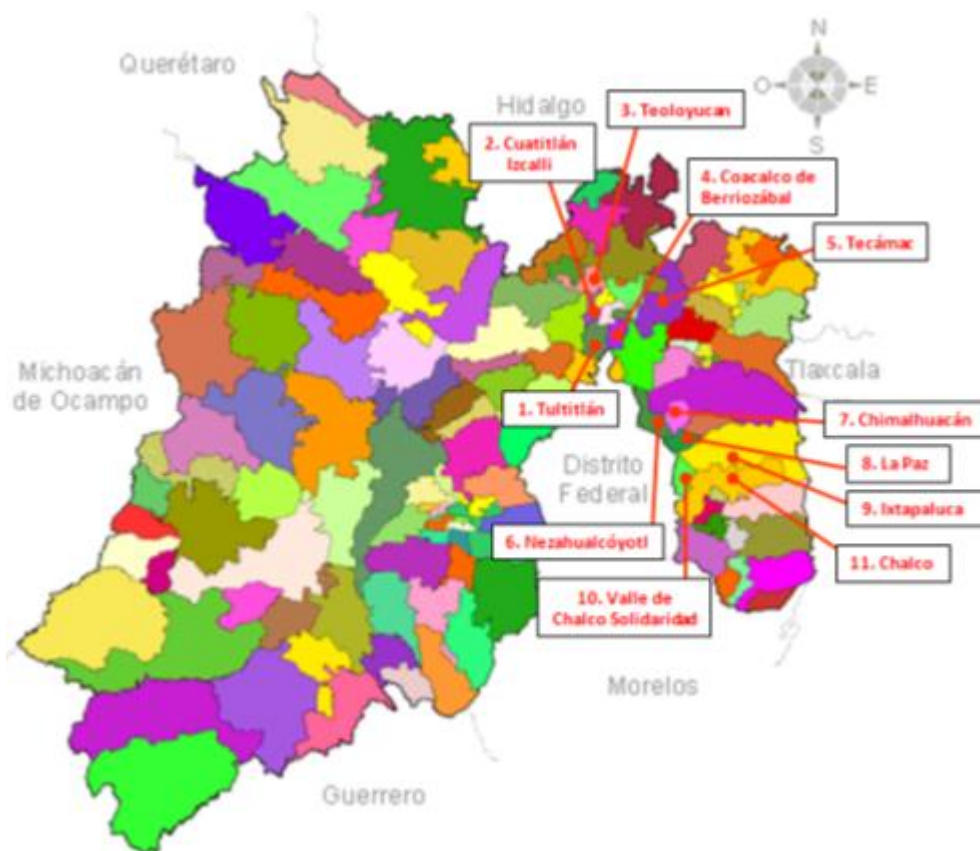


Figura 4-116. Municipios incluidos en el proyecto de eficiencia

En la tabla siguiente se muestra un resumen de equipos por organismo operador, donde se incluyen solo aquellos cuya operación está a cargo del organismo.

Tabla 4-213. Resumen de equipos totales, evaluados y globales por municipio

Organismo operador	Número de equipos bajo responsabilidad del organismo			Total de equipos	Número de equipos seleccionados para evaluación		Total de equipos evaluados	Número de equipos que faltaría evaluar	
	Pozos	No. De sitios de rebombeo	Equipos en rebombeos		Pozos	Rebombeos		Pozos	Rebombeos
Tultitlán	26	20	47	73	7	4	11	19	43
Cuautitlán izcalli	51	26	68	119	9	3	12	42	65
Teoloyucan	4	0	0	4	4	0	4	0	0
Coacalco	23	21	54	77	7	5	12	16	49
Tecámac	19	4	13	32	7	5	12	12	8
Nezahualcoyotl	8	6	18	26	6	3	9	2	15
Chimalhuacan	12	12	12	24	8	2	10	4	10
La paz	6	3	6	12	6	4	10	0	2
Ixtapaluca	39	4	4	43	9	1	10	30	3
Valle de chalco	8	0	0	8	8	0	8	0	0
Chalco	16	0	0	16	10	0	10	6	0
<b>Total</b>	<b>212</b>	<b>96</b>	<b>222</b>	<b>434</b>	<b>81</b>	<b>27</b>	<b>108</b>	<b>131</b>	<b>195</b>

Los pozos y rebombeos seleccionados son los que tienen una capacidad representativa dentro del sistema que los integra y presentan índices energéticos relevantes. En la Tabla 4.214 se muestran el listado completo de los equipos evaluados por organismo, donde se integra la capacidad en H.P., su consumo de energía total anual y el flujo bombeado en m<sup>3</sup> al año, para calcular el índice energético de cada uno.

Los pozos y rebombeos seleccionados son los que tienen una capacidad representativa dentro del sistema que los integra y presentan índices energéticos relevantes. En la Tabla 4.214 se muestran el listado completo de los equipos evaluados por organismo, donde se integra la capacidad en H.P., su consumo de energía total anual y el flujo bombeado en m<sup>3</sup> al año, para calcular el índice energético de cada uno.

Tabla 4-214. Lista de equipos evaluados por organismo.

Organismo Operador	No.	Sistema	Equipo	Motor		Bomba	Flujo Bombeado m <sup>3</sup> /Año	Energía Consumida Actual kWh/año	Índice Ener.IE kWh/m <sup>3</sup>
				HP	Tensión V	Tipo			
TULTILÁN	1	San Mateo	Pozo	100	440	Turbina vertical	652,795	553,405	0.85
	2	Sistema San Mateo I	Pozo	150	440	Sumergible	457,272	691,341	1.51
	3	Tanque San Mateo 1	Bomba 1	100	440	Turbina vertical	425,736	179,513	0.42
	4	Tanque San Mateo 1	Bomba 2	100	440	Turbina vertical	370,548	176,800	0.48
	5	Sistema San Mateo II	Booster	150	440	Turbina vertical	1,545,264	682,365	0.44
	6	Sistema San Mateo II	Pozo	200	440	Sumergible	1,545,264	1,233,685	0.80
	7	Buena Vista	Booster	125	440	Turbina vertical	1,671,408	481,908	0.29
	8	Buena Vista	Pozo	100	440	Sumergible	977,616	648,433	0.66
	9	La Alborada	Pozo	150	440	Turbina vertical	618,106	421,089	0.68
	10	Prados	Pozo	100	440	Sumergible	1,261,440	605,691	0.48
	11	El Reloj	Pozo	150	440	Turbina vertical	756,864	438,317	0.58
CUAUTILÁN	1	Pozo 260 San Miguel	1	75	440	Sumergible	788,400	605,528	0.77
	2	Pozo 261 Axotlán II	1	125	440	Sumergible	1,198,368	867,848	0.72
	3	Pozo 258 Bosques de la HDA	1	150	440	Sumergible	977,616	683,639	0.70
	4	Pozo Adolfo López Mateo	1	125	440	Sumergible	898,776	744,707	0.83
	5	Pozo Cofradía II	1	75	440	Sumergible	678,024	482,217	0.71
	6	Pozo Cofradía I	1	125	440	Sumergible	914,544	736,221	0.81
	7	Pozo Potrero Bis	1	60	440	Sumergible	599,184	500,115	0.83
	8	Pozo 264 San Pablo	1	125	440	Sumergible	1,135,296	860,549	0.76
	9	Pozo 259 Axotlán I	1	175	440	Sumergible	1,482,192	1,034,392	0.70
	10	Tanque 3	4	40	460	Centrífuga	594,454	96,399	0.16
	11	Tanque 3	3	75	440	Centrífuga	946,080	232,550	0.25
	12	Tanque 3	1	40	460	Centrífuga	441,504	96,360	0.22
TEOLOYUCAN	1	Pozo San Jorge II	1	150	440	Sumergible	687,485	974,145	1.42
	2	Pozo Villas	1	150	440	Sumergible	851,472	745,397	0.88
	3	Pozo Zimapán	1	150	440	Sumergible	1,292,976	675,154	0.52
	4	Pozo Providencia	1	75	440	Turbina vertical	536,112	274,471	0.51
COACALCO	1	Pozo San Rafael (Hugo S.)	1	150	440	Sumergible	1,608,336	946,405	0.59
	2	Pozo Lilas	1	50	440	Sumergible	504,576	315,455	0.63
	3	Pozo Mimosas	1	200	440	Sumergible	2,144,448	1,026,627	0.48
	4	Pozo Mostajos	1	150	440	Sumergible	2,333,664	1,079,000	0.46

Organismo Operador	No.	Sistema	Equipo	Motor		Bomba	Flujo Bombeado m <sup>3</sup> /Año	Energía Consumida Actual kWh/año	Índice Ener.IE kWh/m <sup>3</sup>	
				HP	Tensión V	Tipo				
	5	Pozo Héroes I	1	150	440	Sumergible	1,971,000	935,090	0.47	
	6	Cisterna Héroes I	Bomba 1	50	440	Turbina vertical	851,472	101,835	0.12	
	7	Cisterna Héroes I	Bomba 2	50	440	Turbina vertical	886,950	108,405	0.12	
	8	Pozo Serbales	1	125	440	Sumergible	1,576,800	762,917	0.48	
	9	Pozo Zarparrillas	1	100	440	Sumergible	1,277,208	604,631	0.47	
	10	Cisterna Zarparrillas	Bomba 1	250	440	Turbina vertical	2,633,256	608,820	0.23	
	11	Cisterna Zarparrillas	Bomba 2	250	440	Turbina vertical	3,453,192	784,020	0.23	
	12	Cisterna Zarparrillas	Bomba 3	250	440	Turbina vertical	78,840	106,580	1.35	
	TECÁMAC	1	Rebombero Los Olivos	Bomba 5	20	440	Centrifuga	178,967	35,534	0.20
		2	Rebombero Los Olivos	Bomba 4	20	440	Centrifuga	146,642	35,092	0.24
		3	Rebombero Los Olivos	Bomba 3	15	440	Centrifuga	173,448	13,578	0.08
		4	Rebombero Los Olivos	Bomba 2	15	440	Centrifuga	165,564	13,250	0.08
5		Rebombero Los Olivos	Bomba 1	15	440	Centrifuga	157,680	13,031	0.08	
6		Pozo Villas III	1	350	440	Sumergible	1,608,336	1,745,205	1.09	
7		Pozo Villas II	1	200	440	Sumergible	1,371,816	973,803	0.71	
8		Pozo Villas I	1	75	440	Sumergible	678,024	527,243	0.78	
9		Pozo Ejidos Tecámec	1	200	440	Sumergible	1,482,192	1,413,952	0.95	
10		Pozo San Martín Azcatepec	1	300	440	Sumergible	1,608,336	1,323,403	0.82	
11		Pozo Sto. Domingo Ajoloapan	1	75	440	Sumergible	876,701	587,556	0.67	
11		Pozo Santa María Ajoloapan	1	100	440	Sumergible	662,782	394,399	0.60	
NEZAHUALCOYOTL	1	Rebombero Pantitlán	Bomba 3	250	440	Turbina vertical	2,187,810	166,757	0.08	
	2	Rebombero Pantitlán	Bomba 2	250	440	Turbina vertical	2,207,520	177,714	0.08	
	3	Tanque Carmelo	1	50	440	Turbina vertical	1,235,160	163,953	0.13	
	4	Pozo 329	1	200	440	Turbina vertical	2,585,952	815,768	0.32	
	5	Pozo 330	1	250	440	Sumergible	3,185,136	1,376,738	0.43	
	6	Pozo 8	1	175	440	Sumergible	2,333,664	990,226	0.42	
	7	Pozo 3	1	250	440	Sumergible	3,815,856	1,491,937	0.39	
	8	Pozo 7	1	250	440	Turbina vertical	4,730,400	1,463,590	0.31	
	9	Pozo 5	1	350	440	Sumergible	3,405,888	1,518,398	0.45	
CHIMALHUACAN	1	Pozo Tlatelco	1	200	440	Sumergible	1,986,768	866,315	0.44	
	2	Pozo Santo Domingo	1	150	440	Turbina vertical	2,112,912	843,560	0.40	
	3	Pozo El Refugio	1	250	440	Turbina vertical	2,175,984	1,378,477	0.63	
	4	Pozo El Embarcadero	1	250	440	Turbina vertical	2,081,376	1,326,075	0.64	
	5	Pozo San Agustín I	1	250	440	Turbina vertical	2,932,848	753,360	0.26	
	6	Rebombero San Agustín I	Huizache	40	440	Centrifuga	118,260	78,183	0.66	
	7	Rebombero San Agustín I	Calvario	200	440	Turbina vertical	1,099,818	322,258	0.29	
	8	Pozo San Lorenzo I	1	250	440	Sumergible	2,743,632	1,965,698	0.72	
	9	Pozo San Lorenzo II	1	200	440	Sumergible	2,838,240	1,341,764	0.47	
	10	Pozo Xochiaca	1	125	220	Turbina vertical	1,986,768	739,037	0.37	
LA PAZ	1	Pozo TXR 25	1	250	440	Turbina vertical	2,585,952	1,139,449	0.44	
	2	Pozo TX311	1	250	440	Turbina vertical	2,806,704	1,060,417	0.38	

Organismo Operador	No.	Sistema	Equipo	Motor		Bomba	Flujo Bombeado m <sup>3</sup> /Año	Energía Consumida Actual kWh/año	Índice Ener.IE kWh/m <sup>3</sup>	
				HP	Tensión V	Tipo				
	3	Pozo TX316	1	250	440	Turbina vertical	2,869,776	1,465,709	0.51	
	4	Pozo Tecamachalco	1	100	440	Turbina vertical	1,084,050	416,424	0.38	
	5	Rebombeo Tecamachalco	2	75	440	Turbina vertical	977,616	569,400	0.58	
	6	Rebombeo Tecamachalco	1	50	440	Turbina vertical	118,260	78,840	0.67	
	7	Rebombeo La Paz	1	250	440	Turbina vertical	3,878,928	1,291,530	0.33	
	8	Pozo TX332	1	250	460	Turbina vertical	1,847,347	844,604	0.46	
	9	Rebombeo TX333	1	75	460	Turbina vertical	488,808	227,805	0.47	
	10	Pozo 10 colonias	1	350	440	Turbina vertical	2,680,560	1,675,627	0.63	
	IXTAPALUCA	1	Pozo Acueducto	1	60	220	Turbina vertical	252,288	255,281	1.01
		2	Pozo La Era Nuevo México	1	150	440	Turbina vertical	1,576,800	771,532	0.49
3		Pozo San José de la Palma	1	150	440	Turbina vertical	851,472	631,596	0.74	
4		Pozo 4 San Francisco	1	125	440	Sumergible	678,024	781,276	1.15	
5		Pozo 14 San Francisco	1	60	440	Sumergible	302,746	394,819	1.30	
6		Pozo 15 San Francisco	1	125	440	Sumergible	725,328	800,016	1.10	
7		Rebombeo Ampl. San Fco.	1	20	220	Centrifuga	21,642	42,958	1.98	
8		Pozo 30 San Buenaventura	1	125	440	Sumergible	1,021,766	903,584	0.88	
9		Pozo 31 San Buenaventura	1	250	440	Sumergible	1,432,523	1,454,526	1.02	
10		Pozo 32 San Buenaventura	1	250	440	Sumergible	1,810,166	1,490,805	0.82	
VALLE DE CHALCO	1	Pozo No. 1	1	300	460	Turbina vertical	3,658,176	1,517,324	0.41	
	2	Pozo No. 2	1	300	460	Turbina vertical	3,563,568	1,508,832	0.42	
	3	Pozo No. 3	1	300	460	Turbina vertical	3,216,672	1,605,989	0.50	
	4	Pozo No. 4	1	300	460	Turbina vertical	3,815,856	1,580,583	0.41	
	5	Pozo No. 5	1	200	440	Turbina vertical	2,175,984	920,318	0.42	
	6	Pozo No. 7	1	250	440	Turbina vertical	3,200,904	991,063	0.31	
	7	Pozo No. 8	1	250	440	Turbina vertical	3,358,584	1,632,006	0.49	
	8	Pozo Geovillas	1	60	220	Sumergible	397,440	153,883	0.39	
CHALCO	1	Pozo No. 2	1	75	440	Sumergible	946,080	570,860	0.60	
	2	Pozo No. 3	1	100	440	Turbina vertical	1,103,760	430,896	0.39	
	3	Pozo No. 4	1	125	440	Turbina vertical	2,144,448	764,164	0.36	
	4	Pozo No. 5	1	100	460	Turbina vertical	1,734,480	695,418	0.40	
	5	Pozo No. 6	1	200	440	Turbina vertical	2,239,056	1,025,337	0.46	
	6	Pozo No. 8	1	100	440	Sumergible	1,419,120	644,724	0.45	
	7	Pozo Xico Nuevo	1	100	460	Turbina vertical	756,864	307,146	0.41	
	8	Pozo Huitzilzingo	1	200	440	Turbina vertical	1,229,904	692,629	0.56	
	9	Pozo Portal Chalco	1	150	440	Sumergible	1,545,264	862,889	0.56	
	10	Pozo Paseos de Chalco	1	75	440	Sumergible	441,504	189,503	0.43	



## 4.15.2 Desarrollo del proyecto y sus resultados

Durante el proyecto, se evaluaron 3 aspectos que fueron los siguientes:

- Evaluación del Balance de Energía (Eficiencia Energética)
- Evaluación de Instalaciones Eléctricas y Mantenimiento
- Evaluación de la Operación e Instalaciones Hidráulicas

Las metodologías aplicadas para cada aspecto fueron las siguientes:

### Eficiencia Energetica

Se utilizó la metodología del Balance de Energía (BE) en un Sistema de Agua y Saneamiento que es la aplicación de un conjunto de técnicas para determinar la eficiencia en cada uno de los componentes consumidores en una instalación de agua y saneamiento., para determinar dónde y cómo es utilizada la misma, además de especificar cuanta es desperdiciada. En la Fig. 4.117 se muestra un esquema de las pérdidas típicas de energía en un sistema de abastecimiento de agua y de las componentes a evaluar.

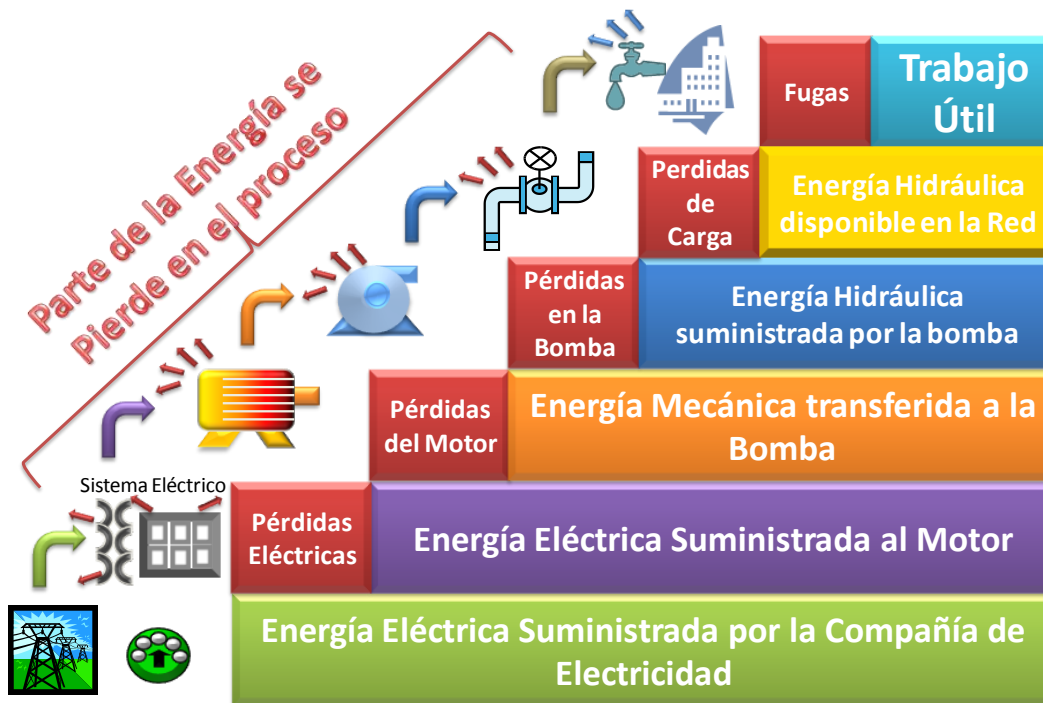


Figura 4-117. Distribución Típica de Energía en un Sistema de Agua Potable

El objetivo final de este método es la identificación de medidas técnicas y administrativas rentables para el ahorro de energía en dicha instalación, como parte del desarrollo de un proyecto de eficiencia energética.

Para desarrollar el BE, se siguió una secuencia ordenada que llevo a mejores resultados. Dicha secuencia requiere realizar trabajos de campo y gabinete en la Fig. 4.118; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se muestra un diagrama que indica de manera resumida, las principales actividades necesarias para realizar un BE.



Figura 4-118. Pasos para realizar la Evaluación del Balance Energético

## Evaluación de Instalaciones eléctricas

El método para la evaluación de instalaciones eléctricas, considero dos aspectos:

- Seguridad para el personal que las opera y controla.
- Seguridad de las propias instalaciones tomando en cuenta que finalmente esto influye en forma determinante en la continuidad del servicio al prevenir paros inesperados.

El respaldo fue la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2005, "Instalaciones eléctricas (utilización)", con la cual se debe cumplir obligatoriamente, y que tiene por fin garantizar los dos puntos señalados.

Se contemplan todas las instalaciones eléctricas desde la acometida con el organismo suministrador hasta el motor eléctrico del equipo de bombeo.

La evaluación comprende la visita ocular considerando los siguientes aspectos:

- Valores de las protecciones
- Los conductores, características y calibre
- Las canalizaciones
- Los equipos de control
- Las instalaciones de media tensión
- Mediciones de puesta a tierra

## Evaluación del mantenimiento

Para la evaluación del mantenimiento se consideran aspectos tanto los eléctricos como los mecánicos en los siguientes puntos:

Para los eléctricos

- 1) Acometida y transformador
- 2) Centro de control de motores
- 3) Motores eléctricos

Para los mecánicos

- 1) Bombas.
- 2) Flechas y accesorios de acoplamiento mecánico.

## Resultados del proyecto

### Balance de energía actual y esperado.

Para determinar las recomendaciones correspondientes además de lo observado en las inspecciones de campo, el análisis de operación de los equipos, se realizaron las mediciones de parámetros eléctricos e hidráulicos para determinar el Balance de Energía, que consiste en el análisis crítico de todos los componentes en una instalación consumidora de energía, para determinar dónde y cómo es utilizada la misma, además de especificar cuanta es desperdiciada.

Para cada equipo evaluado se realizaron los balances de energía en forma particular. En la Fig. 4.15.4 se encuentra el balance de energía actual integrado de todos los equipos evaluados (108 equipos en total) en los 11 organismos.

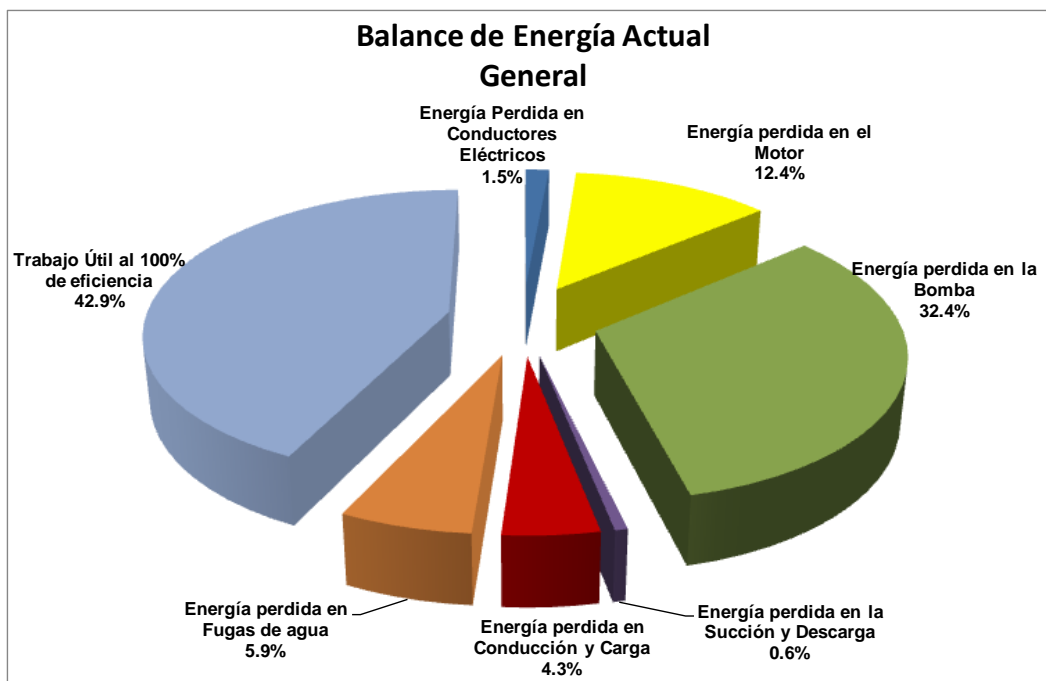


Figura 4-119. Balance de Energía Actual integrado de los 108 equipos evaluados.

En la figura se observa que la mayor pérdida de energía se presenta en las componentes de **motor y bomba**, con un **44.8%** del total de energía suministrada.

**Durante la inspección del estado del mantenimiento, se observaron condiciones del equipo de bombeo, que resolviéndose pueden aportar una mejora en el rendimiento energético como los siguientes ejemplos**

### Booster San Mateo II

La flecha presenta vibraciones por desalineamiento.



Escurremientos en prensa estopa.

Figura 4-120. Hallazgos típicos en el análisis de las condiciones de mantenimiento en el proyecto

Otra situación que se encontró de manera recurrente, fue que los equipos de bombeo se encuentran trabajando fuera de su zona óptima de trabajo. Esto ocasiona que las eficiencias de las bombas se vean bajas como lo muestra la siguiente figura :

**Muchas bombas se encuentran trabajando fuera de su zona óptima de diseño, lo que se traduce en bajas eficiencias de operación.**

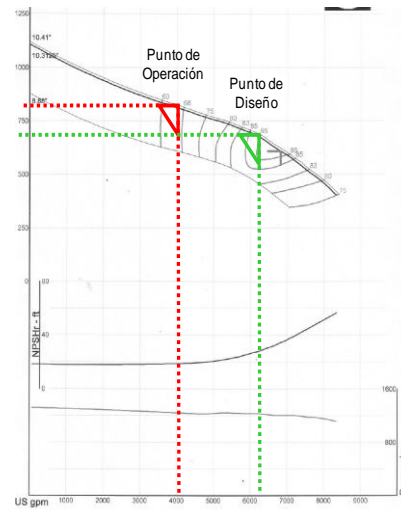
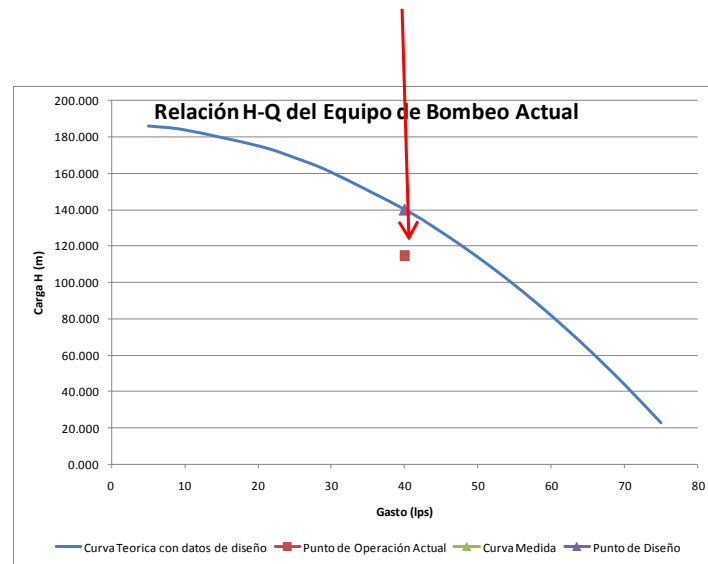


Figura 4-121. Situación encontrada al analizar el punto de operación real de los equipos de bombeo evaluados

Y en la siguiente figura se muestra un ejemplo del análisis en el pozo Prados en el municipio de Tultitlan

### Punto de operación por debajo de la curva teórica de la bomba en Pozo Prados



Possible causa: impulsores desgastados

Figura 4-122. Condición típica de trabajo de los equipos de bombeo analizados

Esta situación se refleja en los resultados de la evaluación general de eficiencia electromecánica de los 110 equipos de bombeo, cuyo resumen se muestra en la tabla siguiente:

Figura 4-123. Eficiencias Electromecánicas de los equipos evaluados

No.	Organismo	Eficiencias promedio		
		Potencia Eléctrica Total Pe (kW)	Potencia Hidráulica Total Ps (kW)	Eficiencia Electromecánica %
1	Tultitlán	805.78	461.68	57.30%
2	Cuautitlán	819.25	497.37	60.71%
3	Teoloyucan	294.93	173.95	58.98%
4	Coacalco	1,185.94	637.79	<b>53.78%</b>
5	Tecámac	881.35	467.96	<b>53.10%</b>
6	Nezahualóyotl	1,221.15	657.24	<b>53.82%</b>
7	Chimalhuacán	1,162.95	692.16	59.52%
8	La Paz	1,108.02	604.62	<b>54.57%</b>
9	Ixtapaluca	850.74	464.01	<b>54.54%</b>
10	Valle de Chalco	1,143.41	576.29	<b>50.40%</b>
11	Chalco	698.86	321.98	<b>46.07%</b>

Como parte del proyecto, se evaluaron las instalaciones para emitir 2 tipos de recomendaciones , bajo los criterios descritos en la tabla siguiente:

Tabla 4-215. Criterios para la clasificación de recomendaciones resultantes del proyecto

<b>Tipo de recomendaciones y acciones propuestas</b>	
<b>CORTO PLAZO</b>	<b>Acciones necesarias y obligatorias</b>
	Cumplimiento de normas para evitar riesgos a personas y equipo y paros inesperados.
	Mantenimiento y mejora de instalaciones.
	<b>Acciones con ahorro de energía y bajo costo</b>
	Mantenimiento de instalaciones.
<b>MEDIANO PLAZO</b>	<b>Acciones con ahorro de energía y mediano costo</b>
	Sustitución de equipos motor-bomba.
	<b>Acciones con ahorro de energía y mediano costo</b>
<b>MEDIANO PLAZO</b>	Cambio de condiciones de operación del sistema de distribución y equipos.

Dentro de las recomendaciones enfocadas a determinar el potencial de ahorro de energía, se evaluaron las siguientes:

Tabla 4-216. Acciones típicas enfocadas al ahorro de energía evaluadas

<b>Acciones de bajo costo:</b> Mantenimiento de instalaciones eléctricas, hidráulicas y a motores -bomba
Ajustar, rectificar o cambiar flecha y ajuste de prensa estopa.
Revisión, limpieza y sustitución de impulsores en bombas.
<b>Acciones de mediano costo</b>
Sustituir conjunto motor-bomba por uno de mayor eficiencia de acuerdo a las condiciones Gasto-Carga de operación actuales

Dentro de las recomendaciones enfocadas a prevenir fallas inesperadas y mejorar las condiciones de las instalaciones electricas, se encuentran las siguientes:

Tabla 4-217. Acciones enfocadas a las instalaciones eléctricas

Para cumplimiento de normas oficiales en instalaciones eléctricas	De mantenimiento para evitar paros inesperados y mejorar las instalaciones	
Conectar el tanque del transformador a la red de tierras.	EQUIPOS DONDE APLICA	
Conectar el XO del transformador con la red de tierras.	Instalaciones eléctricas	
Instalar red de tierras y aterrizar todo el sistema.		Sustituir empaques de tapón y boquillas del transformador.
Instalar apartarrayos faltantes y conectarlos.		Limpieza del radiador del transformador.
Realizar conexión mediante cable desnudo desde partes metálicas de los tableros, motores, ademe, tuberías y bomba con el punto más cercano de la red principal de puesta a tierra.		Sustitución de canalizaciones en general de la instalación eléctrica
Instalar cable de tierras por canalización desde el tablero arrancador hasta motor.	Instalaciones hidráulicas	
Sustituir calibre de conductores eléctricos a uno de mayor capacidad y homogeneizar los calibres en las tres fases.		Apriete de terminales de conductores en conexión de entrada al interruptor termomagnético.
Completar y reemplazar canalizaciones dañadas y tramos donde no existe canalización del tablero arrancador al motor.		Lijar y pintar instalaciones del tren de descarga.
Cambiar el interruptor principal de 500 Amp a 200 Amp	A motores y bombas	
Calibrar el relevador de sobrecarga de los arrancadores a la corriente de placa del motor.		Cambiar empaques y asientos de válvulas.
Conectar el ademe del pozo con cable de puesta a tierra a la red general de tierras.	Cambiar empaques en juntas de tubería del tren de descarga.	
	Revisar ventilador y sustituir de ser necesario, sustitución de baleros.	
	Ajuste de prensa estopa, sustitución de grafito, apriete de tornillería.	

Aunque dentro del alcance del proyecto no se incluía el análisis de las características de la operación y las oportunidades de ahorro mejorándolas, se realizó una evaluación preliminar de teste tipo de oportunidades y se detectó la problemática y se emitieron las recomendaciones del tipo que se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 4-218. Acciones enfocadas a las instalaciones eléctricas

Problemática observada
<ul style="list-style-type: none"> <li>Nulo control de presiones en la red por operación empírica de la misma y falta de tecnología apropiada.</li> <li>Tandeos debido a inadecuado esquema de distribución e Infraestructura instalada sub-utilizada . (6-10 hrs/día).</li> <li>Excesivo consumo energético</li> </ul>
Recomendaciones de mediano plazo
<ul style="list-style-type: none"> <li>Sectorizar para aprovechar capacidad de regulación de tanques ya existentes</li> <li>Instalación de válvulas de control de presión y Variadores de Velocidad para controlar presiones y lograr ahorros de energía en inyección directa a red alimentando a zonas bajas.</li> </ul>
Beneficios
<ul style="list-style-type: none"> <li>Suministro continuo, reducción de pérdidas controlando presiones , mejor rendimiento de los operadores de válvulas, ahorro de energía</li> </ul>

Este tipo de oportunidades se evaluaron en los 11 municipios, como ejemplo del tipo de análisis y áreas de oportunidad de ahorro de energía derivado de una acción de mejora en la operación hidráulica, se presenta la siguiente en el Municipio de Los Reyes la Paz

### Ejemplo de análisis para detectar áreas de oportunidad por mejora en la operación hidráulica

El análisis se realizó en el Sistema del Pozo TX316 y rebombero La Paz

Para analizar la situación, se realizó un conjunto de mediciones y análisis adicionales en el sistema de bombeo denominado "Rebombero la Paz", con 4 objetivos:

1. Evaluar la eficiencia electromecánica en las diferentes condiciones operativas que, debido al tandeo actual, funciona este sistema de bombeo y con ello el potencial de ahorro de energía considerando toda la gama de condiciones variables.
2. Determinar las especificaciones de diseño requeridas, en base a estas diferentes condiciones, para adquirir un nuevo equipo de alta eficiencia.
3. Especificar las características de los capacitores para mejorar el actual factor de potencia de todos los equipos evaluados en el proyecto de CONAGUA.
4. Determinar de manera preliminar, basado en un análisis con modelación hidráulica, una posible mejora en la operación que además de ahorro de energía, permita mejorar la continuidad en el servicio y lograr mayores ahorros de energía aprovechando mejor la infraestructura existente.

El sistema está formado básicamente por el pozo TX316, el rebombero La Paz y el Tanque Emiliano Zapata. En la siguiente Figura se puede observar la ubicación del pozo y la interconexión que existe a partir del pozo hacia el rebombero, y de éste último hacia el tanque Emiliano Zapata, desde los que se abastecen las colonias aledañas a la zona; entre ellas, el Conjunto La Paz, Villas del Sol y Emiliano Zapata. Adicionalmente de la línea que va del pozo TX316 al rebombero La Paz, existen algunas derivaciones para alimentar a las colonias 2 de Marzo y La Comunidad así como a una garza que funciona alrededor de 10 horas continuas. Las líneas de conducción existentes son de 14" de diámetro y las derivaciones varían entre 2" y 3".

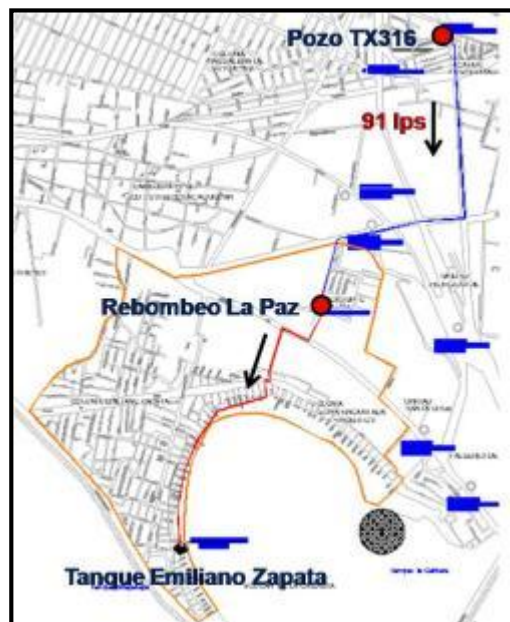


Figura 4-124. Esquema de la operación actual del pozo TX316 y Rebombero la Paz

El rebombero opera a 4 puntos diferentes debido al suministro discontinuo (tandeo) que actualmente se



tiene en este sistema y que son los siguientes:

Puntos de operación actuales del rebombeo la Paz

1. Zona Baja (Colonia Zapata) y Conjunto La paz
2. Solo Zona Baja (Colonia Zapata)
3. Zona Alta ( Tanque Emiliano Zapata ) y Conjunto La Paz
4. Solo Zona Alta (Tanque Emiliano Zapata )

En todos los puntos se evaluaron los siguientes parámetros

**Tabla 4-219. Resultados de eficiencia electromecánica y parámetros medidos en el rebombeo la Paz**

Condición operativa	Factor de Pot.	Potencia Eléctrica kW	Caudal, Q Ips			Presión kg/cm <sup>2</sup>	CDT m	Eficiencia Electromecánica %
			A red	Retorno	Total			
<b>Medición anterior.</b> Zona Baja Colonia Zapata y Conjunto La paz	0,77	146,7	63,7	59,3	123	5,4	60	49,3%
Zona Baja Colonia Zapata y Conjunto La paz	0,74	151,7	73,0	57,0	130	5,5	61	51,3%
Solo Zona Baja Colonia Zapata	0,75	154,7	60,0	69,0	129	6,3	69	56,6%
Zona Alta ( Tanque Emiliano Zapata ) y Conjunto La Paz	0,75	162,7	87,0	38,0	125	8,3	90	67,7%
Solo Zona Alta Tanque Emiliano Zapata	0,77	162,67	87,00	36,0	123	8,4	91	67,4%

•La mejor eficiencia electromecánica, del 67.7 %, es suministrando a la zona alta, pero al subir la carga de 60 a 90 m.c.a., la potencia se incrementa de 146 a 162 kW.

•La potencia promedio en todas las condiciones de operación es de 155.7 kw lo que equivale a un consumo anual de energía de 1,363,815 kWh/año

• La recirculación al cárcamo. los rangos de recirculación oscilan del 30 al 50 %, lo cual está representando un desperdicio energético y representan una área de oportunidad de ahorro de energía importante

Se pueden observar como se altera la eficiencia y la potencia eléctrica con los cambios de operación y desde aquí se aprecia una desperdicio de energía en la recirculación que se tiene en el rebombeo

Con estos datos se construyo la curva real de operación del equipo de bombeo que se presenta junto con su análisis en la siguiente figura y posteriormente el resumen de las eficiencias electromecánicas en la siguiente tabla

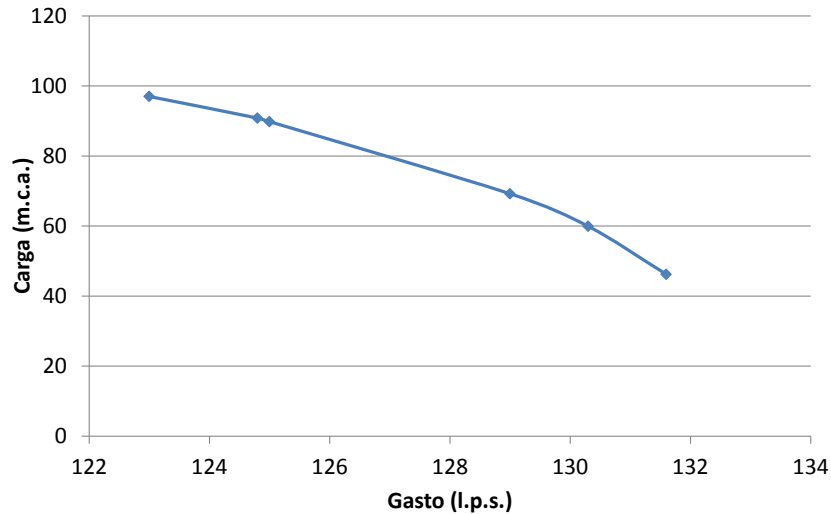


Figura 4-125. Curva de operación del bombeo la paz en base a los puntos de operación variables

Tabla 4-220. Valores de eficiencia electromecánica en los los diferente puntos de operacion

Q	Carga total	Eficiencia Electromecanica
lps	m.c.a.	%
123	97	62
124,8	91	67
125	90	67
129	69	56
130,3	60	51
131,6	46	50

Como se puede observar, la eficiencia baja hasta 15 puntos en determinada condicion

Para evaluar las oportunidades de ahorro, se empezó por seleccionar una bomba que cumpola con mejor eficiencia y menor consumo, las necesidades de suministro

Para obtener las especificaciones de la nueva bomba se siguieron los siguientes :

**Criterios de diseño**

- Posición topográfica del tanque y del bombeo. Medidas con GPS
- Bombeo 2261 m,
- Tanque 2340 m

- Lo que da una diferencia de 79 m.
- Pérdidas de carga de la línea actual .

Los resultados finales fueron calculados con el modelo de simulación hidráulica cuyo análisis se muestra en la siguiente figura



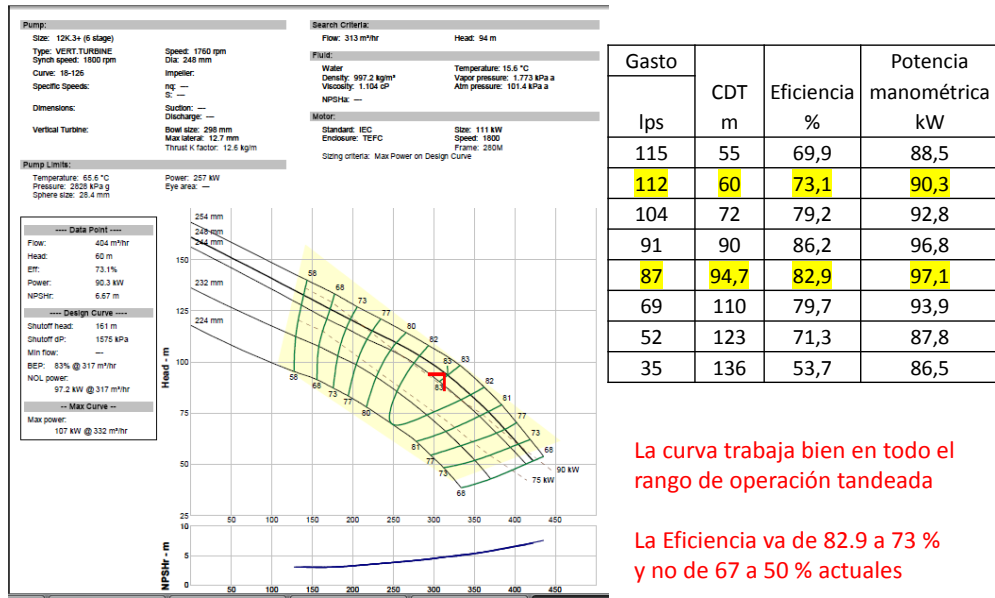
Equipos seleccionados para evaluarse	Gasto (L/s)	Operación	Líneas de conducción (Simulación Actual)			
			Longitud (m)	Diámetro menor (pulg)	Velocidad mayor (m/s)	Pérdidas por cortante (m)
Pozo TX316	91	Rebomero La Paz	1982	14	0.35	0.35
Rebomero La Paz Equipo 1	123	Tanque Zapata	1971	14	0.96	3.29

Figura 4-126. Escenas de la simulación de conducciones para determinar las especificaciones carga y gasto del equipo

Finalmente las especificaciones básicas recomendadas fueron las siguientes:

- Carga 95 mca. Pero que también trabaje a 60 mca de carga para la zona baja.
- Caudal: 87 lps. Para reducir la recirculación de agua al cárcamo.
- Eficiencia mínima de 80 %.
- Bomba tipo Turbina de flecha vertical lubricación agua, impulsor semiabierto,
- Motor vertical de flecha hueca de 4 polos de preferencia de alta eficiencia

Posteriormente se realizó la selección específica de equipo cuya curva se muestra en la figura siguiente



La curva trabaja bien en todo el rango de operación tandead

La Eficiencia va de 82.9 a 73 % y no de 67 a 50 % actuales

Figura 4-127. Curva de operación del equipo

Posteriormente se realizó una análisis para mejorar la operación actual, buscando mejorar el trabajo de bombeo asumido por el sistema

Para esto se realizó lo mostrado en la siguiente Figura :

•Se modeló la operación asignando demandas a los nodos correspondientes a la Garza existente, a las colonias 2 de Marzo, La Comunidad, Conjunto La Paz, Villas del Sol, Parte Baja de la Colonia Emiliano Zapata y Parte Alta a través del Tanque Zapata.



Figura 4-128. Imagen de la modelación hidráulica realizada para el análisis de alternativas de mejora

Se evaluaron dos alternativas de mejora que fueron:

1. Válvula reguladora para la zona baja a 20 m.c.a.
2. Variador de frecuencia en rebomero **nuevo** para zona baja a 10.65 m.c.a., implica 1,265 m de línea nueva de 8". El equipo existente seguirá abasteciendo la zona alta a través del Tanque Zapata.
3. **En ambos casos , se propone sectorizar las zonas de influencia**

Basado en estas dos alternativas evaluadas , se realizó la evaluación de la potencia que tendrá el equipo de bombeo cuyos resultados se muestran en la tabla siguiente para ambas alternativas:

Tabla 4-221. Valores de potencia eléctrica alternativa 1 solo equipo y para 2 equipos

NOMBRE DEL EQUIPO	CONDICION PROPUESTA		Pot. Man. kW	
	Q (lps)	H (m.c.a.)	ALTA	BAJA
Rebombero La Paz Equipo 1	87	93	90.3	<b>97.1</b>

NOMBRE DEL EQUIPO	CONDICION PROPUESTA		Potencia Man
	Q (lps)	H (m.c.a.)	kW
Rebombero La Paz Equipo 1	47	93	51.2
Rebombero La Paz Equipo 2	20	43	10.4

En base a estos datos., se realizo el cálculo de ahorros potenciales, comparándolos con los valores actuales ya evaluados y presentados y el resultado se muestra en las tablas siguientes:

**Tabla 4-222.Cálculo de mejoras de eficiencia en la situación de operación optimizada**

Concepto		Situación actual	Situación propuesta	Ahorro
Eficiencia Motor	%	89.6	93.5	
Eficiencia Bomba	%	55 - 74	73 - 82	
Potencia Eléctrica promedio	kW	155,7	100,2	55.5
Consumo de energía	kWh/año	1,363,815	876.800	487015,0
Costo anual	\$/año	2'182,104	1'402,880	779,224

**Tabla 4-223.Cálculo de ahorros de energía potenciales en la situación de operación optimizada**

Sistema	Ahorro de Energía kWh/año	Ahorro en \$/año	Inversión Estimada \$/año	Tasa de Retorno de la Inversión años
Rebombero La Paz	474,641	\$ 759,425.90	\$ 155,480.00	0.20

**Lo cual representa un 35 % de ahorro**

### Resultados globales para los 11 municipios

En base a las metodologías y etapas desarrolladas , asi como los criterios descritos, se realizo la evaluación de los 11 municipios y a continuación se muestran globales los resultados en las siguientes graficas

Respecto al Balance de energía el resultado fue el siguiente :

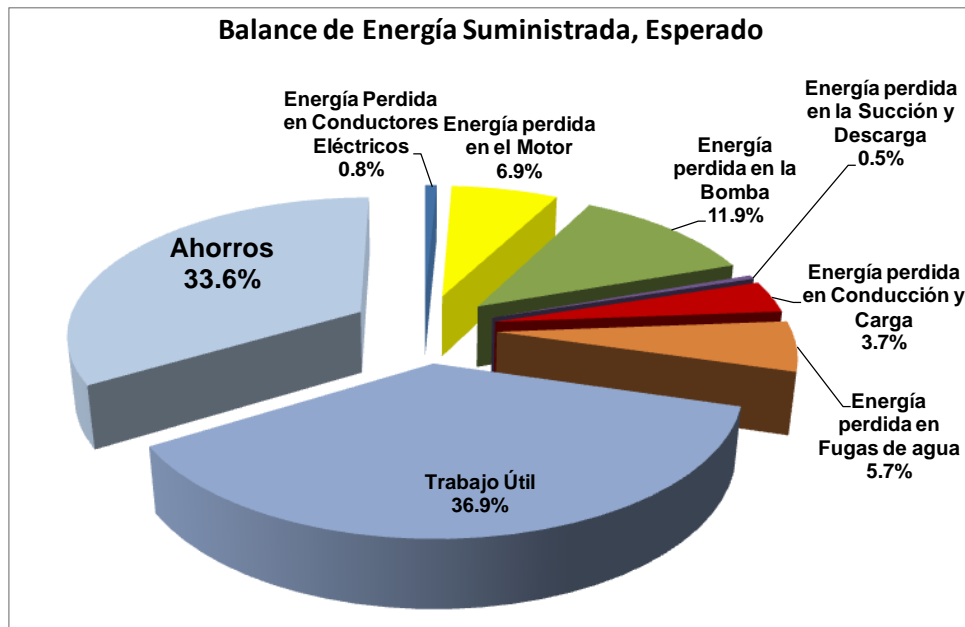


Figura 4-129. Balance de energía global en todos los equipos de bombeo evaluados

Las conclusiones principales fueron las siguientes:

- En los conjuntos motor-bomba se reduce del 44.8 % actual a solo 18.8 %.
- Por efecto de la mejora en la eficiencia electromecánica y la demanda de potencia en los equipos de bombeo, las pérdidas en el sistema eléctrico bajan del 1.5 % al 0.8 %.
- Las pérdidas de carga bajan del 6 % a solo el 3.7 % como resultado de los cambios en las condiciones de operación de la red de distribución.

Respecto al potencial de ahorro de acuerdo al tipo de medida el resultado fue el mostrado en la siguiente grafica:

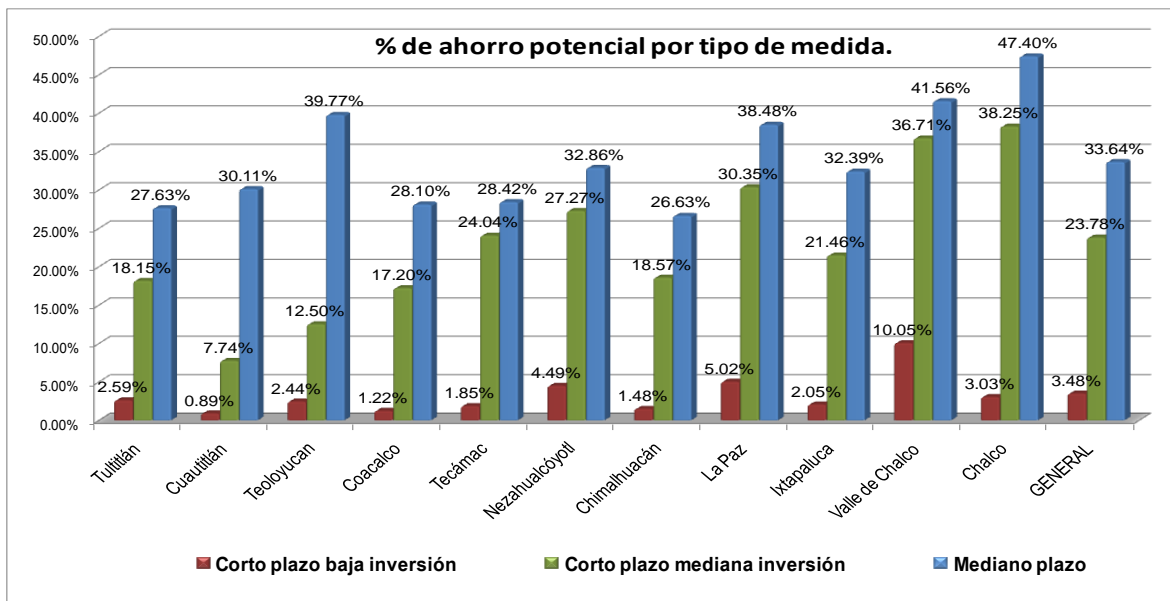


Figura 4-130. Calculo de ahorros potenciales por tipo de medida de ahorro

Las conclusiones de este análisis son las siguientes;

- El potencial de ahorro por acciones de corto plazo y bajo costo es del **3.48%**, si solo se realizan las recomendaciones de mantenimiento y del **23.78%** si se realizan las acciones de mantenimiento y de cambio de equipo conjunto motor-bomba
- Con las mejoras en la operación hidráulica (cambio de operación), el potencial de ahorro de energía puede llegar hasta un **33.64%**
- En 4 organismos operadores, el potencial máximo **rebasa el 33.64 %** y el mínimo es del **28.1 %**.

También se realizó la cuantificación de inversiones y con ello el análisis costo beneficio en base a los ahorros detectados y los resultados se muestran en la grafica siguiente:

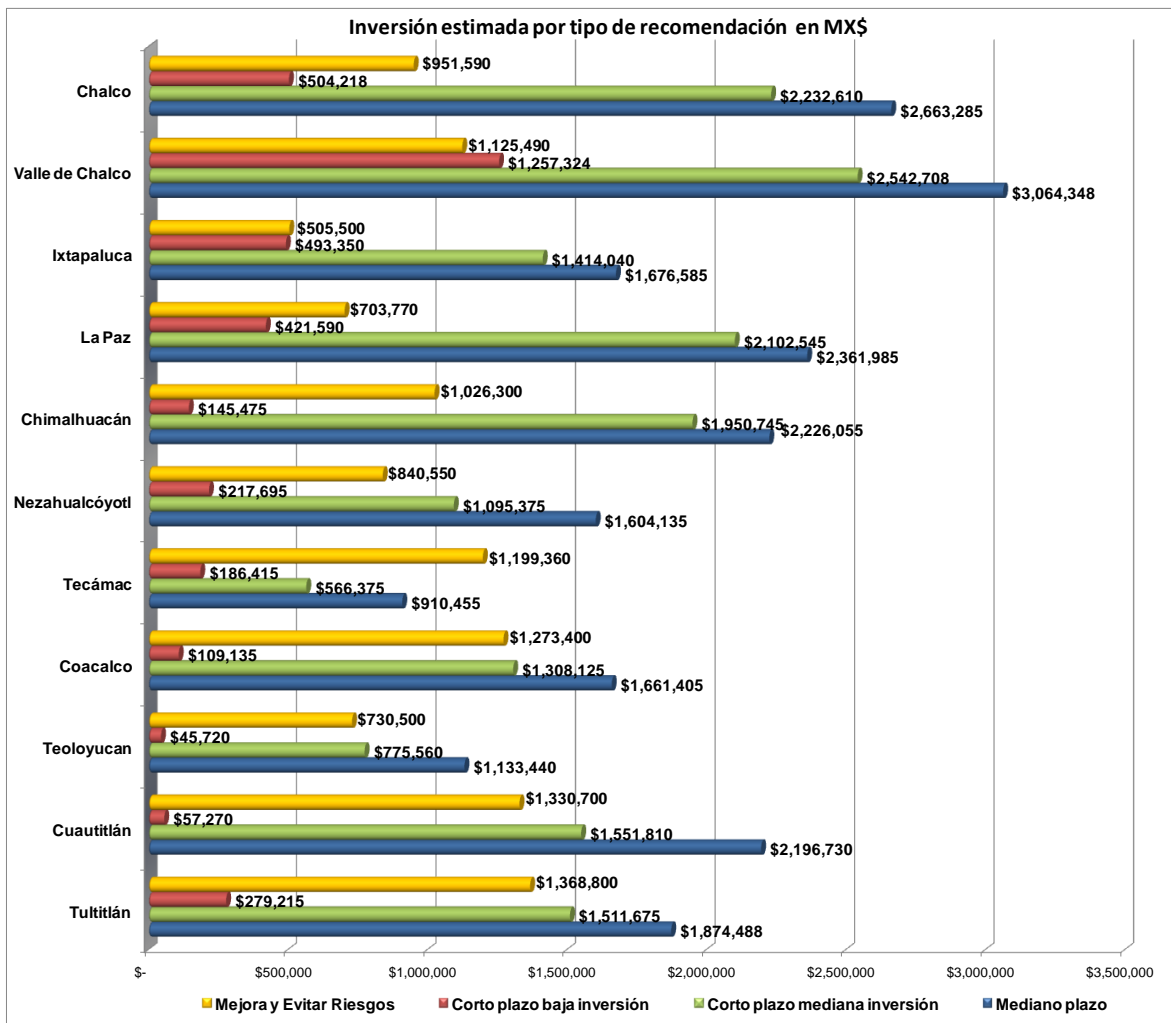


Figura 4-131. Resumen de inversiones requeridas y análisis costo beneficio

- Para evitar riesgos de falla y paros inesperados, así como para cumplir con la normatividad, se requiere una inversión aproximada de **\$11'000,000.00**
- Para las acciones de aplicación inmediata en el mantenimiento a equipo eléctrico, hidráulico y mecánico se pueden obtener ahorros hasta de **\$4'469,386.00** , con una inversión de **\$3'717,406.00**

- Para la implementación tanto de medidas de cambio de equipo como de cambio en la operación, se requiere de inversiones mayores a los **\$21'000,000.00**; sin embargo, el ahorro potencial es casi del doble de la inversión requerida, un poco más de **\$43'000,000.00**

Finalmente se calculo el costo beneficio global cuyo resumen se muestra en la tabla siguiente;

**Tabla 4-224. Analisis costo beneficio global**

Medida	Ahorro directo en el Consumo de Energía kWh/año	% Ahorro	Ahorro Estimado en \$/año	Inversión Estimada \$/año	Tasa de Retorno de la Inversión años
Evitar riesgo y falla.	---	---	---	\$ 10,930,235	---
Mantenimiento.	2,793,367	3.48%	\$ 4,469,386	\$ 3,717,406	0.83
Cambio de equipo.	19,241,711	23.95%	\$ 30,786,738	\$ 17,051,567	0.55
Cambio de operación.	27,029,555	33.64%	\$ 43,247,288	\$ 21,372,910	0.49

- La tasa de retorno es de medio año para las acciones de corto plazo y bajo costo.
- Las acciones de mediano plazo, la tasa interna de retorno no rebasa 0.83 años en general.



## 4.16 PROYECTO : JUMAPA, CELAYA

Tipo de Proyecto	Energético e Hidráulico Integral
Alcance	Proyecto

### 4.16.1 Descripción del organismo y su problemática

La ciudad de Celaya se encuentra forma parte del estado de Guanajuato.El organismo responsable de suministrar el servicio es la Junta Municipal de Agua Potable yAlcantarillado , JUMAPA.

La única fuente de agua es de origen subterráneo, para lo cual se cuenta solamente con aguasubterránea, La infraestructura de producción de JUMAPA se compone de 83 pozos profundoscon profundidades promedio entre 70 y 100 m, de los cuales opera 73 produciendo 1,610 lps. Los pozos se encuentran distribuidos a lo largo de la ciudad como se muestra en la figura siguiente:

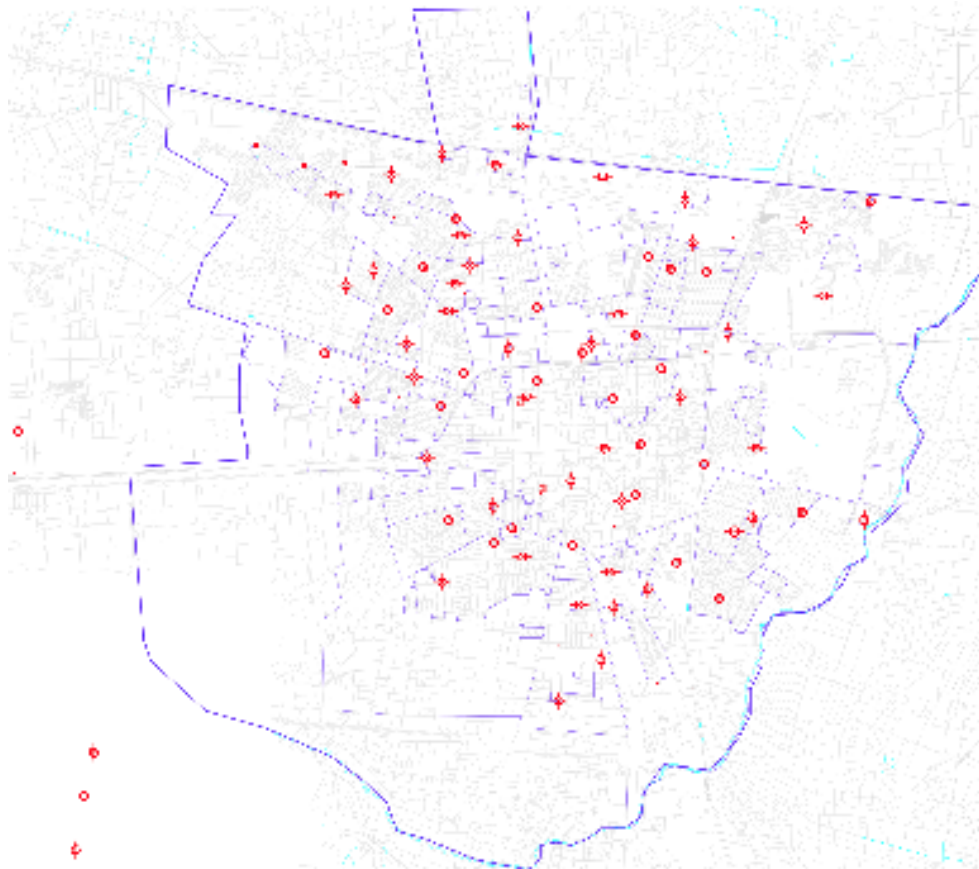


Figura 4-132. Distribucion de los pozos profundos a lo largo de la ciudad de Celaya

Como parte de su infraestructura también cuenta con 34 tanques elevados en servicio , con una capacidad total de 5,605 m3 del, así como 12 Tanques superficiales y cisternas en servicio con una capacidad total de 14,700 m3

La estrategia operativa al inicio del proyecto, era a través de 29 sectores hidrométricos bien definidos y cuya división se muestra en la siguiente figura:

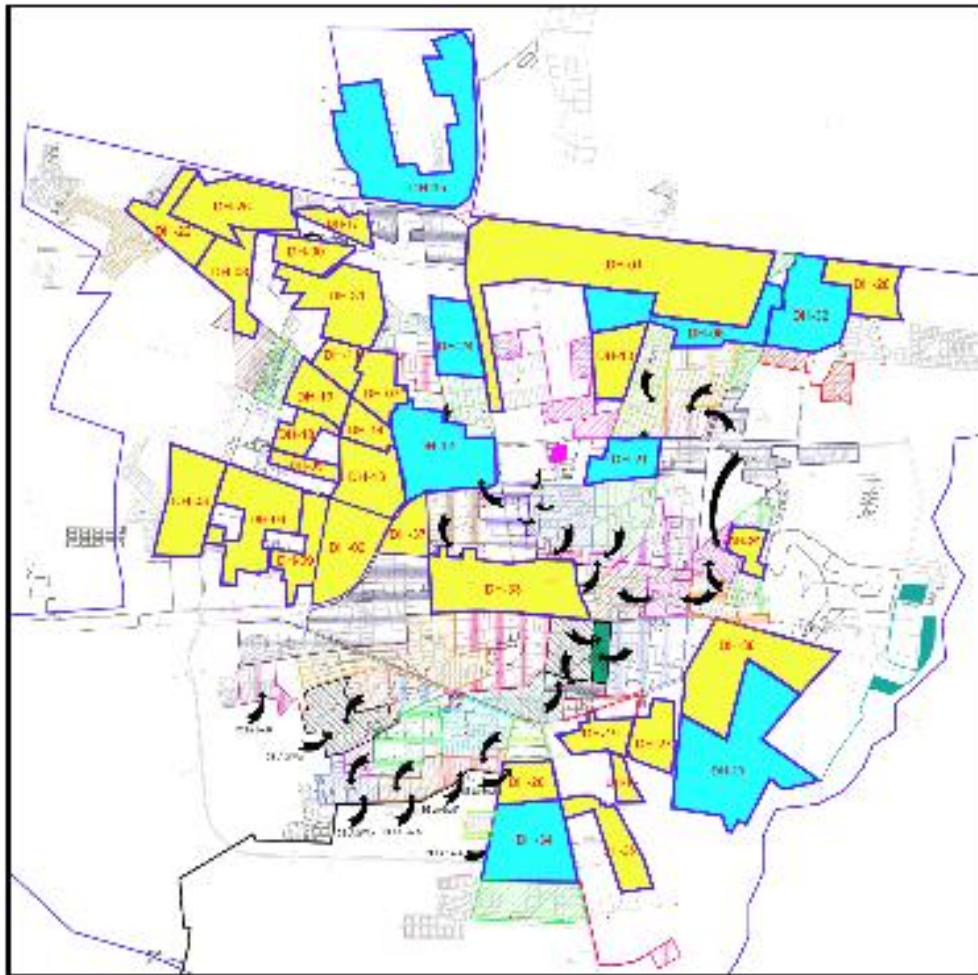


Figura 4-133. Sectores operativos en el sistema de agua potable de Celaya

Otro aspecto de la problemática era la recurrencia de fugas cuyo resumen se presenta a continuación:

Problemática de fugas

- 2,600 fugas en red
- 12,329 fugas en tomas

■ Fugas en red    ■ Fugas en tomas domiciliarias

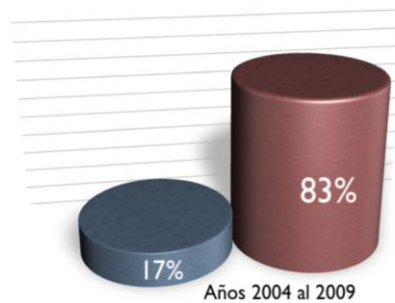


Figura 4-134. Estadística de fugas

## 4.16.2 Descripción del proyecto y sus resultados

La metodología utilizada para el desarrollo del proyecto integral siguió las siguientes etapas y sus respectivos objetivos:

### A. Generación de información básica

Objetivos.

- Recopilar, analizar y complementar información del funcionamiento del sistema,
- Contar con información válida y actualizada para poder describir el sistema y realizar el proyecto.

### B. Proyecto Eficiencia energética

Objetivo.

- Evaluar el potencial de ahorro de energía, derivado de medidas de baja inversión y corto pay back (optimización de eficiencia de equipos, factor de potencia y tarifas eléctricas)

### C. Proyecto de eficiencia física

Objetivos.

- Analizar la información recopilada
- Realizar el Balance de Agua para calcular la eficiencia física y el porcentaje de fugas en el sistema.

### D. Proyecto de eficiencia hidráulica

Objetivo.

- Utilizar métodos y herramientas para proponer cambios en el sistema que deriven en la mejora del servicio y el ahorro de agua y energía.
- Evaluar medidas derivadas de eficiencia hidráulica (paro en hora punta, variadores de frecuencia y paros de equipos).

Como parte de la generación de datos complementarios y herramientas se realizaron las siguientes actividades

**Mediciones de presión en la red, cuyas imágenes se muestran en la siguiente figura**

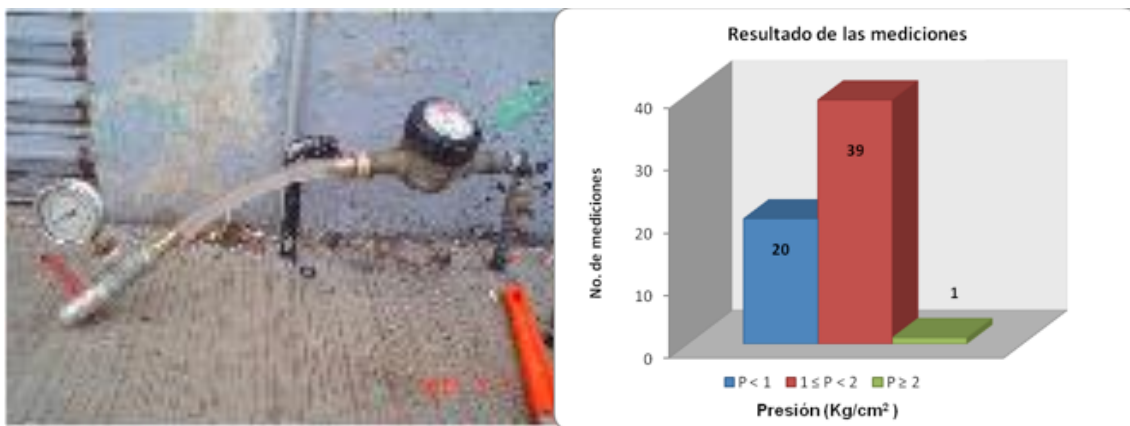


Figura 4-135. Imágenes de la medición de presión durante el proyecto

### Mediciones de caudal para establecer la variación de la demanda horaria

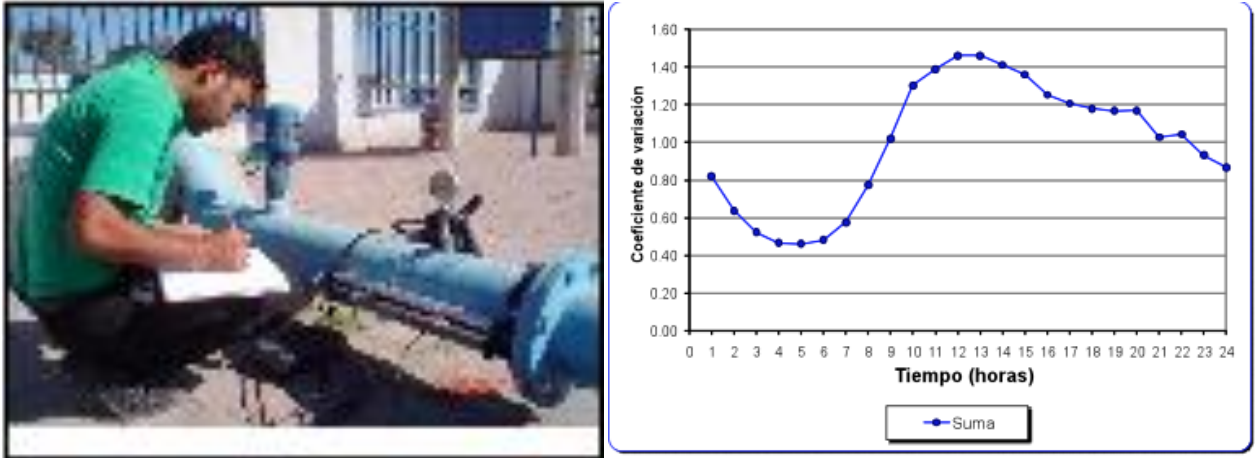


Figura 4-136. Imágenes de la medición de caudal para obtener el perfil de demanda de agua

La variación máxima horaria fue de 1.46 sobre el valor del caudal medio

### Mediciones las curvas de operación de los equipos de bombeo

También se evaluaron las curvas de operación reales de los equipos de bombeo de la cual se presenta una imagen y una curva representativas

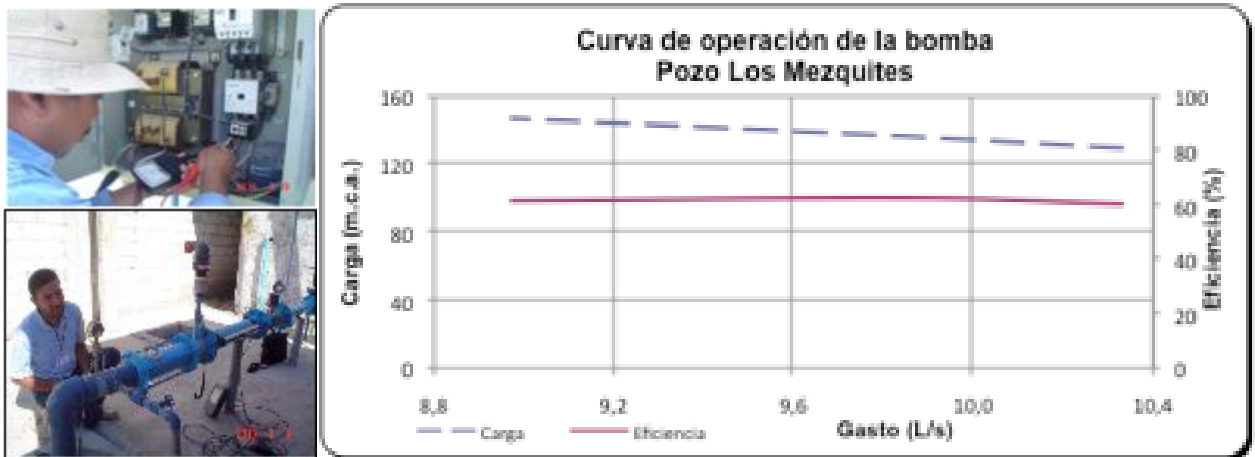


Figura 4-137. Imágenes de la medición de caudal para obtener el perfil de demanda de agua

Posteriormente, para poder realizar el análisis de optimización hidráulica y las medidas de ahorro de energía resultantes de la misma. En la siguiente figura se presenta una imagen del modelo construido

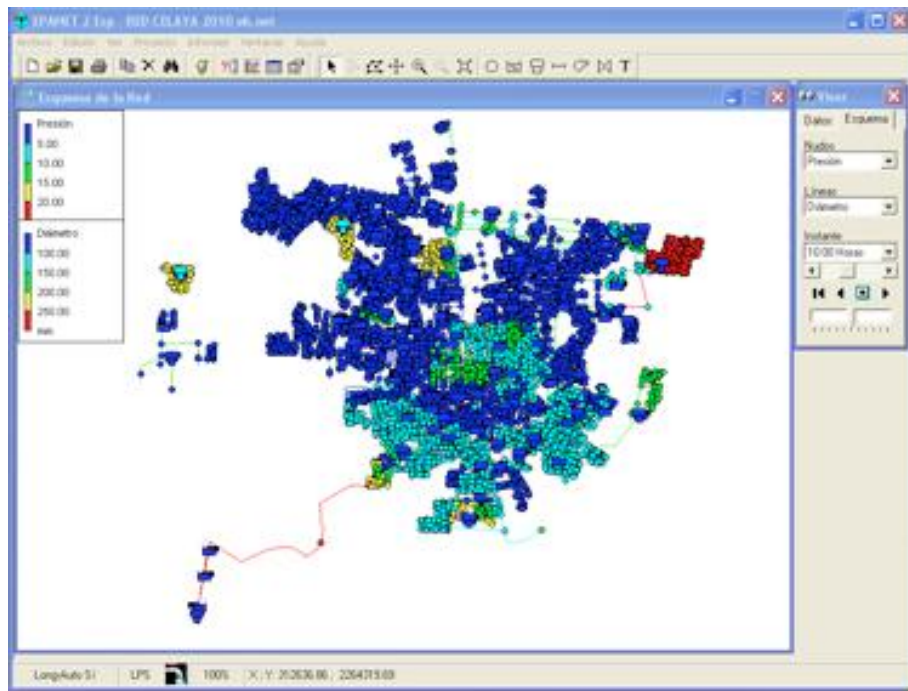


Figura 4-138. Imágenes del modelo de simulación hidráulica construido

El modelo resultó de 10,763 nodos, 14, 009 tramos de tuberías, 97 bombas, 35 válvulas y 45 tanques y depósitos.

También se realizó el BALANCE DE FUGAS GLOBAL cuyos resultados arrojaron un 36 % de fugas, 65.6% es volumen de fugas en tomas domiciliarias y 34.4% es volumen de fugas en red

Con esta información y utilizando el modelo construido como herramienta, se diseñó un nuevo esquema de sectorización basado en la siguiente estrategia

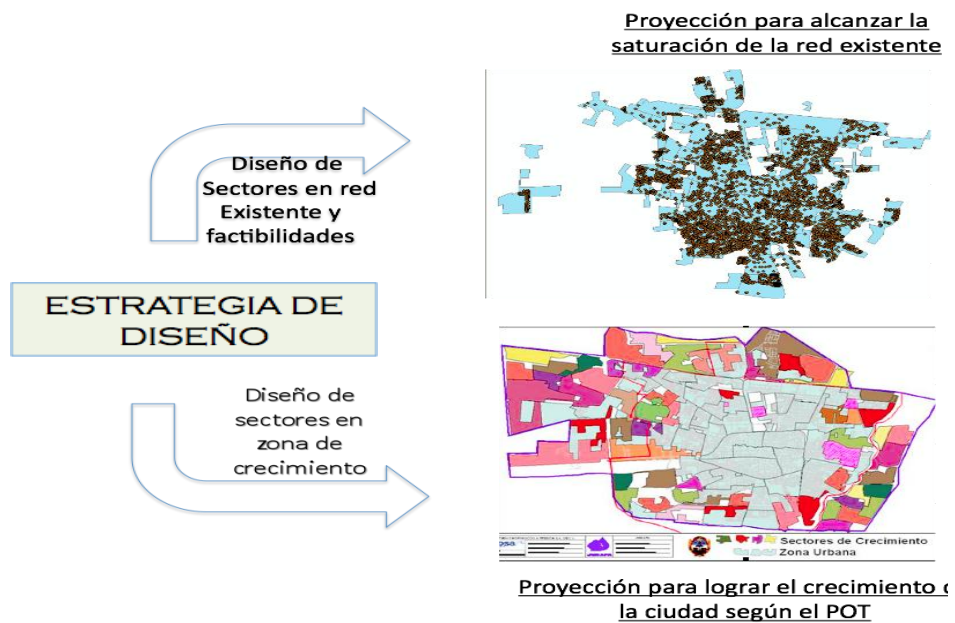


Figura 4-139. Estrategia aplicada para el diseño de sectores

El proyecto final propuso la construcción de 43 sectores hidráulicos de distribución cuya imagen se muestra en la figura siguiente:

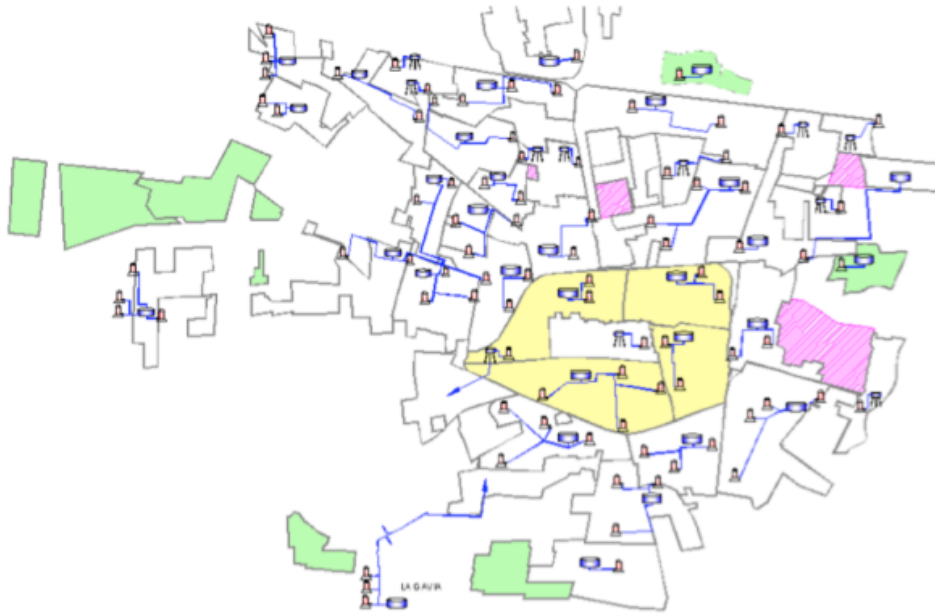


Figura 4-140. Sectores propuestos en el proyecto de eficiencia hidráulica en Celaya

El proyecto implicó la construcción de 2 tanques construidos, y el uso de 27 tanques en red existentes y 8 tanques en factibilidades

### Evaluación de oportunidades de ahorro de energía.

Se analizaron dos tipos de oportunidades de ahorro

- Inmediatas: a) Sustitución de equipos, b) Adecuación de tarifas, c) Aumento de factores de potencia
- Mediano Plazo: a) Sustitución de equipos según proyecto de sectores, b) Paro en hora punta, c) Instalación de variadores

El Proyecto de sustitución de equipos en operación actual por baja eficiencia, arrojó los resultados mostrados en la tabla siguiente:

Tabla 4-225. Evaluación de potencial de ahorro y costo beneficio por sustitución de equipos

Folio	Nombre	Eficiencia actual medida	Eficiencia NOM	Energía Consumida		Energía ahorrada (kWh/año)	Facturación Eléctrica (\$/año)	Evaluación		
				Actual (kWh/año)	Esperada (kWh/año)			Inversión Estimada (\$)	Pay-back (meses)	
P-13	Estación	43%	60%	422,176	260,742	161,434	172,675	208,869	15	
P-30	Jardines	46%	60%	326,720	215,441	111,279	114,621	155,936	16	
P-44	Leandro Valle 1	49%	60%	514,784	353,282	161,502	146,086	180,599	15	
P-46	Laureles 2	48%	60%	319,862	219,969	99,893	99,108	107,912	13	
P-48	Valle Hermoso	36%	60%	523,161	267,090	256,071	259,984	155,936	7	
P-52	Monte Blanco	47%	60%	319,107	211,214	107,893	115,536	166,087	17	
P-63	Nat-Tha-Hi	55%	64%	575,253	433,038	142,215	145,771	206,902	17	
P-101	La Gavia 4	34%	60%	383,232	196,246	186,986	183,297	110,435	7	
P-103	La Gavia 7	55%	64%	969,193	749,170	220,023	216,254	322,234	18	
P-107	Prol. Emiliano Zapata 1A	8%	60%	412,745	48,874	363,871	362,302	72,918	2	
P-108	San Agustín 1A	54%	60%	664,272	497,082	167,190	162,957	216,179	16	
P-26	Alameda 2 (Rep.)	51%	60%	447,385	318,554	128,831	126,447	155,280	15	
P-115	Col. México (antes Sta. Barbara)	39%	60%	330,816	184,308	146,508	151,700	165,561	13	
P-17	Lindavista (Rep.)	45%	60%	377,180	239,071	138,109	139,204	166,087	14	
P-107	Prol. Emiliano Zapata 1A (Rehab.)	44%	60%	412,745	259,282	153,463	152,801	155,936	12	
R.402	Capilla	3%	64%	27,723	1,373	26,350	54,202	25,237	6	
							2,602,943	2,572,106		

- En general los equipos de bombeo tienen rendimiento buenos, pero 65 no alcanza la eficiencia mínima recomendada por la NOM
- Invertiendo \$8,592,248 para sustituir 65 equipos (**optimizando la eficiencia electromecánica**) se ahorrarían 4,176,590 kWh al año lo que se traduce en **\$4,421,794**. 4 con Pay back menos a 12 meses. 21 con Pay back menos a 24 meses. 16 con Pay back menos a 36 meses.

También se realizó el análisis de la adecuación de tarifas, cuyo resultado se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 4-226. Análisis de potencial de ahorro por cambio de tarifa  
Resumen global del consumo.

Concepto	Tarifa		
	6	OM	HM
Número de Equipos Por Tarifa (actual)	14	2	73
Consumo Anual Total Por Tarifa (kW)	1,171,917	893,918	20,626,653
Consumo Anual Por Tarifa (% del Consumo Global)	5	4	91

Equipos con potencial de ahorro adecuando tarifas.

Folio	Nombre	Tarifa actual	Facturación tarifa actual (\$)	Tarifa Más Adecuada		Potencial de Ahorro	
				Costo	Tarifa	\$/mes	%
P-18	Las Flores 2	HM	\$45,816	\$43,224	6	2,591	5.7%
P-45	Emiliano Zapata	OM	\$39,141	\$30,138	HM	9,003	23.0%
P-68	El Vergel	6	\$5,506	\$4,732	OM	774	14.1%
P-92	10 De Abril	6	\$26,510	\$22,405	HM	4,105	15.5%
P-100	La Gavia 3 (Cisterna)	HM	\$3,893	\$2,724	6	969	26.2%
P-124	Brisas Del Carmen	HM	\$7,783	\$6,353	6	1,429	18.4%
P-123	Santa Rita	HM	\$10,139	\$7,974	6	2,165	21.4%
			\$138,587	\$117,551		\$21,036	15.2%

Finalmente se evaluaron los ahorros o costos extras de energía derivados del proyecto de optimización hidráulica basada en la sectorización propuesta y el resultado se muestra en las tablas siguientes :

- Con la **optimización de la operación de tanques de regularización** (paro en hora punta) se tendrá un ahorro de 1,936,796 kWh/año equivalentes a **\$7,162,940.00** anuales.

Concepto		AHORRO O COSTO EXTRA	
		Energético kWh/año	Económico \$/año
Stand by	Ahorro	-1,700,986	-2,126,233.00
Eficiencia baja (NOM)	Ahorro	-168,327	-210,408.00
Equipos actuales	Incremento	811,958	1,014,947.00
Eficiencia baja o carga insuficiente	Incremento	3,233,046	4,041,308.00
		2,175,691	2,719,614.00

- Se calculó un consumo energético anual adicional por la colocación de **equipos de bombeo nuevos** (tanque-red) de 3,838,774 kWh que representan **\$4,798,468.00** anuales.

**La optimización de la operación de equipos con inyección directa a la red** (uso de variadores de velocidad en bombeos) genera un potencial de ahorro energético de 2,392,613 kWh/año que representan **\$2'990,767.00** anuales.

## 4.17 PROYECTO SAPAL. LEON GUANAJUATO

Tipo de Proyecto	Aprovechamiento de energías renovables
Alcance	Proyecto e Implementacion

### 4.17.1 Descripción General del organismo y su problemática

León es una ciudad mexicana, ubicada en el Estado de Guanajuato, en la región del bajo, que en Conjunto con la Zona Metropolitana de León (ZML) conforma la Séptima metrópoli más grande del país Con 1.609.504 habitantes y la Mayor del la Zona del Bajío. La ciudad cuenta con una población total de 1,436,733 habitantes según el censo del 2010, siendo la ciudad más poblada de la Zona Metropolitana de León y del Estado de Guanajuato.

El organismo encargado de suministrar el servicio de agua y saneamiento es el Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de León, SAPAL que es un organismo líder en el país en varios aspectos.

La única fuente de agua con la que cuenta es de tipo subterráneo proveniente del acuífero del Valle de León . La estabilidad de este acuífero está en riesgo por:

- Sobre-explotación
- Contaminación
- Mal uso del agua

Debido a las lluvias, el acuífero obtiene una recarga de 264.3 millones de m<sup>3</sup>. Anuales. Pero la extracción es mayor: 312.5 millones de m<sup>3</sup> anuales.

Esto a pesar de que SAPAL ha reducido sus consumos per cápita sustancialmente, ya que En 1992 la producción total de agua potable fue de 91.8 millones de metros cúbicos, para abastecer 168,935 tomas; en el 2009 la extracción fue menor: 79.8 millones de metros cúbicos, pero la cobertura aumentó a 353 mil tomas

Las actuales fuentes de abastecimiento de León están entre 20 y 40 kilómetros de distancia. Asimismo, dados los niveles de sobre-explotación de los acuíferos, ha bajado el nivel del agua de manera que hoy se bombea a profundidades de más de 100 metros, cuando hace 20 años se bombeaba a 30 metros de profundidad. por lo que el consumo de energía es significativo, siendo el SAPAL una de las 10 ciudades de mayor consumo energético para suministrar el servicio de agua y saneamiento en el país

La infraestructura básica del sistema de producción y abastecimiento de agua se compone de 135 Pozos, que producen en promedio 2,600 lps, 38 Rebombeos, 81 Tanques Superficiales y 55 Tanques Elevados

Los pozos están divididos en 7 baterías de acuerdo su localización cuya relación se muestra en la Tabla 4.227 y su ubicación relativa que se muestra esquemáticamente en la Fig. 4.141. siguientes :

**Tabla 4-227. Distribución Fuentes de agua subterránea por zona a cargo de SAPAL**

Ciudad	51 pozos
Oriente	6 pozos
Poniente	12 pozos
Poniente II	3 Pozos
Turbio	20 pozos
Sur	10 pozos
Sur II	7 pozos
Muralla I	19 pozos
Muralla II	7 pozos



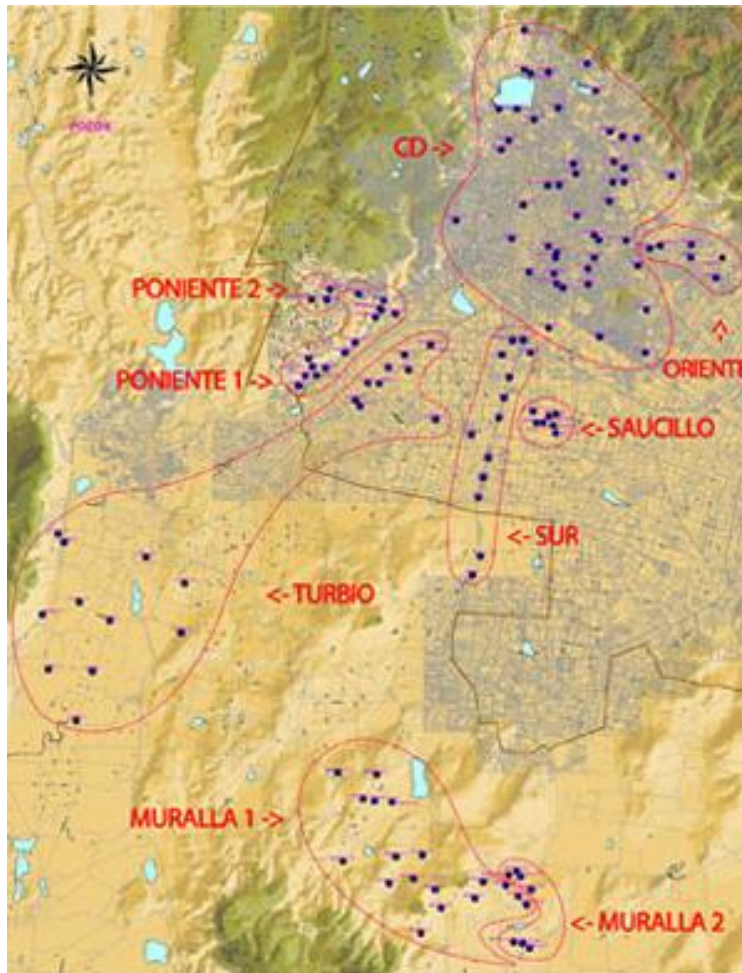


Figura 4-141. Distribución Geográfica de las Fuentes de Agua de SAPAL

Dada la distancia y distribución de las fuentes, así como la topografía de la ciudad, hace necesario el uso de 38 sistemas de bombeo que aumentan el consumo de energía global del organismo.

Los consumos de energía para producir y abastecer el agua potable ascienden a los siguientes volúmenes:

Tabla 4-228. Consumo de energía de equipos de agua potable por subsistema

Sistema	Consumo de energía	%
	kWh anuales	
Pozos	57,571,020	67%
Rebombeos	28,661,568	33%
Total	86,232,588	

Este consumo energético anual, considerando la producción anual de 82,836,300 de m<sup>3</sup>/anuales, implica un Índice Energético de 1.04 kW/m<sup>3</sup>, que es superior a la media nacional, aun sin considerar la energía de los sistemas de alcantarillado y saneamiento

En cuanto al sistema de saneamiento, El SAPAL tiene el compromiso de depurar el agua residual de la ciudad con el objetivo principal de generar una cultura de reúso del agua tratada así como contribuir al saneamiento de la Cuenca del río Lerma.

Un hecho relevante es haber logrado por primera vez en la ciudad, la separación y tratamiento de aguas residuales y las aguas domésticas y con la ampliación de la infraestructura de conducción y tratamiento, el municipio logra la meta de sanear el 100% de sus aguas residuales.

Para ello Sapal opera y administra las siguientes PTAR:

- Planta Municipal de Tratamiento de Aguas
- Planta de Las Joyas
- Planta Periodistas de México
- Planta Villas de San Juan
- Planta Lomas del Mirador
- Planta San Isidro Las Colonias
- Planta Santa Rosa Plan de Ayala
- Planta Ciudad Industrial

La planta Municipal cuenta con una capacidad de 2,500 lps a la que antiguamente le llegaban los efluentes de todos los sectores industriales altamente contaminantes como las curtidurías, pero en los últimos años se han instalado plantas complementarias para descentralizar el tipo de contaminantes y liberar a esta planta de carga excesiva

#### 4.17.2 Descripción del proyecto

El SAPAL es líder en proyectos de eficiencia en general, y la aplicación de tecnologías de punta para mejorarla.

Uno de sus proyectos emblemáticos es su sistema de automatización “hecho en casa”, dado que fue desarrollado por su propio personal capacitado en el tema, a un costo significativamente menor a los sistemas comerciales y con una gran funcionalidad. Este sistema le ha permitido al SAPAL tener un control completo de sus operaciones, destacando el proyecto de macrocircuitos controlados por una válvula automatizada y controlada a través de su sistema de automatización.

Asimismo, en el aspecto energético, cuenta con un programa de mantenimiento preventivo y de monitoreo de variables que le permiten tener también un control de sus consumos energéticos, vigilar la tarifa adecuada y prevenir fallas

No obstante estos 2 programas, en este trabajo se toca el tema y se describe someramente uno de sus principales proyectos que es el aprovechamiento de energías renovables, específicamente el Biogás generado en su Planta de Tratamiento Municipal que es una Planta de tipo Anaerobio, con una tecnología adecuada para la generación de Biogás,

La Planta Municipal de Tratamiento de Aguas Residuales de León inició sus operaciones en septiembre del año 2000.



Figura 4-142. Imágenes de la Planta Municipal de tratamiento de aguas residuales de SAPAL

Como subproductos del tratamiento del agua, se obtienen lodos residuales que deben ser estabilizados. Para ello son sometidos a un proceso de digestión anaerobia mesofílica a 35°C, el cual genera biogás

Las aguas residuales que recibía la Planta de Tratamiento presentaban altos contenidos de sulfuros que hacían inviable el aprovechamiento del biogás, el cual, en vez de ser liberado a la atmósfera, se quemaba.

La reubicación paulatina de los procesos industriales más contaminantes hacia el Polígono Industrial Surponiente, permitió separar las aguas residuales domésticas de las industriales, para derivar las

primeras a la Planta Municipal, y las segundas al Módulo de Desbaste. Esto permitió que la PTAR recibiera aguas menos contaminadas

A partir del año 2009, se comenzó a aprovechar el biogás para alimentar las calderas que proporcionan el calentamiento de los digestores.

En el año 2010, se instaló un sistema de generación de energía a partir del Biogás generado en los digestores, que opera bajo la tecnología de Cogeneración, que implica, no solo la utilización del Biogás como combustible para generar energía eléctrica, sino también reutiliza la energía térmica contenida en los gases de combustión del generador, que son emitidos a una temperatura de 700 Grados Centígrados, para que, a través de intercambiadores de calor, sean aprovechados para el acondicionamiento térmico de los lodos y la estabilización térmica del propio Biogás en el digestor, reduciendo así, y en algún momento eliminando, el uso de la caldera actual y su consumo de combustible

El esquema general del proceso de cogeneración se muestra en la Fig. 4.143 siguiente:

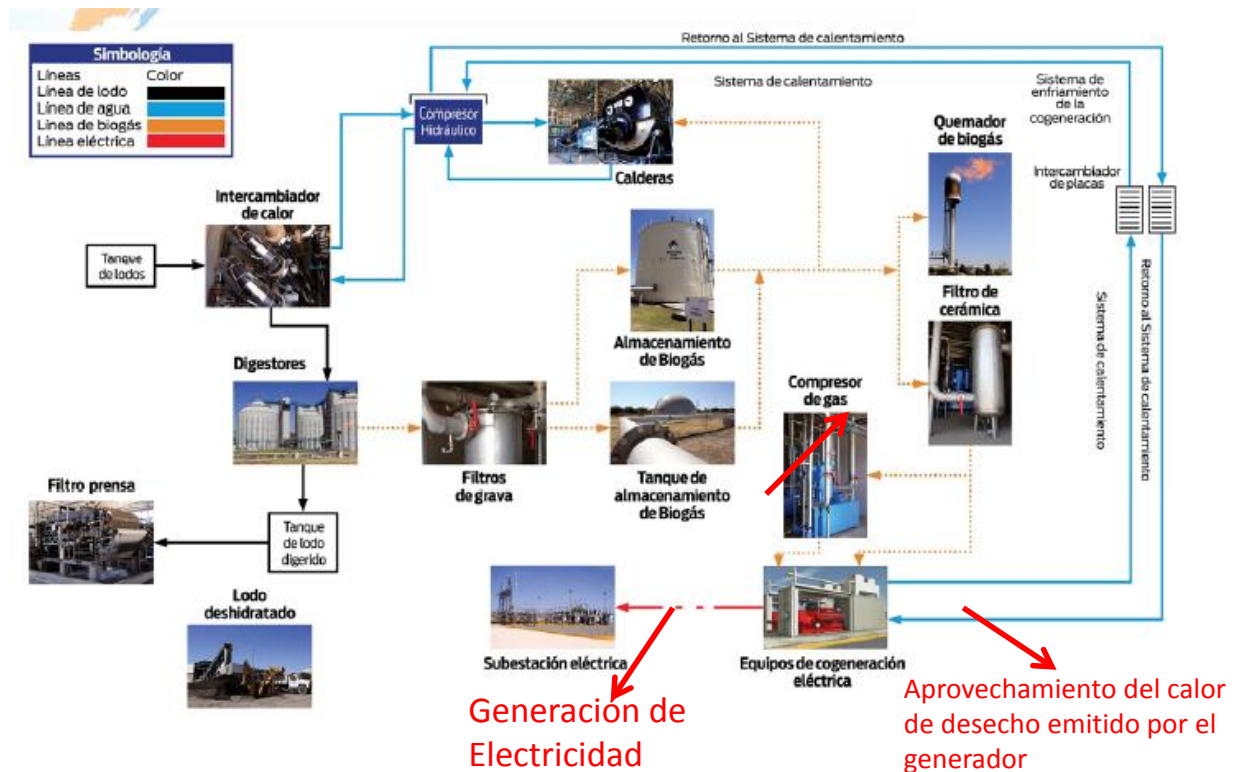


Figura 4-143. Esquema del sistema de cogeneración de aprovechamiento del biogás

El sistema de generación eléctrica de la Planta Municipal consta de dos moto-generadores con potencia de 770 kilowatts cada uno.

En conjunto, aprovecharán la máxima producción de biogás de 16,000 m<sup>3</sup>/día, provenientes de dos de los digestores de la PTAR Municipal



Figura 4-144. Motogenerador utilizado en el sistema de cogeneración

La suma de los dos motogeneradores permitirá producir 1270 kilowatts-hora.

Esto representa cerca del 75% de la energía requerida para la operación de la planta de Tratamiento.

Actualmente, una de las Unidades motogeneradoras ya está en funcionamiento y la segunda iniciará operaciones a finales de 2012.

La planta de cogeneración opera en forma automática con base en el consumo de la energía eléctrica requerida por la PTAR, para ello cuenta con un sistema electrónico de arranque y paro del motogenerador, de los sistemas de inyección del biogás y del sistema de enfriamiento de los motores.

Esta automatización comprende un sistema de monitoreo de temperaturas, presiones y niveles de líquidos garantizando tanto la eficiencia como la seguridad en la operación.

En lo referente a la generación de energía térmica, ésta será utilizada en el proceso de calentamiento de los lodos, el cual se ha venido realizando a través de la combustión directa del biogás en las calderas.

El sistema de calentamiento cuenta con tanques y ductos para la captación integral del calor que se produce en la combustión del biogás en las camisas de enfriamiento de los motores, y gases de las chimeneas, además se cuenta con equipo de intercambio de calor para incrementar la temperatura requerida por los lodos de los digestores



**Figura 4-145. Biodigestores e intercambiadores de calor del sistema de cogeneración**

En resumen, el sistema cuenta con el siguiente equipamiento:

- Sistema de generación de energía eléctrica: 2 motogeneradores de 770 Kw/u
- Sistema físico-químico y biológico para el lavado del gas
- 1 tanque de almacenamiento de biogás de 1000 m<sup>3</sup> de capacidad
- 2 sopladores para elevar el biogás a la presión requerida por los equipos
- 2 transformadores de 1250 KVA para elevar el voltaje de 480 a 13,800 volts

**Otro aspecto interesante del proyecto, lo constituye el esquema de financiamiento conseguido.**

**La inversión total en el proyecto será de 23.4 millones de pesos, a cargo de la empresa proveedora de la tecnología Ecosys III, inversión que será amortizada con los ahorros de energía eléctrica de la planta durante los próximos 10 años, bajo el esquema de performance contracting**

## 5 Análisis consolidado de los proyectos

### 5.1 Análisis del Grado de avance y problemática detectada

Los proyectos incluidos se analizaron de acuerdo al grado de cumplimiento de los criterios, considerados como buenas practicas ,que de cumplirse adecuadamente, se aumentan las posibilidades de éxito en el desarrollo de un proyecto de eficiencia energética o integral.

Este análisis se realizo por etapas del proyecto, de acuerdo a la figura 2.1 del capítulo 2 de Metodología de análisis. Incluyendo básicamente las dos siguientes etapas :

- Evaluación de desempeño
- Implementación de proyecto y evaluación de resultados

#### Análisis de avances en la evaluación del desempeño

Respecto a la etapa inicial de un Programa de Gestión Energética, llamada evaluación de desempeño , que incluye la realización de un Diagnostico Energético , la situación observada se resume en las siguiente tablas 5.1 y 5.2:

Tabla 5-1. Resumen de análisis de factores clave durante la etapa de diagnóstico. Parte 1

No. De orden	Municipio	Organismo Operador	Etapa de Evaluacion del desempeño, y diseño del plan de accion		
			Realizacion de Diagnostico o Proyecto Inicial	Definicion formal de metas y Uso de indicadores energeticos adecuados ( Ver Nota 1)	Creacion formal de unidad encargada de ejecucion y seguimiento del proyecto ( Ver nota 2 )
4.1	MONCLOVA Y FRONTERA, COAH	SIMASMyF	SI	No	No formalmente
4.2	GUADALAJARA, JAL Y ZONA CONQUIRADA	SIAPA	SI	SI,	SI
4.3	MORELIA, MICH	OOAPAS	SI	No	No formalmente
4.4	LA PIEDAD, MICH	SAPAS	SI	No	No formalmente
4.5	GOMEZ PALACIO, DGO	SIDEAPA	SI	No	No formalmente
4.6	TORREON, COAH	SIMAS T	SI	No	No formalmente
4.7	ATLIXCO, PUE	SOAPAMA	SI	No	No formalmente
4.8	DURANGO DGO	AMD	SI	No	No formalmente
4.9	LERDO, DGO	SAPAL	SI	No	No formalmente

Tabla 5-2. Resumen de análisis de factores clave durante la etapa de diagnóstico. Parte 2

No. De orden	Municipio	Organismo Operador	Etapa de Evaluación del desempeño, y diseño del plan de acción		
			Realización de Diagnóstico o Proyecto Inicial	Definición formal de metas y Uso de indicadores energéticos adecuados ( Ver Nota 1)	Creación formal de unidad encargada de ejecución y seguimiento del proyecto ( Ver nota 2 )
4.10	MEXICALI	CESPM	SI	No	No formalmente
4.11	HIDALGO DEL PARRAL, CHIH	JMAS P	SI	No	No formalmente
4.12	NOGALES, SON.	OOMAPAS	SI	No	No formalmente
4.13	TECAMAC, EDOMÉX.	ODAPAS	SI	No	No formalmente
4.14	TULTITLAN, EDOMEX	APAST	SI	No	No formalmente
4.15	10 MUNICIPIOS EDOMEX	VARIOS	SI	No	No formalmente
4.16	CELAYA, GTO	JUMAPA	SI	No	No formalmente
4.17	LEON, GTO	SAPAL	SI	No	No formalmente

Nota 1. En general, aunque en algunos de estos casos, el proyecto está basado en un diagnóstico energético que ya calcula la línea base de los principales indicadores energéticos, como el Índice energético y el costo unitario de energía, en casi todos, a excepción de SIAPA, no se integran de manera formal como criterio de seguimiento de monitoreo, ni en forma de metas de las cuales se muestren registros detallados de avance en su cumplimiento, por lo que no se sabe en realidad el resultado de los esfuerzos de implementación del proyecto, en el caso de haberse implementado y el reflejo en la eficiencia energética.

Nota 2. Generalmente no se integra una estructura formal, a excepción del SIAPA que creó la UCUEE. La práctica común, en el mejor de los casos, es nombrar un responsable de proyecto, cuya labor es coordinar los esfuerzos necesarios para realizar desde el diagnóstico, hasta la implementación, lo cual deja muy endeble la fortaleza del organismo para la ejecución, evaluación, y ajuste de los resultados del proyecto en el caso de implementarse. Aun en el caso de SIAPA, la creación formal de la UCUEE no fue garantía de seguimiento ya que no se presentan registros o evidencias de los resultados reales en facturación o en los principales indicadores energéticos.

Como conclusión general se puede establecer que en todos estos proyectos si se desarrolló un adecuado diagnóstico inicial, sin embargo, no se complementó con factores claves para el éxito de un programa de gestión energética como un sistema de indicadores energéticos y una estructura formal, con responsables formalmente designados, que se encargue de la definición de metas, ejecución del proyecto y evaluación de resultados y seguimiento posterior.

En la mayoría de los casos, esto sucede porque no se cuenta con la fuente de recursos ya establecidos desde el inicio del proyecto, lo cual no es una justificación dado que una de las actividades claves de esa estructura formal de desarrollo del proyecto, es gestionar dichos recursos con los programas federales existentes u otros que se encuentren disponibles.

Incluso en el caso de SIAPA; que si creo una estructura formal, aunque reporta el uso de indicadores, no se mostraron evidencias de que se lleve ese registro en forma permanente en la realidad, sin lo cual, cualquier programa de gestión energética, está destinado al fracaso

### Análisis de avances en la implementación de los proyectos

Respecto a la etapa de implementación y evaluación de resultados, la situación se resume en las tablas 5.3 a 5.6

Tabla 5-3. Análisis de las características de gestión en la implementación de proyectos. Parte 1

No. De orden	Municipio	Organismo Operador	Implementacion ( Ejecucion Plan de accion, evaluacion de resultados )		
			Grado de implementacion	% de avance estimado	Observaciones sobre el metodo de evaluacion de resultados
4.1	MONCLOVA Y FRONTERA, COAH	SIMASMyF	Parcialmente	60% del proyecto integral	Seguimiento en base a Indicadores energeticos como kWh y kWh/m3, Adicionalmente reorta los 18 indicadores exigidos por el programa PATME que incluyen algunos relacionados con la eficiencia fisica, m3 producidos, eficiencia fisica, agua no contabilizada y horas de servicio continuo/habitante. Reporta avances graficos anuales.
4.2	GUADALAJARA, JAL Y ZONA CONURBADA	SIAPA	Parcialmente	23 % en eficiencia energetica y 35 % en sectorizacion	Reporta el uso de indicadores energeticos , sin embargo no existe evidencia grafica de su comportamiento ni comparativos antes y despues del proyecto. Reporta resultados en materia de ahorro de agua, los cuales no pueden reflejarse en materia de eficiencia energetica al no tener registros de estos ultimos
4.3	MORELIA, MICH	OOAPAS	Parcialmente	33% ( 64 de 190 distritos)	Reporta el uso de indicadores de evaluacion en los sectores piloto, pero no indicadores graficas de evolucion de agua no contabilizada o agua recuperada que reflejen los 72 millones de pesos invertidos entre 2008 y 2011. Tampoco reporta el uso de indicadores energeticos

Tabla 5-4. Análisis de las características de gestión en la implementación de proyectos. Parte 2

No. De orden	Municipio	Organismo Operador	Implementacion ( Ejecucion Plan de accion, evaluacion de resultados )		
			Grado de implementacion	% de avance estimado	Observaciones sobre el metodo de evaluacion de resultados
4.4	LA PIEDAD, MICH	SAPAS	Parcialmente	80 % en eficiencia energetica y 25 % en sectorizacion	Reporta el uso de indicadores energeticos como kWh y monto, tambien evalua eficiencias electromecanicas y volumen de agua producida, pero no indice energetico lo cual es mas representativo, aparentemente a pesar de los esfuerzos continuados el indice Energetico no ha mejorado en los años que se han realizado las acciones descritas
4.5	GOMEZ PALACIO, DGO	SIDEAPA	Parcialmente	18 % en sectorizacion basado en la inversion y las acciones reportadas por el programa PATME que es de 70 Millones de pesos entre 2006 y 2008	No reporta el uso de indicadores para el seguimiento de acciones, por ende aunque el diagnostico energetico realizado por terceros indica la linea base y un potencial de ahorro, en su actividad cotidiana no utiliza indicadores energeticos. Respecto al indicadores de eficiencia hidraulica ver nota 1
4.6	TORREON, COAH	SIMAS T	Parcialmente	25% en rehabilitacion de equipos sin resultados de ahorro de energia y 20 % en sectorizacion. e basado en la inversion y las acciones reportadas por el programa PATME que es de 70 Millones de pesos entre 2007 y 2009	No reporta el uso de indicadores energeticos para el seguimiento de acciones, por ende aunque el diagnostico energetico realizado por terceros indica la linea base y un potencial de ahorro, en su actividad cotidiana no utiliza indicadores energeticos con lo que habria evaluado el efecto de sus inversiones de rehabilitacion de pozos. Respecto al indicadores de eficiencia hidraulica ver nota 2
4.7	ATLIXCO, PUE	SOAPAMA	no se ha implementado	El Proyecto inicial se concluyo en 2012 y se estan buscando los recursos financieros	Antes del proyecto realizado, no reporta el uso de indicadores energeticos , como kWh/m3, o \$/ kWh, . En el caso de eficiencia fisica, si llevan indicadores solamente en una zona donde cuenta con un sistema de telemetria para monitoreo de indicadores de eficiencia fisica



Tabla 5-5. Análisis de las características de gestión en la implementación de proyectos. Parte 3

No. De orden	Municipio	Organismo Operador	Implementacion ( Ejecucion Plan de accion, evaluacion de resultados )		
			Grado de implementacion	% de avance estimado	Observaciones sobre el metodo de evaluacion de resultados
4.8	DURANGO DGO	AMD	Parcialmente	15% en eficiencia fisica y 5 % de acciones de eficiencia energetica que esta en proceso e incluye el proyecto de optimizacion hidraulica y electromecanica de 3 pozos donde se estan invirtiendo (.7 Millones de pesos financiado por el programa PROME 2011	No reporta el uso de indicadores energeticos como kWh/m3, solamente reporta el uso del indicador Incidencia del costo de la energia electrica sobre el global que forma parte de los indicadores requeridos por el programa PATME ( Ver nota 3 )
4.9	LERDO,DGO	SAPAL	Parcialmente	15% en eficiencia fisica basado en las acciones y el monto de inversion de 22 Millones de pesos que incluye la construccion de la linea del acuaferico para conectar los pozos San Fernando. Aun no se ha implementado acciones de eficiencia energetica	No reporta el uso de indicadores energeticos como kWh/m3, solamente reporta el uso del indicador Incidencia del costo de la energia electrica sobre el global que forma parte de los indicadores requeridos por el programa PATME ( Ver nota 4 )
4.10	MEXICALI	CESPM	Parcialmente	80 % en eficiencia fisica y 30 % en eficiencia energetica	Reporta el uso de indicadores adecuados de eficiencia fisica , asimismo utiliza indicadores energeticos en sus proyectos de rehabilitacion de equipos, como el Indice Energetico expresado en kWh/m3. Pero no los utiliza para monitorear el consumo de energia global, por ende sus excelentes indicadores de eficiencia energetica no pueden valorarse en el efecto real que tengan sobre el consumo de energia global del sistema
4.11	HIDALGO DEL PARRAL,CHIH	JMAS P	Parcialmente	15% del proyecto integral	Antes del proyecto no monitoreaba los indicadores energeticos adecuados como el Indice energetico, y aunque se definieron como linea base durante el proyecto integral, no ha habido oportunidad de monitorearlos dado que no se han logrado avances significativos en la implementacion

Tabla 5-6. Análisis de las características de gestión en la implementación de proyectos. Parte 4

No. De orden	Municipio	Organismo Operador	Implementacion ( Ejecucion Plan de accion, evaluacion de resultados )		
			Grado de implementacion	% de avance estimado	Observaciones sobre el metodo de evaluacion de resultados
4.12	NOGALES,SON.	OOMAPAS	Parcialmente	10 % del proyecto integral	Antes del proyecto no monitoreaba los indicadores energeticos adecuados como el Indice energetico, y aunque se definieron como linea base durante el proyecto integral, no ha habido oportunidad de monitorearlos dado que no se han logrado avances significativos en la implementacion
4.13	TECAMAC, EDOMÉX.	ODAPAS	Parcialmente	25 % del proyecto integral	A partir de la implementacion del proyecto, se han empezado a utilizar Indicadores energeticos basicos com el Indice Energetico, en kWh/m3, con ello se han valorado las mejoras en eficiencia energetica en 4 pozos eficientados que incluso han aumentado su caudal
4.14	TULTITLAN,EDOMEX	APAST	no	No se ha implementado	Antes del proyecto no monitoreaba los indicadores energeticos adecuados como el Indice energetico, y aunque se definieron como linea base durante el proyecto integral, no ha habido oportunidad de monitorearlos dado que no se han logrado avances en la implementacion
4.15	10 MUNICIPIOS EDOMEX	VARIOS	Parcialmente	Solo en algunos se han implementado, se estima un 10 %. (Ver nota 5)	No se reportan los resultados en ningun indicador y no hay un programa de seguimiento a esto. (Ver nota 5)
4.16	CELAYA,GTO	JUMAPA	Parcialmente	30 % del proyecto integral	No reporta el uso de indicadores energeticos como kWh/m3, solamente reporta el uso del indicador Incidencia del costo de la energia electrica sobre el global que forma parte de los indicadores requeridos por el programa PATME ( Ver nota 6 )
4.17	LEON, GTO	SAPAL	Parcialmente	50 % del proyecto de cogeneracion del biogas de la PTAR Municipal	No se cuenta con indicadores energeticos del proyecto de cogeneracion con BIOGAS, y se evaluaran hasta que se tenga implementado el 100 %

Nota 1. Estos 2 organismos reportan los indicadores requeridos por el Programa PATME que financio sus acciones, que implica 18 indicadores, pero en el aspecto energético solo incluye el de Incidencia de la energía eléctrica en el costo global pero no el Índice Energético expresado en kWh/m<sup>3</sup> ni el Costo específico de energía en \$/kWh

Nota 2: El Organismo reporta los indicadores requeridos por el Programa PATME que financio sus acciones, que implica 18 indicadores, relacionados con la eficiencia física y comercial, pero en el aspecto energético solo incluye el de Incidencia de la energía eléctrica en el costo global pero no el Índice Energético expresado en kWh/m<sup>3</sup> ni el Costo específico de energía en \$/kWh, de manera que los resultados en materia de eficiencia física, que aparentemente han mejorado, no se reflejan en materia de eficiencia energética. ni tampoco se pueden valorar los resultados de la rehabilitación de pozos, a reserva del realizado como parte de este proyecto que comprobó que no ha habido mejora en ese indicador

Nota 3 El organismo reporta el uso de los indicadores exigidos por el programa PATME relacionados con la eficiencia física y comercial donde reporta mejoras en la eficiencia física y reducción de agua producida aun con aumento de número de conexiones y más usuarios con servicio continuo. No obstante eso no se refleja al menos en el único indicador energético que exige este programa que es el de incidencia del costo energético sobre el costo global, el cual se ha incrementado en un 56 %

Nota 4. El organismo reporta el uso de los indicadores exigidos por el programa PATME relacionados con la eficiencia física y comercial donde reporta mejoras en la eficiencia física y reducción de agua producida aun con aumento de número de conexiones y más usuarios con servicio continuo. No obstante eso no se refleja al menos en el único indicador energético que exige este programa que es el de incidencia del costo energético sobre el costo global, el cual se ha incrementado en un 250 %

Nota 5. El Programa PROME menciona el financiamiento de 14 equipos derivados de este proyecto, 4 en Los Reyes la Paz, 3 en Chalco, 6 en Valle de Chalco, y 4 en Chimalhuacán, 17 en total, sin embargo, no se tuvo acceso al proceso, desde la especificación, hasta la evaluación de resultados lo cual es posible no se haya realizado adecuadamente, y tampoco existe un mecanismo oficial para comprobarlo ni darle el necesario seguimiento. La inversión de estos 17 equipos fue de 12.5 Millones de pesos, un costo excesivo

#### **Como conclusiones generales de este análisis, se puede establecer lo siguiente:**

- **El nivel de avance en la implementación es muy bajo, en promedio del 20 %, a excepción de los casos del Proyecto integral de Monclova y el de eficiencia energética de SAPAS la piedad que a lo largo de los años ha rehabilitado o cambiado la mayoría de sus equipos de bombeo. Esto es una situación generalizada, comparando el avance logrado, con el total de la infraestructura, en general los organismos, aun contando con un diagnostico energético formal, realizan acciones aisladas o acciones de rehabilitación sin ninguna planeación energética**
- **En ningún caso, se monitorean los indicadores energéticos adecuados, específicamente el Índice Energético en kWh/m<sup>3</sup> y el costo unitario promedio de energía, incluso en los casos donde se reportan el uso de los 18 indicadores exigidos por el programa PATME, ahora PROME, no se utiliza este indicador. El único indicador que se reporta en estos casos, es el de incidencia de la energía en el costo de operación, el cual no es el indicador más adecuado**

#### **Análisis en los factores claves para el éxito y las barreras y problemática presentada**

Se analizaron los factores claves que permitieron avances en el proyecto así como la problemática y barreras presentadas, El resumen caso a caso se presenta en las siguientes tablas

Tabla 5-7. Análisis en los factores de éxito o barreras presentadas en la gestión de proyectos. Parte 1

No. De orden	Municipio	Organismo Operador	Fuerzas y debilidades que influyeron en los avances o retrasos del proyecto en el logro de resultados	
			Aspectos claves que influyeron en el logro de resultados	Principales barreras que afectaron el avance del proyecto
4.1	MONCLOVA Y FRONTERA, COAH	SIMASMyF	Continuidad de los responsables técnicos del proyecto y el apoyo de la dirección lo que ha dado continuidad al proyecto en el mediano plazo, la asignación de recursos, aun limitados, por parte del organismo y municipio y la tenacidad del organismo de gestionar el resto de recursos disponibles, básicamente con los programas oficiales	Entre los principales barreras están la falta de recursos financieros para acelerar la ejecución del proyecto, con el riesgo de que se pierda la energía para concluirlo, y la solución queda vigente. Otra barrera es la falta de sistemas de monitoreo modernos, como la telemetría, que permitan acelerar el proceso de ajuste del sistema a la solución propuesta por el proyecto
4.2	GUADALAJARA, JAL Y ZONA CONURBADA	SIAPA	Compromiso de la alta dirección, Creación formal de Unidad responsable del programa de Eficiencia energética, UCUEE, el liderazgo del director de la misma, la asignación de recursos financieros	Falta de continuidad en mandos directivos (Cambio de gobierno estatal y directivos SIAPA), problemas de financiamiento, falta de evaluación de resultados, falta de integración de proyectos de eficiencia física y energética. Aunque se creó el UCUEE, no se tiene una coordinación con los ejecutores del proyecto de sectorización. Los proyectos resultantes del diagnóstico energético, están basados solamente en la sustitución de equipos, y no se aprecia un análisis integral relacionado con los aspectos hidráulicos de la operación de los equipos de bombeo
4.3	MORELIA, MICH	OOAPAS	Compromiso de la alta dirección, continuidad de los responsables técnicos del proyecto lo que ha dado continuidad al proyecto en el mediano plazo, la asignación de recursos, aun limitados, por parte del organismo y municipio y la tenacidad del organismo de gestionar el resto de recursos disponibles, básicamente con los programas oficiales	Falta de compromiso directivo para realizar un proyecto formal de eficiencia energética. Falta de integración del proyecto de eficiencia física, en desarrollo desde hace varios años con el aspecto energético, al menos en la evaluación de los indicadores energéticos adecuados de los cuales se lleva un registro incipiente que aun no refleja ningún beneficio. No se tiene una coordinación entre los responsables de ambos rubros
4.4	LA PIEDAD, MICH	SAPAS	Compromiso de la dirección y continuidad de los esfuerzos y de los responsables técnicos del proyecto, en el mediano y largo plazo. También ha contribuido el uso de tecnologías de información como la telemetría. Otro aspecto favorable ha sido el uso de herramientas como la modelación hidráulica aplicada al proyecto de eficiencia física	La principal debilidad es la falta de integración de los proyectos de eficiencia física y los múltiples esfuerzos en eficiencia energética realizados a lo largo de varios años, fundamentalmente basados en la sustitución de equipos basado en la eficiencia electromecánica. Otra debilidad es el monitoreo de los indicadores energéticos adecuados como el Indicador energético expresado en kWh/m <sup>3</sup> , que según sus registros, no ha mejorado. Los proyectos resultantes del diagnóstico energético, están basados solamente en la sustitución de equipos, y no se aprecia un análisis integral relacionado con los aspectos hidráulicos de la operación de los equipos de bombeo. El uso de ese tipo de indicadores podría permitir redirigir los esfuerzos
4.5	GOMEZ PALACIO, DGO	SIDEAPA	La realización de un plan maestro, basado en el uso de herramientas como la modelación, la realización de un diagnóstico integral y la planeación de acciones con objetivos específicos y la continuidad de los técnicos encargados del proyecto han contribuido a que el proyecto siga vigente. El compromiso de la dirección, que ha logrado gestionar parcialmente los recursos financieros con los programas oficiales como el PATME	Aunque se mencionan los aspectos energéticos en el plan maestro, no se cuenta con una integración completa en ambos rubros. Otro problema ha sido el uso de los indicadores energéticos adecuados con lo que se podría llevar un mejor análisis de los resultados de sus inversiones en mantenimiento correctivo donde se ha invertido de manera sustancial

Tabla 5-8. Análisis en los factores de éxito o barreras presentadas en la gestión de proyectos. Parte 2

No. De orden	Municipio	Organismo Operador	Fuerzas y debilidades que influyeron en los avances o retrasos del proyecto en el logro de resultados	
			Aspectos claves que influyeron en el logro de resultados	Principales barreras que afectaron el avance del proyecto
4.6	TORREON, COAH	SIMAS T	El compromiso de la dirección, para desarrollar un Diagnóstico Integral de Planeación y ejecutar las recomendaciones resultantes, específicamente en el aspecto de eficiencia física, concretamente el proyecto de sectorización en proceso	No se realizó un proyecto formal de eficiencia energética, ni independiente ni integrado al proyecto de eficiencia física, lo que se ha realizado es un programa de rehabilitación de equipos, que, como se muestra en el análisis y conclusiones del proyecto, no se ha reflejado positivamente en eficiencia energética, al no realizar la rehabilitación o sustitución de equipos con las correctas especificaciones. Otra debilidad es la falta de monitoreo de indicadores energéticos adecuados como el índice energético que permita evaluar el resultado de sus proyectos en este rubro
4.7	ATLIXCO, PUE	SOAPAMA	El compromiso de la dirección, y el liderazgo del área de planeación para desarrollar un proyecto integral, conjuntando el aspecto hidráulico y energético, a pesar de que su índice energético es muy bajo y el impacto del costo energético está por debajo de la media	El principal problema es la falta de recursos financieros, se están haciendo las gestiones ante los programas oficiales, pero eso generalmente es un proceso de largo plazo y eso hace que la implementación del proyecto se alargue demasiado y se corre el riesgo de interrumpirse si no se tiene la continuidad de los directivos y los responsables y líderes del proyecto
4.8	DURANGO DGO	AMD	El compromiso de la dirección, y el liderazgo del área de planeación para desarrollar un proyecto integral, conjuntando el aspecto hidráulico y energético, motivado por el elevado impacto del costo energético en sus costos de operación y la visión de la dirección	El principal problema ha sido la falta de recursos financieros, aunque se han logrado gestionar algunos recursos ante los programas oficiales, se han utilizado para necesidades ya previstas anteriormente como el incremento a la cobertura de micromedición y la sustitución de tuberías en el centro histórico. Este retraso, provoca que se pierda el entusiasmo por el proyecto, aunado al cambio de directivos, y aunque se mantuvo parte del personal involucrado, no se tiene la misma energía para continuar la implementación cabal del proyecto y las soluciones aportadas por el mismo pueden perder vigencia
4.9	LERDO, DGO	SAPAL	El compromiso de la dirección, y el liderazgo del área de planeación para desarrollar un proyecto integral, conjuntando el aspecto hidráulico y energético, motivado por el elevado impacto del costo energético en sus costos de operación y disponibilidad de recursos federales del Fondo Metropolitano de la laguna. Esto y la continuidad de los directivos y encargados del proyecto, ha permitido mantener el interés y continuidad del proyecto integral, aun lento por falta de recursos	El principal problema ha sido la falta de recursos financieros, aunque se han logrado gestionar algunos recursos ante los programas oficiales, se han utilizado para el inicio del proyecto, pero el resto se ha retrasado. Este retraso provoca que las soluciones aportadas por el mismo pueden perder vigencia y se ha tenido la necesidad de actualizarlo. Se espera conseguir los recursos para continuarlo
4.10	MEXICALI	CESPM	El compromiso de la dirección, y la continuidad de los directivos y encargados del proyecto, ha permitido mantener el interés y continuidad, hasta lograr los resultados importantes en el tema de eficiencia física. En el aspecto energético, la clave ha sido el seguir unas adecuadas especificaciones en los proyectos de sustitución de equipos de bombeo, así como el seguimiento en la ejecución y evaluación de resultados usando los indicadores del proyecto	La principal debilidad es la falta de integración del proyecto de eficiencia física, con un proyecto energético integral, que no solo trabaje en proyectos de sustitución de equipos de manera aislada

Tabla 5-9. Análisis en los factores de éxito o barreras presentadas en la gestión de proyectos. Parte 3

No. De orden	Municipio	Organismo Operador	Fuerzas y debilidades que influyeron en los avances o retrasos del proyecto en el logro de resultados	
			Aspectos claves que influyeron en el logro de resultados	Principales barreras que afectaron el avance del proyecto
4.11	HIDALGO DEL PARRAL, CHIH	JMAS P	El compromiso de la dirección, y el liderazgo y apoyo de las autoridades estatales, la JCAS para desarrollar un proyecto integral, conjuntando el aspecto hidráulico y energético, motivado por el elevado impacto del costo energético en sus costos de operación y la necesidad de resolver su problemática actual de abastecimiento. Esto y la continuidad de encargados del proyecto, ha permitido mantener el interés del proyecto integral, aun a pesar de la tragedia ambiental que lo interrumpe	El principal problema ha sido la falta de recursos financieros, aunque se han logrado gestionar algunos recursos ante los programas oficiales, aunado a una inundación que arrasó incluso con algunas fuentes de producción. Esto interrumpió la implementación y aun no se ha logrado conseguir los recursos financieros para continuarlo
4.12	NOGALES, SON.	OOMAPAS	El compromiso de la dirección, para desarrollar un proyecto integral, conjuntando el aspecto hidráulico y energético, motivado por el elevado impacto del costo energético en sus costos de operación y la necesidad de resolver su problemática actual de abastecimiento. Esto y la continuidad de encargados del proyecto, aun con cambios en la dirección, ha permitido mantener el interés del proyecto integral	El principal problema ha sido la falta de recursos financieros, aunque se han logrado gestionar algunos recursos ante los programas oficiales, el proceso ha sido muy largo, Este retraso, aunado al cambio de algún personal involucrado en el proyecto, provoca que se pierda el entusiasmo para continuar la implementación cabal del proyecto y las soluciones aportadas por el mismo pueden perder vigencia. También han faltado recursos para continuar el apoyo técnico externo para dar el seguimiento al proyecto y buscar alternativas de corto plazo que logren ahorros de energía con payback de menos de 1 año
4.13	TECAMAC, EDOMÉX.	ODAPAS	El compromiso de la dirección para desarrollar un proyecto integral, conjuntando el aspecto hidráulico y energético, motivado básicamente por la necesidad de resolver su problemática actual de abastecimiento en algunos sectores. Este compromiso ha permitido conseguir los recursos para implementar el proyecto al menos parcialmente en 3 de 11 sectores y se está empezando a tener un mejor control sobre los caudales reales aprovechados en los 3 sectores mejorando su redistribución y también se han podido controlar las presiones en las partes bajas de dichas zonas, además de mejorarlas en las partes altas con el apoyo de las válvulas automáticas, lo que ha reducido el nivel de fugas en los 3 sectores.	Entre los principales problemas, está la falta de personal técnico interno que entienda la ingeniería del proyecto y ayude en su aplicación, aunado a la inercia del personal a cambiar las prácticas de siempre. Otro problema ha sido el problema de transferencias a otras zonas, clandestinaje y el exceso de fugas que no ha permitido alcanzar las presiones esperadas y mantener el control de nivel en los tanques de regulación existentes. En el aspecto energético, ha habido mejoras en el índice energético, no así en la potencia eléctrica dado que se tuvo que incrementar el caudal para llevar los pozos a su máximo rendimiento, y mejorar la disponibilidad de agua para mejorar el servicio, que es la prioridad de la dirección y del organismo en general. Otra barrera es la falta de sistemas de monitoreo modernos, como la telemetría, que permitan acelerar el proceso de ajuste del sistema a la solución propuesta por el proyecto
4.14	TULTITLAN, EDOMÉX	APAST	El compromiso de la dirección, para desarrollar un proyecto integral, conjuntando el aspecto hidráulico y energético, motivado por el elevado impacto del costo de compra de agua en bloque de fuentes externas del sistema Cutzamala y CAEM, en sus costos de operación y la necesidad de resolver su problemática actual de abastecimiento en algunos sectores.	La principal barrera para la implementación del proyecto, ha sido la falta de recursos financieros. Se lograron conseguir algunos recursos del programa PROME de la CONAGUA y se está implementando uno de los sectores más críticos en problemas de abastecimiento. En ese sector se espera reducir el uso de agua de fuentes externas aunque en el aspecto energético se tendrá que incrementar el caudal en los pozos involucrados y se evaluará en función del índice energético en kWh/m <sup>3</sup>

Tabla 5-10. Análisis en los factores de éxito o barreras presentadas en la gestión de proyectos. Parte 4

No. De orden	Municipio	Organismo Operador	Fuerzas y debilidades que influyeron en los avances o retrasos del proyecto en el logro de resultados	
			Aspectos claves que influyeron en el logro de resultados	Principales barreras que afectaron el avance del proyecto
4.15	10 MUNICIPIOS EDMEX	VARIOS	El principal factor para el logro del proyecto, fue la decisión de las autoridades federales, particularmente la CONAGUA, para desarrollar el proyecto piloto y conocer el potencial de ahorro de energía de 11 municipios del Edomex, ubicados de la zona conurbada a la ciudad de México. Con esto se logró la colaboración de los técnicos y directivos de dichos organismos al contar con el apoyo financiero y técnico de la CONAGUA que es una barrera que normalmente impide se realicen este tipo de proyectos	La principal barrera para el desarrollo completo del proyecto, fue la falta de recursos financieros para llevar a cabo la segunda fase, o sea la implementación del mismo. Esto produjo que solo se lograra implementar un 5 % del mismo, a iniciativa de algunos organismos que decidieron realizar las gestiones para conseguir recursos financieros, sin embargo la otra problemática fue la falta de seguimiento para asegurarse que se desarrollaran de manera correcta, desde la especificación de los equipos hasta la evaluación de resultados
4.16	CELAYA, GTO	JUMAPA	El compromiso de la dirección, para desarrollar un proyecto integral, conjuntando el aspecto hidráulico y energético, motivado por el elevado impacto del energético en sus costos de operación y la necesidad de resolver su problemática actual de abastecimiento en algunos sectores y mejorar su eficiencia física. Otro factor clave ha sido la continuidad en los esfuerzos a pesar de cambios de directivos, y el que se han mantenido los técnicos clave, encargados del proyecto	El principal problema ha sido la falta de recursos financieros, aunque se han logrado gestionar algunos recursos ante los programas oficiales como PATME y PROME, el proyecto avanza lentamente. Este retraso, que las soluciones aportadas por el mismo pueden perder vigencia y se tenga la necesidad de actualizarlo. Se espera
4.17	LEON, GTO	SAPAL	El compromiso y la visión de la dirección, para desarrollar un proyecto utilizando los recursos del biogás de su planta de tratamiento de aguas residuales para generar energía y conseguir los recursos financieros basados en esquemas como el financiamiento con los ahorros que genere el proyecto	La barrera ha sido la falta de los recursos financieros suficientes para ejecutar el proyecto al 100%, dado que el repago del mismo es a largo plazo y eso implica aumentar la dificultad de conseguir dichos recursos dados los riesgos legales y financieros de los cambios de administración. Otra causa del retraso ha sido el retraso en la liberación de contaminantes industriales nocivos para este proceso que se lograra cuando se construyan las plantas complementarias enfocadas a tratar dichos residuos industriales, fundamentalmente de la curtiduría

Las conclusiones principales a todo este último concentrado de análisis por proyecto son las siguientes:

Entre los factores de éxito que se destacan, en el caso de los proyectos con mayor grado de avance y resultados son los siguientes:

- Dado que el proceso lleva un periodo de largo plazo para alcanzar un avance significativo, el factor clave es la continuidad de los responsables y técnicos involucrados en el proyecto, y el apoyo de la dirección, esto aun con el cambio de directivos.
- El crear una estructura formal, sin la continuidad de los técnicos y líderes del proyecto, no es garantía de éxito
- El compromiso e interés de los directivos es clave

Entre las principales barreras y problemática en la etapa de implementación destaca lo siguiente:

- La falta de recursos financieros es una primera y recurrente barrera. Sin ello, aunque exista el compromiso, la voluntad, interés y continuidad de los líderes del proyecto, no se puede iniciar un programa de gestión energética que inicia con un buen diagnóstico y definición de potenciales. La falta de ese recurso, es clave también para iniciar la fase de implementación, aun teniendo un buen proyecto, incluso integral, si no se planea contar con el recurso para, al menos iniciar la implementación, en algunas zonas o sectores, o equipos de bombeo, se corre el riesgo de que el diagnóstico pierda vigencia
- Otra barrera para aumentar las posibilidades de éxito en resultados de eficiencia energética, es la falta de integración con los proyectos de eficiencia física, con ello existe un divorcio entre las prioridades del organismo, con el objetivo de mejorar la eficiencia energética. Los proyectos de mejora de la eficiencia física, o reducción de agua no contabilizada, están más en línea con las prioridades del organismo de mejorar el servicio y recaudar más ingresos, si se vinculan de manera sistemática con el monitoreo del consumo energético, a través de indicadores como kWh/m<sup>3</sup>, se tienen más posibilidades de lograr mejoras energéticas

## 5.2 Tipo de proyectos, metodologías aplicadas y medidas de ahorro propuestas

Los proyectos analizados se clasificaron, de acuerdo a los aspectos incluidos, si solo trabajarán en eficiencia energética, abarcando solo aspectos electromecánicos, si solo trabajaron en aspectos de eficiencia hidráulica, entendiendo esta como eficiencia física o eficiencia en la operación hidráulica, o si trabajaron conjuntando los conceptos de eficiencia energética e hidráulica en un solo proyecto, lo que se conocen como integrales. La clasificación se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 5-11. Tipos de proyectos respecto a los aspectos incluidos

No. de orden	Municipio	Organismo Operador	Tipo de proyecto					Etapas del proceso incluidas	
			Eficiencia Energética	Eficiencia Hidráulica		Integral	Otros		
			(Solo incluidos aspectos electromecánicos)	Eficiencia Física	Operación hidráulica	(Eficiencia Energética e Hidráulica conjunta)	Uso de energías renovables		Fuentes
									Sistema de Distribución
Demanda y Disposición Final									
4.1	MONCLOVA Y FRONTERA, COAH	SIMAS MyF	x	x		x		Fuentes y Sistema de distribución	
4.2	GUADALAJARA, JAL Y ZONA CONURBADA	SIAPA	x	x				Fuentes y Sistema de distribución	
4.3	MORELIA, MICH	SAPAS		x				Fuentes y Sistema de distribución	
4.4	LA PIEDAD, MICH	SAPAS	x	x				Fuentes y Sistema de distribución	
4.5	GOMEZ PALACIO, DGO	SIDEAPA	x	x				Fuentes y Sistema de distribución	
4.6	TORREON, COAH	SIMAS T	x	x				Fuentes y Sistema de distribución	
4.7	ATLIXCO, PUE	SOAPAMA				x		Fuentes y Sistema de distribución	
4.8	DURANGO DGO	AMD				x		Fuentes y Sistema de distribución	
4.9	LERDO, DGO	SAPAL				x		Sistema de distribución	
4.1	MEXICALI	CESPM	x	x				Fuentes y Sistema de distribución	
4.11	HIDALGO DEL PARRAL, CHIH	JMAS P				x		Sistema de distribución	
4.12	NOGALES, SON.	OMAPAS				x		Fuentes y Sistema de distribución	
4.13	TECAMAC, EDOMÉX	ODAPAS				x		Sistema de distribución	
4.14	TULTITLAN, EDOMEX	APAST				x		Fuentes y Sistema de distribución	
4.15	10 MUNICIPIOS EDOMEX	VARIOS				x		Fuentes y Sistema de distribución	
4.16	CELAYA, GTO	JUMAPA				x		Fuentes y Sistema de distribución	
4.17	LEON, GUANAJUATO	SAPAL					x	Disposición Final	

Como puede observarse, de los proyectos analizados 10 son de tipo integral, lo que permite valorar los beneficios de este tipo de proyectos.

5 son de eficiencia energética y física por separado, lo que permite ver las desventajas, desde el punto de vista de eficiencia energética, que representa la desvinculación de estos dos rubros



Y solo uno exclusivamente de eficiencia física, lo cual puede parecer poco representativo pero complementa las experiencias de los que realizaron proyectos de eficiencia física y energética por separado

Posteriormente, se analizaron las medidas de eficiencia energética, eficiencia hidráulica o integrales que se identificaron, propusieron o aplicaron en los proyectos analizados.

El resultado con el resumen de este análisis se muestra en las tablas siguientes:

Tabla 5-12. Resumen de medidas de eficiencia propuestas o desarrolladas. Parte 1

Organism o Operador	Medidas de eficiencia propuestas		
	Eficiencia Energetica	Eficiencia Hidraulica	Eficiencia Integral
SIMASMyF			Redistribucion de caudales, control de presiones, rehabilitacion y ampliacion de tuberias primarias y secundarias , programa de reduccion de fugas, Sustitucion de equipos de bombeo, Variadores de Frecuencia, Control de Demanda en Hora Punta, Correccion de Factor de Potencia, Reducir numero de equipos operando, cambiar especificaciones de operacion de bombas
SIAPA	Sustitucion de equipos, Variadores de Frecuencia, Correccion de Factor de Potencia	Sectorizacion en 769 zonas, Recuperación de caudales. Regulación de presión hidráulica en la red. Regulación de volúmenes suministrados. Eficiencia en la distribución. Actualización del catastro de predios y redes hidráulicas. Detección y cancelación de tomas clandestinas. Detección y reparación de fugas no visibles. Reducción de fugas en redes de distribución. Incremento en la vida útil de las redes, por el control y regulación de presiones.	No evaluadas
OOAPAS	No ha habido proyecto	Construccion de 191 sectores hidrometricos , I. Redistribuyendo caudales y presiones en la red primaria para el suministro de agua a los Distritos Hidrométricos. II. Aislando, instrumentando y eficientizando los distritos hidrométricos con control de presiones y monitoreo de variables a traves de telemetria	No evaluadas
SAPAS	Adecuacion de tarifas rehabilitacion, Optimizacion de factor de Potencia y Sustitucion de equipos de bombeo con mejor eficiencia electromecanica, aplicacion de variadores de frecuencia , mantenimiento preventivo	Sectorización de redes hidráulicas (modelaciones). Monitoreo de presiones y caudales en la red hidráulica. Detección y reparación de Fugas no visibles. Recuperación de caudales. Automatización de tanques de almacenamiento y regularización. En el proyecto de sectorización se ha utilizado también la modelación hidráulica de redes	No evaluadas

Tabla 5-13. Resumen de medidas de eficiencia propuestas o desarrolladas. Parte 2

Organismo Operador	Medidas de eficiencia propuestas		
	Eficiencia Energetica	Eficiencia Hidraulica	Eficiencia Integral
SIDEAPA	Adecuacion de tarifas, Optimizacion de factor de Potencia , rehabilitacion y Sustitucion de equipos de bombeo, aplicacion de variadores en conjunto con macro tanques de regulacion	Construccion de 10 Sectores Hidraulicos que incluyen 15 Macrocircuitos y un acuaferico, incluye obras hidraulicas para cierre y aislamiento de sectores	No evaluadas
SIMAS T	Adecuacion de Tarifas, Sustitucion de equipos de bombeo, Optimizacion de factor de Potencia, rehabilitacion y mantenimiento preventivo a pozos	Sectorizacion de la red , construccion de tanques reguladores y sistemas de rebombeo equipados con variadores de frecuencia, programa de sustitucion de tuberias ampliacion de cobertura de micro y macromedicion, instalacion de un sistema de telemetria	No evaluadas
SOAPAMA			Redistribucion de caudales,control de presiones, rehabilitacion y ampliacion de tuberias primarias y secundarias ,programa de reduccion de fugas,Sustitucion de equipos, Variadores de Frecuencia, Control de Demanda en Hora Punta, Correccion de Factor de Potencia,Reducir numero de equipos operando,cambiar especificaciones de operacion de bombas para bajar cargas y trabajo de bombeo
AMD			Redistribucion de caudales,control de presiones, rehabilitacion y ampliacion de tuberias primarias y secundarias ,programa de reduccion de fugas,Sustitucion de equipos, Variadores de Frecuencia, Control de Demanda en Hora Punta, Correccion de Factor de Potencia,Reducir numero de equipos operando,cambiar especificaciones de operacion de bombas para bajar cargas y trabajo de bombeo

Tabla 5-14. Resumen de medidas de eficiencia propuestas o desarrolladas. Parte 3

SAPAL			Redistribucion de caudales,control de presiones, rehabilitacion y ampliacion de tuberías primarias y secundarias ,programa de reduccion de fugas,Sustitucion de equipos utilizando los de menor nivel dinamico,Aplicacion de Variadores de Frecuencia, Control de Demanda en Hora Punta, Correccion de Factor de Potencia,Reducir numero de equipos operando, sobre todo los de mayor nivel dinamico, cambiar especificaciones de operacion de bombas para bajar cargas y trabajo de bombeo
CESPM	Sustitucion de equipos de bombeo con mejor eficiencia electromecanica	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Recuperación de agua en retrolavado de filtros en plantas potabilizadoras.</li> <li>2. Atención inmediata a reportes de fugas.</li> <li>3. Reposición de tuberías que ya cumplieron con su vida útil.</li> <li>4. Reposición de válvulas de seccionamiento.</li> <li>5. Reposición de tomas domiciliarias.</li> <li>6. Reposición de medidores.</li> <li>7. Reducción de tomas con cuota fija.</li> <li>8. Localización tomas clandestinas. ☒</li> </ol>	No evaluadas
JMAS P			Redistribucion de caudales para equilibrar suministro de agua en zonas deficitarias,control de presiones con Valvulas reguladoras, programa de reduccion de fugas,Sustitucion de equipos,Aplicacion de Variadores de Frecuencia, Control de Demanda en Hora Punta, Correccion de Factor de Potencia,Reducir numero de equipos operando, sobre todo los de mayor nivel dinamico, cambiar especificaciones de operacion de bombas para bajar cargas y trabajo de bombeo
OOMAPAS			Redistribucion de caudales para equilibrar suministro de agua en zonas deficitarias,control de presiones con Valvulas reguladoras, programa de reduccion de fugas,Sustitucion de equipos,Aplicacion de Variadores de Frecuencia, Control de Demanda en Hora Punta, Correccion de Factor de Potencia,Reducir numero de equipos operando, , cambiar especificaciones de operacion de bombas para bajar cargas y trabajo de bombeo
ODAPAS			Redistribucion de caudales para equilibrar suministro de agua en zonas deficitarias,control de presiones con Valvulas reguladoras, programa de reduccion de fugas,Sustitucion de equipos, Aplicacion de Variadores de Frecuencia,Correccion de Factor de Potencia, Reducir numero de equipos operando, cambiar especificaciones de operacion de bombas para bajar cargas y trabajo de bombeo , monitoreo de Indice Energetico en equipos que tuvieron que aumentar caudales

Tabla 5-15. Resumen de medidas de eficiencia propuestas o desarrolladas. Parte 4

Organismo Operador	Medidas de eficiencia propuestas		
	Eficiencia Energetica	Eficiencia Hidraulica	Eficiencia Integral
APAST			Redistribucion de caudales para equilibrar suministro de agua en zonas deficitarias, aumento de produccion de algunos pozos para sustituir suministro de fuentes externas de mayor costo, control de presiones con Valvulas reguladoras, programa de reduccion de fugas, Aplicacion de Variadores de Frecuencia, Correccion de Factor de Potencia, Reducir numero de equipos operando, cambiar especificaciones de operacion de bombas para bajar cargas y trabajo de bombeo combinado con un mejor aprovechamiento de tanques de regulacion y monitoreo de Indice Energetico en equipos que tuvieron que aumentar caudales
VARIOS	Adecuacion de Tarifas, Sustitucion de equipos de bombeo, Optimizacion de factor de Potencia, rehabilitacion y mantenimiento preventivo a pozos. En el aspecto de mantenimiento se identificaron varios aspectos como ajuste de flechas, anillos de desgaste, ajuste de impulsores, como medidas de bajo costo e impacto de 2 % en el consumo energetico, tambien se recomendaron acciones de mantenimiento electrico como ajuste de TAPs de Transformadores para equilibrar tension entre fases		Redistribucion de caudales para bajar cargas y trabajo de bombeo combinado con un mejor aprovechamiento de tanques de regulacion, control de presiones con Valvulas reguladoras, Aplicacion de Variadores de Frecuencia, Reducir numero de equipos operando
JUMAPA			Redistribucion de caudales para equilibrar suministro de agua en zonas deficitarias a traves de la construcción de 43 sectores hidráulicos de distribución, la construcción de 2 tanques, el aprovechamiento de 27 tanques en red existentes y 8 tanques en factibilidades, control de presiones con Valvulas reguladoras, programa de reduccion de fugas y con ello lograr ahorros de energia p=con acciones como: Aplicacion de Variadores de Frecuencia, Correccion de Factor de Potencia, Reducir numero de equipos operando, cambiar especificaciones de operacion de bombas para bajar cargas y trabajo de bombeo
SAPAL	Utilizacion de energias renovables aprovechando el BIOGAS generado en la Planta de tratamiento de aguas residuales municipal, mediante la tecnologia de Cogeneracion		

Las conclusiones principales a todo este último concentrado de análisis por proyecto son las siguientes :

Cuando se realizan proyectos de eficiencia energética y física por separado, las únicas medidas de ahorro de energía que se proponen son las siguientes

- Optimización de la eficiencia electromecánica vía la sustitución de conjuntos bomba motor.
- Optimización del Factor de potencia
- Adecuación de tarifa eléctrica

No obstante, basado en los resultados y metodología descrita en los proyectos integrales de SIMAS Monclova, SOAPAMA Atlixco, AMD Durango, SAPAL, Lerdo, JMAS Hidalgo del parral, OOMAPAS Nogales, APAST Tultitlan, ODAPAS Tecamac, 11 Municipios de Domes y JUMAPA Celaya

Se puede concluir que cuando se realizan proyectos de tipo integral, combinando la eficiencia energética con la eficiencia hidráulica, se logran identificar otro tipo de medidas de ahorro de energía como las siguientes:

- Equipos de bombeo que reducen su carga de trabajo
- Equipos de bombeo que salen de servicio
- Equipos de bombeo que operen con variador de frecuencia
- Posibilidad de paro de equipos contratados en tarifa HM en hora punta

Cuando se realiza en este tipo de proyectos, una evaluación energética, realizando las corridas energéticas con el modelo de simulación hidráulica, se puede hacer un análisis integral del consumo energético de toda la red y evaluar varias alternativas para escoger la óptima energética hidráulica y económicamente

Cuando se aplica la metodología del Balance de Energía en los diagnósticos energéticos, se identifican pérdidas y ahorros de energía adicionales en lo siguiente:

- Conductores eléctricos inadecuados
- Perdidas excesivas de carga en tuberías y mala operación de equipos
- Perdidas de energía por fugas

El proyecto de 11 Municipios, Permite concluir que existen diferentes niveles de acciones, a corto , mediano y largo plazo,

Las primeras tiene que ver con el mantenimiento preventivo, con medidas como ajuste de flechas, revisión limpieza y ajuste de impulsores, limpieza y apriete de conexiones , ajuste de taps de transformadores, adecuación de instalaciones eléctricas como los sistemas de puesta a tierra, estos últimos para ayudar a mejorar la calidad de la energía alimentada a los motores, y con ello pueden lograr beneficios de ahorro que están entre el 2 y el 3 %,pero además pueden prevenir fallas y costos inesperados

Las de mediano plazo, como la sustitución de equipos de bombeo, cuidando la adecuada especificación y el monitoreo de los mismos, puede resultar en ahorros rentables entre el 15 y el 20 % con costo beneficio de menos de 2 años

Las de largo plazo, que tienen que ver con los proyectos de mejora en la operación hidráulica, pueden aumentar el potencial de ahorro hasta un 30 %, aunque requieren inversiones de mayor magnitud, cambios en la infraestructura y operación, pero también cumplen otros objetivos prioritarios como mejorar el nivel de servicio y evitar la necesidad de nuevas inversiones en infraestructura por lo que también deben ser considerados

## 6 Experiencias institucionales anteriores

Como parte de este trabajo, se investigaron someramente las acciones y resultados que se han hecho históricamente en el país en materia de impulso a la eficiencia energética en sistemas de agua y saneamiento para suministro de agua urbano, no los programas de apoyo a bombeo de agua en el sector agrícola, y a continuación se explican brevemente:

### 6.1 Proyectos apoyados por del Fideicomiso para el Ahorro de Energía. FIDE

El FIDE fue creado en el año de 1989, durante los años 1990 a 2008, existió un programa de apoyo a municipios donde se incluían los organismos operadores de agua y saneamiento.

Este esquema de apoyo, que en un tiempo consistió en financiar una cantidad máxima de \$ 500,000 pesos por organismo, reembolsable sin intereses en un plazo máximo de 2 años, generó la ejecución de 575 proyectos de rehabilitación y sustitución de equipos de bombeo.

Los registros que se han encontrado como parte de este trabajo, sobre la metodología aplicada en el desarrollo del proyecto, pero sobre todo, sobre el seguimiento a la ejecución de dichos proyectos, incluyendo el mecanismo de evaluación de resultados, no incluyen evidencias basadas en facturaciones de CFE o gráficas de monitoreo de indicadores energéticos como el Índice Energético

Los registros que se han encontrado consisten en presentaciones donde se describen los casos de éxito, como el siguiente ejemplo:

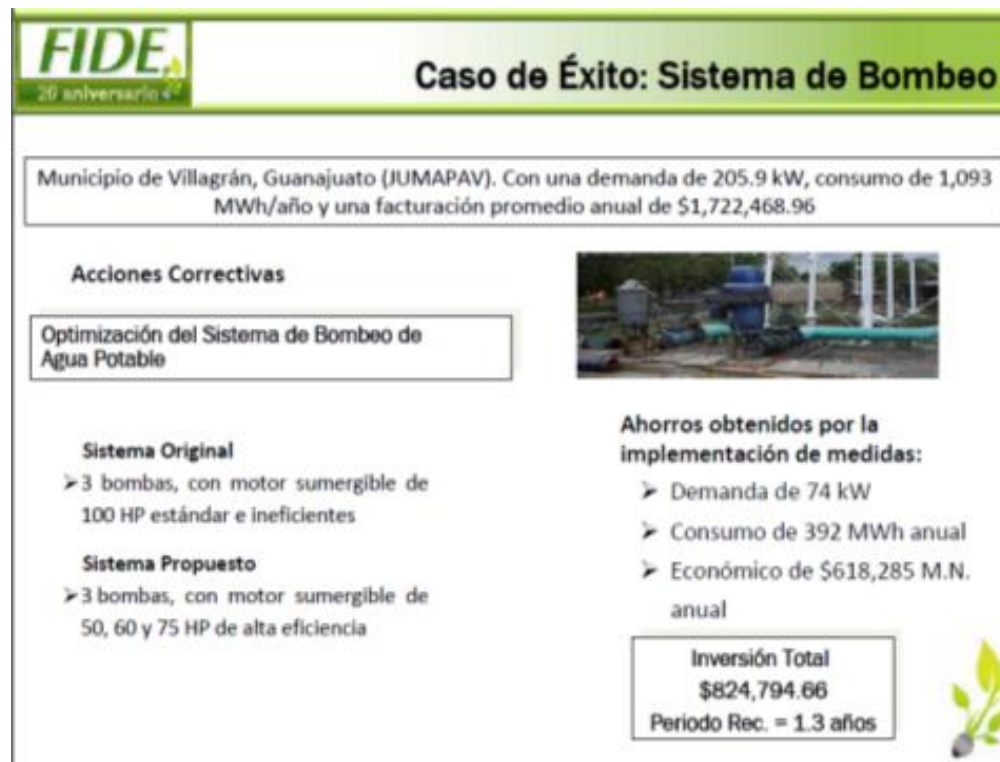


Figura 6-1. Ejemplo de presentación de resultados de proyecto de bombeo de agua financiado por FIDE



## 6.2 Proyectos de eficiencia energética financiados por programas de CONAGUA

Aunque se han financiado proyectos de eficiencia desde hace muchos años por parte de los programas oficiales de CONAGUA, como el APAZU, el PROSAPYS y el PRODEER, en este análisis solo se incluyen los proyectos financiados por los dos últimos proyectos enfocados a la eficiencia, el programa PATME y su sucesor, el PROME

En el caso del programa PATME, la fuente es el Estudio de evaluación de resultados y documentación de experiencias del programa PATME contratado por la CONAGUA. En este se Presenta el número de acciones clasificadas según el tema de eficiencia se financiaron por este programa. La grafica de los años 2006 a 2008, es la siguiente:

Tabla 6-2. Resumen del tipo de acciones financiados por el programa PATME de CONAGUA

Localidad	Número de acciones	Acciones de CEF	Acciones de IEF	Acciones de CEC	Acciones de IEC	Acciones de IEEM	Acciones de MCS
Gómez Palacio, Dgo.	19	15	1	3	0	0	0
Tlalnepantla, Edo. de México	6	3	1	2	0	0	0
Puerto Vallarta, Jal.	11	6	0	3	0	0	2
Naucalpan, Edo. de Méx.	5	3	0	2	0	0	0
Magdalena, Jal.	8	5	0	2	0	1	0
Celaya, Gto.	9	2	3	3	0	1	0
Torreón, Coah.	12	9	0	1	0	2	0
Toluca, Edo. de Méx.	12	5	4	3	0	0	0
Durango, Dgo.	6	1	2	1	2	0	0
Lerdo, Dgo.	10	4	1	3	0	2	0
Total (acciones)	98	53	12	23	2	6	2
	100%	54%	12%	23%	2%	6%	2%
Total (inversión en miles de pesos)	452,949	201,138	97,729	115,672	10,000	16,610	11,800
	100%	44%	22%	26%	2%	4%	3%

CEF: Control de eficiencia física; IEF: Incremento de eficiencia física; CEC: Control de eficiencia comercial; IEC: Incremento de eficiencia comercial; IEEM: Incremento de eficiencia electromecánica; MCS: Mejora de la Calidad de los servicios.

Como puede observarse, solo 6 de 98 acciones, equivalente al 6 %, fueron destinados al incremento de eficiencia electromecánica. De estas no se reporta a lo largo de la fuente consultada, algún resultado o experiencia que pueda ser documentada

Un aspecto importante extraído de la documentación de experiencias de este proyecto, es el tipo de indicadores se evalúan.

La lista se muestra en las tablas 6.3 . y 6.4 siguientes, con el ejemplo de un organismo evaluado.



Tabla 6-3. Ejemplo de cálculo de indicadores del programa PATME. Parte 1

**GERENCIA DE FORTALECIMIENTO DE ORGANISMOS OPERADORES**  
**PROGRAMA DE ASISTENCIA TECNICA PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO (PATME)**

ERADOR: ORGANISMO PÚBLICO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO DE TLALNE  
 LOCALIDAD: TLALNEPANTLA, EDO.MEX.  
 INDICES DE GESTION

Número	Dato	Unidad	2006	2007	2008
1	Población Total	Habitantes	690,646	697,553	704,528
2	Población con servicio de agua potable	Habitantes	681,688	691,833	698,751
3	Población con servicio de alcantarillado	Habitantes	683,740	697,553	704,528
4	Volumen de aguas residuales tratadas	Milones M <sup>3</sup>	3.000	2.900	2.700
5	Volumen de agua residual colectado	Milones M <sup>3</sup>	62.610	62.610	63.000
6	Tomas con servicio continuo	Tomas	85,608	85,608	92,683
7	Volumen de agua producido	Milones M <sup>3</sup>	78.540	78.270	76.650
8	Total de tomas activas registradas	Tomas	153,650	142,680	154,472
9	Total de tomas domésticas	Tomas	132,140	132,140	132,839
10	Costo de la Energía Eléctrica	Miles de \$	17,576	25,601	32,289
11	Costo Operacional	Miles de \$	479,720	649,212	690,119
12	Macromedidores instalados funcionando	Unidad	35.00	35.00	35.00
13	Fuentes de abastecimiento activas	Unidad	57.00	52.00	51.00
14	Micromedidores instalados funcionando	Unidad	127,109	127,109	137,480
15	Volumen de agua facturado	Milones M <sup>3</sup>	35.000	34.530	34.000
16	Importe de agua facturado	Milones \$	591.000	567.060	427.800
17	Importe de agua recaudado	Milones \$	379.000	364.000	396.000
18	Número de empleados	empleados	1,430	1,457	1,443.000

Tabla 6-4. Ejemplo de cálculo de indicadores del programa PATME. Parte 2

Número	Índice de gestión	Operación	2006	2007	2008
1	Cobertura de agua potable (%)	2/1	98.7%	99.2%	99.2%
2	Cobertura de alcantarillado (%)	3/1	99.0%	100.0%	100.0%
3	Cobertura de saneamiento (%)	4/5	4.8%	4.6%	4.3%
4	Continuidad del servicio (%)	6/5	55.7%	60.0%	60.0%
5	Dotación por habitante (l/hab/día)	7/1	312	307	298
6	Incidencia en la energía eléctrica (%)	10/11	3.7%	3.9%	4.7%
7	Cobertura de macromedición (%)	12/13	61.4%	67.3%	68.6%
8	Cobertura de micromedición (%)	14/8	82.7%	89.1%	89.0%
9	Eficiencia física (%)	15/7	44.6%	44.1%	44.4%
10	Eficiencia comercial (%)	17/16	64.1%	64.2%	92.6%
11	Eficiencia global (%)	9/10	28.6%	28.3%	41.1%
12	Índice laboral (empleado/1000 tomas)	18/8	9.3	10.2	9.3
13	Agua no contabilizada (%)	(7-15)/7	55.4%	55.9%	55.6%
14	Razón de trabajo modificada (working ratio)	11/17	1.27	1.78	1.74
15	Tarifa recuperada (\$/m <sup>3</sup> )	17/7	4.83	4.65	5.17
16	Tarifa ponderada (\$/m <sup>3</sup> )	16/17	16.89	16.42	12.58
17	Ingreso por toma al año (\$/toma)	17/6	2,466.64	2,551.16	2,563.57
18	Ingreso por habitante al año (\$/toma)	17/2	555.99	526.14	566.73

Como puede observarse, el único indicador relacionado con la energía, es el número 6, incidencia del costo energético sobre el costo de operación global. Cabe mencionar que este tipo de indicador no es el más adecuado para ver el impacto de alguna acción relacionada con la eficiencia energética

Respecto al programa PROME, la relación de municipios, acciones financiadas y los montos, se muestran en la siguiente Tabla.

Tabla 6-5. Resumen del tipo de acciones financiados por el programa PROME de CONAGUA

	<b>Conceptos 2010</b>	<b>Contrato</b>
Torreón, Coahuila	Sust. de red primaria de distribución de agua potable del sist. centro norte	2,775,652.80
	Sust. de red secundaria de distribución de agua potable del sist. centro norte.	9,704,892.76
		<b>12,480,545.56</b>
Bahía de Banderas, Nayarit	Sistema de telemetría y control Ote.	2,442,206.00
	Sum. e inst. de 5 macro medidores en dif. localidades.	236,268.51
	Sum. e inst. de micro medidores en dif. localidades.	3,984,292.53
	Sectorización en la línea de agua potable de 4" y 6" diám.	1,203,462.03
	Regulación de tomas clandestinas.	1,865,265.11
	Licencia de software para proceso de sist. comercial.	134,918.93
		<b>9,866,413.11</b>
Tecámac, Edo. de Mex.	Adq. de micro medidores y válvulas de restricción	1,374,600.00
	Estudio de proyecto de eficiencia física, hidráulica y electromecánica del sistema de agua potable	961,012.00
	Sum. e inst. de 5 equipos de bombeo tipo sumergible	1,317,543.00
		<b>3,653,155.00</b>
Tultitlan, Edo. de Mex.	Proyecto integral para la eficiencia física, hidráulica y energética del sist. de agua potable	1,147,912.00
	Suministro e instalación de 27 macro medidores	3,145,865.00
		<b>4,293,777.00</b>
Zinacantepec, Edo. de Mex.	Diagnostico simplificado del sist. de agua potable, alcantarillado y saneamiento	<b>1,600,000.00</b>
Naucalpan, Edo. de Mex.	Automatización y monitoreo de tanques maestros de agua potable 1a etapa	<b>22,609,725.87</b>
Metepec, Edo. de Mex.	Elaboración del diagnóstico integral de planeación	<b>1,178,578.46</b>
La Paz, Edo. de Mex.	Estudio simplificado de la situación del sist. de agua potable, drenaje y saneamiento.	955,998.92
	Adq. e inst. de 4 macro medidores en pozo r-25, pozo 311, pozo Tecamachalco y pozo 10 colonias.	349,860.64
	Rehabilitación de equipo electromecánico incluye sust. de bombas y motores para la eficiencia de energía en los pozos: pozo r-25, pozo 311, pozo Tecamachalco y pozo 10 colonias.	3,037,896.84
		<b>4,343,756.40</b>
Chalco, Edo. de Mex.	Sust. del sist. eléctrico, sist. electromecánico y rehabilitación de los pozos 4, pozo 7 y pozo Huitzilzingo.	3,887,865.46
Valle Chalco, Edo. de Mex.	Sust. del equipo de bombeo de los pozos 1, 2, 3, 4, 5 y Geovillas	5,310,855.86
	Elaboración del estudio de diagnóstico y planeación integral	1,065,435.64
		<b>6,376,291.50</b>
Chimalhuacan, Edo. de Mex.	Sust. e inst. de equipos electromecánicos y rehabilitación de los pozos Xochiaca, Sto. Domingo, Artesanos y Rebombeo el Calvario	<b>4,557,807.74</b>
Ixtapaluca, Edo. de Mex.	Plan hídrico general del municipio	<b>3,436,335.28</b>
Coacalco, Edo. de Mex.	Estudio de diagnóstico y planeación integral (DIP) de la situación de sist. de agua potable, drenaje y saneamiento; y proyecto comercial definición de acciones y estrategias comerciales.	2,841,076.00
	Proyecto integral para la eficiencia física, hidráulica y energética del sist. de agua potable.	1,233,247.00
		<b>4,074,323.00</b>

Nezahualcoyotl, Edo. de Mex.	Diagnostico simplificado del sist. de agua potable, alcantarillado y saneamiento	<b>1,397,850.01</b>
Chicoloapan, Edo. de Mex.	Estudio simplificado del sist. de agua potable, drenaje y saneamiento.	<b>845,999.60</b>
		<b>84,602,423.99</b>
	<b>Conceptos 2011</b>	
Torreón, Coahuila	Complemento del proyecto de modernización de sectores a través de sust. de redes y tomas domiciliarias del sist. Centro	23,151,001
		<b>23,151,001</b>
Celaya, Guanajuato	Sum. e inst. de 14,000 medidores	13,068,653
	Equipamiento del tanque girasoles y re-equipamiento de 2 pozos del sector Girasoles (Girasoles y Valle del Real)	5,810,643
	Adecuación de 10 trenes de descarga	900,411
	Líneas de conducción y líneas de distribución sector laureles	3,371,949
	Líneas de conducción y líneas de distribución sector San Juanico	3,198,466
	Construcción sist. de regulación sector San Juanico (Tanque de 1,000 m3)	4,548,063
	Revisión, actualización y modernización del catastro de agua potable	7,493,890.00
	Catastro de la redes de alcantarillado	12,583,970.00
		<b>50,976,045</b>
Cuautitlán Izcalli, Edo de Mex.	Estudio de diagnóstico de 108 equipos electromecánicos de operagua.	1,984,760
	Plan hídrico	2,950,000
		<b>4,934,760</b>
Metepec, Edo de Mex.	Actualización y depuración parcial del padrón de usuarios predios y Elaboración e implementación de un "Sistema de Información Geográfica" del sistema comercial.	3,872,998
		<b>3,872,998</b>
Durango, Edo de Mex.	Optimización hidráulica y electromecánica de 3 pozos	8,349,657
	Sist. (software) para mejorar los procesos administrativos del organismo	2,500,000
		<b>10,849,657</b>
Gómez Palacio, Edo de Mex.	Sectorización del macro circuito las huertas. Equipamiento electromecánico tanque las huertas.	3,762,554
		<b>3,762,554</b>
	Gran total	<b>97,547,017</b>

De esta se puede concluir lo siguiente:

De los \$ 182. 1 Millones de pesos, el 16 %, equivalente a 30. 6 Millones de pesos fue dedicado a acciones relacionadas con la eficiencia energética, de los cuales el 2.9 % fue dedicado a diagnósticos de eficiencia energética e hidráulica integrales, de los cuales algunos fueron documentados en este trabajo, y el 13.1 % a implementación de acciones, de las cuales destaca lo siguiente:

De los 3 diagnósticos energéticos integrales, se ha implementado parcialmente 1, del cual se logró una mejora del 25 % en el índice energético de los 5 equipos de bombeo donde se implementó el proyecto (ver proyecto 4.13 de este documento)

Los otros 2 no se han implementado por falta de recursos

De los equipos donde implemento la acción de eficiencia, el total fueron 20 equipos, de los cuales 17 se realizaron en organismos del Valle de México, y 3 en el municipio de Durango

De ningún proyecto se tienen evidencias o registros de los resultados. Por ende se desconoce si siguieron las especificaciones adecuadas y se evaluaron los resultados basados en los indicadores energéticos adecuados

**Del análisis de estos dos programas, con base al nivel de información con la que se cuenta, que sobre todo en el caso de FIDE, es posible que se cuenten con registros que demuestren lo contrario, se puede concluir que existe una falta casi absoluta de seguimiento a la correcta ejecución de los proyectos de eficiencia energética, para asegurar su correcta ejecución pero sobre todo para evaluar adecuadamente los resultados**

## 7 Conclusiones principales por proyecto

A continuación se presentan las conclusiones más importantes en cada proyecto

**7.1** El proyecto de SIMAS Monclova y Frontera, permite comprobar que cuando se realiza un proyecto integral, conjuntando los proyectos de eficiencia energética e hidráulica en un solo esfuerzo, se logra el objetivo de ahorrar energía, y al mismo tiempo mejorar la situación en aspectos prioritarios de los organismos como mejorar el servicio que se presta a la población, aprovechar mejor su infraestructura optimizando el rendimiento de su personal al eliminarla operación empírica de su red, abriendo válvulas manualmente como sucedía en SIMAS MyF, e incluso, mejorar su aspecto financiero

Los principales factores de éxito que se demuestran en este proyecto, son los siguientes :

- ✓ Desde el inicio del proyecto debe visualizarse de manera integral, en cuanto a los aspectos energéticos e hidráulicos
- ✓ La continuidad de los esfuerzos, incluyendo la permanencia del personal líder del proyecto, es una condición obligada para el éxito del proyecto, sobre todo cuando se carece de los recursos financieros
- ✓ El involucramiento y capacitación técnica , incluso autodidactica del personal involucrado en el proyecto, en las técnicas y herramientas de ingeniería usadas para el desarrollo del proyecto como la modelación hidráulica, la evaluación energética de los sistemas de bombeo, la realización de balances de agua y volumétrica, es también una condición obligada para que no se pierda la continuidad y la visión integral del proyecto

**7.2** Basado en el proyecto descrito de SIAPA, se concluye que el establecer un programa institucional formal de ahorro de energía, involucrando a diversas áreas de la institución, es un requisito obligado que permite desarrollar proyectos de eficiencia energética aun en una organización del tamaño de SIAPA , que requiere una inversión importante dado el número de instalaciones, sin embargo, aunque en el caso de SIAPA se reportan logros parciales, que incluso permitieron un reconocimiento oficial, no se muestra evidencia basada en la facturación de CFE , o al menos en kWh/m<sup>3</sup>, por lo que dicho programa formal, tampoco es una garantía de éxito sino se tiene un seguimiento basado en el monitoreo del consumo y facturación de CFE, pero sobre todo del Indicador Energético, expresado en kWh/m<sup>3</sup> .

Esta situación puede ser el resultado de una desvinculación entre los proyectos de eficiencia energética y eficiencia física, como sucede en SIAPA, lo cual refrenda la necesidad de vincular ambos rubros para que los esfuerzos se reflejen , en resultados efectivos y comprobables en este indicador

**7.3** El proyecto de Eficiencia Física de OOAPAS Morelia, demuestra que el factor de éxito en este tipo de proyectos, es el esfuerzo continuado y a largo plazo , combinado con el uso de tecnologías de medición y monitoreo . Eso para que al menos en zonas bien identificadas, se logren resultados tangibles y comprobables como los sectores descritos en el proyecto, Esto también permite a la organización, aprender a valorar el efecto de las medidas aplicadas como el control de presiones

Otro aprendizaje que se comprueba es la necesidad de vincular el proyecto de eficiencia física con un proyecto de eficiencia energética, o al menos el monitoreo conjunto del consumo energético e índice energético de los sistemas de bombeo involucrados en las áreas donde se desarrollen proyectos de recuperación de caudales

**7.4** El proyecto de SAPAS la piedad, comprueba nuevamente la necesidad de realizar un esfuerzo continuado y a largo plazo, incluyendo uso de tecnologías de monitoreo y control como la telemetría, sin embargo, aun así, debe monitorearse y verificarse que los esfuerzos se reflejen, sino en consumo y facturación, los cuales pueden estar sujetos a incrementos de la demanda por crecimiento de la población, al menos, en el Índice Energético, expresado en kWh/m<sup>3</sup>

**7.5** Las experiencias de los proyectos de SIDEAPA Gómez palacio y SIMAS Torreón, demuestran aspectos importantes del mantenimiento y la rehabilitación de equipos de bombeo en pozos, respecto al ahorro de energía.

De estas las más importantes conclusiones son las siguientes :

- Para realizar un buen proyecto de sustitución de equipos y lograr mejoras energéticas e incluso ahorro de energía, debe realizarse una correcta evaluación y diagnóstico previo de todas las características de la fuente, con el fin de realizar una correcta especificación. Esto es clave para el éxito del proyecto
- Un proyecto de sustitución de equipo, puede mejorar el Índice Energético e incluso tener reducción de Potencia , además de representar menor costo, que lo que normalmente se gasta en mantenimiento correctivo y se evita el tiempo muerto y los paros inesperados de equipo, si se cumple esta condición
- El monitoreo permanente y adecuado del comportamiento energético de los equipos de bombeo, lleva a prevenir fallas y mantener en buen rendimiento energético los equipos de bombeo, el indicador clave es el Índice Energético, expresado en kWh/m<sup>3</sup>, y no solo debe monitorearse la potencia o la eficiencia electromecánica
- Un adecuado mantenimiento preventivo, puede tener un efecto positivo en el consumo energético del sistema de bombeo, puede ser un mantenimiento medio, como la sustitución y ajuste del cuerpo de tazones que lleve a un 10 o 15 % de ahorro, o una mantenimiento menor, como el cambio de fundas que puede representar entre un 2 y 3 % de ahorro

**7.6** En el proyecto de SOAPAMA Atlixco, se obtienen varias conclusiones útiles como las siguientes:

- Cuando se sigue una evaluación energética, realizando las corridas energéticas con el modelo de simulación hidráulica, se puede hacer un análisis integral del consumo energético de toda la red y evaluar varias alternativas para escoger la óptima energética e hidráulicamente, aun en las condiciones de un bajo Índice Energético que podía pensarse difícil de optimizar.
- Se comprueba , en el caso del pozo cristo chico, que no cumplió el caudal esperado, que es necesario realizar una adecuada especificación , sobre todo en carga dinámica total, para que el caudal y el rendimiento esperado se cumplan, y en esto, el análisis de la red a la que sirve el sistema de bombeo a diseñar , usando la modelación hidráulica puede ser muy útil. En este caso, la modelación arrojó que la carga correcta era de 80 mca en lugar de los 70 especificados

**7.7** En el caso de AMD Durango, se comprueba que las medidas de ahorro de energía pueden potencializarse si se aplica una metodología hidráulica y energética integral, y hacer viables medidas como el paro en hora punta, la aplicación de variadores de frecuencia con buenas posibilidades de éxito, y el sacar de servicio equipos

Un aspecto a resaltar es que la redistribución de caudales, ayuda a requerir menor caudal en las horas pico y aunado esto al uso de variadores de frecuencia, se logran suministra el pico de demanda de agua sin requerir infraestructura de producción adicional

**7.8** En el proyecto integral de Lerdo Dgo, además de comprobar que el análisis hidráulico y energético integral permite realizar acciones como el uso de variadores de frecuencia, también permite orientar la producción al uso de fuentes de menor consumo energético , en este caso los pozos san Fernando con un nivel dinámico del 50 % de los pozos urbanos, y esto puede validarse con la herramienta de modelación hidráulica que permite lograr el objetivo energético con el de mejorar el suministro de agua

**7.9** El Caso de Mexicali, demuestra que para lograr resultados tangibles en mejora de eficiencia física, es necesario atacar varios frentes al mismo tiempo, incluyendo la rehabilitación de redes, la instalación y

el mantenimiento permanente de micromedidores, los sistemas de facturación efectivos, y también aspectos técnicos que en este caso son muy particulares como la disminución de pérdidas en sus potabilizadoras, todo esto para poder combinar el objetivo de cumplir los retos del organismo de mantener y mejorar el servicio de agua potable , así como el de saneamiento

En el aspecto energético, los factores clave de sus éxito logrando ahorros reales de energía con la sustitución de 3 equipos, fueron una adecuada selección y una seguimiento en el desarrollo , ejecución y validación de resultados del proyecto usando indicadores adecuados como el Índice Energético

**7.10** El proyecto de JMAS Parral , comprueba que realizando un proyecto integral, se pueden resolver los problemas de suministro, provocados por el desequilibrio entre las fuentes y las zonas asociadas de influencia y con una redistribución, que en este caso fue relativamente simple, utilizando la herramienta de modelación hidráulica, al mismo tiempo que lograr ahorros de energía por medidas diferentes a las convencionales como mejora de eficiencia electromecánica y factor de potencia, como paros en hora punta y paro de equipo no necesario

**7.11** El proyecto hidráulico y energético integral de OOMAPAS Nogales, permite comprobar que a través de una adecuada redistribución de caudales y sobre todo un control de presiones, aun en sistemas complejos y con topografía complicada como la cd. De Nogales, se puede mejorar la operación y el servicio de agua y hacer viables medidas de ahorro como el uso de variadores de frecuencia que este tipo de sistemas, con un gran número de pozos inyectando a la red puede ser de mucha utilidad, y otras como la optimización de pérdidas en las conducciones que en el caso de sistemas con conducciones de longitudes considerables puede ser también de una gran ayuda en la reducción del consumo energético

**7.12** Los casos de Tultitlan y Tecámac, enmarcados en una condición de suministro critica debido a la gran densidad de población, y dependiendo de fuentes externas, en este caso del Sistema Cutzamala que también abastece a la cd de México y su zona conurbada del Domes, demuestran que se puede lograr, a través de un proyecto hidráulico y energético integral , la reducción del uso de agua externa, aumentando el rendimiento de las fuentes locales ,combinado con el aprovechamiento de la infraestructura existente. Así lo demuestra la solución propuesta para la Zona 5 de Tultitlan, donde se propone incrementar , con algunas modificaciones a la columna y basados en el análisis del índice de agotamiento del pozo, la producción de los Poso San mateo y san mateo 1, pero eliminando las entradas de agua externa que energéticamente es más costosa, pero también aprovechando los tanques de regulación en la zona que estaban siendo aprovechados parcialmente

Lo mismo sucede en el sector 10 de Tecámac, donde fue necesario incrementar el caudal del pozo ejidos, cuidando que el Índice Energético, fuera menor, a través de una adecuada sustitución del equipo por otro con mejor eficiencia electromecánica

**7.13** El proyecto de 11 Municipios, Permite concluir que existen diferentes niveles de acciones, a corto , mediano y largo plazo,

Las primeras tiene que ver con el mantenimiento preventivo, con medidas como ajuste de flechas, revisión limpieza y ajuste de impulsores, limpieza y apriete de conexiones , ajuste de taps de transformadores, adecuación de instalaciones eléctricas como los sistemas de puesta a tierra, estos últimos para ayudar a mejorar la calidad de la energía alimentada a los motores, y con ello pueden lograr beneficios de ahorro que están entre el 2 y el 3 %,pero además pueden prevenir fallas y costos inesperados

Las de mediano plazo, como la sustitución de equipos de bombeo, cuidando la adecuada especificación y el monitoreo de los mismos, puede resultar en ahorros rentables entre el 15 y el 20 % con costo beneficio de menos de 2 años

Las de largo plazo, que tienen que ver con los proyectos de mejora en la operación hidráulica, pueden aumentar el potencial de ahorro hasta un 30 %, aunque requieren inversiones de mayor magnitud,

cambios en la infraestructura y operación, pero también cumplen otros objetivos prioritarios como mejorar el nivel de servicio y evitar la necesidad de nuevas inversiones en infraestructura por lo que también deben ser considerados

**7.14** El Proyecto de JUMAPA Celaya, comprueba que se pueden potencializar las medidas de ahorro de energía ligándolas a un proyecto de eficiencia hidráulica, aun cuando se incluyan consumos energéticos adicionales como el cambio de carga y caudal o nuevos equipos que sean necesarios. Esto aparentemente hace complicada la ejecución y el logro a corto plazo de ahorros energéticos, pero hace compatible esos ahorros con las prioridades del organismo operador que van mucho más allá la eficiencia energética

**7.15.** El proyecto de cogeneración, usando Biogás, de SAPAL, León, comprueba que este tipo de proyectos, de aprovechamiento de energías renovables, y de la magnitud en Potencia eléctrica generada, son técnica y financieramente viables si siguen las estrategias de financiamiento adecuadas



## 8 CONCLUSIONES GENERALES

Considerando las diferentes enseñanzas y la variedad de conclusiones y resultados descritos a lo largo de los proyectos descritos, podemos establecer las siguientes conclusiones generales

### CONCLUSIONES RESPECTO A LA GESTION ENERGETICA

Respecto a la gestión energética, en su etapa de Evaluación del desempeño, se puede establecer lo siguiente:

- En los proyectos analizados, si se realizó un diagnóstico energético o de eficiencia física, se sabe que es una práctica común no realizar este tipo de trabajos previos y realizar proyectos sin esa base, o simplemente no realizarlos. Una de las principales barreras para no realizarlos, es la falta de recursos financieros y la falta de capacidad técnica para elaborar términos de referencia y supervisarlos
- Aunque en los proyectos incluidos en este trabajo, si se realizó la inversión y el esfuerzo de desarrollar un adecuado diagnóstico inicial, no se cerró el círculo de la planeación del proyecto, complementándolo con factores claves para el éxito del mismo y punto de partida de un Programa de gestión energética, como la implantación de una estructura formal, con responsables formalmente designados, que se encargue de la definición de metas, ejecución del proyecto y evaluación de resultados y seguimiento posterior, así como un sistema de indicadores energéticos.

En la mayoría de los casos, esto sucede porque no se cuenta con la fuente de recursos ya establecidos desde el inicio del proyecto, lo cual no es una justificación dado que una de las actividades claves de esa estructura

Aun en casos como el de SIAPA; que si creo una estructura formal, aunque reporta el uso de indicadores, no se mostraron evidencias de que se lleve ese registro en forma permanente en la realidad, sin lo cual, cualquier programa de gestión energética, está destinado al fracaso

- El nivel de avance en la implementación es muy bajo, en promedio del 20 %, a excepción de los casos del Proyecto integral de Monclova y el de eficiencia energética de SAPAS la piedad que a lo largo de los años ha rehabilitado o cambiado la mayoría de sus equipos de bombeo. Esto es una situación generalizada, comparando el avance logrado, con el total de la infraestructura, en general los organismos, aun contando con un diagnóstico energético formal, realizan acciones aisladas o acciones de rehabilitación sin ninguna planeación energética

Entre las principales barreras y problemática en la etapa de implementación destaca lo siguiente:

- La falta de recursos financieros es una primera y recurrente barrera. Sin ello, aunque exista el compromiso, la voluntad, interés y continuidad de los líderes del proyecto, no se puede iniciar un programa de gestión energética que inicia con un buen diagnóstico y definición de potenciales. La falta de ese recurso, es clave también para iniciar la fase de implementación, aun teniendo un buen proyecto, incluso integral, si no se planea contar con el recurso para, al menos iniciar la implementación, en algunas zonas o sectores, o equipos de bombeo, se corre el riesgo de que el diagnóstico pierda vigencia
- Otra barrera importante en la implementación de proyectos de eficiencia, es la falta de un diagnóstico previo, aun si se realiza un proyecto de rehabilitación, o sustitución de equipos de bombeo, es necesario realizar una correcta evaluación y diagnóstico previo de todas las

características de la fuente, con el fin de realizar una correcta especificación , y asegurar el lograr mejoras energéticas e incluso ahorro de energía, Esto es clave para el éxito del proyecto

Un proyecto de sustitución de equipo, puede mejorar el Índice Energético e incluso tener reducción de Potencia , además de representar menor costo, que lo que normalmente se gasta en mantenimiento correctivo y se evita el tiempo muerto y los paros inesperados de equipo, si se realiza un adecuado diagnostico energetico y especificaciones correctas

- En ningún caso, se monitorean los indicadores energéticos adecuados, específicamente el Índice Energético en kWh/m<sup>3</sup> y el costo unitario promedio de energía, incluso en los casos donde se reporta el uso de los 18 indicadores exigidos por el programa PATME, ahora PROME, no se utiliza este indicador. El único indicador que se reporta en estos casos, es el de incidencia de la energía en el costo de operación, el cual no es el indicador más adecuado porque está sujeto a las variaciones del costo de la energía eléctrica, que depende del precio internacional de los combustibles
- Otra barrera para aumentar las posibilidades de éxito en resultados de eficiencia energética, es la falta de integración con los proyectos de eficiencia física, con ello existe un divorcio entre las prioridades del organismo, con el objetivo de mejorar la eficiencia energética. Los proyectos de mejora de la eficiencia física, o reducción de agua no contabilizada, están más en línea con las prioridades del organismo de mejorar el servicio y recaudar más ingresos, si se vinculan de manera sistemática con el monitoreo del consumo energético, a través de indicadores como kWh/m<sup>3</sup>, se tienen más posibilidades de lograr mejoras energéticas
- Otra barrera clave, por el que no se da el seguimiento a la ejecución y evolución del proyecto, así como sus resultados, es la falta de sistemas de automatización o al menos monitoreo a través de telemetría. Aunque en los proyectos analizados, en algunos casos se ha aplicado tecnología de telemetría, no se aplica adecuadamente para dar seguimiento al desarrollo de un proyecto de eficiencia hidráulica o energética. En la mayoría de los casos, las funciones son simple monitoreo de variables sin ninguna utilización de la información para la toma de decisiones.

En general, en Mexico, es necesario impulsar el uso de este tipo de tecnologías ya disponibles y cada vez de mayor alcance y menor costo

- Finalmente , una barrera importante, , es de tipo institucional, esto es que no se cuenta con un sistema de seguimiento a los resultados de los proyectos realizados, o al menos de los financiados por las instituciones. Lo prueban los casos descritos financiados por el FIDE y por la CONAGUA a través del programa PATME/PROME

Entre los factores de éxito que se destacan, en el caso de los proyectos con mayor grado de avance y resultados son los siguientes;

- Dado que el proceso lleva un periodo de largo plazo para alcanzar un avance significativo, el factor clave es la continuidad de los responsables y técnicos involucrados en el proyecto, y el apoyo de la dirección, esto aun con el cambio de directivos.
- El crear una estructura formal , sin la continuidad de los técnicos y líderes del proyecto, no es garantía de éxito
- El compromiso e interés de los directivos es clave

Cuando se realiza un proyecto integral, conjuntando los proyectos de eficiencia energética e hidráulica en un solo esfuerzo, se logra el objetivo de ahorrar energía, y al mismo tiempo mejorar la situación en aspectos prioritarios de los organismos como mejorar el servicio que se presta a la población, aprovechar mejor su infraestructura optimizando el rendimiento de su personal al eliminar la operación empírica de su red, abriendo válvulas manualmente como sucedía en SIMAS MyF, e incluso, mejorar su aspecto financiero

Los principales factores de éxito que se demuestran en este proyecto, son los siguientes:

- ✓ Desde el inicio del proyecto debe visualizarse de manera integral, en cuanto a los aspectos energéticos e hidráulicos
  - ✓ La continuidad de los esfuerzos, incluyendo la permanencia del personal líder del proyecto, es una condición obligada para el éxito del proyecto, sobre todo cuando se carece de los recursos financieros
  - ✓ El involucramiento y capacitación técnica , incluso autodidáctica del personal involucrado en el proyecto, en las técnicas y herramientas de ingeniería usadas para el desarrollo del proyecto como la modelación hidráulica, la evaluación energética de los sistemas de bombeo, la realización de balances de agua y volumétrica, es también una condición obligada para que no se pierda la continuidad y la visión integral del proyecto
- 
- El monitoreo permanente y adecuado del comportamiento energético de los equipos de bombeo, lleva a prevenir fallas y mantener en buen rendimiento energético los equipos de bombeo, el indicador clave es el Índice Energético, expresado en kWh/m<sup>3</sup>, y no solo debe monitorearse la potencia o la eficiencia electromecánica
  - Un adecuado mantenimiento preventivo, puede tener un efecto positivo en el consumo energético del sistema de bombeo, puede ser un mantenimiento medio, como la sustitución y ajuste del cuerpo de tazones que lleve a un 10 o 15 % de ahorro, o una mantenimiento menor, como el cambio de fundas que puede representar entre un 2 y 3 % de ahorro

### **CONCLUSIONES RESPECTO A LAS METODOLOGIAS UTILIZADAS**

Las medidas de ahorro de energía más frecuentes fueron las siguientes

- Optimización de la eficiencia electromecánica vía la sustitución de conjuntos bomba motor.
- Optimización del Factor de potencia
- Adecuación de tarifa eléctrica

No obstante, basado en los resultados y metodología descrita en los proyectos integrales de SIMAS Monclova, SOAPAMA Atlixco, AMD Durango, SAPAL, Lerdo, JMAS Hidalgo del parral, OOMAPAS Nogales, APAST Tultitlan, ODAPAS Tecamac, 11 Municipios de Domes y JUMAPA Celaya

Se puede concluir que cuando se realizan proyectos de tipo integral, combinando la eficiencia energética con la eficiencia hidráulica, se logran identificar otro tipo de medidas de ahorro de energía como las siguientes:

- Equipos de bombeo que reducen su carga de trabajo
- Equipos de bombeo que salen de servicio
- Equipos de bombeo que operen con variador de frecuencia
- Posibilidad de paro de equipos contratados en tarifa HM en hora punta

Cuando se realiza en este tipo de proyectos, una evaluación energética, realizando las corridas energéticas con el modelo de simulación hidráulica, se puede hacer un análisis integral del consumo

energético de toda la red y evaluar varias alternativas para escoger la óptima energética hidráulica y económicamente

Cuando se aplica la metodología del Balance de Energía en los diagnósticos energéticos, se identifican pérdidas y ahorros de energía adicionales en lo siguiente:

- Conductores eléctricos inadecuados
- Perdidas excesivas de carga en tuberías y mala operación de equipos
- Perdidas de energía por fugas

El proyecto de 11 Municipios, Permite concluir que existen diferentes niveles de acciones, a corto, mediano y largo plazo,

Las primeras tiene que ver con el mantenimiento preventivo, con medidas como ajuste de flechas, revisión limpieza y ajuste de impulsores, limpieza y apriete de conexiones , ajuste de taps de transformadores, adecuación de instalaciones eléctricas como los sistemas de puesta a tierra, estos últimos para ayudar a mejorar la calidad de la energía alimentada a los motores, y con ello pueden lograr beneficios de ahorro que están entre el 2 y el 3 %,pero además pueden prevenir fallas y costos inesperados

Las de mediano plazo, como la sustitución de equipos de bombeo, cuidando la adecuada especificación y el monitoreo de los mismos, puede resultar en ahorros rentables entre el 15 y el 20 % con costo beneficio de menos de 2 años

Las de largo plazo, que tienen que ver con los proyectos de mejora en la operación hidráulica, pueden aumentar el potencial de ahorro hasta un 30 %, aunque requieren inversiones de mayor magnitud, cambios en la infraestructura y operación, pero también cumplen otros objetivos prioritarios como mejorar el nivel de servicio y evitar la necesidad de nuevas inversiones en infraestructura por lo que también deben ser considerados

## 9 RECOMENDACIONES FINALES

Dada la problemática y los factores de éxito identificada a lo largo de este trabajo, a continuación se emiten las recomendaciones finales para impulsar, de manera generalizada los proyectos de eficiencia energética e integrales en México, donde se ha identificado un enorme potencial. Y también asegurar el logro y comprobación de resultados

6. Facilitar el acceso al financiamiento, específicamente para el desarrollo de programas de gestión energética. Incluido el desarrollo de diagnósticos, que generen las bases sólidas para el desarrollo del resto del proyecto, pero también, al menos parcial, para la implementación de los proyectos que resulten del diagnóstico.
7. Generar un sistema de seguimiento a la ejecución y evaluación de resultados de los proyectos financiados. Utilizando los indicadores energéticos adecuados

Actualmente existen opciones de financiamiento, pero los mecanismos son un tanto complicados y se diluye el seguimiento entre el sinnúmero de objetivos que se financian.

No se descarta evaluar la creación de un fideicomiso especializado para este tipo de proyectos en el sector de agua y saneamiento, cuya creación y conveniencia, debe al menos evaluarse como parte del trabajo de las instituciones involucradas.

El objetivo de crear esta entidad, es contribuir a romper la barrera de la falta de recursos para generar proyectos integrales de gestión energética, y el seguimiento a la correcta utilización de los mismos

8. Impulsar el desarrollo de tecnologías modernas de automatización y monitoreo para la toma de decisiones, incluyendo telemetría, pero enfocado a asegurar el desempeño de las recomendaciones y proyectos que deriven de los diagnósticos y no solo al monitoreo pasivo.

Con el uso de este tipo de tecnologías, se reducen los riesgos del seguimiento a los resultados de los proyectos, como fuente de justificación para generar nuevos recursos financieros derivados de los beneficios en ahorro de energía u otros objetivos que se logran en proyectos integrales

9. Impulsar la creación de manuales, fichas técnicas, opciones de capacitación técnica, para fortalecer la planta de técnicos, en todas las regiones del país, ya sea formando parte de las plantillas de los propios organismos
10. Impulsar el desarrollo de proyectos de eficiencia energética e hidráulica integrales, y las metodologías e ingeniería como la modelación hidráulica de redes, dados los beneficios que se logran, pero también, dada la complejidad de la implementación de los mismos y los montos de inversión necesarios, generalmente elevados, facilitar la implementación de medidas de corto plazo, como la rehabilitación y sustitución de equipos de bombeo,

pero utilizando metodologías de punta como la del balance energético, para mejorar la evaluación de pérdidas y determinación de áreas de oportunidad de ahorro o mejora de índices energéticos en los sistemas de bombeo

11.