



# **GOBIERNO DEL ESTADO DE SONORA COMISIÓN ESTATAL DEL AGUA**

## **ESTUDIO PARA LA SUSTENTABILIDAD ECONÓMICA Y FÍSICA DE LOS ORGANISMOS OPERADORES DE SERVICIOS DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO DE LAS CIUDADES DE GUAYMAS Y EMPALME**

Junio de 2017



## ÍNDICE

<b>CAPÍTULO I. SITUACIÓN ACTUAL</b> .....	3
1. Diagnóstico de la Situación Actual .....	3
A. Antecedentes.....	3
B. Problemática identificada.....	13
2. Análisis de la oferta o infraestructura existente. ....	16
A. Fuentes de abastecimiento.....	17
B. Oferta Sustentable .....	23
C. Eficiencia física .....	25
3. Análisis de la demanda actual.....	25
A. Población.....	25
B. Tomas registradas.....	27
C. Demanda deseada.....	33
4. Interacción oferta y demanda.....	37
Balance Oferta-Demanda en Fuentes.....	37
Este es el análisis mas importante en el sentido técnico del proyecto. La oferta será el volumen que sean capaces de producir las fuentes actuales, mientras que la demanda será el caudal que se requerirá producir en las fuentes y ser enviado a los usuarios finales. ....	37
Por ende se realiza de la siguiente forma: .....	37
<i>Oferta= Producción de agua</i> .....	37
<i>Demanda= Consumo + nivel de pérdidas físicas en la conducción y distribución.</i> .....	37
<b>CAPÍTULO II. SITUACIÓN SIN PROYECTO</b> .....	40
2.1 Optimizaciones.....	40
2.2 Análisis de la Oferta de la Situación Sin Proyecto.....	42
2.3 Análisis de la Demanda de la Situación Sin Proyecto .....	43
2.4 Interacción oferta y demanda con optimizaciones.....	46
2.5 Alternativas de solución.....	49
Derivado de la escasez de agua en esta zona del país, la presión creciente sobre los recursos hidráulicos existentes, hace la necesidad de realizar un análisis de la utilización de agua de mar o salobre desalada entre las opciones de abastecimiento adicional a los centros urbanos de las regiones donde la escasez de los recursos ya es crítica. ....	49

En ese sentido, y para disminuir el déficit de agua potable así como la sobre explotación. El considerar la desalación de agua de mar como alternativa de abastecimiento se hace cada vez más necesario, y es la única fuente que en realidad aportaría nuevos volúmenes a la disponibilidad de los recursos hidráulicos en el ciclo del agua en la región. .... 49

<b>CAPÍTULO III. SITUACIÓN CON PROYECTO .....</b>	<b>52</b>
3.1 Descripción general del Proyecto .....	52
3.2 Alineación estratégica. ....	58
3.3 Metas anuales y totales .....	68
3.4 Vida útil .....	69
3.5 Aspectos relevantes de la viabilidad del proyecto .....	69
3.6 Análisis de la Oferta o infraestructura existente.....	70
3.7 Análisis de la Demanda en la Situación con Proyecto. ....	71
3.8 Interacción oferta y demanda situación con proyecto en fuentes. ....	71
 <b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	 <b>74</b>
 <b>ANEXOS.....</b>	 <b>75</b>

## CAPÍTULO I. SITUACIÓN ACTUAL

### 1. Diagnóstico de la Situación Actual

#### A. Antecedentes

El estado de Sonora se localiza en el noroeste del país, colinda al este con el estado de Chihuahua; al sur, con el estado de Sinaloa; al noroeste, con el estado de Baja California; al norte, comparte frontera con el estado estadounidense de Arizona y con Nuevo México, y hacia el oeste colinda con el mar de Cortés o golfo de California.

El estado de Sonora cuenta con una superficie territorial, forma parte de los Estados Unidos Mexicanos, se encuentra ubicado en su región noroeste y ocupa el segundo lugar en extensión de entre todas las entidades federativas de la República mexicana, con una porción de 9.2% del total de la superficie.

Su situación geográfica, se sitúa entre los 32°29' y los 26°14' de latitud Norte y entre los 108°26' y los 105°02' de longitud Oeste del meridiano de Greenwich. Limita al Norte con los Estados Unidos de América, al Sur con el estado de Sinaloa, al Este con Chihuahua y al Oeste con el golfo de California y la Baja California. Su fisiografía está constituida en su mayoría por llanuras y sierras.

#### Clima.

Noventa por ciento del estado tiene condiciones desérticas o áridas. Los otros tipos de clima están restringidos a las áreas del estado con altitudes mayores como el área de Yécora, las montañas al norte de Cananea, y una franja a lo largo del sureste del estado con la frontera con Chihuahua.

La temperatura alta promedio varía entre 12.7 °C en Yécora a los 35 °C en el municipio de Navojoa. La temperatura baja promedio varía entre 5.9 en Yécora a 35.2 °C en el municipio de Hermosillo. En invierno llegan masas de aire frío

del Norte al estado, esto puede producir temperaturas congelantes y vientos fuertes por la noche en los lugares más elevados, pero la temperatura puede volver a ser hasta durante el día. Casi nunca ocurren temperaturas congelantes en las tierras bajas. En febrero de 2011, el gobierno mexicano registró una temperatura baja histórica en Yécora de  $-12$  °C.

La precipitación es por temporada y ocurre casi siempre en las elevaciones más altas. En las tierras calientes áridas o semiáridas, la evaporación supera por mucho la precipitación. La zona más árida de México, el gran desierto de Altar, se encuentra en este estado. El Este del estado, dominado por la Sierra Madre Occidental, tiene temperaturas menos extremas y con relativamente más lluvia debido a la altitud.

#### Flora y Fauna.

El estado cuenta con una gran variedad de especies de flora, predominan los matorrales en la planicie costera, al Noroeste y región central. Hay selvas en la parte Sureste del estado, seguidas por el matorral sub-tropical; los pastizales se ubican al Norte y en los límites con Chihuahua se localizan los bosques templados.

En las regiones secas se encuentran una gran gama de plantas xerófilas, como los sahuaros, y árboles como el mezquite, el palo blanco, el palo fierro, el palo verde y el torote, ya que tienen sistemas de adaptación como crecer a la orilla de riachuelos y en las faldas de los cerros, no ser muy altos para contrarrestar la fuerza del viento y tener la madera muy dura y raíces largas que penetran en la tierra hasta encontrar un depósito de agua.

La mayoría de los bosques se localizan en el Noreste del estado y cubren cerca de 6.4% del estado, esta área es la que tiene la temperatura más fría. La deforestación es un problema significativo, en especial después de 1980, debido al incremento en la tasa de corte de árboles. Muchos árboles de

mezquite también han desaparecido por la demanda de combustibles locales y el mercado del carbón de mezquite en México y los EUA.

### Hidrología.

Con la excepción del río Colorado, los sistemas de ríos y acuíferos en Sonora son el resultado de la lluvia proveniente de las nubes sobre la Sierra Madre Occidental. Esta agua corre río abajo hacia el Oeste de las montañas a lo largo de los cañones y valles hasta las praderas y la costa del Golfo de California. Sonora tiene siete ríos principales, el Colorado, el Concepción, el San Ignacio, el Sonora, el Mátape, el Yaqui y el Mayo. Presas, como la Álvaro Obregón (Oviáchic), la Adolfo Ruíz Cortines (Mocúzari), la Plutarco Elías Calles (Novillo), la Abelardo L. Rodríguez y la Lázaro Cárdenas (La Angostura) han sido construidas a lo largo de algunos de estos ríos, en al menos dos de ellos donde ya existían lagos naturales. Algunas de las presas formaron grandes deltas, como la del Río Mayo. Los acuíferos más grandes se encuentran principalmente entre Hermosillo y la costa, el valle de Guaymas y el área al rededor de Caborca. Muchos de estos han tenido problemas debido a la sobre explotación para el riego en la agricultura.

### Población.

De acuerdo con los resultados del Censo de Población y Vivienda 2010 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), el estado de Sonora contaba con 2,882,628 habitantes, que representó el 2.4% de la población de México. Del total, 50.3% eran hombres y 49.7% eran mujeres. La tasa de crecimiento poblacional anual para la entidad durante el período 2005-2010 fue del 2.1%.<sup>11</sup> El crecimiento de la población ha sido constante en desde 1940. El censo también indicó que la mitad de la población tiene 26 años o menos.

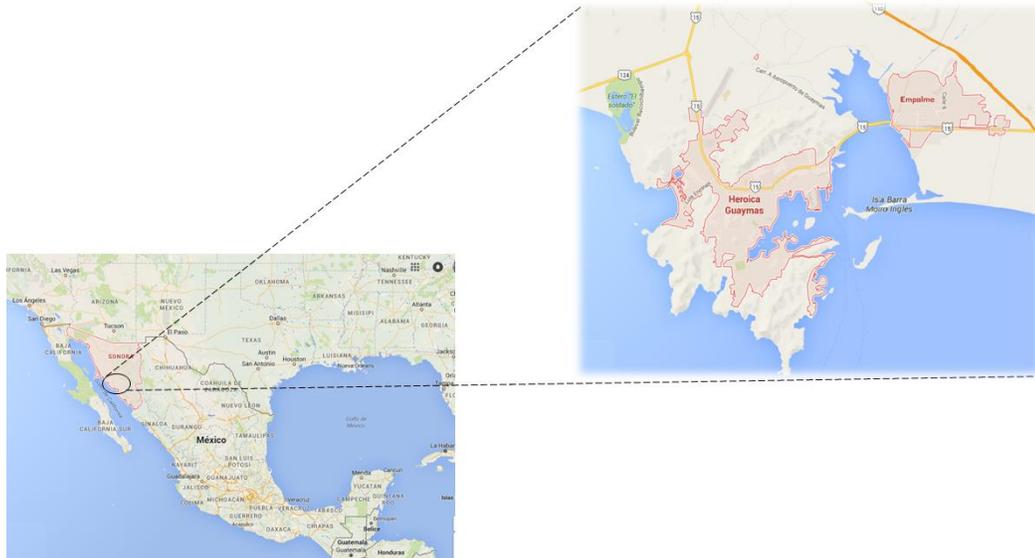
La densidad de población en Sonora es de 14.8 habitantes por kilómetro cuadrado, lo que convierte a Sonora una de las entidades menos densamente

pobladas de México, en el lugar 29 de 32; resaltando que el estado es el segundo más grande del país, después de Chihuahua.

En la entidad 60,310 personas hablan una lengua indígena, lo que representa un 3% de la población. Esta población se localiza principalmente en el sur del Estado. Las lenguas indígenas más frecuentes son el mayo (46.4%) y el yaqui (26.6%).

La zona de influencia del proyecto son los municipios de Guaymas y Empalme, localizados en el Sur del estado de Sonora.

Figura 1. Mapa de localización del municipio de Guaymas y Empalme.



Fuente: Elaboración propia con información de Google Earth.

## Municipio de Guaymas

Es uno de los 72 municipios en que se encuentra dividido el Estado Libre y Soberano de Sonora; localizado en la costa del Golfo de California, su cabecera es la Heroica Ciudad y Puerto de Guaymas de Zaragoza.

Localizado a 117 km al sur de Hermosillo, capital del Estado de Sonora, cuenta con 175 kilómetros de litoral donde se forman bahías importantes como la de

Guaymas, Lobos, San Carlos y la Herradura, por ello la pesca es la actividad más importante y principal fuente de ingresos, se realiza el 70% de la producción pesquera total estatal, siendo las principales especies capturadas, la sardina, el camarón y el calamar.

### Hidrografía

El Municipio cuenta con los Ríos: Matape, Bacatete, Cuenta con la Presa Ignacio R. Alatorre conocida como "Punta de Agua" y el represo de agua caliente en Vícam con capacidad de extracción de 15 millones 300 mil metros cúbicos de agua y 345 kilómetros de canales de conducción revestidos.

### Orografía

La mayor parte de su territorio es plano, inclinado de este a oeste y termina a orillas del golfo de California. Sus principales elevaciones son las serranías de el bacarete, santa Ursula, San José, San Pedro, Luis Blanca y los cerros del vigia, su litoral es montañoso en la parte media donde se encuentra la ciudad de Guaymas, en las zonas norte y sur las playas son bajas y arenosas

La Geología del suelo está conformada por capas de los siguientes periodos: Cuaternario (55.05%), Terciario (40.16%), Cretácico (2.95%), No definido (1.12%), Paleógeno (0.64%), Neógeno (0.06%) y No aplicable (0.02%)

El Suelo se compone por rocas de los siguientes tipos: aluvial (41.39%), lacustre (3.40%), palustre (0.61%), eólico (0.04%) Ígnea extrusiva: riolita-toba ácida (16.85%), basalto (9.52%), riolita (3.15%), andesita (1.48%), toba ácida (0.85%), brecha volcánica básica (0.09%), andesita-toba intermedia (0.08%), traquita-andesita (0.05%), dacita (0.03%), basalto (0.02%) Sedimentaria: conglomerado (19.11%), lutita-arenisca (0.64%), limolita-arenisca (0.60%), caliza (0.17%), arenisca (0.16%), limolita-caliza (0.15%) Ígnea intrusiva: gabro (1.39%), granodiorita (0.20%) y No aplicable (0.02%))<sup>3</sup>

Cuenta con un Volcán Inactivo en las coordenadas 28° 9'14.04"N y 111° 9'56.34"O en la denominada "Sierra el Aguaje".

### Clima

Este municipio cuenta con un clima seco muy cálido del tipo BW(h`w)(e), con un promedio de 15.1 °C como media mínima y 32.5 °C como media máxima, aunque sus extremos pueden variar de -1.5 °C en ciertos lugares del municipio y llegar hasta los 46 °C a la sombra.

### Flora.

En todo el territorio municipal se encuentra vegetación tipo mezquital, al centro del municipio se pueden localizar vegetación del tipo matorral subinerme. En los límites con el municipio de Empalme se localiza un área para agricultura de riego.

### Fauna.

En lo relativo a la fauna del municipio predomina: sapo y sapo toro, tortuga del desierto, cachora, camaleón, coralillo, chicotera, víbora sorda, de cascabel, cahuama, víbora de mar, venado bura, venado cola blanca, borrego cimarrón, puma, lince, coyote, jabalí, mapache, ardilla, tlacuache, juancito, ratón de campo, rata cerdosa algodонера, iguana, tórtola, paloma morada, lechuza, tecolote cornudo, carpintero de arizona, cuervo cuello blanco, toro negro, garcita verde, pato prieto, zorra gris entre muchas otras especies.

La agricultura en Guaymas se desarrolla en una superficie total de 42,291 hectáreas de las cuales 22,000 hectáreas se ubican en las comunidades Yaquis y el valle de Guaymas cuenta con 17,296 hectáreas de riego y 2,995 hectáreas de humedad o temporal. Los principales cultivos son: trigo, soya, cártamo, maíz, algodón y algunas hortalizas y frutales como la calabaza y la sandía.

La industria manufacturera de producción de alimentos de origen pesquero, tanto para consumo humano como animal, sobresale como la principal rama de actividad. Así mismo, el Puerto de Guaymas ha tenido un importante crecimiento en el sector maquilador del ramo aeroespacial ubicando a Sonora como el tercer mayor proveedor para dicha industria, al igual que la industria aeroespacial también la región ha tenido un importante crecimiento en inversión automotriz y médica, por su cercanía con la frontera, Guaymas se ha convertido en un lugar muy atractivo para la inversión extranjera en los últimos años.

La zona turística de playa, se ubica al noroeste del puerto, siendo la región de la Bahía de San Carlos (México) y sus alrededores y en menor medida la Bahía de Bacochibampo o Miramar. Además tiene algunos atractivos arquitectónicos como el Templo del Sagrado Corazón, Iglesia de San Fernando (siglo XIX), Plaza de los Tres Presidentes, la Plaza de Armas, el antiguo Banco de Sonora, el monumento al pescador, monumento a Benito Juárez, el Palacio Municipal, entre otros. Entre los atractivos ecoturísticos se encuentran las reservas Estero del Soldado, Isla San Pedro Nolasco, Cajón del Diablo y Cañón de Nacapule con especies endémicas.

#### Población.

De acuerdo a los resultados del Censo de Población y Vivienda realizado en 2010 por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, el municipio de Guaymas tiene una población total de 149,299 habitantes.

Por tanto el porcentaje de población masculina en el municipio es del 50.06%, la tasa de crecimiento poblacional anual de 2000 a 2005 ha sido del 0.5%, el 29.6% de la población es menor de 15 años de edad, y entre los 15 y los 64 años se encuentra el 63.0%, el 86.4% de los habitantes reside en localidades que concentran más de 2,500 habitantes y por tanto son de carácter urbano, finalmente, el 8.4% de los pobladores mayores de cinco años de edad son hablantes de alguna lengua indígena.

El 15% de los Habitantes del Municipio son nacidos fuera del estado, destacando Sinaloa con alrededor de 7000 habitantes, destacando también Baja California, Baja California Sur y Chihuahua con alrededor de 2000 habitantes cada uno, ha de destacarse que localidades como San Carlos agrupan a la mayoría de la población extranjera de otros países (destacando Estados Unidos) que habitan el municipio

Localidades.

El municipio de Guaymas tiene un total de 356 localidades, las principales y su población en 2010 son las que se enlistan en el siguiente cuadro:

Cuadro 1. Población por localidades en el municipio de Guaymas.

Localidad	Población
Total Municipio	149,299
Guaymas	113,082
Vícam	9,364
Pótam	6,417
San Carlos Nuevo Guaymas	2,264
Resto	18,172

Elaboración propia con datos INEGI.

Municipio de Empalme.

Es una localidad del estado de Sonora. La ciudad se localiza en el sureste del estado, a la orilla del Golfo de California. Con una población de 54,131 habitantes en 2010, el municipio de Empalme es el doceavo municipio más poblado de Sonora. Se ubica a 13 kilómetros de Guaymas, a 119 kilómetros de Ciudad Obregón y a 139 kilómetros de la capital estatal, Hermosillo.

El municipio posee 593.22 kilómetros cuadrados, que representa el 0.38 por ciento del total estatal, además de una densidad de población de 91.3 habitantes por kilómetro cuadrado.

Las localidades más importantes además de la cabecera son: José María Morelos y Pavón (La Atravezada), La Palma, Santa María, Maytorena y Mi Patria es Primero.

## Geografía.

Debido a la presencia de la sierra Libre al norte, la Sierra de la Venada al este y al oeste con la Sierra del Bacatete, pueden identificarse tres valles: el Valle de Agua Caliente, la cuenca del Río Yaqui y el Valle de San José de Guaymas.

## Clima.

El municipio de Empalme tiene un clima muy seco, muy cálido, con una temperatura media máxima de 29 grados centígrados en agosto y septiembre y una media mínima de 17° en enero y febrero.

## Hidrografía.

Los recursos hidrológicos con que cuenta el municipio son: Arroyos Los Cuates, localizados al noroeste de Empalme, los cuales desembocan en la Laguna del Estereo del Rancho, el Arroyo de San Marcial, el cual desemboca en el Golfo de California. Éstos arroyos pertenecen a La Cuenca del Río Mátape.

## Flora y Fauna.

Predomina en el municipio la vegetación tipo mezquital y se pueden encontrar pequeñas áreas de matorral subinerme. La fauna del municipio la componen las siguientes especies: sapo, tortuga del desierto, perrita, camaleón, achorón, coralillo, chicotera, víbora de cascabel, venado, berrendo, puma, lince, jabalí, mapache, tejón, liebre, conejo, zorra, tortola algodонера, lechuza, tecolote, cuervo, gavián, aguililla entre otras.

## Población

De acuerdo con los resultados del Consejo Nacional de Población (CONAPO) en 2016, el municipio de Empalme cuenta con 59,037 habitantes.

La tasa de crecimiento en la década de los noventa presentó una pequeña disminución respecto a la década de los ochenta, debido en parte a la emigración ocasionada por el cierre del Ferrocarril del Pacífico, que era la principal fuente de empleo en la población.

Las principales actividades económicas son agricultura, ganadería, industria, pesca y comercio. La superficie agrícola está destinada principalmente a la producción de trigo, cártamo, melón, sandía, pepino y calabacita. La infraestructura hidráulica se integra con pozos y canales de riego. Este municipio posee una población animal de 9,683 cabezas de ganado bovino, 840 cabezas de porcinos, 474 cabezas de equinos, 780 cabezas de caprinos, diversas aves y 876 cabezas de ganado ovino.

Con aproximadamente 65 establecimientos entre pequeña y mediana industria, con características de empresa de tipo familiar. Existen dos parques industriales en Empalme en los cuales se ubican 26 empresas, que incluyen al grupo de maquilas Teta Kawi que se ha convertido en la principal fuente de empleo en el municipio, con 10,443 puestos de trabajo, hasta septiembre del 2000.

El municipio cuenta con 2 tramos de litoral, el primero corresponde al estero el Rancho y el segundo ocupado por las playas del Cochorit y las playas del Sol. Las principales especies marinas que se capturan son camarón, cabrilla, tiburón, lisa, jaiba, callo de hacha, pulpo y medusa bola de cañón.

Guaymas-Empalme es una de las 59 zonas metropolitanas de México y cuenta con una población de 225,664 habitantes según CONAPO 2016.

## B. Problemática identificada

Tanto el municipio de Guaymas como el municipio de Empalme; tienen hoy en día un déficit de dotación de agua potable que no permite cubrir las necesidades de uso y consumo de los usuarios domésticos, comerciales, industriales y públicos pertenecientes a dichos municipios ya que por sus condiciones geográficas y climatológicas, no se dispone de fuentes de agua superficial, por lo que su única fuente de abastecimiento constituye la captación de aguas subterráneas provenientes del acuífero San José de Guaymas. Dicho acuífero registra fuertes problemas de abatimiento y sobre explotación de volúmenes muy superiores a la recarga y a los concesionados, teniendo que mantenerlo en operación a pesar de que se siguen abatiendo el nivel freático de los acuíferos; pues las únicas fuentes de abastecimiento para estas zonas se realiza a través de pozos, lo que genera un estrés hídrico alto y que su vez, provoca la escasez del recurso hídrico.

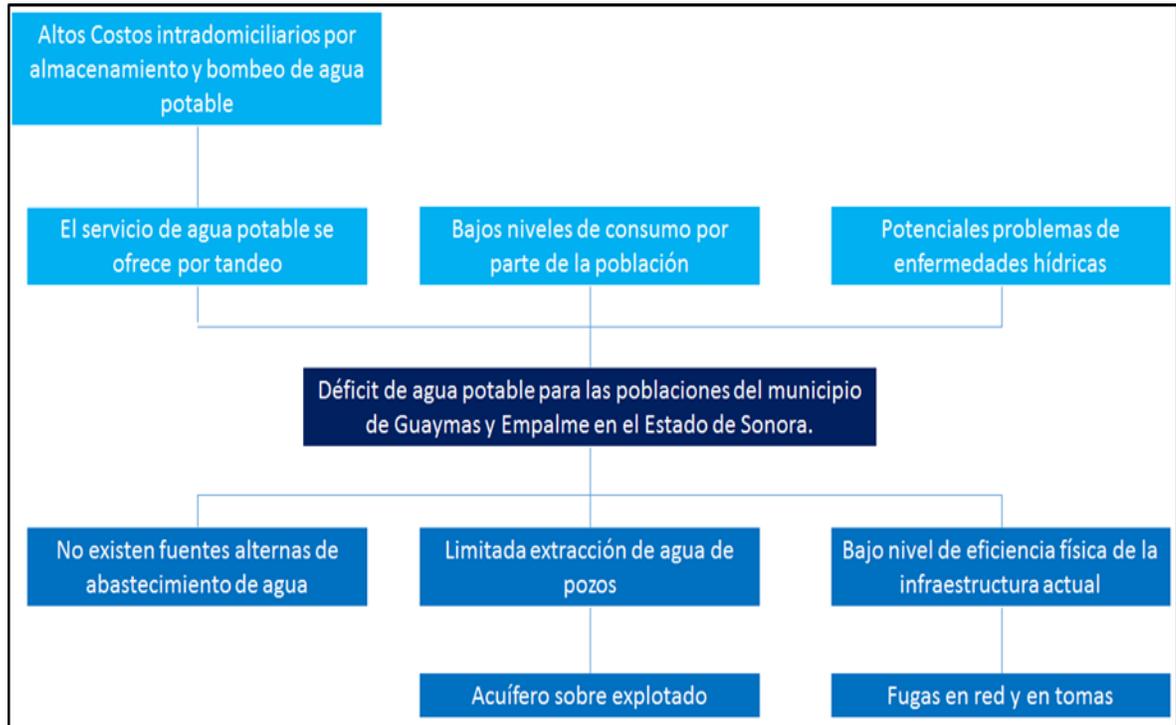
Las fuentes superficiales tiene pobres niveles de captación, derivado de la baja frecuencia de precipitaciones pluviales que permitan el almacenaje de agua para su posterior tratamiento y distribución a la población, por lo que el servicio de suministro de agua potable ofrecida a la población se considera deficiente, toda vez que se realiza por tandeos.

Así mismo, se reporta que existen pérdidas importantes de agua por la baja eficiencia física (53.83% en 2015) de la infraestructura con la que se cuenta actualmente para dotar a la población el vital líquido.

Finalmente, la problemática se puede resumir en la imposibilidad de aumentar la capacidad de producción de agua potable mediante nuevos aprovechamientos de agua subterránea y/o superficial, razón por la que se ha planteado la necesidad de desarrollar un proyecto para el tratamiento de agua mar.

En la siguiente figura se muestra un diagrama de causas y efectos que sustentan las problemática.

Figura 2. Diagrama de causas y efectos



Fuente: Elaboración propia.

De conformidad al diagrama de Causa-Efecto anterior, se tiene:

**Causas:**

- No existen fuentes superficiales, ni pozos particulares en Guaymas y Empalme, por lo que el suministro de agua por fuentes alternativas como el abastecimiento de agua en pipas no existe.
- Actualmente la única fuente de abastecimiento para las localidades de Guaymas y Empalme es la extracción de agua de pozos proveniente del acuífero denominado San José Guaymas, el cual presenta una sobre explotación del 75.5% ya que la recarga media anual de acuerdo con el Diario Oficial de la Federación

(DOF) del 20 de abril de 2015 es de 4.5 (m<sup>3</sup>/s) mientras que el volumen concesionado de agua subterránea es de 18.42 (m<sup>3</sup>/s).

- Además de lo anterior, y de acuerdo con lo indicado anteriormente, las localidades de Guaymas y Empalme se tiene un nivel de pérdidas físicas promedio para el sistema de abastecimiento del orden del 52%, por lo que poco de la mitad del agua que se extrae del acuífero se pierde en fugas de redes y tomas, disminuyendo así de manera importante el gasto efectivamente entregado a la población para su consumo.

### **Efectos:**

- Los bajos niveles de gasto entregados a la población provocan inherentemente que el servicio de agua potable que se suministra a la población, se realice de forma discontinua, es decir, vía tandeo, a fin de racionalizar el agua extraída del acuífero San José Guaymas.

- La población se ha visto en la necesidad de instalar sistemas de almacenamiento de agua tales como cisternas para resarcir en cierta medida los tandeos de agua que viven actualmente, lo que provoca altos costos intradomiciliarios por el almacenamiento y bombeo de agua a los tinacos de las viviendas, comercios, industrias y establecimientos públicos.

- Por otra parte, dicha escasez de agua potable trae como consecuencia problemas potenciales a la salud de los habitantes tales como infecciones estomacales, caries, daños a los riñones, entre otras, por la falta del vital líquido para realizar sus tareas diarias como la cocción de y desinfección de alimentos, consumo de agua, higiene personal, limpieza, lavado de ropa, entre otras actividades.

En conclusión, el principal problema que se presenta en los municipios de Guaymas y Empalme es el déficit de agua potable ya que la extracción del agua es insuficiente para satisfacer las necesidades de la población. De conformidad con la CONAGUA,

el consumo óptimo estimado por el CIDE tomando en cuenta sus características climatológicas y de temperatura promedio, debería estar en el orden de 190 litros por habitante al día, mismo que considerando el nivel de hacinamiento que registran las localidades, éste representaría un consumo aproximado de 22 m<sup>3</sup> toma-mes.

Dada la sobreexplotación del acuífero, no se puede considerar como alternativa de solución el seguir aumentando las extracciones de aguas subterráneas, toda vez que no existen volúmenes disponibles para nuevas concesiones o aumentos de caudales, por tal motivo dicha alternativa no es viable desde el punto de vista técnico y ambiental.

Toda esta problemática implica la necesidad de recurrir a las aguas marinas para el suministro de agua potable a la localidad de Guaymas. Derivado de la escasez de agua en esta zona del país, la presión creciente sobre los recursos hidráulicos existentes surge la necesidad de realizar un análisis de la utilización de agua de mar o salobre desalada entre las opciones de abastecimiento adicional a los centros urbanos de las regiones donde la escasez de los recursos ya es crítica.

Esta es la alternativa más viable para los municipios de Guaymas y Empalme, dada la escasez de agua. La zona de influencia del proyecto tiene una ventaja, debido a su cercanía con el mar.

## 2. Análisis de la oferta o infraestructura existente.

Las condiciones de oferta del sistema se refieren a la capacidad de la infraestructura con que cuenta el organismo para la captación, conducción, potabilización, regulación, almacenamiento y distribución del agua potable con que se abastece a la población conectada al sistema en Guaymas y Empalme. Asimismo, dentro de la oferta se considera la capacidad instalada para la captación de las aguas servidas, el tratamiento de las aguas residuales, y su disposición final en los cuerpos receptores.

La zona de influencia del proyecto se abastece de agua potable principalmente de pozos profundos.

#### A. Fuentes de abastecimiento

##### Fuentes Subterráneas.

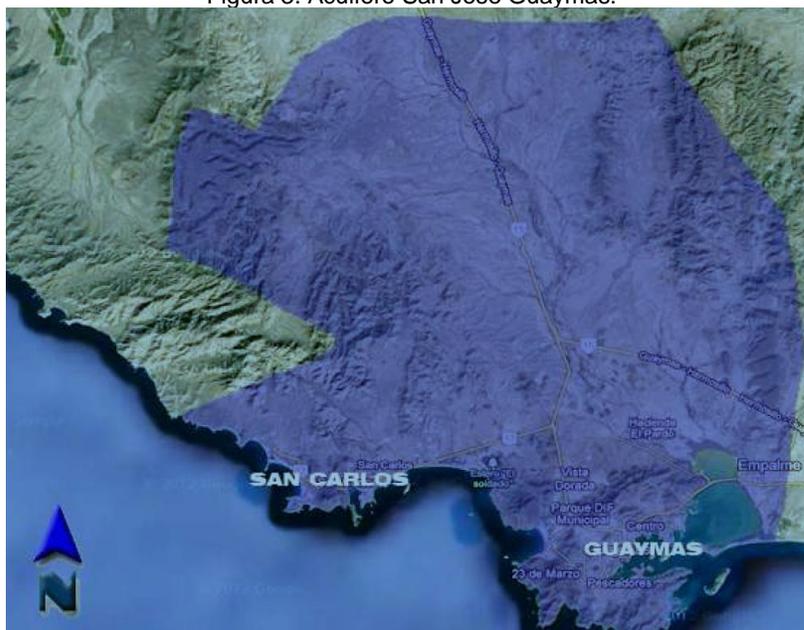
El Valle de Guaymas forma parte de la cuenca hidrográfica del río Mátape, de unos 6,000 Km<sup>2</sup>, ubicada entre las cuencas hidrográficas del río Sonora, al norte y del río Yaqui, al sur.

Los municipios de Guaymas y Empalme no dispone de fuentes de agua superficial cercanas, su única fuente de abastecimiento la constituye la captación de aguas subterráneas ubicadas en el acuífero San José de Guaymas.

Dicho acuífero se localiza en la planicie costera del Estado de Sonora, se ubica al norte del puerto de Guaymas. Dicho acuífero ocupa un área de 1.214.27 km<sup>2</sup>, con un abatimiento generalizado del nivel estático nivel en períodos de un año de -0.06m.-1.17m. En la figura siguiente se muestra la delimitación del acuífero.

El acuífero esta comprendido parcialmente dentro de los municipios de Empalme y Guaymas. En la región la población se concentra principalmente en las ciudades de Empalme y Guaymas, en el ejido San José de Guaymas y San Carlos Nuevo Guaymas.

Figura 3. Acuífero San Jose Guaymas.



Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la disponibilidad del acuífero, existe una recarga media anual de 4.5 Mm<sup>3</sup>, con una descarga natural comprometida de 0.0 Mm<sup>3</sup>, con un volumen concesionado de 18.4281 Mm<sup>3</sup>, un volumen de extracción de agua consignado en estudios técnicos de 8.1 Mm<sup>3</sup>, sin existir una disponibilidad media anual de agua subterránea. Estos datos arrojan un déficit de -13.9281 Mm<sup>3</sup>, razón por la cual no existe volumen disponible para nuevas concesiones en este acuífero.

Cuadro 2. Disponibilidad en el acuífero San José Guaymas.

Acuífero	Recarga media anual	Descarga natural comprometida	Volumen concesionado de agua subterránea	Volumen de extracción de agua subterránea consignado en estudios técnicos	Disponibilidad media	Deficit vs Asignación
San José Guaymas	4.5	0	18.428133	8.1	0	-13.928133
Total	4.5	0	18.428133	8.1	0	-13.928133

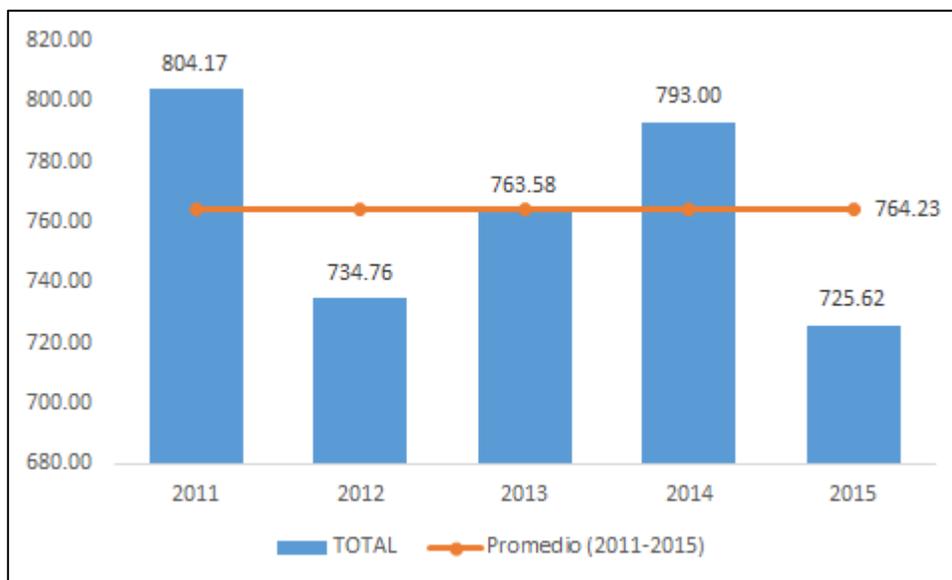
Fuente: Publicado por la CONAGUA en el Diario Oficial de la Federación, de fecha 20 de abril de 2015.

Como se puede apreciar en lo antes expuesto, la actual fuente de abastecimiento es insuficiente para cubrir la demanda actual y futura de los Municipios de Guaymas y Empalme, debido a que los acuíferos se encuentran sobre explotados.

#### I. Municipio de Guaymas

Para el suministro de agua potable a la población del Municipio de Guaymas se cuenta actualmente con 16 pozos de dos distintas captaciones: Boca Abierta con 6 pozos y Río Yaqui con 10 pozos. En 2011 se registró una producción total de 804.17 lps mientras que para el 2015, la producción alcanzó los 725.62 lps. Durante este periodo se estima un caudal promedio anual de 764.23 lps tal y como se muestra en el gráfico siguiente.

Figura 4. Histórico de producción de agua potable para Guaymas (lps).



Fuente: Elaboración propia con información de la Unidad Operativa Guaymas de la CEA Sonora.

En el siguiente cuadro se muestra la información sobre la producción de agua potable desglosada por cada uno de los 16 pozos que abastecen al municipio de Guaymas.

Cuadro 3. Producción histórica de agua potable por cada pozo de abastecimiento para Guaymas en la Situación Actual (lps).

FUENTES DE ABASTECIMIENTO	CAUDAL PRODUCIDO (lps)					Promedio (2011-2015)
	2011	2012	2013	2014	2015	
Pozo 1 Boca Abierta	75.00	87.75	86.25	100.0	83.46	86.49
Pozo 2 Boca Abierta	52.89	42.56	45.00	60.0	65.73	53.24
Pozo 3 Boca Abierta	34.50	37.67	40.00	50.0	17.20	35.87
Pozo 4 Boca Abierta	38.50	34.13	33.54	21.0	4.95	26.42
Pozo 5 Boca Abierta	92.08	82.52	77.92	80.0	71.04	80.71
Pozo 6 Boca Abierta	47.00	54.31	55.00	60.0	59.56	55.17
Pozo 1 Rio Yaqui	87.00	83.23	78.58	83.00	80.52	82.47
Pozo 2 Rio Yaqui	70.00	47.08	35.42	35.00	8.09	39.12
Pozo 3 Rio Yaqui	48.00	44.06	45.00	44.0	40.42	44.30
Pozo 4 Rio Yaqui	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00
Pozo 5 Rio Yaqui	48.00	44.25	43.13	47.0	39.54	44.38
Pozo 6 Rio Yaqui	10.00	9.88	8.75	21.0	38.60	17.65
Pozo 7 Rio Yaqui	48.00	32.52	35.00	35.0	34.03	36.91
Pozo 8 Rio Yaqui	72.00		59.58	55.0	47.49	58.52
Pozo 9 Rio Yaqui	33.54	22.60	22.92	22.0	30.83	26.38
Pozo 10 Rio Yaqui	47.67	112.20	97.50	80.0	104.16	88.30
<b>TOTAL</b>	<b>804.17</b>	<b>734.76</b>	<b>763.58</b>	<b>793.00</b>	<b>725.62</b>	<b>764.23</b>

Fuente: Información de la Unidad Operativa Guaymas de la CEA Sonora.

## II) Municipio de Empalme

Por otra parte, la producción de agua potable para el municipio de Empalme proviene de los pozos 3 y 4 de la captación de Boca Abierta; de los pozos 8, 9, 11 y 12 de Maytorena así como de los pozos Mi Patria, Úrsulo Galván, Antonio Rosales, Morelos, Santa María y La Palma.

En 2011 se registró una producción total de 265.47 lps, llegando a un máximo en 2013 de 311.24, para 2015 la producción alcanzó los 212.06 lps. De esta manera, se estima una producción de 255.06 lps la cual corresponde al promedio de producción desde 2011 hasta 2015 (Ver siguiente figura).

Figura 5. Histórico de producción de agua potable para Empalme (lps).



Fuente: Elaboración propia con información de la Unidad Operativa Empalme de la CEA Sonora.

A continuación se muestra el desglose de la producción de agua potable por cada uno de los pozos que abastecen al municipio de Empalme.

Cuadro 4. Producción histórica de agua potable por cada pozo de abastecimiento para Empalme en la Situación Actual (lps).

FUENTES DE ABASTECIMIENTO	CAUDAL PRODUCIDO (l/s)					
	2011	2012	2013	2014	2015	Promedio (2011-2015)
Captación Boca Abierta						
Pozo 3	55.90	48.79	47.35			50.68
Pozo 4	36.31	46.50	37.16			39.99
Captación Maytorena						
Pozo 8	49.87	49.18	48.89	35.16	41.74	44.97
Pozo 9	23.55	23.07	36.17	35.28	35.71	30.76
Pozo 11	56.13	46.25	54.71	60.23	29.96	49.45
Pozo 12	43.71	41.72	31.22	37.85	38.37	38.57
Pozo Mi Patria			11.78	13.28	13.82	12.96
Pozo Úrsulo Galván			6.56	7.56	8.22	7.45
Pozo Antonio Rosales			11.26	9.88	10.56	10.57
Pozo Morelos			19.14	20.32	22.40	20.62
Pozo Santa María			6.99	8.12	8.27	7.79
La Palma (pozo 12)				2.93	3.41	3.17
<b>TOTAL</b>	<b>265.47</b>	<b>255.52</b>	<b>311.24</b>	<b>230.62</b>	<b>212.46</b>	<b>255.06</b>

Fuente: Información de la Unidad Operativa Empalme de la CEA Sonora.

### Producción total

Con los datos presentados anteriormente, tanto en el municipio de Guaymas y Empalme se produjeron en 2011 un total de 1,069.64 lps, para 2013 fueron 1,074.83 lps y finalmente como último dato registrado se tiene que en 2015 la producción fue de 938.08 lps.

Finalmente, la producción promedio anual tanto de Guaymas como de Empalme durante el periodo de 2011 y hasta 2015 es de 1,019.29 lps.

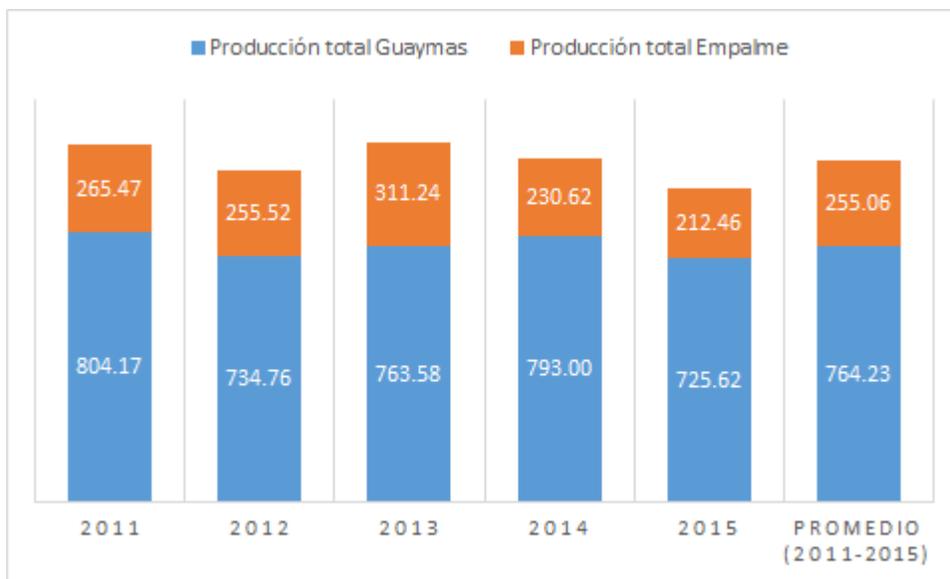
Cuadro 5. Producción total de agua potable para Guaymas y Empalme (lps)

Producción	2011	2012	2013	2014	2015	Promedio (2011-2015)
Guaymas	804.17	734.76	763.58	793.00	725.62	764.23
Empalme	265.47	255.52	311.24	230.62	212.46	255.06
<b>Total</b>	<b>1,069.64</b>	<b>990.27</b>	<b>1,074.83</b>	<b>1,023.62</b>	<b>938.08</b>	<b>1,019.29</b>

Fuente: Elaboración propia con información de la Unidad Operativa de Guaymas y Empalme de la CEA Sonora.

En el cuadro siguiente se representa gráficamente como sigue.

Figura 6. Producción total de agua potable para Guaymas y empalme



Fuente: Elaboración propia con información de la Unidad Operativa de Guaymas y Empalme de la CEA Sonora.

## B. Oferta Sustentable

Como parte del análisis de la oferta de agua potable, es necesario determinar la oferta sustentable con el fin de presentar el escenario que permita conservar la disponibilidad futura de agua potable en los acuíferos.

En ese sentido, en el siguiente cuadro se muestra la situación del balance hídrico, de conformidad con lo establecido en Diario Oficial de la Federación del 20 de abril de 2015, el acuífero que abastece tanto al municipio de Guaymas como Empalme, es San José Guaymas, el cual tiene una recarga media anual de 4.5 (m<sup>3</sup>/s), mientras que el volumen concesionado es de 18.42 (m<sup>3</sup>/s) por lo que el déficit es de 13.92 (m<sup>3</sup>/s).

Esto da como resultado que el nivel de sobre-explotación del acuífero sea del 75.58% siendo éste un porcentaje alto. Por lo que se requiere que la CEA cuente a corto plazo con una fuente adicional de abastecimiento segura, que

contribuya a reducir la sobre explotación del acuífero y mejore la calidad del servicio:

Cuadro 6. Nivel de sobre explotación del acuífero San José Guaymas.

Acuífero	Recarga media anual	Descarga natural comprometida	Volumen concesionado de agua subterránea	Déficit vs Asignación	Nivel de Sobre explotación
San José Guaymas	4.5	0	18.428133	-13.928133	75.58%

Fuente: Diario Oficial de la Federación, de fecha 20 de abril de 2015

Con base en lo anterior y considerando que el desarrollo de nueva infraestructura económica debe colaborar al desarrollo sustentable del país y sus regiones, así como la protección y cuidado del medio ambiente, dentro del presente análisis de oferta de agua, se toma en cuenta solo la oferta sustentable, misma que consiste en suponer que la fuente de abastecimiento subterránea será sobre explotadas al nivel correspondiente a la recarga media anual, 4.5 m<sup>3</sup>/s, con el propósito de motivar la reducción en los niveles de sobreexplotación actual del acuífero en análisis.

Para calcular la oferta sustentable se aplica este porcentaje de sobre explotación a la producción total de agua mostrada anteriormente. Así, en 2016 se estima que la oferta sustentable es de 248.90 lps, reducción considerable en comparación con los 1,019.29 lps que se esperan producir.

Cuadro 7. Oferta sustentable para el año 2016 (lps).

Concepto	Gasto (lps)
Producción total esperada (2016)	1,019.29
Sobre explotación	770.39
<b>Oferta Sustentable (2016)</b>	<b>248.90</b>

Fuente: Elaboración propia

### C. Eficiencia física

Una vez definida la oferta sustentable, es necesario determinar el nivel de eficiencia física del sistema con el fin de obtener el volumen demandado por la población..

Considerando la información proporcionada por la CEA Sonora; el nivel de pérdidas físicas en 2011 fue de 55.4% y para 2015 es de 46.17% por ser el último año registrado de la facturación. De esta manera la eficiencia física del sistema al año 2011 es del 44.56% y en 2015 fue de 53.83%

Cuadro 8. Eficiencia física del sistema de abastecimiento en la Situación Actual.

Concepto	2011	2012	2013	2014	2015
Pérdidas Físicas	55.44%	52.36%	54.94%	51.13%	46.17%
Eficiencias Físicas	44.56%	47.64%	45.06%	48.87%	53.83%

Fuente: Elaboración propia con información de la Unidad Operativa de Guaymas y Empalme de la CEA Sonora.

Confome a lo anterior, en la actualidad existe un promedio de 46.17% de pérdidas físicas de agua potable, desde las fuentes de abastecimiento hasta entregar el vital líquido a las conexiones de la población, las cuales son ocasionadas principalmente por fugas en la red y tomas.

### 3. Análisis de la demanda actual

La demanda de agua potable está determinada por la cantidad del vital líquido que requiere la población para cubrir sus necesidades, para la cual es necesario hacer diferencia entre los tipos de usuarios ya que sus hábitos de consumo son distintos así como la cantidad de tomas que existen por tipo de usuario.

#### A. Población

De acuerdo con las estimaciones realizadas por parte del Consejo Nacional de Población (CONAPO), para 2016 la población de las localidades de Guaymas y Empalme es de 225,664 habitantes.

Cuadro 9. Estimaciones de población 2011-2036.

<b>Año</b>	<b>Guaymas</b>	<b>Empalme</b>	<b>Total</b>
2010	152,895	55,415	208,310
2011	155,243	55,895	211,138
2012	157,655	56,476	214,131
2013	159,986	57,087	217,074
2014	162,254	57,722	219,977
2015	164,465	58,374	222,839
2016	166,627	59,037	225,664
2017	168,746	59,708	228,454
2018	170,823	60,383	231,206
2019	172,855	61,059	233,915
2020	174,840	61,732	236,572
2021	176,791	62,405	239,196
2022	178,722	63,082	241,805
2023	180,625	63,759	244,384
2024	182,498	64,433	246,930
2025	184,339	65,103	249,442
2026	186,149	65,766	251,915
2027	187,925	66,420	254,345
2028	189,667	67,064	256,731
2029	191,373	67,699	259,072
2030	193,040	68,320	261,360
2031	194,729	68,957	263,686
2032	196,439	69,612	266,050
2033	198,170	70,284	268,454
2034	199,925	70,973	270,898
2035	201,702	71,682	273,384
2036	203,503	72,410	275,914

Fuente: Elaboración propia con información de las estimaciones de población del CONAPO.

Los valores para las proyecciones de 2031 a 2036 se calcularon mediante la tasa de crecimiento determinadas por la CONAPO en el año 2030, manteniendo esta cifra constante hasta el año 2036.

Los Municipios de Guaymas y Empalme presentan un hacinamiento promedio de 3.7 y 3.8 habitantes por vivienda respectivamente, conforme se puede observar en el cuadro siguiente.

Cuadro 10. Índice de Hacinamiento.

Municipio	Hab/vivienda
Guaymas	3.7
Empalme	3.8

Fuente: INEGI

El hacinamiento de acuerdo a datos de la CEA es de 3.82 habitantes por vivienda.

De igual manera para la evaluación del proyecto de inversión y conforme a la información proporcionada por la CEA, la cobertura del servicio de agua potable para el año 2016, se consideró que corresponde al promedio de los datos históricos de Guaymas y Empalme, dando como resultado 95%.

#### B. Tomas registradas

Para efectos del presente análisis, es necesario hacer distinción de los tipos de usuarios que demandan agua potable; y para efectos del presente análisis se consideran usuarios domésticos, comerciales, industriales y otros, tanto para el municipio de Guaymas como para Empalme.

#### Guaymas

Para el 2015, la Unidad Administrativa de Guaymas registró 35,808 tomas de agua potable con servicio no medido y 9,513 tomas con servicio medido, teniendo un total de 45,321 tomas, en la que prácticamente la totalidad de ellas son usuarios domésticos.

Cuadro 11. Cantidad de tomas registradas en Guaymas

<b>Tomas con servicio No medido</b>					
<b>No. de tomas</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>
Doméstico	28,062	30,732	32,218	33,635	34,431
Comercial	1,287	1,342	1,363	1,379	1,317
Industrial	15	15	20	15	14
Público	0	0	0	0	46
Otros	41	48	45	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>29,405</b>	<b>32,137</b>	<b>33,646</b>	<b>35,029</b>	<b>35,808</b>

<b>Tomas con servicio medido</b>					
<b>No. de tomas</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>
Doméstico	12,224	10,086	9,400	8,848	8,629
Comercial	588	586	672	699	782
Industrial	26	24	19	19	18
Público	0	0	0	0	2
Otros	0	80	81	88	82
<b>TOTAL</b>	<b>12,838</b>	<b>10,776</b>	<b>10,172</b>	<b>9,654</b>	<b>9,513</b>

<b>Total tomas</b>					
<b>No. de tomas</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>
Doméstico	40,286	40,818	41,618	42,483	43,060
Comercial	1,875	1,928	2,035	2,078	2,099
Industrial	41	39	39	34	32
Público	0	0	0	0	48
Otros	41	128	126	88	82
<b>TOTAL</b>	<b>42,243</b>	<b>42,913</b>	<b>43,818</b>	<b>44,683</b>	<b>45,321</b>

Fuente: Elaboración propia con información de la Unidad Administrativa de Guaymas de la CEA Sonora.

## Empalme

Para el 2015, la Unidad Administrativa de Empalme registró 11,721 tomas de agua potable con servicio no medido y 4,302 tomas con servicio medido, teniendo un total de 16,023 tomas, en la que prácticamente a totalidad de ellas son usuarios domésticos.

Cuadro 12. Cantidad de tomas registradas en Empalme

<b>Tomas con servicio No medido</b>					
<b>No. de tomas</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>
Doméstico	10,318	11,022	10,850	11,051	11,164
Comercial	447	524	491	506	557
Industrial	8	0	0	3	0
Público	0	0	0	15	0
Otros	0	0	9	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>10,773</b>	<b>11,546</b>	<b>11,350</b>	<b>11,575</b>	<b>11,721</b>

<b>Tomas con servicio medido</b>					
<b>No. de tomas</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>
Doméstico	4,407	3,549	4,206	4,157	4,090
Comercial	162	173	181	149	207
Industrial	10	0	6	3	5
Público	0	0	0	39	0
Otros	1	0	24	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>4,580</b>	<b>3,722</b>	<b>4,417</b>	<b>4,348</b>	<b>4,302</b>

<b>Total tomas</b>					
<b>No. de tomas</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>
Doméstico	14,725	14,571	15,056	15,208	15,254
Comercial	609	697	672	655	764
Industrial	18	0	6	6	5
Público	0	0	0	54	0
Otros	1	0	33	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>15,353</b>	<b>15,268</b>	<b>15,767</b>	<b>15,923</b>	<b>16,023</b>

Fuente: Elaboración propia con información de la Unidad Administrativa de Empalme de la CEA Sonora.

### Total de tomas

De acuerdo con la información presentada en los párrafos anteriores, se tiene que para 2015 existen en conjunto para las localidades de Guaymas y Empalme un total 61,344 tomas registradas en el padrón de usuarios correspondiente de la CEA Sonora. De éstas, 13,815 tomas cuentan con servicio medido y 47,529 tomas corresponden a usuarios con servicio no medido.

Cuadro 13. Cantidad total de tomas registradas en Guaymas y Empalme.

<b>TOTAL TOMAS</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>
Doméstico	55,011	55,389	56,674	57,691	58,314
Comercial	2,484	2,625	2,707	2,733	2,863
Industrial	59	39	45	40	37
Público	0	0	0	54	48
Otros	42	128	159	88	82
<b>TOTAL</b>	<b>57,596</b>	<b>58,181</b>	<b>59,585</b>	<b>60,606</b>	<b>61,344</b>

<b>Tomas con servicio medido</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>
Doméstico	16,631	13,635	13,606	13,005	12,719
Comercial	750	759	853	848	989
Industrial	36	24	25	22	23
Público	0	0	0	39	2
Otros	1	80	105	88	82
<b>TOTAL</b>	<b>17,418</b>	<b>14,498</b>	<b>14,589</b>	<b>14,002</b>	<b>13,815</b>

<b>Tomas con servicio no medido</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>
Doméstico	38,380	41,754	43,068	44,686	45,595
Comercial	1,734	1,866	1,854	1,885	1,874
Industrial	23	15	20	18	14
Público	0	0	0	15	46
Otros	41	48	54	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>40,178</b>	<b>43,683</b>	<b>44,996</b>	<b>46,604</b>	<b>47,529</b>

Fuente: Elaboración propia con información de la Unidad Administrativa de Guaymas y Empalme de la CEA Sonora.

En relación al volumen facturado para los años 2011 a 2015, el organismo operador reportó en el Municipio de Guaymas en el año 2011 un volumen facturado de 11,734,606 m<sup>3</sup>-año, mientras que para el año 2015, un volumen de 12,302,776 m<sup>3</sup>-año.

Cuadro 14. Históricos de volúmenes facturados de agua Municipio de Guaymas (m3-año).

Conceptos	2011	2012	2013	2014	2015
Domestico	9,362,902	9,057,404	9,257,308	9,379,264	9,580,717
Comercial	1,153,628	1,203,167	1,173,764	970,541	1,183,633
Industrial	237,342	150,130	99,814	140,482	122,433
Público	0	691,089	824,139	1,101,328	1,162,133
Otros	980,734	292,599	281,441	492,779	253,860
<b>TOTAL</b>	<b>11,734,606</b>	<b>11,394,389</b>	<b>11,636,466</b>	<b>12,084,394</b>	<b>12,302,776</b>

Fuente: Elaboración propia con información de la Unidad Administrativa de Guaymas y Empalme de la CEA Sonora.

Por su parte, el Municipio de Empalme registro volúmenes facturados por debajo de los registrados en el Municipio de Guaymas, esto se debe principalmente por el número de habitantes que radican en Empalme. El volumen facturado de 2011 a 2015 se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro 15. Históricos de volúmenes facturados de agua Municipio de Empalme (m3-año).

SECTOR	2011	2012	2013	2014	2015
Doméstico	3,044,565	3,199,065	3,375,144	3,434,529	3,379,743
Comercial	171,498	284,232	224,157	178,739	242,314
Industrial	80,104	0	25,071	39,585	0
Público	0	0	0	38,087	0
Otros	174	0	11,495	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>3,296,341</b>	<b>3,483,297</b>	<b>3,635,867</b>	<b>3,690,940</b>	<b>3,622,057</b>

Fuente: Elaboración propia con información de la Unidad Administrativa de Guaymas y Empalme de la CEA Sonora.

De conformidad con el comportamiento poblacional estimado por la CONAPO para la Municipios de Guaymas y Empalme, así como el registro histórico sobre el volumen de agua facturado por la población de los Municipios en estudio, se estimó el volumen de agua que facturará la población en estudio.

A continuación se presentan las proyecciones de volúmenes de agua facturados o consumidos durante el horizonte de evaluación del proyecto, mismo que se encuentra en función del caudal que proveen las fuentes de abastecimiento actuales, es decir, de la oferta sustentable.

Cuadro 16. Proyección de Volumen facturado de agua 2016 a 2036 (m3-año)

Concepto	2016	2022	2028	2033	2036
Doméstico	3,224,268	3,224,268	3,224,268	3,224,268	3,224,268
Comercial	307,215	307,215	307,215	307,215	307,215
Industrial	18,744	18,744	18,744	18,744	18,744
Público	177,918	177,918	177,918	177,918	177,918
Otros	38,865	38,865	38,865	38,865	38,865
<b>TOTAL</b>	<b>3,767,009</b>	<b>3,767,009</b>	<b>3,767,009</b>	<b>3,767,009</b>	<b>3,767,009</b>

Fuente: Elaboración propia con información de la Unidad Administrativa de Guaymas y Empalme de la CEA Sonora.

Conforme a la información recabada de la CEA, se determinó el volumen promedio de consumo mensual por tipo de toma de 2011 a 2015, mismos que se muestran en la siguiente cuadro:

Cuadro 17. Proyección de volumen promedio facturado de agua 2011 a 2015 (m3-Toma-Mes)

Concepto	2011	2012	2013	2014	2015
Doméstico	18.80	18.44	18.57	18.51	18.52
Comercial	44.46	47.22	43.03	35.04	41.51
Industrial	448.37	320.79	231.27	375.14	275.75
Público	0.00	0.00	0.00	0.00	2017.59
Otros	1946.25	190.49	153.53	466.65	257.99

Fuente: Elaboración propia con información de la Unidad Administrativa de Guaymas y Empalme de la CEA Sonora.

En las siguiente tabla, se muestran las proyecciones del volumen promedio de consumo mensual por toma de cada tipo de usuario durante el horizonte de evaluación 2016-2036, los cuales se obtienen del consumo total multiplicado por la proporción del servicio medido de cada usuario y por la proporción de tomas de cada usuario:

Cuadro 18. Proyección de Volumen promedio facturado de agua 2016 a 2036 (m3-Toma-Mes)

Conceptos	2016	2022	2028	2033	2036
Doméstico	4.79	4.47	4.21	4.03	3.92
Comercial	8.94	8.94	8.94	8.94	8.94
Industrial	42.22	42.22	42.22	42.22	42.22
Público	308.89	308.89	308.89	308.89	308.89
Otros	39.50	39.50	39.50	39.50	39.50

Fuente: Elaboración propia con información de la Unidad Administrativa de Guaymas y Empalme de la CEA Sonora.

Como se puede apreciar en la información contenida en los cuadros anteriores, a medida que la población de los Municipios de Guaymas y Empalme crece con el pasar de los años y el volumen de agua producido por las fuentes de abastecimiento actuales, el volumen de agua a nivel toma disminuirá afectando de manera importante al bienestar y salud de la población en estudio.

En el siguiente cuadro se muestra el consumo l/hab/día registrado durante el período de 2011 a 2015, el cual se encuentra por debajo del consumo recomendado.

Cuadro 19. Litros habitante al día.

CONCEPTO	2011	2012	2013	2014	2015
l/hab/día	161.76	158.70	159.86	159.30	159.40

Fuente: Elaboración propia con información de la Unidad Administrativa de Guaymas y Empalme de la CEA Sonora.

### C. Demanda deseada

#### Usuarios domésticos

De conformidad con lo establecido en el Manual “Estimación de los Factores y Funciones de la Demanda de Agua Potable en el Sector Doméstico de México”, elaborado por el Centro de Investigación y Docencia Económica (CIDE), en octubre del 2012, el requerimiento mínimo de agua potable para usuario domésticos es de 190 litros/habitante/día considerando que las localidades de Guaymas y Empalme pertenecen a zonas de clima seco o muy seco.

A partir de estos datos y considerando un consumo recomendado correspondiente a 22 m<sup>3</sup>/toma/mes.

El consumo recomendado para los usuarios no domésticos responde al consumo promedio de los últimos 5 años reportados en la facturación de la CEA.

Cuadro 20. Demanda Deseado por tipo de usuario

CONCEPTO	Unidad	
Demanda Doméstica Promedio en la Zona	L-Hab-Día	190
Demanda Doméstica Promedio	M <sup>3</sup> -Toma-Mes	22

Fuente: Elaboración propia con información del CIDE

De esta manera, considerando una población servida estimada para 2016 de 214,381 habitantes, la demanda será entonces de 14'867,322 m<sup>3</sup>/año en el sector doméstico.

A continuación se presenta la demanda histórica y actual deseada en función del requerimiento mínimo recomendado por el CIDE para la zona de influencia del proyecto.

Cuadro 21. Demanda deseada histórica de usuarios domésticos (m<sup>3</sup>/año).

Año	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Población	200,581	203,424	206,220	208,978	211,697	214,381
Usuarios Domésticos (m <sup>3</sup> /año)	13,910,292	14,107,454	14,301,357	14,492,624	14,681,187	14,867,322

Fuente: Elaboración propia con información del CONAPO y del CIDE.

### Usuarios no domésticos

Para los usuarios comerciales, industriales y públicos no se cuenta con algún estudio que determine la demanda deseada, ya que depende de las actividades que realicen, por lo que para efectos del presente análisis se considera que la demanda es prácticamente inelástica, por lo que el cambios en precio no afecta su consumo.

En este sentido, se considera que la facturación para este tipo de usuarios refleja la cantidad de agua potable requerida para llevar a cabo sus actividades. Así de acuerdo con los reportes de facturación de la Unidad Administrativa de Guaymas como de Empalme se tienen la siguiente demanda.

Cuadro 22. Demanda deseada histórica para usuarios no domésticos (m3/año).

Usuarios No Domésticos	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Comercial	1,325,126	1,487,399	1,397,921	1,149,280	1,425,947	1,484,156
Industrial	317,446	150,130	124,885	180,067	122,433	153,519
Público	0	691,089	824,139	1,139,415	1,162,133	1,457,197
Otros	980,908	292,599	292,936	492,779	253,860	318,315
<b>TOTAL</b>	<b>2,623,480</b>	<b>2,621,217</b>	<b>2,639,881</b>	<b>2,961,541</b>	<b>2,964,373</b>	<b>3,413,186</b>

Fuente: Elaboración propia con información de la Unidad Administrativa de Guaymas y Empalme de la CEA Sonora.

Como se puede observar en el cuadro anterior, la demanda deseada de usuarios no domésticos para el 2015 es de 2'964,373 m3/año, siendo este el último año registrado por la CEA Sonora.

#### Demanda deseada total

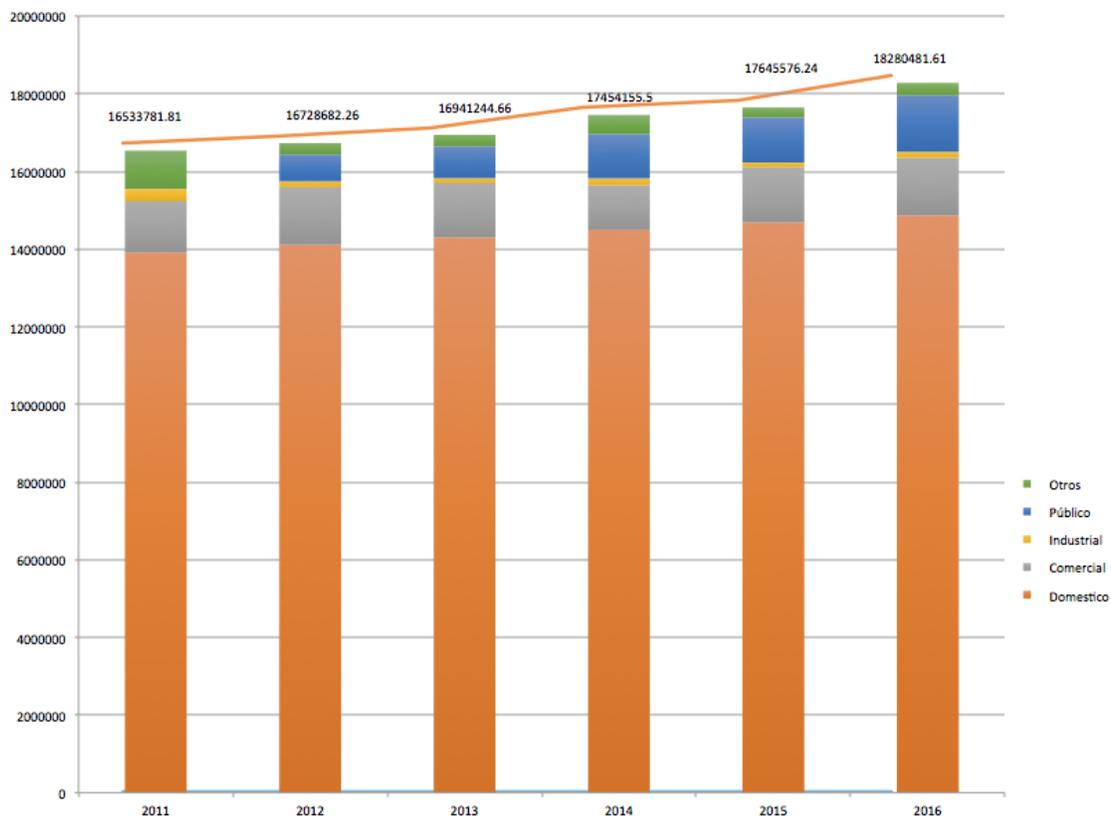
Con base en los datos anteriores, se tiene que la demanda total deseada por parte de usuarios domésticos y no domésticos es de 17'645,560 m3/año para el 2015, mientras que para finales de 2016 se estima sean demandados 18'280,482 m3/año de agua potable.

Cuadro 23. Demanda total deseada para usuarios domésticos y no domésticos (m3/año).

Concepto	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Doméstico	13,910,292	14,107,454	14,301,357	14,492,624	14,681,187	14,867,296
Comercial	1,325,126	1,487,399	1,397,921	1,149,280	1,425,947	1,484,156
Industrial	317,446	150,130	124,885	180,067	122,433	153,519
Público	0	691,089	824,139	1,139,415	1,162,133	1,457,197
Otros	980,908	292,599	292,936	492,779	253,860	318,315
<b>Demanda (m3/año)</b>	<b>16,533,772</b>	<b>16,728,671</b>	<b>16,941,238</b>	<b>17,454,165</b>	<b>17,645,560</b>	<b>18,280,482</b>
<b>Demanda (lps)</b>	<b>524.28</b>	<b>530.46</b>	<b>537.20</b>	<b>553.47</b>	<b>559.54</b>	<b>579.67</b>

Fuente: Elaboración propia con información del CONAPO, CIDE y Unidad Administrativa de Guaymas y Empalme de la CEA Sonora.

Figura 7. Demanda total deseada.



Fuente: Elaboración propia con información del CONAPO, CIDE y Unidad Administrativa de Guaymas y Empalme de la CEA Sonora.

Cuadro 24. Proyección de Demandas Deseada Situación Actual (m3-año).

Concepto	2016	2022	2028	2033	2036
Demanda Deseada	18,280,508	19,343,852	20,327,235	21,099,586	21,591,069
Doméstico	14,867,322	15,930,666	16,914,049	17,686,400	18,177,883
Comercial	1,484,156	1,484,156	1,484,156	1,484,156	1,484,156
Industrial	153,519	153,519	153,519	153,519	153,519
Público	1,457,197	1,457,197	1,457,197	1,457,197	1,457,197
Otros	318,315	318,315	318,315	318,315	318,315

Fuente: Elaboración propia con información del CONAPO, CIDE y Unidad Administrativa de Guaymas y Empalme de la CEA Sonora.

#### 4. Interacción oferta y demanda

Balance Oferta-Demanda en Fuentes.

Este es el análisis más importante en el sentido técnico del proyecto. La oferta será el volumen que sean capaces de producir las fuentes actuales, mientras que la demanda será el caudal que se requerirá producir en las fuentes y ser enviado a los usuarios finales.

Por ende se realiza de la siguiente forma:

*Oferta= Producción de agua*

*Demanda= Consumo + nivel de pérdidas físicas en la conducción y distribución.*

Considerando la información anterior, se observa un déficit en 2016 de 958.97 lps, el cual se incrementa en el horizonte del proyecto hasta alcanzar los 1,200.31 lps en el 2036.

Cuadro 25. Interacción Oferta Demanda a Nivel Fuentes Situación Actual.

CONCEPTOS	UNIDADES	2016	2022	2028	2033	2036
Fuentes de Abastecimiento	M <sup>3</sup> -Año	7,849,369	7,849,369	7,849,369	7,849,369	7,849,369
Demanda	M <sup>3</sup> -Año	38,091,292	40,307,051	42,356,139	43,965,498	44,989,609
<b>Déficit</b>	M <sup>3</sup> -Año	<b>-30,241,922</b>	<b>-32,457,681</b>	<b>-34,506,770</b>	<b>-36,116,128</b>	<b>-37,140,239</b>
<b>Déficit</b>	lps	<b>-958.97</b>	<b>-1,029.23</b>	<b>-1,094.20</b>	<b>-1,145.23</b>	<b>-1,177.71</b>

Fuente: Elaboración propia con información del CONAPO, CIDE y Unidad Administrativa de Guaymas y Empalme de la CEA Sonora.

Considerando los datos descritos, es posible realizar la interacción entre las condiciones de la oferta y demanda en la Situación Actual, mismas que arrojarán como resultado el déficit que existe en la actualidad sobre el sistema de abastecimiento de agua potable a la población de Guaymas y Empalme.

Al realizar la interacción oferta y demanda del sistema de dotación de agua potable para los municipios de Guaymas y Empalme se tiene que en la Situación Actual existe un déficit de agua potable; ya que los usuarios no alcanzan su consumo deseado debido a los niveles actuales de extracción en

los pozos por la sobreexplotación del acuífero San José Guaymas y bajo nivel de eficiencia física del sistema de agua potable, lo que reduce de manera importante la cantidad de agua potable entregada a la población.

En el siguiente cuadro se observa que la extracción de agua en 2016 es de 32'144,272 m<sup>3</sup>/año, sin embargo la oferta sustentable es de solo 7,849,369 m<sup>3</sup>/año pues el acuífero presenta una sobre explotación de 75.5% y que al considerar las pérdidas físicas del sistema, se reduce a únicamente 3,767,009 m<sup>3</sup>/año de agua efectivamente entregada a la población; mientras que la demanda de usuarios domésticos y no domésticos se estima en 18,280,508 m<sup>3</sup>/año. Esto conduce a un déficit del vital líquido de 14,867,322 m<sup>3</sup>/año, lo que equivale a 460.22 lps.

Cuadro 26. Balance hidráulico de la Situación Actual Nivel Tomas (m<sup>3</sup>/año).

CONCEPTO	2016
Oferta	32,144,272
Sobreexplotación	24,294,902
Oferta sustentable	7,849,369
Consumo	3,767,009
<b>Pérdidas Físicas</b>	<b>52.01%</b>
Demanda Deseada	18,280,508
Doméstico	14,867,322
Comercial	1,484,156
Industrial	153,519
Público	1,457,197
Otros	318,315
<b>Déficit (M3-Año)</b>	<b>-14,513,499</b>
<b>Déficit (lps)</b>	<b>-460.22</b>

Fuente: Elaboración propia con información del CONAPO, CIDE y Unidad Administrativa de Guaymas y Empalme de la CEA Sonora.

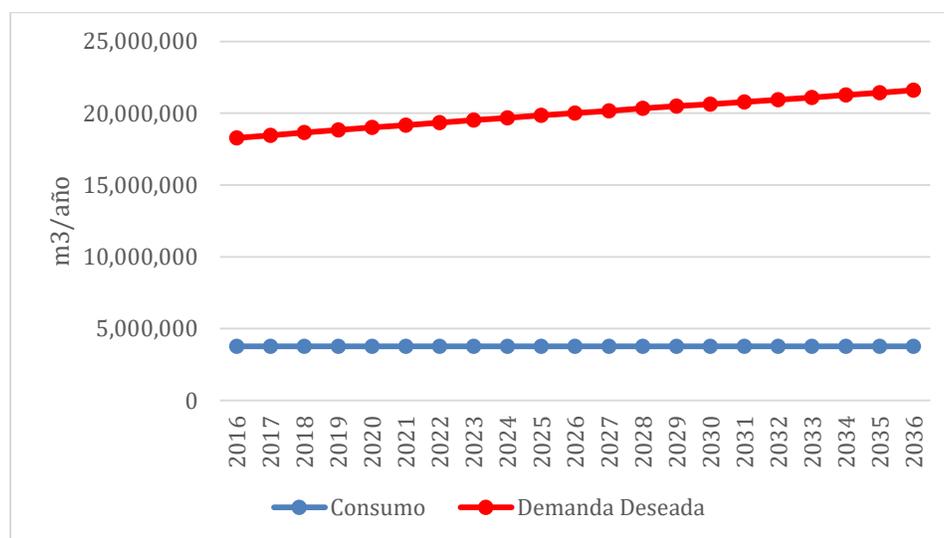
Conforme a lo expuesto en el presente apartado, se considera que a lo largo del horizonte de evaluación las fuentes de abastecimiento seguirán captando los mismos volúmenes de agua que se han expuesto, lo cual aunado al crecimiento paulatino y continuo de la población, propiciará un incremento en el déficit de consumo de agua potable conforme se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 27. Proyecciones de Interacción Oferta-Demanda a nivel toma (m3/año)

CONCEPTOS	UNIDADES	2016	2022	2028	2033	2036
Oferta	M <sup>3</sup> -Año	32,144,272	32,144,272	32,144,272	32,144,272	32,144,272
Sobreexplotación	M <sup>3</sup> -Año	24,294,902	24,294,902	24,294,902	24,294,902	24,294,902
Oferta sustentable	M <sup>3</sup> -Año	7,849,369	7,849,369	7,849,369	7,849,369	7,849,369
Consumo	M <sup>3</sup> -Año	3,767,009	3,767,009	3,767,009	3,767,009	3,767,009
Doméstico	M <sup>3</sup> -Año	3,224,268	3,224,268	3,224,268	3,224,268	3,224,268
Comercial	M <sup>3</sup> -Año	307,215	307,215	307,215	307,215	307,215
Industrial	M <sup>3</sup> -Año	18,744	18,744	18,744	18,744	18,744
Público	M <sup>3</sup> -Año	177,918	177,918	177,918	177,918	177,918
Otros	M <sup>3</sup> -Año	38,865	38,865	38,865	38,865	38,865
Eficiencia Física	%	47.99%	47.99%	47.99%	47.99%	47.99%
Demanda Deseada	M <sup>3</sup> -Año	18,280,508	19,343,852	20,327,235	21,099,586	21,591,069
Doméstico	M <sup>3</sup> -Año	14,867,322	15,930,666	16,914,049	17,686,400	18,177,883
Comercial	M <sup>3</sup> -Año	1,484,156	1,484,156	1,484,156	1,484,156	1,484,156
Industrial	M <sup>3</sup> -Año	153,519	153,519	153,519	153,519	153,519
Público	M <sup>3</sup> -Año	1,457,197	1,457,197	1,457,197	1,457,197	1,457,197
Otros	M <sup>3</sup> -Año	318,315	318,315	318,315	318,315	318,315
<b>Déficit</b>	<b>M<sup>3</sup>-Año</b>	<b>-14,513,499</b>	<b>-15,576,842</b>	<b>-16,560,225</b>	<b>-17,332,576</b>	<b>-17,824,060</b>

Fuente: Elaboración propia con información del CONAPO, CIDE y Unidad Administrativa de Guaymas y Empalme de la CEA Sonora.

Figura 8. Interacción Oferta – Demanda a nivel toma Situación Actual.



Fuente: Elaboración propia.

## CAPÍTULO II. SITUACIÓN SIN PROYECTO

### 2.1 Optimizaciones

El principal problema que presentan los organismos operadores de agua potable y los gobiernos municipales responsables de los sistemas de agua potable, es el elevado porcentaje de pérdidas físicas que se presentan en la red de distribución de agua potable a la población y como se expresó en el capítulo de la Situación Actual (2015), la eficiencia física es del orden del 53.83%; lo que implica grandes volúmenes de agua perdidos en la red de distribución, esta problemática es considerada como un punto importante a ser atendido y por tanto optimizado mediante la implementación de sistema de detección oportuna de fugas, cambios de tubería y conexiones en los puntos que son detectados como problemáticos en la red (fugas, tuberías rotas, tubería corroídas, entre otros).

De conformidad con el Manual de Incremento de Eficiencia Física, Hidráulica y Energética en Sistemas de Agua Potable de la CONAGUA, se considera que valores cercanos al 15% de pérdidas físicas en los sistemas de distribución de agua potable, reflejan sistemas sin problemas de fugas significantes, por lo que solamente deberán mejorar sus acciones de control. En caso contrario, si el indicador rebasa el 20% es necesario realizar acciones de eliminación y control de fugas de manera inmediata.

En ese sentido, el sistema de agua potable de los municipios de Guaymas y Empalme, se encuentra fuera de los parámetros aceptables establecidos por la CONAGUA, por lo que el CEA Sonora indica que el sistema de agua potable podría incrementar su eficiencia hasta llegar a niveles de pérdidas físicas del 42.01% durante los siguientes 5 años, a razón de 2% por año, con lo que se permitirá incrementar el gasto entregado a la población.

Las actividades a realizar por parte de la CEA Sonora son; rehabilitación de la red de distribución en zonas deterioradas y la sustitución de tomas domiciliarias en

zonas deterioradas, acciones que implicarán un monto aproximado de \$ 72,641,752 pesos. Ver Anexo 1.

La sectorización de la red de agua potable. Con ello se mejorará en los niveles de pérdidas físicas, debido a que se disminuye la presión en ciertos sectores y se hará más eficiente la gestión de la red, disminuyendo el sector afectado por roturas, logrando mejorar la eficiencia física en un 10%.

En el siguiente cuadro se presentan los costos de las medidas de optimización para incrementar la eficiencia física del sistema:

Cuadro 28. Costos de implementación de las medidas de optimización.

Conceptos	2016	2017	2018	2019	2020
Rehabilitación de red de distribución	10,270,050.59	10,270,050.59	10,270,050.59	10,270,050.59	10,270,050.59
Sustitución de tomas domiciliarias	1,473,975.05	1,473,975.05	1,473,975.05	1,473,975.05	1,473,975.05
<b>Total Anual</b>	<b>14,528,350.46</b>	<b>14,528,350.46</b>	<b>14,528,350.46</b>	<b>14,528,350.46</b>	<b>14,528,350.46</b>

Fuente: Elaboración propia con información de la Unidad Operativa de Guaymas y Empalme de la CEA Sonora.

De acuerdo a las medidas de optimización antes mencionadas, para efectos del presente estudio se considera que a partir del año 2016, se incrementará la eficiencia física del sistema de agua potable en dos puntos porcentuales, por lo que a partir del año 2020, el sistema estaría en un nivel de eficiencia física del 57.99%, conforme la muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 29. Eficiencia física del sistema de abastecimiento en la Situación Actual.

CONCEPTO	2016	2017	2018	2019	2020
Eficiencia Física	49.99%	51.99%	53.99%	55.99%	57.99%

Fuente: Elaboración propia con información de la Unidad Operativa de Guaymas y Empalme de la CEA Sonora.

Para el presente estudio, se considera a partir del 2020, la CEA Sonora mantendrá constante el nivel de la eficiencia físicas en el orden del 57.99% a lo largo del horizonte de evaluación del proyecto, lo cual genera que bajo este escenario, la

evaluación social de este proyecto se verá afectada de manera negativa, debido que al considerar un sistema de agua potable con las pérdidas físicas antes mencionadas en todo el horizonte de evaluación, se castiga la cuantificación y valoración de beneficios, por lo que a mayor eficiencia física mayores son los volúmenes de agua entregados a la población, dicha situación difícilmente se presentará en la operación real del sistema.

## 2.2 Análisis de la Oferta de la Situación Sin Proyecto

Con la implementación de las medidas de optimización realizadas en la Situación Actual, las condiciones de la oferta se modifica marginalmente a favor de mayores volúmenes de agua otorgados a la población.

Para efectos del estudio, se considerará que la infraestructura de captación de las fuentes subterráneas, se mantendrán en los mismos niveles reportados y considerados para la Situación Actual, por lo que la única modificación sobre la oferta, es el incremento de los volúmenes de agua potable al sistema, derivado de la disminución en las pérdidas físicas, situación que se muestra en el Cuadro 30, considerando el horizonte de evaluación del año 2016 al año 2036.

Cuadro 30. Oferta de la Situación Sin Proyecto (m<sup>3</sup>/año).

Conceptos	2016	2022	2028	2033	2036
Oferta	32,144,272	32,144,272	32,144,272	32,144,272	32,144,272
Sobreexplotación	24,294,902	24,294,902	24,294,902	24,294,902	24,294,902
Oferta sustentable	7,849,369	7,849,369	7,849,369	7,849,369	7,849,369
Volumen Facturado	3,923,997	4,551,946	4,551,946	4,551,946	4,551,946
Doméstico	3,358,637	3,896,113	3,896,113	3,896,113	3,896,113
Comercial	320,018	371,230	371,230	371,230	371,230
Industrial	19,525	22,650	22,650	22,650	22,650
Público	185,332	214,991	214,991	214,991	214,991
Otros	40,485	46,963	46,963	46,963	46,963
Eficiencia Física	49.99%	57.99%	57.99%	57.99%	57.99%

Fuente: Elaboración propia con información de la Unidad Operativa de Guaymas y Empalme de la CEA Sonora.

### 2.3 Análisis de la Demanda de la Situación Sin Proyecto

Con relación a los resultados esperados procedentes de las medidas de optimización, se indicará un incremento porcentual en el consumo en la situación sin proyecto. En virtud que en la actualidad se registran niveles de consumo en razón del volumen de agua que es producido y entregado a través de las fuentes de abastecimiento actuales.

La implementación de las medidas de optimización permitirán incorporar mayores volúmenes de agua a la red de distribución, por lo cual, se prevé el incremento del consumo de agua potable por parte de la población en su conjunto, como se muestra en las siguientes tablas y gráficas, mismas que presentan el comportamiento que se prevé en el horizonte de evaluación del proyecto.

En relación a la dinámica poblacional a lo largo del horizonte de evaluación del proyecto, ésta se determinó utilizando la base de datos proporcionados por la CONAPO para los municipios de Guaymas y Empalme del año 2016 al 2030, por lo que a partir de ese año se considero constante la tasa de crecimiento del año 2030.

Cuadro 31. Proyección poblacional 2016-2036.

<b>Año</b>	<b>Guaymas</b>	<b>Empalme</b>	<b>Total</b>
2010	152,895	55,415	208,310
2011	155,243	55,895	211,138
2012	157,655	56,476	214,131
2013	159,986	57,087	217,074
2014	162,254	57,722	219,977
2015	164,465	58,374	222,839
2016	166,627	59,037	225,664
2017	168,746	59,708	228,454
2018	170,823	60,383	231,206
2019	172,855	61,059	233,915
2020	174,840	61,732	236,572
2021	176,791	62,405	239,196
2022	178,722	63,082	241,805
2023	180,625	63,759	244,384

2024	182,498	64,433	246,930
2025	184,339	65,103	249,442
2026	186,149	65,766	251,915
2027	187,925	66,420	254,345
2028	189,667	67,064	256,731
2029	191,373	67,699	259,072
2030	193,040	68,320	261,360
2031	194,729	68,957	263,686
2032	196,439	69,612	266,050
2033	198,170	70,284	268,454
2034	199,925	70,973	270,898
2035	201,702	71,682	273,384
2036	203,503	72,410	275,914

Fuente: Elaboración propia con información de las estimaciones de población del CONAPO.

En relación al nivel de hacinamiento se consideró para las proyecciones que se mantiene constante con la cifra registrada en el año 2015, el cual fue de 3.7 habitantes por vivienda para el municipio de Guaymas y 3.8 para el municipio de Empalme, arrojando como resultado un promedio de 3.75 habitantes por vivienda, sin embargo para las proyecciones de la memoria de cálculo se considero el nivel de hacinamiento del Organismo Operador de 3.82 habitantes por vivienda.

Asimismo, se proyectó el crecimiento de la cantidad de tomas a lo largo del horizonte de evaluación, con lo cual se obtuvieron los resultados que se muestran en el cuadro 32.

Cuadro 32. Proyección de la cantidad de tomas de usuarios domésticos y no domésticos. (Para una selección de años del horizonte de evaluación)

<b>Coneptos</b>	<b>2016</b>	<b>2022</b>	<b>2028</b>	<b>2033</b>	<b>2036</b>
<b>Total de Tomas</b>					
Doméstico	56,101	60,113	63,824	66,738	68,593
Comercial	2,863	2,863	2,863	2,863	2,863
Industrial	37	37	37	37	37
Público	48	48	48	48	48
Otros	82	82	82	82	82
<b>Total</b>	<b>59,131</b>	<b>63,143</b>	<b>66,854</b>	<b>69,768</b>	<b>71,623</b>
<b>Tomas con servicio medido</b>					
Doméstico	13,142	14,082	14,951	15,634	16,069

Comercial	989	989	989	989	989
Industrial	23	23	23	23	23
Público	2	2	2	2	2
Otros	82	82	82	82	82
<b>Total</b>	<b>14,238</b>	<b>15,178</b>	<b>16,047</b>	<b>16,730</b>	<b>17,165</b>
<b>Tomas con servicio no medido</b>					
Doméstico	42,958	46,031	48,872	51,104	52,524
Comercial	1,874	1,874	1,874	1,874	1,874
Industrial	14	14	14	14	14
Público	46	46	46	46	46
Otros	0	0	0	0	0
<b>Total</b>	<b>44,892</b>	<b>47,965</b>	<b>50,806</b>	<b>53,038</b>	<b>54,458</b>

Fuente: Elaboración propia con información de la Unidad Operativa de Guaymas y Empalme de la CEA Sonora.

Con la información obtenida sobre las proyecciones anteriores, se obtuvieron volúmenes de agua facturados por parte de la población de los municipios de Guaymas y Empalme, con los cuales se proyecta el consumo de agua potable a lo largo del horizonte de evaluación, obteniéndose los resultados que se muestran en el Cuadro 33.

Cuadro 33. Proyección del consumo de tomas de usuarios domésticos y no domésticos.

Conceptos	2016	2022	2028	2033	2036
<b>Total de Tomas (M3-AÑO)</b>					
Doméstico	3,358,637	3,896,113	3,896,113	3,896,113	3,896,113
Comercial	320,018	371,230	371,230	371,230	371,230
Industrial	19,525	22,650	22,650	22,650	22,650
Público	185,332	214,991	214,991	214,991	214,991
Otros	40,485	46,963	46,963	46,963	46,963
<b>TOTAL</b>	<b>3,923,997</b>	<b>4,551,946</b>	<b>4,551,946</b>	<b>4,551,946</b>	<b>4,551,946</b>
<b>Tomas con servicio medido (M3-AÑO)</b>					
Doméstico	786,796	912,706	912,706	912,706	912,706
Comercial	102,966	119,443	119,443	119,443	119,443
Industrial	15,254	17,695	17,695	17,695	17,695
Público	7,722	8,958	8,958	8,958	8,958
Otros	40,485	46,963	46,963	46,963	46,963
<b>TOTAL</b>	<b>953,223</b>	<b>1,105,765</b>	<b>1,105,765</b>	<b>1,105,765</b>	<b>1,105,765</b>

<b>Tomas con servicio no medido (M3-AÑO)</b>					
Doméstico	2,571,840	2,983,407	2,983,407	2,983,407	2,983,407
Comercial	217,052	251,786	251,786	251,786	251,786
Industrial	4,271	4,955	4,955	4,955	4,955
Público	177,610	206,033	206,033	206,033	206,033
Otros	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>2,970,774</b>	<b>3,446,181</b>	<b>3,446,181</b>	<b>3,446,181</b>	<b>3,446,181</b>

Fuente: Elaboración propia con información de la Unidad Operativa de Guaymas y Empalme de la CEA Sonora.

Con la información obtenida sobre las proyecciones en tomas en el horizonte de evaluación del proyecto, se alcanzaron volúmenes de agua demandados por parte de la población de Guaymas y Empalme, los cuales se proyectan a lo largo del horizonte de evaluación del proyecto, en el siguiente cuadro se muestran los resultados.

Cuadro 34. Proyecciones de volúmenes demandados en la Situación sin Proyecto.

<b>Conceptos</b>	<b>2016</b>	<b>2022</b>	<b>2028</b>	<b>2033</b>	<b>2036</b>
Demanda Deseada (m3-año)	18,280,508	19,343,852	20,327,235	21,099,586	21,591,069
Demanda (lps)	579.67	613.39	644.57	669.06	684.65

Fuente: Elaboración propia con información de la Unidad Operativa de Guaymas y Empalme de la CEA Sonora.

## 2.4 Interacción oferta y demanda con optimizaciones

De acuerdo con los datos obtenidos de oferta y demanda en la Situación Sin Proyecto, únicamente consideran las optimizaciones a ejecutarse sin el proyecto, obteniendo la interacción de la oferta-demanda.

### Balance Oferta Demanda a Nivel Fuentes.

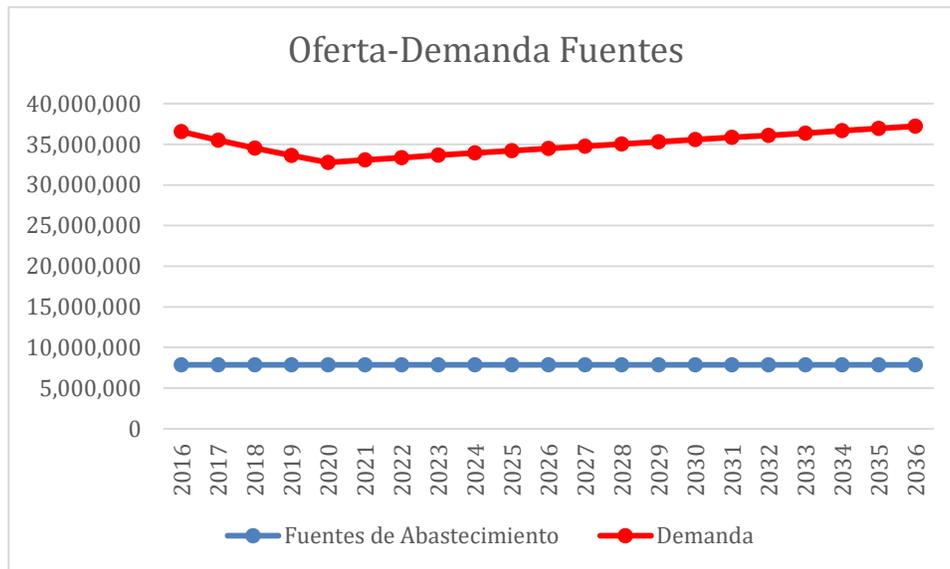
Tomando como base la oferta y demanda de la zona de influencia del proyecto, se llevó a cabo un análisis de fuentes, en el cual podemos observar que con la aplicación de las medidas de optimización, el déficit proyectado paso en 2036 de -1,200.31 l/s de la situación actual, a -950.41 l/s en la situación sin proyecto, como se puede apreciar a continuación:

Cuadro 35. Interacción Oferta Demanda a Nivel Fuentes Situación sin Proyecto.

CONCEPTOS	2016	2022	2028	2033	2036
<b>GENERACIÓN DE AGUA POTABLE</b>					
Fuentes de Abastecimiento (m3-año)	7,849,369	7,849,369	7,849,369	7,849,369	7,849,369
Demanda (m3-año)	36,567,426	33,356,509	35,52,253	36,384,094	37,231,607
<b>Déficit (m3-año)</b>	<b>-28,718,057</b>	<b>-25,507,140</b>	<b>-27,202,884</b>	<b>-28,534,725</b>	<b>-29,382,238</b>
<b>Déficit (lps)</b>	<b>-910.64</b>	<b>-808.83</b>	<b>-862.60</b>	<b>-904.83</b>	<b>-931.70</b>

Fuente: Elaboración propia con información de la Unidad Operativa de Guaymas y Empalme de la CEA Sonora.

Figura 9. Interacción Oferta-Demanda nivel Fuente Situación Sin Proyecto (2016-2036).



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con los datos obtenidos de oferta y demanda en la Situación Sin Proyecto, únicamente consideran las optimizaciones a ejecutarse sin el proyecto, obteniendo la interacción de la oferta-demanda por tomas, misma que se muestra en el cuadro y figura siguientes, con base en los elementos expuestos en los apartados anteriores.

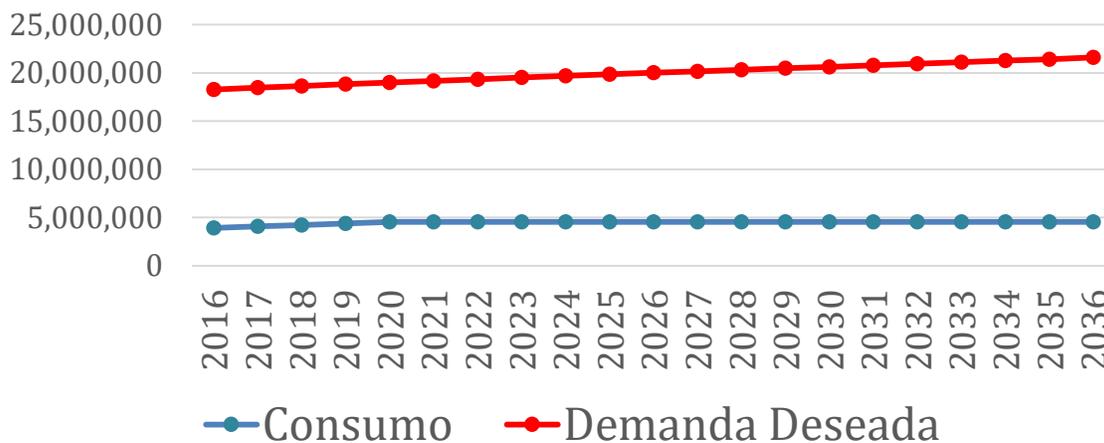
Cuadro 36. Interacción Oferta-Demanda a nivel toma Situación sin Proyecto (2016-2036).

Conceptos	2016	2022	2028	2033	2036
Oferta	32,144,272	32,144,272	32,144,272	32,144,272	32,144,272
Sobreexplotación	24,294,902	24,294,902	24,294,902	24,294,902	24,294,902
Oferta sustentable	7,849,369	7,849,369	7,849,369	7,849,369	7,849,369
Volumen Facturado	3,923,997	4,551,946	4,551,946	4,551,946	4,551,946
Doméstico	3,358,637	3,896,113	3,896,113	3,896,113	3,896,113
Comercial	320,018	371,230	371,230	371,230	371,230
Industrial	19,525	22,650	22,650	22,650	22,650
Público	185,332	214,991	214,991	214,991	214,991
Otros	40,485	46,963	46,963	46,963	46,963
Eficiencia Física	49.99%	57.99%	57.99%	57.99%	57.99%
Demanda Deseada	18,280,508	19,343,852	20,327,235	21,099,586	21,591,069
Doméstico	14,867,322	15,930,666	16,914,049	17,686,400	18,177,883
Comercial	1,484,156	1,484,156	1,484,156	1,484,156	1,484,156
Industrial	153,519	153,519	153,519	153,519	153,519
Público	1,457,197	1,457,197	1,457,197	1,457,197	1,457,197
Otros	318,315	318,315	318,315	318,315	318,315
Deficit (M3-Año)	-14,356,511	-14,791,905	-15,775,288	-16,547,639	-17,039,123

Fuente: Elaboración propia con información de la Unidad Operativa de Guaymas y Empalme de la CEA Sonora.

En caso de no llevarse a cabo el proyecto y como se puede observar, en el 2036 se tendrá un déficit equivalente a 17,039,123 m<sup>3</sup>-año; toda vez que las medidas de optimización por si solas, otorgan un incremento marginal de la oferta.

Figura 10. Interacción Oferta Demanda Situación sin Proyecto



Fuente: Elaboración propia con información de la Unidad Operativa de Guaymas y Empalme de la CEA Sonora.

## 2.5 Alternativas de solución

Como se ha relatado anteriormente, los municipios de Guaymas y Empalme han dependido totalmente de la extracción de aguas subterráneas provenientes del acuífero San José Guaymas para satisfacer la demanda de abastecimiento de agua potable de la población.

A continuación, se describen las alternativas identificadas como posibles para obtener mayor cantidad de agua:

### **Abastecimiento por Desalación del Agua de mar.**

Derivado de la escasez de agua en esta zona del país, la presión creciente sobre los recursos hidráulicos existentes, hace la necesidad de realizar un análisis de la utilización de agua de mar o salobre desalada entre las opciones de abastecimiento adicional a los centros urbanos de las regiones donde la escasez de los recursos ya es crítica.

En ese sentido, y para disminuir el déficit de agua potable así como la sobre explotación. El considerar la desalación de agua de mar como alternativa de abastecimiento se hace cada vez más necesario, y es la única fuente que en realidad aportaría nuevos volúmenes a la disponibilidad de los recursos hidráulicos en el ciclo del agua en la región.

Esta es la alternativa más viable para los municipios de Guaymas y Empalme , dada la escasez de agua. La zona de influencia del proyecto tiene una ventaja, debido a su cercanía con el mar.

Por tanto, la solución más apropiada para el sitio de estudio resulta ser la ósmosis inversa como técnica principal en el proceso de desalación. Además, esta técnica presenta una mayor versatilidad por lo que pueden construirse plantas de menor tamaño y posteriormente ampliarlas con un costo aceptable.

## A. Alternativas por obra de toma.

La obra de toma es uno de los componentes más importantes debido a su impacto en la inversión, como en los costos de operación y mantenimiento de una planta Desaladora. Para éste estudio se evaluaron 2 opciones de captación:

**Toma abierta:** La captación directa de agua de mar incluye tres principales elementos: i) Torre toma, ii) Línea de conducción submarina, y iii) cárcamo de bombeo. Lo importante es la correcta ubicación de la estructura de captación (torre toma), la cual deberá preferentemente ser situada sobre un lecho recoso o de arenas gruesas, evitando situarlo en una zona con gran presencia de algas que puedan llegar a colonizar las rejillas de succión.

La torre toma generalmente es fabricada de concreto armado o PRFV y dispone de una serie de ventanas en la parte superior, mismas que deben tener una geometría adecuada, comúnmente circular o hexagonal, para garantizar que el flujo sea lo más laminar y horizontal posible, a efecto de minimizar las pérdidas de carga y la posible captación de residuos, ya sean partículas en suspensión y/o fauna y flora marina.

La principal ventaja de este tipo de captaciones consiste en: i) La ilimitada capacidad hidráulica, y ii) la poco o nula superficie requerida, ya que las estructuras principales son ubicadas en el lecho submarino.

Una vez tomada el agua, esta es conducida hasta la costa a través de una línea de conducción de gran diámetro, a través del cual se abastece el cárcamo de bombeo. Se recomienda que la línea de conducción sea de PEAD debido a su alta resistencia a la corrosión, y su dificultad para ser colonizado por organismos marinos. Al igual que en el diseño de la torre se deben considerar las características necesarias para reducir las pérdidas de carga, de tal forma que el nivel del cárcamo se mantenga constante. La línea de alimentación de agua de mar puede trabajar por el sistema de vasos comunicantes.

**Pozos playeros:** De la captación más simple, los cuales tienen una profundidad media de 40m con tubería ranurada de material inoxidable y equipo de bombeo tipo sumergible.

La construcción de los pozos playeros requiere que se conozcan las características del acuífero correspondiente y la zona de interfaz con el agua de mar, esto se realiza a través de estudios geo hidrológicos en el sitio del proyecto. Es importante conocer la permeabilidad del acuífero y su grosor cerca de la costa, con la finalidad de identificar las características del agua a tratar.

El proceso de Ósmosis Inversa y sus costos operativos están estrechamente vinculados al nivel de salinidad a tratar, de manera general, la presión requerida para tratar agua salobre es de 15-30 Kg/cm<sup>2</sup>, mientras que para agua de mar la presión requerida oscilará entre 60 y 70 Kg/cm<sup>2</sup>.

Una vez identificadas las ventajas desde el punto de vista técnico se sugiere que los pozos playeros son la mejor opción para la Construcción de la Planta Desaladora de Guaymas-Empalme.

A continuación se muestran los costos de inversión necesarios para ejecutar el proyecto de la Construcción de la Planta Desaladora:

## CAPÍTULO III. SITUACIÓN CON PROYECTO

### 3.1 Descripción general del Proyecto

El proyecto consiste en extraer agua marina desde 6 pozos playeros ubicados en la cercanía del borde costero, dentro del predio del proyecto, y conducirla hasta una planta desaladora de osmosis inversa, considerando membranas para la filtración, donde se procesará para cumplir con la normativa de agua potable, y para, posteriormente, enviarla por una conducción de una longitud del orden de 11 Km hasta un estanque existente para el suministro de agua potable para la localidad de Guaymas.

El agua de rechazo de la planta será dispuesta en el mar mediante una línea de conducción del orden de 1.3 Km, para posibilitar la dilución de la salmuera en el medio marino, considerando la batimetría del lugar y las condiciones de corrientes y mareas en la zona.

Los pozos para captar el agua marina tendrán una profundidad del orden de 100 m y su caudal de extracción será, al menos, de 50 l/s.

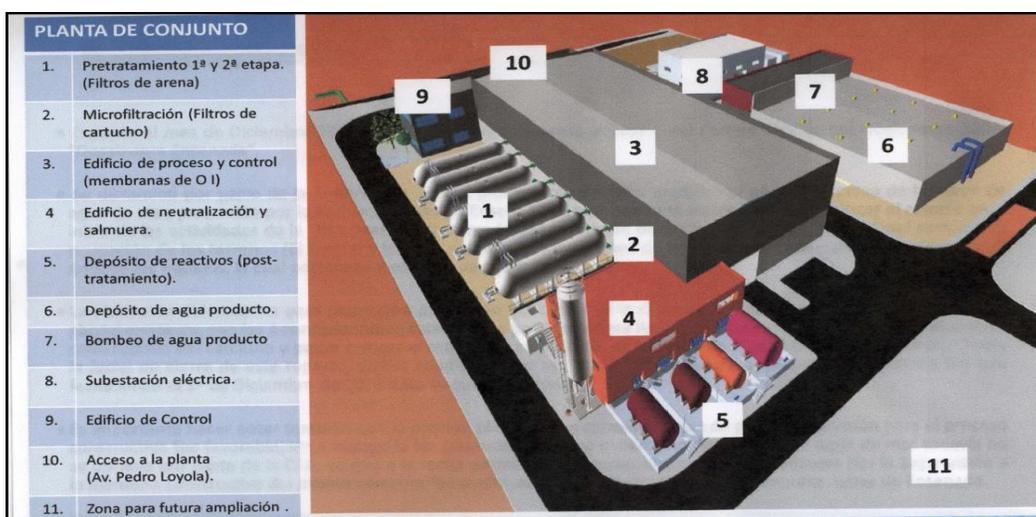
Además, se considera la construcción de estanques de agua tratada de un volumen correspondiente a dos días de producción de la planta, que equivale a 35,000 en total.

La desalinización es un proceso de separación donde al introducir una corriente de alimentación de agua salada o salobre en la unidad desalinizadora, da lugar a dos corrientes de salida, una de ellas denominada “producto” constituida por agua con baja salinidad y la otra “rechazo” o “salmuera” , que contiene un alto contenido de sales.

El proceso de separación requiere una aportación de energía externa, que puede ser térmica, mecánica o eléctrica, que depende del tipo de tecnología empleada.

La construcción del proyecto de abastecimiento de agua en bloque mediante desalación de agua de mar para los municipios de Guaymas y Empalme, contempla para su ejecución diversos componentes y obras de infraestructura, los cuales se describen a continuación:

Figura 11. Esquema de Planta Desaladora.



Fuente: Elaboración propia.

#### A. Planta de Osmosis Inversa

La Osmosis Inversa (OI) es impulsada por presión. Las membranas de OI se emplean normalmente en la desalación de agua de mar debido a su mayor capacidad para rechazar la sal. El principio fundamental de esta tecnología consiste en separar la sal del agua cuando el agua de alimentación entra en contacto con una membrana a presiones altas. Esencialmente, el proceso de osmosis es a la inversa, o al revés, porque el agua pasa por una membrana semipermeable y las sales se quedan en el lado en que entró el agua bruta. El agua que pasa por la membrana tiene un grado de pureza tan alto que no es potable y es necesario agregarle minerales, mientras que la concentración de sales en el agua restante

aumenta. El agua altamente salina se convierte en la corriente de residuos, o “salmuera” y posteriormente es descargada, en tanto que el agua producto se recolecta para ser usada.

La planta de desalación de Osmosis Inversa contará con una obra de rechazo por medio de una tubería PEAD (Polietileno de Alta densidad) con un diámetro de 18” y una longitud aprox. de 1.3 km. Se ha considerado la extracción mediante pozos playeros, los cuales extraerán el agua a desalar, pasando por un filtro de gravas graduadas, hasta llegar a una caja colectora, en donde a través de bombas sumergibles, se bombeara hasta conducirla a la zona de la planta desaladora.

Dentro de las obras necesarias para el buen funcionamiento de la desaladora, se requieren obras complementarias dentro de las cuales se consideran obras eléctricas para energizar a la planta, obras de distribución de agua producto que corresponde desde la salida del tanque de almacenamiento dentro de la planta hasta el tanque de distribución.

Para la planta desaladora se considera una subestación de 4000 KVA y una línea primaria aérea, considerando una carga aproximada de 2650 HP para la planta. Para las obras de toma y sistemas de bombeo se considera una subestación de 225 KVA y línea primaria aérea, para cada obra, en caso de que se aplicara ambas obras se necesitara dos subestación de 225 KVA.

#### B. Captación y bombeo del agua de mar

La captación del agua de mar tiene como finalidad suministrar a la Planta Desaladora, agua de mar sin materia en suspensión. Lo anterior se realizará mediante pozos playeros, con lo cual se esperará que la calidad del agua sea aceptable en cuanto al contenido en sólidos en suspensión y materia orgánica.

#### C. Emisor de salmuera de rechazo y difusor submarino

El difusor submarino no involucra actividades de construcción sino más bien de ensamble e instalación. De acuerdo a los resultados obtenidos en la modelación de la pluma generada por la emisión de la salmuera se diseño un emisor de aproximadamente 1.3 km de longitud y 18” de diámetro; a partir de ahí la longitud de la tubería difusora se estimo en 74.5 metros con dos brazos difusores de 37.25

metros cada uno. El diámetro del difusor al igual que el emisor es de 18" y cuenta con 12 boquillas de 3" de diámetro cada una separadas cada. Una vez que inicia la operación de la planta desalinizadora el sistema hidráulico funciona en forma automática y continua, aunque tiene la opción de poder ser operado en forma manual en caso de presentarse alguna situación imprevista. El agua residual de la planta desalinizadora tendrá flotabilidad negativa debido a que la concentración de sal es mayor que la del agua circundante, lo que hace que su densidad se incremente, además el medio es estratificado, por lo que el agua residual deberá dispersarse por el fondo, diluyéndose a una distancia de máximo 10 m del punto de descarga.

#### D. Pretratamiento: Dosificación de productos químicos

##### Dosificación de hipoclorito sódico

No se prevé una dosificación en continuo, sino dosificaciones de choque. Se estima que serán suficientes dos dosificaciones de choque anuales.

Cada dosificación de choque consistirá en la adición de 5 a 8 partículas por millón (ppm) de hipoclorito sódico durante 6 horas continuas.

El tanque de hipoclorito sódico estará situado en el interior de un cubeto con capacidad de diseño suficiente para contener todo el hipoclorito sódico en él almacenado en caso de fuga. Este cubeto estará construido con materiales resistentes a la acción del hipoclorito sódico.

Para dosificar hipoclorito sódico en el agua de mar se dispondrá de dos bombas dosificadoras (BD-101-A/B) de capacidad nominal 36 l/h. Las bombas dosificadoras son de tipo desplazamiento positivo, regulable desde el 10% al 100% y provisto de servomotores eléctricos para ajuste automático de la dosificación. El accionamiento del servomotor se hará desde el panel de control.

### Dosificación de coagulante (cloruro férrico)

No se prevé la dosificación de coagulante, ya que el agua de mar captada suele ser de buena calidad y contiene pocos coloides y materia en suspensión. Sin embargo, se ha considerado instalar un sistema de dosificación de coagulante en caso de que el agua de mar llegue a la planta desaladora en peores condiciones de las esperadas y sea necesario eliminar la materia en suspensión y los coloides presentes mediante la formación de flocos que serán retenidos en los filtros de arena.

La adición del producto se llevará a cabo en línea lo más alejado posible de los filtros de arena, para favorecer la mezcla del coagulante con el agua y alargar al máximo el tiempo de reacción en el agua antes de llegar a los filtros de arena.

Para la dosificación del coagulante se dispondrá de dos bombas dosificadoras (BD 104 A/B) (una en reserva) de capacidad máxima de 126 l/h. Los depósitos de dilución son de PRFV y las tuberías del sistema de dosificación de PVC.

#### E. Filtros de cartucho.

El agua de mar a la que serán añadidos los reactivos químicos adecuados y que será filtrada, se conducirá a los filtros de cartucho.

Se instalarán filtros de cartuchos de filtración en profundidad (FC 101 A/.../D) situados en el interior de una carcasa. Los cartuchos estarán contruidos en polipropileno y tienen un poder de corte de 5 micras nominales y una eficiencia de eliminación de partículas del 99.6%. Estos filtros tendrán la misión de retener coloides y partículas en suspensión que no han sido retenidas por los filtros de arena protegiendo las membranas.

Los cuerpos para alojar los cartuchos son de material PRFV, en su interior se encuentran los internos y accesorios necesarios para el anclaje y fijación de los cartuchos.

Cada cuerpo contendrá 150 cartuchos del tipo abierto por ambos lados que se fijan mediante espadas y tuercas a la placa soporte. Los filtros estarán dotados de elementos de seguridad contra sobrepresiones por medio de discos de ruptura calibrados de forma que nunca se alcance una presión superior a la de diseño.

#### F. Bastidores de ósmosis inversa

El diseño que se realice corresponderá a un solo paso y una sola etapa. La Planta será modulada en 11 bastidores (BOI 001/..BOI 011) con capacidad de producción unitaria de 1.920 m<sup>3</sup>/día (22.3 l/s). Cada bastidor tendrá 18+2 tubos de presión y cada tubo de presión contendrá 7 membranas. La modulación anterior, se complementará con la instalación de colectores generales comunes: colector de impulsión de agua de mar, colector de agua de rechazo y colector de agua producto. Esto permitirá trabajar con la totalidad de la Planta como si fuera una única línea, dotando a la Planta de la máxima flexibilidad de operación y optimizando el rendimiento en situaciones de menor y mayor demanda de agua a producir.

El colector común de impulsión de agua de mar implica que los conjuntos de bombeo de alta presión impulsan a un único colector desde el que el agua de mar se distribuya a los bastidores de ósmosis inversa.

El agua de rechazo que se genere en los bastidores de osmosis inversa se recogerá en un colector común desde donde será distribuida a los intercambiadores de presión.

El permeado que se produzca en los bastidores de ósmosis inversa se recogerá también en un colector común que conduzca el agua producto hasta el tanque de almacenamiento.

El sistema de bastidores y colectores comunes permitirá arrancar y parar grupos de bombeo de alta presión y bastidores a medida que el caudal de agua potable a producir aumente o disminuya.

Los bastidores de reserva podrán entrar en servicio en los periodos de lavado de los otros bastidores, de forma que, si por alguna razón es necesario incrementar la frecuencia de limpieza, esto no afecte a la producción, la cual, se puede afirmar que podrá ser de 200 l/s como mínimo en todo momento los 365 días del año.

#### G. Depósito de agua osmotizada

El almacenamiento del agua osmotizada tendrá una capacidad de 2 días. Este tanque estará provisto de un transmisor de nivel (LIT 110) para indicación en el Sistema de Control, válvulas de aislamiento y conexiones de drenaje y rebose.

#### H. Instalación de evacuación de salmuera y desechos

La salmuera procedente de los intercambiadores de presión será descargada por gravedad a una conducción que desembocará en un depósito construido en obra civil con capacidad equivalente al volumen de salmuera requerido para efectuar el lavado de un filtro de arena. Dicha capacidad estará controlada mediante un vertedero fijo, que comunica con una cámara anexa al depósito y construida igualmente en obra civil, en la cual descargará por rebose al mar la salmuera excedente.

### 3.2 Alineación estratégica.

El objetivo de la de la Planta Desaladora consiste en garantizar e incrementar el abastecimiento de agua potable a la población con el fin de solventar el déficit

generado por el crecimiento poblacional, dadas las limitantes existentes de las fuentes de agua actuales.

a. Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018.

El Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 plantea llevar a México a su máximo potencial a través del cumplimiento de cinco metas nacionales:

- México en Paz.
- México Incluyente.
- México con Educación de Calidad.
- México Próspero
- México con Responsabilidad Global.

Entre los objetivos de la meta nacional México Incluyente, se destaca el objetivo sectorial: Construir un entorno digno que propicie el desarrollo a través de la mejora en los servicios básicos, la calidad y espacios de la vivienda y la infraestructura social.

La construcción del proyecto de abastecimiento de agua mediante desalación de agua de mar para las localidades de Guaymas y Empalme en Sonora, contribuye a la consecución del Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, específicamente en su Objetivo 4.4. Impulsar y orientar un crecimiento verde incluyente y facilitador que preserve nuestro patrimonio natural al mismo tiempo que genere riqueza, competitividad y empleo. Estrategia 4.4.2. Implementar un manejo sustentable del agua, haciendo posible que todos los mexicanos tengan acceso a ese recurso. Para la consecución de dichos Objetivos, se trazaron las siguientes:

## Líneas de acción

- Asegurar agua suficiente y de calidad adecuada para garantizar el consumo humano y la seguridad alimentaria.
- Ordenar el uso y aprovechamiento del agua en cuencas y acuíferos afectados por déficit y sobre explotación, propiciando la sustentabilidad sin limitar el desarrollo
- Incrementar la cobertura y mejorar la calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento.
- Sanear las aguas residuales con un enfoque integral de cuenca que incorpore a los ecosistemas costeros y marinos.
- Fortalecer el marco jurídico para el sector de agua potable, alcantarillado y saneamiento.
- Reducir los riesgos de fenómenos meteorológicos e hidrometeorológicos por inundaciones y atender sus efectos.
- Rehabilitar y ampliar la infraestructura hidroagrícola.

### Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

El Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales (PROMARNAT), plantea como Objetivo 3., el Fortalecer la gestión integrada y sustentable del agua, garantizando su acceso a la población y a los ecosistemas, y como Estrategia 3.2, el Fortalecer el abastecimiento de agua y acceso a servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento, así como para la agricultura. Para llevar el logro de las Estrategias antes mencionadas, se plantean las siguientes líneas de acción:

- Incrementar la cobertura de los servicios de agua potable y alcantarillado.
- Suministrar agua de calidad para consumo humano para prevenir padecimientos de origen hídrico.
- Crear infraestructura para el aprovechamiento de nuevas fuentes de abastecimiento
- Mejorar las eficiencias de los servicios de agua en los municipios y sus localidades.

Las metas, estrategias y objetivos nacionales y sectoriales, se plasman en el objetivo 3, del Programa Nacional Hídrico 2014 – 2018, las cuales son:

“Fortalecer el abastecimiento de agua y el acceso a los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento”, que se nutre de los siguientes Lineamientos;

- El Agua como elemento integrador de los mexicanos
- El Agua como elemento de justicia social

Y para lo cual se plantean las siguientes estrategias:

Estrategia 3.1.

Incrementar la cobertura de los servicios de agua potable y alcantarillado y

Estrategia 3.2.

Mejorar las eficiencias de los servicios de agua en los municipios.

Estableciéndose como líneas de acción, las siguientes:

#### Línea de acción 3.1.1.

Incrementar las coberturas de agua y alcantarillado en zonas urbanas y rurales privilegiando a la población vulnerable.

#### Línea de acción 3.1.2.

Suministrar agua de calidad para el uso y consumo humano para prevenir padecimientos de origen hídrico.

#### Línea de acción 3.1.4.

Crear infraestructura para aprovechamiento de nuevas fuentes de abastecimiento.

#### Línea de acción 3.2.1.

Mejorar la eficiencia física en el suministro de agua a las poblaciones.

### b. Plan Estatal de Desarrollo de Sonora 2016-2021

#### 7. Reto

Institucionalizar las Políticas para un mejor aprovechamiento y distribución del agua.

#### 7.1 Estrategia

Distribuir el agua de manera eficiente y equitativa entre los diferentes usos y usuarios, estableciendo un equilibrio tal que considere las diferencias y la prioridad que los beneficios sociales debieran tener sobre los económicos.

## Líneas de Acción.

7.1.1 Diseñar una política económica guiada por la situación de escasez de agua, que consideren los contrastes regionales tanto en términos de vocaciones productivas como de disponibilidad de recursos naturales.

7.1.2 Establecer una ruta de crecimiento económico acorde con la disponibilidad del recurso hídrico a nivel local.

7.1.3 Establecer escenarios que contemplen el crecimiento poblacional y el consecuente incremento, en la demanda de agua para uso doméstico e industrial sobre todo en los centros urbanos.

7.1.4 Promover prácticas de uso eficiente del agua.

### c. Plan Municipal de Desarrollo de Guaymas 2014-2016.

Los Ejes temáticos que comprenden el Plan de Desarrollo 2016-2018, son el resultado del esfuerzo de una consulta pública, en la comunidad donde participaron organizaciones civiles, el sector público, el sector privado y la ciudadanía en general.

Los Ejes Temáticos son los siguientes:

- 1.- Guaymas Ordenado y Transparente.
- 2.- Guaymas Solidario y Equitativo.
- 3.- Guaymas seguro.
- 4.- Guaymas con Servicios Públicos de Calidad.
- 5.- Guaymas Generador de Desarrollo Urbano.
- 6.- Guaymas Próspero y Equitativo.

Dentro del Eje Temático 5 (Guaymas Generador de Desarrollo Urbano), se encuentra lo correspondiente a Infraestructura, dentro de la cual se contempla como Objetivo, Estrategia y Líneas de acción:

5. Objetivo. Cubrir las necesidades sociales de pavimentación, agua potable, alcantarillado, cobertura eléctrica, y alumbrado público, sin perder de vista el crecimiento ordenado con una visión de largo plazo.

## LINEAS ESTRATÉGICAS

- Construir obras complementarias que ayuden al suministro del agua, aunado al establecimiento de técnicas de sensibilización en la comunidad para detener el desperdicio: lo anterior debido al problema en abastecimiento del agua, que se presenta por la falta de suministro constante, la mayoría de la ciudad funciona con servicio de tendeos, donde la zona más crítica sigue siendo la ZONA 3 de Guaymas (sector sur) en las colonias Centinela, Independencia, Sahuaripa, Mirador, López Mateos, Misión del Sol, Playitas, con servicio de una o dos veces por semana.

### Plan Municipal de Desarrollo de Empalme 2016-2018

Los ejes temáticos están basados en un diagnóstico previo de la situación social y económica de la población del Municipio y en base a este diagnóstico establece la propuesta de trabajo y la visión a la cual se encamina el esfuerzo para el crecimiento sostenido del Municipio.

Los ejes temáticos son los siguientes:

- 1.- Un Empalme Seguro, con Prevención del Delito y Protección Civil.
- 2.- Un Empalme Con Gobierno Eficiente, Honesto y Transparente.
- 3.- Un Empalme Promotor del Desarrollo Económico.
- 4.- Un Empalme con Bienestar y Equidad Social
- 5.- Un empalme con Equipamiento e Infraestructura Urbana.

Dentro del Eje Temático 5 (Un empalme con Equipamiento e Infraestructura Urbana), se encuentra lo correspondiente a Infraestructura, dentro de la cual se contempla como Objetivo, Programas, Estrategia y Líneas de acción.

5 Objetivo. Dotar y conservar la infraestructura y equipamiento urbano para que el municipio de Empalme cuente con mejores vialidades, calles con pavimento, mejores espacios públicos, educativos, culturales y recreativos, proporcionando servicios públicos eficientes, necesarios para impulsar el desarrollo, con una visión a largo plazo. Así como también procurar un crecimiento urbano ordenado y sustentable apegado a la normatividad del uso de suelo y orientándose por las políticas establecidas en el plan municipal de desarrollo.

Programas.

- Desarrollo Urbano.
- Obra Pública.
- Agua Potable
- IMPLAND.

Estrategias.

- Implementar un sistema de planeación específico y normativo para el desarrollo urbano del municipio a corto, mediano y largo plazo.
- Gestionar recursos para la obra pública.
- Promover la elaboración de proyectos en materia de equipamiento e infraestructura urbana.
- Garantizar el abastecimiento de agua al municipio y promover la rehabilitación de la red de agua potable y drenaje ante las instancias correspondientes.
- Apoyar e impulsar los proyectos estratégicos que está integrado el IMPLAND para el desarrollo urbano integral del municipio y a integración de documentación para ingresar al fondo metropolitano.

### Líneas de acción.

- I. Elaborar estudios, proyectos urbanos y de obra pública.
- II. Desarrollar proyectos de planeación y regularización en materia de ordenamiento territorial de los asentamientos humanos, desarrollo urbano y vivienda.
- III. Elaborar un programa de ordenamiento de suelo, que servirá de apoyo para el adecuado crecimiento del municipio y reservas territoriales.
- IV. Ejecutar obras para el equipamiento y la infraestructura básica para el desarrollo del municipio.
- V. Llevar a cabo un programa de verificación y rehabilitación de espacios verdes y recreativos en colonias y comunidades.
- VI. Elaborar un programa de pavimentación integral que disminuya el rezago de calles sin pavimento y lograr mantener en buenas condiciones el pavimento existente.
- VII. Promover la pavimentación y rehabilitación de caminos y carreteras vecinales.
- VIII. Gestionar la construcción de una desaladora para resolver el problema de abasto de agua en el municipio y la región.
- IX. Planear el crecimiento urbano futuro del municipio e forma ordenada, promoviendo el desarrollo sustentable sin afectar el medio ambiente.

### 3.3 Metas anuales y totales

De acuerdo a las proyecciones de demanda y a las estimaciones en cuanto a la calendarización de la obra de construcción, se asume que una vez concluida la misma, la Planta Desaladora producirá 200 l/s, es decir, una producción anual de 6'307,200 metros cúbicos anuales durante todo el horizonte de evaluación del proyecto. Este incremento en la producción, permitirá el abastecer un mayor volumen de agua potable a la población.

Cuadro 45. Metas anuales de desalación de agua de mar para la planta desaladora.

<b>Año</b>	<b>Producción (M3/Año)</b>
2018	6,307,200
2019	6,307,200
2020	6,307,200
2021	6,307,200
2022	6,307,200
2023	6,307,200
2024	6,307,200
2025	6,307,200
2026	6,307,200
2027	6,307,200
2028	6,307,200
2029	6,307,200
2030	6,307,200
2031	6,307,200
2032	6,307,200
2033	6,307,200
2034	6,307,200
2035	6,307,200
2036	6,307,200

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4 Vida útil

Para efectos de ésta evaluación, el horizonte de evaluación del proyectos sera de 22 años, de los cuales 2 años serán de construcción y 18 años de operación.

### 3.5 Aspectos relevantes de la viabilidad del proyecto

Estos documentos se prepararan para evaluar y demostrar la conveniencia de realizar el Proyecto para la Construcción de una Planta Desaladora para las Ciudades de Guaymas y Empalme, Sonora bajo un esquema de Asociación Público Privada, frente a su realización mediante Obra Pública Tradicional, de conformidad con lo previsto en los artículos 14, fracción IX, y 17 de la Ley de Asociaciones Público Privadas, así como 26 y 29 de su Reglamento.

Los documentos legales que se generan de conformidad con lo previsto en el artículo 14 de la Ley de Asociaciones Público Privadas corresponden a:

- I. La descripción del proyecto y viabilidad técnica del mismo;
- II. Los inmuebles, bienes y derechos necesarios para su desarrollo;
- III. Las autorizaciones para el desarrollo del proyecto que en su caso, resulten necesarias;
- IV. La viabilidad jurídica del proyecto;
- V. El impacto ambiental;
- VI. La rentabilidad social del proyecto;
- VII. Las estimaciones de inversión y aportaciones, en numerario y especie, tanto federales y de los particulares como, en su caso, estatales y municipales;
- VIII. Viabilidad Económica y Financiera del Proyecto;
- IX. Conveniencia del Esquema APP.

### 3.6 Análisis de la Oferta o infraestructura existente

Con la implementación de la Planta Desaladora, las fuentes de abastecimiento de agua potable se verán beneficiadas por un caudal de 200 l/s adicionales, es decir, un caudal de 6'307,200 metros cúbicos al año.

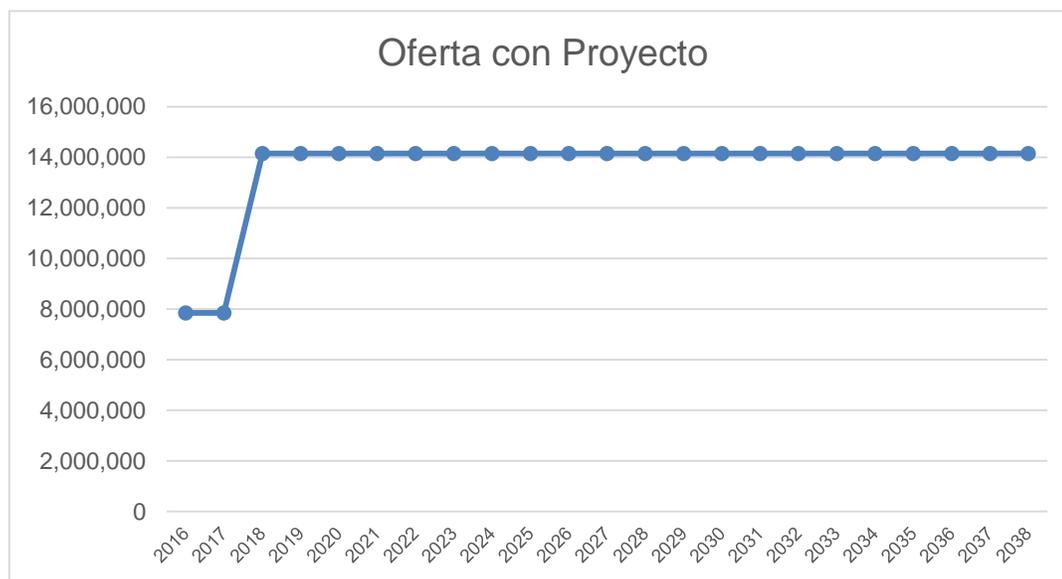
Como se mencionó en párrafos anteriores, la planta iniciará operaciones a partir de año 2018.

Cuadro 46. Proyecciones de la oferta situación con proyecto (m3/año).

Conceptos	2016	2022	2028	2033	2036
Oferta	32,144,272	32,144,272	32,144,272	32,144,272	32,144,272
Planta Desaladora		<b>6,307,200</b>	<b>6,307,200</b>	<b>6,307,200</b>	<b>6,307,200</b>
Sobreexplotación	24,294,902	24,294,902	24,294,902	24,294,902	24,294,902
Oferta sustentable	7,849,369	14,156,569	14,156,569	14,156,569	14,156,569

Fuente: Elaboración propia con información de CEA Sonora.

Figura 13. Proyección de la Oferta Con proyecto.



Fuente: Elaboración propia con información de CEA Sonora.

### 3.7 Análisis de la Demanda en la Situación con Proyecto.

Considerando los nuevos volúmenes de agua potable que se generarían con la puesta en marcha de la Planta Desaladora, se incrementará el volumen de agua potable que se entregará a la población debido a la mayor disponibilidad del recurso hídrico a nivel domiciliario.

Cuadro 47. Proyección del consumo de tomas de usuarios domésticos y no domésticos Situación con Proyecto.

Conceptos	2016	2022	2028	2033	2036
Consumo	3,923,997	8,209,570	8,209,570	8,209,570	8,209,570
Doméstico	3,358,637	7,026,754	7,026,754	7,026,754	7,026,754
Comercial	320,018	669,524	669,524	669,524	669,524
Industrial	19,525	40,849	40,849	40,849	40,849
Público	185,332	387,742	387,742	387,742	387,742
Otros	40,485	84,700	84,700	84,700	84,700

Fuente: Elaboración propia con información de CEA Sonora.

Cuadro 48. Proyecciones de la demanda en la situación con proyecto.

Conceptos	2016	2022	2028	2033	2036
Demanda Deseada (m3-Año)	18,280,508	19,343,852	20,327,235	21,099,586	21,591,069
Demanda Deseada (lps)	579.67	613.39	644.57	669.06	684.65
Doméstico	14,867,322	15,930,666	16,914,049	17,686,400	18,177,883
Comercial	1,484,156	1,484,156	1,484,156	1,484,156	1,484,156
Industrial	153,519	153,519	153,519	153,519	153,519
Público	1,457,197	1,457,197	1,457,197	1,457,197	1,457,197
Otros	318,315	318,315	318,315	318,315	318,315

Fuente: Elaboración propia con información de CEA Sonora.

### 3.8 Interacción oferta y demanda situación con proyecto en fuentes.

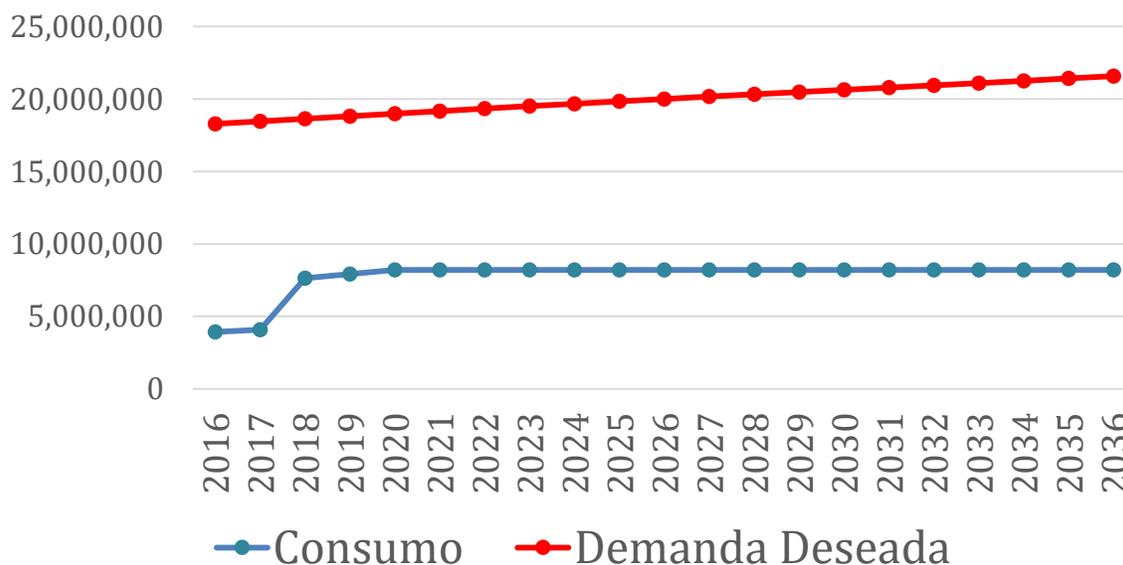
Considerando los datos determinados para el horizonte de evaluación, con la realización del Proyecto de Inversión, en la Cuadro 27 y Figura 7, se muestra la interacción de la oferta y la demanda que se tendría con base en los volúmenes adicionales que la planta desaladora aportaría al sistema de agua potable.

Cuadro 49. Interacción Oferta- Demanda con Proyecto en fuentes (m3/año).

CONCEPTOS	2016	2022	2028	2033	2036
<b>GENERACIÓN DE AGUA POTABLE</b>					
Fuentes de Abastecimiento	7,849,369	14,156,569	14,156,569	14,156,569	14,156,569
Demanda	36,567,426	33,356,509	35,052,253	36,384,094	37,231,607
<b>Déficit</b>	<b>-28,718,057</b>	<b>-19,199,940</b>	<b>-20,895,684</b>	<b>-22,227,525</b>	<b>-23,075,038</b>
<b>Déficit</b>	<b>-910.64</b>	<b>-608.83</b>	<b>-662.60</b>	<b>-704.83</b>	<b>-731.70</b>

Fuente: Elaboración Propia con información de CEA Sonora.

Figura 14. Interacción Oferta-Demanda Situación con Proyecto nivel fuentes.



Fuente: Elaboración propia.

Considerando los nuevos volúmenes de agua potable que se generarían con la puesta en marcha de la construcción de la Planta Desaladora, se incrementará el volumen de agua potable que se entregará a la población de Guaymas y Empalme, disminuyendo el déficit actual.

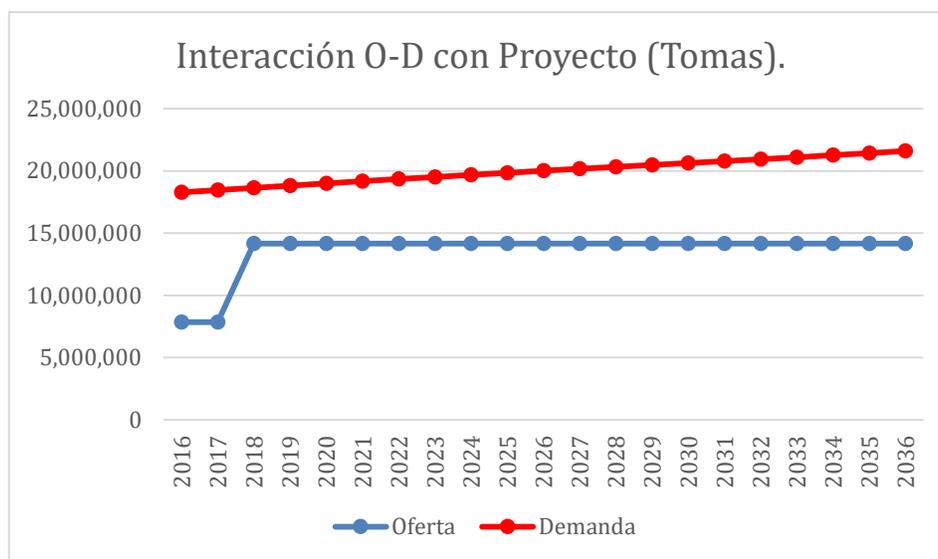
En ese sentido y conforme a los datos determinados para el horizonte de evaluación con la realización del Proyecto de Inversión, a continuación se muestra la interacción de la oferta y la demanda que se tendría con base en los volúmenes adicionales que la planta desaladora aportaría al sistema de agua potable:

Cuadro 50. Interacción Oferta- Demanda con Proyecto en tomas (m3/año).

Conceptos	2016	2022	2028	2033	2036
Oferta	32,144,272	32,144,272	32,144,272	32,144,272	32,144,272
Planta Desaladora		<b>6,307,200</b>	<b>6,307,200</b>	<b>6,307,200</b>	<b>6,307,200</b>
Sobreexplotación	24,294,902	24,294,902	24,294,902	24,294,902	24,294,902
Oferta sustentable	7,849,369	14,156,569	14,156,569	14,156,569	14,156,569
Consumo	3,923,997	8,209,570	8,209,570	8,209,570	8,209,570
Domestico	3,358,637	7,026,754	7,026,754	7,026,754	7,026,754
Comercial	320,018	669,524	669,524	669,524	669,524
Industrial	19,525	40,849	40,849	40,849	40,849
Público	185,332	387,742	387,742	387,742	387,742
Otros	40,485	84,700	84,700	84,700	84,700
Eficiencia Física	49.99%	57.99%	57.99%	57.99%	57.99%
Demanda Deseada	18,280,508	19,343,852	20,327,235	21,099,586	21,591,069
Domestico	14,867,322	15,930,666	16,914,049	17,686,400	18,177,883
Comercial	1,484,156	1,484,156	1,484,156	1,484,156	1,484,156
Industrial	153,519	153,519	153,519	153,519	153,519
Público	1,457,197	1,457,197	1,457,197	1,457,197	1,457,197
Otros	318,315	318,315	318,315	318,315	318,315
Deficit (M3-Año)	-14,356,511	-11,134,282	-12,117,665	-12,890,016	-13,381,500

Fuente: Elaboración propia.

Figura 15. Interacción Oferta-Demanda Situación con Proyecto nivel tomas.



Fuente: Elaboración propia.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Diagnóstico Integral CEA
2. Guía General para la Presentación de Estudios de Evaluación Socioeconómica de Programas y Proyectos de Inversión (2015), CEPEP.
3. Guía de Proyectos de Dotación de Servicios de Agua Potable Rural. (2006), CEPEP.
4. Guía de Proyectos de Agua Potable Urbana. (2006), CEPEP.
5. Metodologías de evaluación socioeconómica para proyectos de agua potable, alcantarillado, saneamiento y protección a centros de población (2008), CNA.
6. Manual de Incremento de Eficiencia Física, Hidráulica y Energética en Sistemas de Agua Potable (2012), CNA.
7. SEMARNAT-CONAGUA (2008). Metodologías de Evaluación Socioeconómica para Proyectos de Agua Potable, Alcantarillado, Saneamiento, Mejoramiento de Eficiencia y Protección a Centros de Población.
8. DOF (2013). Lineamientos para el análisis Beneficio-Costo. Secretaría de Hacienda y Crédito Público. 30 de diciembre.

# ANEXOS

## ANEXO 1

### REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS GUAYMAS Y EMPALME

#### **1.- OBJETIVO**

Las comunas de Guaymas y Empalme requieren aumentar su producción de agua potable para satisfacer sus demandas actuales y futuras. Ello se ve difícil dada la escasez de agua dulce en el área de Guaymas y Empalme, agravado por la sobreexplotación de los acuíferos. Luego, antes de buscar alternativas de aumento de la oferta de agua, es necesario analizar las opciones de optimizar el sistema actual disminuyendo las pérdidas de agua en las redes y tomas, con lo cual se libera disponibilidad de agua a nivel de oferta.

Durante el año 2015 solo un 53% del agua producida fue facturada, por lo tanto, si se destinan recursos a aumentar la eficiencia física del sistema, se puede lograr una mejora en la disponibilidad de agua potable en la medida que se disminuyan las pérdidas.

El presente documento analiza el volumen de inversión necesaria para disminuir las pérdidas físicas en el sistema de agua potable de la ciudad de Guaymas y Empalme.

Actualmente, las pérdidas son cercanas al 47%. Se requiere establecer un plan de inversiones que permita reducir las pérdidas en un 10% en los próximos 5 años, enfocado en la reposición de cañerías que conforman las redes y las tomas domiciliarias.

#### **2.- SITUACIÓN ACTUAL**

Actualmente, en el sistema de agua potable de Guaymas y Empalme se pierden anualmente un 46,2% del agua producida, lo que equivale, aproximadamente, a 13.658.301 m<sup>3</sup> anuales (dato del año 2015).

La cantidad de tomas entre ambos municipios alcanza a 59.131.

La longitud de la red de agua potable en estos municipios alcanza a 473 Km, aproximadamente.

Las pérdidas tienen un origen comercial, por consumos no medidos, y también una componente más importante que es la pérdida física que se produce en la red y en las tomas.

Para un sistema como el que presentan estas comunas se ha asumido que las pérdidas físicas representan un 85 % del total de pérdidas. Estas pérdidas se dan tanto en la red y en las tomas, por filtraciones y roturas.

Además, cabe señalar que en la actualidad no existen planes de inversión destinados a aumentar la eficiencia física, razón por la cual, antes de recurrir a nuevas fuentes, es necesario analizar optimizaciones que se pueden implementar al sistema existente si se destinan recursos para renovar redes y tomas.

### 3.- Determinación de los volúmenes de pérdidas

#### 3.1.- Pérdidas en tomas

La metodología usada se basa en la recomendada por la INTERNATIONAL WATER ASSOCIATION, IWA, y su empleo es cada vez más frecuente en las empresas de servicio de agua potable en el mundo. En el documento “FUNDAMENTOS DE METODOLOGÍA IWA PARA LA MEDICIÓN Y CONTROL DE PERDIDAS”, se presenta en detalle las bases teóricas que sustentan esta metodología y la conveniencia de su empleo y varias tablas con valores de parte de los países que la usan.

La Asociación Internacional del Agua (International Water Association: IWA) es una organización no gubernamental dedicada a promover la colaboración y la transferencia de conocimiento e información entre el mundo académico y la industria del agua.

En la década de los noventa la IWA formó un grupo de trabajo con expertos internacionales orientado a elaborar una metodología estandarizada para abordar el problema de las pérdidas de agua, con indicadores que permitieran comparar los resultados entre diferentes países y empresas.

La American Water Works Association (AWWA) participó en el Grupo de Trabajo de la IWA entre 1997 y 2000, lo que le permitió actualizar su Manual M36 “Water Audits and Loss Control Programs”, publicado inicialmente en 1991, su tercera Edición lleva la denominación metodología IWA-AWWA.

Esta metodología establece estándares del Indicador pérdidas diarias por toma según las características del nivel de desarrollo de los países y del nivel de presión en la red. Un valor aceptable para el sistema Guaymas – Empalme es del orden de 120 L/toma/día. Ver tabla siguiente:

Categoría de desempeño técnico	desempeño	ILI	Pérdidas físicas /L/arranque/día) cuando el sistema está a una presión promedio de				
			10 mca	20 mca	30 mca	40 mca	50 mca
Países en vías de desarrollo	A	1 - 2		<50	<75	<100	<125
	B	2 - 4		50-100	75-150	100-200	125-250
	C	4 - 8		100-200	150-300	200-400	250-500
	D	>8		>200	>300	>400	>500
Países desarrollados	A	1 - 4	<50	<100	<150	<200	<250
	B	4 - 8	50-100	100-200	150-300	200-400	250-500
	C	8 - 16	100-200	200-400	300-600	400-800	500-1000
	D	>16	>200	>400	>600	>800	>1000

Luego, para un total de 59.131 tomas, se puede estimar que la pérdida en ellas será de 2.589.938 m<sup>3</sup> anuales. Por lo tanto, la pérdida en la red es 9.019.618 m<sup>3</sup> anuales. Ambos valores suman 11.609.556 m<sup>3</sup> anuales, que corresponde a la pérdida física total, y que equivale a un 85% del agua no facturada.

### 3.2.- Pérdidas en redes

El volumen de pérdidas en redes señalado en el punto anterior está distribuido principalmente en la red más antigua, de material más frágil (tipo cemento asbesto). Se estima que las pérdidas están repartidas en la red más antigua, de material más frágil como el cemento-asbesto. Ello representa aproximadamente el 30% de la red, es decir en 142 Km, de forma tal que la pérdida en red, en promedio, se puede estimar en 63.518 m<sup>3</sup>/Km de red/año. Luego, en la medida que se vaya reponiendo la parte de la red más deteriorada se podrá ir ahorrando un volumen de 63.518 m<sup>3</sup> anuales por cada Km de red, que corresponde en promedio a 2,01 l/s/Km de red y con ello, aumentar la disponibilidad del escaso recurso.

### 4.- Inversiones estimadas

Se determinarán los montos de inversión necesarios para disminuir las pérdidas conforme con la meta propuesta para los próximos 5 años. El objetivo de la optimización es disminuir un 10% las pérdidas físicas. Ello representa disminuir 2.949.207 m<sup>3</sup> de producción anual.

El plan de inversiones propuesto considera renovar 41 Km de red, que representa un 8,7% de la red, más la renovación de 6.000 tomas. Conjuntamente con la renovación de redes, se debe implementar un programa de sectorización de la red de agua potable. Con ello se mejorarán los niveles de pérdidas físicas debido a que se podrá evitar presiones altas en ciertos sectores de la red y se mejorará la gestión de la red en los eventos de cortes por fallas, pues se disminuirá el área afectada por alguna rotura.

Las inversiones requeridas para estos volúmenes de obras son:

a) Renovar 41 Km de red en los cinco años, incluida la sectorización =	\$ 65.600.000
b) Renovar 6.000 tomas en cinco años	= \$ 7.200.000
Total	\$ 72.800.000

La renovación de 41 Km, ayudado por la sectorización, significa ahorrar un volumen de 2.604.238 m<sup>3</sup>/año (41 x 63.518).

La renovación de 6.000 tomas significa ahorrar un volumen de 262.800 m<sup>3</sup>/año (0,12 x 365 x 6.000)

En total, el ahorro del volumen producido sería de 2.867.038 m<sup>3</sup>/año, valor muy cercano al 10% de ahorro de pérdidas que corresponde a 2.949.207 m<sup>3</sup>/año.

Por lo tanto, si se focaliza la renovación de los 41 Km de redes donde las fallas son mayores, se podrá estar por sobre el promedio de 2,01 l/s/Km de red, y se podrá alcanzar, entonces, el porcentaje de disminución de pérdidas estimado con las inversiones requeridas para optimizar el sistema actual de agua potable.

Lo mismo ocurre con las 6.000 tomas a renovar, se debe privilegiar aquellas de material más frágil y que han mostrado mayores fugas.

Se debe realizar un levantamiento de las zonas más vulnerables, cuyos registros de fallas indican mayores roturas por Km de red y concentrar la renovación de redes y tomas en esos sectores, como también, definir el plan de sectorización a objeto de disminuir los clientes afectados ante casos de roturas.

## **5.- Conclusión**

La posibilidad de destinar recursos en la renovación de redes y tomas ayuda en la disminución de pérdidas en el sistema de distribución de agua potable.

Se debe focalizar la renovación de redes en los sectores que representan fallas más frecuentes, con énfasis en las cañerías de cemento asbesto. Asimismo, en las tomas se debe priorizar aquellas de material del tipo galvanizado.

La sectorización de la red debe orientarse a separar sectores de mucha diferencia de presiones, como también a disminuir los clientes a los cuales se les debe cortar el servicio para reparar alguna rotura en la red.

Se recomienda, en lo posible, apoyar la detección de los tramos de red y tomas a renovar con tecnologías orientadas a detectar fugas a fin de focalizar las renovaciones en las tuberías más dañadas.

Finalmente, cabe señalar que la renovación de redes y, por consiguiente, la disminución de fugas, podría ayudar a aumentar los consumos en los sectores beneficiados, pero tal situación no se evaluó en esta minuta y debe ser considerada como una externalidad positiva de las inversiones.