



## **Análisis Costo-Beneficio Simplificado**

# **“SECTORIZACIÓN, SUSTITUCIÓN DE TUBERÍAS Y MICROMEDICIÓN DEL SECTOR INSURGENTES NORTE DE LA CIUDAD DE CHETUMAL”**

**DICIEMBRE 2019**



# Tabla de Contenido

|            |   |            |
|------------|---|------------|
| <b>I</b>   | <b>RESUMEN EJECUTIVO .....</b>                                      | <b>8</b>   |
| <b>II</b>  | <b>SITUACIÓN ACTUAL DEL PPI .....</b>                               | <b>22</b>  |
| II.1       | DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....                             | 22         |
| II.1.1     | PROBLEMÁTICA, OPORTUNIDAD O CONDICIÓN NEGATIVA .....                | 33         |
| II.2       | ANÁLISIS DE LA OFERTA ACTUAL O INFRAESTRUCTURA EXISTENTE.....       | 35         |
| II.2.1     | INFRAESTRUCTURA ACTUAL.....   | 35         |
| II.3       | ANÁLISIS DE LA DEMANDA ACTUAL.....                                  | 57         |
| II.3.1     | CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN OBJETIVO .....                      | 57         |
| II.4       | DIAGNÓSTICO DE LA INTERACCIÓN DE LA OFERTA-DEMANDA ACTUAL.....      | 63         |
| <b>III</b> | <b>SITUACIÓN SIN EL PPI.....</b>                                    | <b>65</b>  |
| III.1      | OPTIMIZACIONES .....  | 65         |
| III.2      | ANÁLISIS DE LA OFERTA SIN EL PPI .....                              | 66         |
| III.3      | ANÁLISIS DE LA DEMANDA SIN EL PPI.....                              | 68         |
| III.4      | DIAGNÓSTICO DE LA INTERACCIÓN DE LA OFERTA-DEMANDA SIN EL PPI.....  | 72         |
| III.5      | ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN .....                                      | 77         |
| III.5.1    | DESCRIPCIÓN DEL PPI .....   | 77         |
| III.5.2    | DESCRIPCIÓN DE LA ALTERNATIVA DE ADICIONAL DE SOLUCIÓN.....         | 78         |
| III.5.3    | COMPARACIÓN CON EL PROYECTO DE INVERSIÓN.....                       | 82         |
| <b>IV</b>  | <b>SITUACIÓN CON EL PPI .....</b>                                   | <b>85</b>  |
| IV.1       | DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO DE INVERSIÓN.....                  | 85         |
| IV.2       | ALINEACIÓN ESTRATÉGICA .....  | 94         |
| IV.3       | LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA.....  | 96         |
| IV.4       | CALENDARIO DE ACTIVIDADES .....                                     | 106        |
| IV.5       | MONTO TOTAL DE INVERSIÓN .....                                      | 108        |
| IV.6       | FUENTES DE FINANCIAMIENTO.....                                      | 110        |
| IV.7       | CAPACIDAD INSTALADA.....  | 110        |
| IV.7.1     | METAS DE INFRAESTRUCTURA.....                                       | 111        |
| IV.7.2     | METAS DE OPERACIÓN .....  | 112        |
| IV.8       | VIDA ÚTIL.....  | 112        |
| IV.9       | ASPECTOS MÁS RELEVANTES DE LA VIABILIDAD DEL PPI .....              | 112        |
| IV.10      | ANÁLISIS DE LA OFERTA CON PROYECTO .....                            | 115        |
| IV.11      | ANÁLISIS DE LA DEMANDA CON PROYECTO .....                           | 120        |
| IV.12      | INTERACCIÓN OFERTA-DEMANDA CON PROYECTO .....                       | 122        |
| <b>V</b>   | <b>EVALUACIÓN DEL PPI .....</b>                                     | <b>126</b> |
| V.1        | IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE COSTOS DEL PPI ..... | 126        |
|            | <b>COSTOS DIRECTOS .....</b>  | <b>126</b> |
|            | <b>COSTOS INDIRECTOS.....</b>                                       | <b>127</b> |
|            | <b>EXTERNALIDADES NEGATIVAS.....</b>                                | <b>127</b> |



# Análisis Costo Beneficio

|             |  |            |
|-------------|--|------------|
| <b>V.2</b>  | <b>IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE BENEFICIOS DEL PPI .....</b> | <b>130</b> |
|             | <b>BENEFICIOS INDIRECTOS .....</b>   | <b>132</b> |
|             | <b>EXTERNALIDADES POSITIVAS .....</b>  | <b>132</b> |
| <b>V.3</b>  | <b>CÁLCULO DE LOS INDICADORES DE RENTABILIDAD .....</b>                        | <b>134</b> |
| <b>V.4</b>  | <b>ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD .....</b>  | <b>135</b> |
| <b>V.5</b>  | <b>ANÁLISIS DE RIESGOS .....</b>   | <b>139</b> |
| <b>VI</b>   | <b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>                                    | <b>142</b> |
| <b>VII</b>  | <b>ANEXOS .....</b>  | <b>143</b> |
| <b>VIII</b> | <b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>  | <b>144</b> |
| <b>IX</b>   | <b>RESPONSABLES DE LA INFORMACIÓN .....</b>                                    | <b>145</b> |



## Índice de Cuadros

|   |    |
|---|----|
| Cuadro I. 1 Principales Características por Componente, Red de distribución. ....   | 9  |
| Cuadro I. 2 Principales Características por Componente, Tomas domiciliarias. ....   | 10 |
| Cuadro I. 3 Principales Características por Componente, Equipamiento Fijo de sectorización y medición.....  | 10 |
| Cuadro I. 4 Principales Características por Componente, Líneas primarias. ....  | 10 |
| Cuadro I. 5 Principales Características por Componente, Reposición de pavimentos. ....  | 11 |
| Cuadro I. 6 Principales Características por Componente, Interconexión al Tanque Arboledas.....  | 11 |
| Cuadro I. 7 Costos, Consolidado. ....   | 16 |
| Cuadro I. 8 Beneficios identificados del Proyecto. ....   | 17 |
| Cuadro I. 9 Rentabilidad del Proyecto. ....   | 18 |
| Cuadro I. 10 Riesgos asociados al Proyecto, durante la ejecución. ....  | 19 |
| Cuadro I. 11 Riesgos asociados al Proyecto, durante la Operación.....   | 20 |
| <br>  |    |
| Cuadro II. 1 Cálculo de la tasa media de crecimiento poblacional de la ciudad de Chetumal, del municipio de Othón P. Blanco, del estado de Quintana Roo y del Territorio Nacional. .... | 24 |
| Cuadro II. 2 Proyección de la población para la ciudad de Chetumal, CONAPO (2010-2030). ....  | 25 |
| Cuadro II. 3 Pozos de extracción del sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Chetumal.....  | 35 |
| Cuadro II. 4 Líneas de conducción del sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Chetumal.....   | 37 |
| Cuadro II. 5 Líneas de alimentación del sistema de agua potable en la ciudad de Chetumal. ....  | 38 |
| Cuadro II. 6 Capacidad de regulación y almacenamiento del sistema de abastecimiento de la ciudad de Chetumal.....   | 39 |
| Cuadro II. 7 Características de los sectores hidrométricos del sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Chetumal. ....   | 40 |
| Cuadro II. 8 Infraestructura de distribución en <i>Insurgentes Sur</i> (etapas anteriores).....   | 43 |
| Cuadro II. 9 Infraestructura actual en <i>Insurgentes Norte</i> (Líneas primarias). ....  | 47 |
| Cuadro II. 10 Infraestructura de distribución actual en <i>Insurgentes Norte</i> .....  | 48 |
| Cuadro II. 11 Gastos y pérdidas del sistema en <i>Insurgentes Norte</i> . ....  | 49 |
| Cuadro II. 12 Distribución de los usuarios por colonia, en el área de influencia inmediata del Proyecto, situación actual. ....   | 58 |
| Cuadro II. 13 Clasificación por tipo de usuario y su consumo actual en la zona de proyecto.....   | 60 |
| Cuadro II. 14 Consumo actual por colonia en el área de influencia inmediata del Proyecto. ....  | 61 |

|  |     |
|--|-----|
| Cuadro II. 15 Estimación de la demanda en condiciones deseables en la zona de proyecto. ....   | 61  |
| Cuadro II. 16 Demanda en condiciones deseables, por colonia en el área de influencia inmediata del Proyecto. ....                                      | 61  |
| Cuadro II. 17 Métodos alternativos .....   | 62  |
| Cuadro II. 18 Costos Anuales por método alternativo, Insurgentes Norte. ....   | 63  |
| Cuadro II. 19 Balance del gasto (Ips) de la Oferta y la Demanda actual, en Insurgentes Norte.....  | 64  |
| Cuadro II. 20 Proyección de la interacción del consumo real y en condiciones favorables en Insurgentes Norte, situación sin proyecto (2020-2040). .... | 74  |
| <br>   |     |
| Cuadro III. 1 Infraestructura de distribución en Insurgentes Norte, situación sin proyecto.....  | 68  |
| Cuadro III. 2 Proyección de la población y su consumo real en Insurgentes Norte, situación sin proyecto (2020-2040). ....                              | 70  |
| Cuadro III. 3 Proyección de la población y su consumo “en condiciones favorables” en Insurgentes Norte, situación sin proyecto (2020-2040). ....       | 71  |
| Cuadro III. 4 Gastos y pérdidas del sistema en Insurgentes Norte, situación sin proyecto (año 1). ....   | 72  |
| Cuadro III. 5 Proyección de la eficiencia del sistema en Insurgentes Norte, situación sin proyecto (2020-2040). ....                                   | 72  |
| Cuadro III. 6 Proyección de los costos anuales por métodos alternativos en miles de pesos, situación sin proyecto (2020-2040). ....                    | 75  |
| Cuadro III. 7 Principales características por componentes, Alternativa 1. ....   | 79  |
| Cuadro III. 8 Costos de inversión, reinversión y de operación y mantenimiento del proyecto de la Alternativa 1 (sin IVA). ....                         | 81  |
| Cuadro III. 9 Costos de inversión, reinversión y de operación y mantenimiento del proyecto de la Alternativa de proyecto propuesto (sin IVA). ....     | 83  |
| <br>   |     |
| Cuadro IV. 1 Principales Características por Componente, Red de distribución.....  | 86  |
| Cuadro IV. 2 Principales Características por Componente, Tomas domiciliarias. ....   | 86  |
| Cuadro IV. 3 Principales Características por Componente, Equipamiento Fijo.....  | 87  |
| Cuadro IV. 4 Principales Características por Componente, Líneas primarias.....   | 87  |
| Cuadro IV. 5 Principales Características por Componente, Reposición de pavimentos.....   | 88  |
| Cuadro IV. 6 Principales Características por Componente, Interconexión al Tanque Arboledas. ....   | 88  |
| Cuadro IV. 7 Principales componentes del Proyecto.....   | 90  |
| Cuadro IV. 8 Líneas Primarias (Insurgentes Norte). ....  | 98  |
| Cuadro IV. 9 Líneas envolventes, sectores 1 al 5 (Insurgentes Norte). ....   | 99  |
| Cuadro IV. 10 Líneas envolventes, sectores 6 y 7 (Insurgentes Norte). ....   | 101 |
| Cuadro IV. 11 Líneas envolventes, sectores de 8 al 10 (Insurgentes Norte). ....  | 102 |



## Análisis Costo Beneficio

|  |     |
|--|-----|
| Cuadro IV. 12 Líneas envolventes, sectores de 11 al 13 (Insurgentes Norte). .....  | 103 |
| Cuadro IV. 13 Calendario de actividades del proyecto.....  | 106 |
| Cuadro IV. 14 Inversión total proyecto por principales componentes (no incluye IVA). .....                                 | 108 |
| Cuadro IV. 15 Calendario de ejecución físico financiero consolidado (Incluye IVA). .....                                   | 110 |
| Cuadro IV. 16 Distribución de la inversión por fuente de financiamiento (incluye IVA).....                                 | 110 |
| Cuadro IV. 17 Infraestructura de distribución en Insurgentes Norte, situación con proyecto. ....                           | 117 |
| Cuadro IV. 18 Descripción de la infraestructura de distribución en Insurgentes norte, situación con proyecto. ....         | 118 |
| Cuadro IV. 19 Proyección de la población y su consumo real en Insurgentes Norte, situación con proyecto (2020-2040). ..... | 121 |
| Cuadro IV. 20 Proyección de la eficiencia del sistema en Insurgentes Norte, situación con proyecto (2020-2040).....        | 123 |
| Cuadro IV. 21 Proyección de Costos de la situación con Proyecto (sin IVA). .....   | 124 |
| <br>   |     |
| Cuadro V. 1 Costos directos (no incluye IVA).....  | 126 |
| Cuadro V. 2 Flujo anual de costos del proyecto (no incluye IVA). .....   | 126 |
| Cuadro V. 3 Costos indirectos (no incluye IVA).....  | 127 |
| Cuadro V. 4 Externalidades negativas (no incluye IVA). .....   | 127 |
| Cuadro V. 5 Beneficios directos (no incluye IVA).....  | 130 |
| Cuadro V. 6 Flujo anual de Beneficios del Proyecto (no incluye IVA).....   | 131 |
| Cuadro V. 7 Beneficios indirectos (no incluye IVA).....  | 132 |
| Cuadro V. 8 Externalidades positivas (no incluye IVA). .....   | 132 |
| Cuadro V. 9 Indicadores de rentabilidad del Proyecto (no incluye IVA).....   | 134 |
| Cuadro V. 10 Flujo anual neto del Proyecto (no incluye IVA).....   | 134 |
| Cuadro V. 11 Resumen del análisis de sensibilidad de las principales variables del Proyecto.....                           | 135 |
| Cuadro V. 12 Análisis de sensibilidad de la variable BENEFICIOS (en MDP).....  | 136 |
| Cuadro V. 13 Análisis de sensibilidad de la variable INVERSIÓN (en MDP).....   | 137 |
| Cuadro V. 14 Análisis de sensibilidad de la variable COSTOS (en MDP).....  | 138 |
| Cuadro V. 15 Análisis de riesgos asociados al proyecto, durante la ejecución. ....   | 139 |
| Cuadro V. 16 Análisis de riesgos asociados al proyecto, durante la operación. ....   | 141 |



## Índice de Figuras

|   |    |
|---|----|
| Figura I. 1 Zona Metropolitana de Chetumal.....   | 13 |
| Figura I. 2 Macro localización.....   | 14 |
| Figura I. 3 Micro localización.....   | 15 |
| Figura II. 1 Ubicación geográfica del estado de Quintana Roo.....   | 22 |
| Figura II. 2 Zona Metropolitana de Cancún. ....   | 23 |
| Figura II. 3 Zona Metropolitana de Chetumal.....  | 23 |
| Figura II. 4 Etapas de desarrollo y ocupación de la ciudad de Chetumal de acuerdo al Programa de Desarrollo Urbano (PDU,2018). ....                         | 26 |
| Figura II. 5 Sectores hidrométricos de la ciudad de Chetumal. ....  | 27 |
| Figura II. 6 Antigüedad de las tuberías de las redes de los Sectores hidrométricos de la ciudad de Chetumal.....  | 27 |
| Figura II. 7 Condiciones de los Medidores domiciliarios.....  | 28 |
| Figura II. 8 Comparación entre las pérdidas por fugas y el número de fugas reportadas por sector (2012-2016).....   | 29 |
| Figura II. 9 Zonas de distribución del sector hidrométrico Insurgentes de la ciudad de Chetumal. ....   | 31 |
| Figura II. 10 Infraestructura de distribución existente en la zona Norte del sector Insurgentes ( <i>Insurgentes Norte</i> ) de la ciudad de Chetumal. .... | 32 |
| Figura II. 11 Sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Chetumal. ....  | 35 |
| Figura II. 12 Pozos de extracción del Sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Chetumal.....   | 36 |
| Figura II. 13 Líneas de conducción-alimentación y tanques del Sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Chetumal. ....                      | 37 |
| Figura II. 14 Líneas de conducción-alimentación y tanques de regulación y abastecimiento del sistema de agua potable en la ciudad de Chetumal. ....         | 38 |
| Figura II. 15 Cárcamos de regulación del Sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Chetumal.....  | 39 |
| Figura II. 16 Redes de distribución del sistema de abastecimiento de la ciudad de Chetumal por Sectores hidrométricos.....                                  | 40 |
| Figura II. 17 Infraestructura de almacenamiento, regulación y distribución en el sector Insurgentes del sistema Chetumal.....                               | 42 |
| Figura II. 18 Etapas de sectorización en Insurgentes Sur en la ciudad de Chetumal.....  | 44 |
| Figura II. 19 Ubicación de <i>Insurgentes Norte</i> , en la ciudad de Chetumal.....   | 45 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura II. 20 Horarios de servicio en <i>Insurgentes Norte</i> .....  | 46  |
| Figura II. 21 Presiones (Kg/Cm <sup>2</sup> ) en <i>Insurgentes Norte</i> .....   | 46  |
| Figura II. 22 Líneas primarias en <i>Insurgentes Norte</i> . ....   | 47  |
| Figura II. 23 Red secundaria (distribución) en <i>Insurgentes Norte</i> . ....  | 48  |
| Figura II. 24 Infraestructura de almacenamiento, regulación y distribución en el sector Arboledas del sistema Chetumal.....                             | 50  |
| Figura II. 25 Zonas de distribución en el sector Arboledas. ....  | 51  |
| Figura II. 26 Distribución de las fugas reportadas y reparadas en <i>Insurgentes Norte</i> .....  | 53  |
| Figura II. 27 Fotos de tuberías de la red de distribución con taponamientos por acumulación de sarro. ....  | 53  |
| Figura II. 28 Distribución de las presiones en <i>Insurgentes Norte</i> . ....  | 54  |
| Figura II. 29 Fotos de reparación de fugas en tuberías de la red de distribución. ....  | 56  |
| Figura II. 30 Caudal entregado efectivamente en el sector <i>Insurgentes</i> al año 2018. ....  | 56  |
| Figura II. 31 Área de influencia por colonias de la zona de proyecto ( <i>Insurgentes Norte</i> ). ....   | 58  |
| Figura II. 32 Zonificación según el PDU de <i>Insurgentes Norte</i> (zona de proyecto). ....  | 59  |
|   |     |
| Figura IV 1 Ubicación de la Zona de proyecto ( <i>Insurgentes Norte</i> ). ....   | 92  |
| Figura IV 2 Colonias populares en la Zona de proyecto ( <i>Insurgentes Norte</i> ). ....  | 93  |
| Figura IV 3 Zona Metropolitana de Chetumal. ....  | 96  |
| Figura IV 4 Ubicación de la zona de proyecto ( <i>Insurgentes Norte</i> ) en la ciudad de Chetumal. ....  | 97  |
| Figura IV 5 Ubicación de las líneas primarias de proyecto y del Tanque Arboledas. ....  | 98  |
| Figura IV 6 Ubicación de los microsectores 1 al 5 de la Zona de proyecto ( <i>Insurgentes Norte</i> ). ....   | 99  |
| Figura IV 7 Ubicación de los microsectores 6 y 7 de la Zona de proyecto ( <i>Insurgentes Norte</i> ). ....  | 100 |
| Figura IV 8 Ubicación de los microsectores 8 al 10 de la Zona de proyecto ( <i>Insurgentes Norte</i> ). ....  | 102 |
| Figura IV 9 Ubicación de los microsectores 11 al 13 de la Zona de proyecto ( <i>Insurgentes Norte</i> ). ....   | 103 |
| Figura IV 10 Colonias populares en la Zona de influencia del proyecto ( <i>Insurgentes Norte</i> ). ....  | 105 |
| Figura IV 11 Comparativa de la configuración del sistema de distribución de agua potable en la ciudad de Chetumal. ....                                 | 115 |
| Figura IV 12 Zonas de distribución en el sector Arboledas, situación con proyecto. ....   | 116 |
| Figura IV 13 Configuración de la red de distribución para el abastecimiento de <i>Insurgentes Norte</i> (anexo Arboledas), situación con proyecto. .... | 117 |
| Figura IV 14 Presurización de la red (mca) en <i>Insurgentes Norte</i> , situación con proyecto. ....   | 119 |





# I Resumen Ejecutivo

## 1.1. Nombre del PPI

Sectorización, sustitución de tuberías y micromedición del sector insurgentes Norte de la ciudad de Chetumal.

## 1.2. Problemática identificada que se busca atender

Actualmente el servicio mediante el cual se le entrega agua potable a la población ubicada en la zona norte del sector hidrométrico Insurgentes de la ciudad de Chetumal, se realiza con baja eficiencia.

El sector Insurgentes fue uno de los primeros sectores en conformarse, por lo que, la infraestructura de distribución (líneas primarias y secundarias), presenta una antigüedad superior a los 20 años, lo que supera su vida útil ocasionando que el material de las tuberías (principalmente de PVC de 2.5" y 3" de diámetro) se vuelva susceptible a fracturas, colapsos y rupturas.

De acuerdo con el Organismo operador, para el año 2018 en el sector Insurgentes se tuvo una eficiencia física del 30.48%, con un promedio de pérdidas físicas del 69.52%, atribuidas principalmente a fugas, al incorrecto aislamiento del sector, así como a las deficiencias en la medición de llegada.

Debido al tamaño del sector y a la cantidad usuarios que atiende, se han presentado diversos problemas, ya que la demanda ha sobrepasado a la disponibilidad del agua, por lo que para garantizar el suministro de agua potable a todos los usuarios en el sector, el Organismo operador se ha visto obligado a perforar y equipar un pozo profundo en las inmediaciones de los tanques (con una aportación aproximada de 45 lps) y a determinar dos zonas de distribución independientes (zona Sur y zona Norte), ambas abastecidas desde los tanques principales "Insurgentes".

En la zona Norte (*Insurgentes Norte*) se tiene un tipo de suelo (suelo arcilloso arenoso de consistencia variable), que es propenso a presentar asentamientos a consecuencia de la pérdida de finos por las corrientes de agua subterráneas que fluyen por la zona, por lo que dada la antigüedad de las tuberías y a su susceptibilidad, se han presentado fugas con altos volúmenes de pérdidas.

Asimismo, por el tipo de agua de la zona, en las tuberías se presentan incrustaciones y taponamientos que reducen el diámetro hidráulico, ocasionando pérdidas de presión en varias zonas, sobre todo en las más alejadas a los tanques, lo cual se refleja en una baja eficiencia del sistema (tanto física, como comercial).

Lo anterior ha afectado la distribución del agua a los usuarios quienes han incurrido en gastos adicionales para la adquisición de dispositivos de almacenamiento (tinacos o cisternas) si desean contar con el vital líquido a cualquier hora del día.

### 1.2. Problemática identificada que se busca atender

Aunado a ello, los costos para la operación y mantenimiento se han acrecentado, ya que, al tratarse de una zona de constante rodamiento, la incidencia de fugas se ha incrementado, obligando al Organismo operador a destinar mayores recursos materiales y de personal para su atención inmediata.

### 1.3. Principales características del PPI

El proyecto contempla las siguientes acciones, las cuales tienen como objetivo resolver la problemática actual y futura identificadas en la zona Norte del sector Insurgentes (*Insurgentes Norte*):

- La sectorización y sustitución de tuberías de la red de distribución;
- La sustitución de tomas domiciliarias a las cuales se les equipará con un medidor de flujo;
- la instalación de equipamiento fijo de sectorización y medición a la entrada de cada microsector;

Asimismo, con el fin de aprovechar los caudales excedentes del tanque del sector Arboledas, se contempla la incorporación de *Insurgentes Norte* al sector Arboledas, esto mediante:

- La construcción de un múltiple de descarga que incluya tren de descarga, equipo de bombeo, sistema eléctrico y el equipamiento de arranque y de control en el tanque Arboledas.

Y para garantizar el correcto suministro del vital líquido a cada uno de los microsectores desde el tanque Arboledas, se pretende la sustitución y la construcción de nuevas líneas primarias

Estas acciones están programadas para ejecutarse en 12 meses, cuyos componentes principales (consolidados) se describen a continuación:

**Cuadro I. 1 Principales Características por Componente, Red de distribución.**

| Componente          | Cantidad  | Unidad de Medida | Descripción   |
|---------------------|-----------|------------------|---|
| Red de distribución | 61,386.07 | ML               | Consistente en Tubería de PEAD PE 4710, RD-21 que cumpla con una presión de trabajo de 7.00 KG/CM2: de 3 para la red secundaria de distribución; de 4" y 6" para la red envolvente; y de 6" para la interconexión y alimentación de cada microsector.<br>Incluye 451 piezas especiales {codo 90°(54), codo 45° (27), codo 22° (11), codo 11° (12), tee (253), cruz (67), reducción (17) y tapa ciega(10)} |

Fuente: Elaboración propia con información de la Dirección de Planeación de Infraestructura de la CAPA.

### 1.3. Principales características del PPI

**Cuadro I. 2** Principales Características por Componente, **Tomas domiciliarias**.

| Componente          | Cantidad | Unidad de Medida | Descripción   |
|---------------------|----------|------------------|---|
| Tomas domiciliarias | 3,910.00 | PZA              | Cuadro medidor de polietileno de 42x60 cm de sección de 1/2" de diámetro (con adaptador de compresión, válvula antifraude, válvula esfera roscable) en el que se instalará un medidor de flujo de chorro múltiple clase B cuerpo plástico caratula giratoria de 360°. |

Fuente: Elaboración propia con información de la Dirección de Planeación de Infraestructura de la CAPA.

**Cuadro I. 3** Principales Características por Componente, **Equipamiento Fijo de sectorización y medición**.

| Componente                                    | Cantidad | Unidad de Medida | Descripción   |
|---|----------|------------------|---|
| Equipamiento fijo (Válvula de seccionamiento) | 13.00    | PZA              | Válvula de compuerta de vástago fijo tipo resilente de 6" de diámetro clase 125 bridada para seccionamiento con volanta de Fo.Fo.<br>Incluye Stub end de PEAD con contrabrida de acero y caja de operación de 1.50x2.0x2.0M (a base de muro de block y concreto, Marco y contramarco con tapa de PEAD)  |
| Equipamiento Fijo (Medidor de gasto)          | 13.00    | PZA              | Medidor de flujo de 6" de diámetro tipo ultrasónico cuerpo bridado en Hierro Ductil, caratula digital con indicador en display de caudal acumulado en M3, medición de flujo bidireccional, autonomía de operación con batería de litio no menor a 6 años, equipado con módulo de radio de frecuencia 7 GPRS, cumple con certificado ISO 9001:2008, ISO 4064 Y NOM-012-SCFI-1994.<br>Incluye carrete de 0.6M de largo de Fo.Fo. clase 125. |

Fuente: Elaboración propia con información de la Dirección de Planeación de Infraestructura de la CAPA.

**Cuadro I. 4** Principales Características por Componente, **Líneas primarias**.

| Componente                       | Cantidad | Unidad de Medida | Descripción   |
|----------------------------------|----------|------------------|---|
| Líneas de alimentación principal | 5,130.61 | ML               | Consistente en Tubería de PEAD PE 4710, RD-21 que cumpla con una presión de trabajo de 7.00 KG/CM2: de 8" para la alimentación de los microsectores 1 al 10; de 10" para la alimentación de los microsectores 11 al 13; y de 12" para la interconexión al Tanque "Arboledas".<br>Incluye 31 piezas especiales {codo 90° (7), codo 45° (9), codo 22° (1), tee (4), cruz (5) y reducción (5)} |

Fuente: Elaboración propia con información de la Dirección de Planeación de Infraestructura de la CAPA.

### 1.3. Principales características del PPI

**Cuadro I. 5** Principales Características por Componente, **Reposición de pavimentos.**

| Componente  | Cantidad  | Unidad de Medida | Descripción  |
|---|-----------|------------------|--|
| Reposición carpeta asfáltica (Red de distribución y líneas primarias) | 42,054.82 | M2               | Reposición de carpeta asfáltica de hasta 5 cm de espesor elaborada con mezcla de emulsión asfáltica y agregado pétreo. |

Fuente: Elaboración propia con información de la Dirección de Planeación de Infraestructura de la CAPA.

**Cuadro I. 6** Principales Características por Componente, **Interconexión al Tanque Arboledas.**

| Componente  | Cantidad | Unidad de Medida | Descripción  |
|---|----------|------------------|--|
| Construcción de Tren descarga con piezas especiales de Fo.Fo. y Fo.Ga.        | 8.25     | ML               | Con tubería y piezas especiales de Fo.Fo. de 8" de diámetro (reducción, niple, junta dresser, brida, Válvula Check, válvula de seccionamiento tipo compuerta, Válvula de Admisión y Expulsión de Aire, manómetro tipo BOURDON en glicerina rango de 0-5 Kg/Cm2, base de concreto)                              |
| Construcción de Múltiple de descarga con piezas especiales de Fo.Fo. y Fo.Ga. | 16.00    | ML               | Con tubería y piezas especiales de Fo.Fo. de 12" (codo, brida, reducción, válvula de alivio de presión, válvula de compuerta vástago fijo y medidor de flujo electromagnético Mod. 5W4C5H y caja de válvulas 2.2x1.9x1.86M –muro de block y concreto-).  |
| Equipamiento Fijo (Motor y Bomba)   | 3.00     | PZA              | Bomba vertical (modelo 475S150-2B para un gasto de 35 lps y una carga de 20 m.c.a); Impulsor y Motor (de acero inoxidable de 15 Hp con variador de velocidad de 15 Hp IP55, 3F/60HZ/440V).<br>Incluye: 18.30 M de Tubo para columna de succión (de PVC de 6", tipo CERTA LOCK, cedula 80 de inserción rápida). |
| Equipamiento Fijo (Centro de Control de Motores-CCM-)                         | 1.00     | PZA              | Tipo TN-C2PC214, para una operación de Tanque de regulador de AP, con medidor de nivel ultrasónico y sensor de presión.<br>Incluye sistema eléctrico (Transformador, tablero de distribución, interruptores, sistema de puesta a tierra para red eléctrica.  |

Fuente: Elaboración propia con información de la Dirección de Planeación de Infraestructura de la CAPA.

#### 1.4. Objetivo orientado a impulsar el Desarrollo Metropolitano

Orientado a promover una planeación ordenada de la infraestructura de agua potable del sistema Chetumal, de tal forma que permita el impulso de la sustentabilidad y consolidación urbana de la Zona metropolitana, el objetivo principal del proyecto es mejorar del servicio de distribución de agua potable en la zona Norte del sector Insurgentes en la ciudad de Chetumal perteneciente a la Zona Metropolitana de Chetumal, de tal forma que se mejoren las condiciones de eficiencia del Sistema de agua potable de Chetumal que no sólo brinda atención a la ciudad sino también a las localidades de Calderitas, Juan Sarabia, Xul-Ha, Huay-Pix y Subteniente López.

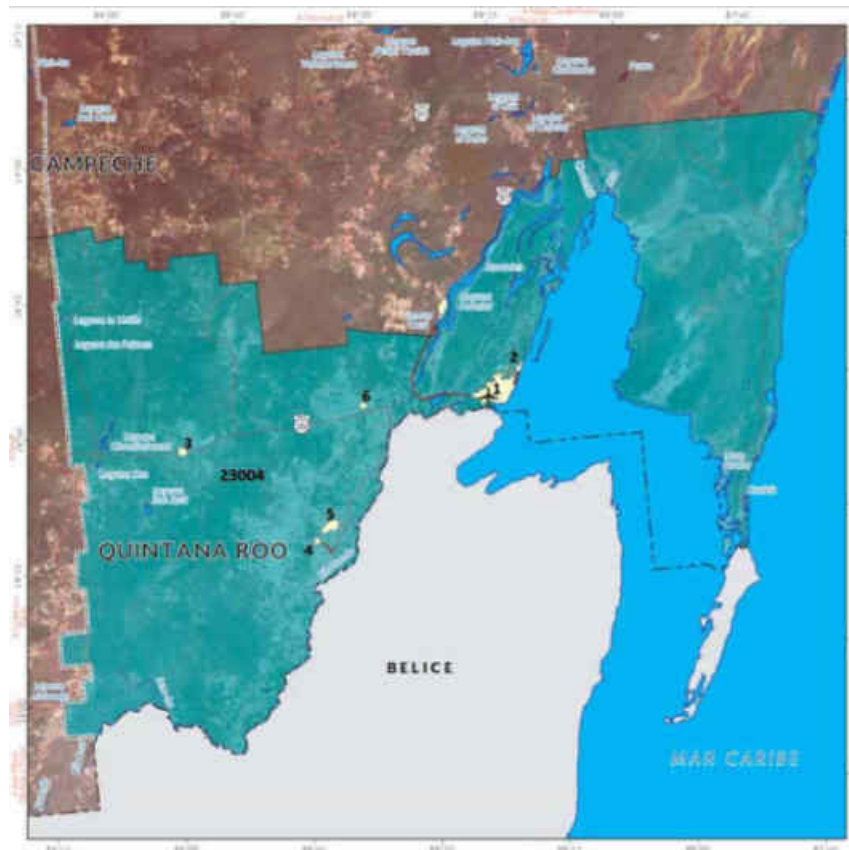
Lo anterior al reducir el nivel de pérdidas por fugas, lo que se traducirá en una recuperación de caudal en la red, por el correcto aislamiento de cada microsector, lo que permitirá un mejor control en la medición, el incremento de las presiones, así como de las horas de servicio, esto en beneficio de los usuarios de la zona.

A su vez, estas acciones se traducirán en una liberación de recursos para el Organismo Operador, encargado de la operación y mantenimiento del sistema ya que tendrá menores costos por reparaciones, al reducir el nivel de pérdidas, con lo que se logrará un incremento tanto de la eficiencia física como comercial (resultado de la instalación y sustitución de medidores de caudal a nivel macro y micro) en la zona y por ende en la Ciudad, ya que se logrará mejorar la medición tanto del gasto que ingresa a la red (macromedición) como del gasto que es entregado efectivamente a los usuarios (micromedición).



### 1.5. Zona Metropolitana a la que pertenece el PPI

En Quintana Roo se cuenta con dos zonas metropolitanas (ZM), la **ZM de Cancún**<sup>1</sup> decretada en 2009 bajo el criterio de “conurbación física” con un municipio central y la segunda, zona a la que pertenece el Proyecto, la **ZM de Chetumal**, de reciente creación en Abril 2018, en el municipio de Othón P. Blanco, bajo el criterio de “Capital estatal” con la ciudad de Chetumal como eje central y una superficie total de 9,958.2 Km<sup>2</sup>.



| Clave y nombre de la localidad | Ubicación en el mapa |
|--------------------------------|----------------------|
| <b>23004 Othón P. Blanco</b>   |                      |
| 0001 Chetumal                  | 1                    |
| 0016 Calderitas                | 2                    |
| 0064 Nicolás Bravo             | 3                    |
| 0123 Javier Rojo Gómez         | 4                    |
| 0124 Álvaro Obregón            | 5                    |
| 0201 Sergio Butrón Casas       | 6                    |

**Figura I. 1** Zona Metropolitana de Chetumal.

**Fuente:** Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano; “Delimitación de las zonas metropolitanas de México 2015”; febrero 2018; pág. 198.

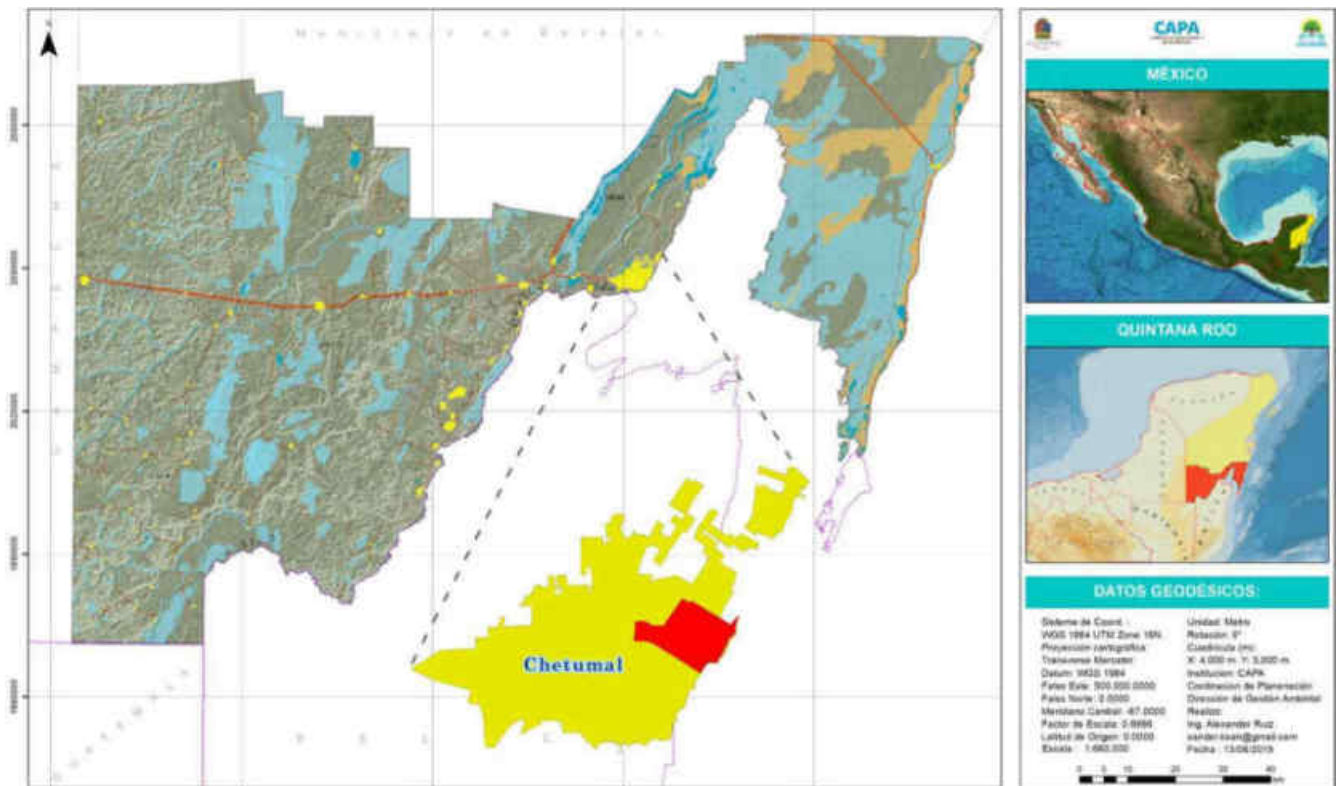
<sup>1</sup> conformada por los municipios de Isla Mujeres y Benito Juárez (municipio central) con una superficie de 2,108.8 Km<sup>2</sup>.





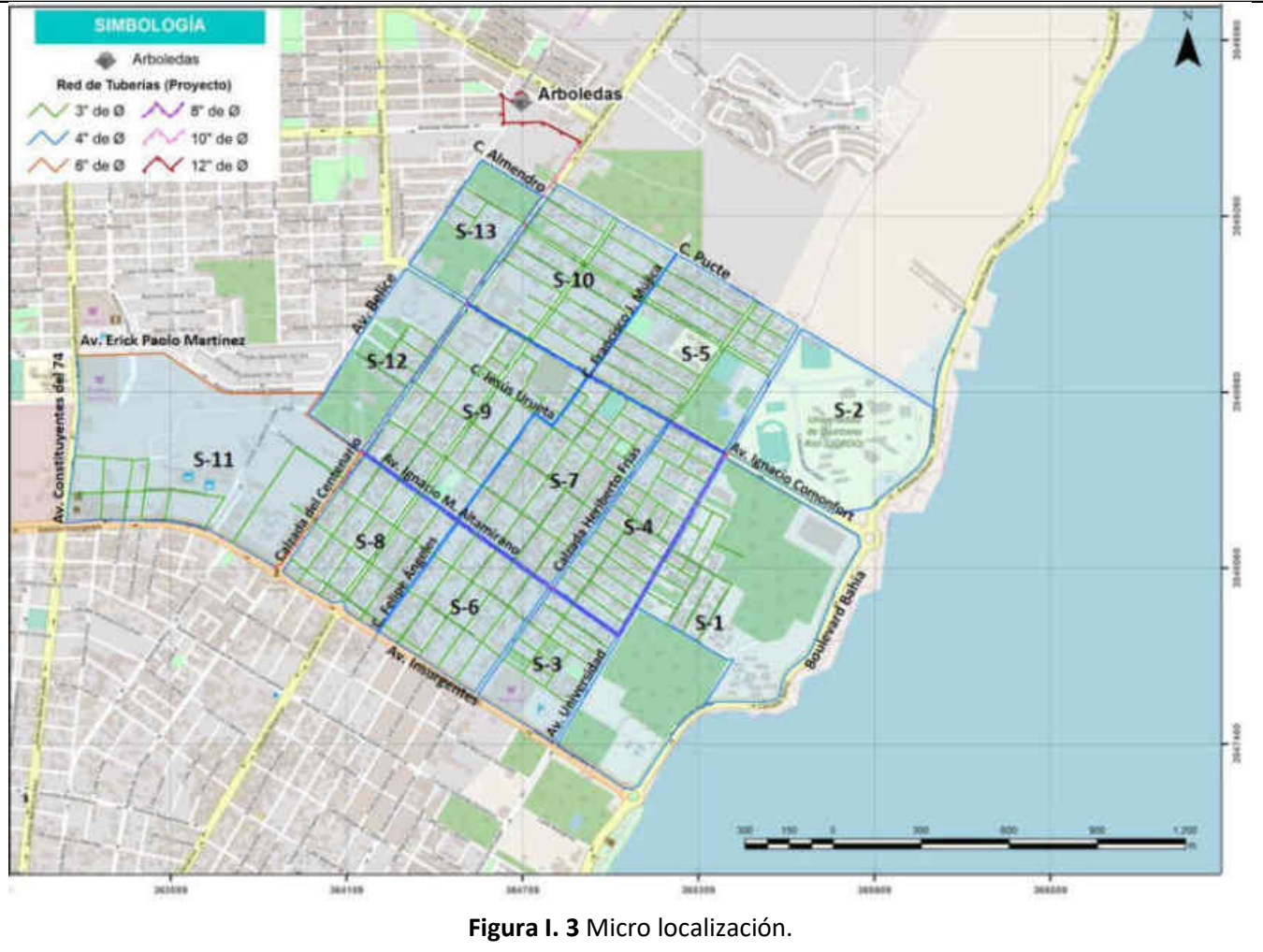
**1.5. Zona Metropolitana a la que pertenece el PPI**

El proyecto se realizará en la zona Norte del Sector Insurgentes de la ciudad de Chetumal, en el municipio de Othón P. Blanco (Figura I. 2), zona comprendida entre las vialidades de: Calle Puete, Boulevard Bahía, Av. Insurgentes, Av. Constituyentes del 74, Av. Erick Paolo Martínez, Av. Belice, Calzada Almendro y Calzada del Centenario, donde se conformarán un total de 13 microsectores, con un área de 339.42 hectáreas y una población de 14,036 habitantes (Figura I. 3):



**Figura I. 2** Macro localización.

**1.5. Zona Metropolitana a la que pertenece el PPI**



**Figura I. 3** Micro localización.

**1.6. Horizonte de Evaluación**

Se consideran 21 años de evaluación (Considerando un año de Inversión para el año 0 y la operación a partir del año 1 hasta el año 20).

Asimismo, se considera una reinversión para la sustitución del equipamiento fijo de medición cada 5 años (año 5, 10 y 15) y de bombeo cada 10 años (año 10) de operación respectivamente.





#### 1.7. Identificación y descripción de los principales costos del PPI

Los principales costos identificados se clasifican en inversión inicial, reinversiones por equipamiento, la operación y mantenimiento, los cuales presentan diferente periodicidad.

Para el proyecto integral, los costos ascienden, en pesos a valor presente se valoraron en **\$146,258,240.98** (son: ciento cuarenta y seis millones, doscientos cincuenta y ocho mil, doscientos cuarenta pesos 98/100 M.N.), por concepto de:

- Inversión inicial (año 0);
- Acciones de mantenimiento correctivo (cada 5 años de operación para los equipos de medición y cada 10 años de operación para los equipos de bombeo);
- Extracción, operación y mantenimiento del sistema.

A continuación, se presentan los costos identificados, cuantificados y valorados para el proyecto en análisis.

**Cuadro I. 7** Costos, Consolidado.

| Identificación                       | Cuantificación                                    | Valoración al valor presente | Periodicidad              |
|--------------------------------------|---|------------------------------|---------------------------|
| Inversión inicial                    | Inversión   | 84,051,724                   | Año 0                     |
| Reinversión equipamiento de medición | Mantenimiento correctivo                          | 1,051,433.26                 | Cada 5 años de operación  |
| Reinversión equipamiento de bombeo   | Mantenimiento correctivo                          | 336,754.71                   | Cada 10 años de operación |
| Costos de Operación y Mantenimiento  | Operación del sistema + Mantenimiento correctivo  | 50,192,288.13                | 1 al 20                   |
| Costos de extracción                 | (M <sup>3</sup> producidos)*(costo de producción) | 10,626,040.88                | 1 al 20                   |

Fuente: Elaboración propia con información de la Dirección de Planeación de Infraestructura de la CAPA.



### 1.8. Identificación y descripción de los principales beneficios del PPI

Se identificaron beneficios por los siguientes conceptos

- Mayor consumo por la recuperación de caudales en la red, que se podrán aprovechar y redistribuirse en la zona.
- Ahorro en costos por la Liberación de recursos por el uso de métodos alternativos.
- Ahorro en costos por la liberación de recursos por extracción, tratamiento (cloración) y conducción.
- Ahorro en costos por la liberación de recursos por mantenimiento.
- Se reduce la necesidad de inversiones futuras.

A continuación, se presentan los beneficios identificados, cuantificados y valorados a Valor Actual, lo que representa un total de **\$239,857,611.72** (Son: doscientos treinta y nueve millones, ochocientos cincuenta y siete mil, seiscientos once pesos 72/100 M.N.), para el proyecto integral durante el horizonte de evaluación.

**Cuadro I. 8** Beneficios identificados del Proyecto.

| Identificación  | Cuantificación   | Valoración     | Periodicidad |
|---|--|----------------|--------------|
| <b>Liberación de recursos para asegurar el consumo.</b><br>(beneficio por ahorro en costos para la compra de dispositivos de almacenamiento, por la compra de agua en pipas y bombes intradomiciliarios en la zona de proyecto)   | [Costo implícito por abastecerse de agua (\$/m <sup>3</sup> )] * [metros cúbicos (m <sup>3</sup> ) consumidos]   | 109,586,949.72 | 1 al 20      |
| <b>Beneficio por mayor consumo.</b><br>Con la sectorización y sustitución de tuberías en la zona de proyecto, se podrá reducir el costo para abastecerse del bien por parte de los usuarios; además de evitar la restricción en el consumo.                               | (No. De usuarios beneficiados) * [factor de mayor consumo que se obtiene con la ecuación (Q=AP <sup>5</sup> ), con datos de las situaciones con y sin proyecto.] | 10,163,533.53  | 1 al 20      |
| <b>Disminución de los índices de morbilidad.</b><br>Se incurre en un beneficio adicional por disminución en enfermedades atribuibles al uso de métodos alternativos de abastecimiento de agua.  | Debido a que no se cuenta con información acerca de este rubro, no puede cuantificarse ni valorarse  |                |              |
| <b>Liberación de costos por operación y mantenimiento.</b><br>(menores costos por el tiempo dedicado a la detección y reparación de fugas, además de que con la sectorización será mucho más fácil aislar la zona afecta y reducir las afectaciones al resto del sistema) | Parte proporcional de la tubería de la red a sustituir   | 106,451,069.17 | 1 al 20      |
| <b>Beneficio por la reducción de la demanda total.</b><br>Ahorro en costos por producción (extracción, cloración, conducción, regulación, distribución; además de reducir la necesidad de inversiones futuras)  | Costo de producción por metro cúbico de agua (\$/m <sup>3</sup> ) * [metros cúbicos (m <sup>3</sup> ) recuperados con el proyecto]                               | 13,656,059.30  | 1 al 20      |

Fuente: Elaboración propia.



#### 1.9. Indicadores de rentabilidad

##### Valor Presente Neto (VPN)

El Valor Presente Neto para el proyecto integral asciende a **\$93,599,370.74** (Son: noventa y tres millones, quinientos noventa y nueve mil, trescientos setenta pesos 74/100 M.N.). A continuación, se presenta el Valor Actual de los Costos Sociales, el Valor Actual de los Beneficios Sociales y el Valor Presente Neto Social.

**Cuadro I. 9** Rentabilidad del Proyecto.

| Concepto  | Monto                   |
|---|-------------------------|
| <b>Valor Actual de los Costos Sociales (VACS)</b>     | <b>(146,258,240.98)</b> |
| Inversión inicial                                     | (84,051,724.00)         |
| Reinversión equipamiento                              | (1,388,187.97)          |
| Operación y Mantenimiento                             | (50,192,288.13)         |
| Extracción  | (10,626,040.88)         |
| <b>Valor Actual de los Beneficios Sociales (VABS)</b> | <b>239,857,611.72</b>   |
| Liberación de recursos                                | 229,694,078.19          |
| Mayor Consumo   | 10,163,533.53           |
| <b>Valor Actual Neto Social (VANS)</b>                | <b>\$ 93,599,370.74</b> |

Fuente: Elaboración propia.

##### Tasa Interna de Retorno (TIR)

La Tasa Interna de Retorno para el proyecto integral asciende a **23.58%**

##### Tasa de Rentabilidad

La Tasa de Rentabilidad Inmediata para el proyecto integral es de **22.66%** para el primer año en que entra en operación el proyecto.



#### 1.10. Principales riesgos asociados a la ejecución y operación del PPI

Las principales fuentes de riesgo pueden agruparse según la etapa en que se presentan, en inversión y en operación.

**Durante la ejecución:** por variaciones en los costos o en el tiempo de ejecución a causa de cambios en los precios unitarios y las cantidades contratadas, obras no consideradas, imprevistos, expropiaciones y consideraciones ambientales.

**Durante la operación:** por variaciones en los beneficios a causa de los consumos realmente presentados, cambios en el crecimiento de la población, cambios en la urbanización y la sobrevaloración de los costos; así como por variaciones en los costos de mantenimiento a causa de un cambio en precios de insumos y actividades no consideradas.

**Cuadro I. 10** Riesgos asociados al Proyecto, durante la ejecución.

| Descripción   | Factibilidad de ocurrencia | Análisis de posible impacto   | Acciones para su mitigación  |
|---|----------------------------|---|--|
| Que la convocatoria de licitación se declare desierta | Baja                       | El inicio de la obra se postergaría un mes y no se cumpliría el calendario de obra inicialmente propuesto.  | Revisión de la convocatoria, modificación del calendario de obra para asegurar su finalización este año.   |
| Atrasos en el pago de anticipos                       | Baja                       | Se tendría que reprogramar el calendario de la obra de acuerdo a la fecha real de pago del anticipo y no se cumpliría con los plazos de ejecución estimados y en caso extremo, gastos no recuperables incrementando la inversión. | Indicar de manera puntual los requerimientos técnicos y legales del trámite, haciendo hincapié en la importancia de presentarlos en tiempo y forma para su pronta gestión.   |
| Atrasos en el pago de estimaciones                    | Media                      | Atraso en la continuidad de los trabajos, ocasionando el incumplimiento de los plazos establecidos y en caso extremo, gastos no recuperables incrementando la inversión.  | Gestionar los pagos ante las instancias correspondientes de manera oportuna y atender de forma inmediata las observaciones que se pudieran presentar en los documentos que integran el cuerpo de la estimación.  |
| Atrasos por causas imputables al contratista          | Media                      | Retraso en los plazos de ejecución, con impactos económicos a la empresa contratista por la aplicación de penas o retenciones.  | Llevar un correcto control de los avances de obra, indicando de manera puntual a la empresa contratista mediante oficio y notas de bitácora los conceptos en los que se presenten atrasos así como las recomendaciones pertinentes para la mitigación de dichos atrasos. |
| Cambio del precio internacional de los materiales     | Baja                       | La inversión inicial se incrementaría.  | De presentarse, se analizaría el cambio del diseño del proyecto, a fin de ajustarse al presupuesto.  |
| Atraso de los trabajos por lluvias                    | Media                      | Se alargaría el periodo de obra, no terminando en la fecha establecida;   | Debido al clima de la región, las posibles afectaciones por lluvias ya   |

#### 1.10. Principales riesgos asociados a la ejecución y operación del PPI

|  |       |   |   |
|--|-------|---|---|
|  |       | se darían gastos no recuperables, incrementando la inversión.   | están consideradas en los tiempos y costos.   |
| Atrasos en el trámite de entrega Recepción | Media | Lo que implicaría gastos que impacten a la empresa contratista (pago de personal para vigilancia y mantenimiento tratándose de instalaciones), así como también un atraso con respecto a la fecha de terminación prevista en el contrato. | Gestionar de manera oportuna el proceso de entrega recepción indicando al contratista los requerimientos tanto técnicos como administrativos necesarios, a fin de que el proceso se realice con la mayor celeridad posible, cuidando en todo momento la buena calidad de los trabajos tanto en la parte técnica, administrativa y de operación. |

Fuente: Elaboración propia, con información de la Dirección de Planeación de Infraestructura de la CAPA.

**Cuadro I. 11** Riesgos asociados al Proyecto, durante la Operación.

| Descripción  | Factibilidad de ocurrencia | Análisis de posible impacto   | Acciones para su mitigación   |
|--|----------------------------|---|---|
| Incremento en el precio de los materiales consumibles para las reparaciones. | Alta                       | Incremento en los montos estimados de mantenimiento de la infraestructura contemplada en el proyecto. | Mantener actualizadas las cotizaciones de materiales más prioritarios o de mayor consumo para el mantenimiento, prever en función de las demandas históricas de refacciones, un stock de kits de reparación que permita amortiguar cualquier incremento en los precios de manera inmediata. |
| Incremento en el precio de los combustibles.                                 | Alta                       | Incremento en los montos estimados de mantenimiento de la infraestructura contemplada en el proyecto. | Realizar de manera coordinada las reparaciones por zonas buscando el atender con una misma brigada las diversas situaciones que se pudieran presentar en una misma zona.  |

Fuente: Elaboración propia, con información de la Dirección de Planeación de Infraestructura de la CAPA.

#### 1.11. Conclusión referente a la rentabilidad del PPI

De acuerdo con la evaluación realizada, el proyecto integral cuenta con una rentabilidad positiva por **\$93,599,370.74**, medida mediante el Valor Presente Neto (VPN), y considerando beneficios por la Liberación de recursos y por mayor consumo. El proyecto presenta rentabilidad social positiva.

Adicional a los beneficios cuantificados se deben considerar los beneficios que se podrían obtener en salud por reducción de los índices de morbilidad (asociados a los métodos de abastecimiento).

La Tasa Interna de Retorno Social (TIR) calculada es de **23.58%**, superior a la tasa social de descuento promedio propuesta por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), del 10.0%, lo cual implica que la rentabilidad social esperada del proyecto es mayor al costo de oportunidad.

La Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI) calculada para el proyecto para su primer año de operación es de **22.66%**, superior a la tasa social de descuento promedio propuesta por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), del 10.0%, lo cual significa que es recomendable realizar el proyecto a la brevedad posible.

Del análisis de sensibilidad del monto de *inversión* del proyecto se concluye que, con un incremento menor al 109.55%, el proyecto aún sería rentable. Del análisis de sensibilidad de *los costos de operación y mantenimiento* del proyecto integral se concluye que, con un incremento menor al 153.90%, el proyecto aún sería rentable. Del análisis de sensibilidad de los *beneficios* del proyecto integral se concluye que, con una reducción menor al 39.02%, el proyecto aún sería rentable.



## II Situación Actual del PPI

### II.1 Diagnóstico de la Situación Actual

#### CONTEXTO

El estado de Quintana Roo se ubica al sureste de la República Mexicana, colindando al norte con el Estado de Yucatán, al sur con Belice y parte de Guatemala, al este con el Mar Caribe y al oeste con el estado de Campeche. Quintana Roo se encuentra dividido políticamente en 11 municipios.

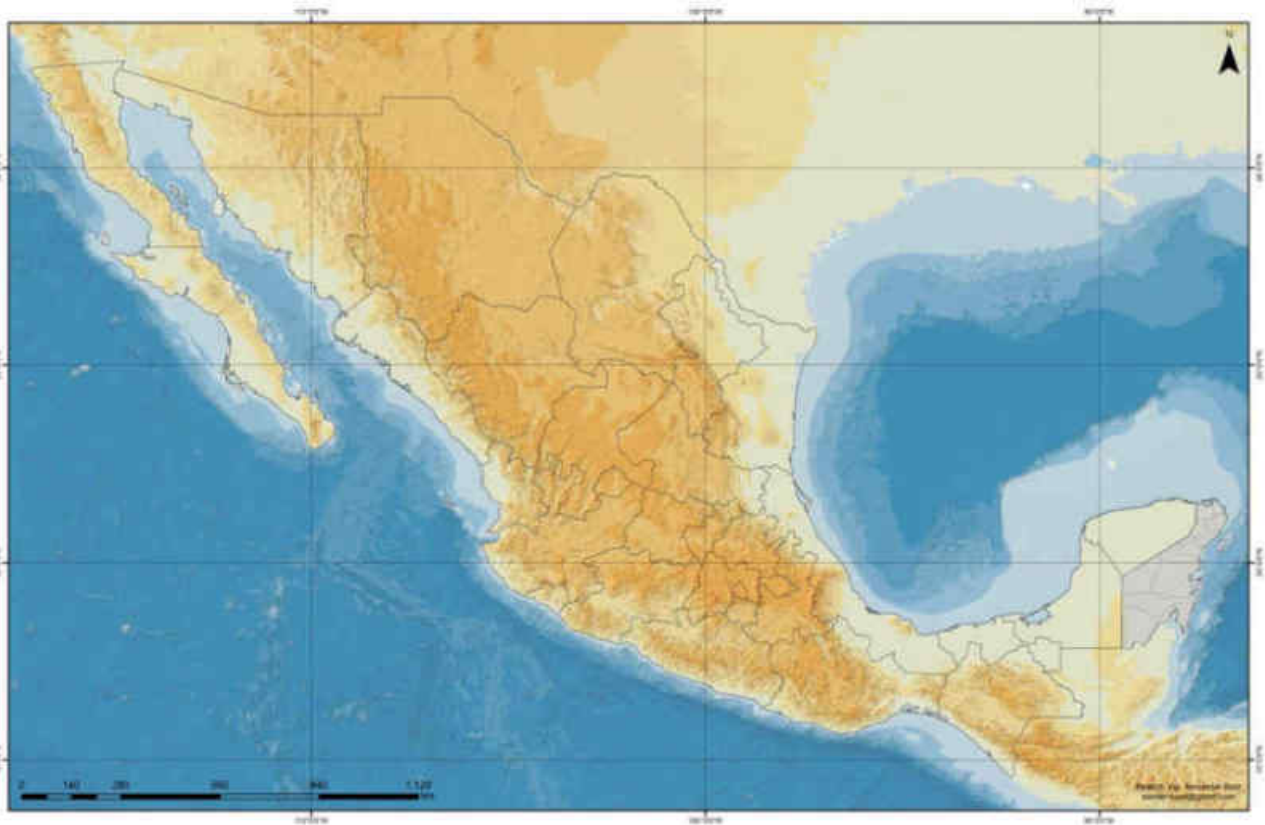


Figura II. 1 Ubicación geográfica del estado de Quintana Roo.

En Quintana Roo se cuenta con dos zonas metropolitanas (ZM), la primera decretada en 2009 bajo el criterio de “conurbación física” con un municipio central y la segunda de reciente creación en abril 2018 bajo el criterio de “Capital estatal” con una ciudad como eje central:

- La **ZM de Cancún** (Figura II. 2) conformada por los municipios de Isla Mujeres y Benito Juárez (municipio central) con una superficie de 2,108.8 Km<sup>2</sup>; ubicada en la Región “Caribe Norte”, en donde se concentra más del 70.0% de la población estatal, de acuerdo al censo INEGI 2010.

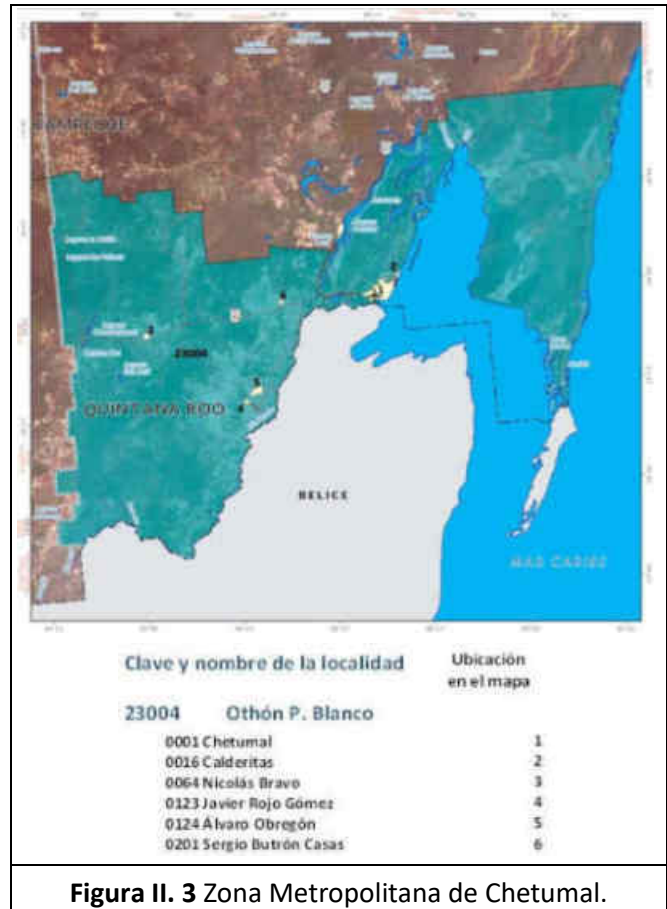


## II.1 Diagnóstico de la Situación Actual

- La **ZM de Chetumal** (Figura II. 3), en el municipio de Othón P. Blanco, con la ciudad de Chetumal como eje central y una superficie total de 9,958.2 Km<sup>2</sup>; ubicada en la región “Frontera Sur”, en donde se concentra el más de 15.0% de la población estatal, de acuerdo al censo INEGI 2010.



**Figura II. 2** Zona Metropolitana de Cancún.



**Figura II. 3** Zona Metropolitana de Chetumal.

**Fuente:** Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano; “Delimitación de las zonas metropolitanas de México 2015”; Febrero 2018; pág. 196 y 198.

El municipio de Othón P. Blanco, se ubica al Sur del estado, limita al norte con el municipio de Bacalar; al oeste con el de Calakmul (Campeche) y al sur con los Distritos de Corozal y Orange Walk (Belize); tiene una extensión de 18,760 km<sup>2</sup> que representa el 36.9% del territorio estatal<sup>2</sup>, y una población de 224,080 habitantes<sup>3</sup> lo que lo posiciona como el segundo municipio más poblado del estado.

<sup>2</sup> Es el más extenso del estado y el quinto más grande del país.

<sup>3</sup> De acuerdo con la Encuesta intercensal realizada por el INEGI en 2015.





## II.1 Diagnóstico de la Situación Actual

La ciudad de Chetumal, cabecera del municipal y capital del estado, se ubica en las coordenadas geográficas 18°30'13" latitud norte y 88°18'19" longitud oeste, con una altitud de 10 metros sobre el nivel del mar. Su principal vía de acceso es por la Carretera Federal 186 (Escárcega-Chetumal) que la conecta con el estado de Campeche; y que además a unos 15 Km de la ciudad, entronca con la Carretera Federal 307 (Cancún-Chetumal) que la comunica con el norte del estado.

Si se analiza la dinámica poblacional de la ciudad, de acuerdo al Censo de Población y Vivienda del INEGI, para el año 2010, la ciudad contaba con 151,243 habitantes, lo que representaba el 11.41% de la población estatal y el 61.84% de la población municipal; mientras que para el 2015 dicha población se incrementó hasta los 167,316 habitantes (el 74.67% municipal y el 11.14% estatal).

Asimismo, en el Cuadro II. 1 Se retoman los últimos censos y conteos de población del INEGI y las proyecciones de la población del CONAPO para la ciudad, en él se observa que en el periodo de 2005 a 2015, la tasa media de crecimiento anual (t.m.c.a.) se ha colocado por encima del 2% anual superando las medias Nacional y Municipal.

**Cuadro II. 1** Cálculo de la tasa media de crecimiento poblacional de la ciudad de Chetumal, del municipio de Othón P. Blanco, del estado de Quintana Roo y del Territorio Nacional.

| Año                | Población   |           |           |          | Tasa media de crecimiento anual |         |                      |              |
|--------------------|-------------|-----------|-----------|----------|---------------------------------|---------|----------------------|--------------|
|                    | Nacional    | Estatal   | Municipal | Chetumal | Nacional                        | Estatal | Municipal            | Chetumal     |
| 1980               | 66,846,833  | 225,985   | 97,999    | 56,709   | -                               | -       | -                    | -            |
| 1990               | 81,249,645  | 493,277   | 172,563   | 94,158   | 1.97%                           | 8.12%   | 5.82%                | 5.20%        |
| 1995               | 91,158,290  | 703,536   | 202,046   | 115,152  | 2.33%                           | 7.36%   | 3.20%                | 4.11%        |
| 2000               | 97,483,412  | 874,963   | 208,164   | 121,602  | 1.35%                           | 4.46%   | 0.60%                | 1.10%        |
| 2005               | 103,263,388 | 1,135,309 | 219,763   | 136,825  | 1.16%                           | 5.35%   | 1.09%                | <b>2.39%</b> |
| 2010               | 112,336,538 | 1,325,578 | 244,553   | 151,243  | 1.70%                           | 3.15%   | 2.16%                | <b>2.02%</b> |
| 2015 <sup>b/</sup> | 119,530,753 | 1,501,562 | 224,080   | 167,316  | 1.25%                           | 2.52%   | -1.73% <sup>a/</sup> | <b>2.04%</b> |
| 2019 <sup>c/</sup> | 125,960,168 | 1,754,144 | 264,833   | 190,791  | 1.32%                           | 3.96%   | 4.27%                | <b>3.34%</b> |

Fuente: Elaboración propia con información de los Censos y Conteos de Población y Vivienda del INEGI; Proyecciones del CONAPO.

Notas:

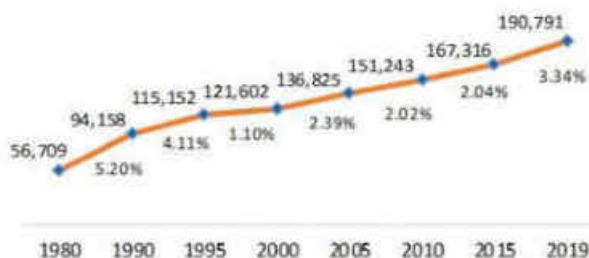
<sup>a/</sup> en 2011 mediante decreto se crea el municipio de Bacalar, separando su territorio del municipio de Othón P. Blanco, motivo por el cual la tasa de crecimiento es negativa.

<sup>b/</sup> Encuesta Intercensal INEGI 2015

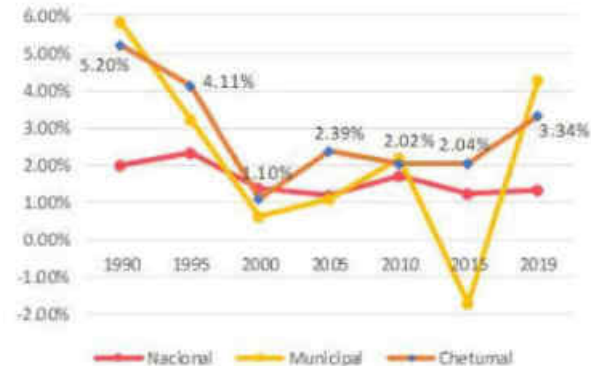
<sup>c/</sup> Proyecciones de la población del CONAPO (2010-2030).

## II.1 Diagnóstico de la Situación Actual

**Crecimiento poblacional de la ciudad de Chetumal (1980-2019)**



**Gráfica II. 1** Crecimiento poblacional de la ciudad de Chetumal (1980-2019).



**Gráfica II. 2** Tasa media de crecimiento anual de la ciudad de Chetumal, del municipio de Othón P. Blanco y Nacional (1990-2019).

Asimismo, de acuerdo a las proyecciones del Consejo Nacional de Población (CONAPO), se estima que la población de la ciudad alcance los 236,238 habitantes para el año 2030, lo que significaría un incremento del 1.96% con respecto a lo proyectado para el año 2019.

**Cuadro II. 2** Proyección de la población para la ciudad de Chetumal, CONAPO (2010-2030).

| Año  | Chetumal | Año  | Chetumal | Año  | Chetumal | Año      | Chetumal |
|------|----------|------|----------|------|----------|----------|----------|
| 2019 | 190,791  | 2022 | 203,604  | 2025 | 216,217  | 2028     | 228,406  |
| 2020 | 195,069  | 2023 | 207,846  | 2026 | 220,331  | 2029     | 232,356  |
| 2021 | 199,341  | 2024 | 212,054  | 2027 | 224,396  | 2030     | 236,238  |
|      |          |      |          |      |          | t.m.c.a. | 1.96%    |

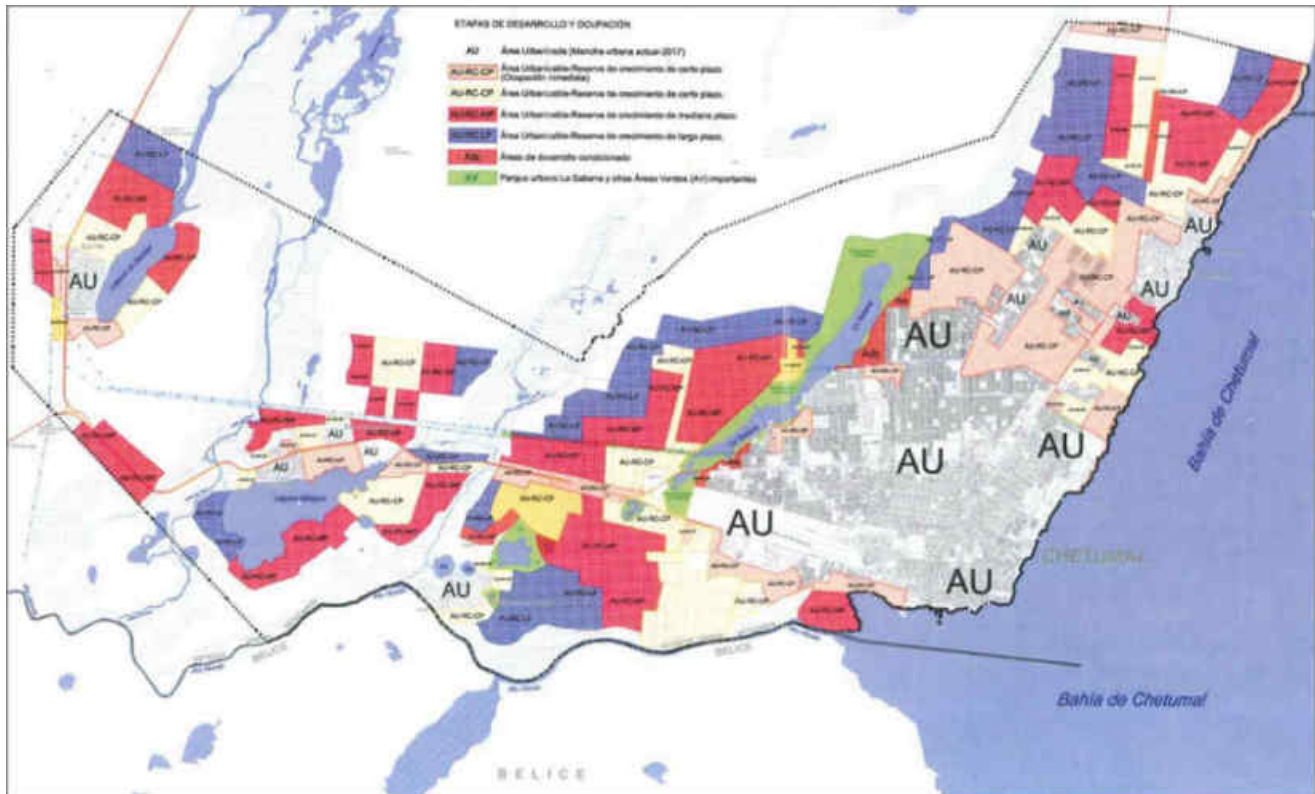
Fuente: Proyecciones de la población de la CONAPO (2010-2030)

Debido a que la ciudad de Chetumal fue fundada junto al litoral de la Bahía, su crecimiento urbano ha seguido un modelo de “abanico”, por lo que, desde un punto de vista geométrico, el centro urbano de la ciudad se ubica en el extremo sur del área urbana, la cual así como sus zonas de crecimiento (AU-RC) se encuentran definidas en el Programa de Desarrollo Urbano<sup>4</sup> (identificadas como de ocupación inmediata, corto plazo, mediano y largo plazo). Ver Figura II. 4

<sup>4</sup> Publicado en el Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo el 27 de marzo de 2018.



## II.1 Diagnóstico de la Situación Actual



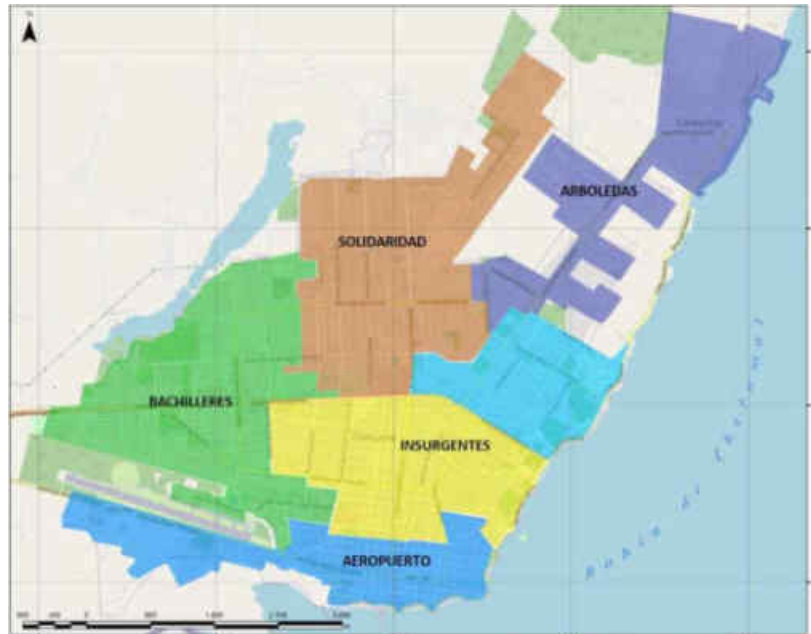
**Figura II. 4** Etapas de desarrollo y ocupación de la ciudad de Chetumal de acuerdo al Programa de Desarrollo Urbano (PDU,2018).

**Fuente:** Anexos del Programa de Desarrollo Urbano de Chetumal-Calderitas, Subteniente López, Huay-Pix y Xul-Ha, Municipio de Othón P. Blanco.

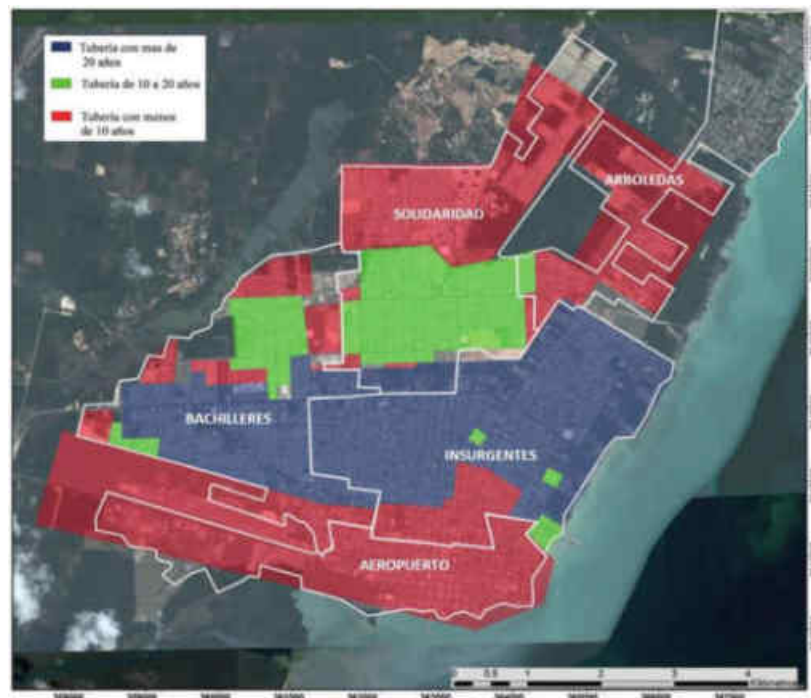
Por su naturaleza como cabecera estatal y municipal, la ciudad de Chetumal concentra el equipamiento, los servicios y las actividades económicas propicios para que exista una alta dependencia en cuanto a la prestación de servicios y el predominio político-administrativo, además de representar una fuente de empleo para los habitantes de las localidades conurbadas de Calderitas, Subteniente López, Huay-Pix y Xul-Ha, cuya incorporación a la dinámica urbana de la ciudad ha ocasionado un crecimiento tal en la demanda de servicios básicos que la capacidad de atención de las autoridades se ha visto rebasada.

En lo que respecta al servicio de distribución de agua potable, en la ciudad de Chetumal el sistema se encuentra dividido en 5 sectores hidrométricos de acuerdo a la ubicación de los cárcamos y tanques de rebombeo (Figura II. 5): i) Insurgentes, ii) Bachilleres, iii) Aeropuerto, iv) Solidaridad y v) Arboledas, conformados con tuberías que van de 2" a 12" de diámetro en distintos materiales (PVC, Asbesto-cemento, etc.) y antigüedad que oscila entre los 10 y 30 años (Figura II. 6).

## II.1 Diagnóstico de la Situación Actual



**Figura II. 5** Sectores hidrométricos de la ciudad de Chetumal.



**Figura II. 6** Antigüedad de las tuberías de las redes de los Sectores hidrométricos de la ciudad de Chetumal.

**Fuente:** Informe final del "Estudio para la evaluación y mejoramiento del sistema de captación y conducción de agua potable de la ciudad de Chetumal", IMTA, 2015, pág. 105.



#### II.1 Diagnóstico de la Situación Actual

Uno de los factores que más afecta la eficiencia del sistema de agua potable en la ciudad, es la antigüedad de las tuberías, ya que con el paso del tiempo, el material de las mismas se vuelve susceptible a fracturas, colapsos y rupturas; por lo que en zonas donde las tuberías superan los 20 años de antigüedad se han presentado fugas constantes con altos volúmenes de pérdidas, además de incrustaciones y taponamientos que reducen el diámetro hidráulico (por el tipo de agua de la zona<sup>5</sup>); ocasionando una pérdida de presión en varias zonas de la ciudad (situación que se agrava en las zonas más alejadas a los tanques de bombeo) que restringen la capacidad del sistema para mantener un nivel adecuado de presiones y un control sobre el nivel de pérdidas.

Los problemas de taponamientos, no solo afectan a las tuberías de las redes sino también a los tanques, válvulas y los medidores (macro y micro). En el caso de los tanques y válvulas, a pesar de que el agua permanece poco tiempo en los componentes, éstos presentan acumulación de sedimentos de hasta 5 centímetros de espesor, lo que hace necesario darles mantenimiento cada 6 meses. Por su parte los medidores (Figura II. 7) presentan problemas en su operación debido a la sedimentación del sarro que obstruyen las partes mecánicas acortado su vida útil por lo que el medidor llega a estar sujeto a lecturas *adecuadas* de los consumos (sub o sobre medición), afectando significativamente la eficiencia comercial del sistema.



**Figura II. 7** Condiciones de los Medidores domiciliarios.

**Fuente:** Informe final del “Estudio para la evaluación y mejoramiento del sistema de captación y conducción de agua potable de la ciudad de Chetumal”, IMTA, 2015, pág. 324.

Motivo por el cual, el organismo operador, se ha visto en la necesidad de aplicar medidas de operación provisionales o emergentes, tales como definir periodos de servicio por zonas, destinar mayor número de personal para la localización y reparación de fugas, mantenimientos periódicos a los medidores, entre otros. Lo cual ha incrementado los costos para la operación y mantenimiento del sistema.

<sup>5</sup> Contiene dureza de calcio, sulfatos, nitrógeno amoniacal, STD, hierro, arsénico, turbiedad, manganeso, entre otros y únicamente se le otorga un tratamiento de cloración para su desinfección.

## II.1 Diagnóstico de la Situación Actual

Esta situación ha causado molestia en los usuarios, quienes se quejan de la calidad del agua entregada<sup>6</sup>, bajas presiones, horarios de servicio reducidos, lo que les ha obligado a adquirir dispositivos para el almacenamiento con el fin de garantizar su consumo a cualquier hora del día.

Por ello en el 2015, el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), elaboró un “*Estudio para la Evaluación y mejoramiento del sistema de captación y conducción de agua potable de la ciudad de Chetumal*”, en el que se realizó un diagnóstico del estado de la infraestructura existente, en donde se destaca que la pérdida del agua no contabilizada del sistema de agua potable en la ciudad es del 66%<sup>7</sup>; es decir, una eficiencia física del 34% (por cada 100 M<sup>3</sup> producidos, sólo 34 M<sup>3</sup> son entregados efectivamente a los usuarios).

Con el análisis se identificó que, en las redes de distribución de la ciudad, existen zonas de baja presión y con ausencia del suministro en los horarios de mayor consumo a causa de las fugas, derrames en tanques, errores en la medición, tomas clandestinas, entre otros. (Figura II. 8)



**Figura II. 8** Comparación entre las pérdidas por fugas y el número de fugas reportadas por sector (2012-2016).

**Fuente:** Informe final del “Estudio para la evaluación y mejoramiento del sistema de captación y conducción de agua potable de la ciudad de Chetumal”, IMTA, 2015, pág. 52.

<sup>6</sup> Cabe indicar que esta no tiene efectos negativos a la salud; aunque, debido a su dureza, les ha ocasionada inconvenientes tales como la obstrucción de las instalaciones hidráulicas por la sedimentación que implica destinar recursos para la limpieza de sus dispositivos de almacenamiento y accesorios hidráulicos, además de incrementar su consumo de agua para el aseo diario.

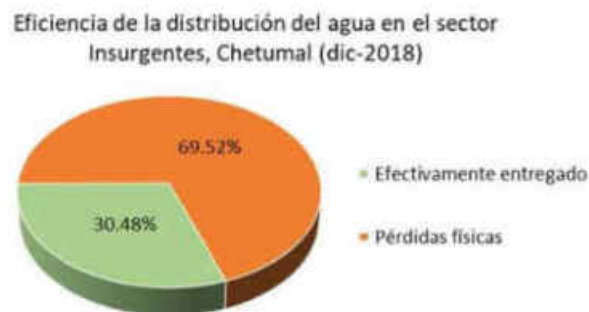
<sup>7</sup> Incluye pérdidas físicas (desperdicios, fugas en tomas, líneas de conducción, válvulas y medidores) y pérdidas comerciales (clandestinaje, pipas, estimación del consumo, lecturas alteradas, etc.).

## II.1 Diagnóstico de la Situación Actual

De la figura anterior se destaca que los sectores Aeropuerto e Insurgentes (zona baja y este de la Ciudad) son los que presentan mayores volúmenes de pérdidas y número de fugas reportadas al 2016, de las cuales la mayoría se concentran en el sector Insurgentes. Esto se explica porque estos sectores fueron los primeros en conformarse por lo que las redes de distribución presentan una antigüedad superior a los 20 años y una interconexión de redes que facilita la pérdida de presión (por el incorrecto aislamiento del sector).

Al tratarse de uno de los sectores más extensos y con mayor número de usuarios atendidos, actualmente se presentan diversos problemas, ya que la demanda actual sobrepasa a la disponibilidad del agua, por lo que, para garantizar el suministro de agua potable a todos los usuarios en el sector, el Organismo operador se ha visto obligado a realizar tandeos y a perforar y equipar un pozo profundo en las inmediaciones de los tanques, con una aportación aproximada de 45 lps, adicionales a los provenientes de la zona de extracción.

De acuerdo con el organismo operador, para el año 2018, en el sector Insurgentes se distribuyó un total de 185.98 litros por segundo (lps, aproximadamente 5,865,001.28 M<sup>3</sup>), de los cuales únicamente se contabilizaron como efectivamente entregado a los usuarios, un total de 56.68 lps (aproximadamente 1,787,505.00 M<sup>3</sup>), lo que se refleja en una eficiencia física del 30.48%, con un promedio de pérdidas físicas del 69.52%<sup>8</sup>.

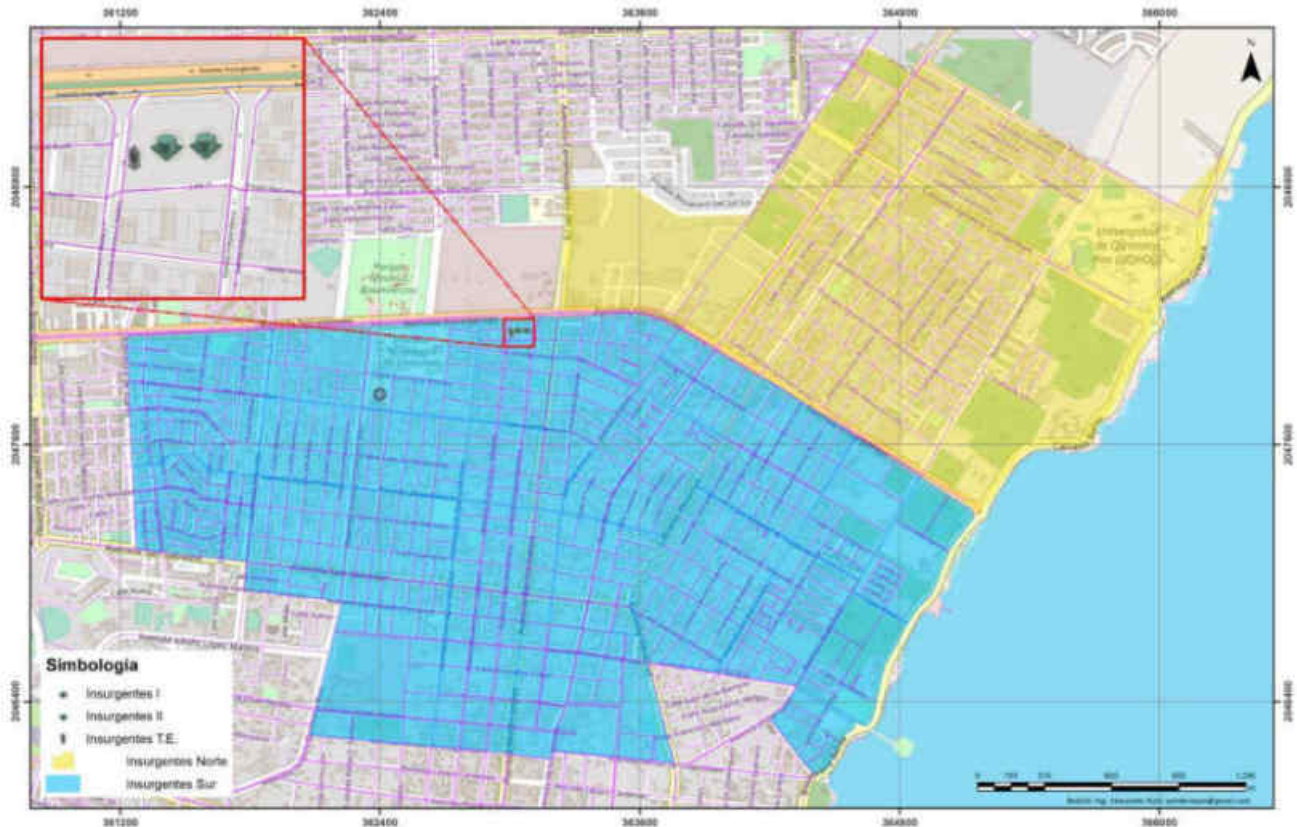


Para garantizar el servicio en el sector Insurgentes, el Organismo operador lo ha dividido en 2 zonas de distribución independientes (zona Sur y zona Norte), las cuales se abastecen desde los tanques principales "Insurgentes" con horarios de servicio definidos: 1) Insurgentes Norte (conocida como "Bosque", con horarios de cuatro y nueve horas al día); 2) Insurgentes Sur (conocida como "López Mateos", con horarios de cuatro, nueve y veinticuatro horas al día) (ver Figura II. 9).

<sup>8</sup> Es preciso recalcar que en él también se encuentra implícito el agua-no contabilizada que se da por la falta de micromedición, los errores de medición y macromedición, tomas clandestinas, consumos promedios etc., que hacen que la eficiencia sea baja.



## II.1 Diagnóstico de la Situación Actual



**Figura II. 9** Zonas de distribución del sector hidrométrico Insurgentes de la ciudad de Chetumal.

Esta definición de horarios tan variable, aunado a la existencia de un elevado índice de pérdidas y la baja eficiencia física, han ocasionado que los usuarios en ambas zonas, deban incurrir en gastos adicionales en la adquisición de dispositivos de almacenamiento (tinacos o cisternas) si desean contar con el vital líquido a cualquier hora del día.

Por lo anterior, a partir del estudio realizado por el IMTA en 2015, se propuso como solución la sectorización<sup>9</sup>, ya que al integrar sectores hidrométricos facilitará el incremento de la eficiencia hidráulica (al ejercer un mayor control en la presión, la cantidad de agua, la detección de fugas) e iniciar con un programa de eliminación y control de pérdidas (que permitirá al Organismo operador disminuir los volúmenes de extracción y al mismo tiempo incrementar la dotación que reciben los usuarios).

<sup>9</sup> Consistente en definir sectores independientes separados físicamente unos de otros, interconectados hidráulicamente sólo mediante líneas de conducción, obedeciendo a la topografía de la ciudad, a la ubicación y capacidad hidráulica de las captaciones, rebombes, tanques y conducciones.

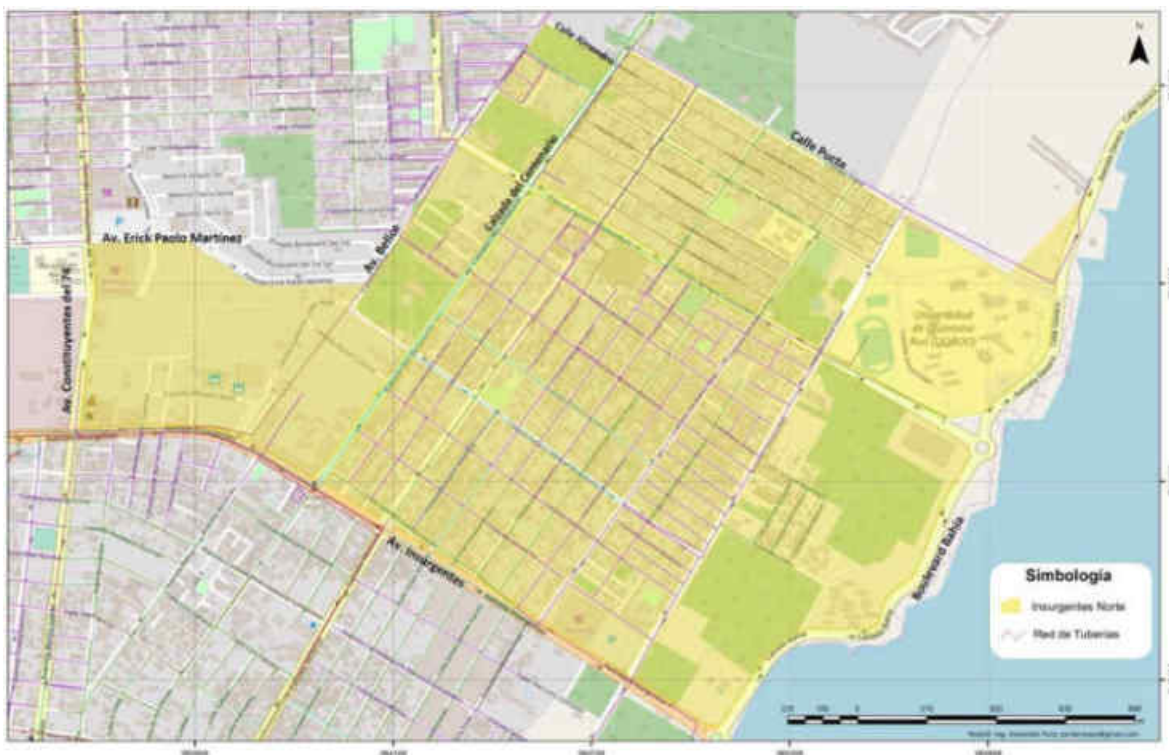




## II.1 Diagnóstico de la Situación Actual

Es de destacarse que en años anteriores se gestionaron y ejecutaron recursos para la atención de la zona Sur del sector Insurgentes (Insurgentes Sur), con un total de 566.23 hectáreas atendidas, en las que se conformaron 25 microsectores independientes uno de otro, mediante la construcción de 25 cajas de válvulas, cada una equipada con un medidor de flujo y una válvula de 6" de diámetro, así como el suministro e instalación de 137,093.44 M de tuberías de PEAD de 3, 4 y 6 pulgadas de diámetro para red de distribución (3"), líneas envolventes (4") y líneas de interconexión (6"), de tal forma que permita la interconexión de 9,692 tomas domiciliarias equipadas con un medidor de flujo.

Sin embargo, a pesar de las acciones realizadas en la zona Sur, por tratarse de zonas de distribución independientes, su extensión y por la configuración de la red, en la zona Norte del sector (*Insurgentes Norte*), con un área de influencia total de 339.42 hectáreas, aún se presentan altos volúmenes de pérdidas por fugas (con una eficiencia física del 22.49%), e incluso existen zonas en donde no se cuenta con infraestructura de distribución, por lo que existen tomas largas de entre 100 a 200 Metros y además de que, en las zonas alejadas a los tanques de bombeo, es en donde se han producido mayores pérdidas de presión (con presiones menores a los 0.05 Kg/Cm<sup>2</sup>) y por tanto mayores costos para el organismo operador.



**Figura II. 10** Infraestructura de distribución existente en la zona Norte del sector Insurgentes (*Insurgentes Norte*) de la ciudad de Chetumal.

#### II.1.1 Problemática, oportunidad o condición negativa

En la zona *Norte* del sector *Insurgentes* (con un área de influencia total de 339.42 hectáreas), se tienen horarios de servicio de cuatro y nueve horas al día, la red de distribución no cuenta con una cobertura del 100%, ya que, por el crecimiento desordenado de la mancha urbana, su configuración presenta circuitos abiertos con ramificaciones conectadas a las líneas primarias, así como de tomas largas de entre 100 a 200 M, lo que afecta la eficiencia del sistema en cuanto a la entrega del vital líquido en todo el sector, siendo las zonas más alejadas a los tanques las más afectadas.

Asimismo, por su antigüedad, la infraestructura de las redes secundarias presenta fugas constantes, que en su mayoría tardan en ser identificadas o bien por su ubicación pasan desapercibidas; así como problemas de incrustaciones y taponamientos, por la dureza del agua, que reducen el diámetro útil de conducción de las tuberías y afectan el funcionamiento de los medidores domiciliarios (afectan la lectura o los deja fuera de operación).

Por su parte, la infraestructura de las líneas primarias que alimentan la zona, son de asbesto cemento de 8 y 10" de diámetro, ubicadas en el camellón de una vialidad principal, que por su antigüedad (superior a los 20 años), han sido afectadas por las raíces de los árboles, que ocasionan fugas por desacoplamiento en las uniones (de acuerdo con el Organismo operador, en el último año, se han detectado y reparado, al menos 3 fugas cada 4 meses).

Lo anterior, además de afectar la continuidad del servicio, también ha resultado en una pérdida considerable tanto de presión y del caudal entregado en las tomas domiciliarias, lo cual incide en la eficiencia del sistema y del servicio prestado.

Asimismo, por la configuración actual de la red, ante la detección de fugas, hace necesario el paro total del servicio en la zona, para las reparaciones que, dependiendo del daño, pueden durar entre 4 y 48 horas (este último, de no contar con las refacciones necesarias) que, a su vez en lo que duran dichas reparaciones, genera costos para garantizar el abastecimiento de la zona (pipas). Además de que es preciso considerar que posterior a las reparaciones es necesario un periodo de aproximadamente 24 horas para la recuperación de presiones, lo cual afecta el servicio.

Esta situación ha sido causa de molestias para los usuarios ya que han incurrido en gastos adicionales ya sea para la adquisición de dispositivos de almacenamiento adicionales (tinacos o cisternas) si desean contar con el vital líquido a cualquier hora del día o bien para la adquisición e instalación de bombas para el bombeo directo del agua hacia la vivienda, lo cual genera presiones negativas en la red, afectando así el servicio para las zonas más alejadas. Además de que, por la dureza del agua, deben destinar recursos adicionales para la limpieza de las instalaciones hidráulicas obstruidas por la sedimentación, de sus dispositivos de almacenamiento y accesorios hidráulicos lo que a su vez incrementa su consumo de agua para el aseo diario.

### **II.1.1 Problemática, oportunidad o condición negativa**

Adicional a ello, para poder garantizar el servicio en la zona, el Organismo operador ha tenido que incrementar los recursos destinados para cubrir sus costos de operación y mantenimiento, no sólo para la atención y reparación de fugas en las tuberías de las redes y líneas primarias (según la CAPA, durante el año 2018, solo en el sector Insurgentes se detectaron y repararon alrededor de 2,112 fugas), sino también en los horarios de bombeo.

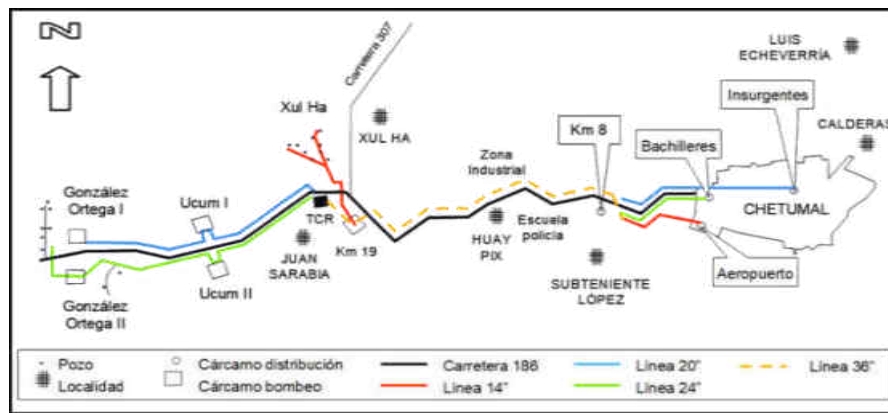


## II.2 Análisis de la Oferta Actual o Infraestructura Existente

### II.2.1 Infraestructura actual

#### SISTEMA FORMAL

El Sistema de abastecimiento de Agua Potable de la ciudad de Chetumal, se encarga de prestar el servicio tanto a la capital del Estado como a las localidades conurbadas de Juan Sarabia, Huay-Pix, Xul-Ha, Subteniente López, Calderitas y Luis Echeverría (Figura II. 11).



**Figura II. 11** Sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Chetumal.

El sistema funciona de forma tal que el agua se obtiene de fuentes subterráneas mediante extracción, con 22 pozos construidos y distribuidos en tres baterías de pozos; dos en el poblado de González Ortega (González Ortega 1 y 2), a una distancia de 42 Km de la ciudad sobre la carretera federal 186 (Chetumal-Escárcega), una tercera batería en las cercanías del poblado de Xul-Ha (a 23 Km de la ciudad, más una desviación de 3.5 km por la carretera federal Chetumal – Mérida, donde se ubican los pozos.). Adicionalmente existen dos pozos en el Tanque de cambio de régimen (TCR), ubicado en el Kilómetro 21 de la carretera Chetumal-Escárcega (Figura II. 12).

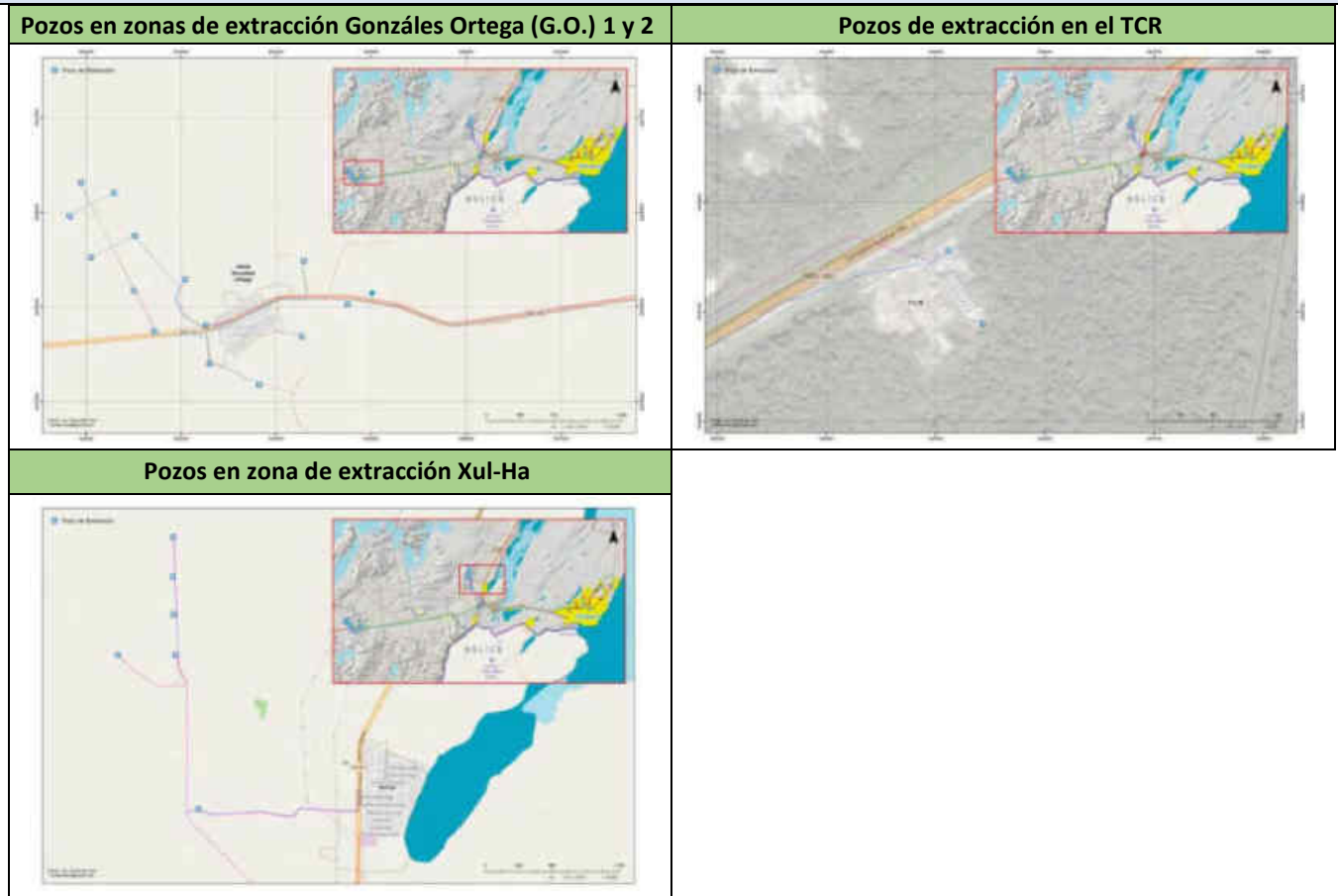
**Cuadro II. 3** Pozos de extracción del sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Chetumal.

| Zona extracción                   | Número de Pozos | Gasto (lps)   | %           |
|-----------------------------------|-----------------|---------------|-------------|
| González Ortega 1 y 2             | 14              | 484.60        | 62.61%      |
| Tanque de Cambio de Régimen (TCR) | 2               | 142.90        | 18.46%      |
| Xul-Ha                            | 6               | 146.50        | 18.93%      |
| <b>Total</b>                      | <b>22</b>       | <b>774.00</b> | <b>100%</b> |

Fuente: Elaboración propia con información de la Dirección de planeación de infraestructura de la CAPA.



## II.2.1 Infraestructura actual



**Figura II. 12** Pozos de extracción del Sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Chetumal.

El agua que se extrae de los pozos profundos de las zonas de extracción es conducida por bombeo en líneas primarias con diámetros de 14, 20 y 24 pulgadas hasta el Tanque de Cambio de Régimen (TCR).

1. En el caso de las zonas de extracción en González Ortega:
  - i. González Ortega I: el caudal captado en el cárcamo G.O. 1, es conducido 13.35 Km en una línea de fibrocemento de 20 pulgadas de diámetro hasta el cárcamo de rebombeo Ucum I<sup>10</sup> y de éste hasta el TCR mediante una línea de 8.6 Km de 20 pulgadas.
  - ii. González Ortega II: el caudal captado en el cárcamo G.O. 2, es conducido 13.41 Km en una línea de Polietileno de Alta Densidad (PEAD) de 24 pulgadas de diámetro hasta el cárcamo de rebombeo Ucum II y de éste hasta el TCR mediante una línea de 8.59 Km de 24 pulgadas.
2. En el caso de la zona de extracción en Xul-Ha, el caudal extraído es conducido por bombeo desde cada uno de los pozos por medio de una línea primaria de 14 pulgadas con una longitud de 7.51 Km hasta el TCR. (ver Figura II. 13).

<sup>10</sup> En él se realiza el proceso de desinfección del caudal con gas cloro, ambos (Ucum I y II) ubicados a 21 Km de la ciudad.



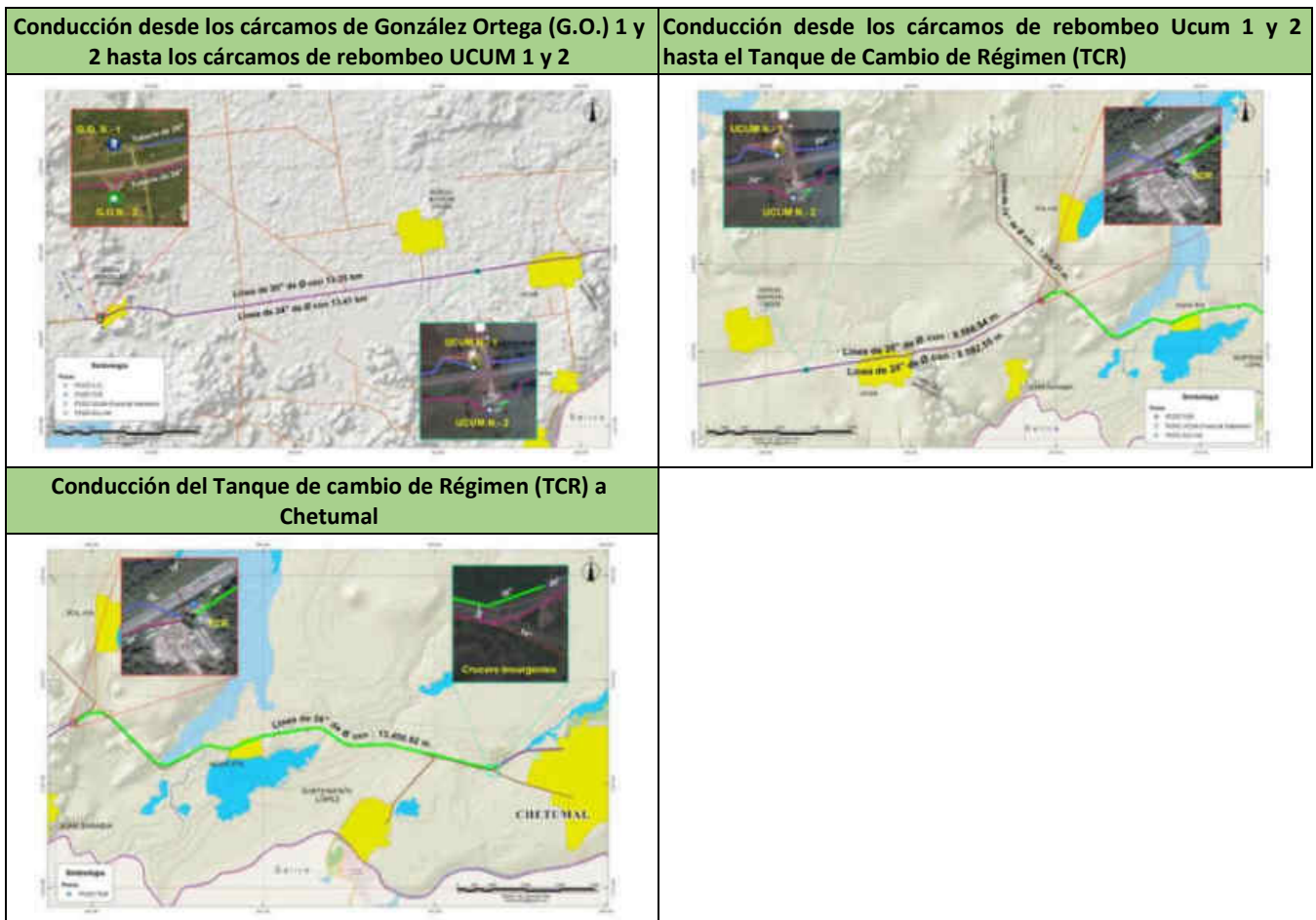
### II.2.1 Infraestructura actual

A partir del TCR hasta la ciudad de Chetumal, el caudal es conducido por gravedad 13.45 Km en una línea de fibrocemento de 36 pulgadas de diámetro que, en su trayecto hacia la ciudad, abastece a las localidades de Juan Sarabia, Xul-Ha, Huay-Pix y Subteniente López.

**Cuadro II. 4** Líneas de conducción del sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Chetumal.

| Tramo  | Material     | diámetro | Km           |
|--|--------------|----------|--------------|
| De cárcamo G.O. 1 a cárcamo de bombeo Ucum 1 a TCR | Fibrocemento | 20"      | 21.95        |
| De cárcamo G.O. 2 a cárcamo de bombeo Ucum 2 a TCR | PEAD         | 24"      | 22.00        |
| Del Pozo # 10 (Zona Xul-Ha) a TCR                  | PEAD         | 14"      | 7.51         |
| Del TCR al entronque Chetumal                      | Fibrocemento | 36"      | 13.45        |
| <b>Total</b>                                       |              |          | <b>64.91</b> |

**Fuente:** Elaboración propia con información de la Dirección de planeación de infraestructura de la CAPA.



**Figura II. 13** Líneas de conducción-alimentación y tanques del Sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Chetumal.

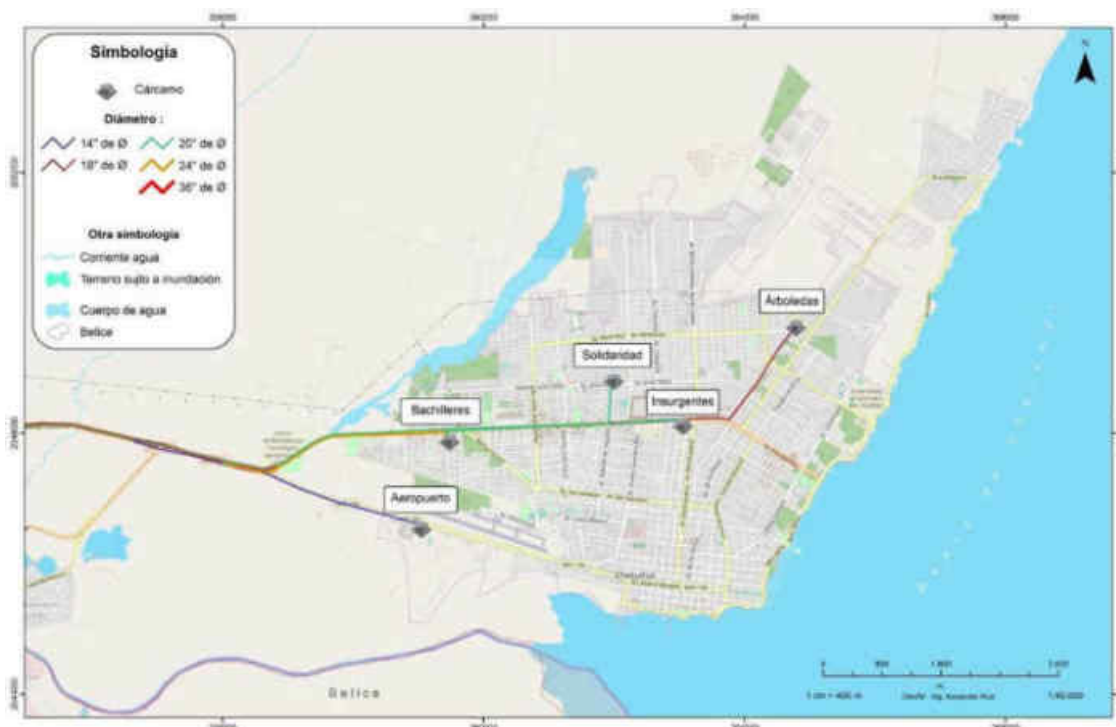
## II.2.1 Infraestructura actual

Para el abastecimiento de los sectores de distribución existentes en la ciudad, a la entrada de la ciudad (prolongación Av. Álvaro Obregón y entronque con Av. Insurgentes), la línea de conducción de 36 pulgadas se divide en 3 líneas (Figura II. 14): una línea de 14 pulgadas de diámetro que conduce el agua al tanque superficial Aeropuerto; una de 24 pulgadas de diámetro al cárcamo de Bachilleres; y en una de 20 pulgadas para abastecer a los cárcamos de Solidaridad, Insurgentes y Arboledas (este último por medio de una línea de 18 pulgadas).

**Cuadro II. 5** Líneas de alimentación del sistema de agua potable en la ciudad de Chetumal.

| Sector       | diámetro | Km          |
|--------------|----------|-------------|
| Aeropuerto   | 14"      | 2.6         |
| Bachilleres  | 24"      | 3.8         |
| Solidaridad  | 20"      | 3.3         |
| Insurgentes  | 20"      | 7.5         |
| Arboledas    | 18"      | 6.3         |
| <b>Total</b> |          | <b>23.5</b> |

**Fuente:** Elaboración propia con información de la Dirección de planeación de infraestructura de la CAPA.



**Figura II. 14** Líneas de conducción-alimentación y tanques de regulación y abastecimiento del sistema de agua potable en la ciudad de Chetumal.

## II.2.1 Infraestructura actual

Para la regulación del agua potable en la ciudad se tiene una capacidad de 15,243 m<sup>3</sup>, distribuidos en 11 tanques superficiales (12,911 m<sup>3</sup>), 6 tanques elevados (2,188 m<sup>3</sup>) y 1 tanque de rebombeo (144 m<sup>3</sup>), ubicados en zonas estratégicas de la ciudad que permiten garantizar un correcto suministro de agua para la población.

**Cuadro II. 6** Capacidad de regulación y almacenamiento del sistema de abastecimiento de la ciudad de Chetumal.

| Sector Chetumal    | Aeropuerto |                | Insurgentes |                | Bachilleres |                | Solidaridad |                | Arboledas |                | Total     |                |
|--------------------|------------|----------------|-------------|----------------|-------------|----------------|-------------|----------------|-----------|----------------|-----------|----------------|
|                    | #          | M <sup>3</sup> | #           | M <sup>3</sup> | #           | M <sup>3</sup> | #           | M <sup>3</sup> | #         | M <sup>3</sup> | #         | M <sup>3</sup> |
| Tanque elevado     | 1          | 567            | 1           | 491            | 2           | 982            | -           | -              | 2         | 148            | 6         | 2,188          |
| Tanque de bombeo   | -          | -              | 1           | 144            | -           | -              | -           | -              | -         | -              | 1         | 144            |
| Tanque superficial | 1          | 1,632          | 2           | 4,143          | 2           | 2,001          | 2           | 2,765          | 4         | 2,370          | 11        | 12,911         |
| <b>Total</b>       | <b>2</b>   | <b>2,199</b>   | <b>4</b>    | <b>4,778</b>   | <b>4</b>    | <b>2,983</b>   | <b>2</b>    | <b>2,765</b>   | <b>6</b>  | <b>2,518</b>   | <b>18</b> | <b>15,243</b>  |

Fuente: Elaboración propia con información de la Dirección de planeación de infraestructura de la CAPA.



**Figura II. 15** Cárcamos de regulación del Sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Chetumal.

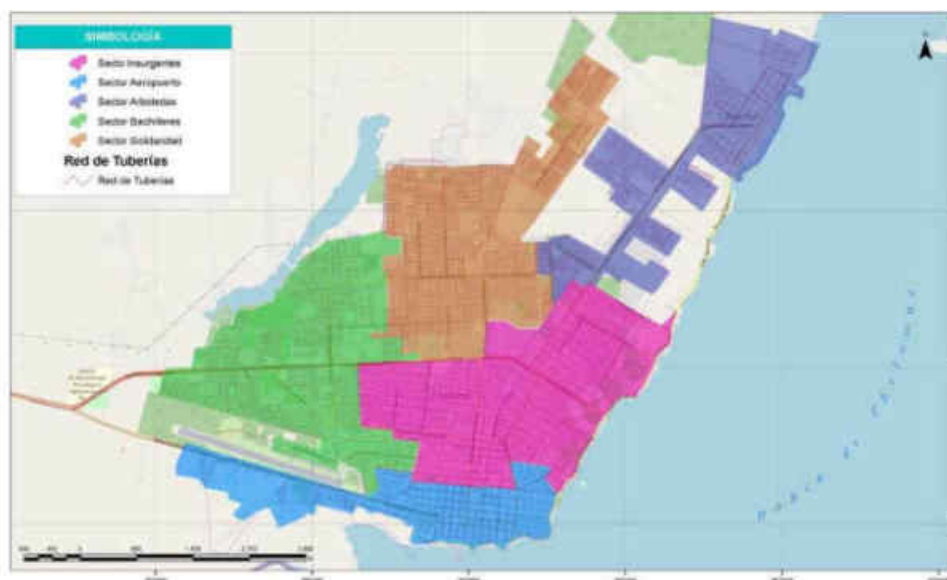


### II.2.1 Infraestructura actual

Para la distribución del agua potable en la ciudad se han establecido, de acuerdo al área de influencia de los principales cárcamos de regulación, 5 sectores hidrométricos: i) Insurgentes, ii) Bachilleres, iii) Aeropuerto (centro), iv) Solidaridad y v) Arboledas, cada uno conformado por circuitos y líneas de agua potable (primarias y secundarias), constituida de tuberías que van de 2" a 12" de diámetro en distintos materiales (PVC, Asbesto-cemento, etc.) con una longitud total aproximada de 677.47 Km.

**Cuadro II. 7** Características de los sectores hidrométricos del sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Chetumal.

| CARACTERÍSTICA | SECTOR     |             |             |             |           | TOTAL         |
|----------------|------------|-------------|-------------|-------------|-----------|---------------|
|                | AEROPUERTO | INSURGENTES | BACHILLERES | SOLIDARIDAD | ARBOLEDAS |               |
| Km de red      | 89.63      | 179.81      | 179.81      | 190.76      | 86.65     | <b>726.66</b> |
| Usuarios       | 4,188      | 13,602      | 14,046      | 20,319      | 6,377     | <b>58,532</b> |



**Figura II. 16** Redes de distribución del sistema de abastecimiento de la ciudad de Chetumal por Sectores hidrométricos.

Fuente: Elaboración propia con información de la Dirección de Planeación de Infraestructura de la CAPA.

| Sector             | Característica       |  | Sector             | Característica       |                               |
|--------------------|----------------------|--|--------------------|----------------------|-------------------------------|
|                    | Antigüedad de la Red | Material de la Red                             |                    | Antigüedad de la Red | Material de la Red            |
| <b>Aeropuerto</b>  | 10 años              | PEAD hidráulico de 3" y 4"                     | <b>Solidaridad</b> | 19 Años              | PVC hidráulico de 3", 4" y 6" |
| <b>Insurgentes</b> | 38 Años              | PEAD y PVC hidráulico de 2", 2.5", 3", 4" y 6" | <b>Arboledas</b>   | 13 Años              | PVC hidráulico de 3", 4" y 6" |
| <b>Bachilleres</b> | 28 Años              | PVC hidráulico de 2", 2.5", 3", 4" y 6"        |                    |                      |                               |

#### II.2.1 Infraestructura actual

##### SISTEMA SECTOR INSURGENTES

El sector Insurgentes de la ciudad de Chetumal, se conformó en el año de 1980 y comprende la zona baja y este de la ciudad, en donde se destaca la ubicación de las instituciones administrativas de gobierno, la infraestructura de distribución en el sector supera los 20 años de antigüedad (Cuadro II. 7) por lo que, ante el crecimiento de la población y al tratarse de una zona casi en su totalidad urbanizada, se estima que la capacidad del sistema ha sido rebasada.

Para brindar el servicio de agua potable en el sector, se cuenta con una capacidad de regulación de 4,778 m<sup>3</sup> consistente en 2 tanques superficiales (Insurgentes 1 y 2) cada uno con capacidad para 2,071.27 m<sup>3</sup>, conectados a un tanque de bombeo de 144 m<sup>3</sup> que suministra a un tanque elevado de 492 m<sup>3</sup>.

Para la distribución del caudal que ingresa a los tanques del sector, se cuenta con dos múltiples de descarga que permiten que la red de distribución se encuentre dividida en dos zonas de distribución (zona Sur y zona Norte), cada una con diferentes horarios de servicio. (ver Figura II. 17)

1. El primero, equipado con 1 bomba que opera de manera periódica<sup>11</sup>, para alimentar la zona Norte (Bosque) del sector, con cuatro horas en la mañana (7 am – 11 am) y nueve horas en la tarde (2 pm – 11 pm).
2. El segundo múltiple, emplea 3 equipos: uno que sólo opera en las noches durante una hora para llenar el tanque elevado y con ello incrementar la presión en todo el sector Insurgentes; otro que trabaja las veinticuatro horas del día y que distribuye a todo el sector (insurgentes Norte y Sur); y otro que trabaja seis horas en la mañana (7 am – 1 pm) para reforzar el gasto suministrado a la zona Sur.

Es de señalarse que el equipo que trabaja las 24 horas, su función es mantener la red llena, aunque con una presión de 0.30 Kg/Cm<sup>2</sup> (3 mca), lo cual no es suficiente, ya que normalmente por la extensión del sector, se requiere de al menos 0.60 Kg/cm<sup>2</sup> (6 mca). Mientras que el segundo que opera seis horas, permite incrementar la presión hasta alcanzar lo requerido, pero únicamente en las zonas más cercanas a los tanques, ya que en las zonas más alejadas la presión se mantiene en 0.30 Kg/Cm<sup>2</sup>.

Del sector, el 85% es tandeo con horarios de servicio de entre cuatro y nueve horas, sólo las zonas más cercanas a los tanques tienen servicio de 24 horas, así como en las zonas bajas, aunque con presiones mínimas de 0.10 Kg/Cm<sup>2</sup>.

<sup>11</sup> Para ello existe un arreglo de válvulas que permiten el aislamiento de ambos sectores.

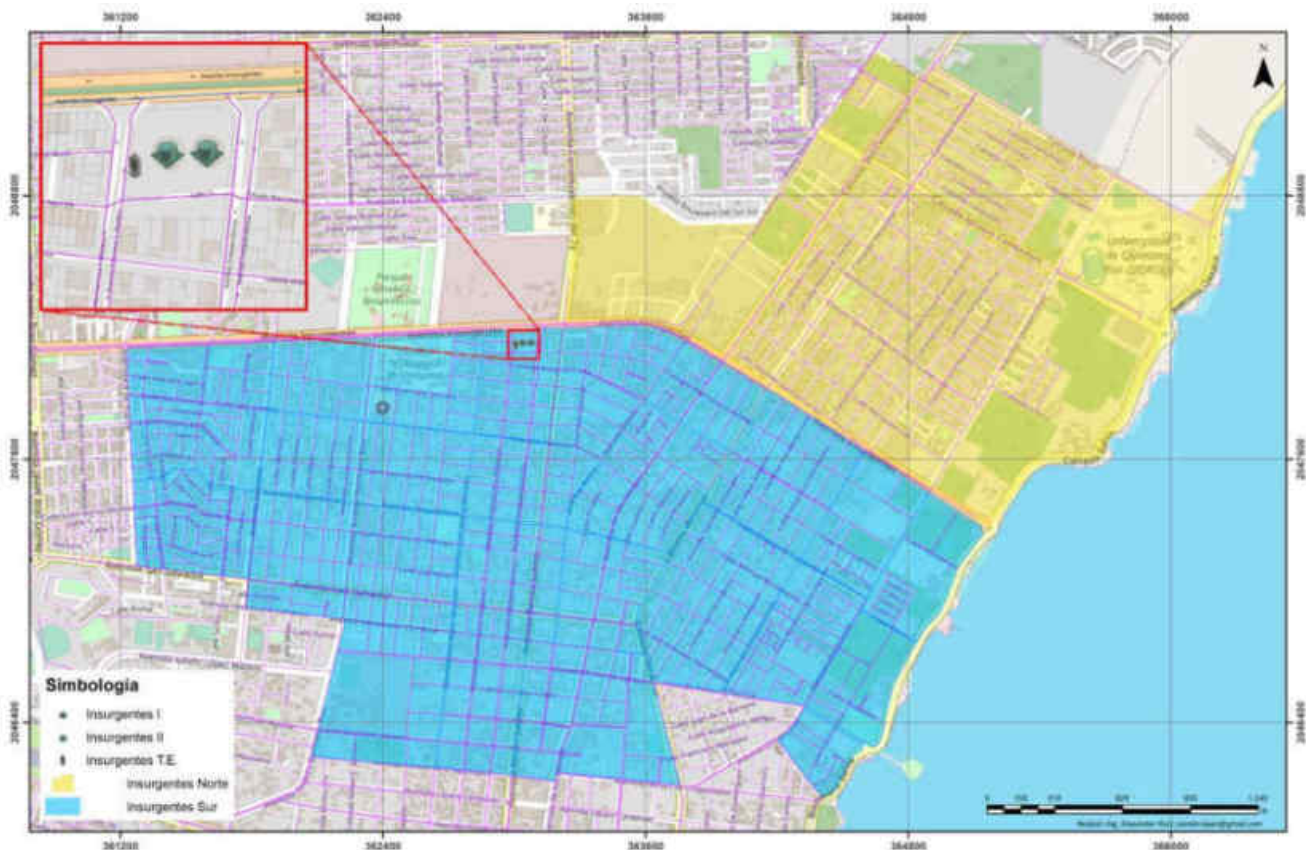
### II.2.1 Infraestructura actual

Asimismo, al tratarse de uno de los sectores más grandes<sup>12</sup>, con el crecimiento poblacional y por el alto índice de fugas (eficiencia del 30.48%), el agua que se recibe de la zona de extracción, ha resultado insuficiente, por lo que para el año 2018, en el predio de los tanques se perforó y equipó un pozo profundo que opera las veinticuatro horas del día, cuyo gasto aproximado de 45 lps, que se mezcla con los caudales que llegan de la zona de extracción y se distribuye entre ambas zonas.

Actualmente, la red consiste en tuberías de PEAD y PVC hidráulico de 2", 2.5", 3", 4" y 6" de diámetro:

| ZONA DEL SECTOR                | RED DISTRIBUCIÓN (ML) | MATERIAL        | DIÁMETROS (Pulg.) | USUARIOS      |
|--------------------------------|-----------------------|-----------------|-------------------|---------------|
| Insurgentes Norte (Bosque)     | 42,716.56             | PVC hidráulico  | 2.5", 3" y 4"     | 3,910         |
| Insurgentes Sur (López Mateos) | 137,093.44            | PEAD hidráulico | 3", 4" y 6"       | 9,692         |
| <b>179,810.00</b>              |                       |                 |                   | <b>13,602</b> |

**Fuente:** Elaboración propia con información de la Dirección de planeación de infraestructura de la CAPA.



**Figura II. 17** Infraestructura de almacenamiento, regulación y distribución en el sector Insurgentes del sistema Chetumal.

<sup>12</sup> Con una extensión de aproximadamente 905.65 hectáreas, con un padrón de 13,581 usuarios a diciembre 2018.

## II.2.1 Infraestructura actual

Para reducir el volumen de pérdidas y mejorar el servicio en el sector, en años anteriores se gestionaron y ejecutaron recursos para la atención de la zona Sur (Insurgentes Sur, Figura II. 18), con lo que se conformaron 25 microsectores independientes uno del otro, mediante la construcción de 25 cajas de válvulas, cada una equipada con un medidor de flujo y una válvula de 6" de diámetro, así como el suministro e instalación de 137,093.44 M de tuberías de PEAD de 3, 4 y 6 pulgadas de diámetro para red de distribución (3"), líneas envolventes (4") y líneas de interconexión (6"), de tal forma que permita la interconexión de 9,692 tomas domiciliarias equipadas con un medidor de flujo.

**Cuadro II. 8** Infraestructura de distribución en *Insurgentes Sur* (etapas anteriores).

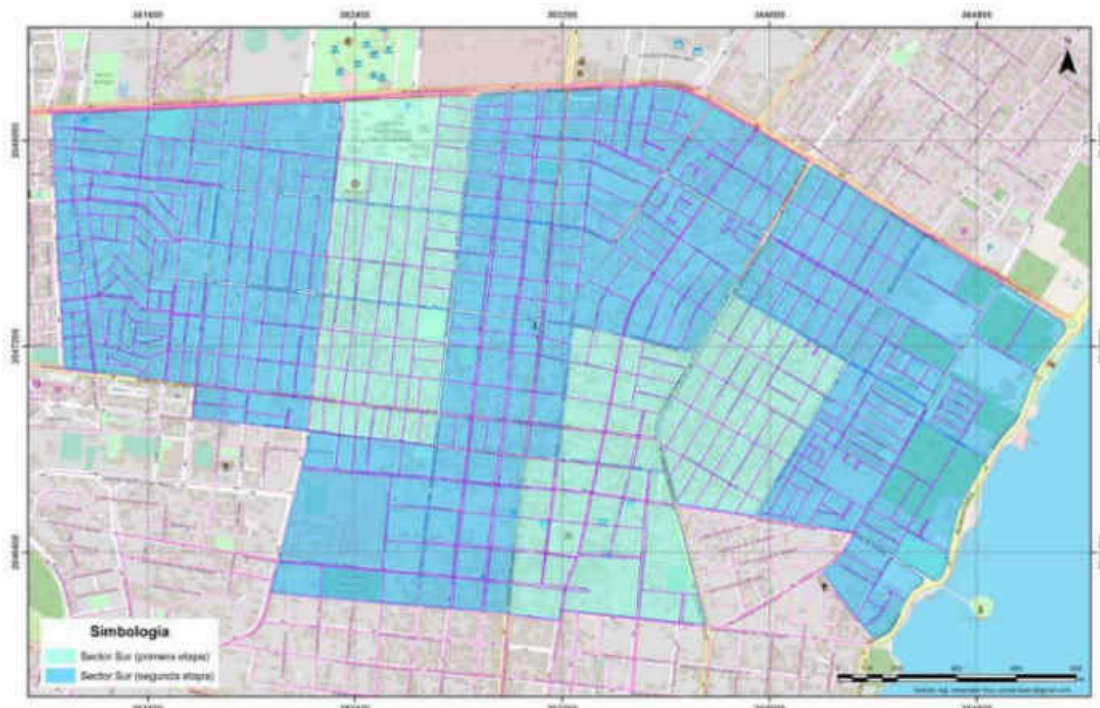
| ETAPA (AÑO)                    | DESCRIPCIÓN DE TRABAJOS   | VIALIDADES   | % AVANCE              |
|--------------------------------|---|--|-----------------------|
| 1 (2013)<br>APASZU             | Se completaron 6 microsectores de distribución mediante:<br>1. Red de 29,368.83 M de PEAD Hidráulico de 3", 4" y 6";<br>2. Tomas domiciliarias 2,391 PZA;<br>3. Medidor de gasto y Válvula de seccionamiento: 6 PZA.    | Andrés Quintana Roo, Insurgentes, José Ma. Morelos, San Salvador (Fco. May, Rafael E. Melgar, Flores Magón, Pablo González, Emiliano Zapata, Antonio Coria, Anastacio Guzmán, Juan José Siordia, Presa de la Angostura, Isla Cancún, Laguna Encantada, Estero de Ucum, Laguna de Bacalar, Bugambilias, Justo Sierra, Emiliano Zapata y Camelias)<br>Benito Juárez, Carranza, Belice, Bugambilias, Calzada Veracruz, Esteban B. Calderón, Heriberto Frías, Primo de Verdad, Calzada Veracruz, Héroes de Chapultepec (Efraín Aguilar, Fco. Márquez, Mahatma Gandhi, Cristóbal Colon, Primo de verdad*, Venustiano Carranza*, Belisario Domínguez, San Salvador, Camelias, Jabin, Lucio Blanco, Justo Sierra, Chicozapote, Pipila, Manuel Dieguez, Belice*, Héroes, Caobas, 16 de septiembre, Hidalgo, Nicaragua, Salvador Alvarado, Felipe Ángeles, Fco. J. Mújica, Heriberto Jara, Felipe C. Puerto, Luis Moya)   | En Operación          |
| 2 (2018)<br>FIFONMETRO<br>2018 | Se completaron 19 microsectores de distribución mediante:<br>1. Red de 107,724.61 M de PEAD Hidráulico de 3", 4" y 6";<br>2. Tomas domiciliarias 7,301 PZA;<br>3. Medidor de gasto y Válvula de seccionamiento: 19 PZA. | And. Emilio Portes Gil, Agrarista, And. 1, And. 10, And. 12, And. 13, And. 14, And. 15, And. 17, And. 18, And. 19, And. 2, And. 21, And. 23, And. 25, And. 3, And. 4, And. 5, And. 6, And. 7, And. 8, And. 9, And. Adolfo López Mateos, And. Adolfo Ruiz Cortinez, And. López de santa Ana, And. Pascual Ortiz Rubio, And. Pedro Lascurain, And. Porfirio Díaz, Av. Benito Juárez, Av. Héroes, Av. Independencia, Av. Primo de Verdad, Av. San Salvador, Av. Venustiano Carranza, Felipe Ángeles, 4 Ciénegas, Anastacio Guzmán, Antonio Coria, Aracely, Carlos Iazo, Bolonia, camelias, caobas, cardeña, Carmen, concepción, Córcega, Corozal, Cristóbal Colon, Donato guerra, Efraín Aguilar, Elizabeth, Emiliano zapata, estero de chac, estero de Ucum, Fernando Espinoza, Florencia, Flores Magón, Francisco I. madero, Génova, Guillermo López Vega, Felipe carrillo puerto, Gral. Francisco Mujica, Gral. Marciano Gonzales, granadillo, Heriberto Jara, Hilda, Isla Cancún, Isla Contoy, Isla de Capri, Luis Moya, José Ma. de la Vega, José Vasconcelos, Juan J. Siordia, Juan Sarabia, Justo Sierra, Laguna de Bacalar, | En ejecución (95.61%) |



### II.2.1 Infraestructura actual

Laguna Encantada, Laguna Milagros, Leona Vicario, Librado E. Rivera, Lucio Blanco, Luis Bonfil, Luis Cabrera, Mahatma Gandhi, Manuel M. Diéguez, Marciano García, Mariano Escobedo, Milán, Nora Napa, Padua, Palermo, Paseo de los Lagos, Plan de Guadalupe, Presa de la angostura, Rafael E. melgar, Ramón F. Iturbide, Ramón López Velarde, Salvador Alvarado, Salvador B. Sierra, Sicilia, Tlaxcalaltongo, Tulipán, Venecia, Xcalak, calle 1, calle 2, calle 3, calle 4, calle 5, calle 6, calle 7, calle 8, calle 9, calle 10, calle 11, calle 12, calle 13, calle 16, calle 17, calle 18, calle 19, calle 20, calle 21, calle 22, calle 23, calle 24, calle 25, calle 26, calle 27, calle 28, calle 29, calle 3, calle 30, calle 31, calle 32, calle 33, calle 34, calle 35, crisantemo, magnolia, Priv. bahía, Priv. Elizabeth, Priv. isla de capri, Priv. Italia, Priv. López Velarde, Priv. lucio blanco, Priv. Nápoles, Priv. primo de verdad, Priv. san salvador, Priv. universidad, Priv. Venustiano Carranza, ret. 1, ret. 2, ret. 3, ret. 4, ret. 7, ret. 11, ret. 13, ret. héroes, ret. lucio blanco, ret. Manuel Ávila Camacho, Av. 4 de marzo, Av. Andrés Quintana Roo, Av. Belice, Av. Bugambilias, Av. Fidel Velázquez, Av. Heriberto frías, Av. insurgentes, Av. José M. Morelos, Av. Nápoles, Av. segundo circuito periférico, Av. universidad, Blv. bahía, Esteban B. Calderón, ethel, Guadalupe, héroes de Chapultepec, calzada Veracruz.

**Fuente:** Elaboración propia con información de la Dirección de planeación de infraestructura de la CAPA.



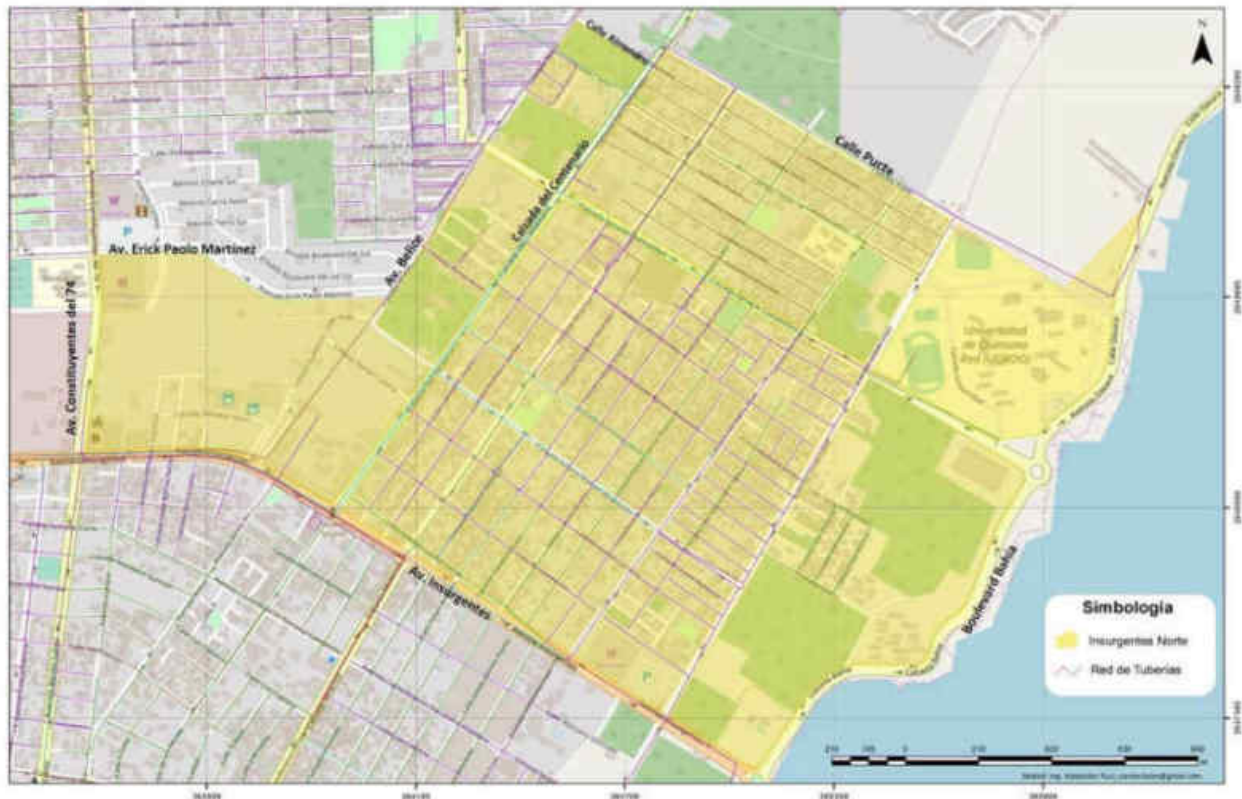
**Figura II. 18** Etapas de sectorización en Insurgentes Sur en la ciudad de Chetumal.



## II.2.1 Infraestructura actual

### INSURGENTES NORTE

En lo que respecta a la zona Norte, a la que denominaremos “*Insurgentes Norte*”, se encuentra comprendida entre la Calle Pucte, Boulevard Bahía, Av. Insurgentes, Av. Constituyentes del 74, Av. Erick Paolo Martínez, Av. Belice, Calzada Almendro y Calzada del Centenario, tiene un área de influencia total de 339.42 hectáreas y en ella se ubica a una población de 14,036 habitantes. (ver Figura II. 19)

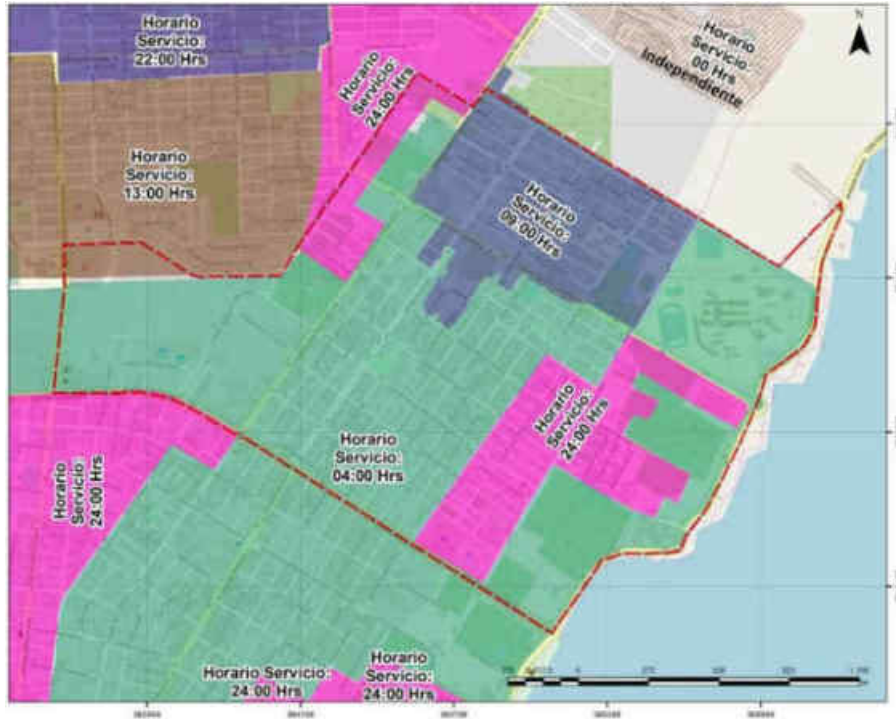


**Figura II. 19** Ubicación de *Insurgentes Norte*, en la ciudad de Chetumal.

Para el abastecimiento de la zona, en el tanque de rebombeo existe un múltiple de descarga equipado con 1 bomba que opera de manera periódica<sup>13</sup>, ya que para compensar los problemas de presión en la zona, el organismo operador se ha visto en la necesidad de determinar horarios de servicio por zonas de cuatro y nueve horas (Figura II. 20), aunque en las zonas topográficamente “bajas”, donde el agua tiende a escurrir, se cuenta con servicio las veinticuatro horas, pero con una presión de al menos 0.10 Kg/Cm<sup>2</sup> (Figura II. 21).

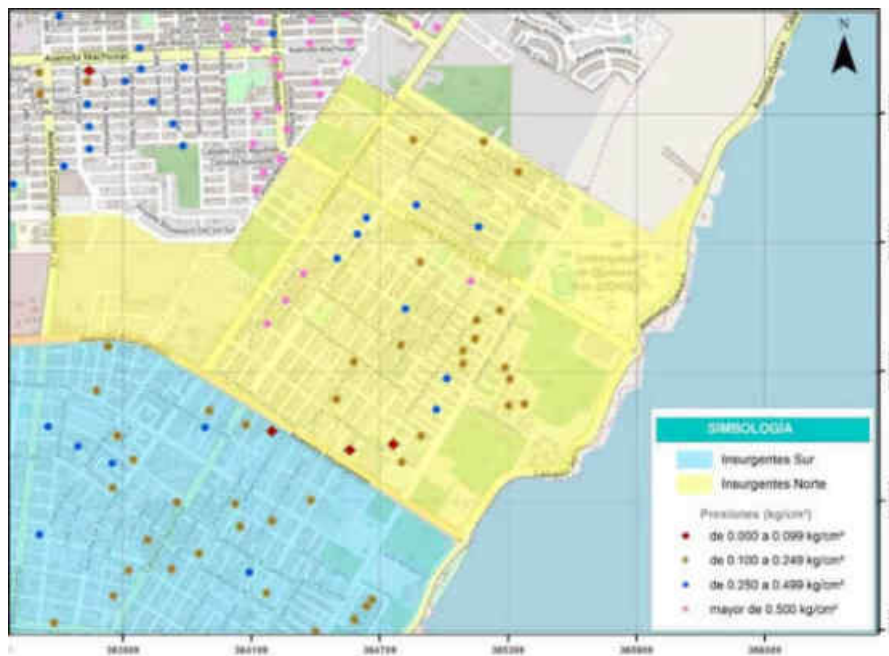
<sup>13</sup> Para ello existe un arreglo de válvulas que permiten su aislamiento.

## II.2.1 Infraestructura actual



**Figura II. 20** Horarios de servicio en *Insurgentes Norte*.

Fuente: Coordinación de Operación de la CAPA.



**Figura II. 21** Presiones (Kg/Cm<sup>2</sup>) en *Insurgentes Norte*.

Fuente: Coordinación de Operación de la CAPA.

### II.2.1 Infraestructura actual

Para el abastecimiento de la red de distribución en la zona, se cuenta con líneas primarias de asbesto-cemento de 6" y 8" de diámetro, de entre las cuales se destaca una línea de 8", que se deriva del múltiple de descarga en los tanques, que recorre parte de la Av. Insurgentes y la Calzada del Centenario y de las que se abastecen las demás.

La red de distribución consiste en tubería de PVC de diámetros de entre 2 y 4" y cubre gran parte de la zona, ya que si bien se trata de una zona casi en su totalidad urbanizada, existen áreas (cercanas al Boulevard Bahía y a la Av. Constituyentes) donde no se cuenta con infraestructura por lo que existen tomas largas de entre 100 hasta 200 M de longitud que, aunado a la lejanía de los tanques de bombeo, se han producido mayores pérdidas de presión y por tanto mayores costos para el organismo operador.

A continuación, se muestran las características y vialidades con infraestructura de distribución y líneas primarias existentes en la zona de proyecto:



**Figura II. 22** Líneas primarias en Insurgentes Norte.

**Cuadro II. 9** Infraestructura actual en *Insurgentes Norte* (Líneas primarias).

| INFRAESTRUCTURA  | ML       | MATERIAL        | DIÁMETROS (Pulg.) | VIALIDADES  | MATERIAL DE RODAMIENTO |
|------------------|----------|-----------------|-------------------|---|------------------------|
| Líneas primarias | 4,596.89 | Asbesto-cemento | 6" y 8"           | Insurgentes, Calzada del Centenario, Ignacio Comonfort, Francisco Zarco, Ignacio Altamirano, Heriberto Frías y Universidad. | Carpeta asfáltica      |

**Fuente:** Elaboración propia con información de la Dirección de planeación de infraestructura de la CAPA.



### II.2.1 Infraestructura actual



**Figura II. 23** Red secundaria (distribución) en Insurgentes Norte.

**Cuadro II. 10** Infraestructura de distribución actual en *Insurgentes Norte*.

| INFRAESTRUCTURA     | ML        | MATERIAL       | DIÁMETROS (Pulg.) | VIALIDADES  | MATERIAL DE RODAMIENTO |
|---------------------|-----------|----------------|-------------------|---|------------------------|
| Red de distribución | 42,716.56 | PVC hidráulico | 2", 2.5", 3" y 4" | Constituyentes, Belice, Jaime Torres Bonet, Chaca, Ciricote, Pino, Insurgentes*, Valentín G. Farías, Benjamín Hill, Ramón Corona, José N. Izazaga, Lucas Balderas, Ignacio Altamirano*, González Ortega, Salvador Díaz, Julieta, Francisco Zarco, Ponciano Arriaga, Felipe Berriozábal, Ignacio Ramírez, Mariano Arista, Jesús Urueta, Privada Veracruz, Privada Veracruz "a", retorno Salvador Alvarado, Juan Bautista Vega, Jaime Nuno, Guadalupe Victoria, Mariano Matamoros, Aquiles Serdán, Melchor Ocampo, Ignacio Comonfort*, Caracolillo, Chechen, ciricote, Huaya, Cedro, Ceiba, Almendro, Pucte.<br><br>Librado E. Rivera, Ramón F. Iturbe, Calzada Veracruz, Salvador Alvarado, Felipe Ángeles, Francisco J. Mújica, Heriberto Jara, Felipe Carrillo Puerto, José Ma. Luis Moya, Guillermo Prieto, Fco. González Bocanegra, Heriberto Frías*, Privada Pucte, Universidad*, José Ma. Pino Suárez, Pedro Moreno, Ignacio López Rayón, Fco. Javier Mina, Isla Mujeres, Isla Contoy e Isla Blanca. | Carpeta asfáltica      |

**Fuente:** Elaboración propia con información de la Dirección de planeación de infraestructura de la CAPA.

## II.2.1 Infraestructura actual

Por su antigüedad, superior a los 20 años, la infraestructura ha presentado fugas con altos volúmenes de pérdidas, así como bajas de presiones (zonas con una presión mínima de 0.10 Kg/Cm<sup>2</sup>), que aunado a la baja eficiencia de medición (sólo el 56.64% de los usuarios cuentan con medidor, de los cuales sólo el 14.83% funcionan), han ocasionado que en la zona se tenga una eficiencia física del 22.49%.

**Cuadro II. 11** Gastos y pérdidas del sistema en *Insurgentes Norte*.

| USUARIOS | GASTO SUMINISTRADO |       | GASTO MEDIDO (OFERTA REAL) |       | NIVEL DE PÉRDIDAS |               | % MICROMEDICIÓN |
|----------|--------------------|-------|----------------------------|-------|-------------------|---------------|-----------------|
|          | M3/DÍA             | LPS   | M3/DÍA                     | LPS   | % FÍSICAS         | % COMERCIALES |                 |
| 3,910    | 6,427.40           | 74.39 | 1,445.30                   | 16.73 | 77.51%            | 43.36%        | 56.64%          |

**Fuente:** Elaboración propia con información de la Dirección de planeación de infraestructura de la CAPA.

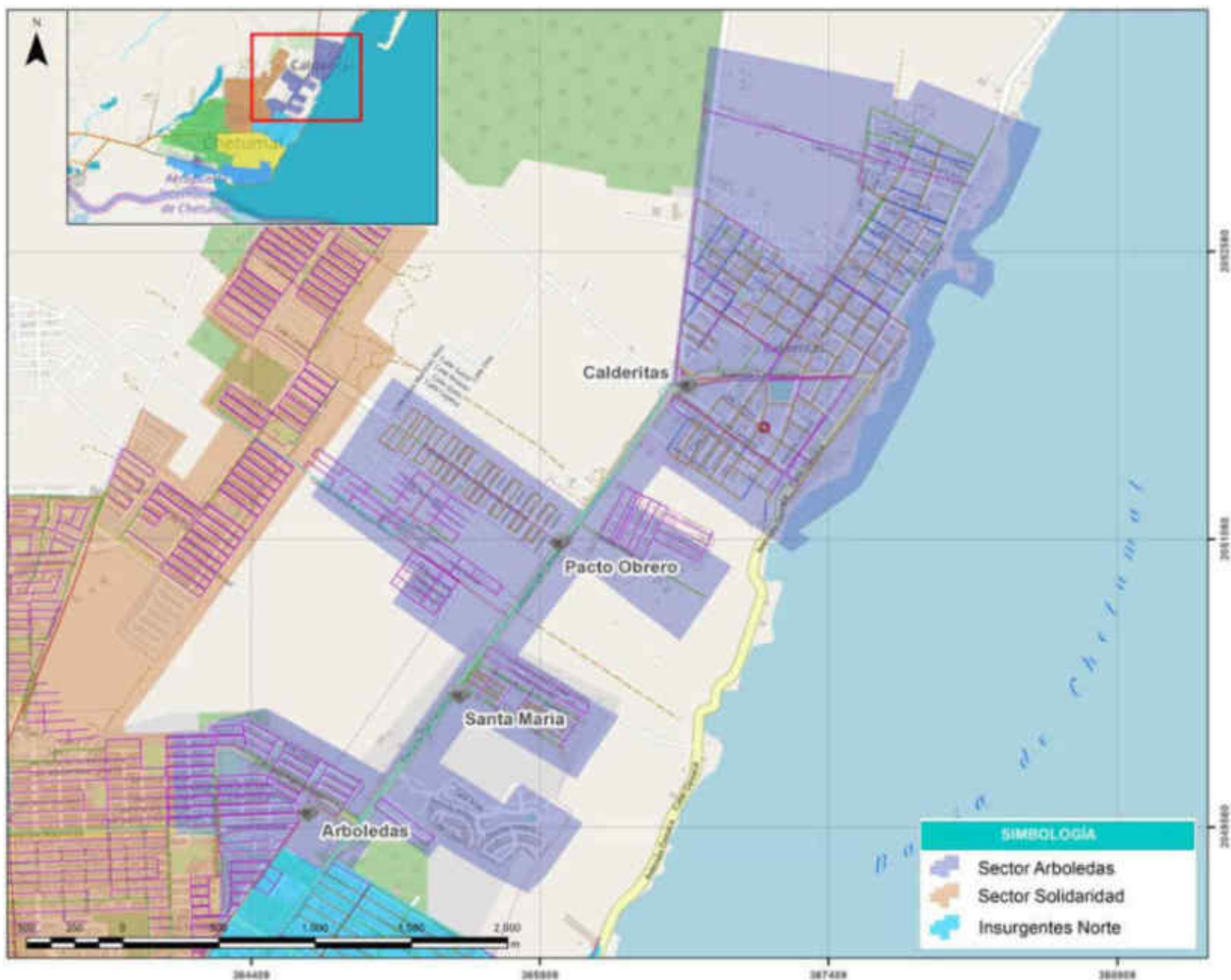




## II.2.1 Infraestructura actual

### SISTEMA SECTOR ARBOLEDAS

El sector Arboledas, es el más joven de los sectores conformados en la ciudad, con un área de influencia de 630.37 hectáreas que incluye a la localidad de Calderitas, cuenta con un tanque principal con capacidad de regulación de 1,723 M<sup>3</sup>, que abastece a tres arreglos internos de tanques y a través de ellos a una red de distribución que tiene una antigüedad aproximada de 13 años (Cuadro II. 7).



**Figura II. 24** Infraestructura de almacenamiento, regulación y distribución en el sector Arboledas del sistema Chetumal.

El sector se abastece desde la zona de extracción, a través de una línea de conducción de 18" de diámetro que se deriva de la línea de 20 pulgadas que parte de la línea de 36" y que llega al tanque superficial.

#### II.2.1 Infraestructura actual

Por su extensión geográfica y por su lejanía (extremo norte de la ciudad), este sector es el último en recibir caudales de la zona de extracción<sup>14</sup>, por lo que adicional a dichos caudales, el sector también cuenta con un pozo profundo que opera las 24 horas del día y que aporta 45 Lps aproximadamente.

El sistema opera de tal forma que, el tanque “Arboledas” suministra directamente a la red de distribución a través de una bomba, la cual, a su vez permite llenar los tres arreglos internos de tanques que dan servicio a Santa María (uno superficial de 396.83 M<sup>3</sup> y uno elevado de 76.73 M<sup>3</sup>), Pacto Obrero (superficial de 207.68 M<sup>3</sup>) y a la localidad de Calderitas (uno superficial de 42.44 M<sup>3</sup> y uno elevado de 71.31 M<sup>3</sup>).

Estos arreglos de tanques interiores permiten que en el sector se tengan cuatro zonas de distribución (Arboledas, Santa María, Pacto Obrero y Calderitas) cada una con su propio tanque de almacenamiento y regulación, por lo que se consideran horarios de servicio de 24 horas.

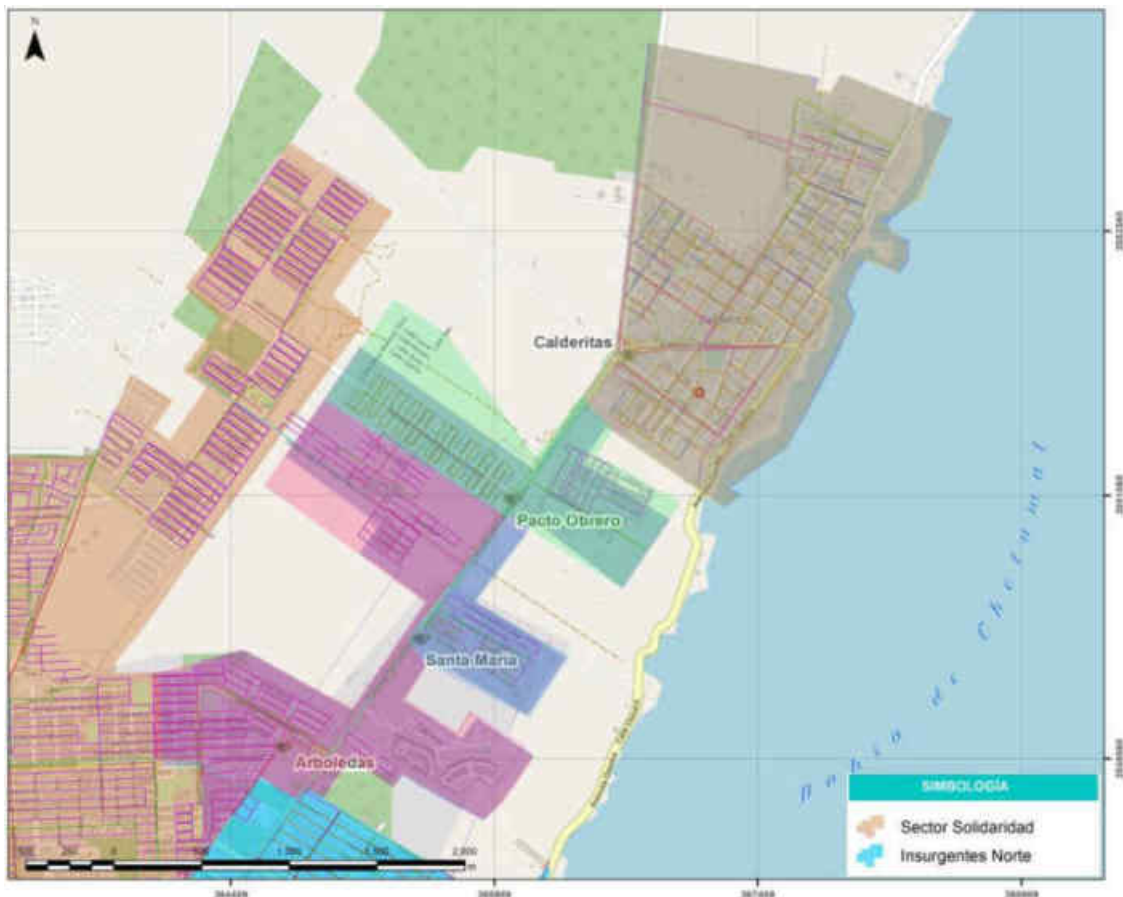


Figura II. 25 Zonas de distribución en el sector Arboledas.

<sup>14</sup> en 2018, al sector ingresó un caudal aproximado de 21.64 lps.

#### II.2.1 Infraestructura actual

Se trata de un sector en pleno desarrollo, con 6,377 usuarios activos con una demanda de agua potable de 53.79 lps, considerando que al tanque principal ingresan 65.49 lps, se ha determinado un excedente y que la capacidad del tanque principal, se encuentra subutilizada, a pesar de dar servicio las 24 horas del día.

A continuación, se muestra un cuadro con los indicadores de gestión principales de cada sector hidrométrico:

| SECTOR             | EFICIENCIAS |               | NIVEL DE PÉRDIDAS |                 | % DE MICROMEDICIÓN |
|--------------------|-------------|---------------|-------------------|-----------------|--------------------|
|                    | FÍSICAS (%) | COMERCIAL (%) | FÍSICAS (%)       | COMERCIALES (%) |                    |
| <b>Aeropuerto</b>  | 62.08%      | 52.69%        | 37.92%            | 24.21%          | 96.08%             |
| <b>Insurgentes</b> | 30.48%      | 52.69%        | 69.52%            | 26.94%          | 80.41%             |
| <b>Bachilleres</b> | 80.86%      | 52.69%        | 19.14%            | 6.57%           | 95.94%             |
| <b>Solidaridad</b> | 58.80%      | 52.69%        | 41.20%            | 29.14%          | 74.06%             |
| <b>Arboledas</b>   | 87.01%      | 52.69%        | 12.99%            | 45.04%          | 62.42%             |

**Fuente:** Elaboración propia con datos de las áreas comercial y operación de la CAPA (corte diciembre 2018).

#### II.2.2 Problemas que presenta la infraestructura actual

Debido a su tamaño y a la cantidad de usuarios que atiende, el sector Insurgentes se encuentra dividido en dos zonas de distribución independientes (zona Sur y zona Norte), cada una con su propio múltiple de descarga en el cárcamo Insurgentes.

De estas, en la zona *Insurgentes Norte*, se han presentado diversos problemas que han obligado al Organismo operador a realizar tandeos con horarios de servicio de 4 y 9 horas al día.

En lo que respecta a la infraestructura de distribución, esta presenta una antigüedad superior a los 20 años y por el crecimiento desordenado de la mancha urbana, su configuración no está ordenada, es decir, existen circuitos abiertos con ramificaciones conectadas a las líneas primarias; han presentado constantes fugas<sup>15</sup> (ver Figura II. 26) y por la dureza del agua, problemas de incrustaciones y taponamientos (Figura II. 27), que reducen el diámetro útil de conducción de las tuberías y afecta el funcionamiento de los medidores domiciliarios (afectación de las piezas móviles).

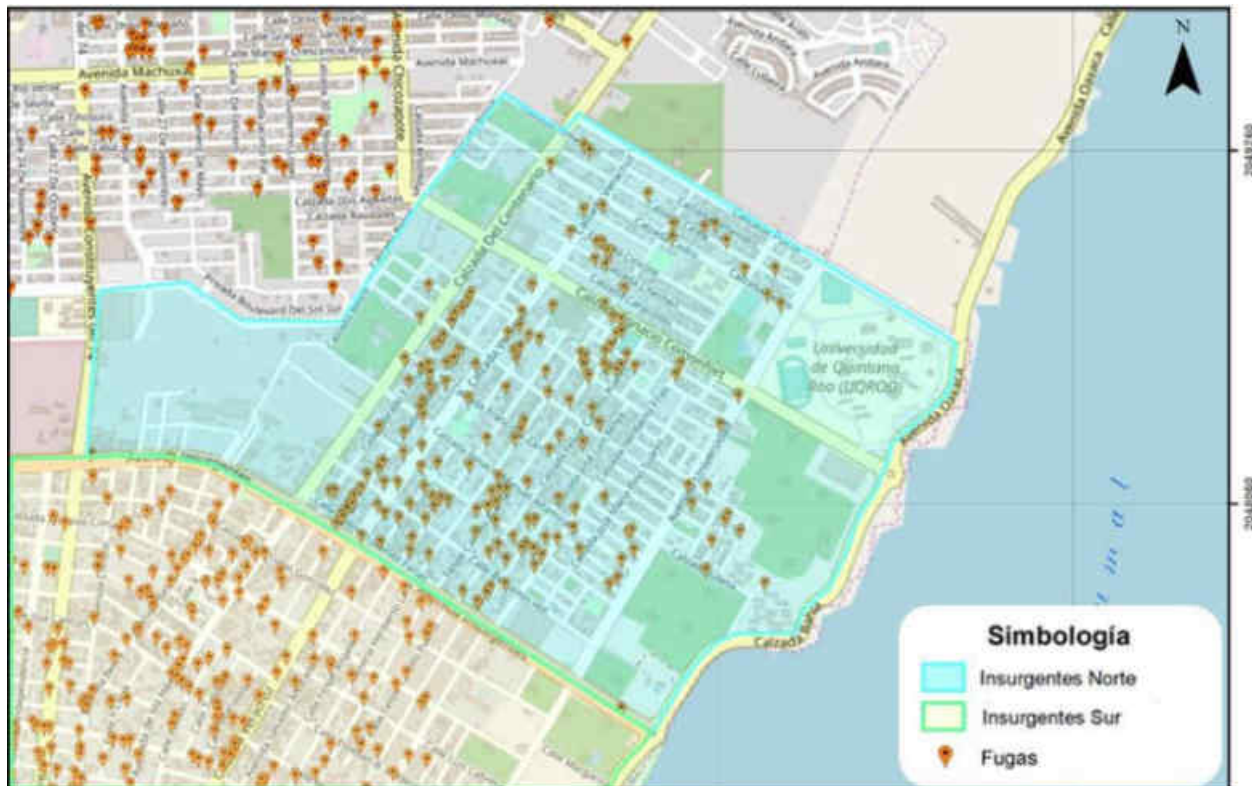
Lo anterior, aunado a la existencia de tomas largas de entre 100 a 200 M, que la red no cubre el 100% de la zona, afectan la eficiencia del sistema en cuanto a una pérdida considerable de presión y del caudal entregado en la toma domiciliaria, en la Figura II. 28, se muestra que en el sector existen zonas con presiones menores a los 0.1Kg/Cm<sup>2</sup>, lo cual afecta la entrega del vital líquido a los usuarios, siendo las zonas más alejadas a los tanques las más afectadas.

<sup>15</sup> que en su mayoría tardan en ser identificadas o bien por su ubicación pasan desapercibidas.



### II.2.2 Problemas que presenta la infraestructura actual

Las líneas primarias son de asbesto-cemento de 6" y 8" de diámetro, de estas las que se derivan del tanque Insurgentes y abastecen a toda la zona, son las de 8" y se ubican en el camellón de una vialidad principal (Calzada del Centenario), por lo que han sido afectadas por las raíces de los árboles, ocasionando desacoplamiento en las uniones y por tanto fugas, afectando con ello la continuidad del servicio y la presión en la zona.



**Figura II. 26** Distribución de las fugas reportadas y reparadas en *Insurgentes Norte*.

**Fuente:** Coordinación de Operación de la CAPA.



**Figura II. 27** Fotos de tuberías de la red de distribución con taponamientos por acumulación de sarro.

## II.2.2 Problemas que presenta la infraestructura actual



**Figura II. 28** Distribución de las presiones en *Insurgentes Norte*.

Fuente: Coordinación de Operación de la CAPA.

Es de señalarse que, por la configuración actual de la red, es necesario el paro total del servicio en la zona, para la reparación de fugas, lo cual, dependiendo del daño, puede durar entre 4 y 48 horas (este último, de no contar con las refacciones necesarias), que a su vez ocasiona costos para el abastecimiento de la zona (pipas), en lo que duran las reparaciones. Además de que posterior a las reparaciones es necesario un periodo de recuperación de presiones, lo cual afecta el servicio.

Esta situación ha sido causa de molestias en los usuarios ya que han incurrido en gastos adicionales ya sea para la adquisición de dispositivos de almacenamiento adicionales (tinacos o cisternas) si desean contar con el vital líquido a cualquier hora del día o bien para la adquisición e instalación de bombas para el bombeo directo del agua desde la toma domiciliaria hacia la vivienda, lo cual genera presiones negativas en la red, afectando así el servicio para las zonas más alejadas.

Asimismo, por la dureza del agua, deben destinar recursos para la limpieza de las instalaciones hidráulicas obstruidas por la sedimentación, de sus dispositivos de almacenamiento y accesorios hidráulicos lo que a su vez incrementa su consumo de agua para el aseo diario.





## II.2.2 Problemas que presenta la infraestructura actual

Adicional a ello, por la condición de las redes y las líneas primarias, para poder garantizar el servicio en la zona, el Organismo operador ha tenido que incrementar los recursos destinados para cubrir sus costos de operación y mantenimiento; según información proporcionada por la CAPA, durante el año 2018, en las líneas primarias se detectaron y repararon, al menos 3 fugas cada 4 meses, y en lo que respecta a la red secundaria, fueron alrededor de 1,120 fugas (Figura II. 29), por un costo aproximado de \$1,120,000.00 (son: un millón ciento veinte mil pesos 00/100 M.N.).

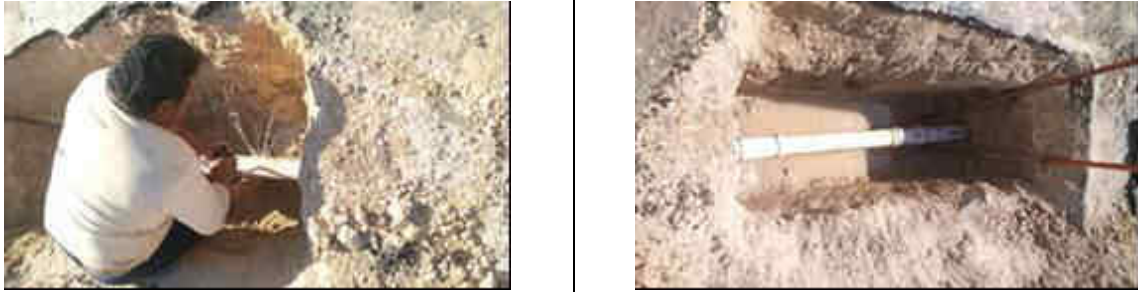


**Gráfica II. 3** Fugas detectadas y atendidas en el sector Insurgentes de la ciudad de Chetumal, en 2018.  
**Fuente:** Elaboración propia con información de la coordinación de operación de la CAPA.

Considerando que para el año 2018, el sistema Chetumal produjo un total de 661.81 lps de agua potable (aproximadamente 20,870,972.24 m<sup>3</sup>), lo cual representó costos por operación y mantenimiento por \$158,619,389.02 (son: ciento cincuenta y ocho millones, seiscientos diecinueve mil, trescientos ochenta y nueve pesos 02/100 M.N.), se estima que los costos de operación y mantenimiento actuales en la Ciudad ascienden a los 6.58 \$/m<sup>3</sup>, así como un costo por m<sup>3</sup> producido (sólo extracción, cloración y bombeo hacia la ciudad) de 1.02 \$/m<sup>3</sup>.



### II.2.2 Problemas que presenta la infraestructura actual



**Figura II. 29** Fotos de reparación de fugas en tuberías de la red de distribución.

Del total del caudal acumulado a diciembre, al sector Insurgentes se le abasteció con 185.98 lps<sup>16</sup>, equivalente a 5,865,001.28 m<sup>3</sup> de agua potable al año, de los cuales, aproximadamente el 40% fueron destinados a la zona Norte y el 60% restante a la zona Sur.

A la zona Norte del sector, se le entregó un volumen de 74.39 lps (2,346,000.51 M<sup>3</sup> al año), de los cuales sólo se facturaron 527,536.00 M<sup>3</sup> al año (16.73 lps); la diferencia de 57.66 lps (1,818,464.51 m<sup>3</sup>/año) se considera como pérdidas en la red de distribución y líneas primarias, teniendo una relación de eficiencia de aproximadamente un 22.49% (de cada 100 M<sup>3</sup> que ingresan a Insurgentes Norte, sólo 22.49 M<sup>3</sup> se entregan efectivamente a los usuarios); lo que representa una dotación promedio por habitante de 102.97 litros por día (LHD).



**Figura II. 30** Caudal entregado efectivamente en el sector Insurgentes al año 2018.

**Fuente:** elaboración propia con datos de la Coordinación Comercial de la CAPA.

Asimismo, se considera una eficiencia comercial reportada por el Organismo operador para el año 2018 del 52.69%<sup>17</sup>, por lo que se estima que en la zona de proyecto, del monto total facturado de \$9,403,351.67 (son: nueve millones, cuatrocientos tres mil, trescientos cincuenta y un pesos 67/100 M.N.); se recaudaron \$4,954,625.99 (son: cuatro millones, novecientos cincuenta y cuatro mil, seiscientos veinticinco pesos 99/100 M.N.).

<sup>16</sup> Incluye el gasto del pozo existente en los terrenos de los tanques (45 lps).

<sup>17</sup> Eficiencia de cobro del año 2018 del Organismo Operador Othón P. Blanco de la CAPA (Incluye Chetumal y zona Rural)



## II.3 Análisis de la Demanda Actual

### II.3.1 Características de la población objetivo

De acuerdo con el Organismo operador, a diciembre del 2018, en la ciudad de Chetumal se contaba con un padrón de 58,532 *usuarios activos*, de los cuales el 92.37% son domésticos, 6.33% son comerciales y el restante 1.30% son industriales, hoteleros y de servicios generales.

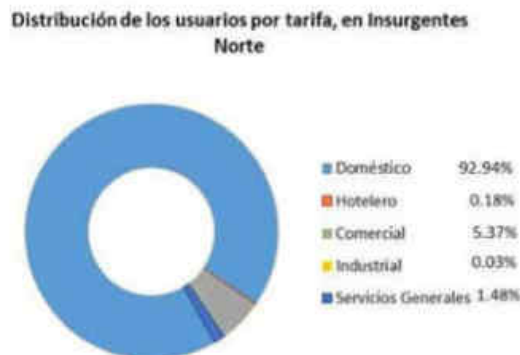


**Gráfica II. 4** Distribución de los usuarios activos por tarifa en la ciudad de Chetumal (diciembre 2018).

**Fuente:** Elaboración propia con información de la Coordinación comercial de la CAPA.

Para el presente documento se considerará la demanda de los usuarios no domésticos (comerciales, industriales, hoteleros y de servicios generales) como demanda satisfecha, centrandó el análisis en el consumo de los usuarios domésticos.

En la zona de proyecto (*Insurgentes Norte*) se cuenta con 3,910 usuarios en su mayoría domésticos.

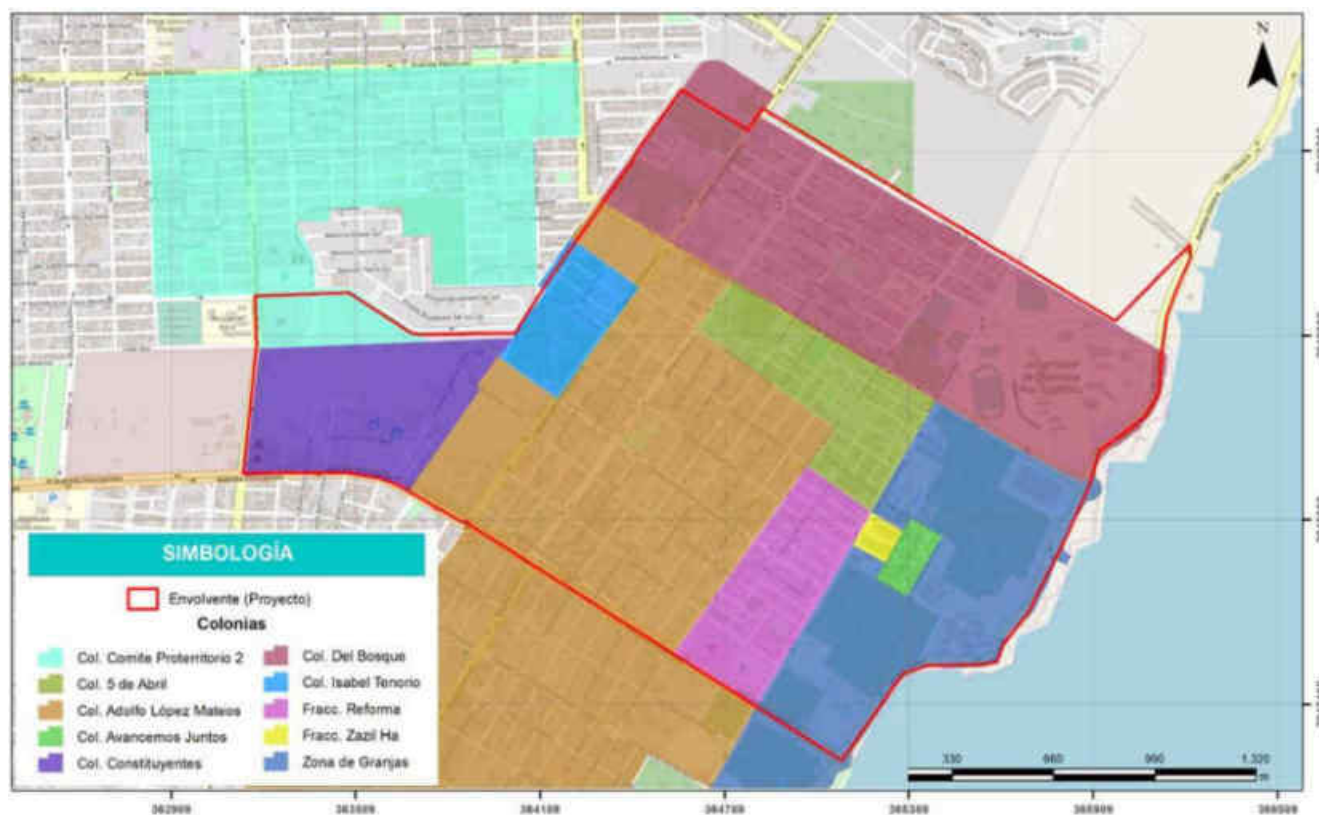


**Gráfica II. 5** Distribución de usuarios por tarifa en la zona de proyecto Insurgentes Norte.

**Fuente:** Elaboración propia con información de la Coordinación comercial de la CAPA.

### II.3.1 Características de la población objetivo

La zona de influencia inmediata del proyecto (Insurgentes Norte), comprende alrededor de 339.42 hectáreas, que incluye 3,910 usuarios (14,036 habitantes) en las colonias de: col. del Bosque, Col. 5 de abril, col. Isabel Tenorio, Fraccionamiento Reforma, Fraccionamiento Zazil-Ha, Col. Avancemos Juntos, Col. Constituyentes y Col. Adolfo López Mateos (Figura II. 31). Cuya distribución de la población actual por colonia se presenta en el Cuadro II. 12.



**Figura II. 31** Área de influencia por colonias de la zona de proyecto (Insurgentes Norte).

**Cuadro II. 12** Distribución de los usuarios por colonia, en el área de influencia inmediata del Proyecto, situación actual.

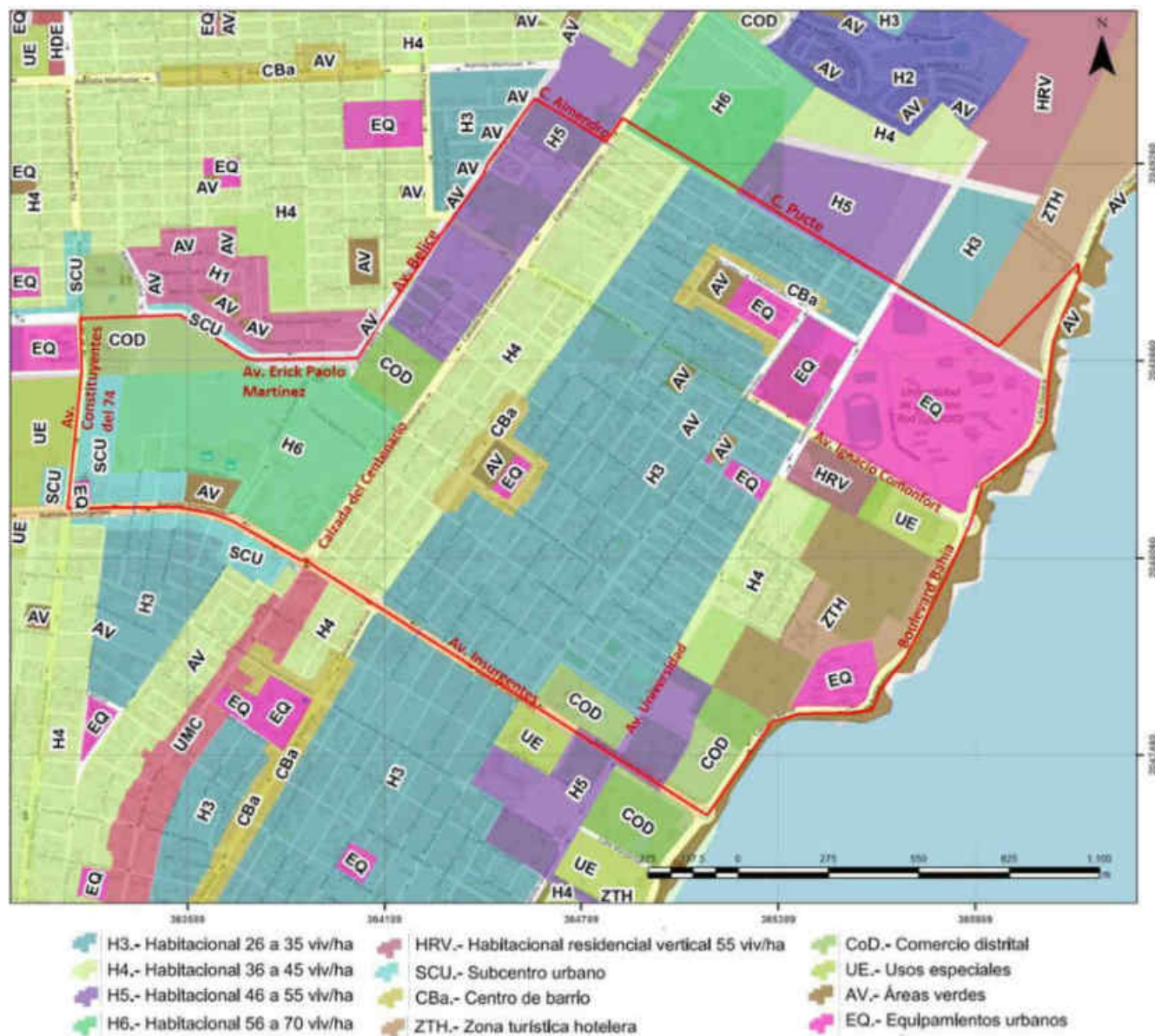
| COLONIAS                         | USUARIOS | COLONIAS                 | USUARIOS |
|----------------------------------|----------|--------------------------|----------|
| Colonia 5 de abril               | 291      | Colonia del Bosque       | 1,271    |
| Colonia Adolfo López Mateos      | 1,470    | Colonia Isabel Tenorio   | 86       |
| Fraccionamiento Avancemos Juntos | 43       | Fraccionamiento Reforma  | 609      |
| Colonia Constituyentes           | 35       | Fraccionamiento Zazil-Ha | 105      |

**Fuente:** Elaboración propia con información de la Dirección de planeación de infraestructura de la CAPA.



### II.3.1 Características de la población objetivo

Del mismo modo, es de destacarse que, de acuerdo con el PDU (Figura II. 32), la zona de proyecto se encuentra casi en su totalidad urbanizada, y en ella se ubican distintos Equipamientos (EQ), para usos especiales (UE), áreas verdes (AV), centros de barrio (CBa), Comercio Distrital (CoD) y habitacionales con densidades que van desde 26 viviendas por hectárea (H3) hasta 70 viviendas por hectárea (H6).



**Figura II. 32** Zonificación según el PDU de Insurgentes Norte (zona de proyecto).

**Fuente:** Programa de Desarrollo Urbano de Chetumal-Calderitas, Subteniente López, Huay-Pix y Xul-Ha, Municipio de Othón P. Blanco (pág. 539 y 540).



### II.3.1 Características de la población objetivo

También se destaca que, en la zona cercana al Boulevard Bahía, existe una franja denominada como *Turística Hotelera (ZTH)* y *Habitacional Residencial Vertical (HRV)*, cuyo desarrollo se proyecta en el mediano y largo plazo, con una densidad máxima de 55 viviendas por hectárea.

Asimismo, en la zona comprendida entre las vialidades av. Insurgentes, av. Constituyentes del 74, av. Erick Paolo Martínez, calle Belice, calle Almendro y calzada del Centenario, existen áreas sin urbanizar categorizadas como H5 y H6 con una densidad máxima de 55 y 70 viviendas por hectárea respectivamente

Considerando que ambas zonas ocupan una superficie de 127.13 hectáreas y que la zona de proyecto (Insurgentes Norte) habrá agotado la reserva territorial urbana en 20 años, se proyecta la incorporación de 5,213 nuevos usuarios a una tasa media de crecimiento anual de crecimiento calculada (t.m.c.a.) de 1.45%<sup>18</sup>.

### II.3.2 Necesidades de consumo o requerimiento actual

#### CONSUMO ACTUAL

De acuerdo con la Conagua cuando, *las demandas de los usuarios, comercial, industrial, y turística no sean significativas y que además no existan proyectos de desarrollo para estos sectores, en el análisis se podrán considerar como parte de la demanda doméstica* (MAPAS, 2015).

El consumo promedio por usuario se calculó a partir de los volúmenes medidos en tomas que cuentan con micromedidor en buen estado, con base en los volúmenes facturados y se considera un índice de hacinamiento de 3.59 habitantes por vivienda. De acuerdo con los datos de facturación del Organismo operador, en la zona de proyecto se tiene una demanda satisfecha de 16.73 lps (Cuadro II. 13), cuya distribución por colonia se muestra en el Cuadro II. 14.

**Cuadro II. 13** Clasificación por tipo de usuario y su consumo actual en la zona de proyecto.

| TARIFA        | USUARIOS     | %              | HACINAMIENTO | POBLACIÓN     | CONSUMO ACTUAL  |              |
|---------------|--------------|----------------|--------------|---------------|-----------------|--------------|
|               |              |                |              |               | M3/DÍA          | LPS          |
| Domésticos    | 3,634        | 92.94%         | 3.59         | 13,046        | 1,092.56        | 12.65        |
| No domésticos | 276          | 7.06%          | 3.59         | 990           | 352.74          | 4.08         |
| <b>TOTAL</b>  | <b>3,910</b> | <b>100.00%</b> |              | <b>14,036</b> | <b>1,445.30</b> | <b>16.73</b> |

**Fuente:** Elaboración propia con información de la Coordinación comercial de la CAPA.

<sup>18</sup> Calculada a partir de la información de la densidad máxima por hectárea en la zona, considerando que al año 20, la zona habrá agotado su reserva territorial urbana con un total de 5,213 usuarios.  $\{[(\text{Usuarios}_{\text{año}20}/\text{Usuarios}_{\text{año}0})/(1/n)]-1\}$

### II.3.2 Necesidades de consumo o requerimiento actual

**Cuadro II. 14** Consumo actual por colonia en el área de influencia inmediata del Proyecto.

| COLONIAS                         | USUARIOS | CONSUMO ACTUAL (LPS) | COLONIAS                 | USUARIOS | CONSUMO ACTUAL (LPS) |
|----------------------------------|----------|----------------------|--------------------------|----------|----------------------|
| Colonia 5 de abril               | 291      | 0.98                 | Colonia del Bosque       | 1,271    | 5.53                 |
| Colonia Adolfo López Mateos      | 1,470    | 6.04                 | Colonia Isabel Tenorio   | 86       | 0.50                 |
| Fraccionamiento Avancemos Juntos | 43       | 0.14                 | Fraccionamiento Reforma  | 609      | 2.24                 |
| Colonia Constituyentes           | 35       | 0.62                 | Fraccionamiento Zazil-Ha | 105      | 0.67                 |

**TOTAL: 3,910 16.73**

**Fuente:** Elaboración propia con información de la Dirección de planeación de infraestructura de la CAPA.

#### REQUERIMIENTO ACTUAL

De acuerdo con el Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de la Conagua (MAPAS, 2015), se define a la demanda como la suma de los consumos actuales más las pérdidas físicas (en el apartado de *Análisis de la Oferta Actual o Infraestructura Existente*, se determinó una eficiencia física en el sistema Insurgentes Norte en 22.49%, con pérdidas físicas del orden del 77.51%). Asimismo, se determina una dotación de 203 litros por habitante por día (LHD), propuesta para predios clase media en clima cálido húmedo, con lo que se estimó una demanda en condiciones deseables en la zona por 32.98 lps, cuya distribución por colonia se muestra en el Cuadro II. 16.

**Cuadro II. 15** Estimación de la demanda en condiciones deseables en la zona de proyecto.

| USUARIOS | HACINAMIENTO | POBLACIÓN | DOTACIÓN (LHD) <sup>a/</sup> | CONSUMO EN CONDICIONES DESEABLES (LPS) |
|----------|--------------|-----------|------------------------------|--|
| 3,910    | 3.59         | 14,036    | 203                          | 32.98                                  |

**Fuente:** Elaboración propia con información de la Dirección de Planeación de Infraestructura de la CAPA.

**Cuadro II. 16** Demanda en condiciones deseables, por colonia en el área de influencia inmediata del Proyecto.

| COLONIAS                         | USUARIOS     | POBLACIÓN     | DOTACIÓN (LHD) | CONSUMO EN CONDICIONES DESEABLES (LPS) |
|----------------------------------|--------------|---------------|----------------|--|
| Colonia 5 de abril               | 291          | 1,045         | 203            | 2.46                                   |
| Colonia Adolfo López Mateos      | 1,470        | 5,277         | 203            | 12.40                                  |
| Fraccionamiento Avancemos Juntos | 43           | 154           | 203            | 0.36                                   |
| Colonia Constituyentes           | 35           | 125           | 203            | 0.29                                   |
| Colonia del Bosque               | 1,271        | 4,563         | 203            | 10.72                                  |
| Colonia Isabel Tenorio           | 86           | 309           | 203            | 0.73                                   |
| Fraccionamiento Reforma          | 609          | 2,186         | 203            | 5.14                                   |
| Fraccionamiento Zazil-Ha         | 105          | 377           | 203            | 0.88                                   |
| <b>TOTAL</b>                     | <b>3,910</b> | <b>14,036</b> |                | <b>32.98</b>                           |

**Fuente:** Elaboración propia con información de la Dirección de planeación de infraestructura de la CAPA.

### II.3.2 Necesidades de consumo o requerimiento actual

Considerando que actualmente en la zona se tiene una eficiencia física del 22.49% con pérdidas del orden del 77.51%, es decir que de los 32.98 lps que actualmente se demandan, sólo se tiene una oferta real de 16.73 lps, lo que representa un déficit en la demanda de 16.25 lps.

Ante esta situación, se ha observado que la mayor parte de los usuarios (80%) de la zona, cuentan con dispositivos de almacenamiento (cisterna y/o tinaco) para solventar el problema de horarios, con el fin de garantizar su consumo del vital líquido; por otro lado, la parte restante, algunos se ayudan de bombas con características de 0.5 hp para el bombeo intradomiciliario desde la toma de agua hasta su tinaco (Rotoplass) al interior de la vivienda (ya que la presión sólo permite que el agua llegue a la toma en las inmediaciones del predio); otros incluso deben solicitar el servicio de pipas al menos una vez al mes o bien deben recurrir al acarreo intradomiciliario desde su toma hasta el interior de sus viviendas.

**Cuadro II. 17** Métodos alternativos

| MÉTODOS ALTERNATIVOS                | %              | USUARIOS     |
|-------------------------------------|----------------|--------------|
| Cisterna                            | 36.58%         | 1,430        |
| Tinaco (Rotoplass)                  | 43.42%         | 1,698        |
| Acarreo intradomiciliario (Cubetas) | 3.69%          | 144          |
| Bombeo intradomiciliario (0.5 Hp)   | 15.10%         | 590          |
| Pipas (10,000 L)                    | 1.21%          | 47           |
| <b>TOTAL</b>                        | <b>100.00%</b> | <b>3,910</b> |

Esto representa costos por la adquisición, sustitución y mantenimiento tanto de los equipos de bombeo (con periodo de vida útil de dos años, un costo de adquisición de \$1,175 y costos de operación y mantenimiento de \$1,500 al año), como de los dispositivos de almacenamiento (con periodo de vida útil de 20 años, con un costo de adquisición de \$2,011 por una capacidad de 750L, y un costo de mantenimiento anual de \$2,200) y de la compra de agua en pipa (con un costo promedio al año de \$6,000<sup>19</sup>).



<sup>19</sup> Actualmente el costo de la compra del agua en pipa en la ciudad de Chetumal es de \$500 por un volumen de 10 M<sup>3</sup>.

## II.4 Diagnóstico de la Interacción de la Oferta-Demanda actual.

En la zona Norte del sector Insurgentes de la ciudad de Chetumal (*Insurgentes Norte*), derivado de la antigüedad de la infraestructura de distribución (superior a los 20 años), se cuenta con un servicio de agua potable que opera con baja eficiencia.

El material de las tuberías de las líneas primarias y de la red de distribución se han vuelto susceptibles a fracturas, colapsos y rupturas, dando como resultado altos volúmenes de pérdidas por la presencia constante de fugas que, aunado a una reducción del diámetro hidráulico por las incrustaciones y taponamientos resultado de la dureza del agua de la zona; han derivado en una reducción considerable de la presión en la red.

Esta situación, ha ocasionado que el organismo operador se vea en la necesidad de definir zonas con periodos de servicio de cuatro y nueve horas, lo que ha sido causa de molestias para los usuarios quienes han incurrido en costos para asegurar su consumo, tales como la adquisición o construcción de dispositivos de almacenamiento, así como métodos alternativos de abastecimiento (compra de agua en pipa, acarreo y/o bombeo intradomiciliario<sup>20</sup>) e incluso por la dureza del agua, han tenido que destinar recursos para la limpieza de las instalaciones hidráulicas de sus viviendas (Cuadro II. 18).

**Cuadro II. 18** Costos Anuales por método alternativo, Insurgentes Norte.

| MÉTODO ALTERNATIVO | CAPACIDAD PROMEDIO (L) | VIDA ÚTIL (AÑOS) | COSTO ANUAL |               |                         |       | \$/L |
|--------------------|------------------------|------------------|-------------|---------------|-------------------------|-------|------|
|                    |                        |                  | OPERACIÓN   | MANTENIMIENTO | ADQUISICIÓN/SUSTITUCIÓN | TOTAL |      |
| CISTERNA           | 4,000                  | 25               | 1,700       | 1,200         | 1,600                   | 4,500 | 1.13 |
| TINACO (ROTOPLASS) | 750                    | 20               | 1,200       | 1,000         | 100.55                  | 2,301 | 3.07 |
| CUBETAS 20 L       | 20                     | 5                | 0           | 0             | 6                       | 6     | 1.50 |
| BOMBA              | 0.5 HP                 | 2                | 1,000       | 500           | 587.5                   | 2,088 | 0.01 |
| PIPAS (10,000 L)   | 10,000                 | 1                | 0           | 0             | 6,000                   | 6,000 | 0.60 |

| PERIODO | AÑO | COSTO POR MÉTODO ALTERNATIVO |                    |         |              |            | TOTAL      | VALOR ACTUAL |
|---------|-----|------------------------------|--------------------|---------|--------------|------------|------------|--------------|
|         |     | CISTERNA                     | TINACO (ROTOPLASS) | CUBETAS | BOMBA        | PIPAS      |            |              |
| 2020    | 0   | 6,436,251.00                 | 3,905,694.35       | 865.67  | 1,232,480.88 | 283,866.00 | 11,859,158 | 11,859,158   |

<sup>20</sup> Este último a su vez, genera presiones negativas en la red, afectando así el servicio para las zonas más alejadas, es decir, el consumo es muy alto provocando una pérdida de carga muy alta y por tanto una caída de presión.

## II.4 Diagnóstico de la Interacción de la Oferta-Demanda actual.

De acuerdo con datos del Organismo operador, para el año 2018 en la zona de proyecto (Insurgentes Norte) se distribuyeron un total de 74.39 lps del volumen producido, de los cuales únicamente se contabilizaron como efectivamente entregado a los usuarios, un total de 16.73 lps, lo que se refleja en una eficiencia física en el sector del 22.49%, con un promedio de pérdidas físicas del 77.51%<sup>21</sup>. Además de que se reportó una eficiencia comercial del 52.69%.

Al cotejar la demanda calculada de 32.98 lps con la oferta real en la zona (16.73 lps), en las condiciones actuales, se presenta un déficit promedio de 16.25 lps. Este desbalance es atribuido al elevado nivel de pérdidas por fugas y un incorrecto aislamiento del sector, así como las deficiencias en la medición de llegada.

**Cuadro II. 19** Balance del gasto (lps) de la Oferta y la Demanda actual, en Insurgentes Norte.

| ZONA              | USUARIOS | HACINAMIENTO | POBLACIÓN | DOTACIÓN (LHD) | OFERTA REAL (LPS) | DEMANDA (LPS) | DÉFICIT (LPS) |
|-------------------|----------|--------------|-----------|----------------|-------------------|---------------|---------------|
| Insurgentes Norte | 3,910    | 3.59         | 14,036    | 203            | 16.73             | 32.98         | 16.25         |

**Fuente:** Elaboración propia.

Asimismo, este alto índice de fugas, que en ocasiones pasan desapercibidas, ha repercutido en los costos para la operación y mantenimiento del sistema, ya que el Organismo operador se ha visto en la necesidad de destinar personal para la detección y atención de fugas de manera constante y periódica, lo que implica el uso excedente de materiales para reparaciones, rentas de equipos, entre otras acciones necesarias para mantenimiento correctivo.

Para el año 2018, el Organismo operador destinó alrededor de \$1,120,000.00 para la detección y reparaciones de fugas en todo el sector Insurgentes.

De continuar operando bajo las condiciones actuales, el Sistema reduciría más aún la relación de eficiencia, y alternativamente se tendría que incrementar el costo de mantenimiento de la red de distribución y, por lo tanto, el costo de operación.

Es decir, se estima que las pérdidas del sistema presentarán un incremento del orden del 1.5% anual; suponiendo que la producción de agua potable se incremente para poder compensar dichas pérdidas y la incorporación de los nuevos usuarios, con lo que la eficiencia del sistema se vería afectada.

<sup>21</sup> Es preciso recalcar que en él también se encuentra implícito el agua-no contabilizada que se da por la falta de micromedición, los errores de medición y macromedición, tomas clandestinas, consumos promedios etc., que hacen que la eficiencia sea baja.



## III Situación sin el PPI

### III.1 Optimizaciones

Con el fin de no atribuir al proyecto beneficios que no le corresponden se debe buscar optimizar la situación actual. Para ello se requiere analizar medidas administrativas de bajo costo que permitan obtener parte o la totalidad de beneficios identificados para el proyecto.

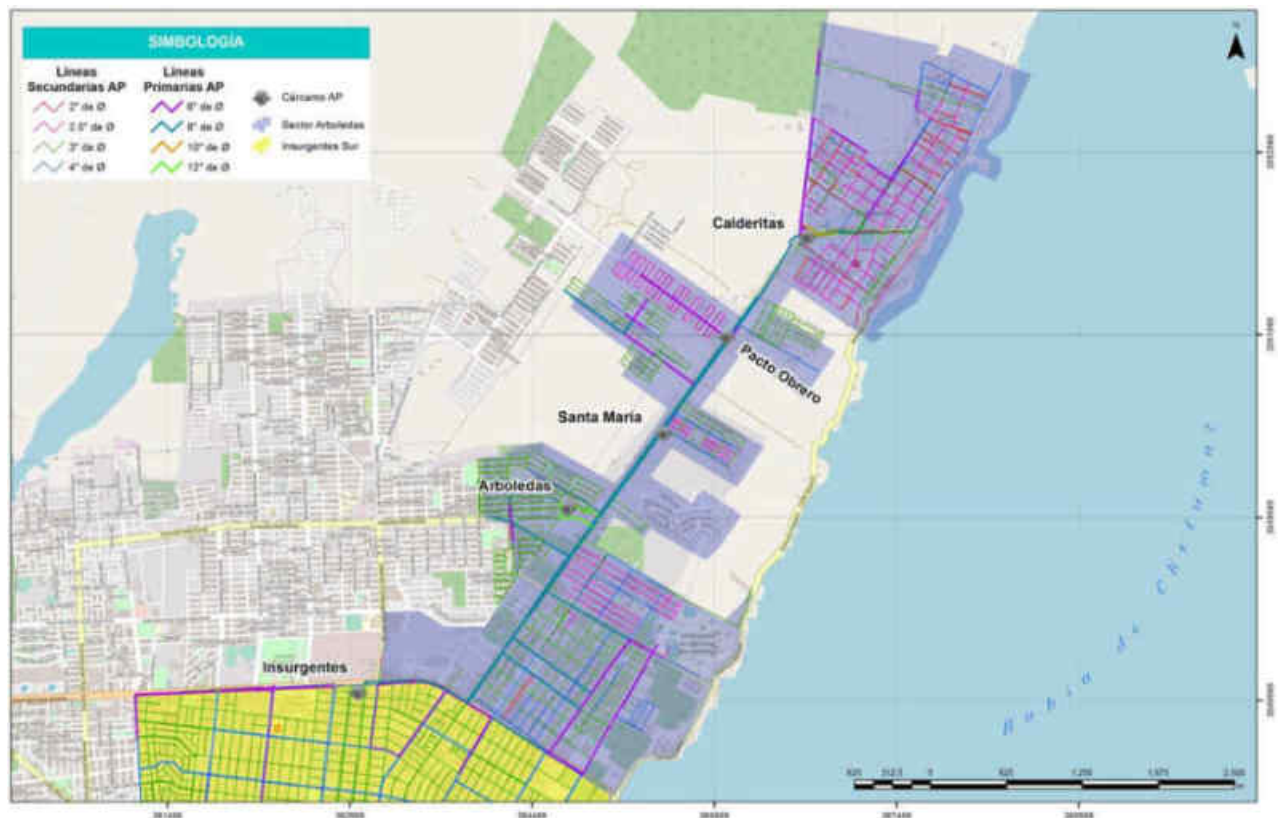
Como optimización se analizaron acciones para el mejoramiento de la eficiencia física, tales como:

1. Incrementar al 100% la medición en la zona, con lo que se garantice el incremento en las eficiencias por concepto de *consumo medido*: que consiste en un programa de acciones para la sustitución de los medidores domiciliarios (cuando no funcionen o no se tenga), así como el mantenimiento preventivo y correctivo menor (durante su operación); en el caso de las sustituciones, éstas se realizarán al primer año por un monto de inversión (sin IVA) de \$4,059,362.00 (son: cuatro millones, cincuenta y nueve mil, trescientos sesenta y dos pesos 00/100 M.N.), considerando el mantenimiento anual correspondiente al 10% de la inversión inicial y una reinversión al término de su periodo de vida útil (10 años), proyectados al horizonte de evaluación (21 años), se obtiene un costo al valor presente de \$8,978,733.90 (son: ocho millones, novecientos setenta y ocho mil, setecientos treinta y tres pesos 90/100 M.N.).
- 2) la interconexión de las líneas primarias y de la red de distribución de la zona (sin la sustitución de tuberías) al tanque del sector Arboledas, mediante la construcción de un nuevo tren y múltiple de descarga equipado con 3 equipos de bombeo de 15 Hp para un gasto de 35 lps, que incluya en la descarga a red, un medidor de flujo, además de las adecuaciones eléctricas y su sistema de arranque y de control. Para la interconexión del nuevo múltiple con las líneas primarias existentes se considera la construcción de una nueva línea de conducción de 533.66 M de 12" de diámetro de PEAD hidráulico. Esto por un monto (sin IVA) de \$4,331,295.19 (son: cuatro millones, trescientos treinta y un mil, doscientos noventa y cinco pesos 19/100 M.N.), con un costo por mantenimiento anual correspondiente al 10% de la inversión inicial y una reinversión al término de su periodo de vida útil (cada 10 años) que, proyectados al horizonte de evaluación, representan un costo al valor presente de \$8,247,064.46 (son: ocho millones, doscientos cuarenta y siete mil, sesenta y cuatro pesos 46/100 M.N.).

Del análisis que se realizó de dichas optimizaciones, se concluye que ambas son técnicamente viables, e implican un costo menor al 10% de la inversión objeto del presente estudio.

## III.2 Análisis de la Oferta sin el PPI

Una vez optimizada la situación actual, la zona Norte del sector Insurgentes (*Insurgentes Norte*) pasará a formar parte del sector Arboledas<sup>22</sup>, incorporando un total de 339.42 hectáreas al área de influencia del sector (pasará de un total de 630.37 hectáreas a 969.79 hectáreas).



**Figura III. 1** Infraestructura de almacenamiento, regulación y distribución en el sector Arboledas, situación sin proyecto.

Como resultado de las optimizaciones, el sistema de distribución en el sector Arboledas operará de tal forma que, en el tanque principal "Arboledas", con capacidad de regulación de 1,723 M<sup>3</sup>, se ubicarán dos múltiples de descarga:

1. uno que actualmente opera las 24 horas del día para suministrar directamente los tres arreglos internos de tanques que dan servicio a Santa María (uno superficial de 396.83 M<sup>3</sup> y uno elevado de 76.73 M<sup>3</sup>), Pacto Obrero (superficial de 207.68 M<sup>3</sup>) y a la localidad de

<sup>22</sup> el más joven de los sectores conformados en la ciudad y que incluye en su área de influencia a la localidad de Calderitas, se abastece desde la zona de extracción, a través de una línea de conducción de 18" de diámetro que se desprende de la línea de 36" y que llega al tanque superficial, 2018, al sector ingresó un caudal aproximado de 21.64 lps.

### III.2 Análisis de la Oferta sin el PPI

Calderitas (uno superficial de 42.44 M<sup>3</sup> y uno elevado de 71.31 M<sup>3</sup>).

- El segundo, equipado con 3 bombas de 15Hp de 35 lps, que operará 12 horas (7 am – 7pm) para abastecer al nuevo anexo (*Insurgentes Norte*), dicho múltiple de descarga se interconectará a las líneas primarias existentes de 6" y 8" de diámetro de asbesto-cemento, a través de una nueva línea de 12" de diámetro de PEAD de 533 M, que inicie a la salida del múltiple de descarga y se conecte a las líneas primarias en la Calzada del Centenario.

Estos arreglos, permitirá que, de las cuatro zonas de distribución con las que cuenta el sector (Arboledas, Santa María, Pacto Obrero y Calderitas), la zona Arboledas incremente su área de influencia, aunque, con dos horarios de servicio, uno de 24 horas en la zona original y otro de 12 horas en el nuevo anexo (*Insurgentes Norte*).



**Figura III. 2** Zonas de distribución en el sector Arboledas, situación sin proyecto.

Actualmente la red de distribución en las cuatro zonas de distribución del sector consiste en 86.65 Km de tuberías de PVC con diámetros de entre 2" y 4" de diámetro, con líneas primarias de 6", 8" y 10" con una antigüedad aproximada de 13 años.

### III.2 Análisis de la Oferta sin el PPI

Por su parte, para la red de distribución en el nuevo anexo de la zona Arboledas (Insurgentes Norte), no se consideraron acciones de optimización más que la sustitución de la micromedición, por lo que consiste en tubería de PVC de diámetros de entre 2 y 4" y cubre gran parte de la zona.

**Cuadro III. 1** Infraestructura de distribución en Insurgentes Norte, situación sin proyecto.

| INFRAESTRUCTURA     | ML        | MATERIAL        | DIÁMETROS (Pulg.) |
|---------------------|-----------|-----------------|-------------------|
| Líneas primarias    | 5,130.55  | Asbesto-cemento | 6" y 8"           |
|                     |           | PEAD hidráulico | 12"               |
| Red de distribución | 42,716.56 | PVC hidráulico  | 2", 2.5", 3" y 4" |

**Fuente:** Elaboración propia con información de la Dirección de planeación de infraestructura de la CAPA.

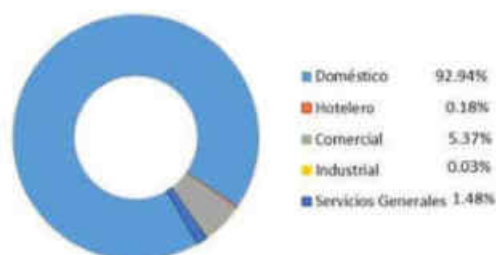
De la incorporación de Insurgentes Norte al sector Arboledas, en la zona se logrará un incremento en las horas de servicio (con un periodo de servicio de 12 horas), además de que la presión en la red se podrá elevar hasta los 0.30 Kg/Cm<sup>2</sup>.

Asimismo, al incrementar la medición tanto a la entrada de la zona (macromedidor a la salida del tanque) como a la entrega en la toma de los usuarios (sustitución de los micromedidores), se determina que en su conjunto se tendrían efectos positivos sobre la eficiencia del sistema, es decir, se estima que con su aplicación se podrá incrementar la eficiencia física al primer año en aproximadamente un 2.0%.

### III.3 Análisis de la Demanda sin el PPI

De acuerdo con el Organismo operador, a diciembre del 2018, en la zona de proyecto (Insurgentes Norte) se cuenta con 3,910 usuarios en su mayoría domésticos.

Distribución de los usuarios por tarifa, en Insurgentes Norte



**Gráfica III. 1** Distribución de usuarios por tarifa en la zona de proyecto Insurgentes Norte.

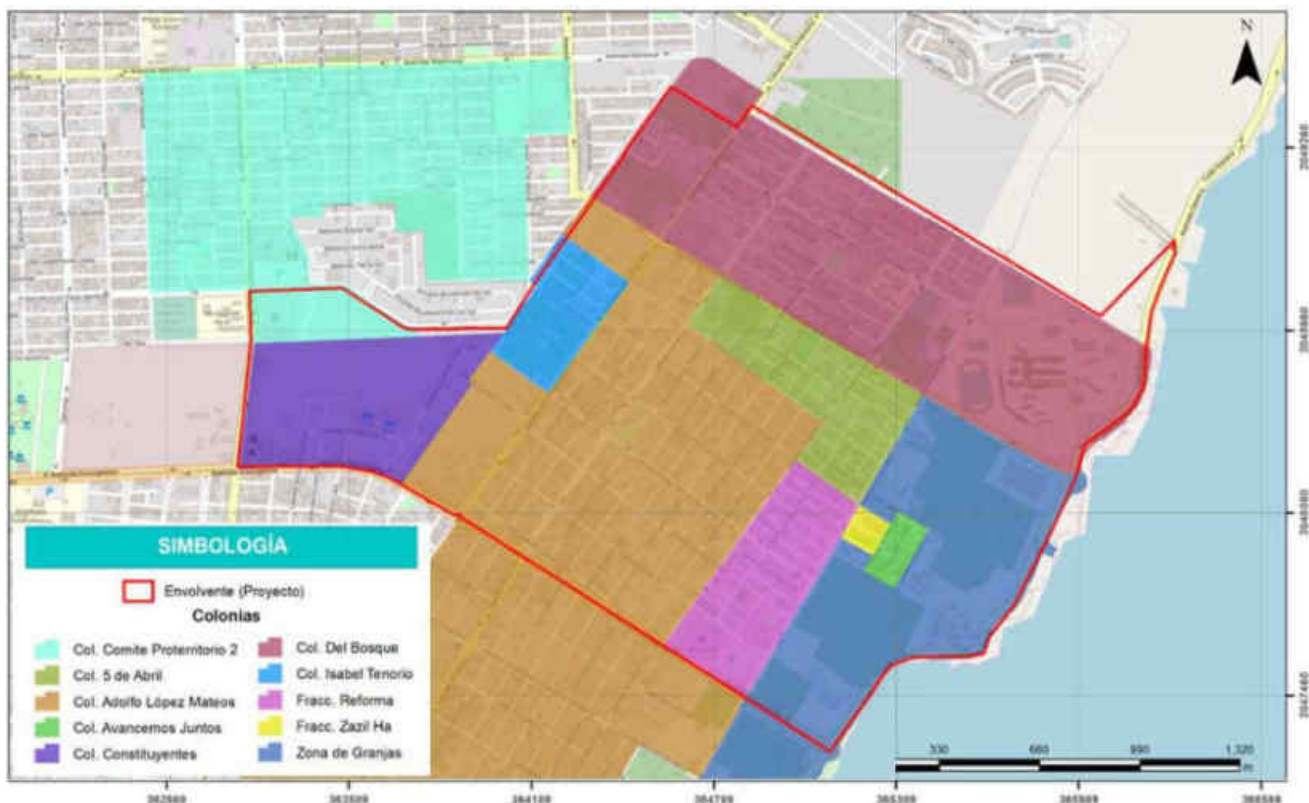
**Fuente:** Elaboración propia con información de la Coordinación comercial de la CAPA.





### III.3 Análisis de la Demanda sin el PPI

La zona de influencia inmediata del proyecto (Insurgentes Norte), comprende alrededor de 339.42 hectáreas, que incluye un total de 3,910 usuarios (14,036 habitantes) en las colonias de: col. del Bosque, Col. 5 de abril, col. Isabel Tenorio, Fraccionamiento Reforma, Fraccionamiento Zazil-Ha, Col. Avancemos Juntos, Col. Constituyentes y Col. Adolfo López Mateos.



**Figura III. 3** Área de influencia por colonias de la zona de proyecto (Insurgentes Norte).

Considerando una tasa media de crecimiento del 1.45%, con la que, en un periodo de 20 años, en el que se alcanzará la saturación urbana en Insurgentes Norte, se proyecta la demanda de agua potable en la zona teniendo en cuenta la incorporación de los nuevos usuarios, que las preferencias de consumo no se modifican, es decir, se mantienen en el tiempo y que la eficiencia de micromedición es del 100%, a continuación, se proyecta el consumo en la zona de proyecto.



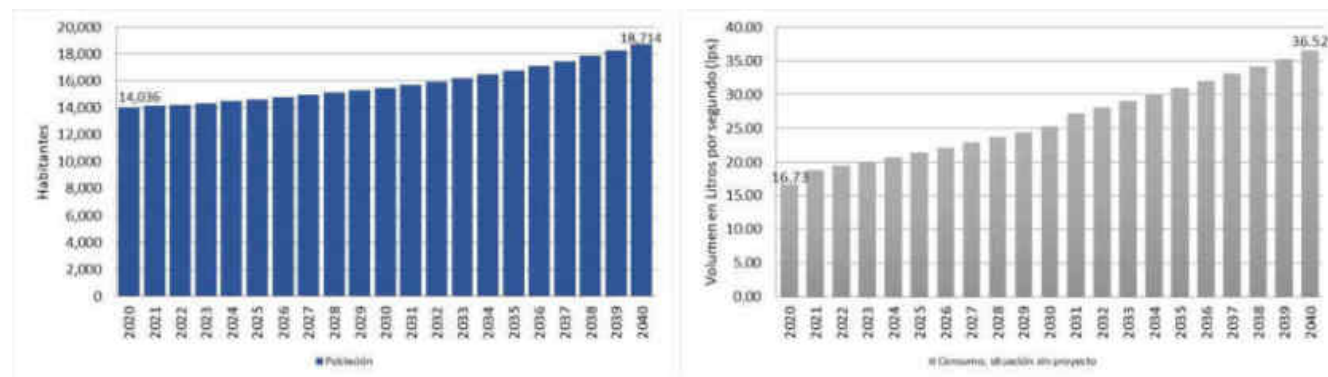


### III.3 Análisis de la Demanda sin el PPI

**Cuadro III. 2** Proyección de la población y su consumo real en Insurgentes Norte, situación sin proyecto (2020-2040).

| PERIODO | AÑO | POBLACIÓN | CONSUMO REAL |       |
|---------|-----|-----------|--------------|-------|
|         |     |           | M3/AÑO       | LPS   |
| 2020    | 0   | 14,036    | 527,536      | 16.73 |
| 2021    | 1   | 14,138    | 592,959      | 18.80 |
| 2022    | 2   | 14,247    | 612,652      | 19.43 |
| 2023    | 3   | 14,364    | 633,000      | 20.07 |
| 2024    | 4   | 14,491    | 654,024      | 20.74 |
| 2025    | 5   | 14,628    | 675,746      | 21.43 |
| 2026    | 6   | 14,776    | 698,189      | 22.14 |
| 2027    | 7   | 14,935    | 721,378      | 22.87 |
| 2028    | 8   | 15,108    | 745,337      | 23.63 |
| 2029    | 9   | 15,294    | 770,092      | 24.42 |
| 2030    | 10  | 15,495    | 795,669      | 25.23 |
| 2031    | 11  | 15,713    | 858,219      | 27.21 |
| 2032    | 12  | 15,949    | 886,723      | 28.12 |
| 2033    | 13  | 16,204    | 916,174      | 29.05 |
| 2034    | 14  | 16,481    | 946,602      | 30.02 |
| 2035    | 15  | 16,781    | 978,042      | 31.01 |
| 2036    | 16  | 17,107    | 1,010,525    | 32.04 |
| 2037    | 17  | 17,460    | 1,044,087    | 33.11 |
| 2038    | 18  | 17,844    | 1,078,764    | 34.21 |
| 2039    | 19  | 18,261    | 1,114,593    | 35.34 |
| 2040*   | 20  | 18,714    | 1,151,612    | 36.52 |

Fuente: Elaboración propia.



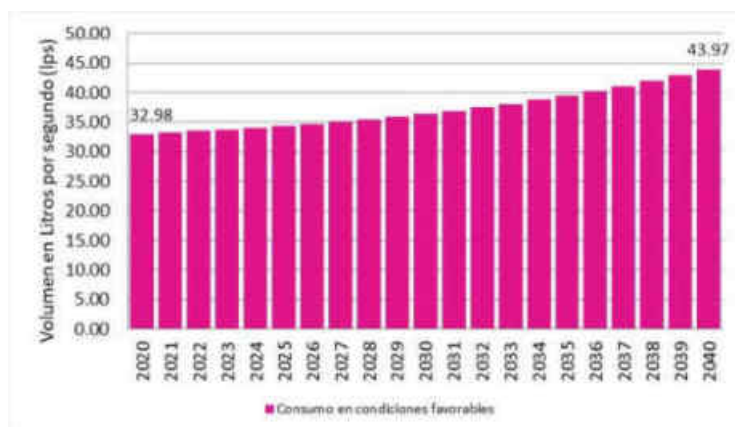
**Gráfica III. 2** Proyección de la población y su consumo real en Insurgentes Norte, situación sin proyecto.

### III.3 Análisis de la Demanda sin el PPI

**Cuadro III. 3** Proyección de la población y su consumo “en condiciones favorables” en Insurgentes Norte, situación sin proyecto (2020-2040).

| PERIODO     | AÑO      | POBLACIÓN     | CONSUMO EN CONDICIONES FAVORABLES |              |
|-------------|----------|---------------|-----------------------------------|--------------|
|             |          |               | M3/AÑO                            | LPS          |
| <b>2020</b> | <b>0</b> | <b>14,036</b> | <b>1,039,997</b>                  | <b>32.98</b> |
| 2021        | 1        | 14,138        | 1,047,555                         | 33.22        |
| 2022        | 2        | 14,247        | 1,055,631                         | 33.47        |
| 2023        | 3        | 14,364        | 1,064,301                         | 33.75        |
| 2024        | 4        | 14,491        | 1,073,711                         | 34.05        |
| 2025        | 5        | 14,628        | 1,083,862                         | 34.37        |
| 2026        | 6        | 14,776        | 1,094,828                         | 34.72        |
| 2027        | 7        | 14,935        | 1,106,609                         | 35.09        |
| 2028        | 8        | 15,108        | 1,119,427                         | 35.50        |
| 2029        | 9        | 15,294        | 1,133,209                         | 35.93        |
| 2030        | 10       | 15,495        | 1,148,102                         | 36.41        |
| 2031        | 11       | 15,713        | 1,164,255                         | 36.92        |
| 2032        | 12       | 15,949        | 1,181,741                         | 37.47        |
| 2033        | 13       | 16,204        | 1,200,635                         | 38.07        |
| 2034        | 14       | 16,481        | 1,221,160                         | 38.72        |
| 2035        | 15       | 16,781        | 1,243,388                         | 39.43        |
| 2036        | 16       | 17,107        | 1,267,543                         | 40.19        |
| 2037        | 17       | 17,460        | 1,293,699                         | 41.02        |
| 2038        | 18       | 17,844        | 1,322,151                         | 41.93        |
| 2039        | 19       | 18,261        | 1,353,049                         | 42.90        |
| 2040        | 20       | 18,714        | 1,386,614                         | 43.97        |

Fuente: Elaboración propia.



**Gráfica III. 3** Proyección de la demanda en condiciones favorables en Insurgentes Norte, situación sin proyecto.

#### III.4 Diagnóstico de la Interacción de la Oferta-demanda sin el PPI.

Con el incremento de las horas de servicio (con un periodo de servicio de 12 horas), producto de la conexión de la zona al tanque Arboledas, se podrá incrementar la presión en la red hasta los 0.30 Kg/Cm<sup>2</sup>, aunado al incremento de la medición en la zona (tanto a la entrada de la zona como a la entrega en la toma de los usuarios), se logrará que al primer año de operación en la zona se tenga una eficiencia física del 24.29%.

**Cuadro III. 4** Gastos y pérdidas del sistema en Insurgentes Norte, situación sin proyecto (año 1).

| USUARIOS | GASTO SUMINISTRADO |       | GASTO MEDIDO (OFERTA REAL) |       | NIVEL DE PÉRDIDAS |               | % MICROMEDICIÓN |
|----------|--------------------|-------|----------------------------|-------|-------------------|---------------|-----------------|
|          | M3/DÍA             | LPS   | M3/DÍA                     | LPS   | % FÍSICAS         | % COMERCIALES |                 |
| 3,938    | 6,681.37           | 77.33 | 1,624.54                   | 18.80 | 75.69%            | 47.31%        | 100%            |

**Fuente:** Elaboración propia con información de la Dirección de planeación de infraestructura de la CAPA.

No obstante, al proyectarse durante el periodo de evaluación, se distingue que no se alcanzará el impacto esperado, ya que por la antigüedad de la infraestructura de distribución (superior a los 20 años), el incremento de la presión, representa un riesgo de que la red se reviente, es decir, a mayor presión, mayores son las fugas (se estiman con incrementos anuales del orden de 1.5%) que, aunado a los taponamientos y a la reducción del diámetro hidráulico en la red, seguirán afectando a la eficiencia del sistema y con ello molestias a los usuarios en la zona (volúmenes de pérdidas importantes, que deberán ser compensadas con el uso de métodos alternativos).

Asimismo, por la organización de la red y al no considerar acciones de ampliación de red, aún existirían áreas (cercanas al Boulevard Bahía y a la Av. Constituyentes) sin infraestructura fomentando la existencia de tomas largas de entre 100 hasta 200 M de longitud (fomentando el uso de métodos alternativos) y por tanto mayores costos para el organismo operador.

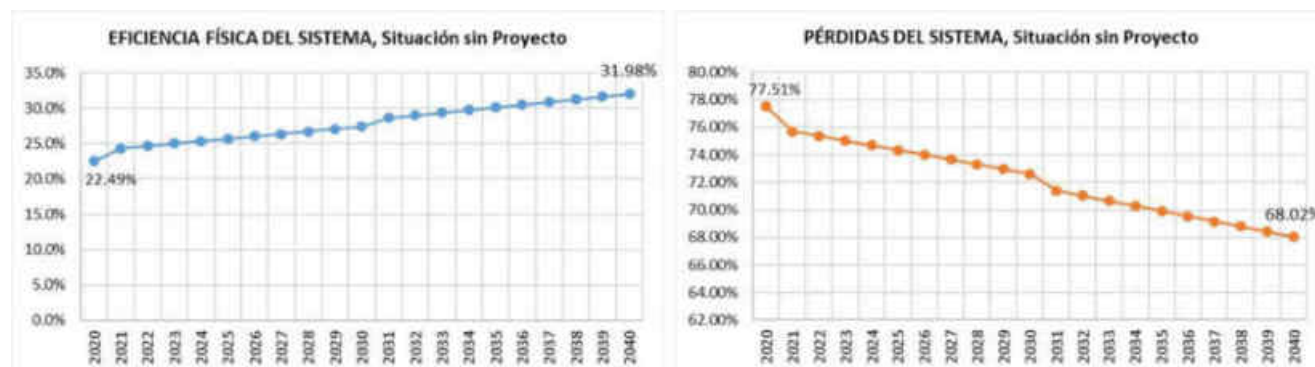
**Cuadro III. 5** Proyección de la eficiencia del sistema en Insurgentes Norte, situación sin proyecto (2020-2040).

| PERIODO | AÑO | VOLUMEN DISPONIBLE (SP) | OFERTA REAL (SP) | PÉRDIDAS (SP) | EFICIENCIA FÍSICA DEL SISTEMA (SP) | PÉRDIDAS DEL SISTEMA (SP) |
|---------|-----|-------------------------|------------------|---------------|------------------------------------|---------------------------|
| 2020    | 0   | 74.39                   | 16.73            | 57.66         | 22.49%                             | 77.51%                    |
| 2021    | 1   | 77.33                   | 18.80            | 58.53         | 24.31%                             | 75.69%                    |
| 2022    | 2   | 78.83                   | 19.43            | 59.41         | 24.64%                             | 75.36%                    |
| 2023    | 3   | 80.37                   | 20.07            | 60.30         | 24.98%                             | 75.02%                    |
| 2024    | 4   | 81.94                   | 20.74            | 61.20         | 25.31%                             | 74.69%                    |
| 2025    | 5   | 83.55                   | 21.43            | 62.12         | 25.65%                             | 74.35%                    |
| 2026    | 6   | 85.19                   | 22.14            | 63.05         | 25.99%                             | 74.01%                    |
| 2027    | 7   | 86.87                   | 22.87            | 64.00         | 26.33%                             | 73.67%                    |

### III.4 Diagnóstico de la Interacción de la Oferta-demanda sin el PPI.

|      |    |        |       |       |        |        |
|------|----|--------|-------|-------|--------|--------|
| 2028 | 8  | 88.59  | 23.63 | 64.96 | 26.68% | 73.32% |
| 2029 | 9  | 90.35  | 24.42 | 65.93 | 27.03% | 72.97% |
| 2030 | 10 | 92.15  | 25.23 | 66.92 | 27.38% | 72.62% |
| 2031 | 11 | 95.14  | 27.21 | 67.92 | 28.60% | 71.40% |
| 2032 | 12 | 97.06  | 28.12 | 68.94 | 28.97% | 71.03% |
| 2033 | 13 | 99.03  | 29.05 | 69.98 | 29.34% | 70.66% |
| 2034 | 14 | 101.04 | 30.02 | 71.03 | 29.71% | 70.29% |
| 2035 | 15 | 103.11 | 31.01 | 72.09 | 30.08% | 69.92% |
| 2036 | 16 | 105.22 | 32.04 | 73.17 | 30.45% | 69.55% |
| 2037 | 17 | 107.38 | 33.11 | 74.27 | 30.83% | 69.17% |
| 2038 | 18 | 109.59 | 34.21 | 75.39 | 31.21% | 68.79% |
| 2039 | 19 | 111.86 | 35.34 | 76.52 | 31.60% | 68.40% |
| 2040 | 20 | 114.18 | 36.52 | 77.66 | 31.98% | 68.02% |

Fuente: Elaboración propia.



**Gráfica III. 4** Proyección de la eficiencia física y de las pérdidas del sistema en Insurgentes Norte, situación sin proyecto.

De acuerdo con lo anterior, con las acciones de optimización se logrará incrementar el volumen medido en un 9.08%, de tal forma que la relación de eficiencia del sistema al primer año de operación se incremente al 24.31% (aunque el porcentaje pérdidas seguirá siendo elevado<sup>23</sup>). Posteriormente, conforme se avance con el cumplimiento de la vida útil de los equipos la eficiencia se verá afectada, pero con las reinversiones se podrá recuperar, pero no en la misma proporción de tal forma que al final del periodo de evaluación se alcance una relación de eficiencia del 31.98%, si bien superior a la actual, pero con condiciones de infraestructura que comprometerán en gran medida a todo el sistema, lo que implica un incremento en los costos por mantenimiento al destinar personal a la

<sup>23</sup> Se estima que éstas presenten un incremento anual de 1.5%



### III.4 Diagnóstico de la Interacción de la Oferta-demanda sin el PPI.

atención de fugas de manera constante y periódica, que implica el uso excedente de materiales para reparaciones, rentas de equipo, entre otras acciones para el mantenimiento correctivo.

Lo anterior por el incremento de la población y con ello la demanda de agua potable que, por las condiciones operativas de la red de distribución, implica que el déficit de consumo presente una tendencia negativa.

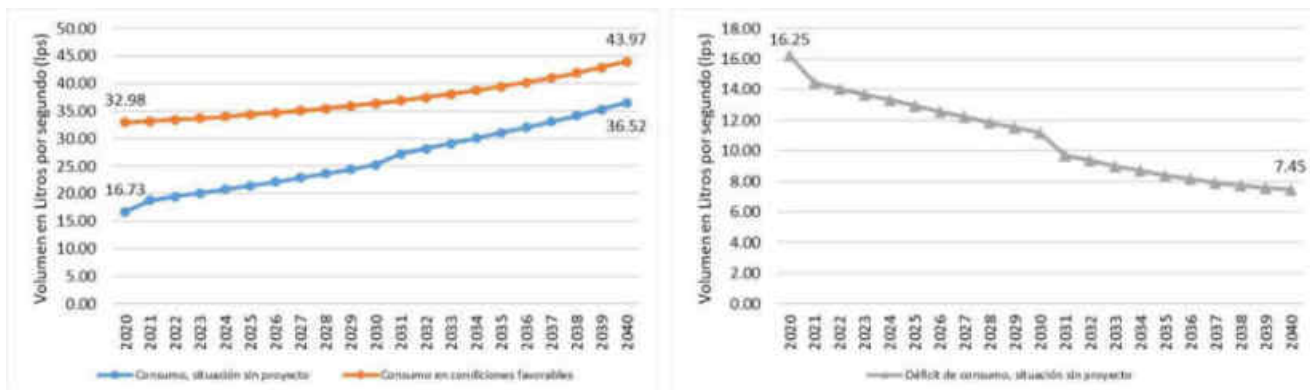
**Cuadro II. 20** Proyección de la interacción del consumo real y en condiciones favorables en Insurgentes Norte, situación sin proyecto (2020-2040).

| PERIODO | AÑO | POBLACIÓN | CONSUMO REAL (SP) |       | DEMANDA EN CONDICIONES FAVORABLES |       | DÉFICIT (SP) |       |
|---------|-----|-----------|-------------------|-------|-----------------------------------|-------|--------------|-------|
|         |     |           | M3/AÑO            | LPS   | M3/AÑO                            | LPS   | M3/AÑO       | LPS   |
| 2020    | 0   | 14,036    | 527,536           | 16.73 | 1,039,997                         | 32.98 | 512,461      | 16.25 |
| 2021    | 1   | 14,138    | 592,959           | 18.80 | 1,047,555                         | 33.22 | 454,596      | 14.42 |
| 2022    | 2   | 14,247    | 612,652           | 19.43 | 1,055,631                         | 33.47 | 442,979      | 14.05 |
| 2023    | 3   | 14,364    | 633,000           | 20.07 | 1,064,301                         | 33.75 | 431,300      | 13.68 |
| 2024    | 4   | 14,491    | 654,024           | 20.74 | 1,073,711                         | 34.05 | 419,687      | 13.31 |
| 2025    | 5   | 14,628    | 675,746           | 21.43 | 1,083,862                         | 34.37 | 408,116      | 12.94 |
| 2026    | 6   | 14,776    | 698,189           | 22.14 | 1,094,828                         | 34.72 | 396,638      | 12.58 |
| 2027    | 7   | 14,935    | 721,378           | 22.87 | 1,106,609                         | 35.09 | 385,231      | 12.22 |
| 2028    | 8   | 15,108    | 745,337           | 23.63 | 1,119,427                         | 35.50 | 374,090      | 11.86 |
| 2029    | 9   | 15,294    | 770,092           | 24.42 | 1,133,209                         | 35.93 | 363,117      | 11.51 |
| 2030    | 10  | 15,495    | 795,669           | 25.23 | 1,148,102                         | 36.41 | 352,433      | 11.18 |
| 2031    | 11  | 15,713    | 858,219           | 27.21 | 1,164,255                         | 36.92 | 306,035      | 9.70  |
| 2032    | 12  | 15,949    | 886,723           | 28.12 | 1,181,741                         | 37.47 | 295,018      | 9.35  |
| 2033    | 13  | 16,204    | 916,174           | 29.05 | 1,200,635                         | 38.07 | 284,462      | 9.02  |
| 2034    | 14  | 16,481    | 946,602           | 30.02 | 1,221,160                         | 38.72 | 274,557      | 8.71  |
| 2035    | 15  | 16,781    | 978,042           | 31.01 | 1,243,388                         | 39.43 | 265,347      | 8.41  |
| 2036    | 16  | 17,107    | 1,010,525         | 32.04 | 1,267,543                         | 40.19 | 257,018      | 8.15  |
| 2037    | 17  | 17,460    | 1,044,087         | 33.11 | 1,293,699                         | 41.02 | 249,611      | 7.92  |
| 2038    | 18  | 17,844    | 1,078,764         | 34.21 | 1,322,151                         | 41.93 | 243,387      | 7.72  |
| 2039    | 19  | 18,261    | 1,114,593         | 35.34 | 1,353,049                         | 42.90 | 238,456      | 7.56  |
| 2040    | 20  | 18,714    | 1,151,612         | 36.52 | 1,386,614                         | 43.97 | 235,002      | 7.45  |

Fuente: Elaboración propia.



### III.4 Diagnóstico de la Interacción de la Oferta-demanda sin el PPI.



**Gráfica III. 5** Interacción del consumo real y en condiciones favorables (déficit de consumo) en Insurgentes Norte, situación sin proyecto.

Asimismo, se espera que, la eficiencia física se comporte de manera creciente, en reciprocidad al incremento de los caudales producidos para compensar la incorporación de los nuevos usuarios y la tendencia positiva de las pérdidas, que aunado al incorrecto aislamiento del sector, implica que los usuarios aún deberán incurrir en costos para asegurar su consumo, tales como la adquisición o construcción de dispositivos de almacenamiento, así como métodos alternativos de abastecimiento (compra de agua en pipa, acarreo y/o bombeo intradomiciliario).

**Cuadro III. 6** Proyección de los costos anuales por métodos alternativos en miles de pesos, situación sin proyecto (2020-2040).

| PERIODO | AÑO | COSTO POR MÉTODO ALTERNATIVO |                    |         |          |        | TOTAL     | VALOR ACTUAL |
|---------|-----|------------------------------|--------------------|---------|----------|--------|-----------|--------------|
|         |     | CISTERNA                     | TINACO (ROTOPLASS) | CUBETAS | BOMBA    | PIPAS  |           |              |
| 2020    | 0   | 6,436.25                     | 3,905.69           | 0.87    | 1,232.48 | 283.87 | 11,859.16 | 11,859.16    |
| 2021    | 1   | 6,482.70                     | 3,933.88           | 0.87    | 1,241.38 | 285.91 | 11,944.75 | 10,858.86    |
| 2022    | 2   | 6,532.75                     | 3,964.25           | 0.88    | 1,250.96 | 288.12 | 12,036.96 | 9,947.90     |
| 2023    | 3   | 6,586.68                     | 3,996.98           | 0.89    | 1,261.29 | 290.50 | 12,136.34 | 9,118.21     |
| 2024    | 4   | 6,644.84                     | 4,032.27           | 0.89    | 1,272.42 | 293.07 | 12,243.50 | 8,362.47     |
| 2025    | 5   | 6,707.58                     | 4,070.34           | 0.90    | 1,284.44 | 295.83 | 12,359.10 | 7,674.03     |
| 2026    | 6   | 6,775.29                     | 4,111.43           | 0.91    | 1,297.40 | 298.82 | 12,483.86 | 7,046.82     |
| 2027    | 7   | 6,848.41                     | 4,155.80           | 0.92    | 1,311.41 | 302.04 | 12,618.58 | 6,475.33     |
| 2028    | 8   | 6,927.40                     | 4,203.74           | 0.93    | 1,326.53 | 305.53 | 12,764.13 | 5,954.56     |
| 2029    | 9   | 7,012.78                     | 4,255.55           | 0.94    | 1,342.88 | 309.29 | 12,921.44 | 5,479.95     |
| 2030    | 10  | 7,105.10                     | 4,311.57           | 0.96    | 1,360.56 | 313.37 | 13,091.55 | 5,047.36     |



### III.4 Diagnóstico de la Interacción de la Oferta-demanda sin el PPI.

|              |    |                   |                  |              |                  |                 |                   |                   |
|--------------|----|-------------------|------------------|--------------|------------------|-----------------|-------------------|-------------------|
| 2031         | 11 | 7,205.00          | 4,372.19         | 0.97         | 1,379.69         | 317.77          | 13,275.61         | 4,653.02          |
| 2032         | 12 | 7,313.13          | 4,437.81         | 0.98         | 1,400.40         | 322.54          | 13,474.86         | 4,293.51          |
| 2033         | 13 | 7,430.25          | 4,508.88         | 1.00         | 1,422.82         | 327.71          | 13,690.66         | 3,965.70          |
| 2034         | 14 | 7,557.17          | 4,585.90         | 1.02         | 1,447.13         | 333.30          | 13,924.51         | 3,666.76          |
| 2035         | 15 | 7,694.78          | 4,669.40         | 1.03         | 1,473.48         | 339.37          | 14,178.07         | 3,394.12          |
| 2036         | 16 | 7,844.06          | 4,759.99         | 1.06         | 1,502.06         | 345.96          | 14,453.12         | 3,145.42          |
| 2037         | 17 | 8,006.09          | 4,858.31         | 1.08         | 1,533.09         | 353.10          | 14,751.67         | 2,918.54          |
| 2038         | 18 | 8,182.05          | 4,965.09         | 1.10         | 1,566.78         | 360.86          | 15,075.89         | 2,711.53          |
| 2039         | 19 | 8,373.25          | 5,081.12         | 1.13         | 1,603.40         | 369.30          | 15,428.18         | 2,522.63          |
| 2040         | 20 | 8,581.12          | 5,207.26         | 1.15         | 1,643.20         | 378.46          | 15,811.20         | 2,350.23          |
| <b>Total</b> |    | <b>152,246.68</b> | <b>92,387.48</b> | <b>20.48</b> | <b>29,153.79</b> | <b>6,714.72</b> | <b>280,523.15</b> | <b>121,446.11</b> |
| <b>VA</b>    |    | <b>65,911.73</b>  | <b>39,997.05</b> | <b>8.87</b>  | <b>12,621.47</b> | <b>2,906.99</b> | <b>121,446.11</b> |                   |

Fuente: Elaboración propia.



## III.5 Alternativas de solución

### Supuestos técnicos y económicos y horizonte de evaluación

Considerando el periodo de construcción (un año) y la vida útil del proyecto (20 años), se establece un horizonte de evaluación de 21 años, periodo en el que se contemplan los siguientes supuestos:

- Se considera que, en el horizonte de evaluación, la tasa de crecimiento de la población y el número de habitantes por viviendas son las mismas que se observan en la situación actual.
- Se alcanza una saturación del área de proyecto a 20 años (año 2040), de acuerdo con estimaciones de la Dirección de Planeación de Infraestructura de la CAPA.
- El consumo de los usuarios futuros será similar al de los usuarios que actualmente cuentan con el servicio.
- Los usuarios no presentarán cambios en sus hábitos de consumo, (se mantendrá constante en el horizonte de análisis).
- La distribución, el consumo promedio y otras variables permanecerán constantes durante el horizonte de análisis.

### III.5.1 Descripción del PPI

En la zona Insurgentes Norte de la ciudad de Chetumal, para garantizar la hermeticidad de la red y con ello una recuperación de caudal y de presión, se pretende conformar un total de 13 microsectores de distribución, de tal forma que, cada uno opere de forma independiente con un solo punto de entrada.

Cada uno compuesto por una línea envolvente de 4 y/o 6 pulgadas de diámetro y una red de distribución interior de 3 pulgadas, cuya interconexión a la línea principal sea a través de una línea de alimentación de 6 pulgadas conectada a una caja de válvulas con una válvula de seccionamiento y medidor de flujo del mismo diámetro.

De igual manera, con el fin de aprovechar los caudales excedentes del tanque del sector Arboledas, se contempla la incorporación de la zona Norte del sector Insurgentes (*Insurgentes Norte*) al sector Arboledas, así como la sustitución y construcción de nuevas líneas primarias, para garantizar el correcto suministro del vital líquido desde el tanque a cada uno de los nuevo microsectores.

Para lo anterior, el proyecto consiste en:

- la sustitución y sectorización de tuberías de la red de distribución, mediante el suministro e instalación de 61,386.07 M de tuberías de 3, 4, y 6 pulgadas de diámetro (piezas especiales: Codo 90°, codo 45°, codo 22°, codo 11°, tapa ciega, cruz, reducción y tee), que permitan la interconexión de 3,910 tomas domiciliarias equipadas con medidores de flujo;
- la sustitución y construcción de nuevas líneas primarias, mediante el suministro e instalación

### III.5.1 Descripción del PPI

de 5,130.61 M de tubería de 8, 10 y 12 pulgadas de diámetro que incluye sus piezas especiales (codo 90°, codo 45°, codo 22°, Tee, reducción, cruz);

- la construcción de un nuevo tren y múltiple de descarga con tuberías y piezas especiales de Fo.Fo. y Fo.Ga. de 8" y 12" de diámetro respectivamente, éste último equipado con 3 equipos de bombeo de 15 Hp para un gasto de 35 lps y una carga de 20 mca cada uno.

Es de señalarse que, en la zona de proyecto se presenta un tipo de suelo (suelo arcilloso arenoso de consistencia variable), que es propenso a presentar asentamientos a consecuencia de la pérdida de finos por las corrientes de agua subterráneas que fluyen por la zona.

Asimismo, para evitar que el servicio se vea interrumpido durante el periodo de ejecución del proyecto, se ha propuesto que la tubería para la nueva red de distribución sea instalada a un lado de la antigua, siguiendo su trazo, para posteriormente, cuando sea completada, ser conectada con las líneas envolventes de 4 pulgadas de diámetro y la línea de alimentación de 6 pulgadas de diámetro donde se instalarán las válvulas y medidores de flujo, dicha interconexión se realiza en aproximadamente 2 horas, por lo que el usuario no se verá afectado.

### III.5.2 Descripción de la alternativa de adicional de solución

#### **Sustitución y construcción de las líneas primarias y red de distribución con tuberías de material de PVC con rellenos de concreto fluido**

La característica representativa del proyecto, consiste en que el material de las tuberías (líneas envolventes, redes de distribución y líneas primarias) se pretende sea de Policloruro de Vinilo (PVC), por sus características de rigidez y por el tipo de suelo de la zona, ocurren asentamientos que vencen las uniones del material, de tipo "espiga-campana", y provoca que se separen, o en casos extremos que el material se quiebre provocando puntos de fuga.

Para aminorar los riesgos de los asentamientos, se plantea sustituir los rellenos de zanja de tipo "convencionales" con producto de banco, por el de tipo con *concreto fluido* con una resistencia de 85 kg/cm<sup>2</sup>, para que no sólo garantice la hermeticidad sino también proporcione rigidez a la tubería para así protegerla de los asentamientos y evitar fugas.

El método constructivo a emplear será del tipo "tradicional", es decir, se deberán abrir zanjas en el área que, por los rellenos con concreto fluido, éstas serán de 30 cm (menores a las requeridas por el relleno tradicional -40 cm-), esto implica que se consideren recursos para la repavimentación de las vialidades (26,606.67 M<sup>2</sup>).

#### III.5.2 Descripción de la alternativa de adicional de solución

**Cuadro III. 7** Principales características por componentes, Alternativa 1.

| Componente  | Cantidad  | Unidad de Medida | Principales características  |
|---|-----------|------------------|--|
| Red de distribución   | 61,386.07 | ML               | Consistente en Tubería de PVC S.I. RD 32.5 que cumpla con una presión de trabajo de 7.00 KG/CM2: de 3 para la red secundaria de distribución; de 4" y 6" para la red envolvente; y de 6" para la interconexión y alimentación de cada microsector, implementando el relleno de las zanjas con concreto fluido con una resistencia de 85 kg/cm <sup>2</sup> .                     |
| Tomas domiciliarias   | 3,910.00  | PZA              | Cuadro medidor de polietileno de 42x60 cm de sección de 1/2" de diámetro (con adaptador de compresión, válvula antifraude, válvula esfera roscable) en el que se instalará un medidor de flujo de chorro múltiple clase B cuerpo plástico caratula giratoria de 360°.  |
| Líneas de alimentación principal  | 5,130.61  | PZA              | Consistente en Tubería de PVC S.I. RD-32.5 que cumpla con una presión de trabajo de 7.00 KG/CM2: de 8" para la alimentación de los microsectores 1 al 10; de 10" para la alimentación de los microsectores 11 al 13; y de 12" para la interconexión al Tanque "Arboledas". Implementando el relleno de las zanjas con concreto fluido de 85 kg/cm <sup>2</sup> .                 |
| Reposición carpeta asfáltica (Red de distribución y líneas primarias)         | 26,606.67 | M2               | Reposición de carpeta asfáltica de hasta 5 cm de espesor elaborada con mezcla de emulsión asfáltica y agregado pétreo.   |
| Equipamiento fijo (Válvula de seccionamiento)                                 | 13.00     | PZA              | Válvula de compuerta de vástago fijo tipo resilente de 6" de diámetro clase 125 bridada para seccionamiento con volanta de Fo.Fo.  |
| Equipamiento Fijo (Medidor de gasto)  | 13.00     | PZA              | Medidor de flujo tipo ultrasónico cuerpo bridado en Hierro Ductil de 6" de diámetro, equipado con módulo de radio de frecuencia 7 GPRS, caratula digital con indicador en display de caudal acumulado en M3, autonomía de operación con batería de litio no menor a 6 años, medición de flujo bidireccional, cumple con certificado ISO 9001:2008, ISO 4064 Y NOM-012-SCFI-1994. |
| Construcción de Tren descarga con piezas especiales de Fo.Fo. y Fo.Ga.        | 8.25      | ML               | con tubería y piezas especiales de Fo.Fo. de 8" de diámetro (Válvula Check, válvula de seccionamiento tipo compuerta, manómetro tipo BOURDON en glicerina rango de 0-5 Kg/Cm2, Válvula de Admisión y Expulsión de Aire de 2", reducción, codo, niple, etc.)  |
| Construcción de Múltiple de descarga con piezas especiales de Fo.Fo. y Fo.Ga. | 16.00     | ML               | Con tubería y piezas especiales de Fo.Fo. de 12" (codo, válvula de alivio de presión, válvula de compuerta vástago fijo y medidor de flujo electromagnético de 12" Mod. 5W4C5H).   |
| Equipamiento Fijo (Motor y  | 3.00      | PZA              | Bomba vertical (modelo 475S150-2B para un gasto de 35 lps  |



#### III.5.2 Descripción de la alternativa de adicional de solución

|   |      |     |  |
|---|------|-----|--|
| Bomba)  |      |     | y una carga de 20 m.c.a); Impulsor y Motor (de acero inoxidable de 15 Hp con variador de velocidad de 15 Hp IP55, 3F/60HZ/440V).<br>Incluye 18.30 M de Tubo para columna de succión (de PVC de 6", tipo CERTA LOCK, cedula 80 de inserción rápida).          |
| Equipamiento Fijo (Centro de Control de Motores-CCM-) | 1.00 | PZA | Tipo TN-C2PC214, para una operación de Tanque de regulador de AP, con medidor de nivel ultrasónico y sensor de presión.<br>Incluye sistema eléctrico (Transformador, tablero de distribución, interruptores, sistema de puesta a tierra para red eléctrica). |

**Fuente:** Elaboración propia.

Tendrá un costo de Inversión inicial sin IVA de \$91,937,870.11 (son: noventa y un millones, novecientos treinta y siete mil, ochocientos setenta pesos 11/100 M.N.).

Cabe señalar que de acuerdo al MAPAS de la CONAGUA y por el tipo de agua de la zona, el equipamiento de medición y de bombeo tienen una vida útil de 5 y 10 años respectivamente, por lo que, para garantizar, la operación de la infraestructura, se realizarán reinversiones cada 5 años por un monto sin IVA de \$843,944.00 (son: ochocientos cuarenta y tres mil, novecientos cuarenta y cuatro pesos 00/100 M.N.) y cada 10 años por un monto sin IVA de \$873,455.00 (son: ochocientos setenta y tres mil, cuatrocientos cincuenta y cinco pesos 00/100 M.N.).

Además de presentar costos de operación y mantenimiento de la nueva infraestructura por un monto a valor presente de \$86,869,564.34 (son: ochenta y seis millones, ochocientos sesenta y nueve mil, quinientos sesenta y cuatro pesos 34/100 M.N.); que incluyen conceptos tales como costos de personal (lecturistas, cuadrillas para la detección y eliminación de fugas y personal de apoyo, entre otros), del material necesario para las reparaciones, vehículos, energía eléctrica, entre otros.

| CONCEPTO                                     | VALORES       | UNIDADES                      |
|--|---------------|-------------------------------|
| Periodo de ejecución                         | 12            | Meses (inversión instantánea) |
| Inversión inicial                            | 91,937,870.11 | \$                            |
| Vida útil                                    | 30            | años                          |
| Reinversiones en A: equipamiento de medición | 843,944.00    | \$                            |
| Duración equipamiento A                      | 5             | años                          |
| Reinversiones en B: equipamiento de Bombeo   | 873,455.00    | \$                            |
| Duración equipamiento B                      | 10            | años                          |
| Usuarios a atender                           | 3,910         | año                           |

**Fuente:** Elaboración propia.

#### III.5.2 Descripción de la alternativa de adicional de solución

La inversión es instantánea y se realizará en un periodo de 12 meses, cuya operación iniciará a partir del año 1 y tendrá una vida útil de 30 años. Se tendrían los siguientes costos por Inversión, reinversión y de operación y mantenimiento.

**Cuadro III. 8** Costos de inversión, reinversión y de operación y mantenimiento del proyecto de la Alternativa 1 (sin IVA).

| PERIODO             | AÑO | INVERSIÓN            | REINVERSIÓN (EQUIPAMIENTO) | COSTOS OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO | TOTAL COSTOS ALTERNATIVA 1 | VALOR PRESENTE DE LOS COSTOS ALTERNATIVA 1 |
|---------------------|-----|----------------------|----------------------------|----------------------------------|----------------------------|--|
| 2020                | 0   | 91,937,870           | 0                          | 0                                | 91,937,870                 | 91,937,870                                 |
| 2021                | 1   | 0                    | 0                          | 7,647,403                        | 7,647,403                  | 6,952,185                                  |
| 2022                | 2   | 0                    | 0                          | 7,851,541                        | 7,851,541                  | 6,488,876                                  |
| 2023                | 3   | 0                    | 0                          | 7,931,868                        | 7,931,868                  | 5,959,330                                  |
| 2024                | 4   | 0                    | 0                          | 8,021,158                        | 8,021,158                  | 5,478,559                                  |
| 2025                | 5   | 0                    | 843,944                    | 8,121,122                        | 8,965,066                  | 5,566,600                                  |
| 2026                | 6   | 0                    | 0                          | 8,231,873                        | 8,231,873                  | 4,646,678                                  |
| 2027                | 7   | 0                    | 0                          | 8,356,859                        | 8,356,859                  | 4,288,390                                  |
| 2028                | 8   | 0                    | 0                          | 8,496,665                        | 8,496,665                  | 3,963,757                                  |
| 2029                | 9   | 0                    | 0                          | 8,654,723                        | 8,654,723                  | 3,670,448                                  |
| 2030                | 10  | 0                    | 1,717,399                  | 8,833,139                        | 10,550,538                 | 4,067,689                                  |
| 2031                | 11  | 0                    | 0                          | 9,036,864                        | 9,036,864                  | 3,167,366                                  |
| 2032                | 12  | 0                    | 0                          | 9,271,066                        | 9,271,066                  | 2,954,047                                  |
| 2033                | 13  | 0                    | 0                          | 9,539,005                        | 9,539,005                  | 2,763,110                                  |
| 2034                | 14  | 0                    | 0                          | 9,851,659                        | 9,851,659                  | 2,594,250                                  |
| 2035                | 15  | 0                    | 843,944                    | 10,217,022                       | 11,060,966                 | 2,647,907                                  |
| 2036                | 16  | 0                    | 0                          | 10,648,541                       | 10,648,541                 | 2,317,433                                  |
| 2037                | 17  | 0                    | 0                          | 11,163,452                       | 11,163,452                 | 2,208,629                                  |
| 2038                | 18  | 0                    | 0                          | 11,786,464                       | 11,786,464                 | 2,119,899                                  |
| 2039                | 19  | 0                    | 0                          | 12,552,958                       | 12,552,958                 | 2,052,509                                  |
| 2040                | 20  | 0                    | 1,717,399                  | 13,512,397                       | 15,229,796                 | 2,263,812                                  |
| 2041                | 21  | 0                    | 0                          | 13,512,397                       | 13,512,397                 | 1,825,938                                  |
| 2042                | 22  | 0                    | 0                          | 13,512,397                       | 13,512,397                 | 1,659,944                                  |
| 2043                | 23  | 0                    | 0                          | 13,512,397                       | 13,512,397                 | 1,509,040                                  |
| 2044                | 24  | 0                    | 0                          | 13,512,397                       | 13,512,397                 | 1,371,854                                  |
| 2045                | 25  | 0                    | 843,944                    | 13,512,397                       | 14,356,341                 | 1,325,033                                  |
| 2046                | 26  | 0                    | 0                          | 13,512,397                       | 13,512,397                 | 1,133,764                                  |
| 2047                | 27  | 0                    | 0                          | 13,512,397                       | 13,512,397                 | 1,030,694                                  |
| 2048                | 28  | 0                    | 0                          | 13,512,397                       | 13,512,397                 | 936,995                                    |
| 2049                | 29  | 0                    | 0                          | 13,512,397                       | 13,512,397                 | 851,814                                    |
| 2050                | 30  | 0                    | 0                          | 13,512,397                       | 13,512,397                 | 774,376                                    |
| <b>TOTAL</b>        |     | <b>91,937,870.11</b> | <b>5,966,630.00</b>        | <b>324,849,753.00</b>            | <b>422,754,253.11</b>      | <b>180,528,795.49</b>                      |
| <b>VALOR ACTUAL</b> |     | <b>91,937,870.11</b> | <b>1,721,361.04</b>        | <b>86,869,564.34</b>             | <b>180,528,795.49</b>      |  |

Fuente: Elaboración propia.

### III.5.3 Comparación con el Proyecto de inversión

#### PROYECTO DE INVERSIÓN PROPUESTO

La característica principal del proyecto, consiste en que el material de las tuberías (líneas envolventes, redes de distribución y líneas primarias) se pretende sean de Polietileno de Alta densidad (PEAD), ya que por su flexibilidad y por la hermeticidad en las uniones (se logran aplicando calor), tiene la característica de soportar los asentamientos ocasionados por el tipo de suelo de la zona, sin que se presenten fracturas en la tubería.

El método constructivo a emplear será del tipo “tradicional”, es decir, se deberán abrir zanjas en el área de hasta 40 cm con rellenos de tipo “convencionales” con producto de banco, que implica que se consideren recursos para la repavimentación de 42,054.82 M<sup>2</sup> en las vialidades.

Tendrá un costo de Inversión inicial sin IVA de \$84,051,724 (son: ochenta y cuatro millones, cincuenta y un mil, setecientos veinticuatro pesos 00/100 M.N.), la inversión se realizará en un periodo de 12 meses.

Cabe señalar que de acuerdo al MAPAS de la CONAGUA y por el tipo de agua de la zona, el equipamiento de medición y de bombeo tienen una vida útil de 5 y 10 años respectivamente, por lo que, para garantizar, la operación de la infraestructura, se realizarán reinversiones cada 5 años por un monto sin IVA de \$ 843,944.00 (son: ochocientos cuarenta y tres mil, novecientos cuarenta y cuatro pesos 00/100 M.N.) y cada 10 años por un monto sin IVA de \$ 873,455.00 (son: ochocientos setenta y tres mil, cuatrocientos cincuenta y cinco pesos 00/100 M.N.).

Además de presentar costos de operación y mantenimiento de la nueva infraestructura por un monto a valor presente de \$60,818,329.01 (son: sesenta millones, ochocientos dieciocho mil, trescientos veintinueve pesos 01/100 M.N.); que incluyen conceptos tales como costos de personal (lecturistas, cuadrillas para la detección y eliminación de fugas y personal de apoyo, entre otros), del material necesario para las reparaciones, vehículos, energía eléctrica, entre otros.

| CONCEPTO                                     | VALORES       | UNIDADES                      |
|--|---------------|-------------------------------|
| Periodo de ejecución                         | 12            | Meses (inversión instantánea) |
| Inversión inicial                            | 84,051,724.00 | \$                            |
| Vida útil                                    | 20            | años                          |
| Reinversiones en A: equipamiento de medición | 843,944.00    | \$                            |
| Duración equipamiento A                      | 5             | años                          |
| Reinversiones en B: equipamiento de Bombeo   | 873,455.00    | \$                            |
| Duración equipamiento B                      | 10            | años                          |
| Usuarios a atender                           | 3,910         | año                           |

Fuente: Elaboración propia.

#### III.5.3 Comparación con el Proyecto de inversión

La inversión es instantánea y se realizará en 12 meses, cuya operación iniciará a partir del año 1 y tendrá una vida útil de 20 años. Se tendrían los siguientes costos por Inversión, reinversión y de operación y mantenimiento.

**Cuadro III. 9** Costos de inversión, reinversión y de operación y mantenimiento del proyecto de la Alternativa de proyecto propuesto (sin IVA).

| PERIODO             | AÑO | INVERSIÓN            | REINVERSIÓN<br>(EQUIPAMIENTO) | COSTOS<br>OPERACIÓN Y<br>MANTENIMIENTO | TOTAL COSTOS<br>ALTERNATIVA<br>DE PROYECTO | VALOR PRESENTE DE LOS<br>COSTOS ALTERNATIVA DE<br>PROYECTO |
|---------------------|-----|----------------------|-------------------------------|--|--|--|
| 2020                | 0   | 84,051,724           | 0                             | 0                                      | 84,051,724                                 | 84,051,724   |
| 2021                | 1   | 0                    | 0                             | 6,268,820                              | 6,268,820                                  | 5,698,927  |
| 2022                | 2   | 0                    | 0                             | 6,430,207                              | 6,430,207                                  | 5,314,221  |
| 2023                | 3   | 0                    | 0                             | 6,493,713                              | 6,493,713                                  | 4,878,823  |
| 2024                | 4   | 0                    | 0                             | 6,564,303                              | 6,564,303                                  | 4,483,507  |
| 2025                | 5   | 0                    | 843,944                       | 6,643,333                              | 7,487,277                                  | 4,649,010  |
| 2026                | 6   | 0                    | 0                             | 6,730,891                              | 6,730,891                                  | 3,799,412  |
| 2027                | 7   | 0                    | 0                             | 6,829,702                              | 6,829,702                                  | 3,504,717  |
| 2028                | 8   | 0                    | 0                             | 6,940,230                              | 6,940,230                                  | 3,237,669  |
| 2029                | 9   | 0                    | 0                             | 7,065,187                              | 7,065,187                                  | 2,996,329  |
| 2030                | 10  | 0                    | 1,717,399                     | 7,206,239                              | 8,923,638                                  | 3,440,449  |
| 2031                | 11  | 0                    | 0                             | 7,367,299                              | 7,367,299                                  | 2,582,193  |
| 2032                | 12  | 0                    | 0                             | 7,552,455                              | 7,552,455                                  | 2,406,445  |
| 2033                | 13  | 0                    | 0                             | 7,764,282                              | 7,764,282                                  | 2,249,036  |
| 2034                | 14  | 0                    | 0                             | 8,011,459                              | 8,011,459                                  | 2,109,668  |
| 2035                | 15  | 0                    | 843,944                       | 8,300,308                              | 9,144,252                                  | 2,189,061  |
| 2036                | 16  | 0                    | 0                             | 8,641,458                              | 8,641,458                                  | 1,880,633  |
| 2037                | 17  | 0                    | 0                             | 9,048,536                              | 9,048,536                                  | 1,790,205  |
| 2038                | 18  | 0                    | 0                             | 9,541,076                              | 9,541,076                                  | 1,716,046  |
| 2039                | 19  | 0                    | 0                             | 10,147,051                             | 10,147,051                                 | 1,659,124  |
| 2040                | 20  | 0                    | 0                             | 10,905,563                             | 10,905,563                                 | 1,621,042  |
| <b>TOTAL</b>        |     | <b>84,051,724.00</b> | <b>3,405,287.00</b>           | <b>154,452,112.00</b>                  | <b>241,909,123.00</b>                      | <b>146,258,240.98</b>                                      |
| <b>VALOR ACTUAL</b> |     | <b>84,051,724.00</b> | <b>1,388,187.97</b>           | <b>60,818,329.01</b>                   | <b>146,258,240.98</b>                      |  |

Fuente: Elaboración propia.

#### COMPARACIÓN CON LA ALTERNATIVA PROPUESTA

Cabe destacar que el área de influencia del proyecto comprende distintas vialidades principales (Calzada del Centenario, Calzada Veracruz, Av. Universidad, C. Ignacio Comonfort, C. Heriberto Frías, entre otros) donde la afluencia vehicular es elevada.



#### III.5.3 Comparación con el Proyecto de inversión

Al evaluar el proyecto propuesto se observó que, a pesar de que se utilizará el método constructivo “tradicional”, que implica el cierre de vialidades para que la maquinaria pesada encargada, pueda trabajar, y al tratarse de una zona con calles pavimentadas, algunas con elevado tránsito vehicular, lo que afectará de manera negativa tanto a los vehículos como a los peatones que transiten diariamente por la zona. Este es técnicamente viable, ya que la instalación de la tubería PEAD, por su flexibilidad, se realiza rápidamente con un mínimo de espacio abierto (zanjas reducidas de 40 cm de ancho por 70 cm de profundo), por lo que dichas afectaciones podrán ser minimizadas.

Asimismo, el PEAD presenta características tales como: una alta capacidad de conducción, inmunidad a la corrosión, resistencia química, ligereza, facilidad de instalación de las uniones se logran aplicando calor y uniendo las piezas con herramientas específicas, pero fáciles de utilizar, lo cual garantiza la hermeticidad en la red.

Al analizar la alternativa propuesta, se observó que es técnicamente viable, pero por la presencia de asentamientos en la zona a consecuencia de la pérdida de finos provocada por las corrientes de agua subterráneas, y por la rigidez del PVC, pueden ocurrir separaciones en las uniones (de tipo espiga-campana), provocando puntos de fuga, si bien para minimizar este riesgo se propuso sustituir el relleno tradicional por un relleno de concreto fluido, éste además de tener un costo mucho más elevado que el convencional, incrementa los costos de reparación, ya que al presentarse alguna fuga, hace necesario romper el material, lo que implica mayores tiempos y materiales.

Considerando una tasa de descuento social del 10%, a continuación, se muestra el análisis de alternativas, se presenta el valor actual de los costos y el costo anual equivalente:

| CONCEPTO                             | ALTERNATIVA 1         | PROYECTO PROPUESTO    |
|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Costo Anual Equivalente (CAE)        | <b>19,150,358.91</b>  | <b>17,179,438.10</b>  |
| Valor Presente del Costo (VPC)       | <b>180,528,795.49</b> | <b>146,258,240.98</b> |
| Tasa Social de descuento (r)         | 10%                   | 10%                   |
| Años de vida útil del activo (m)     | 30                    | 20                    |
| Años del horizonte de evaluación (n) | 31                    | 21                    |

**Fuente:** Elaboración propia.

Por lo anterior, se determina que la mejor alternativa a ejecutar es la Alternativa en la que se utilizan tuberías de Polietileno de Alta Densidad (PEAD).



## IV Situación con el PPI

### IV.1 Descripción general del Proyecto de inversión

| Tipo de PPI                               |                                     |   |                          |
|---|-------------------------------------|---|--------------------------|
| Proyecto de infraestructura económica     | <input checked="" type="checkbox"/> | Programa de adquisiciones                     | <input type="checkbox"/> |
| Proyecto de infraestructura social        | <input type="checkbox"/>            | Programa de mantenimiento                     | <input type="checkbox"/> |
| Proyecto de infraestructura gubernamental | <input type="checkbox"/>            | Programa de adquisiciones de protección civil | <input type="checkbox"/> |
| Proyecto de inmuebles                     | <input type="checkbox"/>            | Programa de mantenimiento de protección civil | <input type="checkbox"/> |
| Otros proyectos de inversión              | <input type="checkbox"/>            | Programa ambiental                            | <input type="checkbox"/> |
|   |                                     | Otros programas de inversión                  | <input type="checkbox"/> |

| Descripción del PPI  |
|--|
| <p>El proyecto pretende la conformación de circuitos cerrados (microsectores) en la zona Insurgentes Norte de la ciudad de Chetumal, de tal forma que se logre restringir el paso del agua de un sector a otro con lo que se mejorará la administración del líquido y así una medición más exacta de los caudales a distribuir y un control operativo más eficiente en las redes secundarias, a partir de la construcción de líneas envolventes que se interconectarán en un solo punto denominado “de entrega” y en donde se colocará una válvula de seccionamiento y un medidor de gasto.</p> <p>Asimismo, con el fin de detectar y corregir las fugas en tomas (con la presurización de la red, serán más fácilmente identificables), se pretende la sustitución de las tomas domiciliarias, las cuales estarán equipadas con medidores de gasto.</p> <p>De igual manera, con el fin de aprovechar los caudales excedentes del tanque del sector Arboledas, se contempla la incorporación de <i>Insurgentes Norte</i> al sector Arboledas, a través de la sustitución de las existentes y la construcción de nuevas líneas primarias que garanticen el correcto suministro del vital líquido a cada uno de los microsectores desde el tanque.</p> <p>Para lo anterior, será necesaria:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Para la red de distribución: el suministro e instalación de 61,386.07 Ml de tuberías de PEAD de 3” (34,150.57 M), de 4” (25,443.13 M) y de 6” (1,792.37 M) de diámetro con sus respectivas piezas especiales {codo 90°(54), codo 45° (27), codo 22° (11), codo 11° (12), tee (253), cruz (67), reducción (17) y tapa ciega(10)}, para la interconexión de 3,910 tomas domiciliarias de</li> </ul> |

#### Descripción del PPI

media pulgada de diámetro cada una equipada con un medidor de flujo, así como la construcción de 13 piezas de cajas de operación de válvulas a la entrada de cada microsector en las que se instalarán el mismo número de válvulas de seccionamiento y medidores de flujo de 6 pulgadas de diámetro.

- Para las líneas primarias: el suministro e instalación de 5,130.61 M de tubería PEAD de 8" (2,810.03 M), de 10" (1,786.92 M) y de 12" (533.66 M) de diámetro que incluye sus piezas especiales {codo 90° (7), codo 45° (9), codo 22° (1), tee (4), cruz (5) y reducción (5)}.
- Para la incorporación de Insurgentes Norte al sector Arboledas, se pretende la construcción de un nuevo tren y múltiple de descarga con tuberías y piezas especiales de Fo.Fo. de 8" y 12" de diámetro respectivamente, este último estará equipado con 3 equipos de bombeo de 15 Hp para un gasto de 35 lps y una carga de 20 mca cada uno cada uno.

**Cuadro IV. 1** Principales Características por Componente, Red de distribución.

| Componente          | Cantidad  | Unidad de Medida | Descripción   |
|---------------------|-----------|------------------|---|
| Red de distribución | 61,386.07 | ML               | Consistente en Tubería de PEAD PE 4710, RD-21 que cumpla con una presión de trabajo de 7.00 KG/CM2: de 3 para la red secundaria de distribución; de 4" y 6" para la red envolvente; y de 6" para la interconexión y alimentación de cada microsector.<br><br>Incluye 451 piezas especiales {codo 90°(54), codo 45° (27), codo 22° (11), codo 11° (12), tee (253), cruz (67), reducción (17) y tapa ciega(10)} |

Fuente: Elaboración propia con información de la Dirección de Planeación de Infraestructura de la CAPA.

**Cuadro IV. 2** Principales Características por Componente, Tomas domiciliarias.

| Componente          | Cantidad | Unidad de Medida | Descripción   |
|---------------------|----------|------------------|---|
| Tomas domiciliarias | 3,910.00 | PZA              | Cuadro medidor de polietileno de 42x60 cm de sección de 1/2" de diámetro (con adaptador de compresión, válvula antifraude, válvula esfera roscable) en el que se instalará un medidor de flujo de chorro múltiple clase B cuerpo plástico caratula giratoria de 360°. |

Fuente: Elaboración propia con información de la Dirección de Planeación de Infraestructura de la CAPA.

#### Descripción del PPI

**Cuadro IV. 3** Principales Características por Componente, Equipamiento Fijo

| Componente                                    | Cantidad | Unidad de Medida | Descripción  |
|---|----------|------------------|--|
| Equipamiento fijo (Válvula de seccionamiento) | 13.00    | PZA              | Válvula de compuerta de vástago fijo tipo resilente de 6" de diámetro clase 125 bridada para seccionamiento con volanta de Fo.Fo. Incluye Stub end de PEAD con contrabrida de acero y caja de operación de 1.50x2.0x2.0M (a base de muro de block y concreto, Marco y contramarco con tapa de PEAD)  |
| Equipamiento Fijo (Medidor de gasto)          | 13.00    | PZA              | Medidor de flujo de 6" de diámetro tipo ultrasónico cuerpo bridado en Hierro Ductil, caratula digital con indicador en display de caudal acumulado en M3, medición de flujo bidireccional, autonomía de operación con batería de litio no menor a 6 años, equipado con módulo de radio de frecuencia 7 GPRS, cumple con certificado ISO 9001:2008, ISO 4064 Y NOM-012-SCFI-1994. Incluye carrete de 0.6M de largo de Fo.Fo. clase 125. |

Fuente: Elaboración propia con información de la Dirección de Planeación de Infraestructura de la CAPA.

**Cuadro IV. 4** Principales Características por Componente, Líneas primarias.

| Componente                       | Cantidad | Unidad de Medida | Descripción  |
|----------------------------------|----------|------------------|--|
| Líneas de alimentación principal | 5,130.61 | PZA              | Consistente en Tubería de PEAD PE 4710, RD-21 que cumpla con una presión de trabajo de 7.00 KG/CM2: de 8" para la alimentación de los microsectores 1 al 10; de 10" para la alimentación de los microsectores 11 al 13; y de 12" para la interconexión al Tanque "Arboledas". Incluye 31 piezas especiales {codo 90° (7), codo 45° (9), codo 22° (1), tee (4), cruz (5) y reducción (5)} |

Fuente: Elaboración propia con información de la Dirección de Planeación de Infraestructura de la CAPA.

#### Descripción del PPI

**Cuadro IV. 5** Principales Características por Componente, **Reposición de pavimentos.**

| Componente  | Cantidad  | Unidad de Medida | Descripción   |
|---|-----------|------------------|---|
| Reposición carpeta asfáltica (Red de distribución y líneas primarias) | 42,054.82 | M2               | Reposición de carpeta asfáltica de hasta 5 cm elaborada con mezcla de emulsión asfáltica y agregado pétreo. |

Fuente: Elaboración propia con información de la Dirección de Planeación de Infraestructura de la CAPA.

**Cuadro IV. 6** Principales Características por Componente, **Interconexión al Tanque Arboledas.**

| Componente  | Cantidad | Unidad de Medida | Descripción   |
|---|----------|------------------|---|
| Construcción de Tren descarga con tubería y piezas especiales de Fo.Fo. y Fo.Ga.        | 8.25     | ML               | con tubería y piezas especiales de Fo.Fo. de 8" de diámetro (reducción, niple, junta dresser, brida, Válvula Check, válvula de seccionamiento tipo compuerta, Válvula de Admisión y Expulsión de Aire, manómetro tipo BOURDON en glicerina rango de 0-5 Kg/Cm2, base de concreto)                             |
| Construcción de Múltiple de descarga con tubería y piezas especiales de Fo.Fo. y Fo.Ga. | 16.00    | ML               | Con tubería y piezas especiales de Fo.Fo. de 12" (codo, brida, reducción, válvula de alivio de presión, válvula de compuerta vástago fijo y medidor de flujo electromagnético Mod. 5W4C5H y caja de válvulas 2.2x1.9x1.86M –muro de block y concreto-).   |
| Equipamiento Fijo (Motor y Bomba)   | 3.00     | PZA              | Bomba sumergible (modelo 625S400-2 O para un gasto de 35 lps y una carga de 20 m.c.a); Impulsor y Motor (de acero inoxidable de 15 Hp con variador de velocidad de 15 Hp IP55, 3F/60HZ/440V). Incluye 18.30 M de Tubo para columna de succión (de PVC de 6", tipo CERTA LOCK, cedula 80 de inserción rápida). |
| Equipamiento Fijo (Centro de Control de Motores-CCM-)                                   | 1.00     | PZA              | Tipo TN-C2PC214, para una operación de Tanque de regulador de AP, con medidor de nivel ultrasónico y sensor de presión. Incluye sistema eléctrico (Transformador, tablero de distribución, interruptores, sistema de puesta a tierra para red eléctrica.  |

Fuente: Elaboración propia con información de la Dirección de Planeación de Infraestructura de la CAPA.

#### Descripción del PPI

Con lo anterior, se logrará la incorporación de Insurgentes Norte al sector Arboledas cuya red de distribución consistirá en 13 microsectores independientes cada uno compuesto por una línea envolvente de 4" o 6" de diámetro con una red de distribución interior de 3" de diámetro, cuya interconexión a la línea principal se realizará a través de una línea de alimentación de 6" de diámetro conectada a una caja de válvulas con una válvula de seccionamiento y medidor de flujo del mismo diámetro.

El método constructivo a utilizar, para instalación de las tuberías, es del tipo "tradicional" (con zanjas) tanto para la red de distribución (de 3", 4" y 6" de diámetro) como para las líneas primarias (de 8", 10" y 12" de diámetro). Para evitar que el servicio se vea interrumpido durante el periodo de ejecución, en lo que respecta a la red de distribución, la nueva tubería será instalada a un lado de la antigua, siguiendo su trazo, para posteriormente, cuando sea completada, ser conectada, dicha acción se ejecuta en aproximadamente 2 horas, lo que evitará que el usuario se vea afectado.

Es de señalarse que las líneas envolventes y de interconexión son nuevas (no existen en la actualidad), además de que, para la conformación de los circuitos, en su mayoría, las envolventes (de 4" y 6" de diámetro) son paralelas en algunas vialidades (Universidad, Ignacio Comonfort, Ignacio M. Altamirano, Heriberto Frías, Felipe Ángeles, Jesús Urueta, Francisco J. Mújica y calzada del Centenario), Asimismo, existen dos vialidades en donde se instalarán tuberías para la red interna (de 3" de diámetro) de forma paralela (calzada Veracruz y calle Cedro).

De la misma forma, la línea primaria que interconectará al Tanque Arboledas con la nueva red de la zona Norte, consistente en tubería de 12" de diámetro, partirá del tanque ubicado en la calle Guayacán esquina con Úrsulo Galván y se interconectará con la línea de 10" de diámetro que alimentará tanto a las líneas de 8" (que alimentarán a los microsectores 1 al 10), como a los microsectores 11, 12 y 13.

El periodo de ejecución será de 12 meses y la operación de la nueva infraestructura iniciará a partir del año 1 y tendrá una vida útil de 20 años.

Tendrá un costo de Inversión inicial sin IVA de \$84,051,724 (son: ochenta y cuatro millones, cincuenta y un mil, setecientos veinticuatro pesos 00/100 M.N.). Asimismo, para el equipamiento de medición se considera una vida útil de 5 años y para el equipamiento de bombeo se considera una vida útil de 10 años respectivamente, por lo que, para garantizar, la operación de la infraestructura, se realizarán reinversiones cada 5 años por un monto sin IVA de \$843,944.00 (son: ochocientos cuarenta y tres mil, novecientos cuarenta y cuatro pesos 00/100 M.N.) y cada 10 años por un monto sin IVA de \$873,455.00 (son: ochocientos setenta y tres mil, cuatrocientos cincuenta y cinco pesos 00/100 M.N.).



| Descripción del PPI   |  |
|---|--|
| <p>Asimismo, se tendrán costos de operación y mantenimiento de la nueva infraestructura por un monto a valor presente de \$50,192,287.97 (son: cincuenta millones, ciento noventa y dos mil, doscientos ochenta y siete pesos 97/100 M.N.); que incluyen conceptos tales como costos de personal (lecturistas, cuadrillas para la detección y eliminación de fugas y personal de apoyo, entre otros), del material necesario para las reparaciones, vehículos, energía eléctrica, entre otros.</p> <p>La zona de proyecto estará comprendida entre las vialidades las vialidades de nombre: Pucte, Boulevard Bahía, Av. Insurgentes, Av. Constituyentes del 74, Av. Erick Paolo Martínez, Av. Belice, Calzada Almendro y Calzada del Centenario, con un área de 339.42 hectáreas y una población de 14,036 habitantes (Figura IV 1).</p> <p>La zona de influencia inmediata del Proyecto comprende las colonias populares de: del Bosque, 5 de abril, Isabel Tenorio, Fraccionamiento Reforma, Fraccionamiento Zazil-Ha, Avancemos Juntos, Constituyentes, Comité Proterritorio 2, Adolfo López Mateos y Zona de Granjas (Figura IV 2).</p> |  |

**Cuadro IV. 7** Principales componentes del Proyecto.

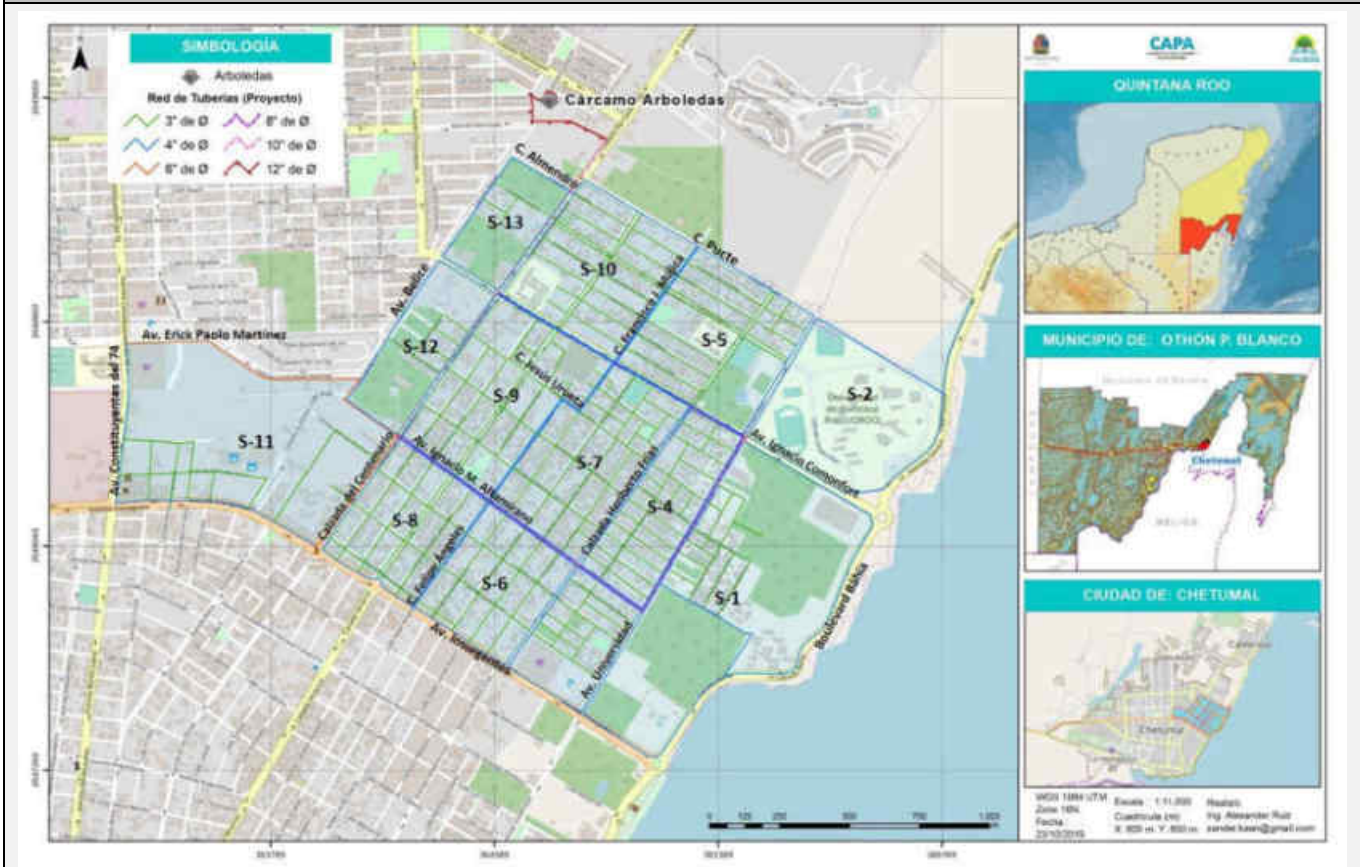
| COMPONENTE | DESCRIPCIÓN                         | UNIDAD DE MEDIDA  | CANTIDAD |           |
|------------|-------------------------------------|---|----------|-----------|
| 1          | Red de distribución                 | Preliminares (Red de distribución)  | ML       | 61,386.07 |
|            |                                     | Sustitución de red de distribución por el método de inserción por rompimiento (tubería 3" PEAD PE 4710, RD-21).                           | ML       | 34,150.57 |
|            |                                     | Sustitución red de distribución (tubería 4" PEAD PE 4710, RD-21).   | ML       | 25,443.13 |
|            |                                     | Sustitución red de distribución (tubería 6" PEAD PE 4710, RD-21).   | ML       | 1,792.37  |
|            |                                     | Sustitución de piezas especiales para red de distribución (PEAD de 3, 4 y 6" -codo 90°, codo 45°, tee, cruz, reducción y tapa ciega-).    | PZA.     | 451.00    |
| 2          | Tomas domiciliarias (Micromedición) | Sustitución toma domiciliaria 0.5" (tubería, piezas especiales Polipropileno y medidor de flujo).   | PZA.     | 3,910.00  |
| 3          | Equipamiento                        | Equipamiento fijo (medidor de flujo para red de distribución -de 6" tipo ultrasónico cuerpo bridado, carátula digital en gabinete IP68-). | PZA.     | 13.00     |
|            |                                     | Carrete de 6" de 0.6M de largo de Fo.Fo. Clase 125.   | PZA.     | 26.00     |
|            |                                     | Equipamiento fijo (válvula seccionamiento de compuerta vástago fijo de 6").   | PZA.     | 13.00     |
|            |                                     | Stub end de PEAD de 6" con contrabrida de acero.  | PZA.     | 26.00     |
|            |                                     | caja de operación de válvulas de 1.50X2.00X2.00M (a base de muro de block y concreto F'C=150 KG/CM2, Marco y contramarco con tapa PEAD)   | PZA.     | 13.00     |

| COMPONENTE  | DESCRIPCIÓN                             | UNIDAD DE MEDIDA   | CANTIDAD |           |
|---|---|--|----------|-----------|
| 4   | <b>Líneas primarias</b>                 | Preliminares (Líneas primarias)  | ML       | 5,130.61  |
|   |   | Construcción Línea de alimentación principal (tubería 8" PEAD PE 4710, RD-21).   | ML       | 2,810.03  |
|   |   | Sustitución Línea de alimentación principal (tubería 10" PEAD PE 4710, RD-21).   | ML       | 1,786.92  |
|   |   | Construcción de Línea de interconexión principal (tubería 12" PEAD PE 4710, RD-21).  | ML       | 533.66    |
|   |   | Suministro e instalación de piezas especiales para líneas primarias (PEAD de 8", 10" y 12" -codo 90°, codo 45°, tee, cruz y reducción-). | PZA.     | 31.00     |
| 5   | <b>Reposición de pavimentos</b>         | Reposición de carpeta asfáltica de hasta 5 cm de espesor elaborada con mezcla de emulsión asfáltica y agregado pétreo.                   | M2       | 42,054.82 |
| 6   | <b>Interconexión a tanque Arboledas</b> | Tren descarga de 8" (tubería y piezas especiales de Fo.Fo., Válvulas, manómetro de presión y base de concreto)                           | ML       | 8.25      |
|   |   | Múltiple de descarga de 12" de diámetro (tubería y piezas especiales de Fo.Fo., Válvulas y medidor de flujo)                             | ML       | 16.00     |
|   |   | Motor y bomba sumergible (de 15 Hp p/ un gasto de 35 lps y una carga de 20 mca c/ variador de velocidad 15 Hp IP55, 3F/60HZ/440V)        | PZA      | 3.00      |
|   |   | Tubo para columna de succión para bomba sumergible (de PVC de 6" tipo CERTA LOCK, Cédula 80 de inserción rápida)                         | ML       | 18.30     |
|   |   | Suministro, instalación y puesta en marcha de Transformador trifásico de pedestal de 225 KVA (incluye adaptadores: codo)                 | PZA.     | 1.00      |
|   |   | Instalaciones eléctricas de baja tensión (Conductores cuadruplex de aluminio calibre 2)  | ML       | 170.00    |
|   |   | Suministro e instalación de tablero de distribución (Sistema de 3F-4H, 440V, con interruptor principal hasta 250 Amp)                    | PZA      | 1.00      |
|   |   | Sum. E Inst. de interruptor termomagnético de 3 polos de 100 Amp y 125 Amp   | PZA      | 2.00      |
|   |   | Centro de Control de Motores (Tipo TN-C2PC214, para una operación de Tanque de regulador de AP)  | PZA      | 1.00      |
|   |   | Medidor de nivel ultrasónico (alimentación en 24 VDC con sensor de nivel y Gabinete de control de 40x30x25Cm y cable de control)         | PZA      | 1.00      |
|   |   | Suministro e instalación de sensor de presión (Mod. PMC11 corriente de salida de 4 a 20 Miliampers)                                      | PZA      | 1.00      |
| Sist. puesta a tierra (Mod. MTK85A-D con 3 electodos, relleno, registro de tubo PVC de 8" con rejilla, Cable cobre 4/0) | PZA                                     | 1.00   |          |           |

Fuente: Elaboración propia con información de la Dirección de planeación de infraestructura de la CAPA.

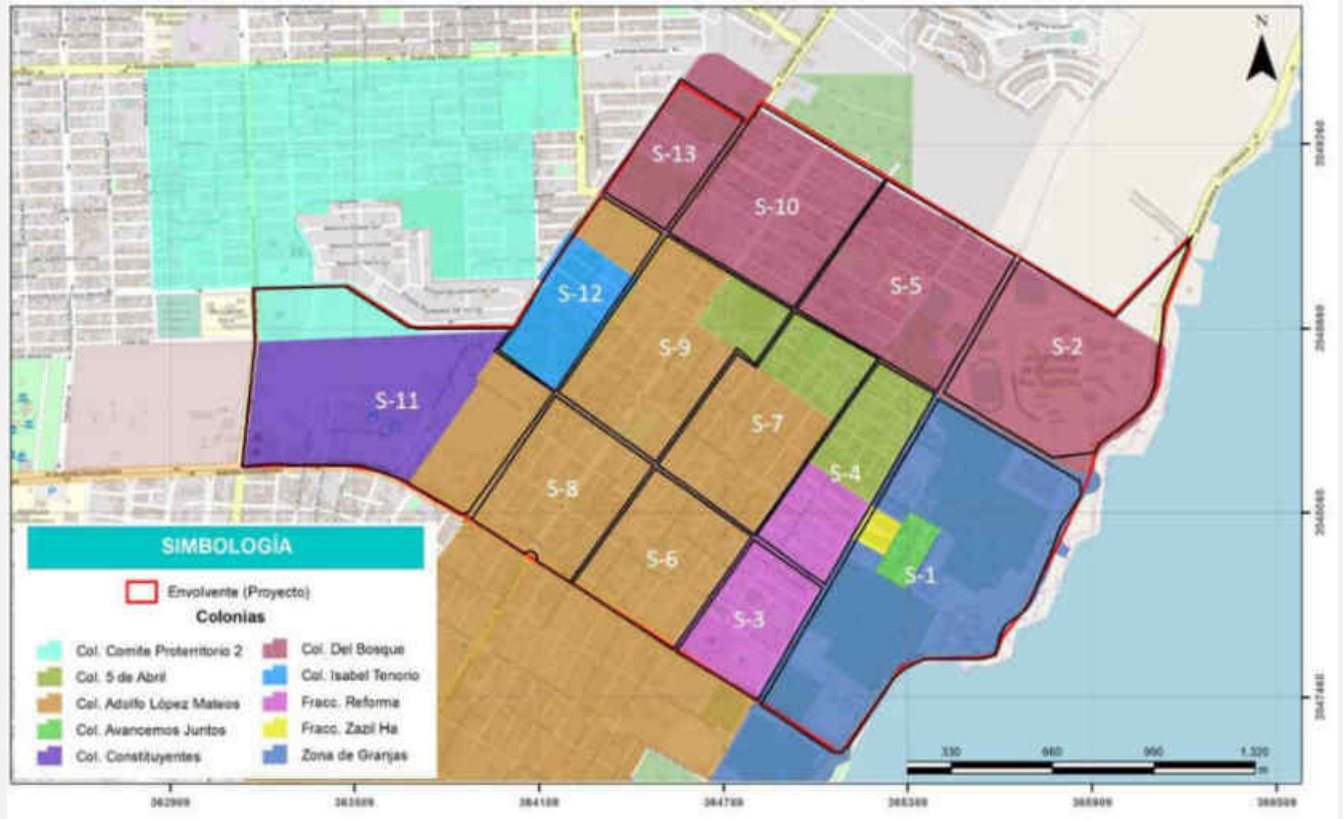


**Ubicación del PPI**



**Figura IV 1** Ubicación de la Zona de proyecto (*Insurgentes Norte*).

**Ubicación del PPI**



**Figura IV 2** Colonias populares en la Zona de proyecto (*Insurgentes Norte*).

## IV.2 Alineación estratégica

### IV.2.1 Plan y Programas Nacionales de Desarrollo

#### PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2019-2024

EJE II. Política social

Desarrollo Sostenible

EJE III. Economía

#### PROGRAMA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA 2019-2024

(En espera de su publicación)

#### PROGRAMAS DE SEDATU

#### PROGRAMA SECTORIAL DE DESARROLLO AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO 2019-2024

(En espera de su publicación)

#### PROGRAMA NACIONAL DE DESARROLLO URBANO 2019-2024

(En espera de su publicación)

### IV.2.2 Plan y Programas Estatales de Desarrollo

#### PLAN ESTATAL DE DESARROLLO QUINTANA ROO 2016-2022.

#### EJE 5.- CRECIMIENTO ORDENADO CON SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL.

**Objetivo general:** Orientar, bajo una política de sustentabilidad, el ordenamiento y control territoriales de la entidad, impulsando un sistema de ciudades y comunidades rurales que potencialicen su valor natural, cultural e histórico, además de garantizar el respeto al medio ambiente y la preservación de los recursos naturales en un esquema de equilibrio territorial.

**Estrategia general:** Impulsar un modelo de crecimiento urbano sustentable que considere la vocación turística, las políticas federales y los criterios internacionales de desarrollo humano, así como la dotación de infraestructura y de los equipamientos necesarios, los servicios públicos de calidad y el adecuado manejo de los recursos naturales.

#### PROGRAMA 32.- SERVICIOS PÚBLICOS DE CALIDAD

**Objetivo:** Garantizar, el acceso a servicios urbanos de calidad, de manera segura, adecuada y accesible para los habitantes de las ciudades y localidades para mejorar su calidad de vida.

**Estrategia:** Incrementar y fomentar en coordinación con los municipios, la inversión pública y privada en





#### IV.2.2 Plan y Programas Estatales de Desarrollo

materia de servicios públicos, optimizando y transparentando la inversión.

**LÍNEA DE ACCIÓN 9.-** Implementar acciones para mejorar la calidad de agua potable.

#### IV.2.3 Plan y Programas Municipales de Desarrollo

**PROGRAMA DE DESARROLLO URBANO DE CHETUMAL-CALDERITAS-SUBTENIENTE LÓPEZ-HUAYPIX Y XUL-HA, MUNICIPIO DE OTHÓN P. BLANCO.**

**TOMO III**

IV. Programación y corresponsabilidad sectorial

IV.6. Programa y acciones a corto, mediano y largo plazo

**Matriz IV.3.** Infraestructura Regional (Pág. 578-79)

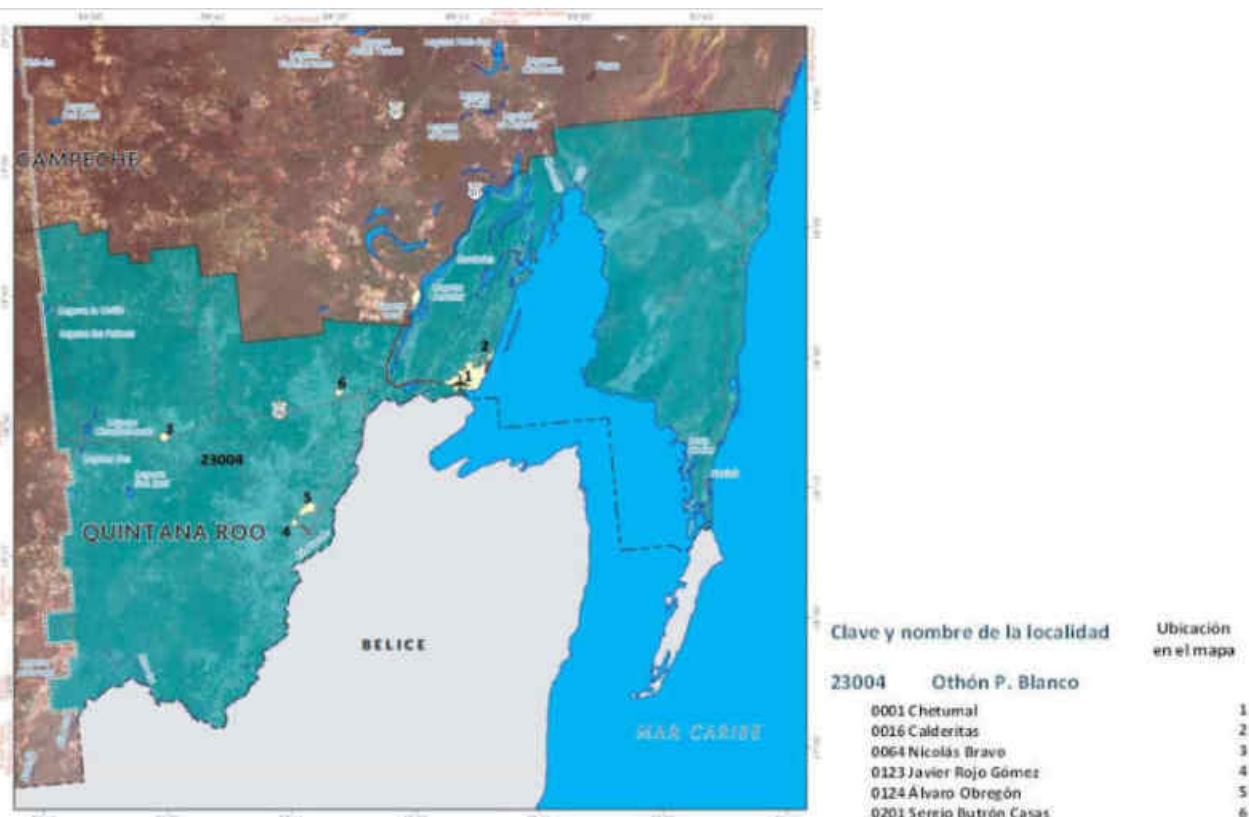
(<http://www.opb.gob.mx/portal/wp-content/uploads/transparencia/93/l/f/PDU2018/PDU%20integrado%2019012018-publicacion%20digital.pdf>)



## IV.3 Localización geográfica

### IV.3.1 Zona metropolitana que se beneficiará

En Quintana Roo se cuenta con dos zonas metropolitanas (ZM), la **ZM de Cancún**<sup>24</sup> decretada en 2009 bajo el criterio de “conurbación física” con un municipio central y la segunda, zona a la que pertenece el Proyecto, la **ZM de Chetumal**, de reciente creación en Abril 2018, en el municipio de Othón P. Blanco, bajo el criterio de “Capital estatal” con la ciudad de Chetumal como eje central y una superficie total de 9,958.2 Km<sup>2</sup>.



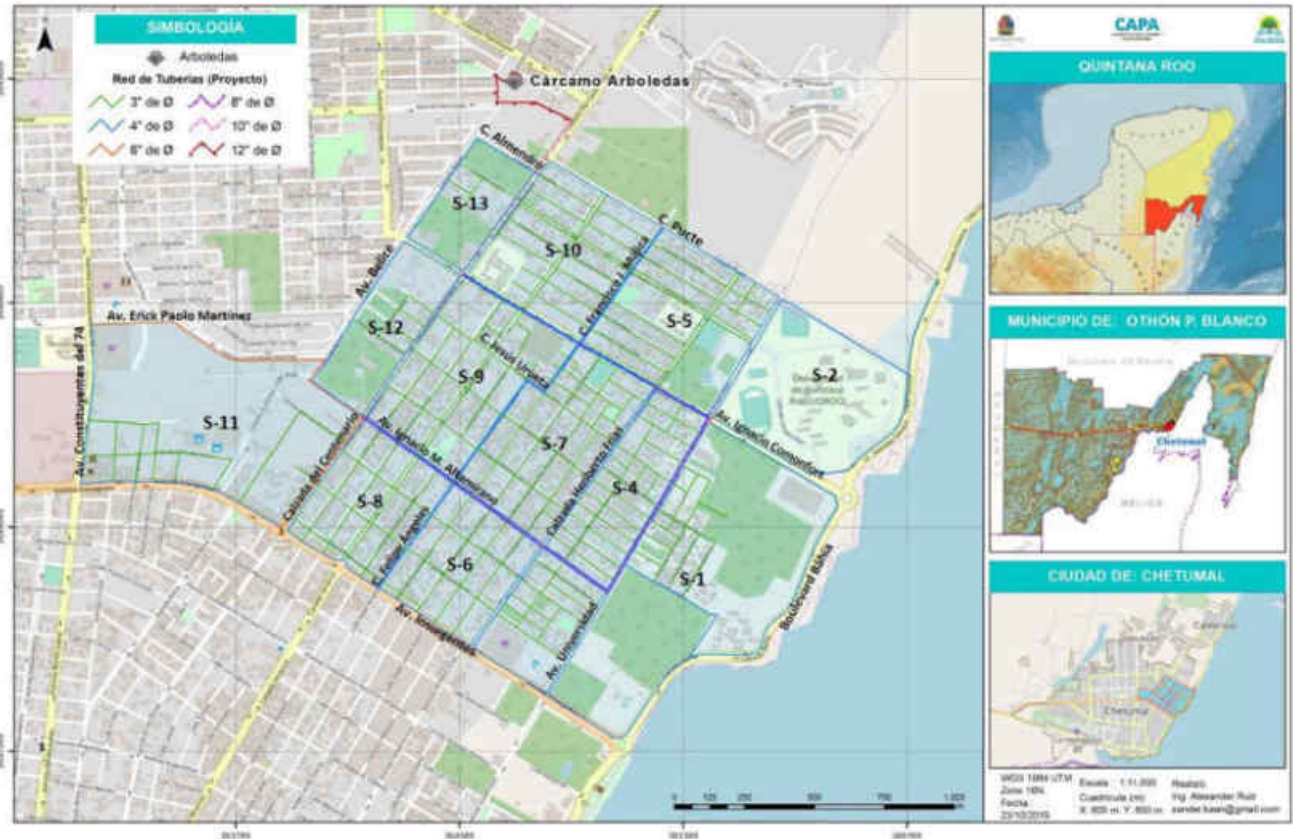
**Figura IV 3** Zona Metropolitana de Chetumal.

**Fuente:** Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano; “Delimitación de las zonas metropolitanas de México 2015”; febrero 2018; pág. 198.



<sup>24</sup> conformada por los municipios de Isla Mujeres y Benito Juárez (municipio central) con una superficie de 2,108.8 Km<sup>2</sup>.

**IV.3.2 Ubicación geográfica del PPI**



**Figura IV 4** Ubicación de la zona de proyecto (Insurgentes Norte) en la ciudad de Chetumal.



### IV.3.2 Ubicación geográfica del PPI



Figura IV 5 Ubicación de las líneas primarias de proyecto y del Tanque Arboledas.

Cuadro IV. 8 Líneas Primarias (Insurgentes Norte).

| N° T                    | CALLE PRINCIPAL       | COMIENZA EN LA CALLE            |             |             | TERMINA EN LA CALLE   |             |             | DIÁMETRO (PULG) |
|-------------------------|-----------------------|---------------------------------|-------------|-------------|-----------------------|-------------|-------------|-----------------|
|                         |                       | NOMBRE                          | COORDENADAS |             | NOMBRE                | COORDENADAS |             |                 |
|                         |                       |                                 | LAT         | LONG        |                       | LAT         | LONG        |                 |
| T199                    | PROLONGACIÓN MACHUXAC | MACULIX                         | 18.5324462  | -88.2816298 | CALZADA DE CENTENARIO | 18.5319513  | -88.2790414 | 12              |
| T200                    | CALZADA DE CENTENARIO | AV. INSURGENTES                 | 18.5187452  | -88.2889313 | PROLONGACIÓN MACHUXAC | 18.5319513  | -88.2790414 | 10              |
| T201                    | AV. IGNACIO COMONFORT | CALZADA DE CENTENARIO           | 18.5269019  | -88.2827862 | AV. UNIVERSIDAD       | 18.5223633  | -88.2744067 | 8               |
| T202                    | AV. UNIVERSIDAD       | IGNACIO M. ALTAMIRANO           | 18.5167436  | -88.2778226 | AV. IGNACIO COMONFORT | 18.5223633  | -88.2744067 | 8               |
| T203                    | IGNACIO M. ALTAMIRANO | CALZADA DE CENTENARIO           | 18.5223316  | -88.2861368 | AV. UNIVERSIDAD       | 18.5167436  | -88.2778226 | 8               |
| T217                    | MACULIX               | AV. MACHUXAC                    | 18.5324462  | -88.2816298 | OTILIO MONTAÑO        | 18.5333882  | -88.2817029 | 12              |
| T218                    | OTILIO MONTAÑO        | MACULIX                         | 18.5333882  | -88.2817029 | GUAYACÁN              | 18.5331673  | -88.2813166 | 12              |
| T219                    | GUAYACÁN              | OTILIO MONTAÑO                  | 18.5331673  | -88.2813166 | ÚRSULO GALVÁN         | 18.5335357  | -88.2811269 | 12              |
| T220                    | ÚRSULO GALVÁN         | GUAYACÁN                        | 18.5335357  | -88.2811269 | ÚRSULO GALVÁN         | 18.5332696  | -88.2808864 | 12              |
| <b>TANQUE ARBOLEDAS</b> |                       | ÚRSULO GALVÁN ESQ. CON GUAYACÁN |             |             | 18.533238             | -88.281081  |             |                 |



### IV.3.2 Ubicación geográfica del PPI



Figura IV 6 Ubicación de los microsectores 1 al 5 de la Zona de proyecto (Insurgentes Norte).

Cuadro IV. 9 Líneas envolventes, sectores 1 al 5 (Insurgentes Norte).

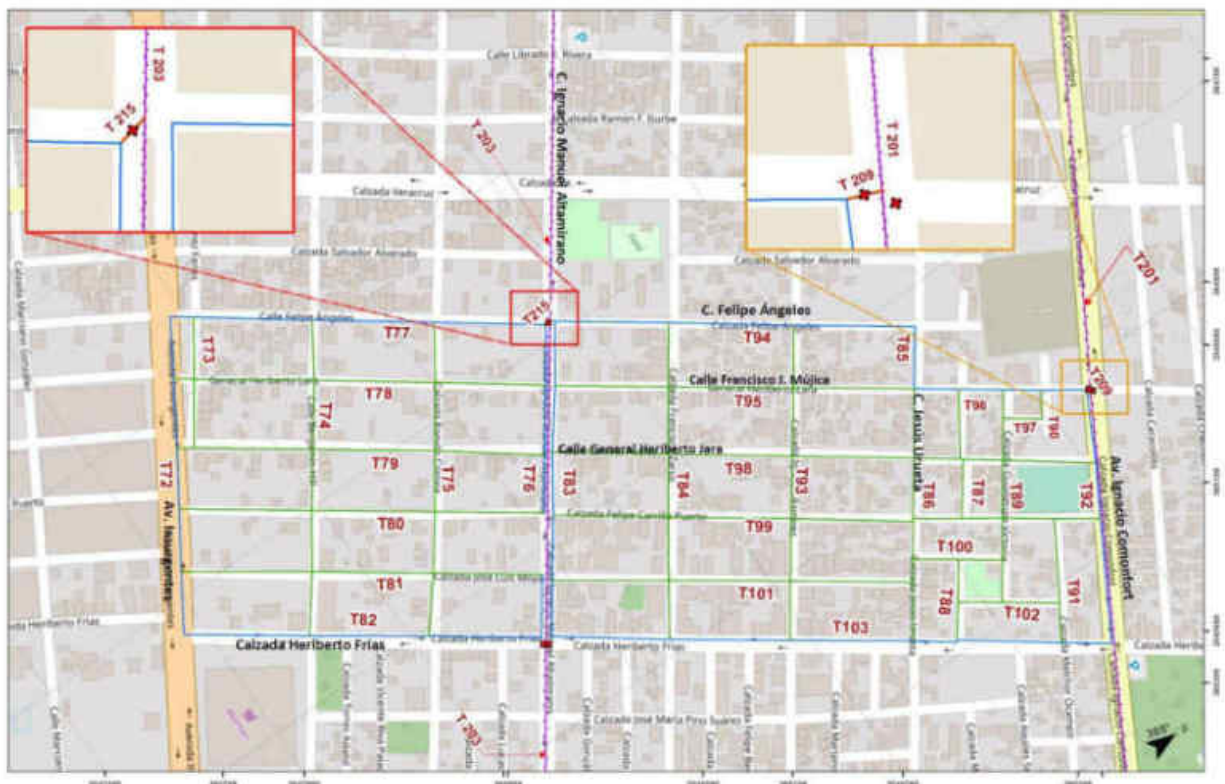
| SECT | N° T | CALLE PRINCIPAL       | COMIENZA EN LA CALLE  |             |             | TERMINA EN LA CALLE   |             |             | DIÁMETRO (PULG) |
|------|------|-----------------------|-----------------------|-------------|-------------|-----------------------|-------------|-------------|-----------------|
|      |      |                       | NOMBRE                | COORDENADAS |             | NOMBRE                | COORDENADAS |             |                 |
|      |      |                       |                       | LAT         | LONG        |                       | LAT         | LONG        |                 |
| S-01 | T1   | AV. UNIVERSIDAD       | AV. INSURGENTES       | 18.51338137 | -88.279796  | AV. IGNACIO COMONFORT | 18.52221372 | -88.2743755 | 4               |
| S-01 | T7   | BLVD. BAHÍA           | AV. INSURGENTES       | 18.51201184 | -88.2774706 | AV. IGNACIO COMONFORT | 18.51982629 | -88.270098  | 4               |
| S-01 | T8   | AV. INSURGENTES       | AV. UNIVERSIDAD       | 18.51338137 | -88.279796  | BLVD. BAHÍA           | 18.51201184 | -88.2774706 | 4               |
| S-01 | T17  | AV. IGNACIO COMONFORT | AV. UNIVERSIDAD       | 18.52221372 | -88.2743755 | BLVD. BAHÍA           | 18.51982629 | -88.270098  | 4               |
| S-02 | T18  | AV. UNIVERSIDAD       | AV. IGNACIO COMONFORT | 18.52236684 | -88.2742831 | PUCTE                 | 18.52622466 | -88.2719725 | 4               |
| S-02 | T19  | BLVD. BAHÍA           | AV. IGNACIO COMONFORT | 18.5205457  | -88.270951  | BLVD. BAHÍA           | 18.52689924 | -88.2666967 | 4               |
| S-02 | T20  | AV. IGNACIO COMONFORT | AV. UNIVERSIDAD       | 18.52236684 | -88.2742831 | BLVD. BAHÍA           | 18.5205457  | -88.270951  | 4               |
| S-02 | T21  | PUCTE                 | AV. UNIVERSIDAD       | 18.52622466 | -88.2719725 | BLVD. BAHÍA           | 18.52381216 | -88.2676824 | 4               |
| S-03 | T22  | HERIBERTO FRÍAS       | AV. INSURGENTES       | 18.51488281 | -88.2823725 | IGNACIO M. ALTAMIRANO | 18.51812686 | -88.2800084 | 4               |



### IV.3.2 Ubicación geográfica del PPI

|      |     |                       |                       |             |             |                       |             |             |   |
|------|-----|-----------------------|-----------------------|-------------|-------------|-----------------------|-------------|-------------|---|
| S-03 | T25 | AV. UNIVERSIDAD       | AV. INSURGENTES       | 18.51342828 | -88.2798834 | IGNACIO M. ALTAMIRANO | 18.51673379 | -88.2778863 | 4 |
| S-03 | T26 | AV. INSURGENTES       | HERIBERTO FRÍAS       | 18.51488281 | -88.2823725 | AV. UNIVERSIDAD       | 18.51342828 | -88.2798834 | 4 |
| S-03 | T33 | IGNACIO M. ALTAMIRANO | HERIBERTO FRÍAS       | 18.51812686 | -88.2800084 | AV. UNIVERSIDAD       | 18.51673379 | -88.2778863 | 4 |
| S-04 | T34 | HERIBERTO FRÍAS       | IGNACIO M. ALTAMIRANO | 18.51820659 | -88.2799441 | AV. IGNACIO COMONFORT | 18.52326264 | -88.2762375 | 4 |
| S-04 | T39 | AV. UNIVERSIDAD       | IGNACIO M. ALTAMIRANO | 18.51680646 | -88.2778434 | AV. IGNACIO COMONFORT | 18.5223549  | -88.2744934 | 4 |
| S-04 | T40 | IGNACIO M. ALTAMIRANO | HERIBERTO FRÍAS       | 18.51820659 | -88.2799441 | AV. UNIVERSIDAD       | 18.51680646 | -88.2778434 | 4 |
| S-04 | T53 | AV. IGNACIO COMONFORT | HERIBERTO FRÍAS       | 18.52326264 | -88.2762375 | AV. UNIVERSIDAD       | 18.5223549  | -88.2744934 | 4 |
| S-05 | T54 | FRANCISCO J. MUJICA   | AV. IGNACIO COMONFORT | 18.52474164 | -88.2787901 | PUCTE                 | 18.52848591 | -88.2760313 | 4 |
| S-05 | T58 | AV. UNIVERSIDAD       | AV. IGNACIO COMONFORT | 18.52242489 | -88.2744595 | PUCTE                 | 18.52630016 | -88.2720904 | 4 |
| S-05 | T59 | AV. IGNACIO COMONFORT | FRANCISCO J. MUJICA   | 18.52474164 | -88.2787901 | AV. UNIVERSIDAD       | 18.52242489 | -88.2744595 | 4 |
| S-05 | T71 | PUCTE                 | FRANCISCO J. MUJICA   | 18.52848591 | -88.2760313 | AV. UNIVERSIDAD       | 18.52630016 | -88.2720904 | 4 |

**Nota:** para información de las redes internas de distribución (3" de diámetro) y las líneas de interconexión (6" de diámetro), por favor diríjase al Anexo [*Tramos\_calles con coordenadas\_Insurgentes Norte.xlsx*]



**Figura IV 7** Ubicación de los microsectores 6 y 7 de la Zona de proyecto (Insurgentes Norte).

### IV.3.2 Ubicación geográfica del PPI

**Cuadro IV. 10** Líneas envolventes, sectores 6 y 7 (Insurgentes Norte).

| SECT | N° T | CALLE PRINCIPAL       | COMIENZA EN LA CALLE  |             |             | TERMINA EN LA CALLE   |             |             | DIÁMETRO (PULG) |
|------|------|-----------------------|-----------------------|-------------|-------------|-----------------------|-------------|-------------|-----------------|
|      |      |                       | NOMBRE                | COORDENADAS |             | NOMBRE                | COORDENADAS |             |                 |
|      |      |                       |                       | LAT         | LONG        |                       | LAT         | LONG        |                 |
| S-06 | T72  | AV. INSURGENTES       | FELIPE ÁNGELES        | 18.51680201 | -88.2855793 | HERIBERTO FRÍAS       | 18.51494546 | -88.2824688 | 4               |
| S-06 | T76  | IGNACIO M. ALTAMIRANO | FELIPE ÁNGELES        | 18.5201746  | -88.2830302 | HERIBERTO FRÍAS       | 18.51818085 | -88.2800895 | 4               |
| S-06 | T77  | FELIPE ÁNGELES        | AV. INSURGENTES       | 18.51680201 | -88.2855793 | IGNACIO M. ALTAMIRANO | 18.5201746  | -88.2830302 | 4               |
| S-06 | T82  | HERIBERTO FRÍAS       | AV. INSURGENTES       | 18.51494546 | -88.2824688 | IGNACIO M. ALTAMIRANO | 18.51818085 | -88.2800895 | 4               |
| S-07 | T83  | IGNACIO M. ALTAMIRANO | FELIPE ÁNGELES        | 18.52027164 | -88.2829999 | HERIBERTO FRÍAS       | 18.51827799 | -88.2800272 | 4               |
| S-07 | T85  | JESÚS URUETA          | FELIPE ÁNGELES        | 18.52352022 | -88.2805792 | FCO. J. MUJICA        | 18.52311936 | -88.2799944 | 4               |
| S-07 | T92  | AV. IGNACIO COMONFORT | FCO. J. MUJICA        | 18.52468251 | -88.2788513 | HERIBERTO FRÍAS       | 18.5233272  | -88.276272  | 4               |
| S-07 | T94  | FELIPE ÁNGELES        | IGNACIO M. ALTAMIRANO | 18.52027164 | -88.2829999 | JESÚS URUETA          | 18.52352022 | -88.2805792 | 4               |
| S-07 | T96  | FCO. J. MUJICA        | JESÚS URUETA          | 18.52311936 | -88.2799944 | AV. IGNACIO COMONFORT | 18.52468251 | -88.2788513 | 4               |
| S-07 | T103 | HERIBERTO FRÍAS       | IGNACIO M. ALTAMIRANO | 18.51827799 | -88.2800272 | AV. IGNACIO COMONFORT | 18.5233272  | -88.276272  | 4               |

**Nota:** para información de las redes internas de distribución (3" de diámetro) y las líneas de interconexión (6" de diámetro), por favor diríjase al Anexo [*Tramos\_calles con coordenadas\_Insurgentes Norte.xlsx*]



### IV.3.2 Ubicación geográfica del PPI

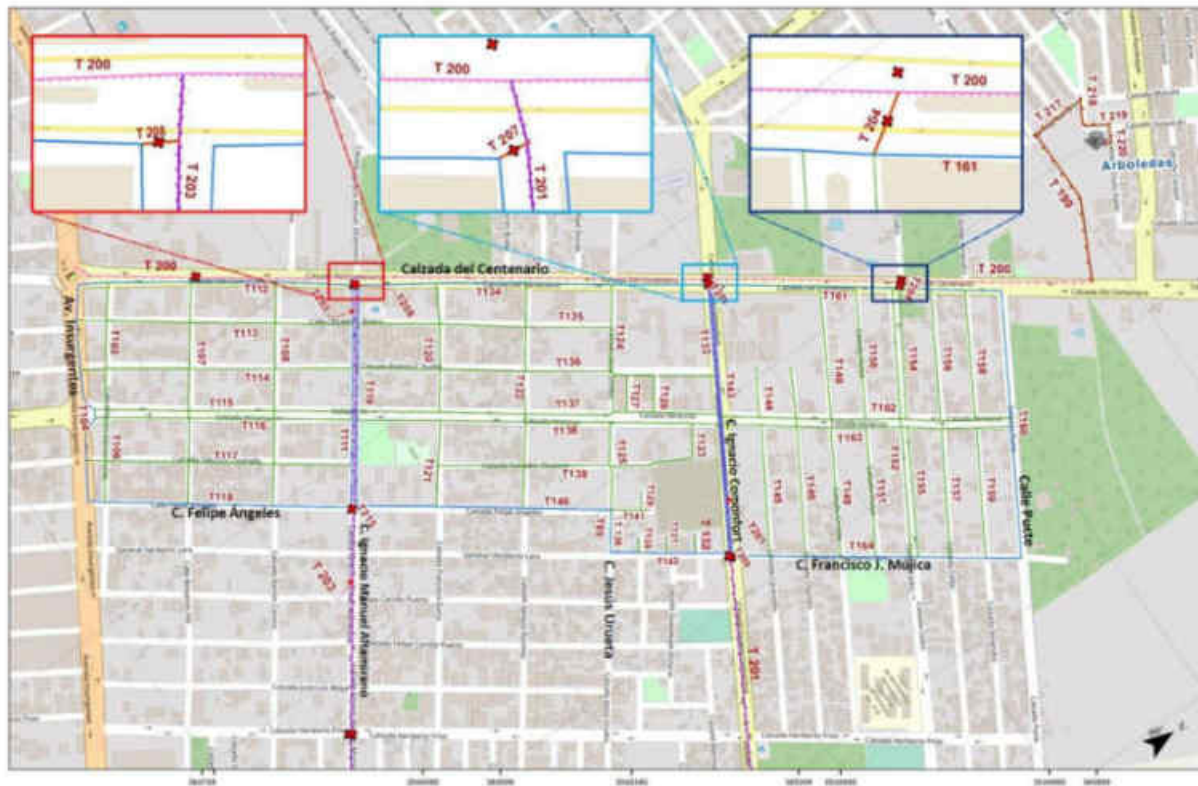


Figura IV 8 Ubicación de los microsectores 8 al 10 de la Zona de proyecto (Insurgentes Norte).

Cuadro IV. 11 Líneas envolventes, sectores de 8 al 10 (Insurgentes Norte).

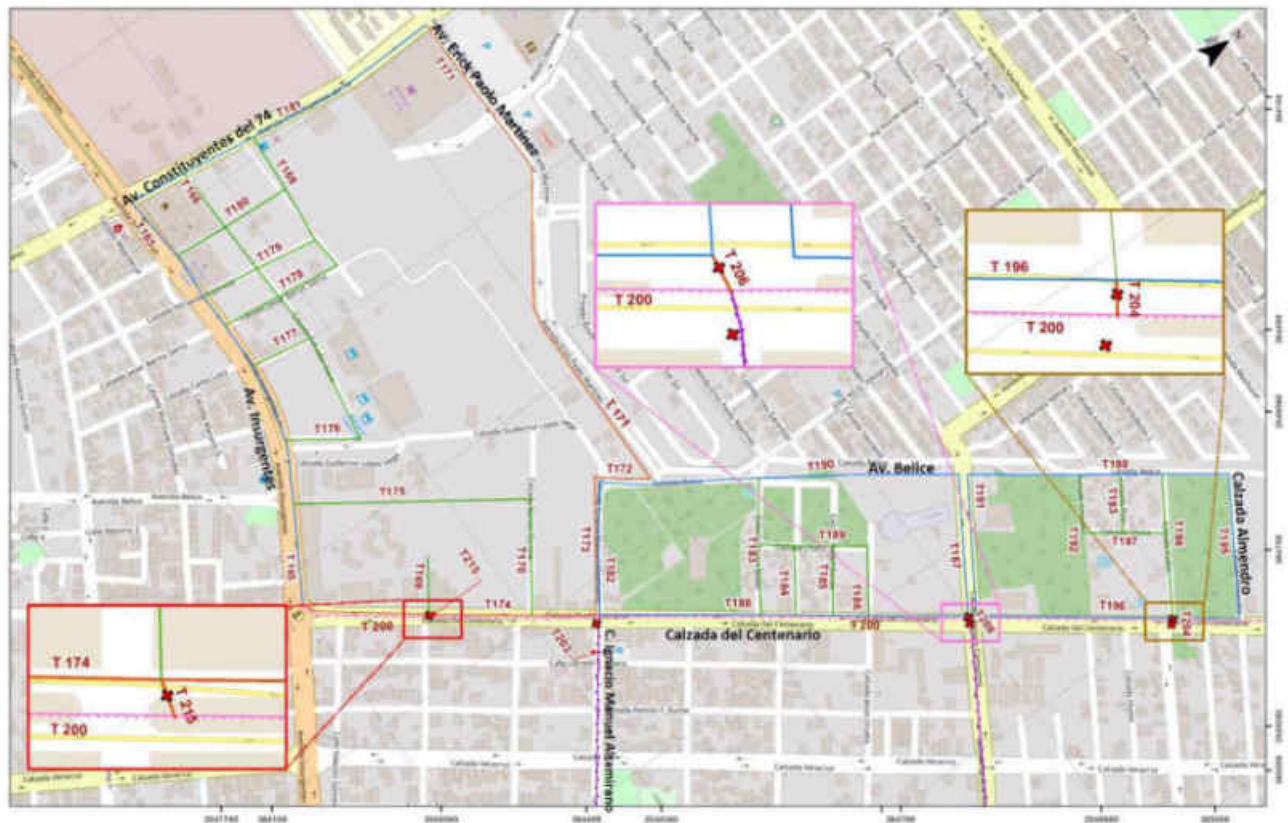
| SECT | N° T | CALLE PRINCIPAL        | COMIENZA EN LA CALLE   |                 |             | TERMINA EN LA CALLE   |             |             | DIÁME TRO (PULG) |
|------|------|------------------------|------------------------|-----------------|-------------|-----------------------|-------------|-------------|------------------|
|      |      |                        | NOMBRE                 | COORDENADAS     |             | NOMBRE                | COORDENADAS |             |                  |
|      |      |                        |                        | LAT             | LONG        |                       | LAT         | LONG        |                  |
| S-08 | T104 | AV. INSURGENTES        | CALZADA DEL CENTENARIO | 18.5186428      | -88.2886735 | FELIPE ÁNGELES        | 18.51683348 | -88.2856335 | 4                |
| S-08 | T111 | IGNACIO M. ALTAMIRANO  | CALZADA DEL CENTENARIO | 18.5222387      | -88.2861022 | FELIPE ÁNGELES        | 18.52020447 | -88.2830749 | 4                |
| S-08 | T112 | CALZADA DEL CENTENARIO | AV. INSURGENTES        | 18.5186428      | -88.2886735 | IGNACIO M. ALTAMIRANO | 18.52223872 | -88.2861022 | 4                |
| S-08 | T118 | FELIPE ÁNGELES         | AV. INSURGENTES        | 18.5168334      | -88.2856335 | IGNACIO M. ALTAMIRANO | 18.52020447 | -88.2830749 | 4                |
| S-09 | T119 | IGNACIO M. ALTAMIRANO  | CALZADA DEL CENTENARIO | 18.5223301<br>3 | -88.286042  | FELIPE ÁNGELES        | 18.52029376 | -88.2830423 | 4                |
| S-09 | T126 | JESÚS URUETA           | FELIPE ÁNGELES         | 18.5235820      | -88.280585  | FCO. J. MUJICA        | 18.52318865 | -88.2800152 | 4                |
| S-09 | T133 | AV. IGNACIO COMONFORT  | CALZADA DEL CENTENARIO | 18.5268515      | -88.2827307 | FCO. J. MUJICA        | 18.52472659 | -88.2788829 | 4                |
| S-09 | T134 | CALZADA DEL CENTENARIO | IGNACIO M. ALTAMIRANO  | 18.5223301      | -88.286042  | AV. IGNACIO COMONFORT | 18.5268515  | -88.2827307 | 4                |



### IV.3.2 Ubicación geográfica del PPI

|      |      |                        |                        |                 |             |                       |             |             |   |
|------|------|------------------------|------------------------|-----------------|-------------|-----------------------|-------------|-------------|---|
| S-09 | T140 | FELIPE ÁNGELES         | IGNACIO M. ALTAMIRANO  | 18.5202937      | -88.2830423 | JESÚS URUETA          | 18.52358202 | -88.280585  | 4 |
| S-09 | T142 | FCO. J. MUJICA         | JESÚS URUETA           | 18.5231886      | -88.2800152 | AV. IGNACIO COMONFORT | 18.52472659 | -88.2788829 | 4 |
| S-10 | T143 | AV. IGNACIO COMONFORT  | CALZADA DEL CENTENARIO | 18.5269059<br>5 | -88.2826982 | PUCTE                 | 18.52476553 | -88.2788227 | 4 |
| S-10 | T160 | PUCTE                  | CALZADA DEL CENTENARIO | 18.5306234<br>8 | -88.2798853 | FCO. J. MUJICA        | 18.52850641 | -88.2760626 | 4 |
| S-10 | T161 | CALZADA DEL CENTENARIO | AV. IGNACIO COMONFORT  | 18.5269059<br>5 | -88.2826982 | PUCTE                 | 18.53062348 | -88.2798853 | 4 |
| S-10 | T164 | FCO. J. MUJICA         | AV. IGNACIO COMONFORT  | 18.5247655<br>3 | -88.2788227 | PUCTE                 | 18.52850641 | -88.2760626 | 4 |

**Nota:** para información de las redes internas de distribución (3" de diámetro) y las líneas de interconexión (6" de diámetro), por favor diríjase al Anexo [Tramos\_calles con coordenadas\_Insurgentes Norte.xlsx]



**Figura IV 9** Ubicación de los microsectores 11 al 13 de la Zona de proyecto (Insurgentes Norte).

**Cuadro IV. 12** Líneas envolventes, sectores de 11 al 13 (Insurgentes Norte).

| SECT | N° T | CALLE PRINCIPAL | COMIENZA EN LA CALLE |             |             | TERMINA EN LA CALLE |             |             | DIÁMETRO (PULG) |
|------|------|-----------------|----------------------|-------------|-------------|---------------------|-------------|-------------|-----------------|
|      |      |                 | NOMBRE               | COORDENADAS |             | NOMBRE              | COORDENADAS |             |                 |
|      |      |                 |                      | LAT         | LONG        |                     | LAT         | LONG        |                 |
| S-11 | T165 | AV.             | AV.                  | 18.5200749  | -88.2956965 | CALZADA DE          | 18.51877837 | -88.2889589 | 4               |

#### IV.3.2 Ubicación geográfica del PPI

|      |      |                            |                            |            |             |                          |             |             |   |
|------|------|----------------------------|----------------------------|------------|-------------|--------------------------|-------------|-------------|---|
|      |      | INSURGENTES                | CONSTITUYENTES DEL '74     |            |             | CENTENARIO               |             |             |   |
| S-11 | T171 | AV. ERICK PAOLO MARTÍNEZ   | AV. CONSTITUYENTES DEL '74 | 18.5252335 | -88.2953606 | AV. BELICE               | 18.52414399 | -88.2874642 | 6 |
| S-11 | T172 | AV. BELICE                 | IGNACIO M. ALTAMIRANO      | 18.5234759 | -88.2879933 | AV. BELICE               | 18.52414399 | -88.2874642 | 6 |
| S-11 | T173 | IGNACIO M. ALTAMIRANO      | AV. BELICE                 | 18.5234759 | -88.2879933 | CALZADA DE CENTENARIO    | 18.52231338 | -88.2861924 | 6 |
| S-11 | T174 | CALZADA DEL CENTENARIO     | AV. INSURGENTES            | 18.5187783 | -88.2889589 | IGNACIO M. ALTAMIRANO    | 18.52231338 | -88.2861924 | 6 |
| S-11 | T181 | AV. CONSTITUYENTES DEL '74 | AV. INSURGENTES            | 18.5200749 | -88.2956965 | AV. ERICK PAOLO MARTÍNEZ | 18.52523355 | -88.2953606 | 6 |
| S-12 | T182 | IGNACIO M. ALTAMIRANO      | AV. BELICE                 | 18.5234863 | -88.2878744 | CALZADA DE CENTENARIO    | 18.52235734 | -88.2861675 | 4 |
| S-12 | T187 | AV. IGNACIO COMONFORT      | AV. BELICE                 | 18.5279969 | -88.2847599 | CALZADA DE CENTENARIO    | 18.52690967 | -88.2828494 | 4 |
| S-12 | T188 | CALZADA DEL CENTENARIO     | IGNACIO M. ALTAMIRANO      | 18.5223573 | -88.2861675 | AV. IGNACIO COMONFORT    | 18.52690967 | -88.2828494 | 4 |
| S-12 | T190 | AV. BELICE                 | IGNACIO M. ALTAMIRANO      | 18.5234863 | -88.2878744 | AV. IGNACIO COMONFORT    | 18.52799694 | -88.2847599 | 4 |
| S-13 | T191 | AV. IGNACIO COMONFORT      | AV. BELICE                 | 18.5281055 | -88.2846824 | CALZADA DE CENTENARIO    | 18.52700881 | -88.2827744 | 4 |
| S-13 | T195 | ALMENDRO                   | AV. BELICE                 | 18.5313509 | -88.2823552 | CALZADA DE CENTENARIO    | 18.53024868 | -88.2803771 | 4 |
| S-13 | T196 | CALZADA DEL CENTENARIO     | AV. IGNACIO COMONFORT      | 18.5270088 | -88.2827744 | ALMENDRO                 | 18.53024868 | -88.2803771 | 4 |
| S-13 | T198 | AV. BELICE                 | AV. IGNACIO COMONFORT      | 18.5281055 | -88.2846824 | ALMENDRO                 | 18.53135094 | -88.2823552 | 4 |

**Nota:** para información de las redes internas de distribución (3" de diámetro) y las líneas de interconexión (6" de diámetro), por favor diríjase al Anexo [Tramos\_calles con coordenadas\_Insurgentes Norte.xlsx]

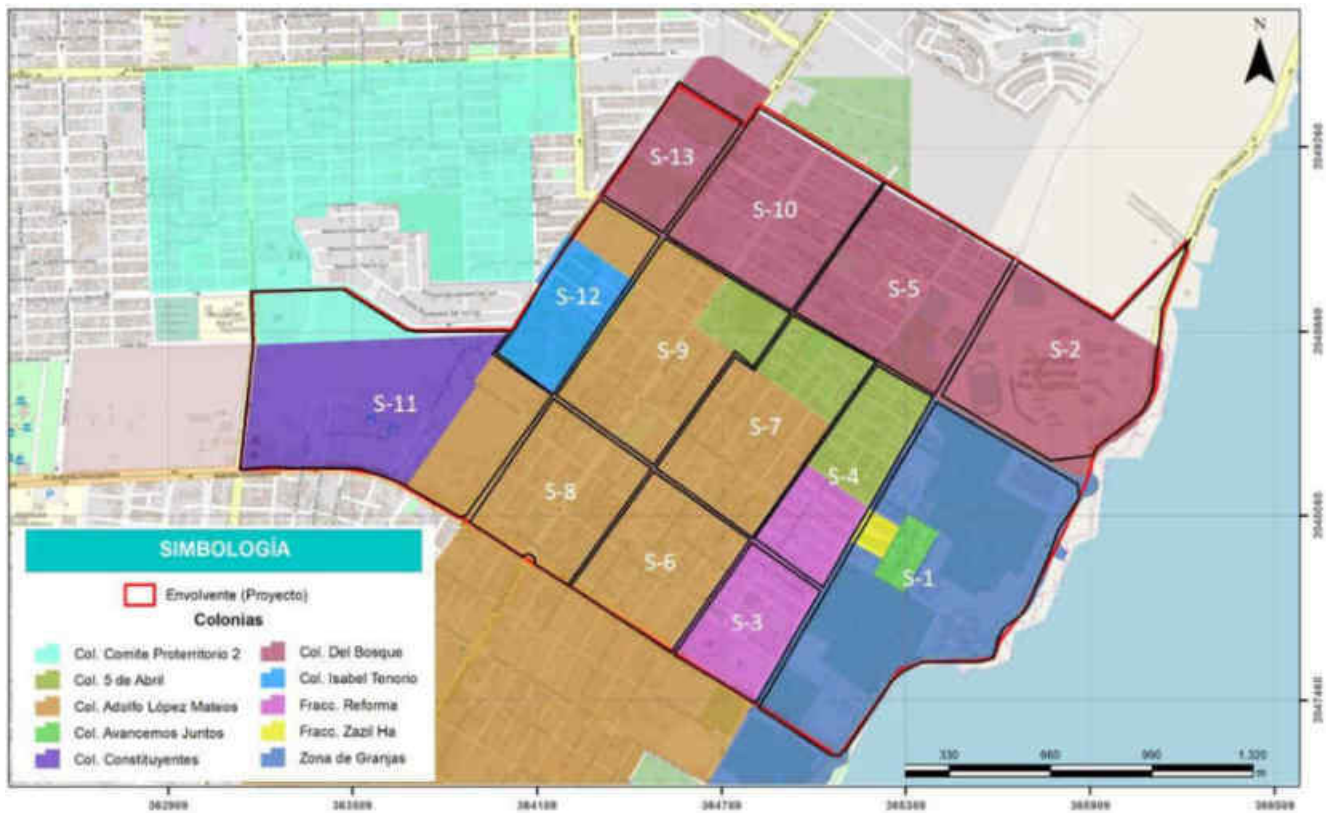




### IV.3.3 Zona de influencia del PPI

La zona de proyecto tiene un área de influencia de 339.42 hectáreas, comprende una población de 14,036 habitantes y se encuentra comprendida entre la Calle Pucte, Boulevard Bahía, Av. Insurgentes, Av. Constituyentes del 74, Av. Erick Paolo Martínez, Av. Belice, Calzada Almendro y Calzada del Centenario.

De la misma manera, el área de influencia del proyecto comprende las colonias populares de: col. del Bosque, Col. 5 de abril, col. Isabel Tenorio, Fraccionamiento Reforma, Fraccionamiento Zazil-Ha, Col. Avancemos Juntos, Col. Constituyentes, Col. Comité Proterritorio 2, Col. Adolfo López Mateos y Zona de Granjas (Figura IV 10).



**Figura IV 10** Colonias populares en la Zona de influencia del proyecto (Insurgentes Norte).

## IV.4 Calendario de actividades

**Cuadro IV. 13** Calendario de actividades del proyecto.

| ACTIVIDAD   | UNIDAD DE MEDIDA | CANTIDAD  | IMPORTE<br>(Incluye IVA) | MES |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |   |
|---|------------------|-----------|--------------------------|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|---|
|   |                  |           |                          | 1   | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |   |
| Preliminares (Red de distribución y Líneas primarias)   | ML               | 66,516.68 | 3,594,819.86             | X   | X |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |   |
| Sustitución de red de distribución (tubería 3" PEAD PE 4710, RD-21).  | ML               | 34,150.57 | 19,213,264.81            | X   | X | X |   |   |   |   |   |   |    |    |    |   |
| Construcción línea envolvente para red de distribución (tubería 4" PEAD PE 4710, RD-21).                                  | ML               | 25,443.13 | 17,953,695.19            | X   | X | X | X | X |   |   |   |   |    |    |    |   |
| Construcción línea envolvente y de interconexión para red de distribución (tubería 6" PEAD PE 4710, RD-21).               | ML               | 1,792.37  | 2,947,319.27             | X   | X | X | X | X | X |   |   |   |    |    |    |   |
| Construcción Línea de alimentación principal (tubería 8" PEAD PE 4710, RD-21).  | ML               | 2,810.03  | 6,364,477.76             |     | X | X | X | X | X | X | X | X |    |    |    |   |
| Sustitución Línea de alimentación principal (tubería 10" PEAD PE 4710, RD-21).  | ML               | 1,786.92  | 5,426,289.26             |     | X | X | X | X | X | X | X | X |    |    |    |   |
| Construcción Línea de alimentación principal (tubería 12" PEAD PE 4710, RD-21).   | ML               | 533.66    | 1,742,230.45             |     | X | X | X | X | X | X | X | X |    |    |    |   |
| Suministro e instalación de piezas especiales para red de distribución y Líneas primarias (PEAD de 3, 4, 6, 8, 10 y 12"). | PZA.             | 482.00    | 499,155.15               |     | X | X | X | X | X | X | X | X |    |    |    |   |
| Sustitución toma domiciliaria 0.5" (tubería, piezas especiales Polipropileno y medidor de flujo).                         | PZA.             | 3,910.00  | 17,158,220.16            |     |   | X | X | X | X | X | X | X | X  | X  | X  | X |
| Equipamiento fijo (medidor de flujo tipo ultrasónico de 6" para red de distribución).                                     | PZA.             | 13.00     | 1,090,436.91             |     |   | X | X | X | X | X | X | X | X  | X  | X  | X |
| Equipamiento fijo (válvula seccionamiento de compuerta vástago fijo 6" con caja de operación).                            | PZA.             | 13.00     | 602,991.28               |     |   | X | X | X | X | X | X | X | X  | X  | X  | X |



| ACTIVIDAD   | UNIDAD DE MEDIDA | CANTIDAD     | IMPORTE<br>(Incluye IVA) | MES |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
|---|------------------|--------------|--------------------------|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
|   |                  |              |                          | 1   | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Reposición de carpeta asfáltica de hasta 5 cm elaborada con mezcla de emulsión asfáltica y agregado pétreo.   | M2               | 42,054.82    | 17,698,294.74            |     |   | X | X | X | X | X | X | X | X  | X  | X  |
| Tren descarga de 8" (tubería y piezas especiales de Fo.Fo., Válvulas, manómetro de presión y base de concreto)  | ML               | 8.25         | 150,260.96               |     |   |   |   |   |   |   | X | X | X  | X  | X  |
| Múltiple de descarga de 12" de diámetro (tubería y piezas especiales de Fo.Fo., Válvulas y medidor de flujo)  | ML               | 16.00        | 393,154.62               |     |   |   |   |   |   |   | X | X | X  | X  | X  |
| Equipamiento Fijo (Motor y Bomba sumergible de 15 Hp para un gasto de 35 lps y una carga de 20 m.c.a con variador de velocidad de 15 Hp IP55, 3F/60HZ/440V) | PZA.             | 3.00         | 904,524.48               |     |   |   |   |   |   |   | X | X | X  | X  | X  |
| Instalaciones eléctricas de Baja tensión (Transformador, sistema a tierra, tablero de distribución, interruptores, conductores y sistema puesta a tierra)   | ML               | 170.00       | 814,865.13               |     |   |   |   |   |   |   | X | X | X  | X  | X  |
| Equipamiento Fijo (Centro de Control de Motores Tipo TN-C2PC214, sensor de nivel y sensor de presión)   | PZA.             | 1.00         | 945,999.97               |     |   |   |   |   |   |   | X | X | X  | X  | X  |
|   |                  | <b>TOTAL</b> | <b>\$ 97,500,000.00</b>  |     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |

Fuente: Elaboración propia con información de la Dirección de planeación de infraestructura de la CAPA.



## IV.5 Monto total de inversión

**Cuadro IV. 14** Inversión total proyecto por principales componentes (no incluye IVA).

| COMPONENTES/RUBROS  |  | UNIDAD DE MEDIDA | CANTIDAD  | MONTO DE INVERSIÓN (sin IVA) |
|---|--|------------------|-----------|------------------------------|
| 1   | Preliminares (Red de distribución)   | ML               | 61,386.07 | 2,859,949.79                 |
| 2   | Sustitución de red de distribución (tubería 3" PEAD PE 4710, RD-21).   | ML               | 34,150.57 | 16,563,159.32                |
| 3   | Construcción línea envolvente para red de distribución (tubería 4" PEAD PE 4710, RD-21).   | ML               | 25,443.13 | 15,477,323.44                |
| 4   | Construcción línea de interconexión para red de distribución (tubería 6" PEAD PE 4710, RD-21).   | ML               | 1,792.37  | 2,540,792.47                 |
| 5   | Sustitución de piezas especiales para red de distribución (PEAD de 3", 4" y 6": Reducción, cruz, tee, codo 90°, 45°, 22°, 11° y tapa ciega).                     | PZA.             | 451.00    | 298,390.62                   |
| <b>Subtotal Red de distribución:</b>                      |  |                  |           | <b>37,739,615.65</b>         |
| 6   | Sustitución toma domiciliaria 0.5" (tubería, piezas especiales Polipropileno y medidor de flujo).  | PZA.             | 3,910.00  | 14,791,569.10                |
| <b>Subtotal Tomas domiciliarias:</b>                      |  |                  |           | <b>14,791,569.10</b>         |
| 7   | Equipamiento fijo (medidor de flujo tipo ultrasónico de 6" para red de distribución).  | PZA.             | 13.00     | 843,943.88                   |
| 8   | carrete de 6" de diámetro de 0.6M de largo de Fo.Fo. Clase 125   | PZA.             | 26.00     | 96,087.94                    |
| 9   | Equipamiento fijo (válvula seccionamiento de compuerta vástago fijo 6").   | PZA.             | 13.00     | 92,807.91                    |
| 10  | Stub end de PEAD de 6" con contrabrida de acero  | PZA.             | 26.00     | 94,031.34                    |
| 11  | caja de operación de válvulas de 1.50X2.00X2.00M (a base de muro de block y concreto F <sup>c</sup> =150 KG/CM <sup>2</sup> , Marco y contramarco con tapa PEAD) | PZA.             | 13.00     | 332,980.82                   |
| <b>Subtotal Equipamiento de sectorización y medición:</b> |  |                  |           | <b>1,459,851.89</b>          |
| 12  | Preliminares (Líneas primarias)  | ML               | 5,130.61  | 239,032.84                   |
| 13  | Construcción Línea de alimentación principal (tubería 8" PEAD PE 4710, RD-21).   | ML               | 2,810.03  | 5,486,618.76                 |
| 14  | Sustitución Línea de alimentación principal (tubería 10" PEAD PE 4710, RD-21).   | ML               | 1,786.92  | 4,677,835.57                 |
| 15  | Construcción de Línea de interconexión principal (tubería 12" PEAD PE 4710, RD-21).  | ML               | 533.66    | 1,501,922.80                 |
| 16  | Suministro e instalación de piezas especiales para líneas primarias (PEAD de 8", 10" y 12": Reducción, cruz, tee, codo 90°, 45° y 22°).                          | PZA.             | 31.00     | 131,915.54                   |
| <b>Subtotal Líneas primarias:</b>                         |  |                  |           | <b>12,037,325.51</b>         |
| 17  | Reposición de carpeta asfáltica de hasta 5 cm elaborada con mezcla de emulsión asfáltica y agregado pétreo.  | M2               | 42,054.82 | 15,257,150.64                |
| <b>Subtotal Reposición de pavimentos:</b>                 |  |                  |           | <b>15,257,150.64</b>         |

| COMPONENTES/RUBROS                               |   | UNIDAD DE MEDIDA | CANTIDAD | MONTO DE INVERSIÓN (sin IVA) |
|--|---|------------------|----------|------------------------------|
| 18   | Tren descarga de 8" (tubería y piezas especiales de Fo.Fo., Válvulas, manómetro de presión y base de concreto)                    | ML               | 8.25     | 129,535.31                   |
| 19   | Múltiple de descarga de 12" de diámetro (tubería y piezas especiales de Fo.Fo., Válvulas y medidor de flujo)                      | ML               | 16.00    | 338,926.40                   |
| 20   | Motor y bomba sumergible (de 15 Hp p/ un gasto de 35 lps y una carga de 20 mca c/ variador de velocidad 15 Hp IP55, 3F/60HZ/440V) | PZA              | 3.00     | 721,212.60                   |
| 21   | Tubo para columna de succión para bomba sumergible (de PVC de 6" tipo CERTA LOCK, Cédula 80 de inserción rápida)                  | ML               | 18.30    | 58,549.88                    |
| 22   | Suministro, instalación y puesta en marcha de Transformador trifásico de pedestal de 225 KVA (incluye adaptadores: codo)          | PZA.             | 1.00     | 393,218.82                   |
| 23   | Instalaciones eléctricas de baja tensión (Conductores cuadriplex de aluminio calibre 2)   | ML               | 170.00   | 132,657.88                   |
| 24   | Suministro e instalación de tablero de distribución (Sistema de 3F-4H, 440V, con interruptor principal hasta 250 Amp)             | PZA.             | 1.00     | 35,814.75                    |
| 25   | Sum. E Inst. de interruptor termomagnético de 3 polos de 100 Amp y 125 Amp  | PZA.             | 2.00     | 19,090.50                    |
| 26   | Centro de Control de Motores (Tipo TN-C2PC214, para una operación de Tanque de regulador de AP)                                   | PZA              | 1.00     | 748,670.00                   |
| 27   | Medidor de nivel ultrasónico (alimentación en 24 VDC con sensor de nivel y Gabinete de control de 40x30x25Cm y cable de control)  | PZA              | 1.00     | 58,579.40                    |
| 28   | Suministro e instalación de sensor de presión (Mod. PMC11 corriente de salida de 4 a 20 Miliampers)                               | PZA              | 1.00     | 8,267.82                     |
| 29   | Sist. puesta a tierra (Mod. MTK85A-D con 3 electrodos, relleno, registro de tubo PVC de 8" con rejilla, Cable cobre 4/0)          | PZA              | 1.00     | 121,687.99                   |
| <b>Subtotal Interconexión a tanque Arboledas</b> |   |                  |          | <b>2,766,211.35</b>          |
| <b>Subtotal de Componentes/Rubros</b>            |   |                  |          | <b>\$ 84,051,724</b>         |
| <b>Impuesto al Valor Agregado (16.0%)</b>        |   |                  |          | <b>13,448,276</b>            |
| <b>Subtotal de Impuestos</b>                     |   |                  |          | <b>13,448,276</b>            |
| <b>Total</b>                                     |   |                  |          | <b>\$ 97,500,000.00</b>      |





**Cuadro IV. 15** Calendario de ejecución físico financiero consolidado (Incluye IVA).

| Avance                  | 1             | 2             | 3            | 4            | 5                       | 6            |
|-------------------------|---------------|---------------|--------------|--------------|-------------------------|--------------|
| Físico (%)              | 5.63%         | 9.09%         | 10.69%       | 11.62%       | 11.62%                  | 9.39%        |
| Financiero (\$)         | 29,382,219.99 | 16,527,592.73 | 8,606,028.02 | 9,168,556.74 | 9,168,556.74            | 7,738,284.88 |
| Avance                  | 7             | 8             | 9            | 10           | 11                      | 12           |
| Físico (%)              | 8.66%         | 8.66%         | 6.06%        | 6.19%        | 6.19%                   | 6.20%        |
| Financiero (\$)         | 3,048,152.94  | 3,048,152.94  | 2,133,967.01 | 2,582,683.69 | 3,023,416.98            | 3,072,387.34 |
| <b>Total físico</b>     |               |               |              |              | <b>100.00%</b>          |              |
| <b>Total financiero</b> |               |               |              |              | <b>\$ 97,500,000.00</b> |              |

Fuente: Elaboración propia con información de la Dirección de planeación de infraestructura de la CAPA.

## IV.6 Fuentes de financiamiento

**Cuadro IV. 16** Distribución de la inversión por fuente de financiamiento (incluye IVA).

| FUENTE DE RECURSOS |              | PROCEDENCIA     | MONTO                  | PORCENTAJE  |
|--------------------|--------------|-----------------|------------------------|-------------|
| 1                  | Federales    | FIFONMETRO 2019 | 97,500,000.00          | 100%        |
| 2                  | Estatales    |                 |                        |             |
| 3                  | Municipales  |                 |                        |             |
| 4                  | Fideicomisos |                 |                        |             |
| 5                  | Otros        |                 |                        |             |
| <b>Total</b>       |              |                 | <b>\$97,500,000.00</b> | <b>100%</b> |

## IV.7 Capacidad instalada

Concluido el proyecto, se dispondrá de una cobertura total del servicio de agua en Insurgentes Norte y a su vez, se incorporará dicha zona al sector Arboledas.

La capacidad instalada de la nueva infraestructura de distribución y conducción corresponde a:

| CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN<br>RED DE DISTRIBUCIÓN |                        | CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN<br>LÍNEAS PRIMARIAS |                        |
|--|------------------------|---|------------------------|
| DIÁMETRO (PULG)                                | GASTO A CONDUCIR (LPS) | DIÁMETRO (PULG)                             | GASTO A CONDUCIR (LPS) |
| 3  | 6                      | 8   | 45                     |
| 4  | 11                     | 10  | 69                     |
| 6  | 25                     | 12  | 100                    |

Del análisis se determinó que la capacidad actual (1,723 M<sup>3</sup>) del tanque Arboledas es suficiente para abastecer a la nueva zona (Insurgentes Norte, al que denominaremos "Anexo").

### IV.7.1 Metas de infraestructura

Concluido el proyecto, el sector Arboledas habrá incorporado 339.42 hectáreas a su zona de influencia, zona en la que se habrán conformado un total de 13 microsectores hidrométricos independientes con una red integral de 61.39 Km para la conexión de 3,910 tomas domiciliarias equipadas con medidores de flujo.

Dicha incorporación se habrá logrado mediante la construcción de un nuevo tren y múltiple de descarga provisto con 3 equipos de bombeo para un gasto de 35 lps cada uno, con su respectivo sistema de arranque y de control y 5.13 Km de líneas primarias para el abastecimiento de los microsectores.

| CONCEPTO  | UNIDAD DE MEDIDA | CANTIDAD  |
|---|------------------|-----------|
| Red de distribución de Agua potable de PAD de 3, 4 y 6" de diámetro | ML               | 61,386.07 |
| Líneas primarias de Agua potable de PAD de 8, 10 y 12" de diámetro  | ML               | 5,130.61  |
| Tomas domiciliarias equipadas con medidores de flujo                | PZA.             | 3,910.00  |
| Válvula de seccionamiento de 6 pulgadas de diámetro                 | PZA.             | 13.00     |
| Medidor de gasto con transmisor remoto de 6" de diámetro            | PZA.             | 13.00     |
| Reposición de carpeta asfáltica                                     | M2               | 42,054.82 |
| Tren de descarga a red de 8" de diámetro                            | ML               | 8.25      |
| Múltiple de descarga a red de 12" de diámetro                       | ML               | 16.00     |
| Equipo de bombeo fijo (Motor y bomba de 15 Hp)                      | PZA.             | 3.00      |
| Equipo de control y arranque fijo (CCM) en Tanque de Agua potable   | PZA.             | 1.00      |



### IV.7.2 Metas de operación

Estas acciones permitirán la recuperación de 57.66 lps de caudal producto de las pérdidas físicas en la zona, y a su vez incrementar la presión en las redes en un promedio de entre 13 y 14 metros columna de agua. Con lo que se logrará un beneficio por mayor consumo de 14.42 lps, de tal forma que el consumo sea igual al determinado de acuerdo con la metodología de la Conagua (32.98 lps), además de que permitirá incrementar las horas de servicio en un aproximado de 9 horas diarias.

Esta recuperación de caudal, permitirá a su vez al organismo operador, reducir los volúmenes producidos en aproximadamente 41.41 lps<sup>25</sup>, lo cual podrá traducirse en ahorros, además de que, con la sustitución de la red, se podrán reducir los recursos destinados a la detección y reparación de fugas (personal, materiales, etc.).

### IV.8 Vida útil

#### Vida útil del PPI

|                          |         |
|--------------------------|---------|
| <b>Vida útil en años</b> | 20 años |
|--------------------------|---------|

### IV.9 Aspectos más relevantes de la viabilidad del PPI

#### Estudios técnicos

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| <b>Principales resultados</b> | El proyecto ejecutivo de "Sectorización, sustitución de tuberías y micromedición del sector insurgentes Norte de la ciudad de Chetumal, municipio de Othón P. Blanco, Quintana Roo" fue realizado en cumplimiento con la normatividad vigente de la Comisión Nacional del Agua (Conagua), por lo que se considera técnicamente factible. Se cuenta con la validación técnica de la instancia Normativa Federal (CONAGUA), documento adjunto. |
| <b>Porcentaje de avance</b>   | 100%   |
| <b>Fecha de conclusión</b>    | Julio 2019   |

#### Estudios legales

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| <b>Principales resultados</b> | Respecto a la vía pública está pertenece en un principio a la Nación, la cual tiene la |
|-------------------------------|--|

<sup>25</sup> Permitirá dejar fuera de operación al pozo profundo que actualmente suministra a los tanques Insurgentes (ubicado en la zona).



| Estudios legales            |   |
|-----------------------------|---|
|                             | <p>propiedad de tierras, agua y espacios comprendidos dentro de los límites del territorio nacional, según lo establece el Art. 27 de la Constitución Política De Los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM). De igual manera, el Art. 115 de la CPEUM establece la división territorial y de organización política y administrativa, y le otorga a la Federación, los Estados y Municipios la facultad de hacerse cargo de las funciones y servicios públicos, emanando así las diferentes legislaciones al respecto como las leyes de Desarrollo Urbano y sus Reglamentos respectivos, donde detallan cada uno de los Servicios Públicos Municipales, especificando que las vías públicas pueden ser de ámbito municipal, estatal o federal según corresponda.</p> <p>En este sentido, los municipios son los encargados de las vialidades secundarias (integradas por pasos vehiculares, avenidas, calzadas, calles y cerradas que permiten la comunicación al interior del municipio); los Estados de las vialidades primarias (integradas por carreteras, pasos vehiculares, avenidas, calzadas y calles que comunican a dos o más municipios de la entidad o estados de la federación); y la Federación de aquellas en las que no participan ninguno de los anteriores, a menos que tengan convenio, o lo marque la ley.</p> <p>Se cuenta con la autorización en materia de desarrollo urbano del municipio de Othón P. Blanco para los trabajos del proyecto, documento adjunto.</p> |
| <b>Porcentaje de avance</b> | 100%  |
| <b>Fecha de conclusión</b>  | diciembre 2019  |

| Estudios ambientales          |  |
|-------------------------------|--|
| <b>Principales resultados</b> | <p>Para la realización del proyecto analizado será fundamental el cumplimiento de la normatividad en materia ambiental en relación con los trámites requeridos ante la Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales referente al impacto del equilibrio ecológico en la zona de afectación, a medida que se vayan realizando las acciones que se presentan en el presente proyecto, es necesario realizar la tramitología necesaria ante la SEMARNAT (como instancia normativa federal) de la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) o la Constancia de No Requerimiento de MIA, según corresponda.</p> <p>Es importante resaltar que no existe impacto ecológico, toda vez que las acciones se realizaran áreas consideradas como vialidades mismas que fueron previamente impactadas en el proceso de urbanización de la ciudad.</p> <p>Se cuenta con la resolución del Aviso de No requerimiento de Autorización en Materia de impacto ambiental de la SEMA, documento adjunto.</p> |
| <b>Porcentaje de avance</b>   | 100%   |
| <b>Fecha de conclusión</b>    | Julio 2019   |

| Estudios de mercado    |           |
|------------------------|-----------|
| Principales resultados | No aplica |
| Porcentaje de avance   |           |
| Fecha de conclusión    |           |

| Otros estudios específicos |           |
|----------------------------|-----------|
| Principales resultados     | No aplica |
| Porcentaje de avance       |           |
| Fecha de conclusión        |           |



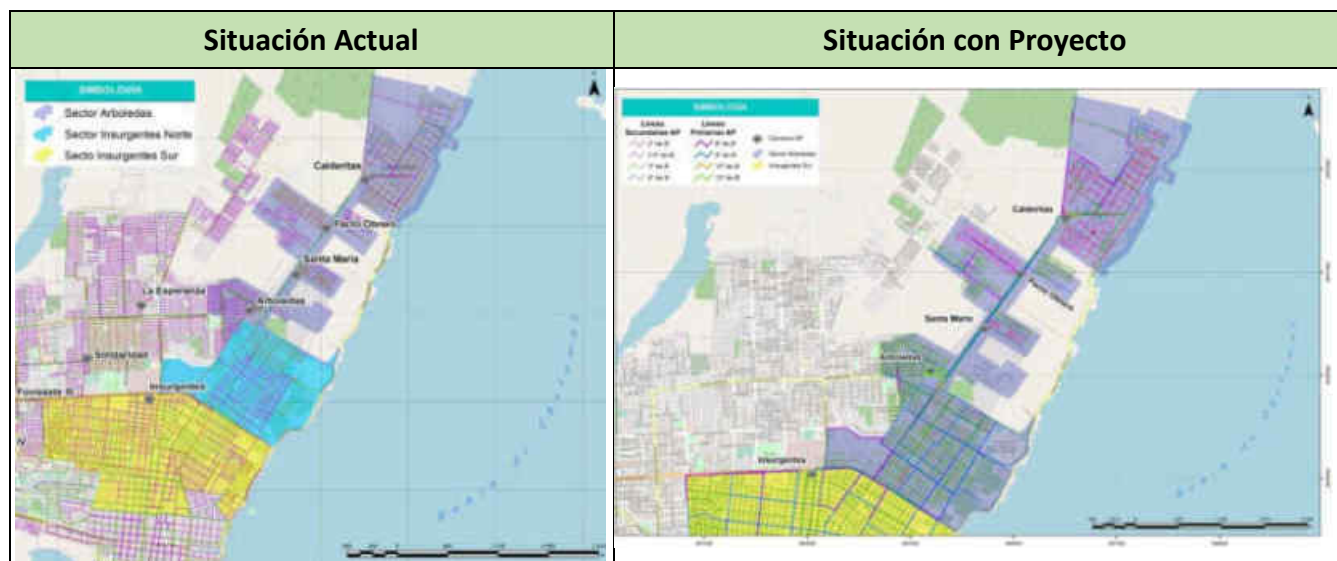


## IV.10 Análisis de la Oferta con Proyecto

### INFRAESTRUCTURA CON PROYECTO

Con la ejecución del proyecto se logrará una reorganización de la configuración de los sectores hidrométricos en la ciudad de Chetumal, y a su vez mejorar el servicio en la zona Insurgentes norte, ya que posterior a la ejecución del proyecto pasará a formar parte del sector Arboledas (Figura IV 11).

Es decir, con el proyecto se hará una separación de las zonas Sur y Norte del sector Insurgentes, en lo que respecta a su fuente de abastecimiento, haciéndolas independientes una de la otra: la zona Sur (cuya sectorización se realizó en años anteriores<sup>26</sup>) se abastecerá de los tanques Insurgentes, mientras que la zona Norte (objeto del presente proyecto) se abastecerá del Tanque Arboledas.



**Figura IV 11** Comparativa de la configuración del sistema de distribución de agua potable en la ciudad de Chetumal.

El sistema en el sector Arboledas operará de tal forma que, en el tanque principal “Arboledas”, con capacidad de regulación de 1,723 M<sup>3</sup>, se ubicarán dos múltiples de descarga:

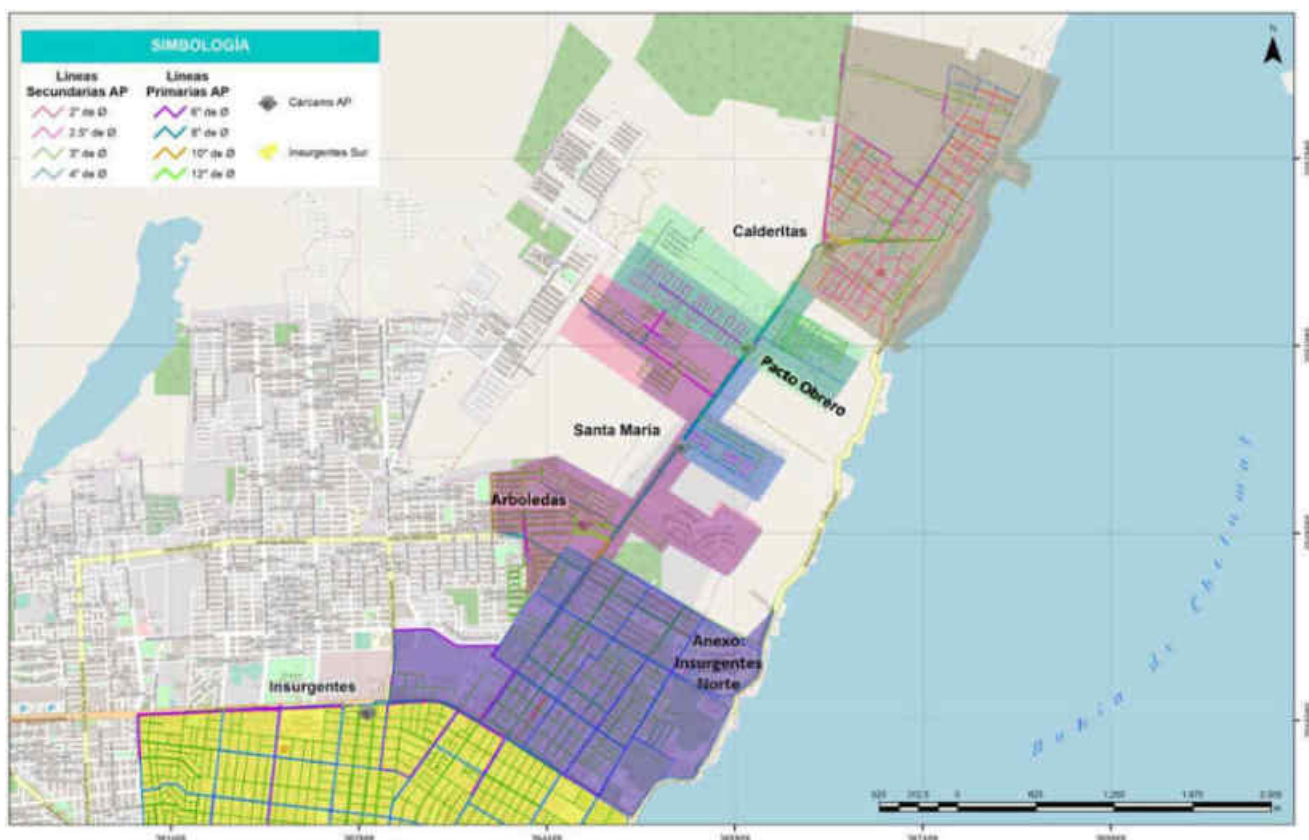
1. uno que opere las 24 horas del día para suministrar directamente los tres arreglos internos de tanques que dan servicio a Santa María (uno superficial de 396.83 M<sup>3</sup> y uno elevado de 76.73 M<sup>3</sup>), Pacto Obrero (superficial de 207.68 M<sup>3</sup>) y a la localidad de Calderitas (uno superficial de 42.44 M<sup>3</sup> y uno elevado de 71.31 M<sup>3</sup>).
2. Otro equipado con 3 bombas de 15Hp de 35 lps, que operará las 24 horas del día para

<sup>26</sup> Con recursos del APASZU y del FIFONMETRO (en 2013 y 2018 respectivamente) ver Figura II. 18

## IV.10 Análisis de la Oferta con Proyecto

abastecer al nuevo *anexo* (Insurgentes norte), a través de líneas primarias de PEAD que inicie en 12" de diámetro a la salida del múltiple de descarga y se conecte a las líneas primarias en la Calzada del Centenario de 10" de diámetro que alimente las líneas de 8" de diámetro (Ignacio Comonfort, Universidad e Ignacio M. Altamirano).

Estos arreglos, permitirán que, adicional a las cuatro zonas de distribución existentes (Arboledas, Santa María, Pacto Obrero y Calderitas), se incorpore una nueva zona de distribución (*Anexo: Insurgentes Norte*) con un área de influencia de 339.42 Hectáreas, con 24 horas de servicio.

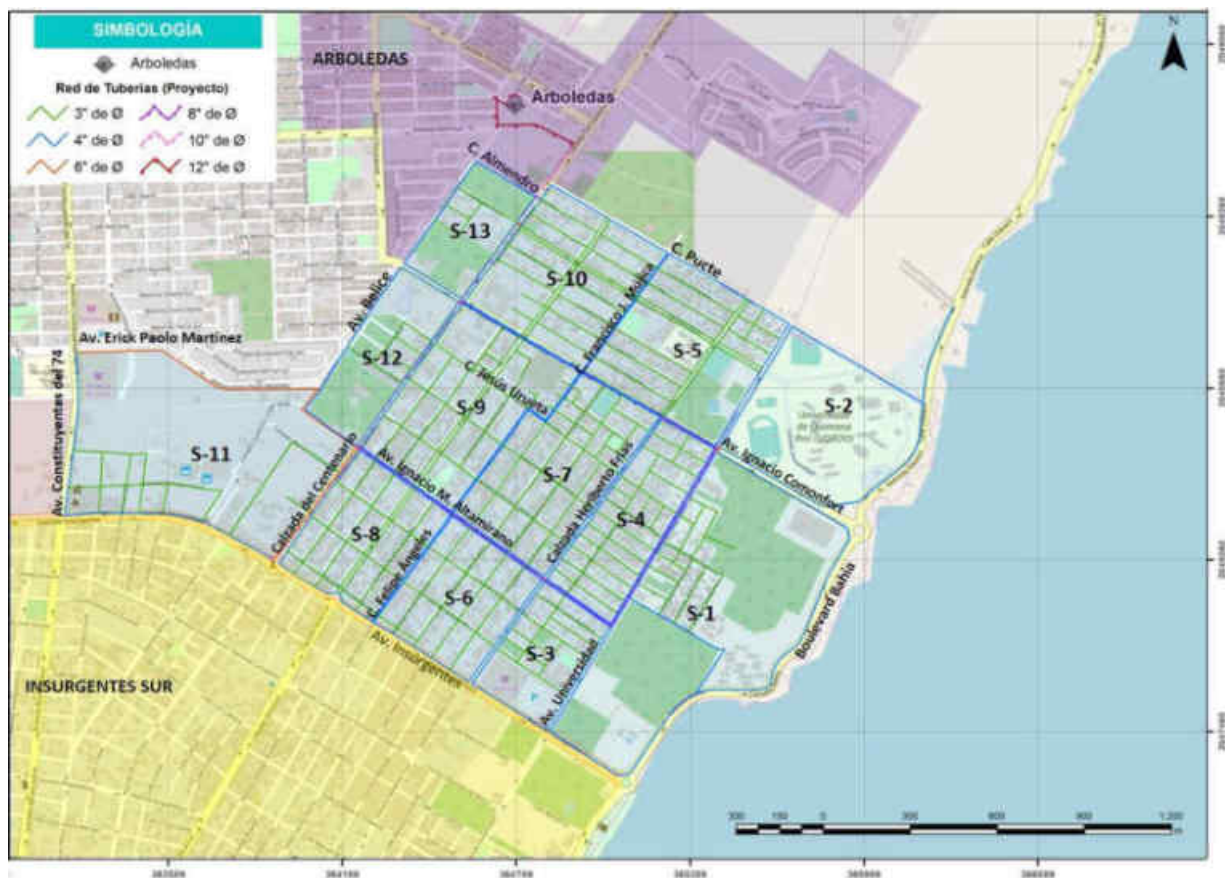


**Figura IV 12** Zonas de distribución en el sector Arboledas, situación con proyecto.

La red de distribución en el nuevo anexo (Insurgentes norte), tendrá una cobertura del 100% de la zona urbana, consistirá en 61,386.07 M de tubería de PEAD de 3, 4 y 6 pulgadas de diámetro y estará conformada en 13 microsectores hidrométricos (Figura IV 13), los cuales serán abastecidos, a través de 4,596.95 M de líneas primarias (de 8" de diámetro para los sectores 1 al 10 y de 10" de diámetro para los sectores 11 al 13).

## IV.10 Análisis de la Oferta con Proyecto

Cada sector operará de forma independiente para garantizar la hermeticidad de la red y con ello una recuperación de caudal y de presión; cada uno con una línea envolvente de 4 pulgadas de diámetro y una red interna de 3 pulgadas de diámetro (con tomas domiciliarias equipadas con un medidor de flujo), cuya interconexión a la línea principal se realizará a través de una línea de alimentación de 6 pulgadas que estará conectada a una caja de operación de válvulas en la que se instalará una válvula de seccionamiento y un medidor de flujo del mismo diámetro.



**Figura IV 13** Configuración de la red de distribución para el abastecimiento de Insurgentes Norte (anexo Arboledas), situación con proyecto.

**Cuadro IV. 17** Infraestructura de distribución en Insurgentes Norte, situación con proyecto.

| INFRAESTRUCTURA     | ML        | MATERIAL        | DIÁMETROS (Pulg.) |
|---------------------|-----------|-----------------|-------------------|
| Líneas primarias    | 5,130.61  | PEAD hidráulico | 8", 10" y 12"     |
| Red de distribución | 61,386.07 | PEAD hidráulico | 3", 4" y 6"       |

**Fuente:** Elaboración propia con información de la Dirección de planeación de infraestructura de la CAPA.

## IV.10 Análisis de la Oferta con Proyecto

**Cuadro IV. 18** Descripción de la infraestructura de distribución en Insurgentes norte, situación con proyecto.

| MICROSECTOR  | TOMAS DOMICILIARIAS | RED DISTRIBUCIÓN (ML) | LÍNEA ENVOLVENTE (ML) |                 | LÍNEA ALIMENTACIÓN (ML) | TOTAL (ML)       | MATERIAL | VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO | MEDIDOR DE FLUJO |
|--------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|-------------------------|------------------|----------|---------------------------|------------------|
|              |                     | 3"                    | 4"                    | 6"              | 6"                      |                  |          |                           |                  |
| 1            | 218                 | 1,969.82              | 3,791.06              | 0.00            | 16.88                   | 5,777.76         | PEAD     | 1.0                       | 1.0              |
| 2            | 6                   | 0.00                  | 2,346.35              | 0.00            | 13.06                   | 2,359.41         | PEAD     | 1.0                       | 1.0              |
| 3            | 162                 | 1,818.31              | 1,439.62              | 0.00            | 7.95                    | 3,265.88         | PEAD     | 1.0                       | 1.0              |
| 4            | 477                 | 3,544.11              | 1,871.79              | 0.00            | 8.68                    | 5,424.58         | PEAD     | 1.0                       | 1.0              |
| 5            | 538                 | 3,964.18              | 2,010.36              | 0.00            | 5.21                    | 5,979.75         | PEAD     | 1.0                       | 1.0              |
| 6            | 376                 | 2,720.57              | 1,665.80              | 0.00            | 7.3                     | 4,393.67         | PEAD     | 1.0                       | 1.0              |
| 7            | 558                 | 4,273.35              | 2,110.29              | 0.00            | 5.14                    | 6,388.78         | PEAD     | 1.0                       | 1.0              |
| 8            | 313                 | 3,473.85              | 1,722.24              | 0.00            | 6.63                    | 5,202.72         | PEAD     | 1.0                       | 1.0              |
| 9            | 402                 | 4,315.56              | 2,193.77              | 0.00            | 3.39                    | 6,512.72         | PEAD     | 1.0                       | 1.0              |
| 10           | 690                 | 4,408.44              | 1,953.97              | 0.00            | 11.51                   | 6,373.92         | PEAD     | 1.0                       | 1.0              |
| 11           | 45                  | 2,336.91              | 1,320.88              | 1,687.24        | 6.62                    | 5,351.65         | PEAD     | 1.0                       | 1.0              |
| 12           | 79                  | 754.37                | 1,665.99              | 0.00            | 6.72                    | 2,427.08         | PEAD     | 1.0                       | 1.0              |
| 13           | 46                  | 571.10                | 1,351.01              | 0.00            | 6.04                    | 1,928.15         | PEAD     | 1.0                       | 1.0              |
| <b>TOTAL</b> | <b>3,910</b>        | <b>34,150.57</b>      | <b>25,443.13</b>      | <b>1,687.24</b> | <b>105.13</b>           | <b>61,386.07</b> |          | <b>13.0</b>               | <b>13.0</b>      |

**Fuente:** Elaboración propia con información de la Dirección de Planeación de Infraestructura de la CAPA.

Asimismo, derivado de la hermeticidad de la red y del incremento en las horas de servicio, en la zona se logrará incrementar la presión en las redes hasta los 13.5 metros columna de agua (mca), siendo la presión mínima en la zona de hasta 8 mca.





### IV.10 Análisis de la Oferta con Proyecto

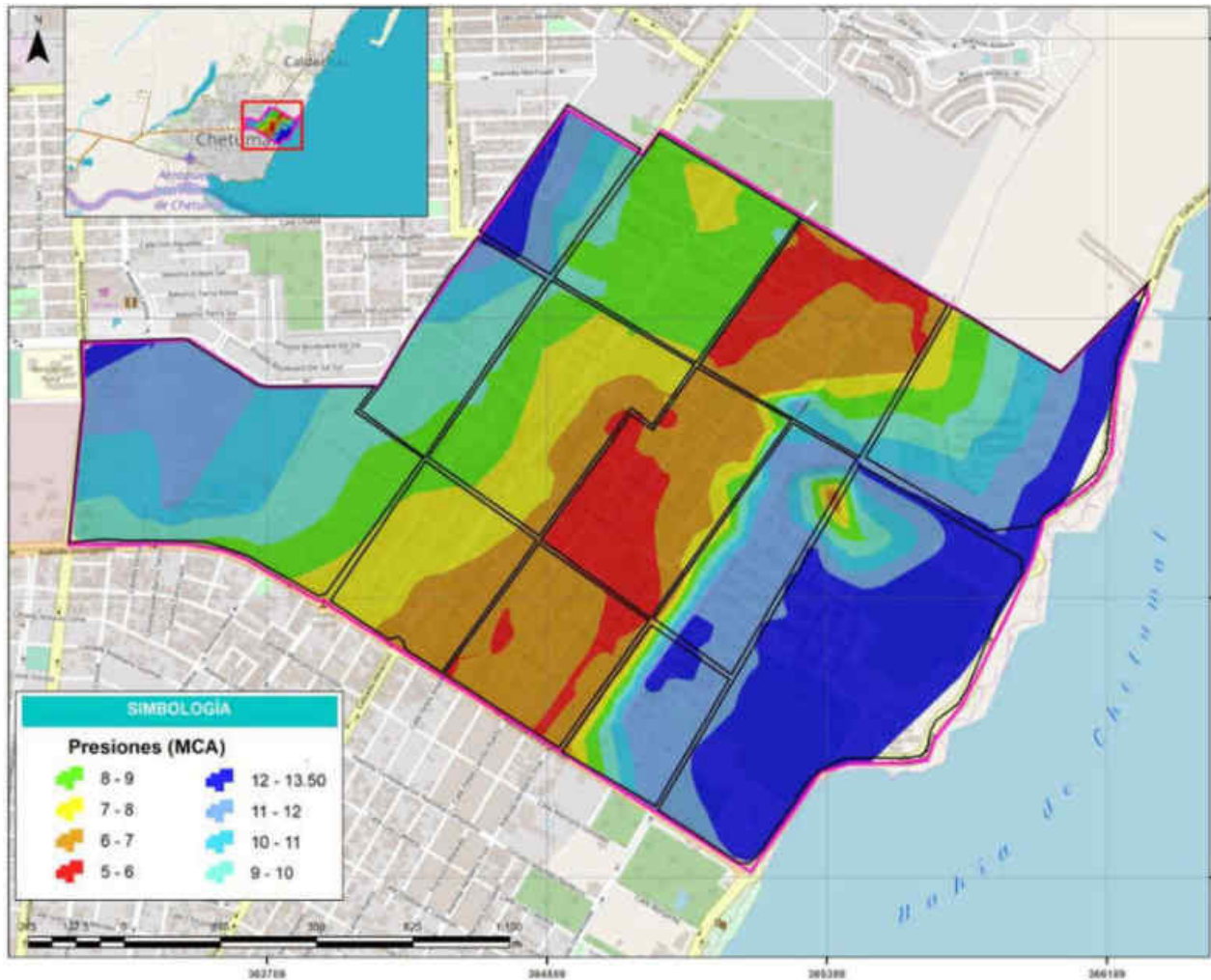


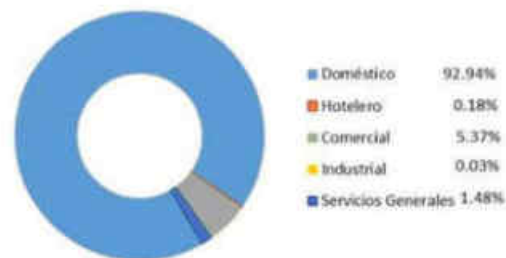
Figura IV 14 Presurización de la red (mca) en Insurgentes Norte, situación con proyecto.



## IV.11 Análisis de la Demanda con Proyecto

De acuerdo con el Organismo operador, a diciembre del 2018, en la zona de proyecto (Insurgentes Norte) se cuenta con 3,910 usuarios en su mayoría domésticos.

Distribución de los usuarios por tarifa, en Insurgentes Norte



**Gráfica III. 6** Distribución de usuarios por tarifa en la zona de proyecto Insurgentes Norte.

**Fuente:** Elaboración propia con información de la Coordinación comercial de la CAPA.

La zona de influencia inmediata del proyecto (Insurgentes Norte), comprende alrededor de 339.42 hectáreas, que incluye alrededor de 3,910 usuarios (14,036 habitantes) en las colonias de: col. del Bosque, Col. 5 de abril, col. Isabel Tenorio, Fraccionamiento Reforma, Fraccionamiento Zazil-Ha, Col. Avancemos Juntos, Col. Constituyentes y Col. Adolfo López Mateos.



**Figura III. 4** Área de influencia por colonias de la zona de proyecto (Insurgentes Norte).

### IV.11 Análisis de la Demanda con Proyecto

Considerando una tasa media de crecimiento del 1.45%, con la que, en un periodo de 20 años, se alcanzará la saturación urbana en Insurgentes Norte, se proyecta la demanda de agua potable en la zona teniendo en cuenta la incorporación de los nuevos usuarios, que las preferencias de consumo no se modifican, es decir, se mantienen en el tiempo y que la eficiencia de micromedición es del 100%, a continuación, se proyecta el consumo en la zona de proyecto.

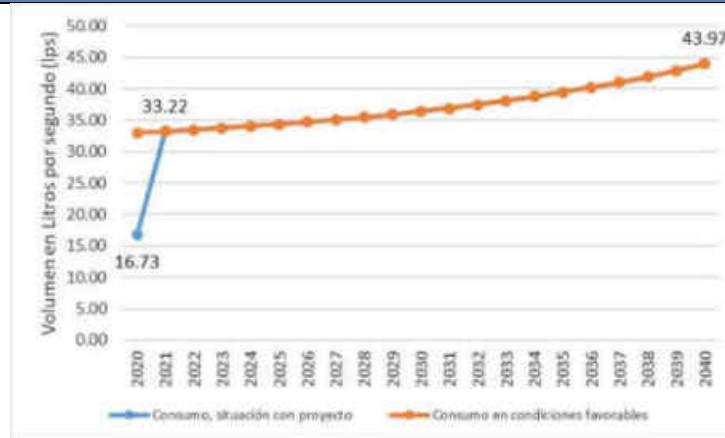
**Cuadro IV. 19** Proyección de la población y su consumo real en Insurgentes Norte, situación con proyecto (2020-2040).

| PERIODO     | AÑO      | POBLACIÓN     | CONSUMO REAL   |              | DOTACIÓN      |
|-------------|----------|---------------|----------------|--------------|---------------|
|             |          |               | M3/AÑO         | LPS          | LHD           |
| <b>2020</b> | <b>0</b> | <b>14,036</b> | <b>527,536</b> | <b>16.73</b> | <b>102.97</b> |
| 2021        | 1        | 14,138        | 1,047,555      | 33.22        | 203.00        |
| 2022        | 2        | 14,247        | 1,055,631      | 33.47        | 203.00        |
| 2023        | 3        | 14,364        | 1,064,301      | 33.75        | 203.00        |
| 2024        | 4        | 14,491        | 1,073,711      | 34.05        | 203.00        |
| 2025        | 5        | 14,628        | 1,083,862      | 34.37        | 203.00        |
| 2026        | 6        | 14,776        | 1,094,828      | 34.72        | 203.00        |
| 2027        | 7        | 14,935        | 1,106,609      | 35.09        | 203.00        |
| 2028        | 8        | 15,108        | 1,119,427      | 35.50        | 203.00        |
| 2029        | 9        | 15,294        | 1,133,209      | 35.93        | 203.00        |
| 2030        | 10       | 15,495        | 1,148,102      | 36.41        | 203.00        |
| 2031        | 11       | 15,713        | 1,164,255      | 36.92        | 203.00        |
| 2032        | 12       | 15,949        | 1,181,741      | 37.47        | 203.00        |
| 2033        | 13       | 16,204        | 1,200,635      | 38.07        | 203.00        |
| 2034        | 14       | 16,481        | 1,221,160      | 38.72        | 203.00        |
| 2035        | 15       | 16,781        | 1,243,388      | 39.43        | 203.00        |
| 2036        | 16       | 17,107        | 1,267,543      | 40.19        | 203.00        |
| 2037        | 17       | 17,460        | 1,293,699      | 41.02        | 203.00        |
| 2038        | 18       | 17,844        | 1,322,151      | 41.93        | 203.00        |
| 2039        | 19       | 18,261        | 1,353,049      | 42.90        | 203.00        |
| 2040        | 20       | 18,714        | 1,386,614      | 43.97        | 203.00        |

Fuente: Elaboración propia.



## IV.11 Análisis de la Demanda con Proyecto



Gráfica IV. 1 Proyección del consumo en Insurgentes Norte, situación con proyecto.

## IV.12 Interacción Oferta-Demanda con Proyecto

Con el proyecto, se logrará mejorar el servicio de agua potable en la zona Insurgentes Norte de la ciudad de Chetumal, cuya población, producto de la recuperación de caudal y de presiones en la red, podrá incrementar su consumo de agua a 203 LHD (similar al resto de la población).

De su ejecución, se tendrá una reorganización de la configuración de los sectores hidrométricos de distribución de agua potable en la ciudad de Chetumal, es decir, con el proyecto se hará una separación de las zonas Sur y Norte del sector Insurgentes, en lo que respecta a su fuente de abastecimiento, haciéndolas independientes una de la otra: la zona Sur se abastecerá de los tanques Insurgentes, mientras que la zona Norte (objeto del presente proyecto) se abastecerá del Tanque Arboledas, por tanto, la zona Insurgentes Norte pasará a formar parte del sector Arboledas, incrementando con ello el área de influencia de dicho sector en 339.42 hectáreas al pasar de un total de 630.37 hectáreas a 969.79 hectáreas.

Al tratarse de una reconstrucción total de la infraestructura de distribución y abastecimiento de la zona, consistente en la sustitución tanto de líneas primarias como secundarias (redes y tomas domiciliarias, ésta últimas equipadas con medidores de flujo), que además incluye la instalación de nueva infraestructura para la conformación de microsectores<sup>27</sup> (líneas envolventes, caja de válvulas equipadas con válvulas de seccionamiento y medidores de flujo), se considera que una vez ejecutado el proyecto, las incidencias por fugas en las redes secundarias de distribución se reducen a cero en los primeros años de operación.

<sup>27</sup> circuitos cerrados e independientes con un único punto de entrada.



## IV.12 Interacción Oferta-Demanda con Proyecto

Asimismo, la interconexión de la nueva infraestructura al tanque arboledas, permitirá incrementar la eficiencia física en la zona del Proyecto al 100% en los primeros años de operación.

**Cuadro IV. 20** Proyección de la eficiencia del sistema en Insurgentes Norte, **situación con proyecto** (2020-2040).

| PERIODO | AÑO | VOLUMEN DISPONIBLE | OFERTA REAL | PÉRDIDAS | EFICIENCIA FÍSICA DEL SISTEMA | PÉRDIDAS DEL SISTEMA |
|---------|-----|--------------------|-------------|----------|-------------------------------|----------------------|
| 2020    | 0   | 74.39              | 16.73       | 57.66    | 22.49%                        | 77.51%               |
| 2021    | 1   | 33.22              | 33.22       | 0.00     | 100.00%                       | 0.00%                |
| 2022    | 2   | 34.25              | 33.47       | 0.77     | 97.74%                        | 2.26%                |
| 2023    | 3   | 34.65              | 33.75       | 0.90     | 97.39%                        | 2.61%                |
| 2024    | 4   | 35.10              | 34.05       | 1.06     | 96.99%                        | 3.01%                |
| 2025    | 5   | 35.61              | 34.37       | 1.24     | 96.52%                        | 3.48%                |
| 2026    | 6   | 36.17              | 34.72       | 1.45     | 95.99%                        | 4.01%                |
| 2027    | 7   | 36.80              | 35.09       | 1.71     | 95.36%                        | 4.64%                |
| 2028    | 8   | 37.50              | 35.50       | 2.01     | 94.65%                        | 5.35%                |
| 2029    | 9   | 38.30              | 35.93       | 2.37     | 93.82%                        | 6.18%                |
| 2030    | 10  | 39.20              | 36.41       | 2.80     | 92.87%                        | 7.13%                |
| 2031    | 11  | 40.23              | 36.92       | 3.31     | 91.77%                        | 8.23%                |
| 2032    | 12  | 41.41              | 37.47       | 3.94     | 90.49%                        | 9.51%                |
| 2033    | 13  | 42.76              | 38.07       | 4.69     | 89.03%                        | 10.97%               |
| 2034    | 14  | 44.34              | 38.72       | 5.62     | 87.33%                        | 12.67%               |
| 2035    | 15  | 46.18              | 39.43       | 6.76     | 85.37%                        | 14.63%               |
| 2036    | 16  | 48.36              | 40.19       | 8.17     | 83.11%                        | 16.89%               |
| 2037    | 17  | 50.96              | 41.02       | 9.94     | 80.50%                        | 19.50%               |
| 2038    | 18  | 54.10              | 41.93       | 12.18    | 77.49%                        | 22.51%               |
| 2039    | 19  | 57.97              | 42.90       | 15.07    | 74.01%                        | 25.99%               |
| 2040    | 20  | 62.81              | 43.97       | 18.84    | 70.00%                        | 30.00%               |

Fuente: Elaboración propia.



## IV.12 Interacción Oferta-Demanda con Proyecto

De acuerdo con lo anterior, al tratarse de una sustitución completa de la red, en la zona Norte se reducirán las fugas en la zona al 100%, por lo que al primer año de operación se logrará incrementar la eficiencia del sistema en la zona al 100%. Posteriormente conforme se avance en el periodo de vida útil de la infraestructura, se estima que a partir del quinto año de operación las pérdidas se incrementen de tal forma que al término de su vida útil se alcance una relación de eficiencia en la zona del 70.0%.

Asimismo, se logrará incrementar las horas de servicio en aproximadamente 9 horas (aumentando así el consumo energético de los equipos de bombeo, traducido en un incremento de los costos de operación). Además, la reducción de fugas en la zona, se traducirá en una reducción de los recursos destinados para la operación y mantenimiento, y en una recuperación de 57.66 lps de caudal que permitirá al organismo operador, reducir los volúmenes de extracción en 41.41 lps (en el sector se tendrá un beneficio por mayor consumo de 16.25 lps, de tal forma que el consumo sea igual al determinado de acuerdo con la metodología de la Conagua -32.98 lps-). Además de que permitirá incrementar la presión en las redes hasta alcanzar un máximo de 13 metros columna de agua (Figura IV 14). Lo que, en su conjunto, se verá traducido en una liberación de recursos tanto para el organismo operador como para los usuarios. (Cuadro IV. 21).

**Cuadro IV. 21** Proyección de Costos de la situación con Proyecto (sin IVA).

| PERIODO      | AÑO | COSTOS TOTAL CP (\$/AÑO) | PERIODO | AÑO | COSTOS TOTAL CP (\$/AÑO) | PERIODO | AÑO | COSTOS TOTAL CP (\$/AÑO) |
|--------------|-----|--------------------------|---------|-----|--------------------------|---------|-----|--------------------------|
| 2020         | 0   | -                        | 2028    | 8   | 6,940,230                | 2036    | 16  | 8,641,458                |
| 2021         | 1   | 6,268,820                | 2029    | 9   | 7,065,187                | 2037    | 17  | 9,048,536                |
| 2022         | 2   | 6,430,207                | 2030    | 10  | 7,206,239                | 2038    | 18  | 9,541,076                |
| 2023         | 3   | 6,493,713                | 2031    | 11  | 7,367,299                | 2039    | 19  | 10,147,051               |
| 2024         | 4   | 6,564,303                | 2032    | 12  | 7,552,455                | 2040    | 20  | 10,905,563               |
| 2025         | 5   | 6,643,333                | 2033    | 13  | 7,764,282                |         |     |                          |
| 2026         | 6   | 6,730,891                | 2034    | 14  | 8,011,459                |         |     |                          |
| 2027         | 7   | 6,829,702                | 2035    | 15  | 8,300,308                |         |     |                          |
| <b>Total</b> |     |                          |         |     | <b>154,452,112</b>       |         |     |                          |
| <b>VAN</b>   |     |                          |         |     | <b>60,818,329.01</b>     |         |     |                          |

Fuente: Elaboración propia.

### EFFECTOS DERIVADOS DE SU IMPLEMENTACIÓN

Con su implementación se lograrán:

- i) Reducción de costos por bombeos intradomiciliarios de agua: al existir mayor presión en las





## IV.12 Interacción Oferta-Demanda con Proyecto

redes de agua, el caudal llegaría hasta los depósitos ubicados en las azoteas de las casas, por lo que los usuarios no tendrían que realizar bombeos desde su depósito superficial y/o desde sus tomas hacia estos.

- ii) Mayor control en la identificación de fugas, así como la posible afectación a las vialidades: derivado de la creación de los sectores y distritos hidrométricos se tendrá un mayor control de las presiones en las redes y por lo tanto no se someterían a gastos mayores a su capacidad, lo cual evitaría rupturas de las tuberías y por lo tanto el cierre de calles para su reparación.
- iii) Incremento en la vida útil de la infraestructura, derivado a que las redes de distribución no serán sometidas a gastos mayores a su capacidad, el período de su vida útil aumenta, lo cual también impactaría en la reducción en costos por su mantenimiento.
- iv) Mejor calidad en los servicios de agua potable, los usuarios recibirían un mejor servicio en cuanto a tiempo de suministro y mejores presiones del caudal.

### IMPACTO DEL PROYECTO EN LA ZONA METROPOLITANA

Orientado a promover una planeación ordenada de la infraestructura de agua potable del sistema Chetumal, de tal forma que permita el impulso de la sustentabilidad y consolidación urbana de la Zona metropolitana, el objetivo principal del proyecto es reorganizar la configuración de los sectores hidrométricos de distribución de agua potable y así mejorar el servicio en la zona Insurgentes Norte, que posterior a la ejecución del proyecto pasará a formar parte del sector Arboledas en la ciudad de Chetumal, mismo que abastece a la localidad de Calderitas perteneciente a la Zona Metropolitana de Chetumal, de tal forma que se mejoren las condiciones de eficiencia del Sistema de agua potable.

Con la reducción del nivel de pérdidas por fugas, se traducirá en una recuperación de caudal en la red, por el correcto aislamiento de cada microsector, lo que permitirá un mejor control en la medición, el incremento de las presiones, así como de las horas de servicio, esto en beneficio de los usuarios de la zona.

A su vez, estas acciones se traducirán en una liberación de recursos para el Organismo Operador, encargado de la operación y mantenimiento del sistema ya que tendrá menores costos por reparaciones, al reducir el nivel de pérdidas, con lo que se logrará un incremento tanto de la eficiencia física como comercial (resultado de la instalación y sustitución de medidores de caudal a nivel macro y micro) en la zona y por ende en la Ciudad, ya que se logrará mejorar la medición tanto del gasto que ingresa a la red (macromedición) como del gasto que es entregado efectivamente a los usuarios (micromedición).

## V Evaluación del PPI

### V.1 Identificación, cuantificación y valoración de costos del PPI

**Cuadro V. 1** Costos directos (no incluye IVA).

| COSTOS DIRECTOS                      |   |                             |                           |
|--------------------------------------|---|-----------------------------|---------------------------|
| IDENTIFICACIÓN                       | CUANTIFICACIÓN                                    | VALORACIÓN A VALOR PRESENTE | PERIODICIDAD              |
| Inversión inicial                    | Inversión   | 84,051,724.00               | Año 0                     |
| Reinversión equipamiento de medición | Mantenimiento correctivo                          | 1,051,433.26                | Cada 5 años de operación  |
| Reinversión equipamiento de bombeo   | Mantenimiento correctivo                          | 336,754.71                  | Cada 10 años de operación |
| Costos de Operación y Mantenimiento  | Operación del sistema + Mantenimiento correctivo  | 50,192,288.13               | 1 al 20                   |
| Costos de extracción                 | (M <sup>3</sup> producidos)*(costo de producción) | 10,626,040.88               | 1 al 20                   |

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro V. 2** Flujo anual de costos del proyecto (no incluye IVA).

| PERIODO | AÑO | COSTOS     |                            |            |                           |            | VALOR ACTUAL DE LOS COSTOS |
|---------|-----|------------|----------------------------|------------|---------------------------|------------|----------------------------|
|         |     | INVERSIÓN  | REINVERSIÓN (EQUIPAMIENTO) | EXTRACCIÓN | OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO | TOTAL      |                            |
| 2020    | 0   | 84,051,724 | 0                          | 0          | 0                         | 84,051,724 | 84,051,724.00              |
| 2021    | 1   | 0          | 0                          | 1,068,506  | 5,200,314                 | 6,268,820  | 5,698,927.27               |
| 2022    | 2   | 0          | 0                          | 1,101,641  | 5,328,566                 | 6,430,207  | 5,314,220.66               |
| 2023    | 3   | 0          | 0                          | 1,114,680  | 5,379,033                 | 6,493,713  | 4,878,822.69               |
| 2024    | 4   | 0          | 0                          | 1,129,173  | 5,435,130                 | 6,564,303  | 4,483,507.27               |
| 2025    | 5   | 0          | 843,944                    | 1,145,399  | 5,497,934                 | 7,487,277  | 4,649,009.94               |
| 2026    | 6   | 0          | 0                          | 1,163,376  | 5,567,515                 | 6,730,891  | 3,799,412.50               |
| 2027    | 7   | 0          | 0                          | 1,183,663  | 5,646,039                 | 6,829,702  | 3,504,717.03               |
| 2028    | 8   | 0          | 0                          | 1,206,356  | 5,733,874                 | 6,940,230  | 3,237,668.52               |
| 2029    | 9   | 0          | 0                          | 1,232,011  | 5,833,176                 | 7,065,187  | 2,996,328.98               |

| PERIODO             | AÑO | COSTOS               |                            |                      |                           |                       | VALOR ACTUAL DE LOS COSTOS |
|---------------------|-----|----------------------|----------------------------|----------------------|---------------------------|-----------------------|----------------------------|
|                     |     | INVERSIÓN            | REINVERSIÓN (EQUIPAMIENTO) | EXTRACCIÓN           | OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO | TOTAL                 |                            |
| 2030                | 10  | 0                    | 1,717,399                  | 1,260,971            | 5,945,268                 | 8,923,638             | 3,440,448.75               |
| 2031                | 11  | 0                    | 0                          | 1,294,039            | 6,073,260                 | 7,367,299             | 2,582,193.36               |
| 2032                | 12  | 0                    | 0                          | 1,332,054            | 6,220,401                 | 7,552,455             | 2,406,444.91               |
| 2033                | 13  | 0                    | 0                          | 1,375,545            | 6,388,737                 | 7,764,282             | 2,249,035.93               |
| 2034                | 14  | 0                    | 0                          | 1,426,294            | 6,585,165                 | 8,011,459             | 2,109,667.55               |
| 2035                | 15  | 0                    | 843,944                    | 1,485,599            | 6,814,709                 | 9,144,252             | 2,189,061.23               |
| 2036                | 16  | 0                    | 0                          | 1,555,642            | 7,085,816                 | 8,641,458             | 1,880,633.04               |
| 2037                | 17  | 0                    | 0                          | 1,639,221            | 7,409,315                 | 9,048,536             | 1,790,204.61               |
| 2038                | 18  | 0                    | 0                          | 1,740,346            | 7,800,730                 | 9,541,076             | 1,716,046.38               |
| 2039                | 19  | 0                    | 0                          | 1,864,761            | 8,282,290                 | 10,147,051            | 1,659,123.92               |
| 2040                | 20  | 0                    | 0                          | 2,020,494            | 8,885,069                 | 10,905,563            | 1,621,042.45               |
| <b>TOTAL</b>        |     | <b>84,051,724</b>    | <b>3,405,287</b>           | <b>27,735,219</b>    | <b>128,642,949</b>        | <b>241,909,123</b>    | <b>146,258,240.98</b>      |
| <b>VALOR ACTUAL</b> |     | <b>84,051,724.00</b> | <b>1,388,187.97</b>        | <b>10,626,040.88</b> | <b>50,192,288.13</b>      | <b>146,258,240.98</b> |                            |

Fuente: Elaboración propia.

#### Cuadro V. 3 Costos indirectos (no incluye IVA).

| Costos indirectos |                |            |              |
|-------------------|----------------|------------|--------------|
| Identificación    | Cuantificación | Valoración | Periodicidad |
| No aplica.        |                |            |              |

Fuente: Elaboración propia.

#### Cuadro V. 4 Externalidades negativas (no incluye IVA).

| Externalidades negativas |                |            |              |
|--------------------------|----------------|------------|--------------|
| Identificación           | Cuantificación | Valoración | Periodicidad |
| No aplica.               |                |            |              |

Fuente: Elaboración propia.



#### Metodología

Para el proyecto se identifican costos de inversión, operación y mantenimiento, los cuales se cuantifican y valoran respecto a las cotizaciones presentadas en el estudio de ingeniería del proyecto.

Los datos que se utilizaron fueron proporcionados por el Organismo operador, de sus sistema comercial (facturación, cobro, usuarios) y operativo (en el caso de la operación y mantenimiento del sistema: datos de catastro de redes, presiones, volúmenes de ingreso a los tanques de regulación, horarios de servicio, costos energéticos por hora, incidencia de fugas reportadas, costos por reparación, entre otros; en el caso de la extracción: datos de volúmenes de extracción, consumos energéticos tanto para la extracción como para el bombeo hacia la ciudad, costos y consumo de los activos para la cloración, etc.).

- La demanda de agua potable está representada por la suma del consumo en condiciones deseables (con una dotación de 203 litros por habitante por día) y las pérdidas físicas del sistema.
- La oferta de agua potable que ingresa a la zona, se obtuvo de lecturas de los macromedidores a la entrada y salida del tanque de agua potable.
- Los costos de operación y mantenimiento se dividen en dos, por etapa:
  - la primera, etapa de "extracción", en el que se consideran los costos por el consumo energético de los equipos para la extracción y bombeo hacia la ciudad, así como los costos por insumos de cloración (cloro gas e hipoclorito de sodio) que, dividido entre el volumen total extraído, considerando que al año 2018 se produjeron 661.81 lps, se determinó un costo por  $m^3$  extraído de 1.02 \$/m<sup>3</sup>;
  - la segunda, etapa de operación y mantenimiento del sistema en la ciudad, en el que se consideran los costos del personal, costos por el consumo energético de los equipos de bombeo en tanques, combustibles, vehículos, materiales para reparaciones, productos químicos (cloración), entre otros, se determinó un costo por  $m^3$  de 6.58 \$/m<sup>3</sup>.
- Se determina que el costo por hora de bombeo resulta de la división del monto de pago de la energía eléctrica mensual entre el total de horas de bombeo al mes, en el caso del sector Insurgentes, considerando que el equipo de bombeo actualmente trabaja 13 horas al día, se determinó un costo horario de \$328.57.
- Considerando el consumo en condiciones deseables determinado de acuerdo con la metodología de la Conagua (una dotación de 203 LHD), las pérdidas físicas se categorizan en "Déficit de consumo" (consumo deseable - consumo actual) y "excedente de producción" (oferta actual - consumo deseable)



#### Supuestos y fuentes

- Se trata de un proyecto de sustitución de infraestructura por lo que, al momento de su ejecución, la infraestructura a sustituir continuará operando a fin de no afectar el consumo de los usuarios.
- Se considera una ocupación máxima del área de proyecto con la incorporación de las zonas de crecimiento y su población, a 20 años.
- Los usuarios no cambian sus hábitos de consumo por lo que éste se mantiene constante en el tiempo.
- Se considera que una vez ejecutado el proyecto, las incidencias por fugas en las redes de distribución y líneas primarias se reducen a cero en los primeros años de operación, por lo que se logrará incrementar la eficiencia física en la zona del Proyecto al 100%.
- Se considera que una vez ejecutado el proyecto, los costos de operación y mantenimiento se reducirán en un 40% (pasar de 6.58 \$/m<sup>3</sup> a 3.95 \$/m<sup>3</sup>).
- Asimismo, dada la recuperación de caudal (57.66 lps), se estima una liberación de recursos por la disminución de la demanda total con lo que se podrá dejar fuera de operación un pozo de extracción (por un caudal aproximado de 41.41 lps).
- Se estima que se incrementarán las horas de bombeo en la zona en aproximadamente 9 horas, lo que implica un incremento en el consumo de la energía eléctrica y con ello los costos de operación y mantenimiento.
- Estos costos se definieron a partir del análisis de los presupuestos que proporciono la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Gobierno del Estado de Quintana Roo (CAPA).
- La operación de los elementos que componen el proyecto es a partir de que la infraestructura esté instalada, es decir, a partir del año 1.
- Se consideró un horizonte de evaluación de 21 años (1 año de inversión y 20 años de vida útil).
- Se consideró que los costos de operación y mantenimiento se mantienen a lo largo del horizonte de evaluación.
- El análisis se realizó en pesos constantes, por lo que no se considera el posible impacto de la inflación en los precios.

Se asume que los precios de los insumos y servicios que impactarán en la construcción y operación del proyecto no variarán significativamente durante el horizonte de evaluación.





## V.2 Identificación, cuantificación y valoración de beneficios del PPI

En este apartado se presenta la identificación, cuantificación y valoración de los beneficios, que se tendrían una vez concluidas las acciones. Estos se obtienen comparando las situaciones sin proyecto y con proyecto.

**Cuadro V. 5** Beneficios directos (no incluye IVA).

| BENEFICIOS DIRECTOS  |   |                |              |
|--|---|----------------|--------------|
| IDENTIFICACIÓN   | CUANTIFICACIÓN  | VALORACIÓN     | PERIODICIDAD |
| <b>Liberación de recursos para asegurar el consumo.</b><br>(beneficio por ahorro en costos para la compra de dispositivos de almacenamiento, costos de por la compra de agua en pipas y bombeos intradomiciliarios)  | [Costo implícito por abastecerse de agua (\$/m3)] * [metros cúbicos (m3) consumidos]  | 109,586,949.72 | 1 al 20      |
| <b>Beneficio por mayor consumo.</b><br>Con la sectorización y sustitución de tuberías en la zona de proyecto, se podrá reducir el costo para abastecerse del bien por parte de los usuarios; además de evitar la restricción en el consumo.                                | (No. De usuarios beneficiados) * [factor de mayor consumo que se obtiene con la ecuación $(Q=AP^e)$ , con datos de las situaciones con y sin proyecto.] | 10,163,533.53  | 1 al 20      |
| <b>Disminución de los índices de morbilidad.</b><br>Se incurre en un beneficio adicional por disminución en enfermedades atribuibles al uso de métodos alternativos de abastecimiento de agua.   | Debido a que no se cuenta con información acerca de este rubro, no puede cuantificarse ni valorarse   |                |              |
| <b>Liberación de costos por operación y mantenimiento.</b><br>(menores costos por el tiempo dedicado a la detección y reparación de fugas, además de que con la sectorización será mucho más fácil aislar la zona afecta y reducir las afectaciones al restos del sistema) | Parte proporcional de la tubería de la red a sustituir  | 106,451,069.17 | 1 al 20      |
| <b>Beneficio por la reducción de la demanda total.</b><br>Ahorro en costos por producción (extracción, cloración, conducción, regulación, distribución; además de reducir la necesidad de inversiones futuras)   | Costo de producción por metro cúbico de agua (\$/m3)] * [metros cúbicos (m3) recuperados con el proyecto]   | 13,656,059.30  | 1 al 20      |

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro V. 6** Flujo anual de Beneficios del Proyecto (no incluye IVA).

| PERIODO             | AÑO | BENEFICIOS                |                   |                      |                   |                       | VALOR ACTUAL DE LOS BENEFICIOS |
|---------------------|-----|---------------------------|-------------------|----------------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|
|                     |     | LIBERACIÓN DE RECURSOS    |                   |                      | MAYOR CONSUMO     | TOTAL                 |                                |
|                     |     | OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO | EXTRACCIÓN        | MÉTODOS ALTERNATIVOS |                   |                       |                                |
| 2020                | 0   | 0.00                      | 0.00              | 0.00                 | 0.00              | 0.00                  | 0.00                           |
| 2021                | 1   | 10,846,333                | 1,418,968         | 11,944,751           | 1,107,824         | 25,317,876.00         | 23,016,250.91                  |
| 2022                | 2   | 11,029,841                | 1,434,160         | 12,036,960           | 1,116,365         | 25,617,327            | 21,171,344.63                  |
| 2023                | 3   | 11,298,170                | 1,470,540         | 12,136,341           | 1,125,533         | 26,030,584            | 19,557,163.04                  |
| 2024                | 4   | 11,568,090                | 1,506,585         | 12,243,500           | 1,135,484         | 26,453,658            | 18,068,204.36                  |
| 2025                | 5   | 11,838,713                | 1,542,045         | 12,359,099           | 1,146,219         | 26,886,076            | 16,694,137.88                  |
| 2026                | 6   | 12,110,162                | 1,576,933         | 12,483,863           | 1,157,816         | 27,328,775            | 15,426,381.03                  |
| 2027                | 7   | 12,380,475                | 1,610,721         | 12,618,583           | 1,170,275         | 27,780,054            | 14,255,560.23                  |
| 2028                | 8   | 12,649,487                | 1,643,344         | 12,764,125           | 1,183,831         | 28,240,788            | 13,174,536.02                  |
| 2029                | 9   | 12,915,257                | 1,674,281         | 12,921,436           | 1,198,406         | 28,709,379            | 12,175,579.26                  |
| 2030                | 10  | 13,176,679                | 1,703,221         | 13,091,553           | 1,214,156         | 29,185,609            | 11,252,315.70                  |
| 2031                | 11  | 13,668,568                | 1,766,244         | 13,275,613           | 1,231,238         | 29,941,662            | 10,494,369.87                  |
| 2032                | 12  | 13,920,403                | 1,790,076         | 13,474,860           | 1,249,730         | 30,435,070            | 9,697,551.24                   |
| 2033                | 13  | 14,160,444                | 1,809,890         | 13,690,661           | 1,269,711         | 30,930,706            | 8,959,523.77                   |
| 2034                | 14  | 14,382,048                | 1,823,942         | 13,924,514           | 1,291,417         | 31,421,920            | 8,274,373.61                   |
| 2035                | 15  | 14,580,452                | 1,830,976         | 14,178,065           | 1,314,924         | 31,904,418            | 7,637,664.01                   |
| 2036                | 16  | 14,747,481                | 1,828,851         | 14,453,121           | 1,340,469         | 32,369,922            | 7,044,638.15                   |
| 2037                | 17  | 14,872,583                | 1,814,812         | 14,751,668           | 1,368,129         | 32,807,192            | 6,490,728.04                   |
| 2038                | 18  | 14,940,520                | 1,784,893         | 15,075,888           | 1,398,218         | 33,199,520            | 5,971,225.49                   |
| 2039                | 19  | 14,929,358                | 1,733,397         | 15,428,185           | 1,430,894         | 33,521,833            | 5,481,087.56                   |
| 2040                | 20  | 14,808,326                | 1,652,342         | 15,811,200           | 1,466,390         | 33,738,257            | 5,014,976.92                   |
| <b>TOTAL</b>        |     | <b>264,823,387</b>        | <b>33,416,221</b> | <b>268,663,987</b>   | <b>24,917,029</b> | <b>591,820,626</b>    | <b>239,857,611.72</b>          |
| <b>VALOR ACTUAL</b> |     | <b>106,451,068</b>        | <b>13,656,059</b> | <b>109,586,950</b>   | <b>10,163,534</b> | <b>239,857,611.72</b> |                                |

Fuente: Elaboración propia.



**Cuadro V. 7** Beneficios indirectos (no incluye IVA).

| Beneficios indirectos |                |            |              |
|-----------------------|----------------|------------|--------------|
| Identificación        | Cuantificación | Valoración | Periodicidad |
| No aplica             |                |            |              |

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro V. 8** Externalidades positivas (no incluye IVA).

| Externalidades positivas |                |            |              |
|--------------------------|----------------|------------|--------------|
| Identificación           | Cuantificación | Valoración | Periodicidad |
| No aplica                |                |            |              |

Fuente: Elaboración propia.

| Metodología  |
|--|
| <p>En el caso del proyecto de sustitución de tuberías, cuya finalidad está dirigida al mejoramiento de la eficiencia del sistema, con lo que se podrán liberar recursos por parte de los usuarios por el uso de métodos alternativos para garantizar su consumo, y por parte del organismo operador por la operación y mantenimiento, y por las inversiones futuras.</p> <p>El crecimiento de la demanda se basa en la incorporación de usuarios al servicio de agua potable, así como la incorporación de las zonas de crecimiento y su población considerando la ocupación máxima del sector a 20 años (a una tasa de crecimiento de 1.45%).</p> <p>Se asume que los precios de los diferentes insumos y servicios (en pesos constantes) no variarán significativamente durante el horizonte de evaluación.</p> <p>La identificación, cuantificación y valoración de los beneficios se realizó en base a la ocupación poblacional en la zona de proyecto (Insurgentes Norte) y al mejoramiento de la calidad y eficiencia del servicio a los usuarios.</p> <p>Los beneficios sociales atribuibles a proyectos de reforzamiento y sectorización de redes de distribución corresponden con la disminución de fugas en tuberías y tomas domiciliarias, así como la reducción de molestias al tránsito de la ciudad al reducir el número de reparaciones.</p> <p>Asimismo, se logrará la liberación de volúmenes y nivelación de presiones, lo que se traducirá en mayor consumo. El proyecto considera la instalación de medidores de flujo en tomas domiciliarias donde no se cuente con lecturas (cuota fija y cuota promedio), lo que trae consigo beneficios de recuperación de volúmenes de agua, ya que el nivel de consumo disminuye, al aplicar el precio por m<sup>3</sup> consumido medido a los usuarios, lo cual a su vez impactará sobre la facturación.</p> |

#### Metodología

Con la eliminación de fugas, se podrán recuperar caudales e incrementar la presión, lo que se traducirá en un mayor consumo y/o volúmenes ahorrados (menores costos de producción), lo que a su vez se traduce en una liberación de recursos para los usuarios ya que reducirán y/o evitarán el uso de métodos alternativos para asegurar su consumo (compra de agua en pipa, el acarreo intradomiciliario, entre otros). En el caso del proyecto de sustitución de tuberías, cuya finalidad está dirigida al mejoramiento de la eficiencia del sistema, con lo que se podrán liberar recursos por parte de los usuarios por el uso de métodos alternativos para garantizar su consumo, y por parte del organismo operador por la operación y mantenimiento, y por las inversiones futuras.

El crecimiento de la demanda se basa en la incorporación de usuarios al servicio de agua potable, así como la incorporación de las zonas de crecimiento y su población considerando la ocupación máxima del sector a 20 años.

Se asume que los precios de los diferentes insumos y servicios (en pesos constantes) no variarán significativamente durante el horizonte de evaluación.

La identificación, cuantificación y valoración de los beneficios se realizó en base a la ocupación poblacional en la zona de proyecto (Insurgentes Norte) y al mejoramiento de la calidad y eficiencia del servicio a los usuarios.

Los beneficios sociales atribuibles a proyectos de reforzamiento y sectorización de redes de distribución corresponden con la disminución de fugas en tuberías y tomas domiciliarias, así como la reducción de molestias al tránsito de la ciudad al reducir el número de reparaciones.

Asimismo, se logrará la liberación de volúmenes y nivelación de presiones, lo que se traducirá en mayor consumo. El proyecto considera la instalación de medidores de flujo en tomas domiciliarias donde no se cuente con lecturas (cuota fija y cuota promedio), lo que trae consigo beneficios de recuperación de volúmenes de agua, ya que el nivel de consumo disminuye, al aplicar el precio por m<sup>3</sup> consumido medido a los usuarios, lo cual a su vez impactará sobre la facturación.

Con la eliminación de fugas, se podrán recuperar caudales e incrementar la presión, lo que se traducirá en un mayor consumo y/o volúmenes ahorrados (menores costos de producción), lo que a su vez se traduce en una liberación de recursos para los usuarios ya que reducirán y/o evitarán el uso de métodos alternativos para asegurar su consumo (compra de agua en pipa, el acarreo intradomiciliario, entre otros).



### V.3 Cálculo de los indicadores de rentabilidad

Una vez cuantificados y valorados los costos y beneficios, se procedió a calcular la rentabilidad social del proyecto, considerando una tasa social del 10%, para lo cual se armó el flujo de efectivo del proyecto. A continuación, se muestra el resumen de los indicadores de rentabilidad social del mismo

**Cuadro V. 9** Indicadores de rentabilidad del Proyecto (no incluye IVA).

| Indicadores de Rentabilidad          |               |   |
|--------------------------------------|---------------|---|
| Indicador                            | Valor         | Interpretación  |
| Valor Presente Neto (VPN)            | 93,599,370.74 | El VPN es mayor a 0 por lo que se considera al proyecto como <b>socialmente rentable</b> , ya que los beneficios superan a los costos.  |
| Tasa interna de retorno (TIR)        | 23.58%        | La TIR es mayor a la tasa social de descuento oficial, del 10%, por lo que su rentabilidad supera el costo de oportunidad   |
| Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI) | 22.66%        | La TRI del primer año de operación es mayor a la tasa social de descuento oficial del 10%, por lo que se considera que debe ejecutarse el proyecto al ser este el <b>momento óptimo</b> de inversión. |

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro V. 10** Flujo anual neto del Proyecto (no incluye IVA).

| PERIODO | AÑO | VAINVS                          | VACS                       | VABS                           | VANS                     |
|---------|-----|---------------------------------|----------------------------|--------------------------------|--------------------------|
|         |     | VALOR ACTUAL DE LAS INVERSIONES | VALOR ACTUAL DE LOS COSTOS | VALOR ACTUAL DE LOS BENEFICIOS | VALOR ACTUAL NETO SOCIAL |
| 2020    | 0   | -84,051,724.00                  | 0.00                       | 0.00                           | -84,051,724.00           |
| 2021    | 1   | 0.00                            | -5,698,927.27              | 23,016,250.91                  | 17,317,323.64            |
| 2022    | 2   | 0.00                            | -5,314,220.66              | 21,171,344.63                  | 15,857,123.97            |
| 2023    | 3   | 0.00                            | -4,878,822.69              | 19,557,163.04                  | 14,678,340.35            |
| 2024    | 4   | 0.00                            | -4,483,507.27              | 18,068,204.36                  | 13,584,697.08            |
| 2025    | 5   | -524,022.83                     | -4,124,987.12              | 16,694,137.88                  | 12,045,127.94            |
| 2026    | 6   | 0.00                            | -3,799,412.50              | 15,426,381.03                  | 11,626,968.53            |
| 2027    | 7   | 0.00                            | -3,504,717.03              | 14,255,560.23                  | 10,750,843.21            |
| 2028    | 8   | 0.00                            | -3,237,668.52              | 13,174,536.02                  | 9,936,867.51             |
| 2029    | 9   | 0.00                            | -2,996,328.98              | 12,175,579.26                  | 9,179,250.28             |



| PERIODO      | AÑO | VAINVS                          | VACS                       | VABS                           | VANS                     |
|--------------|-----|---------------------------------|----------------------------|--------------------------------|--------------------------|
|              |     | VALOR ACTUAL DE LAS INVERSIONES | VALOR ACTUAL DE LOS COSTOS | VALOR ACTUAL DE LOS BENEFICIOS | VALOR ACTUAL NETO SOCIAL |
| 2030         | 10  | -662,131.66                     | -2,778,317.09              | 11,252,315.70                  | 7,811,866.95             |
| 2031         | 11  | 0.00                            | -2,582,193.36              | 10,494,369.87                  | 7,912,176.52             |
| 2032         | 12  | 0.00                            | -2,406,444.91              | 9,697,551.24                   | 7,291,106.33             |
| 2033         | 13  | 0.00                            | -2,249,035.93              | 8,959,523.77                   | 6,710,487.84             |
| 2034         | 14  | 0.00                            | -2,109,667.55              | 8,274,373.61                   | 6,164,706.06             |
| 2035         | 15  | -202,033.48                     | -1,987,027.74              | 7,637,664.01                   | 5,448,602.78             |
| 2036         | 16  | 0.00                            | -1,880,633.04              | 7,044,638.15                   | 5,164,005.11             |
| 2037         | 17  | 0.00                            | -1,790,204.61              | 6,490,728.04                   | 4,700,523.43             |
| 2038         | 18  | 0.00                            | -1,716,046.38              | 5,971,225.49                   | 4,255,179.11             |
| 2039         | 19  | 0.00                            | -1,659,123.92              | 5,481,087.56                   | 3,821,963.64             |
| 2040         | 20  | 0.00                            | -1,621,042.45              | 5,014,976.92                   | 3,393,934.47             |
| <b>TOTAL</b> |     | <b>-85,439,911.97</b>           | <b>-60,818,329.01</b>      | <b>239,857,611.72</b>          | <b>93,599,370.74</b>     |

Fuente: Elaboración propia.

## V.4 Análisis de sensibilidad

**Cuadro V. 11** Resumen del análisis de sensibilidad de las principales variables del Proyecto.

| Variable   | Variación respecto a su valor original | Impacto sobre el Indicador de Rentabilidad   |
|------------|--|--|
| Beneficios | - 39.02%                               | Con una <u>reducción</u> de los beneficios en un porcentaje superior a 39.02% el proyecto no sería rentable. |
| Inversión  | + 109.55%                              | Con un <u>incremento</u> de la inversión en un porcentaje superior al 109.55% el proyecto no sería rentable. |
| Costos     | + 153.90%                              | Con un <u>incremento</u> de los costos en un porcentaje superior a 153.90% el proyecto no sería rentable.    |

#### Análisis de sensibilidad 1. Variable Beneficios

En el siguiente cuadro se presentan los resultados del análisis de sensibilidad realizado para la variable **beneficios** disminuyendo y aumentando dicho monto en los porcentajes que se presentan en la primera columna.

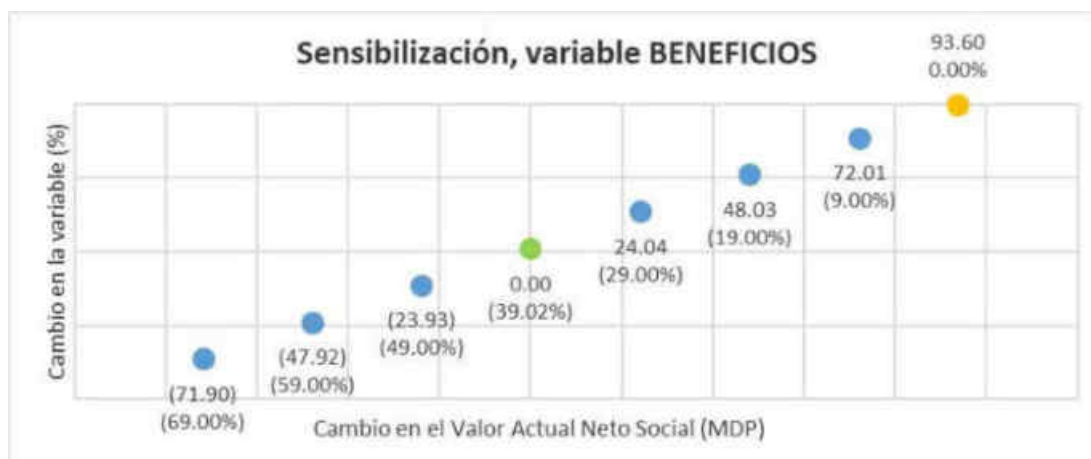
Los flujos para el total del horizonte de evaluación para los análisis de sensibilidad realizados pueden encontrarse en los anexos. Se realizó un análisis consistente en disminuir e incrementar dicho monto en los porcentajes que se presentan en la primera columna del siguiente cuadro.

Las cifras presentadas en la cuarta fila corresponden al escenario en que la reducción de los beneficios es tal que el VAN es igual a cero. Con una tasa de **39.02%**, por lo que puede concluirse que con una disminución de los beneficios en una cifra mayor a dicho porcentaje el proyecto no sería rentable.

**Cuadro V. 12** Análisis de sensibilidad de la variable BENEFICIOS (en MDP).

| Beneficios        |               |              |               |              |               |               |
|-------------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|---------------|
| Tasa de variación | VA inversión  | VA costos    | VA beneficios | VA Neto      | TIR           | TRI           |
| (9.00%)           | 218.27        | 85.44        | 60.82         | 72.01        | 20.67%        | 19.95%        |
| (19.00%)          | 194.28        | 85.44        | 60.82         | 48.03        | 17.34%        | 16.94%        |
| (29.00%)          | 170.30        | 85.44        | 60.82         | 24.04        | 13.82%        | 13.93%        |
| (39.02%)          | 146.26        | 85.44        | 60.82         | 0.00         | 10.00%        | 10.91%        |
| (49.00%)          | 122.33        | 85.44        | 60.82         | (23.93)      | 5.66%         | 7.90%         |
| (59.00%)          | 98.34         | 85.44        | 60.82         | (47.92)      | 0.08%         | 4.89%         |
| (69.00%)          | 74.36         | 85.44        | 60.82         | (71.90)      | (10.95%)      | 1.88%         |
| <b>0.00%</b>      | <b>239.86</b> | <b>85.44</b> | <b>60.82</b>  | <b>93.60</b> | <b>23.58%</b> | <b>22.66%</b> |

Fuente: Elaboración propia



**Figura V. 1** Análisis de sensibilidad de los Beneficios del Proyecto.

#### Análisis de sensibilidad 2. Variable Inversión

En el siguiente cuadro se presentan los resultados del análisis de sensibilidad realizado para la variable **inversión** disminuyendo y aumentando dicho monto en los porcentajes que se presentan en la primera columna.

Los flujos para el total del horizonte de evaluación para los análisis de sensibilidad realizados pueden encontrarse en los anexos. Se realizó un análisis consistente en disminuir e incrementar dicho monto en los porcentajes que se presentan en la primera columna del siguiente cuadro.

Las cifras presentadas en la **cuarta fila** corresponden al escenario en que el incremento de la inversión es tal que el VAN es igual a cero. Con una tasa de **109.55%**, por lo que puede concluirse que con un incremento de la inversión en una cifra mayor a dicho porcentaje el proyecto no sería rentable.

**Cuadro V. 13** Análisis de sensibilidad de la variable INVERSIÓN (en MDP).

| Inversión         |              |           |               |         |        |        |
|-------------------|--------------|-----------|---------------|---------|--------|--------|
| Tasa de variación | VA inversión | VA costos | VA beneficios | VA Neto | TIR    | TRI    |
| 26.00%            | 239.86       | 110.22    | 60.82         | 68.82   | 18.07% | 17.57% |
| 53.00%            | 239.86       | 133.29    | 60.82         | 45.75   | 14.59% | 14.53% |
| 80.00%            | 239.86       | 156.36    | 60.82         | 22.68   | 12.00% | 12.38% |
| 109.55%           | 239.86       | 179.04    | 60.82         | 0.00    | 10.00% | 10.82% |
| 134.00%           | 239.86       | 202.49    | 60.82         | (23.45) | 8.31%  | 9.56%  |
| 161.00%           | 239.86       | 225.56    | 60.82         | (46.52) | 6.93%  | 8.58%  |
| 188.00%           | 239.86       | 248.63    | 60.82         | (69.59) | 5.74%  | 7.79%  |
| 0.00%             | 239.86       | 85.44     | 60.82         | 93.60   | 23.58% | 22.66% |

Fuente: Elaboración propia



#### Análisis de sensibilidad 2. Variable Inversión

**Figura V. 2** Análisis de sensibilidad de la variable Inversión del Proyecto.

#### Análisis de sensibilidad 3. Variable Costos

En el siguiente cuadro se presentan los resultados del análisis de sensibilidad realizado para la variable **Costos** disminuyendo y aumentando dicho monto en los porcentajes que se presentan en la primera columna.

Los flujos para el total del horizonte de evaluación para los análisis de sensibilidad realizados pueden encontrarse en los anexos. Se realizó un análisis consistente en disminuir e incrementar dicho monto en los porcentajes que se presentan en la primera columna del siguiente cuadro.

Las cifras presentadas en la **cuarta fila** corresponden al escenario en que el incremento de los costos es tal que el VAN es igual a cero. Con una tasa de **153.90%**, por lo que puede concluirse que con un incremento de los costos en una cifra mayor a dicho porcentaje el proyecto no sería rentable.

**Cuadro V. 14** Análisis de sensibilidad de la variable COSTOS (en MDP).

| Costos            |               |              |               |              |               |               |
|-------------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|---------------|
| Tasa de variación | VA inversión  | VA costos    | VA beneficios | VA Neto      | TIR           | TRI           |
| 39.00%            | 239.86        | 85.44        | 85.15         | 69.27        | 20.35%        | 19.68%        |
| 77.00%            | 239.86        | 85.44        | 108.26        | 46.16        | 17.14%        | 16.85%        |
| 115.00%           | 239.86        | 85.44        | 131.37        | 23.05        | 13.74%        | 14.01%        |
| 153.90%           | 239.86        | 85.44        | 154.42        | 0.00         | 10.00%        | 11.19%        |
| 191.00%           | 239.86        | 85.44        | 177.59        | (23.17)      | 5.56%         | 8.34%         |
| 229.00%           | 239.86        | 85.44        | 200.70        | (46.28)      | (0.75%)       | 5.51%         |
| 267.00%           | 239.86        | 85.44        | 223.81        | (69.39)      | 0.00%         | 2.68%         |
| <b>0.00%</b>      | <b>239.86</b> | <b>85.44</b> | <b>60.82</b>  | <b>93.60</b> | <b>23.58%</b> | <b>22.66%</b> |

Fuente: Elaboración propia



#### Análisis de sensibilidad 3. Variable Costos

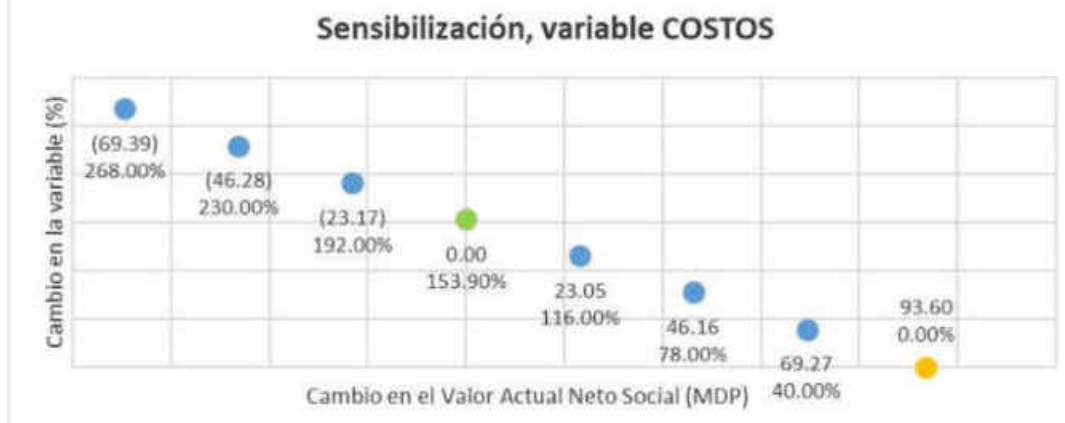


Figura V. 3 Análisis de sensibilidad de la variable Costos del Proyecto.

## V.5 Análisis de riesgos

Las principales fuentes de riesgo pueden agruparse según la etapa en que se presentan, en inversión y operación:

- Durante la inversión, por variaciones en los costos o en el tiempo de ejecución a causa de cambios en los precios unitarios y las cantidades contratadas, obras no consideradas, imprevistos, expropiaciones y consideraciones ambientales.
- Durante la operación, por variaciones en los beneficios a causa de los consumos realmente presentados, cambios en el crecimiento de la población, cambios en la urbanización y la sobrevaloración de los costos; así como por variaciones en los costos de mantenimiento a causa de un cambio en precios de insumos y actividades no consideradas.

Cuadro V. 15 Análisis de riesgos asociados al proyecto, durante la ejecución.

| Descripción   | Factibilidad de ocurrencia | Análisis de posible impacto  | Acciones para su mitigación  |
|---|----------------------------|--|--|
| Que la convocatoria de licitación se declare desierta | Baja                       | El inicio de la obra se postergaría un mes y no se cumpliría el calendario de obra inicialmente propuesto. | Revisión de la convocatoria, modificación del calendario de obra para asegurar su finalización este año. |
| Atrasos en el pago de anticipos                       | Baja                       | Se tendría que reprogramar el calendario de la obra de acuerdo a la fecha real de                          | Indicar de manera puntual los requerimientos técnicos y legales del trámite, haciendo hincapié en la     |



| Descripción                                       | Factibilidad de ocurrencia | Análisis de posible impacto   | Acciones para su mitigación   |
|---|----------------------------|---|---|
|   |                            | pago del anticipo y no se cumpliría con los plazos de ejecución estimados y en caso extremo, gastos no recuperables incrementando la inversión.   | importancia de presentarlos en tiempo y forma para su pronta gestión.   |
| Atrasos en el pago de estimaciones                | Media                      | Atraso en la continuidad de los trabajos, ocasionando el incumplimiento de los plazos establecidos y en caso extremo, gastos no recuperables incrementando la inversión.  | Gestionar los pagos ante las instancias correspondientes de manera oportuna y atender de forma inmediata las observaciones que se pudieran presentar en los documentos que integran el cuerpo de la estimación.   |
| Atrasos por causas imputables al contratista      | Media                      | Retraso en los plazos de ejecución, con impactos económicos a la empresa contratista por la aplicación de penas o retenciones.  | Llevar un correcto control de los avances de obra, indicando de manera puntual a la empresa contratista mediante oficio y notas de bitácora los conceptos en los que se presenten atrasos así como las recomendaciones pertinentes para la mitigación de dichos atrasos.  |
| Cambio del precio internacional de los materiales | Baja                       | La inversión inicial se incrementaría.  | De presentarse, se analizaría el cambio del diseño del proyecto, a fin de ajustarse al presupuesto.   |
| Atraso de los trabajos por lluvias                | Media                      | Se alargaría el periodo de obra, no terminando en la fecha establecida; se darían gastos no recuperables, incrementando la inversión.   | Debido al clima de la región, las posibles afectaciones por lluvias ya están consideradas en los tiempos y costos.  |
| Atrasos en el trámite de entrega Recepción        | Media                      | Lo que implicaría gastos que impacten a la empresa contratista (pago de personal para vigilancia y mantenimiento tratándose de instalaciones), así como también un atraso con respecto a la fecha de terminación prevista en el | Gestionar de manera oportuna el proceso de entrega recepción indicando al contratista los requerimientos tanto técnicos como administrativos necesarios, a fin de que el proceso se realice con la mayor celeridad posible, cuidando en todo momento la buena calidad de los trabajos tanto en la parte técnica, administrativa y de operación. |

| Descripción | Factibilidad de ocurrencia | Análisis de posible impacto | Acciones para su mitigación |
|-------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|             |                            | contrato.                   |                             |

**Fuente:** elaboración propia, con información de la Dirección de Planeación de Infraestructura de la CAPA.

**Cuadro V. 16** Análisis de riesgos asociados al proyecto, durante la operación.

| Descripción  | Factibilidad de ocurrencia | Análisis de posible impacto   | Acciones para su mitigación   |
|--|----------------------------|---|---|
| Incremento en el precio de los materiales consumibles para las reparaciones. | Alta                       | Incremento en los montos estimados de mantenimiento de la infraestructura contemplada en el proyecto. | Mantener actualizadas las cotizaciones de materiales más prioritarios o de mayor consumo para el mantenimiento, prever en función de las demandas históricas de refacciones, un stock de kits de reparación que permita amortiguar cualquier incremento en los precios de manera inmediata. |
| Incremento en el precio de los combustibles.                                 | Alta                       | Incremento en los montos estimados de mantenimiento de la infraestructura contemplada en el proyecto. | Realizar de manera coordinada las reparaciones por zonas buscando el atender con una misma brigada las diversas situaciones que se pudieran presentar en una misma zona.  |

**Fuente:** elaboración propia, con información de la Dirección de Planeación de Infraestructura de la CAPA.



## VI Conclusiones y Recomendaciones

### Conclusiones

De acuerdo con la evaluación realizada, considerando beneficios por la liberación de recursos y por mayor consumo, el proyecto integral cuenta con una rentabilidad positiva por **\$93,599,370.74** medida mediante el Valor Presente Neto (VPN).

Adicional a los beneficios cuantificados se deben considerar los beneficios que se podrían obtener en salud por reducción de los índices de morbilidad (asociados a los métodos de abastecimiento).

La Tasa Interna de Retorno Social (TIR) calculada es de **23.58%**, superior a la tasa social de descuento promedio propuesta por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), del 10.0%, lo cual implica que la rentabilidad social esperada del proyecto es mayor al costo de oportunidad.

La Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI) calculada para el proyecto para su primer año de operación (Año 2) es de **22.66%**, superior a la tasa social de descuento promedio propuesta por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), del 10.0%, lo cual significa que es recomendable realizar el proyecto a la brevedad posible.

Del análisis de sensibilidad del monto de *inversión* del proyecto se concluye que, con un incremento menor al 109.55%, el proyecto aún sería rentable. Del análisis de sensibilidad de *los costos de operación y mantenimiento* del proyecto integral se concluye que, con un incremento menor al 153.90%, el proyecto aún sería rentable. Del análisis de sensibilidad de los *beneficios* del proyecto integral se concluye que, con una reducción menor al 39.02%, el proyecto aún sería rentable.

### Recomendaciones

Considerando los resultados obtenidos, se recomienda la ejecución de las acciones propuestas, ya que estas presentan indicadores de rentabilidad positivos (VPN), una rentabilidad social superior al costo de oportunidad (TIR) y un momento de inversión que corresponde con el momento óptimo de inversión (TRI).

La puesta en operación de las acciones del proyecto presentan resultados positivos para el cálculo de los indicadores de rentabilidad, además de que se logrará mejorar las condiciones de eficiencia del sistema al reducir el nivel de pérdidas por fugas, por el correcto aislamiento de cada microsector, que a su vez permitirá un mejor control en la medición, el incremento de las presiones y las horas de servicio, teniendo como resultado un mayor consumo por parte de los usuarios.



## VII Anexos

| Número del Anexo | Concepto del Anexo   | Descripción  |
|------------------|--|--|
| Anexo A          | Análisis de la Oferta y la Demanda   | Contiene el análisis de la oferta y demanda en la situación actual, sin proyecto y con proyecto.   |
| Anexo B          | Estudios Técnicos  | Se adjunta la ficha de validación técnica del ente normativo federal (CONAGUA).  |
| Anexo C          | Estudios Legales   | Se adjunta Autorización en materia de desarrollo urbano del municipio de Othón P. Blanco.  |
| Anexo D          | Estudios Ambientales   | Se adjunta la resolución de no requerimiento de autorización en materia de impacto ambiental a de la SEMA.                                   |
| Anexo E          | Estudios de Mercado  | No aplica.   |
| Anexo F          | Estudios Específicos   | Se adjunta el informe del estudio para la evaluación y mejoramiento de agua potable de la ciudad de Chetumal, elaborado por el IMTA en 2015. |
| Anexo G          | Memoria de cálculo con los costos, beneficios e indicadores de rentabilidad del PPI. |  |
| Anexo H          | Análisis de Sensibilidad   |  |



## VIII Bibliografía

Plan Estatal de Desarrollo del estado de Quintana Roo (2016-2022)

<http://www.quintanaroo.gob.mx/ped-2016-2022>

Plan Municipal del desarrollo del municipio de Othón P. Blanco del estado de Quintana Roo (2016-2018)

<http://www.opb.gob.mx/portal/wp-content/uploads/2016/07/Plan-Municipal-de-Desarrollo-2016-2018.pdf>

Programa de Desarrollo Urbano de Chetumal-Calderitas-Subteniente López-Huay-Pix y Xul-Ha, Municipio de Othón P. Blanco del estado de Quintana Roo, publicado en el Periódico oficial el 27 de marzo de 2018.

<http://po.segob.qroo.gob.mx/sitio/Publicacion.php?Fecha=2018-03-27&Tipo=3&Numero=41>

Censo de Población y Vivienda 2010. Instituto Nacional de Información Estadística y Geográfica

[http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta\\_resultados/iter2010.aspx](http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta_resultados/iter2010.aspx)

Datos Sociodemográficos Censo de Población y Vivienda 2010. Principales resultados por localidad, 2010; Instituto Nacional de Información Estadística y Geográfica

[http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta\\_resultados/iter2010.aspx](http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta_resultados/iter2010.aspx)

Inventario Nacional de Viviendas; INEGI

<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mapa/INV/>

Anuario estadístico y geográfico de Quintana Roo 2014

<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/biblioteca/ficha.aspx?upc=702825066031>

Guía general para la presentación de estudios de evaluación socioeconómica de programas y proyectos de inversión: Análisis Costo-Beneficio, Actualización 2015

<http://www.cepep.gob.mx/>






## IX Responsables de la información

|                          |   |
|--------------------------|---|
| <b>Ramo:</b>             | 23  |
| <b>Entidad:</b>          | Quintana Roo  |
| <b>Área Responsable:</b> | Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del estado de Quintana Roo (CAPA) |

### Datos del Administrador del programa y/o proyecto de inversión:

| Nombre                             | Cargo  | Firma  | Teléfono y correo   |
|------------------------------------|--|--|---|
| Ing. Roque Miguel Marzuca Esquivel | Coordinador de Planeación de la Comisión de Agua Potable del estado de Quintana Roo (CAPA) |  | Tel: 01-983-28-5-30-69<br>Correo:<br><a href="mailto:roquemarzuca@capa.gob.mx">roquemarzuca@capa.gob.mx</a> |

| Versión | Fecha                   |
|---------|-------------------------|
| 4.0     | 04 de diciembre de 2019 |