

**MÁSTER OFICIAL EN HIDROLOGÍA  
Y GESTIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS**

**PROYECTO DE FIN DE MÁSTER**

**Estudio de la situación actual del servicio y la  
disponibilidad del agua potable en la ciudad de La Ceiba,  
departamento de Atlántida, Honduras.**

**Study of the current situation of the service and the  
availability of drinking water in the city of La Ceiba,  
department of Atlántida, Honduras.**

**PRESENTADO POR:**

**D. JORGE MIGUEL CASTRO PERAZA**

**DIRIGIDO POR:**

**Dr. ALBERTO DEL VILLAR**

**Alcalá de Henares, a 13 de Julio de 2023**

## ÍNDICE

1.	INTRODUCCION .....	7
2.	OBJETIVOS DEL ESTUDIO .....	7
2.1.	Objetivo general.....	7
2.1.	Objetivo específico.....	8
3.	METODOLOGIA.....	8
4.	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA Y PRESTADOR URBANO.....	11
4.1.	Información General .....	11
4.1.1.	Generalidades de la ciudad.....	11
4.1.2.	Información demográfica y proyección poblacional.....	12
4.1.3.	Esquema general del funcionamiento del Sistema de Agua Potable .....	13
4.1.4.	Esquema general de los impactos por deficiencias en el servicio.....	13
4.2.	Indicadores de Servicio.....	14
4.2.1.	Cobertura de abastecimiento de AP .....	14
4.2.2.	Dotación Media .....	14
4.2.3.	Continuidad del servicio de Agua .....	15
4.2.4.	Calidad de agua con destino humano y cumplimiento de norma vigente. ....	15
5.	EVALUACIÓN DE LAS FUENTES DE SUMINISTRO.....	16
5.1.	Fuentes de Suministro Existente .....	16
5.1.1.	Tipos de Fuentes.....	16
5.1.2.	Caudales y Volúmenes Actuales. ....	17
5.2.	Zonas de Recarga .....	18
5.3.	Análisis de Ampliación del Sistema.....	18
6.	EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA .....	20
6.1.	Descripción del Sistema de Agua Potable .....	20
6.2.	Estado de los Elementos del Sistema.....	22
6.2.1.	Pozos .....	22
6.2.2.	Obras de Captación Superficial.....	22
6.2.3.	Estaciones de Bombeo .....	22
6.2.4.	Plantas de Tratamiento de Agua Potable (PTAP).....	23

6.2.5. Líneas de Conducción y Red de distribución .....	23
6.2.6. Tanques de almacenamiento.....	23
6.2.7. Conexiones domiciliarias .....	23
6.3. Cobertura del Servicio de Agua .....	24
6.4. Balance de Oferta Demanda Actual.....	24
6.4.1. Producción de las Fuentes de Abastecimiento .....	24
6.4.2. Estimación de la Demanda Actual .....	24
6.5. Evaluación de la Capacidad Instalada del Sistema de Agua Potable .....	25
6.5.1. Red de Distribución .....	25
6.5.2. Planta de Tratamiento de Agua Potable .....	25
7. RESULTADOS Y JUSTIFICACION: .....	25
7.1. Agua potable. ....	25
8. ALTERNATIVAS A CONSIDERAR PARA LA SOLUCION DEL PROBLEMA.....	26
8.1. Alternativa 0 (no hacer nada).....	26
8.1.1. Estimación de costos por patología.....	27
8.1.2. Estimación de costos por ausentismo laboral. ....	27
8.1.3. Estimación de costos por ausentismo escolar.....	28
8.1.4. Estimación de costos por pérdida de volumen por fugas en la red de distribución.....	29
8.2. Alternativa 1 (PAP 2023 - 2043).....	30
9. DISCUSION .....	31
10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	32
10.1 Conclusiones .....	32
10.2 Recomendaciones. ....	33
11. BIBLIOGRAFÍA.....	34
12. ANEXOS.....	36
12.1 DESCRIPCIÓN SOLUCIÓN PROPUESTA (ALTERNATIVA 1) PARA SATISFACER LA DEMANDA ACTUAL Y FUTURA A UN HORIZONTE DE 20 AÑOS. .....	36
12.1.1. Alcances del Plan de mejoramiento en Infraestructura de Agua Potable... 36	
12.1.2. Criterios del plan de mejoramiento de agua potable. ....	36
12.1.3. Área de proyecto.....	36
12.1.4. Parámetros de diseño.....	37

12.1.5	Balance entre oferta y demanda de agua en el porvenir (20 años) .....	38
12.1.5.1	Cálculo de la demanda de agua futura.....	38
12.1.6	Situación de la oferta de agua. ....	38
12.1.7	Demanda vs oferta de agua potable. ....	39
12.1.8	Ampliación del volumen de producción.....	40
12.1.9.	Fuentes de suministro propuestas .....	43
12.1.9.1.	fuentes superficiales.....	43
12.1.9.2.	fuentes subterráneas.....	44
12.1.10	Ampliación de plantas potabilizadoras. ....	44
12.1.11	Ampliación del volumen de almacenamiento. ....	45
12.1.12	Ampliación de la capacidad de conducción. ....	46
12.1.13	Resumen de las soluciones propuesta en el proyecto.....	48

## Índice de Figuras

<b>Figura 1.</b>	Plano general de localización del Depto. Atlántida, y el municipio de La Ceiba.....	12
<b>Figura 2.</b>	Barrios y colonias que son abastecidos por diferentes sistemas de SANAA y por sistemas particulares .....	21
<b>Figura 3.</b>	Oferta vs demanda de agua potable sin proyecto.....	40
<b>Figura 4.</b>	Oferta vs demanda de agua potable con proyecto.....	42
<b>Figura 5.</b>	Esquema de adaptación del sistema de rio cuyamel .....	43

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1.</b>	Registro histórico de población urbana en La Ceiba .....	13
<b>Tabla 2.</b>	Cobertura del servicio de AP atendidos por el SANAA. Año 2020 ....	14
<b>Tabla 3.</b>	Volúmenes de agua producida y potabilizada .....	16
<b>Tabla 4.</b>	Resumen de las obras de toma superficial.....	17

<b>Tabla 5.</b> Resumen de producción por tipo de fuente .....	18
<b>Tabla 6.</b> Resumen de clientes SANAA 2020 .....	23
<b>Tabla 7.</b> Pacientes y patologías por año de enfermedades transmitidas por agua .....	26
<b>Tabla 8.</b> Costo anual de tratamiento de enfermedades transmitidas por el agua .....	27
<b>Tabla 9.</b> Costo anual por ausentismo laboral .....	28
<b>Tabla 10.</b> Costo anual por ausentismo escolar .....	28
<b>Tabla 11.</b> Costo anual por fugas en la red de distribución.....	29
<b>Tabla 12.</b> Resumen de costos anuales manteniendo el estado actual de la situación .....	29
<b>Tabla 13.</b> Resumen de costos de alternativa 1.....	30
<b>Tabla 14.</b> Comparativo de costos vs ahorros aplicando alternativa 1.....	31
<b>Tabla 15.</b> Parámetros de diseño propuestos .....	37
<b>Tabla 16.</b> Proyección de la demanda por quinquenio hasta el año 2043 .....	38
<b>Tabla 17.</b> Capacidad de producción de agua durante el verano.....	39
<b>Tabla 18.</b> Demanda vs oferta de agua 2023 - 2043.....	39
<b>Tabla 19.</b> Fuentes de agua propuestas .....	40
<b>Tabla 20.</b> Balance oferta vs demanda con nuevas fuentes de abastecimiento .....	41
<b>Tabla 21.</b> Demanda de almacenamiento al año 2043.....	46

## **Abreviaturas**

**ERSAPS:** Ente Regulador de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento

**CONASA:** Consejo Nacional de Agua y Saneamiento

**SANAA:** Servicio Nacional de Acueductos y Alcantarillados

**PTAP:** Planta de tratamiento de Agua Potable

**OMASAN:** Oficina Municipal de Agua y Saneamiento Ambiental

**AP:** Agua Potable

**AS:** Alcantarillado Sanitario

**IHCIT:** Instituto Hondureño de Ciencias de la Tierra

**INE:** Instituto nacional de estadística

**BID:** Banco Interamericano de Desarrollo

**l/s:** Litros por segundo

**lppd:** Litros por persona por día

**l/d:** Litros por día

**OMS:** Organización mundial de la salud

**PLANASA:** Plan nacional de agua potable y saneamiento

## **1. INTRODUCCION**

En las proyecciones hechas por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), se proyecta que para el año 2050 por lo menos un 25 % de la población habitará con toda probabilidad en un país que padezca una escasez de agua persistente. En la actualidad en Honduras, se vive una gran escasez de agua debido al mal manejo que se ha hecho sobre la distribución del vital líquido y también por la falta de interés por parte de los gobiernos para poder solucionar una situación que se acrecienta día con día, sobre todo en la temporada de verano.

La Ciudad de La Ceiba en el norte caribe de Honduras está considerada en emergencia por la falta de recurso hídrico, lo cual afecta grandemente a una población la cual va creciendo a grandes pasos, las pocas fuentes de abastecimiento disponibles y conocidas, una mala gestión del recurso, factores ambientales y sociales, están afectando de tal manera que si no se actúa con rapidez las consecuencias pueden ser fatales.

Con la realización de este TFM se busca brindar la información necesaria y los términos de referencia a tomar en cuenta para ejecutar ya en el presente actual, programas que permitan mejorar la disponibilidad al acceso a los servicios de agua potable para toda la población.

## **2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO**

### **2.1. Objetivo general**

El objetivo general de este estudio es el de realizar un diagnóstico del estado total del sistema de abastecimiento del agua potable de la ciudad, poniendo en evidencia los elementos, el estado de estos, las necesidades actuales del sistema y las mejoras necesarias para un mejor funcionamiento.

## **2.1. Objetivo específico**

el objetivo específico es el de plantear las posibles soluciones al problema de escasez de agua potable para la población, estableciendo posibles nuevas fuentes de abastecimiento y los resultados finales que se obtendrían con la implementación del proyecto planteado.

## **3. METODOLOGIA**

Se iniciará haciendo un diagnóstico de la situación actual donde se establecerán las condiciones actuales y se podrá determinar las fallas y oportunidades de mejora del sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de La Ceiba y con esto ya tendríamos los datos necesarios para abordar el problema en su conjunto.

Se hará una descripción de los elementos más importantes que intervienen en el sistema de abastecimiento de agua potable a la ciudad de La Ceiba.

El planteamiento que haremos será sobre la base de hechos estadísticos proporcionados por instituciones estatales como: INE, ERSAPS, CONASA, Los datos estadísticos de patologías derivadas del consumo de agua que han sido proporcionados por la oficina regional de salud de Atlántida, trabajo de investigación y observación en campo, y también con los datos de la información que se dispone de la entidad administradora del recurso hídrico de la ciudad, el SANAA.

Mediante el uso de técnicas de sencilla aplicación, pero con un fuerte poder de resultados, se empleará mecanismos de análisis para conocer las condiciones en que se está trabajando en términos económicos y así, al final, con estos resultados poder contrastar los costos de inversión frente a los beneficios económicos que propicia la inversión en el sector del agua.

El análisis de costo/beneficio se hará para un periodo de 20 años tomando como momento inicial el año 2023 y proyectando hacia el año 2043.



## **Análisis de costo/beneficio (metodología)**

Analizar la relación entre coste y beneficio es un instrumento de análisis que nos permite calibrar cuáles son las ventajas o desventajas económicas a la hora de decidir una inversión, evaluando los costos y rendimiento con el objeto de valorar la transformación en nuestro bienestar que podemos atribuir a esa decisión.

El marco de análisis de ACB se refiere a una lista de conceptos subyacentes que es la siguiente:

- Costo de oportunidad.
- Enfoque a largo plazo.
- Cálculo de indicadores de rendimiento económico formulados en términos monetarios. (*Guide to Cost-Benefit Analysis of investment projects, European commission 2014*)

En nuestro caso, para poder evaluar las alternativas y tener claridad en la toma de decisión vamos a recurrir a un análisis sencillo de costo/beneficio, para el cual vamos a determinar el total de los costos y beneficios de la alternativa planteada, estos beneficios en la sanidad los consideramos como “costes evitados”, esto lo haremos de forma monetaria para que sean comparables directamente y con esta información podremos seleccionar la mejor y más rentable, alternativa.

Una fuente bibliográfica importante para la realización de este trabajo será, el “Informe Final de Caracterización de los Servicios Urbanos de Agua y Saneamiento “Municipio de La Ceiba, departamento de Atlántida. Honduras, enero 2017. Informe elaborado por el SANAA, año 2017.

Otros datos importantes serán obtenidos en informes trabajados por otras instituciones y el Informe Final de Proyecto llamado “PAP 2023 - 2043” (ver anexo), brindará la información pertinente a la inversión propuesta nombrada para este trabajo como alternativa 1.

## **De la Sanidad, la situación problema:**

Estimaremos el impacto económico que genera la población de La Ceiba con problemas de abastecimiento de agua segura para consumo humano, sus consecuencias y el coste aparentemente no perceptible que recae al final sobre el padre de familia y sobre el estado.

Se estimará lo siguiente:

- 1. El costo económico anual que representan las enfermedades derivadas por el agua** como ser: casos de diarrea, disentería, hepatitis, parasitismos intestinales, dermatitis y enfermedades de la piel en la población de La Ceiba, para determinar estos costos se procedió a tener una reunión con personal encargado de la oficina de vigilancia de salud de Atlántida, (Dra. Gracia Sánchez), la cual nos brindó las cifras de pacientes, días de enfermedad y el costo promedio por patología a estimar. *(datos resumen en tabla 8)*
- 2. El costo económico que representa el ausentismo laboral**, para determinar estos costos se procedió utilizando el dato oficial del salario mínimo diario establecido por la secretaria del trabajo de Honduras. *(datos resumen en tabla 9)*
- 3. El costo económico que representa el ausentismo escolar**, para determinar estos costos se procedió utilizando el dato oficial del costo anual por alumno en edad escolar establecido por la secretaria de educación de Honduras, tomando en cuenta que un año escolar en Honduras se establece en 200 días de clases, podemos determinar el costo diario de educación. *(datos resumen en tabla 10)*
- 4. El costo que representan estas patologías a lo largo del tiempo**, para determinar estos costos se procedió a usar el cálculo anual de los costes por patologías asociadas a las enfermedades que tienen como vehículo de contaminación el agua de consumo de la población y extrapolar este mismo valor a lo largo de los años.

### **Otro costo importante:**

**1. El costo estimado que representa la pérdida de volumen por filtraciones en el sistema de distribución**, este coste se denomina “agua perdida”, la cual, por fugas en la red previamente dañada por el deterioro y el paso del tiempo sin que haya existido un plan de conservación continuo, no llega al grifo del destinatario final del sistema. Los datos serán los proporcionados por la dirección general del ente regulador local SANAA. *(datos resumen en tabla 11)*

Al final se hará el planteamiento de dos alternativas para con las cuales poder tener poder de decisión para lograr una inclinación positiva sobre la inversión planteada.

#### **1. Opción 0 (no hacer nada):**

Consiste en estimar el impacto económico y social que existe como resultado de una negativa a invertir en mejorar las condiciones actuales de abastecimiento de agua.

#### **2. Opción 1:**

Consiste en la ejecución del proyecto PAP 2023 – 2043, el cual está en etapa de evaluación por el ente regulador del servicio y la municipalidad de la ciudad.

## **4. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA Y PRESTADOR URBANO**

### **4.1. Información General**

#### **4.1.1. Generalidades de la ciudad**

La Ceiba está ubicada en el departamento de Atlántida, con una extensión territorial de 4,372.2 kilómetros cuadrados, lo cual equivale al 3.89% del territorio de la nación. La capital del departamento es La Ceiba, con una superficie de 654.38 kilómetros cuadrados, la tercera principal ciudad del país tras Tegucigalpa y San Pedro Sula y sus límites territoriales son: al Norte, con el Mar Caribe o de Las Antillas; al Sur, con Yoro; al Este, con Jutiapa, Atlántida, y al Oeste, con El Porvenir, Atlántida (Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente, 2019, p. 15 -16), ver figura 1.

Figura 1. Plano general de localización del Depto. Atlántida y el municipio de La Ceiba.



Fuente: Mapa del Departamento de Atlántida – RedHonduras.com - El referente de Honduras

#### 4.1.2. Información demográfica y proyección poblacional

En La Ceiba, el 73.2% de la superficie corresponde a la zona urbana y el 26.8% restante al área rural, según la proyección de población al 2016 a partir del XVII Censo de Población y VI de Vivienda realizado por el Instituto Nacional de Estadística (INE 2013) la población de La Ceiba en el mencionado año se situaría en 198,942 habitantes: de estos, 182,137 habitantes (91.73%) residen en la zona urbana, y solo 16,805 habitantes (8.23%) en el área rural. La densidad de población se sitúa en 308.50 habitantes por kilómetro cuadrado (Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente, 2019, pp. 48-49)

Según los censos de población y vivienda de 2001 y 2013, la tasa de crecimiento intercensal de La Ceiba reportada es de 3.771%, con todo, en la proyección que

presentan para el año 2019 utilizan una tasa del 1.557%. Esta última tasa será aplicada en este estudio para proyectar la población estimada al año 2022.

**Tabla 1. Registro histórico de población urbana en La Ceiba**

AÑO	POBLACIÓN	TENDENCIA
1961	32,328	N/A
1974	47,835	3.060%
1988	76,893	3.449%
2001	127,590	3.972%
2013	198,942	3.771%
2019	214,917	1.557%
2022	225,111	1.557%

*Fuente: INE 2013*

#### **4.1.3. Esquema general del funcionamiento del Sistema de Agua Potable**

El sistema de agua potable de la ciudad La Ceiba lleva funcionando más de 100 años: desde 1915 cuando era un acueducto de la sociedad Standard Fruit Company, la cual en 1976 traspasó el acueducto al SANAA.

En términos generales el sistema de agua potable funciona sectorizado con un servicio discontinuo durante todo el año debido a la mengua de la capacidad de las fuentes de agua.

#### **4.1.4. Esquema general de los impactos por deficiencias en el servicio**

**La red de Agua Potable** tiene problemas similares a muchas otras ciudades del país donde las carencias de planificación y de recursos obligan a la municipalidad a trabajar por inercia. El cobro mediante tasas que no cubren los gastos del sistema está provocando un desequilibrio entre los ingresos y los gastos lo cual provoca deficiencias en el servicio por inadecuado mantenimiento y crecimiento de la red sin metas claras para la subsanación. Según CONASA, las políticas gubernamentales actuales no priorizan al sector y, por lo tanto, dichas deficiencias se agravan paulatinamente. Como

dato significativo, hay que indicar que el 22.57% de los hogares compran a particulares el agua potable para consumir, un 65.09% posee conexión a la red y un 7.61% tiene pozo propio (Censo SANAA, 2020).

## 4.2. Indicadores de Servicio

### 4.2.1. Cobertura de abastecimiento de AP

El abastecimiento de agua potable en la mancha urbana de La Ceiba se cubre principalmente por el SANAA y se complementa por clientes o usuarios de prestadores comunitarios que no todos se encuentran contabilizados.

El SANAA tiene contabilizadas al año 2020, 20,719 conexiones. La cobertura estimada del operador de agua potable es del 44,80%, considerando en zona urbana una población total de 205,775 habitantes.

**Tabla 2. Cobertura del servicio de AP atendidos por el SANAA. Año 2020**

Ciudad	Población	Conexiones Domiciliarias	Habitantes / Conexión	Población Servida	Cobertura
La Ceiba	205,775	20,719	4.45	92,200	44.80%

### 4.2.2. Dotación Media

Según datos de El SANAA, la obtención de agua por mes para el período comprendido entre el año 2014 al año 2020, con cálculo de dotación media, consideró el promedio anual de producción del año 2020 estimado en 771,140m<sup>3</sup>/mes, o lo equivalente a 25,704,669 l/d.

Considerando la población con alcance de servicio del SANAA estimada en 82,787 habitantes, y el dato diario de obtención de agua, la dotación per cápita media por habitante es de 310 lppd, valor mayor a los rangos de dotación que las normas de diseño del SANAA asignan a estos sistemas, que oscilan entre 150 y 230 lppd.

Del valor obtenido se puede advertir que existe un alto porcentaje de conexiones ilegales que no están registrados, además de un índice de pérdidas técnicas elevado,

debido al deterioro en la conducción y distribución del agua. La carencia de micro medición muestra efectos significativos en los altos consumos per cápita.

Para efectos de estimar la dotación considerando una cobertura del 100% del área urbana de la ciudad, incluyendo los usuarios que son atendidos por prestadores privados y juntas de la comunidad, la dotación media por habitante sería de 122 lppd, valor que está en el mínimo del rango de dotación de las normas del SANAA.

#### **4.2.3. Continuidad del servicio de Agua**

Hay evidencia que hay racionamiento diario en la distribución de agua por sectores, sobre todo en sectores periféricos, donde se distribuye agua con camiones cisterna situación que, conforme el SANAA, tiene períodos más prolongados en la época seca, en los cuales la productividad de las fuentes superficiales disminuye y aumenta el empleo de las fuentes subterráneas incrementado los períodos de extracción.

La continuidad del servicio que recibe la población urbana de la Ceiba se pondera en 17 horas/día/conexión domiciliaria.

#### **4.2.4. Calidad de agua con destino humano y cumplimiento de norma vigente**

En las dos plantas de tratamiento que están operando: LA MELGAR Y AZCONA, aún con algunas deficiencias en su infraestructura, se realiza desde la potabilización del agua hasta la desinfección con cloro, puesto que las estaciones de cloración están en mal estado se produce desinfección con cloro.

Del volumen total de agua producida, se está potabilizando el 57%. Se considera como agua no potabilizada el agua extraída de las pozas que no ha sido desinfectada con cloro. En la tabla siguiente se resumen los volúmenes de agua que reciben tratamiento y las que se distribuyen sin recibir ningún tipo de tratamiento de potabilización.

**Tabla 3. Volúmenes de agua producida y potabilizada**

<b>FUENTES DE PRODUCCION</b>	<b>AGUA SUPERFICIAL</b>	<b>AGUA SUBTERRANEA</b>	<b>TOTALES</b>
<b>Total, agua producida en verano (l/s)</b>	380.00	146.70	526.70
<b>Total, agua producida con tratamiento (l/s)</b>	300.00	0.00	300.00
<b>Total, agua producida sin tratamiento (l/s)</b>	80.00	146.70	226.70
<b>% total de agua producida sin tratamiento</b>			43.00%

## **5. EVALUACIÓN DE LAS FUENTES DE SUMINISTRO**

### **5.1. Fuentes de Suministro Existente**

#### **5.1.1. Tipos de Fuentes**

La localidad de la Ceiba es abastecida por cinco fuentes de agua superficiales que reciben tratamiento en dos plantas potabilizadoras. El agua subterránea se explota por medio de 7 pozos perforados localizados en zonas urbanas densamente pobladas, el agua proveniente de las pozas se bombea a tanques metálicos sobre torre y algunos bombean a la red sin más.

Seguidamente, encontramos una tabla síntesis con la información más relevante de cada fuente.



**Tabla 4. Resumen de las obras de toma superficial.**

<b>NOMBRE</b>	<b>CARIAS</b>	<b>LAS DELICIAS</b>	<b>LA CALONA</b>	<b>BULGARIA</b>	<b>ARMENIA</b>
<b>DESCRIPCION</b>	Caja toma con muro de protección	Presa derivada con caja toma	Presa derivada con caja toma	Toma lateral con canal derivador	Presa derivada con caja toma
<b>UBICACION</b>	Rio Danto	Rio Danto	Rio Danto	Rio Danto	Quebrada Grande
<b>ESTADO DE CONSERVACION</b>	Colapsada totalmente	Regulares condiciones	Los muros están en muy buenas condiciones.	en mal estado.	se halla en regular estado.
<b>AÑO DE CONSTRUCCION</b>	1915	1980 - 1983	2005 - 2006	1998	2000
<b>CAPACIDAD (l/s)</b>	50	180	400	90	125
<b>VALVULAS</b>	ninguna	ninguna	ninguna	ninguna	en la entrada del desarenador
<b>DESARENADOR</b>	no	no	no	no	sí

*Fuente: Plan Municipal de agua potable de la ceiba 2006 OMASAN.*

### **5.1.2. Caudales y Volúmenes Actuales.**

Cabe indicar que no se tienen registros de los caudales de las tres fuentes superficiales, lo que se comunica es el volumen de agua que se explota y se mide mediante el vertedero de la planta de procesado o aforos en las obras de captación que lleva a término el Operador. Para los pozos, se estima de acuerdo con la capacidad del material de extracción y aforos en las sartas de bombeo.

En la siguiente tabla se resume los datos recopilados en el estudio “Caracterización de los servicios de agua y saneamiento en el municipio de La Ceiba” (2016).

**Tabla 5. Resumen de producción por tipo de fuente**

<b>Tipo de Fuente</b>	<b>Producción verano (l/s)</b>	<b>Producción invierno (l/s)</b>	<b>% de aporte (caudales verano)</b>
<b>Superficial</b>	380.00	751.00	72%
<b>subterránea</b>	146.70	155.60	28%
<b>Total (l/s)</b>	526.70	906.60	100%

## **5.2. Zonas de Recarga**

Las obras de captación superficiales están ubicadas en la región protegida conocida como Pico Bonito, la cual posee un plan de gestión ejecutado de manera conjunta por la municipalidad y la Universidad local. Es notorio el avance de la frontera agrícola en la ladera montañesa, donde se localizan las fuentes de agua, sobre todo con proximidad a la captación Carias, que está en zona deforestada debido a los cambios en el uso del suelo para cultivos.

En la captación Bulgaria se observa el fuerte arrastre de sedimentos del río, como en la captación La Calona.

El cambio, la turbiedad del agua de estos ríos cuando llueve es brusca, lo que indica un fuerte arrastre de sedimentos de suelos pocos protegidos aguas arriba de las presas. La presa Quebrada Grande (Armenia), está localizada en la zona protegida conocida como Armenia en la cuenca del Río Bonito.

## **5.3. Análisis de Ampliación del Sistema**

Las causas que inciden de forma directa en los bajos indicadores de gestión son principalmente los siguientes: Estado físico de las instalaciones, elevada demanda, falta de micro medición y alta incidencia de pérdidas por la calidad de redes y conexiones, baja capacidad de producción y deficiencias en la sectorización de la red (sectores altos y bajos comparte un mismo sector).

De esta manera, se considera oportuno identificar acciones de corto y medio plazo, que ayuden a paliar la situación existente y generar algunas capacidades para mejorar el servicio, hasta tanto se formulan iniciativas de largo plazo, con la asignación de recursos que estas demanden.

Al respecto, los objetivos primordiales en el corto y medio plazo identificados para mejorar el sistema de agua potable, son:

- Aseguramiento de la producción actual, mediante el mejoramiento y protección de las obras de captación de las fuentes existentes. Para tal fin se debe implementar un plan de protección integral de la cuenca, puesto que hay una fuerte presión por la explotación de los recursos naturales en toda la reserva natural donde están emplazadas las obras de captación.
- Garantizar la calidad del agua superficial que se suministra con la rehabilitación de las dos PTAP existente, y ampliación de la capacidad de potabilización de agua.
- Incrementar la calidad del agua proveniente de los pozos mediante la desinfección con cloro. Para tal fin se debe rehabilitar todas las instalaciones de cloración en las estaciones de bombeo, dado que en ellas cada pozo bombea a un tanque en particular o directamente a la red.
- Hacer mejoras en la distribución del agua, mediante el reforzamiento y/o rehabilitación de aquellas tuberías que, previo análisis hidráulico de las áreas de servicio indique sean necesarios para dar satisfacción a la red actual; mejoramiento operativo de la red, contemplando diseñar una sectorización que asegure la cantidad de agua y presiones apropiadas en las zonas atendidas actualmente por el Operador.
- En el mediano plazo se debe rehabilitar y ampliar la capacidad de almacenamiento de acuerdo con el incremento de la demanda poblacional de agua. Para el largo plazo, se deberán definir y formular proyectos de ampliación y mejoras de la totalidad de los elementos del sistema existente, en virtud de responder a la demanda en un horizonte de planificación de los próximos 20 años.

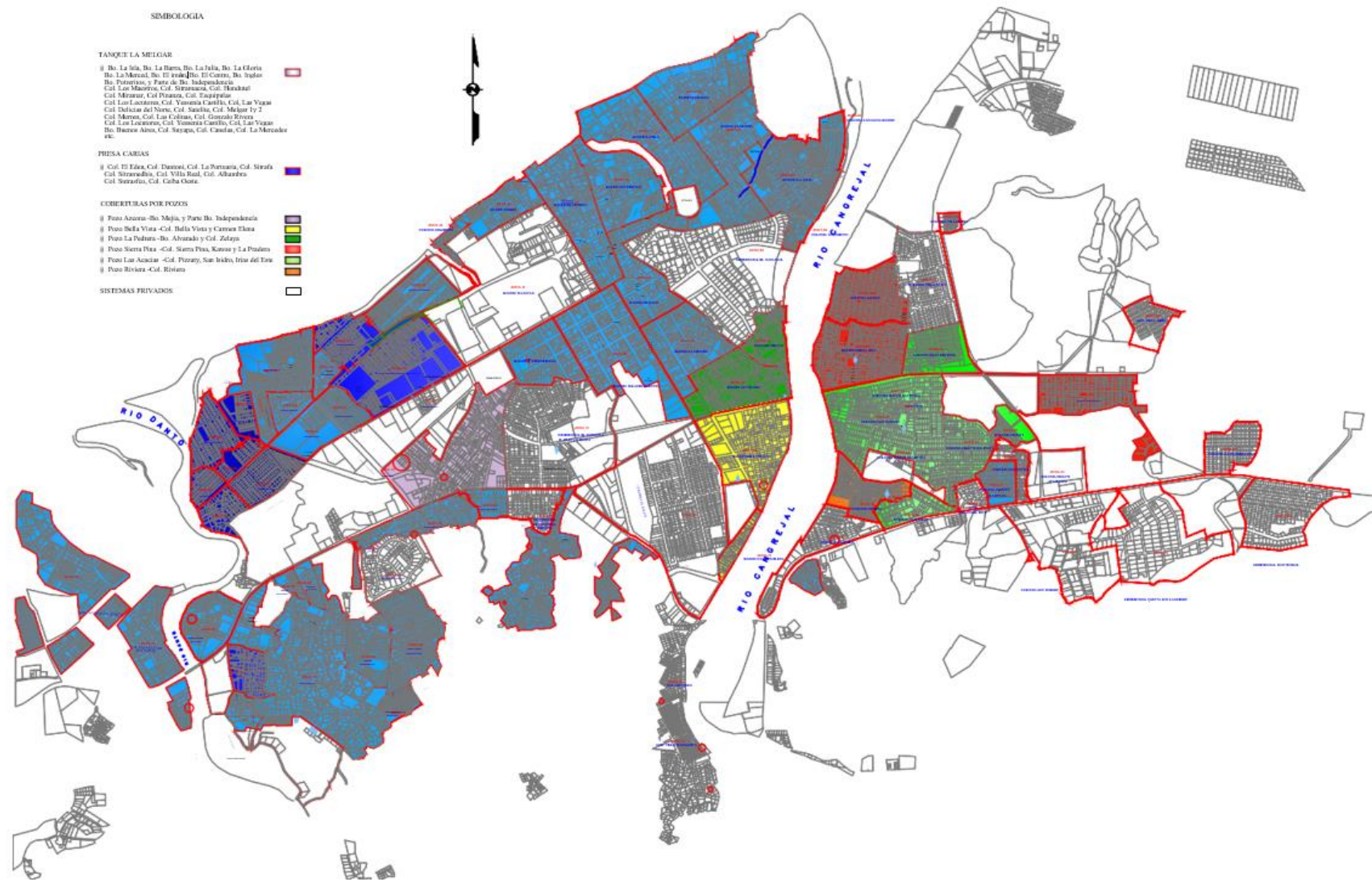
- Tanto las líneas de conducción como la red de distribución están en mal estado. Se requiere de una evaluación hidráulica detallada y de la actualización del catastro de redes. Para controlar las pérdidas técnicas del sistema y para el control en el empleo del agua, es necesario invertir en la micro y macro medición del agua distribuida y producida.

## **6. EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA**

### **6.1. Descripción del Sistema de Agua Potable**

El sistema con el que se distribuye el agua en la localidad es realizado por sectores; algunos partiendo de tanques de cabecera, y otros alimentados directamente por pozos o por las líneas de conducción que provienen de las obras de tomas de las fuentes superficiales.

Ver figura No 2 de barrios y colonias que son abastecidos por los diferentes sistemas del SANAA, por los pozos de SANAA y sistemas particulares.



**Figura 2. Barrios y colonias que son abastecidos por diferentes sistemas de SANAA y por sistemas particulares**

## **6.2. Estado de los Elementos del Sistema**

### **6.2.1. Pozos**

Existen 7 pozos localizados en el área urbana de la ciudad, todos se encuentran funcionando en regulares condiciones, los principales daños se observan en la infraestructura eléctrica y las casetas de controles eléctricos. En ningún pozo se está desinfectando el agua aun cuando bombean directo a la red de distribución. Las generalidades del estado de la infraestructura de los pozos es la siguiente:

- a. Todos los pozos se encuentran en operación, en promedio bombean 20.5 horas durante el día, con un control de apagado y encendido automático.
- b. El aporte de los 7 pozos al sistema de agua potable es de 146 l/s en la época de verano.

### **6.2.2. Obras de Captación Superficial**

Existen 5 obras de toma de agua superficial: Presa La Calona, Presa Bulgaria, Presa Carias, Presa Quebrada Grande (Armenia), Presa La Danto. El aporte global de las fuentes superficiales en época de verano es de 380 l/s y en invierno de 751 l/s, lo que indica una reducción del 51% del volumen de producción de agua en verano. Todas las captaciones ya cumplieron su vida útil para la cual fueron diseñadas con edades que varía desde 19 a 44 años.

### **6.2.3. Estaciones de Bombeo**

**Estación elevadora Las Mercedes**, se encuentra ubicada en el barrio del mismo nombre, en la red de distribución la cual se encuentra abandonada, con todo el material en mal estado, no tiene la acometida eléctrica ni el banco de transformadores.

**Estación elevadora (Las Delicias) presa Rio Danto**: La infraestructura está en regulares condiciones. Se acaba de instalar un equipo nuevo de 250HP con una capacidad de 150lps. La infraestructura está en regulares condiciones, carece de

mantenimiento, y se debe reemplazar la otra bomba puesto que solo funciona un equipo. No tiene generador de emergencia

#### **6.2.4. Plantas de Tratamiento de Agua Potable (PTAP)**

Existen dos plantas potabilizadoras que funcionan 24 horas al día y cuentan con personal asignado para su manejo.

#### **6.2.5. Líneas de Conducción y Red de distribución**

No existen planos de detalles del emplazamiento físico de las líneas de conducción y red de distribución con los que se pueda ratificar con toda propiedad su localización, dimensiones y características de construcción. Consideramos que es importante que se lleve a cabo un levantamiento del conjunto de las líneas existentes y verificar la funcionalidad de los accesorios, válvulas y seguridad de las obras conexas como cajas, anclajes y resto de obras de protección de las líneas.

#### **6.2.6. Tanques de almacenamiento**

El acueducto cuenta con un total de dieciséis tanques de almacenamiento, ocho superficiales y ocho elevados, de los cuales 7 son metálicos y 1 de concreto armado. Seis pozos bombean el agua hacia cada uno tanques metálicos y un pozo bombea de manera directa a la red distribución.

#### **6.2.7. Conexiones domiciliarias**

Las cifras oficiales facilitadas por la Gerencia Regional del SANAA que administra el sistema de agua potable de La Ceiba son los siguientes:

**Tabla 6. Resumen de clientes SANAA 2020**

<b>CATEGORÍA</b>	<b>CANTIDAD</b>
Domestico	18,588
Comercial	1,957
Industrial	9
Gobierno	165
Total	20,179

### **6.3. Cobertura del Servicio de Agua**

La cobertura actual en agua potable estimada para la ciudad de La Ceiba al año 2022, es del 61% considerando una población total de 209,199 residentes, de la cual el 65% representa la cobertura de la zona a la que da servicio el acueducto administrado por el SANAA quien atiende a un total de 20,719 usuarios, al tiempo que el 35% representa a los 11,086 usuarios que reciben agua de otros prestadores, ya sea comunitarios o privados.

Los datos de número de usuarios al año 2022 fueron suministrados por la gerencia del SANAA en La Ceiba; mientras que los datos de usuarios de prestadores privados y comunitarios se encuentran documentado en el informe *Caracterización de los servicios de AyS Municipio de La Ceiba SANAA 2017*.

### **6.4. Balance de Oferta Demanda Actual**

#### **6.4.1. Producción de las Fuentes de Abastecimiento**

De acuerdo con los datos de producción de las fuentes existentes, en un contexto de verano se tiene una oferta de 526.70 l/s y en invierno de 906.60 l/s.

#### **6.4.2. Estimación de la Demanda Actual**

Considerando el dato de población actual de 209,199 y una dotación promedio de 200 lppd, más un 15% de pérdidas técnicas, los valores de la demanda de consumo son los siguientes:

Consumo promedio diario: 556.90 l/s.

Consumo máximo día: 584.74 l/s.

Consumo máxima hora: 789.40 l/s.

De acuerdo con las estimaciones de demanda de agua de 584.74 l/s al año 2022, se observa que la capacidad instalada para producir agua de 526.70 l/s en la época más



crítica del año, no podrá estar a la altura de la demanda de agua actual y futura del 100% de los habitantes.

Es prioritario aumentar en principio la capacidad de captación, conducción y potabilización del agua, para poder proyectar futuras ampliaciones de la red de distribución y extender el alcance del sistema de agua potable.

## **6.5. Evaluación de la Capacidad Instalada del Sistema de Agua Potable**

### **6.5.1. Red de Distribución**

Los hallazgos son los siguientes:

- La cobertura de la red actual es baja y, si se proyectara una ampliación para cubrir más área y mayor cantidad de usuarios, las fuentes actuales no tendrían capacidad para suplir la demanda de agua. Así, es preciso valorar la cantidad de agua a distribuir a futuro con la capacidad instalada del acueducto.

### **6.5.2. Planta de Tratamiento de Agua Potable**

Tiene una capacidad instalada para el procesado del agua potable de 300 l/s que equivale a 21,520 m<sup>3</sup>/d. La producción global de las cuatro fuentes de agua en verano es de 526 l/s, de manera que es necesario ampliar la capacidad de tratamiento en el corto plazo.

## **7. RESULTADOS Y JUSTIFICACION:**

### **7.1. Agua potable.**

1) El sistema actual no garantiza un buen acceso a un servicio de agua potable con calidad, continuidad y cobertura según los parámetros establecidos en las normas nacionales.

2) El riesgo sanitario es alto porque se distribuye agua sin tratamiento ni aplicación de cloro en los pozos perforados, aproximadamente el 40% del total del agua producida es distribuida a la población sin tratamiento.

3) Diversos factores afectan de manera directa la índole del suministro y la capacidad de gestión del operador para administrarlo: Infraestructura obsoleta, bajo rendimiento de las fuentes de abastecimiento, falta de inversión debido a que el acueducto está en proceso de traspaso del SANAA a la Alcaldía, bajas recaudaciones etc.

4) La capacidad instalada del conjunto del sistema: Fuentes de abastecimiento, Plantas potabilizadoras, almacenamiento y distribución, no garantizan cubrir la demanda de agua actual y futura.

## **8. ALTERNATIVAS A CONSIDERAR PARA LA SOLUCION DEL PROBLEMA.**

### **8.1. Alternativa 0 (no hacer nada).**

suponen todas aquellas consecuencias económicas que suceden dentro de una ciudad en vías de desarrollo y las cuales forman parte del diario vivir; estas presiones económicas que son asimiladas por los ciudadanos y el estado de Honduras, muchas veces imperceptible pero latente. El acumulado económico que representa es considerable y por tanto necesario que sea atendido para evitar que siga colaborando con el incremento de la pobreza en la ciudad.

**Tabla 7. Pacientes y patologías por año de enfermedades transmitidas por el agua.**  
Fuente: Región departamental de salud.

<b>Patologías</b>	<b>2,019</b>	<b>2,020</b>	<b>2,021</b>	<b>2,022</b>	<b>2023 marzo.</b>	<b>Prom. Año</b>
<b>Diarreas</b>	15,523	6,743	8,746	9,166	1,795	<b>9,876</b>
<b>Disenterías</b>	141	85	133	102	22	<b>114</b>
<b>Cólera</b>	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<b>Hepatitis</b>	145	113	45	28	4	<b>79</b>
<b>Parasitismo intestinal</b>	s. d	3,863	10,618	11,001	1,328	<b>8,249</b>
<b>Dermatitis</b>	s. d	751	1,546	1,407	s. d	<b>1,235</b>
<b>Enfermedades de piel</b>	s. d	562	2,296	s. d	169	<b>1,345</b>

### 8.1.1. Estimación de costos por patología.

Hace referencia a ese costo del tratamiento y la recuperación que una persona de cualquier edad necesita por una situación de enfermedad, en el marco de este estudio es por alguna enfermedad vinculada con el agua como vehículo de contaminación.

**Tabla 8. Costo anual de tratamiento de enfermedades transmitidas por agua.**

Patologías	Pacientes por Año	Costo por paciente (USD)	Costo por patología (USD)
Diarreas	9,876	64.45	636,508.20
Disenterías	114	95.65	10,904.10
Hepatitis	79	64.45	5,091.55
Parasitismo intestinal	8,249	64.45	531,648.05
Dermatitis	1,235	64.45	79,595.75
Enfermedades de piel	1,345	64.45	86,685.25

### 8.1.2. Estimación de costos por ausentismo laboral.

Se refiere al costo de que el varón o mujer en edad laboral deba dejar de trabajar por una situación de enfermedad y recuperación de esta, en el caso de estudio que nos ocupa es por alguna enfermedad vinculada con el agua como vehículo de contaminación, y el tiempo que pierde durante su recuperación.

Datos: Salario Mínimo Diario: 18.41 USD (Secretaría de Trabajo Honduras)

**Tabla 9. Costo anual por ausentismo laboral.**

Patologías	Pacientes por Año	Días ausencia promedio	Días ausencia total	Salario mínimo diario (USD)	Gran Total (USD)
Diarreas	3,751	6	22,506	18.41	414,335
Disenterías	31	6	186	18.41	3,424
Hepatitis	40	14	560	18.41	10,309
Parasitismo intestinal	4,125	6	24,750	18.41	455,647
Dermatitis	618	6	3,708	18.41	68,264
Enfermedades de piel	673	6	4,038	18.41	74,339
					<b>1,026,320</b>

**8.1.3. Estimación de costos por ausentismo escolar.**

Hace referencia al costo que acarrea el que el estudiante deba dejar de asistir a su centro escolar para ir al centro de salud para ser tratado, en nuestro caso, por algún tipo de diarrea derivada del agua como vehículo de contaminación, y el tiempo que pierde durante la recuperación del menor. Datos: Costo Diario de educación infantil: 1.93 USD (Secretaría de educación, Honduras).

**Tabla 10. Costo anual por ausentismo escolar.**

Patologías	Pacientes por Año	Días ausencia promedio	Días ausencia total	Costo diario (USD)	Gran Total (USD)
Diarreas	6,125	6	36,750	1.93	70,927
Disenterías	83	6	498	1.93	961
Hepatitis	40	14	560	1.93	1,080
Parasitismo intestinal	4,125	6	24,750	1.93	47,767
Dermatitis	618	6	3,708	1.93	7,156
Enfermedades de piel	673	6	4,038	1.93	7,793
					<b>135,686</b>

#### 8.1.4. Estimación de costos por pérdida de volumen por fugas en la red de distribución.

Datos: por información brindada por la gerencia regional del ente regulador del servicio de agua potable vamos a considerar para este análisis un factor de afectación de 15% por conceptos de pérdidas en redes de distribución que han cumplido su vida útil, un costo de \$0.09 USD por m<sup>3</sup> y una producción de 526.70 l/s de agua, por lo tanto, estimamos lo siguiente:

**Tabla 11. Costo anual por fugas en la red de distribución.**

<b>m<sup>3</sup>/mes producción</b>	<b>Factor de pérdida</b>	<b>m<sup>3</sup>/mes pérdida</b>	<b>Costo m<sup>3</sup></b>	<b>Total, mes (USD)</b>	<b>Total, año (USD)</b>
1,365,180	0.15	204,777	0.09	18,429.93	221,159.16
					<b>221,159.16</b>

**Tabla 12. Resumen de costos anuales manteniendo el estado actual de la situación.**

<b>Factores</b>	<b>Costo</b>
<b>Tratamiento Patologías</b>	1,350,433
<b>Ausentismo laboral</b>	1,026,321
<b>Ausentismo escolar</b>	135,687
<b>Fugas en la red</b>	221,159
<b>Gran Total USD/año</b>	<b>2,733,600</b>

## 8.2. Alternativa 1 (PAP 2023 - 2043)

La Alternativa 1 PAP 2023-2043 (ver anexos para el detalle del proyecto), consiste en desarrollar un plan de mejoramiento en la infraestructura de agua potable para poder suministrar a toda la población del recurso en la cantidad y calidad optima.

Esta alternativa se desarrollará dentro de un plazo de 20 años, dividiendo la inversión y las labores que llevar a término en tres etapas; corto, mediano y largo plazo.

Los cuatro pilares fundamentales en los cuales estará basado el proyecto serán:

- Garantizar el suministro a los residentes
- Extensión del sistema de cobertura
- Extensión de los sistemas de cloración
- Mejora de la capacidad del tratamiento

Las obras que se proponen requieren de una inversión que se ha estimado para cada uno de los componentes en función de proyectos anteriores realizados en la región, según se detalla son las siguientes:

**Tabla 13. Resumen de costos alternativa 1 (ya estimado el costo de mantenimiento de este).**

<b>Programas</b>	<b>Corto (2023 - 2027)</b>	<b>Mediano (2028 - 2032)</b>	<b>Largo (2033 - 2043)</b>	<b>Gran Total (USD)</b>
<b>Aseguramiento de suministro</b>	1,416,833	1,179,753	1,639,200	4,235,786
<b>Extensión de la cobertura del sistema de AP</b>	1,622,925	6,621,912	22,720,833	30,965,670
<b>Extensión de los sistemas de cloración</b>	319,977	0	0	319,977
<b>Mejora de la capacidad de tratamiento</b>	4,193,470	0	4,127,110	8,320,580
				<b>43,842,013</b>

La alternativa 1 (Proyecto PAP 2023 – 2043), es la solución adecuada que se propone para resolver los problemas de suministro de agua potable de calidad, ya que al implementar esta solución cumpliríamos con la demanda de los residentes y además evitaríamos el gasto producido por el consumo y la exposición de los residentes a dolencias provocadas por la mala calidad de agua que actualmente utilizamos.

**Tabla 14. Comparativo de costos vs ahorros aplicando la alternativa 1. (el ahorro es representado por los costes de mantener la situación actual)**

	<b>Corto (2023 - 2027)</b>	<b>Medio (2028 - 2032)</b>	<b>Largo (2033 - 2043)</b>	<b>Gran Total (USD)</b>
<b>Inversión</b>	7,553,205	7,801,665	28,487,143	43,842,013
<b>Ahorro</b>	13,668,000	13,668,000	27,336,000	54,672,000
<b>Beneficio final (20 años)</b>				<b>10,829,987</b>

## 9. DISCUSION

Desde el año 2003 el congreso nacional de la República validó la ley marco del sector de agua potable y saneamiento, la cual manda por ley a que el SANAA traspase los servicios de agua potable y saneamiento a las alcaldías, esto todavía no se ha completado teniendo todavía el SANAA la competencia en la parte del agua potable, por lo que cualquier inversión debe de ser canalizada a nivel de gobierno central y al ser La Ceiba la tercer ciudad en importancia del país, así mismo es vista desde el nivel de gobierno, por lo que esta situación compromete mucho más la disponibilidad del servicio de agua potable. En este momento se está impulsando el traspaso de estos servicios a nivel municipal por lo que tanto el SANAA como la oficina municipal desean que este traspaso se de en los mejores términos y por ello estos análisis de impacto de la disponibilidad y calidad del agua potable son muy útiles para ser tomados inmediatamente por la nueva administración.

Los problemas derivados de la poca disponibilidad de agua potable son muchos, en este TFM nos hemos enfocado en el impacto sanitario y las consecuencias que provoca un pobre servicio de agua, al estimar según los casos de patologías derivadas del agua de mala calidad para consumo humano, esos costos importantes que asume el estado, en pago de medicamentos, médicos, costos por ausentismos laborales y en la escuela, ofrecer agua potable es imprescindible.

**La alternativa 1**, es muy completa, por el hecho que es un proyecto muy trabajado, muy detallado, por lo que, si se da el traspaso a una administración diferente, esta debería de buscar como implementar este proyecto de inmediato, buscar el apoyo de el “plan nacional de agua potable y saneamiento” (PLANASA) y de esta forma los fondos con apoyo internacional, gubernamental y el propio municipal.

Por otra parte, **La Alternativa 0**, es precisamente quedarse de brazos cruzados, es mantener el estado actual del servicio de agua potable, lo que es del todo contraproducente tanto a nivel económico como social, el impacto sanitario es muy grande y es muy significativo.

## **10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **10.1 Conclusiones**

- 1) El servicio de agua potable actual por su estado físico y las condiciones operativas no brinda un servicio de calidad a todos los sectores de la ciudad.
- 2) Los ingresos vía tarifa de la empresa operadora son bajos y por ello su suficiencia para manejar y darle mantenimiento a la infraestructura que ya existe es limitada.
- 3) La infraestructura existente presenta un alto grado de deterioro, lo que amerita su rehabilitación y reemplazo de algunos elementos del sistema.
- 4) La cobertura del acueducto es baja y su ampliación no es conforme al ritmo de crecimiento del área urbana de la ciudad, la que es afectada por explosiones demográficas a causa de la migración interna desde las zonas rurales.



5) Hay recursos hídricos suficientes que pueden cubrir la demanda de agua de los habitantes al menos durante 20 años. Sin embargo, las principales obras de captación fueron afectadas por fenómenos naturales y por el deterioro de la infraestructura.

6) La información técnica y operativa es reducida, no existen registros de calidad y cantidad de agua de los ríos que se explotan actualmente y de fuentes potenciales para el suministro de agua de la ciudad. Carencia de catastro de redes y usuarios actualizados.

7) La zona está muy expuesta a los fenómenos naturales, los que han afectado la infraestructura existente, sobre todo las obras de captación y líneas de conducción.

8) No existe una comprobación de las pérdidas físicas y comerciales debido a la falta de micro y macro medición.

9) En su primera etapa, el plan de inversiones tiene como prioridad la rehabilitación de la infraestructura, el mejoramiento de la calidad del agua y la implementación de un programa de control y reducción de las pérdidas técnicas y comerciales, para tener un impacto a corto plazo en el nivel de servicio de agua potable.

10) A mediano plazo se proyecta la inversión en la ampliación de la capacidad de producción de agua potable, tratamiento, conducción, almacenamiento y ampliación de la cobertura.

11) A largo plazo se proyecta incorporar la fuente de agua del Río Cuyamel, para ampliar y mejorar el servicio de agua potable de la zona Este de la localidad y reforzar el suministro de agua de la zona centro.

## **10.2 Recomendaciones.**

1) Ejecutar todos los estudios de ingeniería, sociales, ambientales y económicos para el diseño del sistema de agua potable de la ciudad a nivel de detalles.

2) Implementar un plan o programa para elaborar un inventario de las fuentes de agua de los ríos que están en explotación, y las fuentes potenciales para el suministro de agua potable.

- 3) Evaluar el estado de todos los pozos perforados, su caudal y calidad del agua para decidir su reemplazo o sacarlos de operación.
- 4) Importante es la implementación de un programa de eficiencia energética para reducir los costos operativos del acueducto.
- 5) Implementar en la primera etapa un programa de reducción de pérdidas comerciales y técnicas, para mejorar el nivel de gestión del Operador
- 6) Completar el proceso de traspaso de la administración del acueducto del SANAA a la alcaldía municipal, para agilizar las inversiones para rehabilitar y ampliar el sistema de agua potable.
- 7) Definido el personal que estará a cargo del acueducto, se debe implementar un programa de capacitación y asistencia técnica a todo el personal.
- 8) Rehabilitar la infraestructura de las oficinas del Operador, que incluye equipamiento, herramientas, repuestos, laboratorio, vehículos, entre otros.
- 9) Actualizar el catastro físico de toda la red de agua potable existente.
- 10) Actualizar el catastro de usuario.
- 11) Gestionar permisos de servidumbre y uso de terrenos para las obras que se proponen ejecutar.

## **11. BIBLIOGRAFÍA**

- ERSAPS *Criterios para evaluar prestadores urbanos*. Ente Regulador de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento. Secretaría de Estado en los Despachos de Salud. Gobierno de la República de Honduras. <http://www.ersaps.hn/rpp.php> (consultado el 15 de diciembre de 2022)
- Informe de perspectivas del ambiente urbano de La Ceiba, elaborado por Mi Ambiente, de la Secretaría Recursos Naturales y Ambiente, 2017.

- Informe Final de Caracterización de los Servicios Urbanos de Agua y Saneamiento Municipio de La Ceiba, departamento de Atlántida. Honduras, enero 2017. Informe elaborado por el SANAA, año 2017.
- Informe final plan Municipal de Agua Potable de la Ceiba, Atlántida OMASAN 2006.
- Informe de plan Nacional de Agua Potable y Saneamiento CONASA, 2014
- Fijación del salario mínimo (2023), [http://: trabajo.gob.hn](http://trabajo.gob.hn)
- XVIII Censo de Población y VI de Vivienda (2013), [http://: ine.gob.hn](http://ine.gob.hn).
- Tasa de Crecimiento Demográfico, [http://: faces.unah.hn](http://faces.unah.hn)
- informe de causas de morbilidad de los municipios de Atlántida, región departamental de salud, secretaria de salud.
- informe de análisis epidemiológico de los municipios de Atlántida, región departamental de salud, secretaria de salud.
- Ampliación y mejoras al sistema de agua potable del sector este de la ciudad de La Ceiba”, SANAA 2016.
- Ley marco del sector agua potable y saneamiento (decreto 118 – 2003), La Gaceta, miércoles 8 octubre 2003.
- análisis de costo / beneficio Cepal.org (Dr. Héctor Bravo Pérez 2011).
- Guide to Cost-Benefit Analysis of investment projects, economic appraisal tool for cohesion policy 2014 – 2020 (European commission, December 2014).
- Experiencias de Agua Potable y Saneamiento con enfoque de Gestión Integrada de Recursos Hídricos en Honduras, GWP Centroamérica, 2009.
- Plan estratégico de inversiones en la ciudad de La Ceiba, 2021.

## **12. ANEXOS**

### **12.1 DESCRIPCIÓN SOLUCIÓN PROPUESTA (ALTERNATIVA 1) PARA SATISFACER LA DEMANDA ACTUAL Y FUTURA A UN HORIZONTE DE 20 AÑOS.**

#### **12.1.1. Alcances del Plan de mejoramiento en Infraestructura de Agua Potable.**

- Estimación de la demanda de la población para el periodo de diseño 2023-2043.
- Evaluar alternativas para el suministro, distribución y almacenamiento de agua acorde a las nuevas proyecciones de consumos.
- Evaluación de las fuentes de agua en lo que respecta a su capacidad como en su calidad, los volúmenes de reserva existente y requerida.

#### **12.1.2. Criterios del plan de mejoramiento de agua potable.**

Aquí se establecen los criterios utilizados en el Plan de mejoramiento para definir horizontes, dimensiones y alcances del presente estudio. Entre los parámetros que sirvieron para dimensionar las obras están: área del proyecto, proyección de población, demanda del servicio. El diseño ha tenido como referencia técnica los criterios fijados por el SANAA para el dimensionamiento de este tipo de proyectos

#### **12.1.3. Área de proyecto.**

Los criterios para definir el área del proyecto son los siguientes:

- Límites naturales, como ríos y arroyos.
- Información de ordenamiento territorial o planes de desarrollo urbano municipales.
- Datos censales del Instituto Nacional de Estadística (INE).
- Sistema de agua potable existente.

En esta ciudad se utilizó como límite del área de estudios las áreas que cuentan con cobertura de agua potable y zonas que han crecido hacia el Este de la ciudad y la división por barrios utilizada por el INE; que también define la población objeto de estudio. Se tiene previsto que la ciudad se siga desarrollando dentro de los límites suburbanos actuales.

#### 12.1.4. Parámetros de diseño.

**Tabla 15. Parámetros de diseño**

<b>PARÁMETRO</b>	<b>PROYECTO AP2023</b>
Periodo de diseño	20 años
Periodo del proyecto	2023 - 2043
Tasa de crecimiento poblacional	1.66%
Cobertura	100%
Dotación media (DMD)	190 lppd
índice de pérdidas comerciales	15%
índice de pérdidas físicas	0%
Coefficiente de máximo día K1	1.30
Coefficiente de máxima hora K2	1.95
Volumen de almacenamiento	35 % DMD
Presión mínima	10m
Presión máxima	60m
Continuidad del servicio	24 horas
Velocidad mínima	0.6 m/s
Velocidad máxima	5 m/s
Diámetro mínimo de tubería matriz	75mm
Diámetro máximo de tubería de relleno	50mm

## 12.1.5 Balance entre oferta y demanda de agua en el porvenir (20 años)

### 12.1.5.1 Cálculo de la demanda de agua futura.

Para transformar la proyección de población en demanda del servicio se utilizaron los parámetros o criterios técnicos resumidos en la tabla 15. Las conclusiones de las proyecciones de consumos se resumen por quinquenio en la tabla 16.

**Tabla 16. Proyección de la Demanda por quinquenio hasta el año 2043**

Área de servicio	Proyección de años				
	2023	2028	2033	2038	2043
<b>Población beneficiada</b>	212,629	229,609	245,995	263,233	281,679
<b>Demanda media diaria (l/s)</b>	537.72	580.67	622.11	665.70	712.35
<b>Demanda máxima diaria (l/s)</b>	699.04	754.87	808.74	865.41	926.05
<b>Demanda máxima hora (l/s)</b>	1,048.56	1,132.30	1,213.11	1,298.11	1,389.08
<b>Volumen de almacenamiento</b>	16,352	17,650	18,903	20,222	21,632

### 12.1.6 Situación de la oferta de agua.

Las fuentes de obtención de agua del sistema son superficiales y subterráneas, con una producción total de 526.70 l/s en el escenario de verano. El aporte de las fuentes superficiales en época seca es de 380 l/s y el de las subterránea extraída mediante 14 pozos perforados es de 146.70 l/s, valores resumidos en la tabla siguiente.

**Tabla 17. Capacidad de producción en verano.**

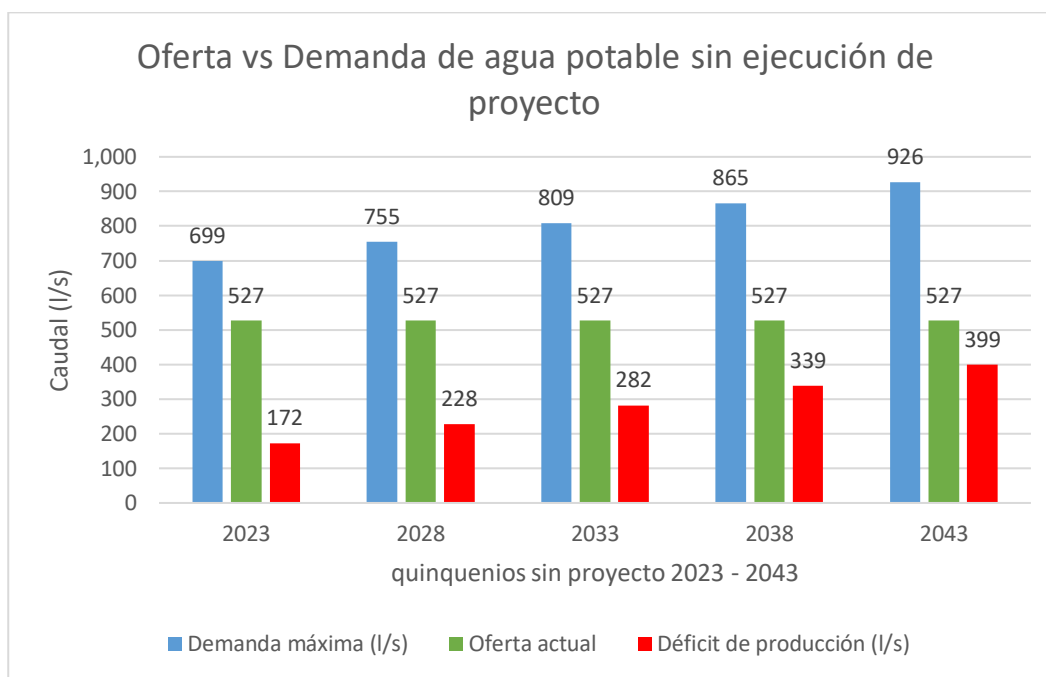
Tipo de fuentes	Caudal (l/s)	Caudal (m <sup>3</sup> /d)
Superficiales	380.00	12,674.88
Subterráneas	146.70	32,832.00
Total	526.70	45,506.88

**12.1.7 Demanda vs oferta de agua potable.****Tabla 18. Demanda vs oferta de agua 2023 - 2043**

Proyección de años	2023	2028	2033	2038	2043
<b>Demanda máxima diaria (l/s)</b>	699.04	754.87	808.74	865.41	926.05
<b>Oferta actual</b>	526.70	526.70	526.70	526.70	526.70
<b>Déficit de producción (l/s)</b>	-172.34	-228.17	-282.04	-338.71	-399.35
<b>Déficit de producción (%)</b>	25%	30%	35%	39%	43%

La potencialidad de producción de agua potable no cubre la demanda actual y futura de los habitantes, de modo que deben incorporarse nuevas fuentes y rehabilitar las captaciones actuales, para disminuir el déficit del suministro de agua potable en el corto y medio plazo. La situación se muestra en el gráfico siguiente:

**Figura 3. Oferta vs demanda de agua potable sin ejecución de proyecto.**



### 12.1.8 Ampliación del volumen de producción.

El acueducto cuenta con fuentes de agua las cuales no tienen capacidad para colmar las necesidades de los residentes, tanto presentes como venideras. Es por ello que se proponen nuevas fuentes para compensar la capacidad de las fuentes actuales.

**Tabla 19. Fuentes de agua propuestas**

<b>Superficiales</b>	<b>Caudal (l/s)</b>	<b>Caudal (m³/s)</b>
Río Cuyamel	250	21,600
Rehabilitación de 4 captaciones existentes	80	6,912
<b>subterráneas</b>	<b>Caudal (l/s)</b>	<b>Caudal (m³/s)</b>
campo de 5 pozos en el sector oeste de la ciudad	75	6,480
<b>Gran Total</b>	<b>405</b>	<b>34,992</b>



**Tabla 20. Balance oferta vs demanda con nuevas fuentes de abastecimiento**

<b>Proyección de años</b>	2023	2028	2033	2038	2043
<b>Demanda máxima diaria (l/s)</b>	699	755	809	865	926
<b>Demanda proyectada (l/s)</b>	594	679	809	865	926
<b>Oferta actual (l/s)</b>	527	527	527	527	527
<b>Oferta de nuevas fuentes superficiales (l/s)</b>	80	80	330	330	330
<b>Oferta de nuevas fuentes subterráneas (l/s)</b>	0	75	75	75	75
<b>Oferta total (l/s)</b>	607	682	932	932	932
<b>Excedente de producción (l/s)</b>	13	3	123	67	6

En el quinquenio primero a corto plazo año 2027, la demanda es cubierta con la incorporación de 5 pozos perforados en esta área. Este que aportaran 75 lps en total, más 100 lps que es caudal adicional que se puede obtener al rehabilitar las 4 presas que están en mal estado identificadas como: Calona, Carias, Quebrada Grande (Río Bonito) y la Bulgaria. Todas estas represas fueron severamente dañadas por el paso de los huracanes que afectaron a la ciudad en el año 2020.

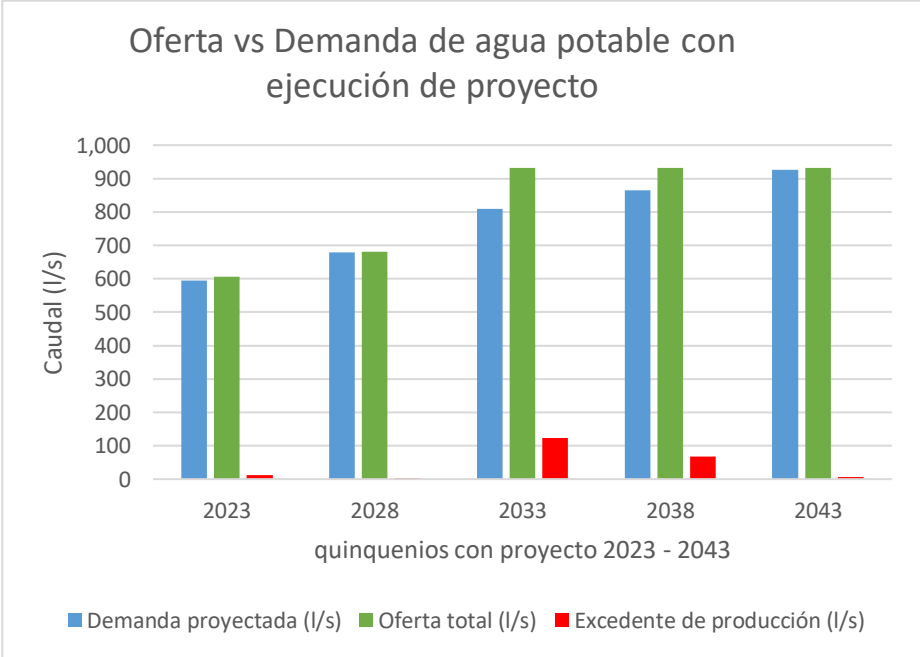
Sin embargo, estas mejoras no serán suficiente para cubrir la demanda, de modo que a medio plazo debe incorporarse la nueva presa a construirse en el río Cuyamel, con

una capacidad de 250 lps, que será proyectada para abastecer los sectores localizados al Este del río Cangrejal.

En la tabla 6, podemos ver que habrá un déficit a corto plazo en lo tocante a producción de agua. En teoría está prevista una cobertura del 100% de los residentes desde el inicio del período de diseño, incremento que en realidad es gradual conforme se mejoran las condiciones y capacidades del acueducto. Así pues, en el primer decenio está programada la construcción de pozos perforados, mejorar las obras de captación, rehabilitación de plantas de tratamiento, implementación del programa de reducción de pérdidas físicas y comerciales, entre otros aspectos que puedan tener un impacto a corto plazo para los usuarios y para el operados.

En el largo plazo (Inicio del segundo decenio) se contempla la construcción de la presa en el río Cuyamel, obras que por su magnitud requieren un nivel alto de gestión política y técnica para su ejecución. En la tabla 6, cuando se incorpora esta fuente, se pueden sacar de operación al menos 5 pozos, lo que permitirá balancear los costos operativos y tendrá un impacto positivo en la explotación del acuífero. En estudios más detallado se debe definir los pozos que por su vida útil y rendimiento deben salir de operación y que su aporte puede ser compensado por la presa Cuyamel.

**Figura 4. Oferta vs demanda de agua potable con ejecución de proyecto.**



## 12.1.9. Fuentes de suministro propuestas

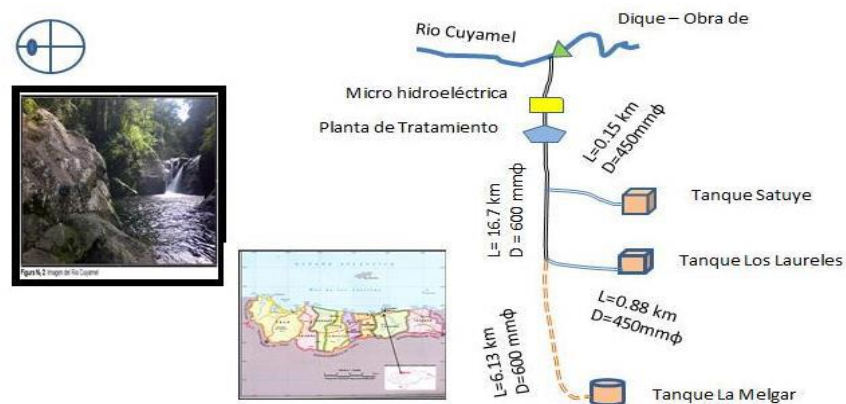
### 12.1.9.1. fuentes superficiales

La principal fuente de suministro de agua que se tiene localizada es la del río “Cuyamel” localizado al Este de la ciudad, en el sector de Sambo Creek, según la información suministrada por la Gerencia del SANAA en La Ceiba, y que está contenida en el estudio “Ampliación y mejoras al sistema de agua potable del sector este de la ciudad de La Ceiba” formulado en 2016, el cual en resumen tiene proyectado lo siguiente:

Aprovechar las aguas el rio Cuyamel, fortaleciendo la dotación de agua a los habitantes de La Ceiba, mediante una obra de captación y por gravedad mediante una línea de conducción que impulsara a una micro central hidroeléctrica (generar energía para consumo de las instalaciones), luego este mismo flujo conducirlo hasta un centro de tratamiento (Planta Potabilizadora) para enseguida llevarlo a dos depósitos de almacenamiento y posteriormente distribuirlo en las partes altas y bajas del Sector Este (Sector 2, 3 y 4) de la ciudad .

Según el informe y debido a los aforos realizados en abril del año 2014, el caudal del río era de 1,890 l/s, del cual se pueden captar sin problemas 250 l/s, caudal que permite compensar el déficit en la producción de agua futura de la ciudad.

**Figura 5. Esquema de adaptación y conducción del sistema de rio cuyamel, fuente de información, SANAA Regional, La Ceiba.**



**Dique - Obra de Toma:** Está ubicada sobre la cuenca Río Cuyamel al este de la Ceiba.

### **12.1.9.2. fuentes subterráneas**

En el área de estudio se encuentran básicamente dos acuíferos bien delimitados:

#### **A. Acuíferos con flujo intergranular**

Esta clasificación comprende los depósitos aluviales de los deltas de los ríos Cangrejal, Danto y Bonito, como se observa en el Mapa Geológico del área tomado del Mapa Geológico Nacional contenido en la Figura 4.

No hay estudios hidrogeológicos sobre el acuífero de la ciudad de La Ceiba, sin embargo, de pozos perforados por el SANAA, de la Standard Fruit y particulares se conoce que los rendimientos del acuífero en los depósitos aluviales se encuentran entre 250 a 1,200 gal/min (16 y 75 lt/s). Sin embargo, el rendimiento de los pozos en las partes bajas del sector Oeste de la ciudad son reducidos entre 0.6 y 2.7lps.

#### **B. Rocas con Recursos de Aguas Subterráneas Locales y Limitados**

Constituidas por rocas intrusitas (Pzm) Granitos (Ti) y Dioritas (Ki), ver Figura No. 12, las cuales se encuentran en la parte meridional del área de estudio, ocupando el terreno montañoso. De observaciones de campo se ha podido establecer que los afloramientos hacia el Sur y Sureste de la ciudad efectivamente se componen de rocas intrusivas (granitos y/o dioritas) moderadamente meteorizadas y fracturadas.

A grandes rasgos lo anterior favorece a la presencia de fracturas más que si se tratara de una intrusión simple, constituyendo estos depósitos con cierta capacidad de explotación de agua subterránea, como lo manifiestan los rendimientos de los pozos ubicados en dichas rocas, que se encuentran entre 0.3 a 3.15lps

### **12.1.10 Ampliación de plantas potabilizadoras.**

Se prevé la construcción de una planta de tratamiento para el agua de la Captación "Quebrada Grande". Se localizará en las proximidades de la caja distribuidora 1 (CD1) identificada como Armenia. Esta planta potabilizará el agua de la Zona Oeste y tendrá una capacidad de 115 l/s. La planta será tipo CEPIS con todos sus procesos de

potabilización: Mezcla hidráulica, floculación, filtración, sedimentación y cloración. Estará equipada con todas sus obras conexas tales como cuarto de dosificación de químicos, sistemas de drenaje de aguas de proceso, laboratorio, bodegas, edificios, entre otros. Esta obra está proyectada a ejecutarse a corto plazo según el PIIAP 2021.

En adición está proyectada la construcción de una planta potabilizadora en el marco de las obras a ejecutar en el río Cuyamel, con una capacidad de 250 l/s, con tecnología CEPIS con las características descritas anteriormente para la PTAP de Quebrada Grande. Esta obra está prevista a ejecutarse en segundo decenio del PIIAP 2021.

Dentro de las obras prioritarias a corto plazo se deben rehabilitar las dos plantas potabilizadoras existentes: La Melgar y Azcona con capacidades de 150 l/s cada una, y que potabilizan el agua que se capta en La Calona, La Bulgaria y Las Delicias en el río Danto. En este caso es necesario rehabilitar la PTAP modular tipo VEOLIA para ampliar en 75 l/s la capacidad de producción de agua potabilizada, a causa de que el agua de la presa “Carias” debe ser desviada a estas plantas para que sea potabilizada. Actualmente el agua que se capta en Quebrada Grande y la presa Carias se distribuye sin tratamiento a la población.

#### **12.1.11 Ampliación del volumen de almacenamiento.**

En el presente estudio se asume el porcentaje de almacenamiento establecido en las normas del SANAA definido como el 35% de la demanda diaria proyectada, más el volumen de incendio.

El acueducto cuenta con dieciséis tanques de almacenamiento en total, ocho superficiales y ocho elevados, de los que 7 son metálicos y 1 de concreto armado. Seis pozos bombean el agua a tanques metálicos elevados (Uno por cada pozo), y un pozo bombea de manera directa a la red distribución.

El tanque elevado de concreto armado La Melgar, recibe agua proveniente de las fuentes superficiales, así como los ocho tanques superficiales de concreto y mampostería. La capacidad total de almacenamiento del sistema de 6,016m<sup>3</sup> al año 2021. Con las nuevas proyecciones al año 2042 la capacidad de almacenamiento se

incrementa a 21,632 m<sup>3</sup> lo que ocasionará un déficit 15,616m<sup>3</sup> al acabar el período de diseño.

Los tanques metálicos sobre torre se observaron con corrosión en su estructura, motivo por el cual, requieren mantenimiento correctivo de inmediato. Algunos tanques de concreto sobre suelo presentan fugas en sus paredes, daños en las tuberías de entrada y salida (Válvulas y accesorios). El tanque elevado de concreto reforzado ubicado en La Melgar es el más deteriorado de todos, puesto que su estructura de techo colapso. En la tabla se presenta el volumen de almacenamiento instalado y la demanda en 2042:

**Tabla 21. Demanda de almacenamiento al año 2043**

<b>Zona</b>	<b>Vol. Existente m<sup>3</sup></b>	<b>Volumen al año 2042 m<sup>3</sup></b>	<b>Déficit por cubrir m<sup>3</sup></b>	<b>Volumen de tanques ajustados</b>
Zona Oeste	944	4,326	3,382	2 tanques de 1,700m <sup>3</sup> C.U.
Zona Central	4,393	11,898	7,505	3 tanque de 1,800m <sup>3</sup> C.U.
Zona Este	679	5,408	4,729	4 tanques de 1,800m <sup>3</sup> C.U.
<b>Total</b>	<b>6,016</b>	<b>21,632</b>	<b>15,616</b>	<b>Total 16,000m<sup>3</sup></b>

#### **12.1.12 Ampliación de la capacidad de conducción.**

El caudal de las líneas de conducción desde las captaciones La Calona, Quebrada Grande, La Bulgaria y Carias, no incrementaron de manera significativa, sin embargo, están muchos tramos están deteriorados, razón por la que se sugiere implementar las siguientes obras:

- Rehabilitación de las dos líneas de conducción en paralelo HFD DN 400mm-longitud 4,593.00m, que salen de la Presa Calona a la PTAP La Melgar:

Suministro e instalación de 30 válvulas de ventosa DN50mm. Suministro e instalación de al menos 20 válvulas de limpieza HG DN 150mm.

- Rehabilitación línea de conducción PVCDN 200mm longitud 4,593.00m, que sale de la Presa La Bulgaria a la PTAP La Melgar: Suministro e instalación de 20 válvulas de ventosa DN50mm. Suministro e instalación de 10 válvulas de limpieza HG DN 150mm. Construcción de cruce aéreo con estructura metálica longitud 80.00m. Construcción de 1 Desarenador.
- Rehabilitación línea de conducción PVC DN 200mm longitud 4,465m, que sale de la Presa Quebrada Grande a la Cámara de Distribución 01 PTAP La Melgar: Suministro e instalación de 25 válvulas de ventosa DN50mm. Suministro e instalación de al menos 15 válvulas de limpieza HG DN 150mm. Construcción de cruce aéreo con estructura metálica longitud 80.00m. Construcción de 1 Desarenador.
- Rehabilitación línea de conducción HFD DN 250mm-Longitud 7,622m, que sale de la Presa Carias a la red de distribución sector Oeste de la ciudad: Suministro e instalación de 30 válvulas de ventosa DN50mm. Suministro e instalación de al menos 20 válvulas de limpieza HG DN 150mm. Construir desvío de la tubería hacia la PTAP La Melgar longitud de 500m HFD DN250mm.
- Construcción de línea de conducción desde la nueva PTAP en río Cuyamel, hasta PTAP existente en La Melgar. Suministro e instalación de tubería HFD DN 600mm Longitud 24,000m
- Construcción de línea de conducción a nuevos tanques en la zona Este de la ciudad que se abastecerán de la PTAP del río Cuyamel. Suministro e instalación de tubería HFD DN 450mm Longitud 1,000m.

### 12.1.13 Resumen de las soluciones propuesta en el proyecto.

- Rehabilitación de 4 obras de captación existentes: La Calona, Carias, Bulgaria y Armenia
- Construcción de 5 pozos
- A largo plazo, construcción obra captación Río Cuyamel (250 l/s)
- Ampliación de la capacidad de almacenamiento a corto (3500 m<sup>3</sup>), medio (3000 m<sup>3</sup>) y largo plazo (9000 m<sup>3</sup>)
- Construcción PTAP Cuyamel (250 l/s) y Armenia (100 l/s)
- Levantamiento masivo de 207 km de red, verificación de válvulas, auscultación y detección de fugas.
- Sustitución de tuberías de manera priorizada (0.50 %/año, 1 km/año).
- Compra de micromedidores promedio de 6,500 medidores/año