

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



---

***“CONTROL DE PRESIONES DE AGUA POTABLE PARA EL MEJORAMIENTO  
DEL SISTEMA A TRAVÉS DE LA METODOLOGÍA DE SECTORIZACIÓN EN EL  
DISTRITO DE CHOCOPE”***

---

**TESIS**  
**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE**  
**INGENIERO CIVIL**  
**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: SANEAMIENTO**

**AUTORES:** Br. Facundo Lozano, Edison Jesús  
Br. Oliva Caffo José Luis

**ASESOR:** Mg. Ing. Vértiz Malabrigo Manuel

**TRUJILLO - PERÚ**

**2020**

## **PRESENTACIÓN**

Señores miembros del jurado:

Dando cumplimiento al Reglamento de Grados y Títulos de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada Antenor Orrego, es grato poner a vuestra disposición, la presente Tesis titulada: **“CONTROL DE PRESIONES DE AGUA POTABLE PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA A TRAVÉS DE LA METODOLOGÍA DE SECTORIZACIÓN EN EL DISTRITO DE CHOCOPE”**; con el propósito de obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil.

El presente proyecto nace del esfuerzo de querer continuar con la investigación de presiones de agua potable para el mejoramiento del sistema a través de la metodología de sectorización, para generar un pequeño aporte a la ingeniería.

Por lo expuesto Señores Miembros del Jurado, ponemos a su disposición el presente trabajo de investigación para su respectivo análisis y evaluación, no sin antes agradecer vuestra gentil atención al mismo.

Atentamente,

**Br. Facundo Lozano, Edison Jesús**

**Br. Oliva Caffo José Luis**

***“CONTROL DE PRESIONES DE AGUA POTABLE PARA EL MEJORAMIENTO  
DEL SISTEMA A TRAVÉS DE LA METODOLOGÍA DE SECTORIZACIÓN EN EL  
DISTRITO DE CHOCOPE”***

**JURADO EVALUADOR**

.....  
Presidente

Ing. Felix Gilberto Perrigo Sarmiento

CIP: 29401

.....  
Secretario

Ing. Marcelo Edmundo Merino Martinez

CIP:77111

.....  
Vocal

Ing. Carmen Lucia Geldres Sanchez

CIP:80599

.....  
Asesor

Mg. Ing. Manuel Vértiz Malabrigo

CIP 71188

## DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a Dios y a dos personas que amo mucho que lamentablemente ya no están aquí para poder presenciarlo, espero se sientan orgullosos

de este pequeño logro ya que siempre me dieron su apoyo y enseñaron a encarar los problemas sin perder la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mi familia que me ayudaron a forjar la persona que hoy en día soy. A mis padres por su apoyo, su paciencia, su comprensión, su amor, su esfuerzo y por darme los recursos necesarios para poder estudiar.

Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi perseverancia y las ganas de seguir siempre adelante para conseguir mis

objetivos. Muchas gracias a Modesto Lozano y Esther Quispe,

por ser parte de mi vida y estar siempre cuando los necesitaba,

ahora estoy seguro que desde el cielo me guiaran y forjaran mi

camino.

**Facundo Lozano, Edison Jesús**

Dedico este trabajo a Dios, quien guía mi camino día a día. A mi Padre Luis Oliva Briceño y a mi madre Yanett Caffo Calderon, por su amor infinito, por creer en mí y apoyarme constantemente durante mi carrera universitaria.

A mis hermanas Stephanie y Franshesca, por alegrarme y estar conmigo en los momentos de dificultad.

**Jose Luis Oliva Caffo.**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por encaminarnos y permitirnos cumplir con nuestro objetivo de culminar esta investigación.

Al Mg. Ing. Manuel Vertiz Malabrigo por la guía y paciencia constante durante todo el desarrollo de esta tesis.

**Los autores**

## **RESUMEN**

Actualmente a nivel mundial se está viviendo con gran preocupación las consecuencias del cambio climático, teniendo como una de las principales problemáticas el tema de las aguas naturales, debido al consumo inadecuado y gastos innecesarios que se hacen del recurso; obignado de esta manera a todas las empresas prestadoras del servicio a tomar medidas eficientes y eficaces con respecto a la gestión del agua, donde un consumo adecuado del agua puede desempeñar un papel fundamental en el desarrollo de una política de aguas sostenible. El agua es un recurso renovable si es que su uso, tratamiento y circulación son el adecuado, de lo contrario se convierte en un recurso no renovable, siendo de por sí, un recurso escaso, que debe ser controlado correctamente para evitar que se pierda, es por ello, que las empresas gestoras están en la obligación de disminuir el rango de pérdidas que se generan en los sistemas de abastecimiento, trayendo como consecuencia un aumento del rendimiento de la red y el agua sería mejor aprovechada por la población, al tiempo que generaría una mayor utilidad para la empresa gestora.

Una de las soluciones adoptadas hoy en día por muchos gestores para mejorar la gestión y la eficiencia hídrica es la sectorización; que consiste básicamente en dividir la red en pequeños sectores, que permitan un mejor control de los caudales y las presiones. El objetivo principal de este proyecto es dejar plasmada una propuesta de sectorización que permita controlar las presiones de la red de agua potable del Distrito de Chocope, y así disminuir las fugas y por ende los rangos de agua no facturada. Para ello, se ha realizado un diagnóstico comercial y operacional que han permitido realizar la propuesta de sectorización.

Después de la recaudación de datos y del análisis del estudio topográfico, se plasmó un modelo de sectorización teniendo en cuenta principalmente los desniveles que presenta el

terreno, para poder considerar la presencia de válvulas rompe presión y válvulas de seccionamiento para un mejor control de los caudales y un mejor mantenimiento de las redes, sin afectar a otros sectores.

## **ABSTRACT**

At the global level, the consequences of climate change are being lived with great concern, having as one of the main problems the issue of natural waters, due to inadequate consumption and unnecessary expenses that are made of the resource; obliged in this way to all the companies providing the service to take efficient and effective measures regarding water management, where adequate water consumption can play a fundamental role in the development of a sustainable water policy. Water is a renewable resource if its use, treatment and circulation are adequate, otherwise it becomes a non-renewable resource, being in itself a scarce resource, which must be properly controlled to prevent it from being lost, That is why, the management companies are obliged to reduce the range of losses that are generated in the supply systems, resulting in an increase in the performance of the network and water would be better used by the population, while It would generate greater utility for the management company.

One of the solutions adopted today by many managers to improve water management and efficiency is sectorization; which basically consists of dividing the network into small sectors, which allows for better control of flows and pressures. The main objective of this project is to leave a sectorization proposal that allows to control the pressures of the drinking water network of the Chocope District, and thus reduce leaks and therefore the ranges of non-billed water. For this, a commercial and operational diagnosis has been made that has allowed the sectorization proposal to be made.

After the collection of data and the analysis of the topographic study, a sectorization model was created taking into account mainly the unevenness of the terrain, in order to consider the



presence of pressure-breaking valves and sectioning valves for better control of the flows and better network maintenance, without affecting other sectors.

# ÍNDICE

<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>3</b>
<b>1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACION</b>	
a) <b>REALIDAD PROBLEMÁTICA</b>	<b>3</b>
b) <b>DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA</b>	<b>7</b>
c) <b>FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b>	<b>8</b>
<b>1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION</b>	<b>8</b>
<b>1.2.1. OBJETIVO GENERAL</b>	<b>8</b>
<b>1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>8</b>
<b>1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>9</b>
<b>II. MARCO DE REFERENCIA</b>	<b>10</b>
<b>2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO</b>	<b>10</b>
<b>2.2. MARCO TEÓRICO</b>	<b>12</b>
<b>2.2.1. SISTEMA DE AGUA POTABLE</b>	<b>12</b>
<b>2.2.2. PÉRDIDAS EN EL SISTEMA DE AGUA POTABLE</b>	<b>18</b>
<b>2.2.3. LA SECTORIZACIÓN</b>	<b>20</b>
<b>2.3. FORMULACION DE HIPÓTESIS</b>	<b>25</b>
<b>2.4. VARIABLES</b>	<b>25</b>
<b>III . METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>27</b>
<b>3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>27</b>
<b>3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA</b>	<b>27</b>
<b>3.2.1. Población</b>	<b>27</b>
<b>3.2.2. Muestra</b>	<b>27</b>
<b>3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>27</b>

<b>3.4. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>29</b>
<b>3.4.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL</b>	<b>29</b>
<b>3.5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS</b>	<b>29</b>
<b>3.5.1. PROCEDIMIENTOS</b>	<b>29</b>
<b>3.5.1.1. DIAGNÓSTICO COMERCIAL</b>	<b>30</b>
<b>3.5.1.2. DIAGNÓSTICO OPERACIONAL</b>	<b>36</b>
<b>3.5.2. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS</b>	<b>43</b>
<b>3.5.3. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE DATOS</b>	<b>44</b>
<b>IV. RESULTADOS</b>	<b>48</b>
<b>4.1 RESUMEN DE LOS RESULTADOS</b>	<b>48</b>
<b>4.2 PRUEBA DE HIPOTESIS</b>	<b>49</b>
<b>V. DISCUSION DE RESULTADOS</b>	<b>57</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>60</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>61</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>	<b>62</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>65</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1. Población bajo el ámbito de SEDALIB S.A. en la Localidad de Chocope</b>	<b>31</b>
<b>Tabla 2. Población Servida con el Servicio de Agua para Consumo Humano en la localidad de Chocope</b>	<b>32</b>
<b>Tabla 3. Cobertura del Servicio de Agua Para Consumo Humano en la localidad de Chocope</b>	<b>32</b>
<b>Tabla 4. Unidades de uso activas e inactivas de agua para consumo humano en la localidad de Chocope</b>	<b>33</b>
<b>Tabla 5. Conexiones Activas e Inactivas de Agua para Consumo Humano en la localidad de Chocope</b>	<b>34</b>
<b>Tabla 6. Conexiones de Agua Activas e Inactivas con Medidor en la localidad de Chocope</b>	<b>34</b>
<b>Tabla 7. – Distribución de Conexiones con Medidor por Antigüedad en la localidad de Chocope</b>	<b>35</b>
<b>Tabla 8. – Sistema de Captación de Agua Subterránea de la localidad de Chocope</b>	<b>39</b>
<b>Tabla 9. – Infraestructura de Almacenamiento</b>	<b>40</b>
<b>Tabla 10. – AGUA NO FACTURADA (Producción - Facturación = ANF) Jul 2017 a Jun 2018</b>	<b>42</b>
<b>Tabla 11. Balance Hídrico Chocope</b>	<b>48</b>

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

<b>Figura 1. Tipos de redes según topología</b>	<b>14</b>
<b>Figura 2. Alimentación desde depósito</b>	<b>15</b>
<b>Figura 3. Inyección directa a red</b>	<b>15</b>
<b>Figura 4. Inyección directa con depósito de compensación</b>	<b>16</b>
<b>Figura 5. Inyección directa a depósito reguladores zonales</b>	<b>17</b>
<b>Figura 6. Red del Distrito de Chocope – Poligonal</b>	<b>46</b>
<b>Figura 7. Red del Distrito de Chocope – Curvas de Nivel</b>	<b>47</b>
<b>Figura 8. Demanda vs. Oferta</b>	<b>49</b>
<b>Figura 9. Balance Activo del Reservorio de Chocope</b>	<b>50</b>
<b>Figura 10. Presión vs. Horario</b>	<b>52</b>
<b>Figura 11. Sectorización del ámbito de influencia</b>	<b>54</b>
<b>Figura 12. Sectorización del ámbito de influencia con áreas</b>	<b>55</b>

## **I. INTRODUCCION**

### **1.1. Problema de Investigacion**

#### **a) Descripcion de la Realidad Problemática**

Uno de los problemas más graves detectados en el sistema de distribución de agua potable en el Distrito de Chocope, del Departamento de La Libertad, es el relacionado con las fugas ocasionadas por las presiones en las redes, debido a un inadecuado control de las mismas y a tuberías con un tiempo de servicio de más de 30 años, las cuales ya se encuentran deterioradas.

El agua es el elemento más importante en la vida del ser humano, es por ello, que es un derecho de todos los ciudadanos el contar con este recurso de una manera segura y eficaz.

Actualmente, el mundo está viviendo una crisis ambiental la cual se está viendo reflejada a través de sequias extremas, ausencia de fuentes de agua, pérdidas de la biodiversidad, derretimiento de glaciares, entre otras, afectando directamente al recurso más importante para la vida, EL AGUA. La acción humana no está tomando conciencia de las consecuencias que conlleva la contaminación ambiental y el poco cuidado de los recursos naturales, día a día somos testigos de los grandes desperdicios de agua potable en diferentes rubros de la sociedad, existiendo hoy en día una cifra de agua no facturada que se encuentra en el intervalo del 45-50% del agua producida, es por ello, que los especialistas en diseño de redes tienen una gran responsabilidad, de incluir en sus diseños controles adecuados para disminuir estas pérdidas de agua en las redes de distribución.

El tema de la escasez del agua se ha vuelto un problema prioritario a nivel internacional, la sequía y la escasez de agua potable está dejando grandes pérdidas en los diferentes sectores de la economía de nuestro país, no solo el sector agrícola y

ganadero, sino también la pérdida de vidas humanas. El Foro Económico Mundial declaró en el 2015, que la crisis de agua es uno de los mayores riesgos para el mundo. Dentro de las causas de la escasez del agua tenemos, el uso indiscriminado del agua, la contaminación, las sequías, la degradación del medio ambiente y de las reservas hídricas, el excesivo crecimiento poblacional, una desigualdad en la distribución de los recursos, la ineficiencia en la elaboración y ejecución de políticas públicas en la materia del cuidado y uso del agua, deforestación, contaminación de mantos acuíferos, y todos causado por el ser humano.

En términos monetarios, se estima que a nivel mundial las pérdidas de agua o el ANF representan aproximadamente 25 millones de soles anuales que pierden las empresas de saneamiento, representando una gran preocupación y obligando a los responsables a tomar medidas más eficientes en cuanto a la gestión del agua; si se logrará bajar este rango de pérdidas de agua permitiría expandir el sistema tal vez sin hacer muchas más inversiones y poder disfrutar todos del servicio. Las EPS tienen la gran responsabilidad de afrontar esta problemática y tomar acciones inmediatas para cambiar la forma de gestión de los servicios de saneamiento.

Actualmente, en nuestro país se viene luchando por conseguir el cierre de brechas en el sector saneamiento, para así permitir que la cobertura de agua potable llegue al 100% de la población, para ello, se están planteando una serie de proyectos que permitan un equilibrio hidrológico que asegure el abasto suficiente de agua a la población, considerando a su vez, parámetros que reduzcan las pérdidas para un uso eficiente del agua.

Un sistema de distribución de agua potable nace de un punto de captación que puede ser una fuente de agua superficial o sub superficial, esta agua cruda pasa por un tratamiento para que pueda ser apta para el consumo humano, posteriormente se

almacena y distribuye a la población por las redes primarias y secundarias para finalmente conectarlas a las conexiones domiciliarias. Sin embargo, en todo ese transcurso en el que se traslada el agua existen notables variaciones de volúmenes, entre el volumen que ingresa desde la captación hasta la suma de volúmenes que llegan a las conexiones domiciliarias, las que se denominan pérdidas.

Las tuberías antiguas y pobremente construidas, el inadecuado control de la corrosión, el mantenimiento pobre de válvulas y el daño mecánico son algunos de los factores contribuyentes a las fugas. Un efecto de la fuga de agua, aparte de la pérdida de los recursos de agua, es la reducción de la presión en los sistemas de abastecimiento. El elevar las presiones para compensar tales pérdidas incrementa el consumo de energía. Este aumento en presión empeora las fugas y tiene un impacto negativo sobre el medioambiente. (Zacharia, 2009, p.1)

En mayo del 2019, el Gerente de Desarrollo Empresarial de SEDALIB SA., expresó que la empresa prestadora de servicios deja de percibir ingresos por un 48% de agua no facturada, causada entre otros factores, por la antigüedad de las tuberías que originan fugas, y, por la ausencia de control de presiones en los sistemas. Esto coincide con lo estimado por el Banco Mundial de que los niveles de agua no facturada se encuentran en el intervalo del 45-50% del agua producida.

Según el PMO 2012-2042 de la EPS SEDALIB S.A., a setiembre del 2018, la cobertura total de agua potable fue de 86.74 % a nivel de empresa.

Localidad	Hab.X UU	%
Trujillo Metropolitano	4.575	87.71
Moche	5.248	77.82
Chepen	4.047	77.14
Chocope	4.015	98.84
Pacanguilla	4.39	72.6
Paijan	4.257	74.26
Puerto Malabrigo	3.757	97.17
Total Sedalib		86.74



Teniendo Chocope una cobertura del 98.84%, siendo la provincia con mayor cobertura con respecto a las demás localidades que están bajo administración de SEDALIB S.A.

En el año 2018 el volumen total producido en el Distrito de Chocope fue de 25,222.17 m<sup>3</sup>/mes en promedio, del cual solo 16,285.33 m<sup>3</sup>/mes fueron medidos y facturados, es decir, el 35.43% se perdió y no se facturó, considerándose un elevado porcentaje de ANF y se requiere tomar acciones correctivas Actualmente, la EPS viene implementando medidas correctivas con la finalidad de disminuir el porcentaje de ANF que origina una gran pérdida económica para la empresa, pero sobretodo una gran pérdida del recurso hídrico. Se considera que la mayoría de pérdidas son consecuencia de las fugas que se presentan en el sistema de distribución de agua potable, estas fugas son ocasionadas por falta de mantenimiento, tuberías antiguas y en mal estado, pero sobretodo por las variaciones de presión que se originan en las redes de distribución al querer cubrir las necesidades de toda la población, y, estas no son controladas en ningún horario y con ningún sistema. Gracias a este cúmulo de problemas y principalmente en la deficiencia de presión, en las viviendas se ven obligados a realizar la construcción de tanques que les sirvan de provisión para sus necesidades diarias.

El Grupo de Trabajo en Pérdidas de Agua de la Asociación Internacional del Agua (IWA, por sus siglas en inglés) tras varios años de investigación sobre las pérdidas de agua en las redes, establece que, los sistemas de agua potable siempre van a presentar fugas, sin embargo, cuando se tiene un adecuado mantenimiento y una política de mejora continua la presencia de estas fugas es un valor despreciable, pero a medida que pasa el tiempo, con el uso y el desgaste del sistema, la presencia de las fugas irá aumentando, más aún, si no se mantiene una medida correctiva adecuada, un control

adecuado de presiones, mantenimiento de la infraestructura y menores tiempos de reparación.

El control de presiones es considerado como el tema más importante que las empresas prestadoras de servicio deben trabajar para gestionar mejor sus sistemas de abastecimiento, teniendo como beneficios, reducir el agua no contabilizada, mejorar la continuidad, brindar mayor cobertura, tener redes más eficientes y reducción de fugas; todo esto en conjunto aportaría sobre el control y reducción de pérdidas de agua potable. Las EPS deben invertir en programas de control de pérdidas y exigir que se hagan investigaciones e inversiones sobre este tema, así como, concientizar a su vez a la población sobre el cuidado del líquido elemento.

Sin embargo, todo el tiempo se ha pensado que las fugas de agua son producto del mal estado de las tuberías, ya sea, porque cumplieron su tiempo de vida útil, porque se instalaron tuberías de mala calidad o porque se ejecutó mal la obra, restándole muchas veces la importancia que se debe al parámetro “presión”, que a pesar de ser un factor muy fácil de medir, muchas veces las EPS al hacer sus controles de fugas no consideran a este factor dentro de sus referencias para el reporte de sus estadísticas de fugas, pasándolo desapercibido en sus informes reales y patentando otros factores para la formulación de sus estrategias de control.

#### **b) Descripción del Problema**

En las áreas que carecen de gestión de la presión, la presión en el sitio del consumidor más lejano conocida como punto crítico varía en relación con el consumo de agua en tiempo real. La presión excesiva en los períodos de bajo consumo provoca un significativo aumento en las fugas y pérdidas con volúmenes relativamente grandes de agua, derramándose en el suelo sin que se observen a nivel de la calle, las

consecuencias son un consumo no facturado por la empresa de agua y una mayor frecuencia de roturas de las líneas de distribución. Es por ello, que una sectorización de la red es una estrategia que permitirá controlar los caudales de cada sector con mayor precisión, debido a que las áreas de inspección serán mas pequeñas, y así, poder detectar y localizar las anomalías que se presenten en el sistema (rotura, fugas, variación de presión, etc.)

### **c) Formulación del Problema**

¿Cómo influye el control de presiones de agua potable a través de la metodología de sectorización sobre el mejoramiento del sistema de distribución de agua en el Distrito de Chocope?

## **1.2 Objetivos de la Investigación**

### **1.2.1 Objetivo General.**

- ✓ Controlar las presiones de agua potable para el mejoramiento del sistema a través de la metodología de la sectorización en el Distrito de Chocope.

### **1.2.2 Objetivos Específicos.**

- ✓ Realizar un reconocimiento y diagnóstico del estado actual de la red existente.
- ✓ Obtener una reducción de pérdidas de agua potable y, a su vez, mejorar la distribución del servicio en el Distrito de Chocope.
- ✓ Determinar el porcentaje de pérdidas de agua potable en el Distrito de Chocope.
- ✓ Determinar el volumen producido vs. el volumen facturado de agua potable en el Distrito de Chocope.
- ✓ Determinar el balance hídrico en el Distrito de Chocope.

### **1.3 Justificación de la Investigación**

Debido a la problemática que se está viviendo actualmente en el servicio de agua potable, es necesario presentar proyectos que desarrollen un plan de mejoramiento integral y permitan contar con un sistema adecuado de distribución de agua potable.

Actualmente, en el Distrito de Chocope cerca del 55% del volumen de agua producido, no es facturado, considerándose como un alto índice de pérdidas de agua; teniendo gran responsabilidad de estas pérdidas un inadecuado control de las presiones, generando un gran perjuicio económico a la empresa prestadora de servicio, y a su vez, a los pobladores de la localidad, debido a que no permiten un adecuado suministro del agua, dejando una continuidad muy baja a los usuarios.

A todo esto, el control de presiones desempeña un papel significativo sobre la reducción de pérdidas de agua potable, pudiendo llegar a reducirse hasta el 50% del agua no facturada, y con ello, suministrar a miles de personas que no cuentan con el servicio o que lo reciben con escasez.

El control de las presiones en la red, ayudaría a reducir las pérdidas reales de agua mediante la disminución de fugas de fondo, reportadas y no reportadas. Se reduce la presión innecesaria o en exceso y se elimina las fluctuaciones fuertes de presión. Esto, a su vez, disminuye los estallidos de tuberías en las redes de distribución de agua, ayudando así a ampliar la vida de la red.

Es por ello, que en el presente proyecto de investigación se busca evaluar las condiciones actuales de presión en la red de distribución existente en el Distrito de Chocope, con la finalidad de plasmar una alternativa que conlleve a controlar las presiones en las redes de distribución a niveles óptimos de servicio, asegurando el suministro suficiente y eficiente para usos legítimos.

## II

## MARCO DE REFERENCIA

### 2.1. Antecedentes del Estudio

- **Porras, H.** (2014) en su proyecto de investigación plantea una alternativa para la reducción de pérdidas de agua en La Merced - Chanchamayo, teniendo como punto de partida una metodología de sectorización, realizando el estudio sólo en el Sector San Carlos. El autor consideró además como variable comparativa la continuidad del servicio. Estableció que existen pérdidas operacionales y comerciales en las redes de distribución de agua, a las que se les denomina ANF (Agua No Facturada), para lo cual se buscó disminuir las pérdidas de caudal en la red a través de un sistema de gestión de presión, mejorando a su vez, la continuidad del servicio. Se obtuvieron los datos iniciales del caudal de ingreso y los datos del caudal medido y facturado, que sirvieron como base para realizar un Balance Hídrico y se determinó que, con la implementación de gestión de presiones, las pérdidas de agua se reducen en un 40% del volumen.
- **Thornton y Garzón** (2006) explican que los sistemas de agua potable se diseñan cumpliendo con ciertos parámetros que permiten un correcto funcionamiento de las redes. Dentro de ellos tenemos, la velocidad, caudal máximo horario, caudal máximo diario, presión, entre otros; siendo el de mayor relevancia, la presión, pues esta debería mantenerse en un valor mínimo durante todo el día, pues ello aseguraría un control en las pérdidas de agua, sin embargo, esto no ocurre, pues una gran parte del día el sistema de distribución está sujeto a presiones excesivas. El Grupo de Trabajo en Pérdidas de Agua de la Asociación Internacional del Agua (IWA, por sus siglas en inglés) plantea que, la gestión de presiones es el factor más

importante para la reducción de pérdidas de agua potable y la disminución de presencia de rotura de tuberías en las redes de distribución, a pesar de que actualmente muchos profesionales no lo consideren así, es por ello, el IWA por medio de su Comité en Gestión de Presiones, explica en este artículo la relación de la presión y el caudal de fugas, relación de la presión y la frecuencia de aparición de nuevas fugas y la relación de la presión y el consumo.

- **Beltrán y Abril** (2011) después de una ardua investigación determinan que el municipio de Aracataca presenta graves problemas en la distribución del agua potable, esto se debe a que no existe una correcta continuidad del servicio y las presiones son muy bajas, lo que ocasiona que existan considerables pérdidas de agua. En la presente investigación los autores al cabo de un análisis de la demanda actual y proyectada, plantean una modelación hidráulica de la red de distribución utilizando el software EPANET, expresada en una propuesta de optimización de la red de distribución de agua potable, apoyado en un análisis estadístico de presiones. Teniendo como resultado que la optimización propuesta cumple con las necesidades de la población.
- **Montoya** (2011) en su artículo plantea que es común que el agua que sale de la planta no coincida con el agua que se registra, lo que es conocido como pérdidas de agua en las redes de distribución. Uno de los factores que más influye en esta problemática, es el efecto de las altas presiones. Es por ello, que los autores desarrollaron un montaje experimental de un sistema de agua potable con fugas y sin fugas, para analizar la influencia de las características del sistema en el comportamiento de las mismas. Concluyendo que la

inclusión de fugas en el sistema, produce alteraciones en la onda de presión generando un decaimiento en las presiones máximas, teniendo en cuenta que, se utilizaron condiciones similares de caudal en ambos casos se observa una mayor atenuación de la onda ante la presencia de fugas.

## **2.2. Marco Teórico**

### **2.2.1. Sistema De Agua Potable.**

Una red de agua potable es un conjunto de elementos interconectados entre sí, cuya finalidad es transportar el agua desde el punto de captación y/o almacenamiento hasta las redes de conducción para finalmente distribuir las en las conexiones domiciliarias, industrias, comercios, hidrantes, etc; logrando mantener óptimas condiciones del servicio y de su calidad al momento de la transportabilidad.

Una red de agua está constituida por tuberías de diferentes diámetros dependiendo de las cotas del terreno, de las presiones y caudal que se requieran, asimismo, cuentan con un conjunto de accesorios especiales que acompañan a las tuberías tales como: codos, reducciones, válvulas, tees, tapones, etc., que deben ser dimensionados adecuadamente.

Es preciso indicar que, no existe un modelo estandarizado de una red de suministro de agua potable, más bien se presentan diferentes esquemas de red, de acuerdo a los parámetros de diseño de la zona a abastecer y cálculos que se obtengan considerando el tipo de suministro (urbano, rural, industrial etc.), de acuerdo a ello, se consideran los diferentes elementos que participarán en el modelo de abastecimiento y los métodos de resolución.

## Tipología de Redes de Suministro de Agua

En este apartado se hará una breve descripción de los tipos de redes según: su uso, topología, y sistema de alimentación. Teniendo en cuenta que, para iniciar una metodología de sectorización es importante conocer como está configurada nuestra red de abastecimiento, pues la falta de conocimiento del funcionamiento de nuestra red a sectorizar, puede traer como consecuencia la obtención de resultados no esperados”. (Vegas, 2012, p.12)

### ➤ Según su uso

En este grupo se consideran las redes generales, las de uso exclusivo en zonas urbanas, de servicio en polígonos industriales, de uso exclusivo de riego y de extinción de incendios. Al diseñar un sistema de abastecimiento se debe tener en cuenta los diferentes rubros sociales que conforman el ámbito de influencia del proyecto, con la única finalidad de optimizar el servicio, sin embargo, es común encontrar en muchas ciudades del mundo que una única red sea la encargada de abastecer todas las necesidades de los ciudadanos, lo que claramente perjudica la eficiencia del sistema.

### ➤ Según su topología

En este grupo las redes se clasifican según como estén conectadas las tuberías: ramificadas, malladas o mixtas. La configuración de una red depende de diversos parámetros de diseño y uno de ellos podría ser el tamaño de la población (número de habitantes y dispersión sobre el terreno) o presupuesto disponible.

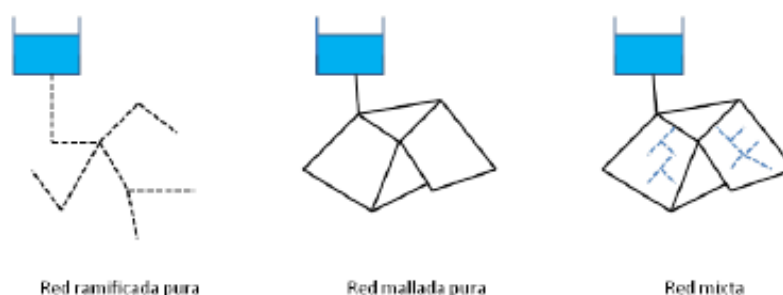
Una red mallada ofrece mayor seguridad en el suministro en caso de corte en una conducción, sin embargo una clara desventaja es su elevado coste de implantación y la complejidad de su regulación, pues el poder controlar los



caudales provenientes de las distintas fuentes de abastecimiento hacia los diferentes sectores implica disponer de un complejo sistema de válvulas que controle el trasvase de agua entre las diferentes zonas. Por otro lado, una ventaja de esta red es el equilibrio de las presiones respecto a redes ramificadas; y también que, considerando los problemas sanitarios que se presentan en los sistemas, una red mallada no produce estancamiento de agua durante largos periodos de tiempo. (Vegas, 2012, p.12)

Una red ramificada el caudal que circula por las tuberías se determina aplicando la ecuación de continuidad y la regulación de presiones es mucho más sencilla, no obstante, pueden existir importantes desequilibrios de presiones entre diferentes puntos de la misma red.

En la Figura 1 se muestra los distintos tipos de redes según su topología. (Vegas, 2012, p.13)



*Figura 1.* Tipos de redes según topología

➤ Según el sistema de alimentación

Para realizar una metodología de sectorización, es importante conocer el sistema de alimentación e identificar cuáles son los puntos captación y producción de agua que abastecen a las poblaciones y la función que cumplen cada uno de ellos en el momento de la regulación. Es por ello, que se ha creído

conveniente hacer una descripción de las formas en que una red puede ser alimentada.

“La primera opción es abastecer una red desde depósitos a presión atmosférica (Figura 2), ubicados en una zona semienterrados o elevados y la segunda opción es a través de inyección directa a red mediante grupos de bombeo de velocidad fija y/o variable” (Figura 3). (Vegas, 2012, p.13)

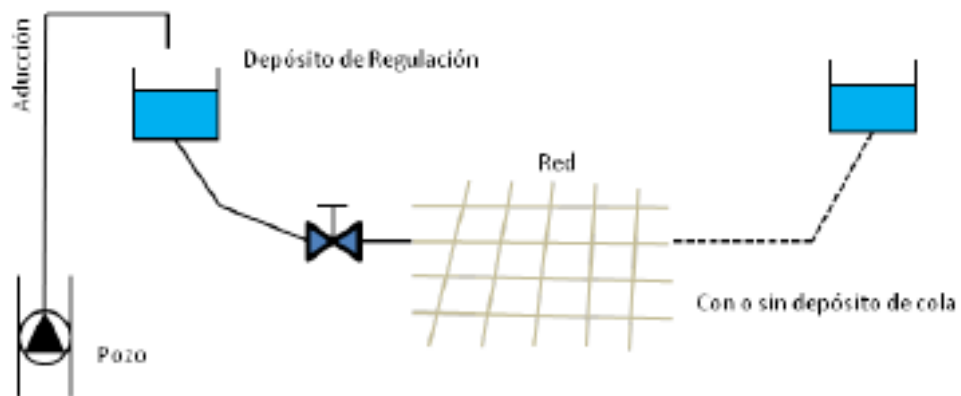


Figura 2. Alimentación desde depósito

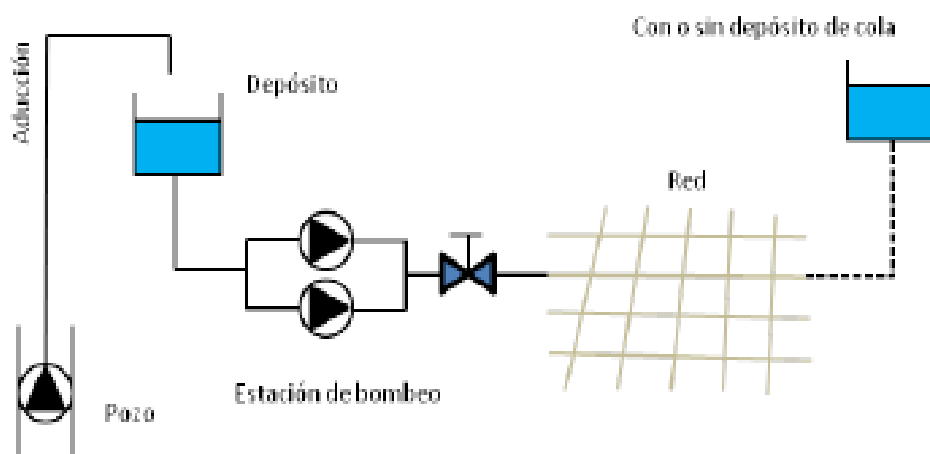


Figura 3. Inyección directa a red

### Depósitos de compensación y de cola

“Su función es regular el adecuado funcionamiento del sistema durante todas las horas del día, manteniendo las presiones en la red durante las horas de mayor consumo (horas punta), mientras que en horas valle deberá reponerse. Su ubicación debe garantizar el abastecimiento con unos niveles de presión mínima y una renovación periódica del agua. En la Figura 2 y 3 se muestran los esquemas de redes incluyendo los depósitos de cola. En cuanto a los depósitos de compensación, su ubicación se encuentra entre la estación de bombeo y la red (Figura 4) y además de aportar caudales en hora punta, puede regular el funcionamiento del sistema de bombeo”. (Vegas, 2012, p.14)

“Existen también depósitos presurizados llamados comúnmente calderines. Su ubicación es similar que los depósitos de compensación y sirven para abastecer a una pequeña cantidad de usuarios. Su función es evitar que las bombas trabajen de forma continua”. (Vegas, 2012, p.15)

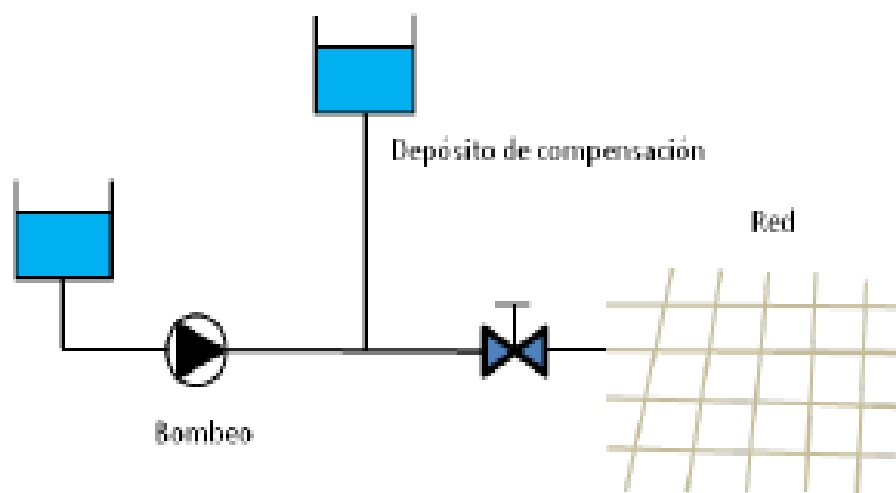


Figura 4. Inyección directa con depósito de compensación

“Existen otras formas de alimentación y regulación de abastecimientos que es interesante mencionarlos, ya que una futura sectorización dependerá de cómo esté configurado la red y su funcionamiento. Por un lado, la utilización de depósitos zonales, que a partir de una misma fuente de suministro es necesario abastecer zonas alejadas entre sí y con desniveles muy diferenciados. En la Figura 5, se muestra un esquema de una red abastecida por inyección directa a depósitos reguladores zonales”. (Vegas, 2012, p.15)

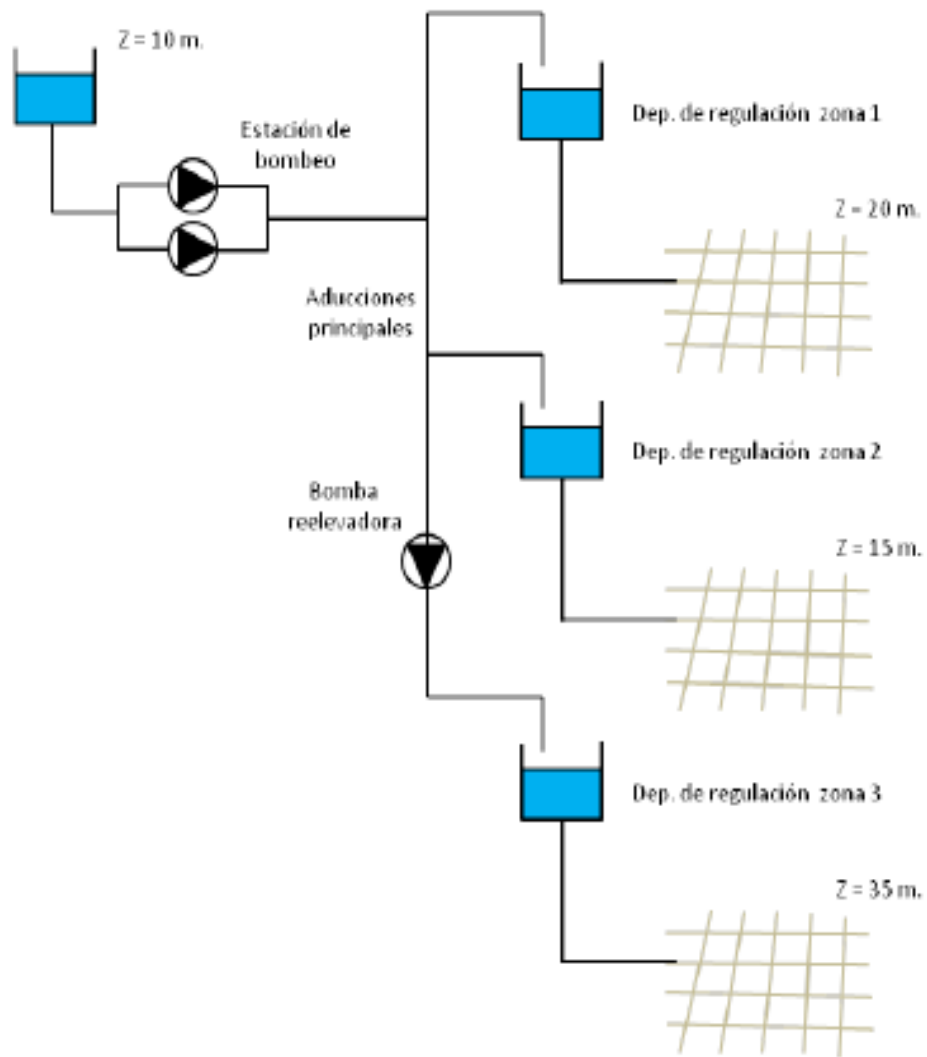


Figura 5. Inyección directa a depósito reguladores zonales

## 2.2.2. Pérdidas en el Sistema de Agua Potable.

### Pérdidas de agua:

Las pérdidas de agua son las cantidades de volúmenes de agua que se pierden durante el traslado del elemento, que tiene como punto de partida el inicio de la red de conducción hasta el empalme de las conexiones domiciliarias.

### Causas de las pérdidas:

Existen cuatro factores claves, específicos del sistema, para las pérdidas de agua: la longitud de la red, el número de conexiones, la ubicación del medidor del cliente y la presión promedio operativa del sistema.

En general, las causas pueden ser de tres tipos:

- Causas Internas: Donde la presión es clave, ya que alcanza valores muy altos, muy bajos o varía muy rápidamente.
- Causas Externas: Ambientales, meteorológicas, tránsito, etc.
- De los materiales: Mal estado, agresividad del suelo, etc.

También se tienen causas no técnicas:

- Alto costo en la detección, localización y reducción de las fugas en la red.
- Incorrecta formulación de los proyectos.
- La falta de metodologías, equipamiento y especialistas.
- Manipulación de los sistemas de medición de caudal.

Las pérdidas se pueden clasificar como físicas y comerciales. En el balance hidráulico se separan en reales y aparentes. Las reales son las pérdidas físicas, tales como fugas visibles reportadas y no reportadas, fugas no visibles o de fondo y desperdicios no controlados. Las pérdidas aparentes, también conocidas como las comerciales, se dan por la sub-medición y por conexiones no autorizadas a la red.

- **Pérdidas Físicas o Reales:** Las pérdidas físicas o reales son volúmenes de agua perdidos dentro de un determinado periodo a través de todo tipo de fugas, roturas de tubos y reboses. Las pérdidas físicas se pueden clasificar de acuerdo a su ubicación dentro del sistema y su tamaño y al tiempo durante el cual fugan (Porras, 2014, p.19).

Fuga desde las troncales de transmisión y distribución, puede ocurrir en tuberías (roturas debido a causas foráneas o a corrosión) y uniones (desconexión, empaquetaduras dañadas) y válvulas (falla operativa o de mantenimiento) y usualmente tiene tasas de flujo medianas a altas y tiempos de fuga de cortos a medianos (Porras, 2014, p.19).

Fuga desde conexiones de servicio hasta el punto del medidor del cliente. A veces nos referimos a las conexiones de servicios como los puntos débiles de las redes de suministro de agua porque sus uniones y accesorios exhiben tasas de falla altas. Las fugas en las conexiones de servicio son difíciles de detectar debido a sus tasas de flujo comparativamente bajas y por lo tanto tienen tiempos de fuga largos (Porras, 2014, p.19).

- **Pérdidas Aparentes:** En esta clasificación encontramos pérdidas en redes que son ocasionadas por robo o por conexiones clandestinas, pérdidas comerciales ocasionadas por una mala micromedición y macromedición, es decir, que lo que se mide no va acorde a lo que se consume, como consecuencia de un mal medidor o de una incorrecta toma de medida. En esta etapa también se incluye la presencia de un inadecuado catastro comercial.

### **2.2.3. La Sectorización.**

Fragoso, Ruiz y Zurvia-Flores (2016) definen que:

“Dentro del subsector de agua potable, el término sectorización es conocido como la formación de zonas de suministro autónomas, mas no independientes, dentro de una red de distribución; en otras palabras, es la división o partición de la red en muchas pequeñas redes, con el fin de facilitar su operación. De este modo, es mucho más sencillo controlar los caudales de entrada en cada sector, las presiones internas de la tubería, la demanda y el consumo, así como las pérdidas de agua, tanto en fugas como en usos no autorizados. Aún más, puede conducirse el agua por la red primaria, sin exceso de conexiones con la secundaria, desde la fuente de alimentación hasta los puntos más lejanos” (p.30).

En otras palabras, la sectorización divide una red de distribución en pequeños sectores de acuerdo a la topografía del terreno y que son correctamente delimitados por válvulas de seccionamiento, que permitan aforar el caudal de entrada para poder controlar la presión de operación del sistema, con la finalidad de brindar una homogénea calidad del servicio a todos los usuarios de la red.

Para una correcta sectorización es indispensable contar con la información técnica del sistema existente (catastro) y la información comercial, ya que ambas permitirán conocer las condiciones reales del sistema y evaluar las pérdidas, para así evaluar las posibilidades de mejora y control para un mejor funcionamiento hidráulico

Fragoso, Ruiz y Zurvia-Flores (2016) afirman que:

“La necesidad de llevar a cabo la sectorización de la red de distribución se hace mayor mientras ésta sea más grande, y por consecuencia su operación se vuelve más compleja. De este modo, destacan dos características principales de las

grandes redes: funcionan con diversos niveles de presión a lo largo de la red, en el transcurso del día y de la noche y están formadas por una exagerada cantidad de circuitos cerrados, lo que en el medio se conoce como «fuertemente mallada»” (p.31).

### Criterios de sectorización

En el marco de las políticas de lucha contra las fugas para mejorar el rendimiento de las redes de agua potable, es conveniente realizar una sectorización que permita tener un seguimiento a diario de los caudales y consumos de red por red. Para ello, como primer paso se debe fraccionar la red en sectores pequeños con la finalidad de cuantificar la cantidad de usuarios con los que cuenta un sector y obtener el volumen que debe abastecer a ese sector, para que a través de la micromedición haya un control del caudal, es decir, que la suma de la lectura de todos los micromedidores debe coincidir con la lectura del macromedidor. Si bien es cierto la metodología de sectorización no es la solución definitiva, pero es la herramienta que todo organismo debe tener, considerándolo como un proyecto a largo plazo.

Como primer paso se debe analizar la información técnica y comercial de la zona de estudio para generar un balance hidráulico, a su vez, se debe emprender una campaña de levantamiento de información de campo (presiones y flujos), para así generar un modelo hidráulico del estado inicial y señalar las áreas de mejora, posteriormente, se proponen límites de los sectores evaluando escenarios para determinar la opción de mayor beneficio técnico y menor costo.

Los resultados obtenidos con esta metodología serían: Conformación de sectores controlados y monitoreados, moderación hidráulica del estado inicial y de la propuesta de mejora seleccionada, especificaciones y ubicación de los equipos necesarios para el control y monitoreo de los sectores



### Etapas de la sectorización

Fragoso, Ruiz y Zurvia-Flores (2016) mencionan que:

“El proceso de esta acción es largo y absorbe una importante cantidad de recursos humanos y económicos, por lo que debe partir de una planeación bien definida y sobre todo comprometida por parte de los responsables de la prestación del servicio de agua potable a una localidad. Las etapas que deben seguirse durante la sectorización son:” (p.31):

- 1) Catastro del sistema de distribución de agua potable.
- 2) Anteproyecto del sistema, definiendo puntos de alimentación y posibles interconexiones controladas para protección de eventualidades.
- 3) Diseño e implementación de un sector piloto, incluyendo las válvulas necesarias, los mecanismos para el control de las presiones, la medición de gastos de alimentación, así como la variación diaria de la demanda, ya sea que ésta sea supuesta o inferida por algunas mediciones.
- 4) Calibración de un modelo de simulación hidráulica sobre la base de las mediciones citadas en el punto anterior.
- 5) Ajustar el proyecto piloto a partir de la modelación, controlando las presiones, midiendo los gastos, y evaluando la relación entre presión y fugas.
- 6) Ampliación de la experiencia piloto a dos o tres sectores más.
- 7) Con los resultados obtenidos, puede evaluarse el proyecto integral de sectorización, con una muy buena aproximación sobre los costos y los beneficios que pueden esperarse.

### Relación de la presión y el caudal de fugas

Garzón y Thornton (2006) define que:

“Los sistemas de distribución de agua potable se diseñan de tal forma que cumplan ciertos estándares de servicio. Uno de estos, es asegurar una presión de operación mínima en todos los puntos de la red durante 24 horas al día. Esto significa que la presión mínima generalmente se alcanza solo en ciertos puntos críticos de la red que, por su posición altimétrica o su distancia de las fuentes de alimentación o por la combinación de estas dos situaciones generan restricciones hidráulicas al funcionamiento del sistema” (p.1).

Considerando una red limitada, al eliminar fugas en una conducción aumentará la presión de la misma y del sistema en sí, lo cual transmitirá el problema de la fuga (ya entonces reparada) a otro punto. Por esto, es fundamentalmente importante no atacar de manera aislada cada fuga, sino verificar que las condiciones de la Red sean óptimas para liberar la presión que eventualmente aumentará al reparar una fuga, en especial siendo ésta de magnitud considerable. Una de las acciones más efectivas que se relacionan con el control de las presiones es la sectorización , ya que permite controlar el comportamiento de la red y su funcionamiento hidráulico (Ojeda, 2011, p.13).

Adicionalmente, la cantidad de agua que el sistema distribuye varía diariamente con picos de demanda en horas de la mañana y de la tarde, seguidos por periodos de bajo consumo durante la noche y ciertas horas del día. Teniendo en cuenta que, el sistema se diseña para asegurar durante todo el día la presión mínima, este mismo mínimo sólo se alcanza realmente durante cortos periodos de tiempo que coinciden con los picos de la demanda del sistema; el resultado de este criterio de diseño es que para una gran parte del día el sistema de distribución está sujeto a presiones excesivas (Garzón y Thornton, 2006, p.1).

Capella (2011) nos dice que:

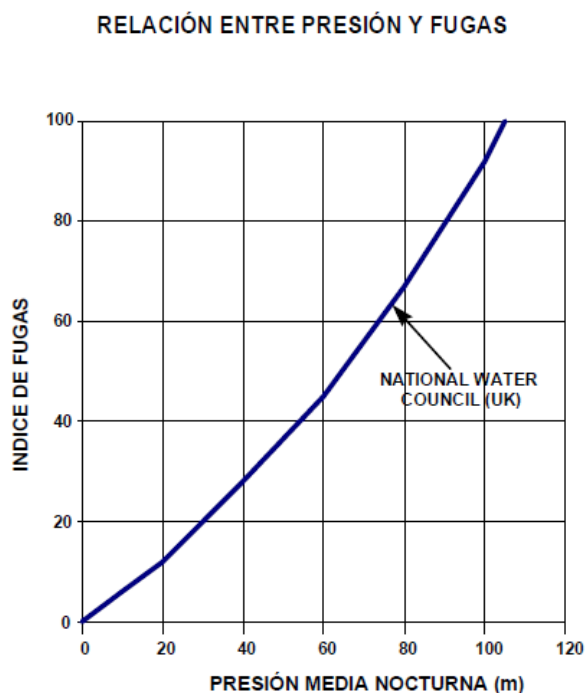
“La forma de romper este círculo vicioso y lograr que la reparación de fugas sea eficaz, consiste en instalar un control de presiones mediante válvulas reductoras de presión y delimitar zonas de control de presión en cada uno de los sectores. Se logrará así una reducción de fugas por el solo hecho de controlar las presiones e impedir que aumenten durante la noche y que al reparar las fugas no se generen otras por el aumento de presiones consiguiente” (p.8).

La influencia que tienen las presiones sobre el nivel de fugas se puede ver en una gráfica determinada por el British Water Council a partir de un estudio en varias redes del Reino Unido. En esta gráfica influyen tanto los gastos de fugas debidos a la presión como la incidencia de roturas de la red (Capella, 2011, p.8)

La lectura de esta gráfica es la siguiente:

- Para 30 m de presión media nocturna se tiene un índice de 20
- Para 60 m de presión media nocturna se tiene un índice de 45.

Es decir, la expectativa de fugas sería de más del doble si la presión de la red es de 60 m en vez de 30 m.



### Reducir la presión en la red disminuye el agua perdida por fuga

En las áreas que carecen de gestión de la presión, la presión en el sitio del consumidor más lejano conocido como punto crítico varia en relación con el consumo de agua en tiempo real. La presión excesiva en los periodos de bajo consumo provoca un significativo aumento en las fugas y pérdidas con volúmenes relativamente grandes de agua derramándose en el suelo sin que se observen al nivel de la calle, las consecuencias son un consumo no facturado por la empresa de agua y una mayor frecuencia de rotura en las líneas de distribución, ya que, la gestión de la presión se ocupa de las presiones excesivas en los periodos de baja demanda.

### 2.3. Formulación de Hipótesis

El control de presiones de agua potable a través de la metodología de sectorización, mejorará el sistema de agua potable en el Distrito de Chocope”

### 2.4. Variables

Variables	Descripción
Independiente (V.I.):	Control de presiones de agua potable
Dependiente (V.D.):	Sistema de agua potable del Distrito de Chocope

### Operacionalización de Variables

Variable	Indicador	Medición	Unidad	Instrumentos
Control de presiones de agua	% reducción de pérdidas de agua en el sistema de agua potable del Distrito de Chocope	Volumen Presión Caudal	m <sup>3</sup> m.c.a. lts/seg	Excel Métodos de Ingeniería Hidráulica

### **III Metodología de Investigación**

#### **3.1. Tipo y Nivel de Investigación**

*3.1.1. Clasificación según el objeto de estudio:*

Investigación Aplicada

*3.1.2. Clasificación según el nivel de medición y análisis de la información:*

Investigación Descriptiva

*3.1.3. Clasificación según las fuentes de información:*

Investigación de Campo

#### **3.2. Población y Muestra**

##### **3.2.1. Población.**

Sistema de Agua Potable de La Libertad

##### **3.2.2. Muestra.**

Sistema de Agua Potable del Distrito de Chocope de La Libertad

#### **3.3. Técnicas e Instrumentos de Investigación**

##### **Recopilación de Datos.**

- Se realizaron entrevistas y reuniones con el personal del área comercial y operativa, manteniendo un encuentro formal y planificado, en donde se expusieron todos los puntos necesarios para dar inicio al desarrollo de la presente investigación. La información facilitada por los entrevistados fue detallada y explícita.

##### **Etapa de Campo.**

- Se realizó el reconocimiento del terreno en el ámbito de influencia del proyecto, para definir las condiciones de trabajo y evaluar las ventajas y dificultades que se presentan.

- Se realizó la recopilación y evaluación de puntos topográficos existentes en la zona del proyecto.
- En primer lugar, para dar inicio a los trabajos, se toma como punto de partida los puntos georeferenciados de SEDALIB S.A. facilitados por su área de catastro técnico.
- En base a estos puntos se inician los trabajos de campo con los equipos topográficos, para definir la Poligonal Principal, con sus longitudes, ángulos y direcciones.
- Para el caso de la Poligonal Principal de control básico, los levantamientos topográficos se efectuaron esta se realizó utilizando la estación total con un alcance de 2.5 Km y nivel de ingeniero como equipo de precisión angular de  $\pm 3''$ , con lo cual se han efectuado las lecturas angulares directas e invertidas de cada vértice de la poligonal, así como las distancias con lecturas de ida y vuelta; básicamente para poder obtener niveles de error mínimos.
- Para la obtención de los planos topográficos se tomaron los puntos de relleno taquimétrico desde los vértices de la poligonal, por el método de radiación, los mismos que han sido materializados en el terreno mediante estacas de fierro de 3/8 y pintura en la parte superior exterior, los mismos que sirven como BMs de control.

#### **Procesamiento y Análisis de Datos.**

- Luego de las visitas efectuadas, se determinó realizar los trabajos de campo y gabinete con la finalidad de elaborar los planos topográficos respectivos, con sus respectivas curvas de nivel para así poder definir los desniveles.

### **3.4. Diseño de Investigación**

#### **3.4.1. Diseño de Investigación Documental.**

Es aquella que se basa en la obtención y análisis de datos provenientes de materiales impresos u otros tipos de documentos.

Toda esta información documental fue facilitada por la empresa SEDALIB S.A., la cual consiste en:

En la Investigación de campo se realizó:

- La inspección in situ de la zona del ámbito de influencia del proyecto, en donde se realizó el levantamiento topográfico correspondiente (altimetría y planimetría).
- Se analizó la estructura de captación y almacenamiento.
- Se elaboran los planos, con curvas de nivel y de redes existentes

### **3.5. Procesamiento y Análisis de Datos**

#### **3.5.1. Procedimientos.**

Si queremos mejorar las condiciones de un sistema de suministro de agua en servicio existen dos alternativas: la primera es la gestión de presiones sobre la red a través de la sectorización, mediante la instalación de controles de presión en puntos estratégicos, con lo cual se busca disminuir el nivel de pérdidas de agua por fugas y extender la vida de las tuberías; la segunda alternativa mide la forma cómo la red reaccionará ante la falla de alguno de sus elementos para así determinar cuáles son los elementos más débiles y proponer su intervención, mejorando la respuesta de la red.



En el primer caso, una manera de realizar la gestión de presiones es dividiendo físicamente la red en sectores hidráulicos independientes, controlados mediante válvulas reguladoras de presión, metodología que a nivel mundial ha demostrado ser una forma eficiente de disminuir las pérdidas de agua causadas por la presencia de fugas. Sin embargo, y debido a esta división, la sectorización al parecer reduce la respuesta de una red ante el fallo de uno de sus elementos, haciéndola más vulnerable.

Para gestionar eficientemente un sistema de abastecimiento de agua potable, es necesario que su tamaño sea adecuado con el fin de poder analizar su comportamiento a un nivel de detalle que permita focalizar acciones correctoras y establecer objetivos de mejora de la gestión. Muchos investigadores e ingenieros de campo han aportado distintos criterios a la hora de dividir una red en pequeños sectores, facilitando de esta manera el manejo del sistema por áreas.

Para ello, es indispensable conocer todos los detalles la red de distribución existente, por lo que, se ha elaborado un Diagnostico Comercial y Operacional descritos a continuación:

#### ***3.5.1.1. Diagnóstico Comercial.***

SEDALIB S.A, tiene bajo su ámbito la mayor parte de las localidades urbanas, no habiendo incursionado aún en las localidades de la sierra.

A la fecha, el ámbito de responsabilidad de la empresa SEDALIB S.A. comprende a las provincias de Trujillo, Ascope y Chepén.

**La Provincia de Trujillo**, que comprende ocho (08) localidades que son: de Trujillo, El Porvenir, Florencia de Mora, La Esperanza, Víctor Larco, Huanchaco, Moche y Salaverry.

**La Provincia de Ascope**, que comprende tres (03) localidades que son: Chocope, Puerto Malabrigo y Paiján.

**La Provincia de Chepén**, que comprende dos (02) localidades, que son: Chepén y Pacanguilla.

Las trece (13) localidades que conforman actualmente el ámbito jurisdiccional de SEDALIB S.A., que en su mayoría son poblaciones urbanas, a diciembre del 2018 cuenta con una población de 1,026,532 de habitantes, estimada sobre la base del censo del 2007.

Finalizado el año 2014 hasta diciembre del 2018, e incluyendo los años que van del 2do. Quinquenio Regulatorio del Estudio Tarifario 2014 – 2019, la población se ha incrementado anualmente respecto al año anterior en un promedio de 17,846 habitantes, que corresponde a un incremental porcentual de 1.80% anual en el año 2018 respecto al año.

La población de la Provincia de Chocope en el ámbito jurisdiccional de SEDALIB S.A., al mes de diciembre 2018 es de 5,325 habitantes, frente a 5,227 habitantes que existían en el año 2014.

Tabla 1. *Población bajo el ámbito de SEDALIB S.A. en la Localidad de Chocope*

Localidad	2014	2015	2016	2017	2018
Chocope	5,227	5251	5,276	5,300	5,325

Fuente: Boletín Institucional GDE

La población servida comprendida en el ámbito jurisdiccional de SEDALIB S.A., es calculada considerando el total de unidades de uso de categoría residencial, incluyendo los servicios atendidos mediante piletas y la densidad habitacional estimada sobre la base del censo del 2007.

Tabla 2. *Población Servida con el Servicio de Agua para Consumo Humano en la localidad de Chocope*

Localidad	2014	2015	2016	2017	2018
Chocope	4,887	4,995	5,108	5,272	5,272

Fuente: Boletín Institucional GDE

La población servida de agua potable para consumo humano a nivel de empresa en el Distrito de Chocope al mes de diciembre del 2018 es de 5,272 habitantes, y al finalizar el año 2014 alcanzaba a 4,887 habitantes, registrándose un incremento de 7.30%.

Tabla 3. *Cobertura del Servicio de Agua Para Consumo Humano en la localidad de Chocope*

Localidad	Hab. x	2014	2015	2016	2017	2018
	UU					
		%	%	%	%	%
Chocope	4.02	93.49	95.12	96.81	99.66	99.66

Fuente: Boletín Institucional GDE

Teniendo en cuenta que en el Distrito de Chocope la densidad poblacional es de 4.02 hab/viv., y considerando los datos reportados, podemos decir que, a diciembre del 2018 en el Distrito de Chocope la cobertura de agua potable llegó a 99.66%; siendo la segunda localidad del ámbito jurisdiccional de SEDALIB S.A. en lograr un nivel alto de cobertura al 2018, debido a los proyectos de ampliación de agua potable realizados por el estado.

Antes de efectuar el análisis de las conexiones por servicio identificado su estado y nivel de micromedición, es necesario comentar la evolución de las unidades de uso de agua potable por las que se factura; por cuanto de una conexión puede tener dos o más unidades de uso, por tanto, se precisa:

Tabla 4. *Unidades de uso activas e inactivas de agua para consumo humano en la localidad de Chocope*

Localidad	2014	2015	2016	2017	2018		
					Activas	Inactivas	Total
Chocope	1,340	1,372	1,396	1,469	1,260	257	1,517

Fuente: Base datos Comercial. GCOM SGII

De la evaluación de la información comercial, al mes de diciembre del 2018 se tiene registrado 1,517 unidades de uso de agua potable en el Distrito de Chocope, de las cuales el 83.06% tienen estado activos y el 16.94% tienen estado inactivas.

Tabla 5. *Conexiones Activas e Inactivas de Agua para Consumo Humano en la localidad de Chocope*

Localidad	2014	2015	2016	2017	2018		
					<b>Activas</b>	<b>Inactivas</b>	<b>Total</b>
Chocope	1,327	1,355	1,372	1,427	1,215	252	1,467

Fuente: Base datos Comercial. GCOM SGII

Para efectos de determinar la línea base comercial, las conexiones de agua potable se han clasificado por su estado en activas e inactivas. Asimismo, las conexiones inactivas son las que resultan de las acciones coercitivas de corte por morosidad y por corte temporal a solicitud del usuario. A diciembre del 2018 el número de conexiones de agua potable es de 1,467, mientras que en el año 2014 fue de 1,327 conexiones, lo cual ha registrado un incremento de 140 conexiones representando el 9.54%.

De la evaluación realizada de la información comercial al diciembre del 2018, se tiene que el 82.82% son activas y el 17.18% son inactivas.

Tabla 6. *Conexiones de Agua Activas e Inactivas con Medidor en la localidad de Chocope*

Localidad	2014	2015	2016	2017	2018		
Localidad	2014	2015	2016	2017	2018		
	<b>Conx</b>	<b>Conx</b>	<b>Conx</b>	<b>Conx</b>	<b>Activas</b>	<b>Inactivas</b>	<b>Total</b>
	<b>c/medidor</b>	<b>c/medidor</b>	<b>c/medidor</b>	<b>c/medidor</b>			<b>Conx</b>
							<b>c/medidor</b>
Chocope	705	1,205	1,064	1,334	1,185	191	1,376

Fuente: Base datos Comercial. GCOM SGII

La línea base comercial a diciembre del 2018, para el sistema de medición en la empresa SEDALB S.A. con respecto a la localidad de Chocope, y de acuerdo a la información del cuadro 5 y 6 tenemos: Se tiene un factor de conexiones activas e inactivas con medidor del 93.80%, lo que significa que existe una brecha de 6.20% del total de conexiones que no se facturan con medición, estableciéndoles un volumen promedio o asignado de la estructura tarifaria.

Tabla 7. *Distribución de Conexiones con Medidor por Antigüedad en la localidad de Chocope*

Localidad	A diciembre 2018						Total
	0 a 1 año	1 a 2 años	2 a 3 años	3 a 4 años	4 a 5 años	Más de 5 años	
Chocope	74	314	127	824	3	34	1,376

Fuente: Base datos Comercial. GCOM SGII

En el Cuadro 7 se puede observar que existen 34 medidores con antigüedad mayor a los 5 años, es decir ya cumplieron su vida útil y por tal motivo estarían registrando una cantidad de volumen inadecuada de agua consumida, y, por ende, afectando negativamente a los parámetros de control de micromedición, a través de la sectorización podrían ser detectados rápidamente para su renovación. Ya que, la existencia de medidores en mal estado es una de las principales causas de agua no facturada, por lo tanto, de registro de pérdidas.

Es necesario tomar medidas preventivas y correctivas, y dentro de estas, debe ser prioridad para la empresa SEDALIB contar con una sectorización adecuada con una cobertura al 100%, para así poder contar con una sostenibilidad en el periodo de vida útil del medidor, favoreciendo la gestión empresarial, cuyo impacto se puede apreciar en:

- El incremento de la continuidad horaria del abastecimiento de agua.
- En el mejoramiento de las presiones en la red de agua.
- Contribuye en la reducción de las pérdidas del Agua no facturada.
- Favorece el mejoramiento de los ingresos.
- Determinación del consumo real de los usuarios del servicio

### **3.5.1.2. Diagnóstico Operacional.**

➤ Fuente de agua: Cuenca del Río Chicama

La cuenca del río Chicama está ubicada en las regiones de La Libertad y Cajamarca. La unidad hidrográfica en la región La Libertad comprende cuatro (04) provincias: Ascope, Gran Chimú, Santiago de Chuco y Otuzco; y en la región de Cajamarca comprende dos (02) provincias: Contumaza y Cajamarca. Así mismo, la cuenca Chicama abarca dieciséis (16) distritos en la región La Libertad y cuatro (04) distritos en la Región Cajamarca.

Esta cuenca, tiene una extensión total de 4,518.04 Km<sup>2</sup> y un perímetro de 427.24 Km. De la extensión total de la cuenca, aproximadamente el 42% (1 897.58 Km<sup>2</sup>), corresponde a la cuenca húmeda. El cauce principal de la cuenca Chicama recorre en dirección noroeste desde las nacientes del río Huancay, en donde el río Chicama nace con el nombre de río Perejil que mantiene hasta

Coina, a partir del cual toma el nombre de río Huancay hasta su confluencia con el río Chuquillanqui, a partir del cual, cerca de la localidad de Panana a 700 msnm, a partir de la hacienda El Tambo, se desplaza en dirección sureste con el nombre de río Chicama, cuya longitud es de 169.2 Km, hasta llegar al Océano Pacífico. Este río es de régimen irregular, sin embargo, presenta una estación de avenidas que ocurre comúnmente durante los meses de diciembre a mayo y una época de estiaje durante el resto del año. Altitudinalmente se extiende desde el nivel del mar hasta la línea de las cumbres de la cuenca del Río Marañón llegando a una altura aproximada de 4,286 msnm.

La extensión del acuífero es de aproximadamente 1,261.48 Km<sup>2</sup> y abarca los distritos de Rázuri, Casa Grande, Paiján, Chocope, Magdalena de Cao, Santiago de Cao y mínimamente Huanchaco, Chicama, Sinsicap, Ascope, San Pedro de Lloc y San Benito, éste último pertenece al departamento de Cajamarca.

En este contexto, los pozos de SEDALIB S.A. se encuentran distribuidos en tres distritos: Chocope (02 pozos), Paiján (02 pozos) y Rázuri (02 pozos), mediante los cuales se abastece a los habitantes de estos distritos que pertenecen a la provincia de Ascope.

La demanda hídrica de esta cuenca ha identificado demandas de tipo poblacional, minero y agrícola; la misma que utiliza 352.3 millones de m<sup>3</sup> para uso agrario, 27.5 millones de m<sup>3</sup> para uso no agrario que dan un total de 379.8 millones de m<sup>3</sup>.



➤ Evaluación de la Calidad de Agua de los Pozos

Para garantizar la calidad del agua que llega a los domicilios se suministra cloro gaseoso al 99.9 % y se inyecta al sistema en el árbol de descarga de cada pozo mediante bombas booster, la dosificación varía de 0.5 a 1.0 ppm.

Se debe prever la inclusión de equipos de cloración (balanza de plataforma de 500 Kg, clorinador, electrobomba trifásica) a todos los pozos.

**Captaciones**

Chocope se abastece a través de agua subterránea con explotación del acuífero mediante 02 pozos tubulares:

**Pozos Profundos:**

**Pozo Chocope 1.-** Pozo profundo que está ubicado en el parque junto al reservorio antiguo, tiene una profundidad de 24.80 metros, con Nivel Estático 12.50 metros, Nivel Dinámico 13.10 metros y una antigüedad de 48 años; su rendimiento es de 15.00 l/s, el árbol de salida y de descarga es de 6 pulgadas de diámetro.

**Pozo Chocope 2.-** Está ubicado en el parque junto al reservorio antiguo, el pozo tiene una profundidad de 51.16 metros, con Nivel Estático 3.67 y Nivel Dinámico 7.91 y con antigüedad de 43 años. Su rendimiento es de 32.00 l/s, el árbol de salida y de descarga es de 6 pulgadas de diámetro.

Tabla 8. Sistema de Captación de Agua Subterránea de la localidad de Chocope

Pozos	Caudal (lps)	Potencia HP (medio)	Profundidad (m)	Nivel estático	Nivel dinámico	Año de perforación	Estado
Chocope 1	15	29.50	24.80	12.50	13.10	1970	Regular
Chocope 2	32	18.00	51.16	3.67	7.91	1975	Regular
<b>Total</b>	<b>47</b>						

Fuente: Base datos Operacional. GOM - SEDALIB

En los árboles de salida de los pozos se deben instalar macromedidores de tecnología ultrasonido y/o electromagnéticos y automatizados para operación a distancia.

### **Volumen de Producción**

El volumen de agua potable para la localidad de Chocope producido de julio 2017 hasta junio 2018 fue de 325,873 M3 aproximadamente.

### **Reservorios**

Chocope cuenta con un reservorio elevado antiguo, de 42 años de antigüedad, que se encuentra inoperativo por problemas técnicos estructurales; este reservorio tiene una capacidad efectiva de 350 m3.

En el año 2015, se ha construido un nuevo reservorio elevado de 500 m3 de capacidad, el mismo que se encuentra operando para abastecer a la población.

Tabla 9. *Infraestructura de Almacenamiento*

Reservorio	Tipo	Material	Capacidad m3	Año de construcción	Estado
Chocope	Elevado	Co Ao	500.00	2015	Operativo

Fuente: Base datos Operacional. GOM - SEDALIB

### **Instalaciones de Desinfección**

El sistema de desinfección instalado en cada fuente de producción de agua, básicamente está conformado por balones de cloro gas, balanza de plataforma de 500 kg., clorinador y electrobomba trifásica, como los respectivos medidores de cloro residual o comparadores.

El agua proveniente de las fuentes de abastecimiento recibe una dosificación de 1.0 a 1.30 ppm de cloro, obteniendo una concentración residual de 0.5 ppm en la conexión domiciliar ubicada en el punto más desfavorable de la red de distribución.

A junio 2018, la eficiencia de cloro residual en las redes es del 100 % y las muestras no satisfactorias de Coliformes Termotolerantes y turbiedad son de 0%.

## **Líneas de Impulsion**

### **Línea de Impulsión**

La única línea de impulsión utilizada a la fecha es la de los pozos: Pozo Chocope 1 y 2 bombeando al reservorio, tubería de 6 pulgadas de diámetro, con una longitud de 16.00 metros de material de fierro fundido; la presión máxima es de 40 mca y está en buenas condiciones.

### **Línea de Aducción**

En la actualidad se tiene una única línea de aducción desde el reservorio existente hacia las redes de distribución, con una longitud aproximada de 120 metros de 8 pulgadas de diámetro Asbesto Cemento; la antigüedad de la línea es de 48 años, la presión máxima es de 25 mca, su estado es regular.

## **Redes de Distribucion**

### **Redes de Distribución**

Las redes de distribución han sido renovadas el año 2015. Los diámetros de las tuberías varían desde 63mm (2") hasta 100mm (4"), el material es de PVC. Se tiene 11.800 Km de redes en total.

### **Conexiones Domiciliarias de Agua Potable**

Los diámetros de las tuberías varían desde 12.5mm (1/2") hasta 18.75mm (3/4"), el material es PVC. La micromedición debe instalarse al 100 % de las conexiones, ya que existen muchas conexiones que no cuentan con medidor, y

esto conlleva a tener una brecha de agua no facturada que es considerada como pérdidas de agua.

### Sectores de Abastecimiento

La distribución de agua potable se realiza a través de 01 sólo sector de abastecimiento, con una continuidad de 12 horas día, en el periodo de 05:00 hasta 17:00 horas.

Se ha calculado una dotación promedio per cápita de 171.69 l/hab/día teniendo en cuenta la producción total y población atendida.

### Agua No Facturada

Tabla 10. *Agua No Facturada (Producción - Facturación = ANF) Jul 2017 a Jun 2018*

Localidad	Concepto	2017					
		Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Chocope	Producción	26,687.0	24,688.0	24,725.0	24,785.3	24,624.0	25,849.00
		0	0	0	6	0	
	Facturación	16,441.0	15,491.0	15,974.0	16,791.0	14,578.0	14,895.00
		0	0	0	0	0	
	Agua no facturada	10,246.0	9,197.00	8,751.00	7,994.36	10,046.0	10,954.00
		0				0	
	% ANF	38.39%	37.25%	35.39%	32.25%	40.80%	42.38%

Concepto	2018						Total Jul
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	2017 a Jun 2018
<b>Producción</b>	26,444. 00	24,993.00	26,999.00	25,601.00	25,060.00	22,236.00	302,691.36
<b>Facturación</b>	15,892. 00	16,335.00	15,796.00	17,527.00	16,002.00	16,070.00	191,792.00
<b>Agua no facturada</b>	10,552. 00	8,658.00	11,203.00	8,074.00	9,058.00	6,166.00	110,899.36
<b>% ANF</b>	39.90%	34.64%	41.49%	31.54%	36.15%	27.73%	36.64%

### 3.5.2. Técnicas de Procesamiento de Datos.

**AutoCAD:** Es un programa para diseño de dibujo por computadora que permite plasmar el diseño propuesto mediante los dibujos hechos mediante levantamientos topográficos u otros.

**AutoCAD Civil 3D:** Al igual que el AutoCAD es un programa para diseño de dibujo por computadora que permite plasmar el diseño propuesto mediante los dibujos hechos mediante levantamientos topográficos u otros, así mismo permite realizar perfiles y movimiento de tierras u otros.

**Word 2016:** Procesamiento de datos y elaboración de informes.

**Excel 2016:** Nos permite realizar procesamiento de datos y de diseño, tablas estadísticas, cálculos a través de fórmulas matemáticas y gráficos.

### 3.5.3. Técnicas de Análisis de Datos.

#### ➤ *Topografía.*

##### *Conocimiento de Terreno.*

Para poder realizar un buen levantamiento topográfico es necesario hacer un estudio del área de trabajo, el cual es requisito reconocer en primer lugar el terreno a fin de tener una idea de la topografía y el tipo de levantamiento que se realizara, los instrumentos a usar, y ubicar el BM punto de inicio para dar inicio al levantamiento topográfico.

##### *Levantamiento Topográfico.*

Todo proyecto de ingeniería parte con realizar un levantamiento topográfico y replanteo de las todas las áreas y ámbito de influencia del terreno sobre el cual se realizarán los estudios, para luego representarlo gráficamente en su forma planimetría como es su forma altimetría,

Hoy en día con el avance de la tecnología, existen muchos equipos electrónicos que nos permiten un mejor alcance y más rápido trabajo de las áreas de estudio, tales como el teodolito electrónico, la estación total, la fotometría, fotografía aérea, los drones, GPS y otros equipos que van conectados a un computadora y con el software necesario para procesar la información recolectada de la zona donde se realizó el levantamiento topográfico y mínimos márgenes de error, en el menor tiempo posible, en modelos tridimensionales.

##### *Curvas de nivel.*

Las curvas a nivel son las líneas que se obtuvieron al unir todos los puntos que se levantaron en el terreno. Dichas curvas van separadas por una equidistancia, que es la distancia entre dos curvas de nivel

consecutivas, las curvas de nivel se le diferencia en dos formas, las curvas mayores que son las que van sombreadas y las curvas menores que son las que están separadas por una equidistancia. La selección de la equidistancia depende principalmente de:

- Escala del plano.
- Topografía del terreno.
- Objeto por el que se ejecuta el plano.

### ***Levantamiento Altimétrico.***

El levantamiento topográfico consiste únicamente en dos etapas: El trabajo de campo y el trabajo de gabinete.

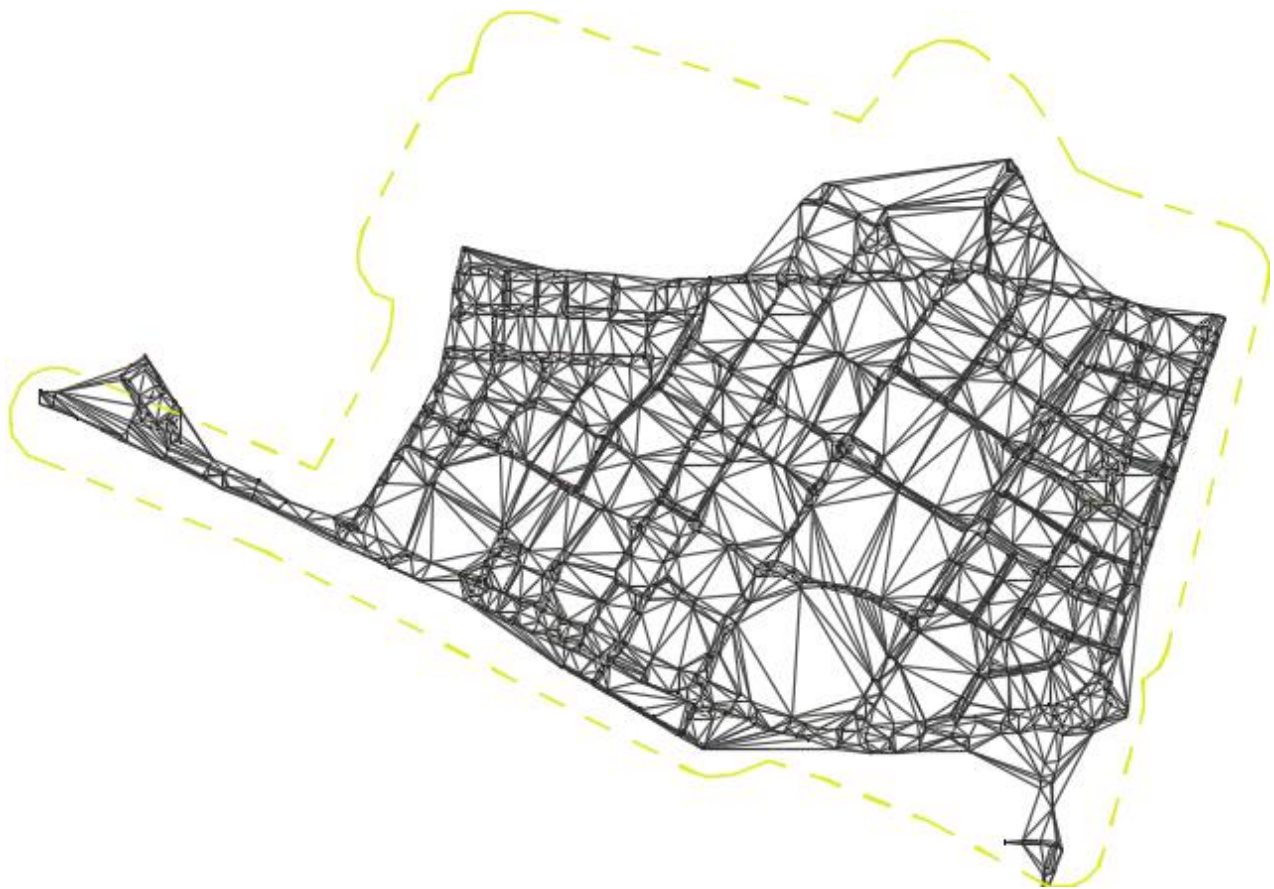
En campo básicamente se recolecta la información a través de los equipos especializados y luego se procede al trabajo de gabinete.

Levantamiento plan métrico: Se realizaron las siguientes actividades:

- Compensación final de los ángulos de la poligonal.
- Cálculo de las distancias de los lados de la poligonal.
- Cálculo de los azimutes y rumbos de los lados de la poligonal.
- Cálculo y compensación de las proyecciones (x, y) de los lados de la poligonal.
- Dibujo del plano topográfico a escala.

Levantamiento altimétrico: Sirvió para tomar el ángulo vertical entre cada vértice de la poligonal, para posteriormente, llevar a cabo una nivelación taquimétrica y elaborar el plano de curvas de nivel.





*Figura 6.* Red del Distrito de Chocope – Poligonal  
fuente propia plano Topografico

#### Resultados.

Luego de realizar los trabajos en el terreno donde se está realizando el estudio se procede ir al gabinete se dibujaron los planos a curvas de nivel que se indica a continuación, los cuales han servido para sectorizar la red de agua potable existente.



*Figura 7.* Red del Distrito de Chocope – Curvas de Nivel

**fuelle propia plano Topografico**

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Resumen de los Resultados

#### Balance Hídrico

El cuadro a continuación muestra el Balance Hídrico del Distrito de Chocope, que se elaboró de acuerdo a todos los datos comerciales y operacionales recaudados de acuerdo a las técnicas de investigación aplicadas en este estudio.

Tabla 11. *Balance Hídrico Chocope*

<b>VOLUMEN EN TOTAL SUMINISTRADO</b> <b>22,236 M3</b>	<b>VOLUMEN TOTAL CONSUMIDO</b> <b>18,955.00</b>	<b>CONSUMO FACTURADO</b> <b>16,070.00</b>	<b>CONSUMO MEDIDO FACTURADO</b> <b>12,856.00</b> <b>57.82%</b>		<b>AGUA FACTURADA</b> <b>16,070.00 M3</b> <b>72.27% AF</b>	
			<b>CONSUMO NO MEDIDO Y FACTURADO</b> <b>3,216.00</b> <b>14.45%</b>			
		<b>CONSUMO NO FACTURADO</b> <b>2,885.00</b>	<b>CONSUMO MEDIDO Y NO FACTURADO</b> <b>2,072.00</b> <b>9.32%</b>			<b>AGUA NO FACTURADA</b> <b>6,166.00 M3</b> <b>27.73% ANF</b>
			<b>CONSUMO NO MEDIDO Y NO FACTURADO</b> <b>813.00</b> <b>3.66%</b>			
	<b>VOLUMEN DE PERDIDAS</b> <b>3,281.00</b>	<b>PERDIDAS APARENTES</b> <b>1,053.00</b>	<b>USOS NO AUTORIZADOS</b> <b>715.00</b> <b>3.22%</b>			
			<b>ERRORES DE MEDICION</b> <b>338.00</b> <b>1.52%</b>			
		<b>PERDIDAS REALES</b> <b>2,228.00</b>	<b>FUGAS EN EL SISTEMA DE CONDUCCION Y DISTRIBUCION</b> <b>700.00</b> <b>3.15%</b>			
			<b>FUGAS EN ACOMETIDAS</b> <b>1,528.00</b> <b>6.87%</b>			

Podemos observar que las estimaciones de fugas para toda la ciudad son del orden del 10.02 % del suministro. Las presiones altas en la zona contribuyen seguramente en forma importante a este índice de fugas.

## 4.2. Prueba de Hipotesis

### Análisis de Captación y Almacenamiento de Agua Potable

#### ➤ Captación de agua

De acuerdo con el diagnóstico operacional, la capacidad de captación del sistema de agua está dada por el caudal de explotación de sus 02 pozos tubulares. El balance pasivo de la oferta y demanda de captación se puede apreciar en el siguiente gráfico:

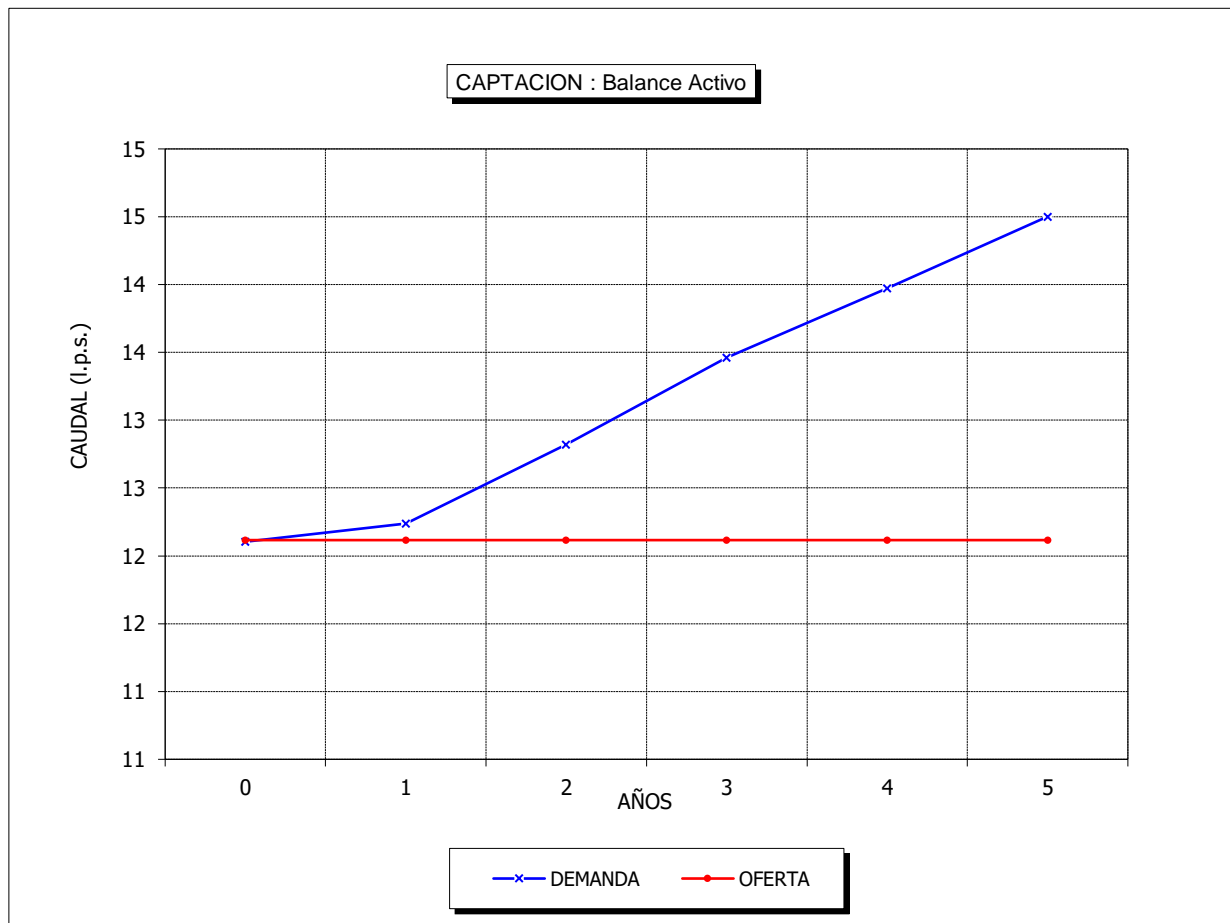


Figura 8. Demanda vs. Oferta

Para el horizonte del presente estudio no se necesitan inversiones en perforación de nuevos pozos. La producción actual es más que suficiente. El gráfico muestra el balance activo de la captación de los últimos 5 años (2014-2018), encontrando que el caudal brindado por las fuentes de abastecimiento está muy por encima de lo requerido, por lo tanto, es necesario un control de la demanda.

➤ Almacenamiento de agua potable

La capacidad de almacenamiento en Chocope está determinada por su reservorio elevado. El siguiente gráfico, correspondiente al balance activo, resulta ser similar al balance pasivo, pues como se indica en líneas anteriores, la capacidad del reservorio es más que suficiente para satisfacer la demanda de la población; el nuevo reservorio elevado ha sido construido en el año 2015.

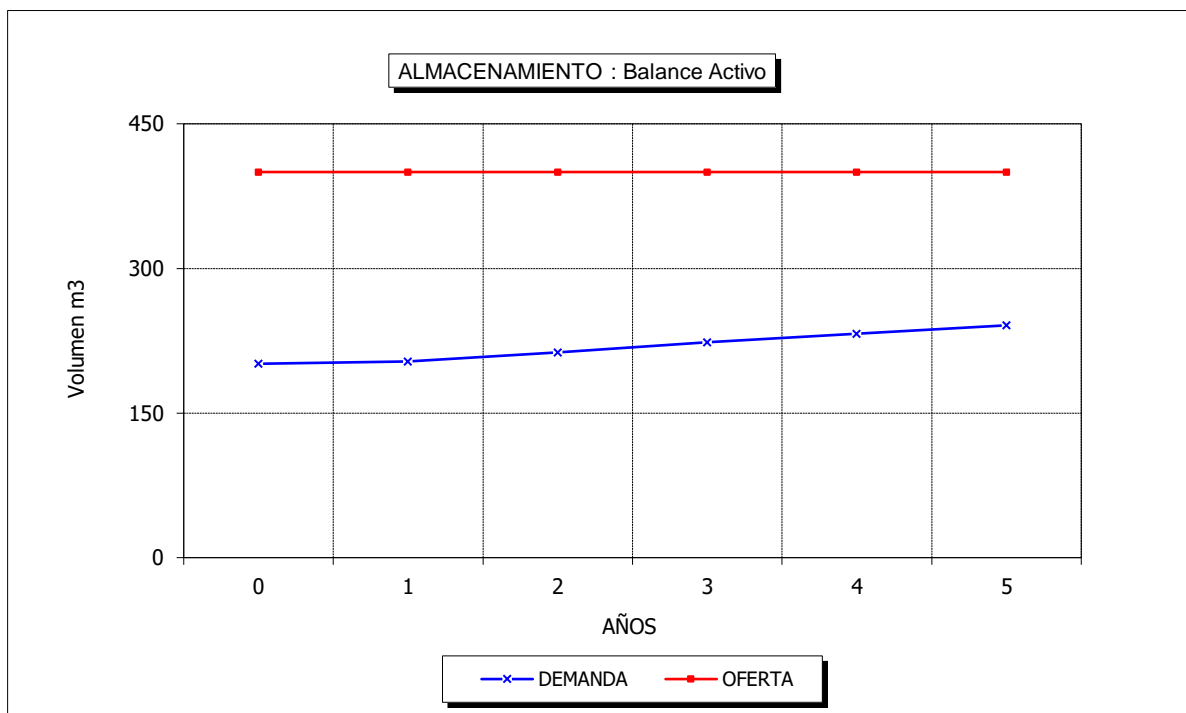


Figura 9. Balance Activo del Reservorio de Chocope

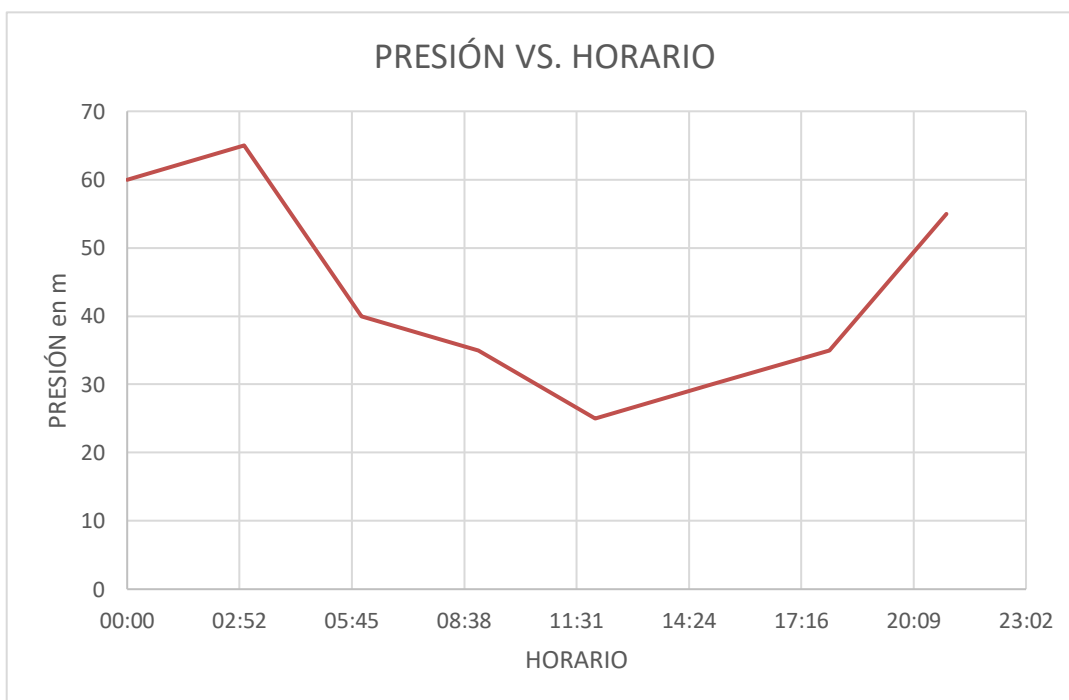
De acuerdo a este cálculo hidráulico simple, podemos observar que Chocope no necesita mayor inversión en infraestructura de captación y de almacenamiento, y que, es conveniente reducir el consumo diario de agua porque sus caudales están un poco elevados como consecuencia de la buena demanda que tienen sus fuentes.

N° de Familias		<b>1,467</b>	Fam.
N° Personas/familia		<b>4.02</b>	Per.
Población Actual	$Pf = Pa \left( 1 + \frac{rt}{100} \right)$	5,897	Hab.
		5,897	Hab.
N° de conexiones existentes		<b>1,467</b>	Conex domiciliarias
Dotación de agua doméstico lt/per/día		<b>172</b>	l/per/día
Coeficiente de Variación Diaria (K1)		1.3	
Coeficiente de Variación Horaria (K2)		2.0	
Caudal medio (Qp)		11.72	l/seg.
Caudal Máximo Diario		15.23	l/seg.

Caudal Máx. Horario	23.44	l/seg.
Volumen de Reservorio Predimensionado	253.13	m <sup>3</sup>
<b>Volumen de Reservorio Adoptado</b>	<b>500</b>	<b>m<sup>3</sup></b>

### Control de Presiones

Chocope no cuenta con desniveles muy marcados y su topografía no es accidentada, por lo que, el control de presiones es mucho más factible y manejable. En un punto bajo de la red se midieron las siguientes presiones:



*Figura 10. Presión vs. Horario*

Como se ve en la figura 10, las presiones mínimas son de 25 m y crecen hasta 65 m cuando los flujos nocturnos se reducen y por lo tanto las pérdidas son provocadas por exceso de presión. Una parte considerable de los flujos nocturnos se debe a las fugas, que deben ser mayores por la noche al aumentar las presiones.

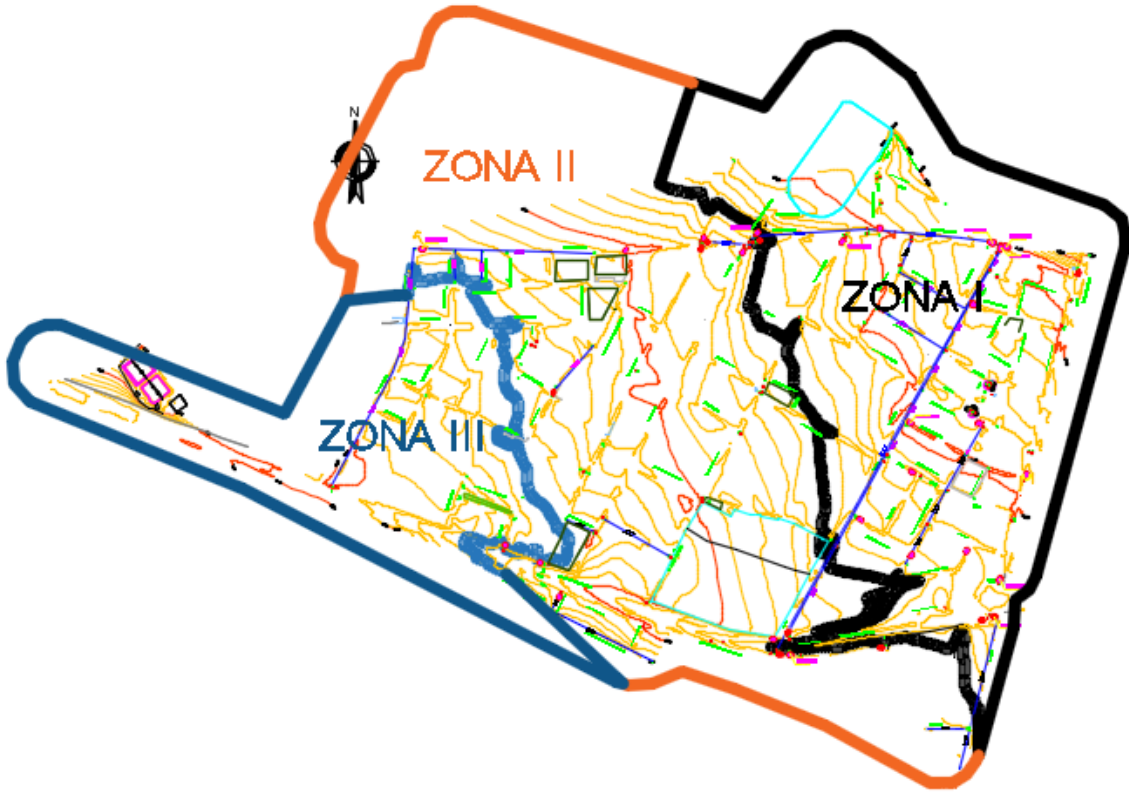
La forma de romper este círculo vicioso y lograr que la reparación de fugas sea eficaz, consiste en instalar un control de presiones mediante válvulas reductoras de presión y delimitar zonas de control de presión en cada uno de los sectores. Se logrará así una reducción de fugas por el solo hecho de controlar las presiones e impedir que aumenten durante la noche y que al reparar las fugas no se generen otras por el aumento de presiones consiguiente.

Consumos. - Se consideró un consumo específico de 1.5 lps/km de red para las zonas de nivel socioeconómico medio, de 2.0 lps/km para las zonas populares y de 2.2 lps/km para las zonas residenciales. Esto se obtuvo de los consumos proporcionados por la empresa.

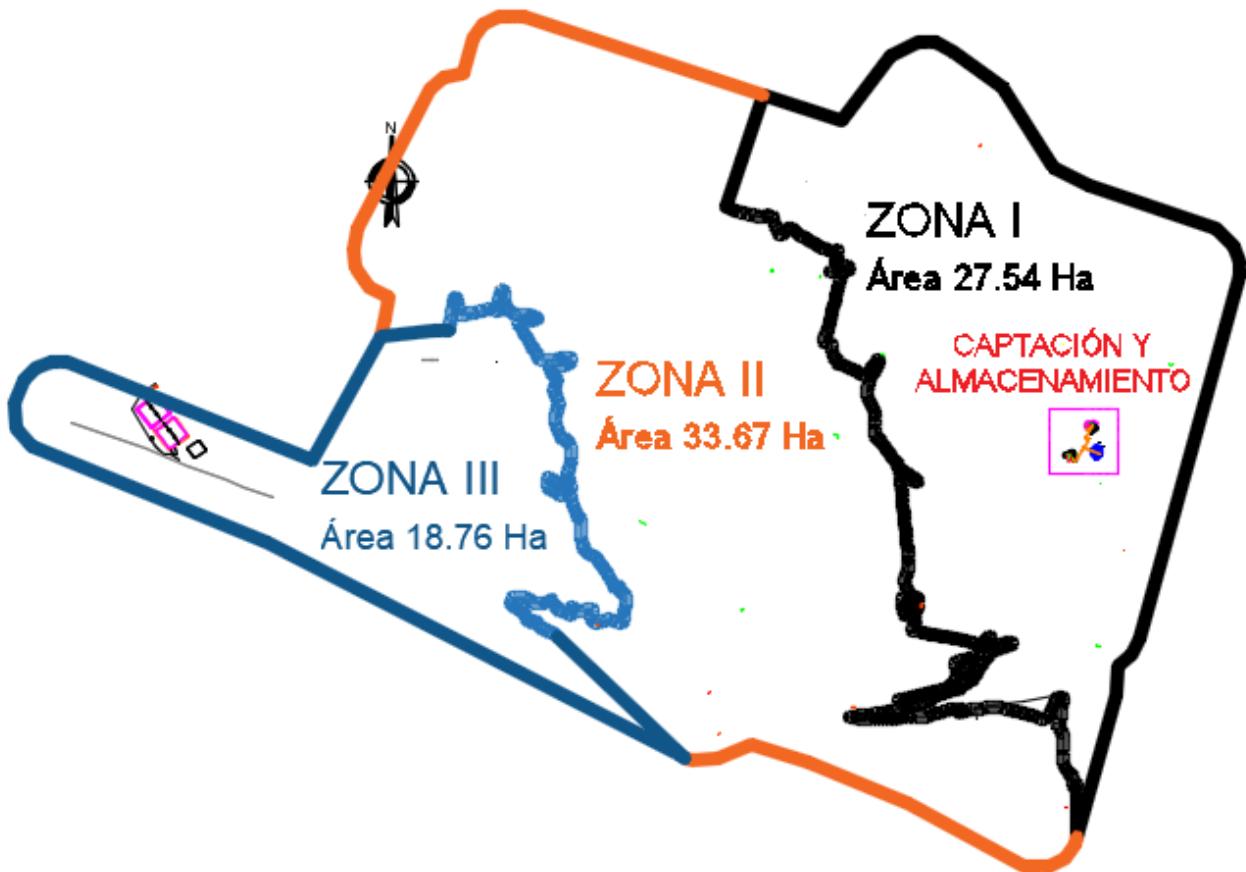
### **Sectorización**

Las consideraciones que se tomaron en cuenta para la división en sectores, parten de la infraestructura existente, en este caso, existe una sola fuente de almacenamiento para todo el distrito, conformada por un pozo y un reservorio, por otro lado también se considero la topografía del terreno teniendo en cuenta las cota y las diferencias de altura, de lo que resulta una propuesta de sectorización, y las adecuaciones que siguen, pueden realizarse atendiendo las siguientes recomendaciones:





*Figura 11.* Sectorización del ámbito de influencia  
**fuentes propia plano**



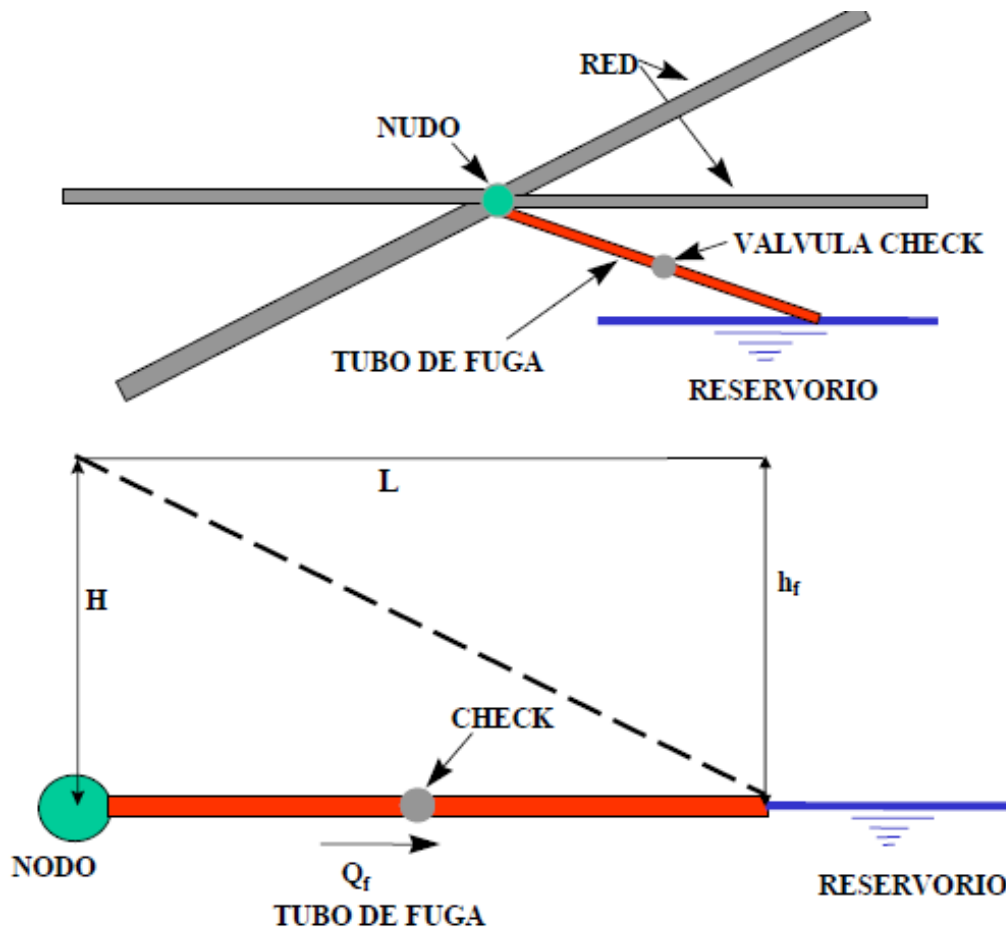
*Figura 12. Sectorización del ámbito de influencia con áreas*  
**fuelle propia plano**

Se sectorizó el distrito en 3 áreas definidas por: el desnivel del terreno, el número de usuarios y el caudal requerido por cada área.

De acuerdo con lo anterior, se propusieron válvulas reguladoras de presión, en un principio en la zona de captación, es decir, del pozo al reservorio; y también en cada límite de zona, pues aquí son los desniveles más marcados, y en donde se originan cambios bruscos de presiones, de esta manera, se podrán controlar las altas presiones que se originan en el sistema, evitando así la ruptura de tuberías que estas originan, y a su vez, la disminución de fugas.

Por otro lado también se considera que, como punto de partida se tiene la línea de aducción que parte del reservorio hacia las líneas de conducción, para ello, para reducir las fugas

originadas en este punto se considera un tubo corto que conecta el nudo de la línea al reservorio a la misma elevación del nudo, como se muestra en el esquema siguiente, agregándole a su vez, una válvula check en ese tubo para evitar que el reservorio alimente la red en caso de que aparezcan presiones negativas.



## **V. DISCUSION DE RESULTADOS**

### **5.1. Interpretación de Resultados**

Una mala micromedición trae como consecuencia grandes volúmenes de agua no facturada, este gran problema puede ser controlado con la sectorización de la red de agua potable, pues permitirá detectar de acuerdo a los márgenes de volumen facturado mensual y por sector, donde se encuentran las fallas de micromedición y/o fugas, para poder actuar directamente en esas zonas.

Según el diagnóstico comercial elaborado entendemos que está siendo difícil para el operador controlar el agua entregada y consumida, siendo esto una condición indispensable para un diagnóstico y reducción de las pérdidas de agua, que se ve reflejado en el balance hidráulico esquematizado; en donde el total de agua no facturada corresponde al orden de 27.73% equivalente a 6,166 m<sup>3</sup>/mes, es decir, estamos hablando de pérdidas de 73,992 m<sup>3</sup> de agua al año, cifras bastante considerables y alarmantes. Entendiendo de esta manera, que el término “demanda” sobre el agua que recibe la red de distribución es igual al consumo de agua que reciben los usuarios en sus domicilios + fugas.

Es por ello, que se enfocó el abastecimiento bajo una nueva concepción, que fue la **SECTORIZACIÓN**, y que consiste en definir áreas menores a 50Ha, limitadas unas de otras. Cada una de ellas dotadas de un solo punto de ingreso. En tal sentido, permitirá lograr un control del caudal entregado al sector, del cloro en el líquido entregado y las presiones necesarias en la red (dentro de 15 a 50 mca).

El hecho de tener áreas aisladas permitirá efectuar el mantenimiento preventivo y correctivo en la red como los casos de rotura de tubería, obstrucción de una matriz, colapso de válvulas, sustitución de grifos contra incendios, etc., sin necesidad de dejar sin servicio a una gran área, limitando los efectos de estas acciones a áreas restringidas, sean sub-sectores o sectores, mediante el cierre de válvulas que los define.

Asimismo, será posible establecer el balance y determinar las pérdidas en la red como la diferencia matemática entre el volumen de agua entregada al sector menos el volumen de agua consumido por todos los clientes existentes en el sector, esto último calculado gracias a la micromedición.

Se considero dividir el sistema en 3 sectores, evaluando los desniveles de acuerdo a los planos topográficos, teniendo en consideración que lo que se busca es eliminar las altas presiones en el sistema, de tal manera, que no maltraten a los componentes existentes y se generen fugas trayendo como consecuencia las pérdidas de agua.

La zona I tiene un área de 27.54 Ha que involucra a la captación y almacenamiento, este sector parte desde la cota más elevada y llega hasta un desnivel de 6 m, por lo tanto, se hace bastante asequible para poder controlar los caudales requeridos y las presiones, en este punto solo se sugiere colocar una válvula check en la línea de aducción del reservorio como prevención de un contra flujo.

La zona II tiene un área de 33.37 Ha es la más amplia y la que presenta mayor desnivel, los limites se tomaron en cuenta en base a la zona I y a las características de las unidades de uso, en su mayoría son viviendas y están incluidas las principales entidades de la localidad, convirtiéndolo en el sector con mayor consumo y que presenta grandes diferencias de presiones y caudales. Se recomienda instalar válvulas de seccionamiento para un mayor control de los caudales y un mejor mantenimiento de las redes. Se considera la instalación de dos válvulas rompe presión, una en la red primaria de la Calle San Martin con la Calle Diego Mora y otra en la intersección de la Calle Bolognesi y la Av. Víctor Larco, pues los flujos vienen por gravedad desde la zona I y van incrementando las presiones por la caída directa de ambas redes.

Finalmente, la zona III que comprende un área de 18.76 Ha, básicamente es la menos poblada y la de menor consumo Sus desniveles son de 5 mm, tiene buena distribución y es la más asequible para controlar los caudales y presiones.

Independientemente de que este control de presiones permitirá realizar la detección y reparación de fugas en forma eficaz, aparte se podría esperar un ahorro de fugas por estas reparaciones de un gasto considerable por el solo hecho de controlar las presiones.

Se recuperará volumen de agua por día, que corresponde a un gasto medio y se reducirán las fugas en las redes

## CONCLUSIONES

Se realizó un diagnóstico comercial y operacional de la red existente, que sirvió como punto de partida para el análisis de la sectorización.

La división de las zonas se basó en criterios técnicos tanto comerciales como operacionales, dividiendo el área en 3 sectores, teniendo en cuenta principalmente los desniveles en el terreno, tomando como referencia el plano topográfico con curvas de nivel; con la sectorización y regulación de presiones se obtendrá un mejor control del gasto suministrado y de las presiones en Distrito de Chocope, recuperando un volumen muy importante de agua, además de abatir sustancialmente las pérdidas de agua (fugas). El volumen de agua recuperado se puede utilizar en otras zonas urbanas con déficit en este servicio, para el incremento de la continuidad horaria del abastecimiento de agua, favorece el mejoramiento de los ingresos en la EPS, facilita el mejoramiento de la eficiencia volumétrica, hidráulica y energética en la red de agua potable y contribuye en la reducción de las pérdidas del Agua no facturada.

Con la sectorización y regulación de presiones se tiene un mejor control de las fugas al detectarlas de manera electrónica en tiempo real, y se tiene una mayor facilidad para repararlas. Se determinó que en el Distrito de Chocope existe un 4.74% de pérdidas aparentes y un 10.02% de pérdidas reales.

Se determinó que en un año (julio 2017- junio 2018) en el Distrito de Chocope se produce 302,691.36 m<sup>3</sup> de agua, pero sólo se llega a facturar 191,792.00 m<sup>3</sup>, es decir, 110,899.36 m<sup>3</sup> de agua se pierden y no se facturan.

Se realizó el Balance Hídrico en base a la información comercial y operacional, determinando que mensualmente el valor de agua no facturada aproximadamente es de 27.73%, es decir, 6,166.00 m<sup>3</sup>.

## **RECOMENDACIONES**

La aplicación desarrollada es bastante amplia y tiene muchos temas más por desarrollar, lo que se ha elaborado en este estudio a nivel técnico y teórico se debería complementar con otra herramienta o un software especializado que permita detectar los nudos y líneas y así realizar una simulación. Este proceso automático ayudaría a localizar todos elementos existentes en la red y proponer medidas correctoras.

Se deberán implementar los programas de supervisión y de mantenimiento a los sitios de control y medición instalados en los subsectores para mejorar su confiabilidad y operatividad en el tiempo.

De igual manera se deberán implementar programas para verificar que las válvulas en los sitios de control y entradas a los subsectores no tengan movimientos o variaciones en su apertura para no afectar el funcionamiento del sistema.

Se deberá tener una buena comunicación con el personal de operación, ya que son las personas autorizadas para realizar movimientos en la red, y que a su vez tengan un buen conocimiento del sistema en conjunto para que lo operen de manera correcta y eficaz.

Se deben detectar y reparar las fugas a tiempo.



## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ✓ Albarrán et al. (1997). Reducción de pérdidas en sistemas de agua potable (Programa de Adiestramiento en Preparación y Evaluación de Proyectos). Pontificia Universidad Católica de Chile.
- ✓ Apolo Marchán, J., (2004). Proyecto de evaluación y reducción de pérdidas en el sistema de abastecimiento de agua. EPS EMFAPATUMBES S.A. (Tesis para optar el título de Ingeniero Mecánico de Fluídos). Universidad Nacional Mayor de San Marco.
- ✓ Baca G. (2016). “Análisis y determinación de agua no facturada (ANF) en el sistema de abastecimiento de agua potable en la sub Zona Larapa en la E.P.S. Sedacusco S.A”. (Tesis de Titulación). Universidad Andina Del Cusco.
- ✓ CONAGUA. «Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento». Comisión Nacional del Agua, México, 2003.
- ✓ Duran R. (2014), “Plan de acción para la reducción de pérdidas comerciales de agua no contabilizada en el acueducto Metropolitano De Bucaramanga S.A. E.S.P”, (Tesis de Titulación). Universidad Industrial De Santander.
- ✓ Felipe A. Y Acevedo C. (2012), “Estimación Del Índice De Agua No Contabilizada Para El Distrito Morro Bajo, Mediante La Generación De Un Modelo De Presión Optima Y La Verificación De La Incidencia De La Disminución De Presiones En La Facturación”. (Tesis de Titulación). Universidad Industrial de Santander – Bucaramanga – Colombia.
- ✓ Garzón, F. y Thornton, J. (noviembre, 2006). Influencia de la presión en las pérdidas de agua en sistemas de distribución. Trabajo presentado en el XXX Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Punta del Este, Uruguay.

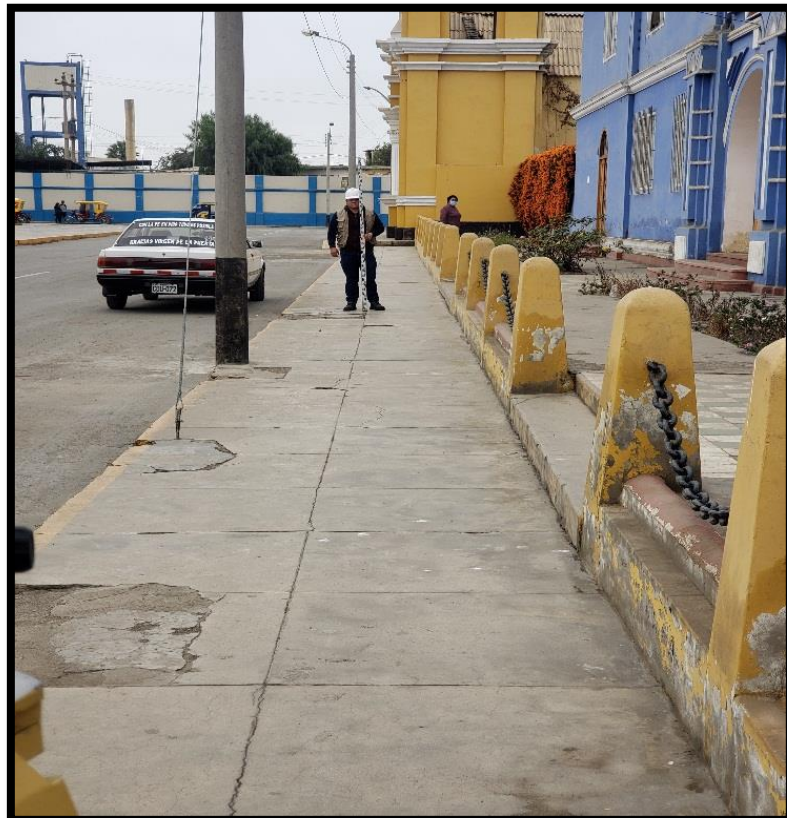
- ✓ Montoya, L. y Montoya, R. (2012). Efecto de la presión sobre las fugas de agua en un sistema de tubería simple. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*. 11(20). 77-86. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v11n20/v11n20a07.pdf>.
- ✓ Ochoa, L. (noviembre, 2014). Modelación Hidráulica y Sectorización de Redes de Agua Potable. Trabajo presentado en el XVIII Convención Anual y Expo ANEAS, Yucatán, Mexico.
- ✓ Ojeda, M. (2012). “Metodología para la reducción de pérdidas en redes de agua potable y su puesta en práctica en la red de Ciudad Universitaria de la UNAM”. (Tesis para optar el título de Ingeniero Civil). Universidad Nacional Autónoma de México.
- ✓ Patrick F, et al., Philipp K., Axel K., Jörg B., Raül T., Christine L. (2011), Guía para la reducción de las pérdidas de agua. Un enfoque en la gestión de la presión. Recuperado de:  
[http://www.waterlossreduction.com/images/download/Technical\\_Manual\\_SP\\_-\\_Guidelines.pdf](http://www.waterlossreduction.com/images/download/Technical_Manual_SP_-_Guidelines.pdf)
- ✓ Porras, Oscar. (2014). Reducción de perdidas de caudal en red de tuberías para mejorar distribución de agua potable- Sector San Carlos- La Merced. (Tesis de Titulación). Universidad Nacional del Centro del Perú
- ✓ Romero, M. (2013). Problemas en redes de abastecimiento de agua potables. (Tesis de Titulación). Universidad Nacional Autónoma de México.
- ✓ Saldarriaga, J. y Jurado, C. . (mayo, 2008). Metodología de calibración de redes de distribución de agua potable. Trabajo presentado en el XVIII Seminario Nacional de Hidráulica e Hidrología, Bogotá, Colombia.
- ✓ Sandoval, L. y Ruiz, J. (2016). La sectorización en redes de agua potable para mejorar su eficiencia hidráulica. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*. 37(2).112-126.

- ✓ Zacharia M. Lahlou. (2009). Detección de Fugas y Control de Pérdida de Agua. NATIONAL ENVIRONMENTAL SERVICES CENTER, 1-4. Recuperado de [http://www.nesc.wvu.edu/pdf/dw/publications/ontap/2009\\_tb/spanish/leak\\_detectionn\\_DWFSOM138.pdf](http://www.nesc.wvu.edu/pdf/dw/publications/ontap/2009_tb/spanish/leak_detectionn_DWFSOM138.pdf).

# ANEXOS

## LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO









## INSPECCION DE MEDIDORES OPERATIVOS Y NO OPERATIVOS









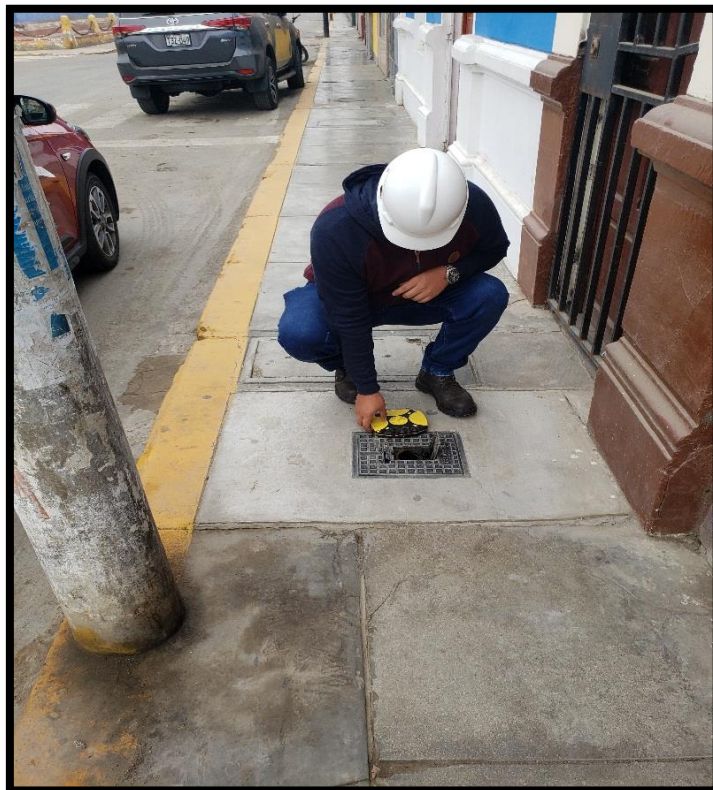
**INSPECCION DE LA INFRAESTRUCTURA MAYOR RESERVORIOS Y  
POZOS DE AGUA POTABLE**







## REVISION DE PRESIONES DE AGUA POTABLE







## TOMA DE DATOS DE CONSUMO CON LA POBLACION

