

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**“REDUCCION DE PERDIDAS Y AGUA NO CONTABLIZADA DEL  
SECTOR II-B EN LA CIUDAD DE ILO”**

**PARA OPTAR:**

**TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:**

Bach. Elio Manuel Ticona Valdez

Bach. Jesús Alejandro Quiróz Ramos

TACNA – PERÚ

2019

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

**TESIS:**

**“REDUCCION DE PERDIDAS Y AGUA NO CONTABLIZADA DEL  
SECTOR II-B EN LA CIUDAD DE ILO”**

Tesis sustentada y aprobada el 27 de noviembre del 2019; estando el jurado calificador integrado por:

**PRESIDENTE:**



**Mtro. Edgar Hipolito Chaparro Quispe**

**SECRETARIA:**



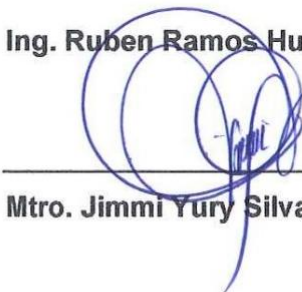
**Ing. Rosemary Poldy Begazo Salas**

**VOCAL:**



**Ing. Ruben Ramos Hume**

**ASESOR:**



**Mtro. Jimmi Yury Silva Charaja**

## **DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD**

Yo **Jesús Alejandro Quiroz Ramos**, en calidad de: Grado Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificada con DNI **44072537**.

Yo **Elio Manuel Ticona Valdez** en calidad de: Grado Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificada con DNI **46327205**.

Declaramos bajo juramento que:

1. Somos autores de la tesis titulada:

**“REDUCCION DE PERDIDAS Y AGUA NO CONTABLIZADA DEL SECTOR II-B EN LA CIUDAD DE ILO”**

la misma que presento para optar:

**EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.

3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.

4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.

5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumimos frente a LA UNIVERSIDAD cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. En consecuencia, no hacemos responsables frente a LA UNIVERSIDAD y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de

ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro y/o invento.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndonos a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

TACNA, 27 de noviembre del 2019



---

**Bach. QUIROZ RAMOS, JESUS ALEJANDRO**

DNI: 44072537



---

**Bach. TICONA VALDEZ ELIO MANUEL**

DNI: 46327205

## **DEDICATORIA**

### **ELIO MANUEL TICONA VALDEZ**

Dedico la tesis a mi padre que gracias a su apoyo pude cumplir una de mis metas trazadas a pesar de las adversidades, a mi hija y esposa que son mi gran inspiración para seguir esforzándome y superarme día a día en el ámbito profesional.

De la misma forma a un gran técnico Rafael Cutipa que con su apoyo pude aprender mucho del ámbito profesional en la práctica y de la integridad que deben tener los técnicos y profesionales en su trayectoria.

### **JESUS ALEJANDRO QUIROZ RAMOS**

Aunque ya no estés en este momento conmigo, sé que te sentirás orgullosa por este nuevo logro que tanto queríamos, este proyecto no fue fácil, pero estuviste motivándome y ayudándome hasta el final. Gracias por todo, madre mía.

Has trabajado duro sin importar el tiempo que dedicabas al trabajo, todo por darle un buen futuro a tu familia, además de traer el sustento al hogar, me enseñaste la manera en que los objetivos de la vida pueden cumplirse a pesar de cómo se encuentran las cosas, la ayuda que me brindas han formado bases de gran importancia, ahora soy consciente de eso. Gracias por todo padre, mi gran maestro.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a Dios por bendecirnos la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Gracias a nuestros padres, por ser los principales promotores de nuestros sueños, por confiar y creer en nuestras expectativas, por los consejos, valores y principios que nos han inculcado.

A nuestro asesor el ingeniero Jimmy Silva Charaja, por brindarnos su apoyo, su asesoría y sus consejos para la elaboración de esta tesis.

Gracias a todos por su apoyo.

## ÍNDICE GENERAL

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>2</b>
<b>1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....</b>	<b>2</b>
<b>1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....</b>	<b>6</b>
1.2.1. PROBLEMA GENERAL: .....	6
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS:.....	6
<b>1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>7</b>
<b>1.4. OBJETIVOS .....</b>	<b>7</b>
1.4.1. OBJETIVO GENERAL: .....	7
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	7
<b>1.5. HIPÓTESIS.....</b>	<b>8</b>
<b>CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>9</b>
<b>2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO .....</b>	<b>9</b>
<b>2.2 BASES TEORICAS .....</b>	<b>12</b>
<b>2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.....</b>	<b>18</b>
<b>CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>23</b>
<b>3.1 TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>23</b>
3.1.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	23
3.1.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	23
<b>3.2 POBLACIÓN Y/O MUESTRA DE ESTUDIO .....</b>	<b>23</b>
3.2.1 POBLACIÓN.....	23
3.2.2 MUESTRA .....	23
<b>3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....</b>	<b>24</b>
<b>3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS 25</b>	
3.4.1 TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	25
3.4.2 INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	26
<b>3.5 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS .....</b>	<b>27</b>
3.5.1 METODOLOGIA PARA EI CÁLCULO DEL BALANCE HIDRICO.....	27
3.5.2 MODELAMIENTO HIDRAULICO .....	29
<b>3.5.3 EVALUACION DE CAUDALES MINIMOS NOCTURNOS.....</b>	<b>31</b>
<b>3.5.4 GESTION DE PRESIONES:.....</b>	<b>32</b>

<b>CAPITULO IV: RESULTADOS .....</b>	<b>35</b>
GENERALIDADES .....	35
BALANCE HIDRICO.....	37
MODELAMIENTO HIDRAULICO.....	45
CAUDALES MINIMOS NOCTURNOS .....	51
GESTION DE PRESIONES:.....	53
<b>CAPITULO V: DISCUSION .....</b>	<b>59</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>61</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>63</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>64</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>66</b>
<b>ANEXO 01: Árbol de causas y efecto .....</b>	<b>66</b>
<b>ANEXO 02: Matriz de consistencia .....</b>	<b>67</b>
<b>ANEXO 03:Plano de ubicación .....</b>	<b>68</b>
<b>ANEXO 04:Plano de presiones .....</b>	<b>69</b>
<b>ANEXO 05:Plano de ubicación de válvula .....</b>	<b>70</b>
<b>ANEXO 06: Panel Fotográfico.....</b>	<b>71</b>



**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>TABLA 1</b> resumen del indicador de ANF % del sector IIB de Ilo .....	2
<b>TABLA 2</b> Tabla de Registro de Presiones del sector IIB .....	3
<b>TABLA 3</b> Coeficientes de fricción “c” en la fórmula de Hazen y Williams .....	12
<b>TABLA 4</b> Dotación promedio de consumo .....	14
<b>TABLA 5:</b> Valores de K2 según población .....	15
<b>TABLA 6</b> Beneficios de la gestión de la presión .....	15
<b>TABLA 7:</b> Operaciones de variables .....	24
<b>TABLA 8:</b> conexiones domiciliarias del sector IIB .....	36
<b>TABLA 9:</b> Volumen de entrada al sistema QI del sector IIB. ....	37
<b>TABLA 10:</b> Consumo autorizado facturado QAF .....	38
<b>TABLA 11:</b> purgas en redes del sector IIB .....	38
<b>TABLA 12:</b> consumo no facturado no medido .....	39
<b>TABLA 13:</b> características del medidor .....	39
<b>TABLA 14:</b> lectura y consumo del medidor instalado en la eps Ilo .....	39
<b>TABLA 15:</b> resumen del consumo de agua no medida de la EPS ILo.....	40
<b>TABLA 16:</b> Balance hídrico metodología IWA-AWWA sector IIB.....	43
<b>TABLA 17:</b> resumen de volumen facturado del sector IIB .....	47
<b>TABLA 18:</b> producción del reservorio-2 .....	48
<b>TABLA 19:</b> accesorios para la válvula reductora.....	57

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1</b> resumen del indicador de ANF % del sector IIB de Ilo.....	3
<b>FIGURA 2</b> presión máxima del sector IIB .....	4
<b>FIGURA 3</b> presión promedio del sector IIB.....	4
<b>FIGURA 4</b> Factores clave que influyen las fugas.....	13
<b>FIGURA 5:</b> Medidor de flujo volumétrico .....	16
<b>FIGURA 6:</b> Principio de medidor de inserción .....	16
<b>FIGURA 7:</b> Terminología del balance hídrico según el IWA .....	17
<b>FIGURA 8:</b> Gestión de presiones .....	21
<b>FIGURA 9:</b> esquema del sistema de agua de la ciudad de Ilo.....	24
<b>FIGURA 10:</b> válvula reguladora de presión .....	33
<b>FIGURA 11:</b> plano sectorial de la ciudad de Ilo .....	35
<b>FIGURA 12:</b> esquema de distribución de agua que ingresa al sector IIB.....	36
<b>FIGURA 13:</b> pérdidas de agua .....	44
<b>FIGURA 14:</b> catastro de redes de agua potable del sector IIB .....	45
<b>FIGURA 15:</b> cartografía del sector IIB.....	46
<b>FIGURA 16:</b> topología y características de la red.....	47
<b>FIGURA 17:</b> esqueleto y características de la red de distribución. ....	48
<b>FIGURA 18:</b> asignación de cotas en watercad .....	49
<b>FIGURA 19:</b> Simulación en escenario situación actual.....	50
<b>FIGURA 20:</b> Simulación de escenario proyectado.....	51
<b>FIGURA 21:</b> punto de ingreso del agua potable al R2 .....	52
<b>FIGURA 22:</b> instalación del macromedidor.....	52
<b>FIGURA 23:</b> Análisis de caudales de sistema del sector II-B.....	53
<b>FIGURA 24:</b> diagrama de presiones antes de la automatización.....	54
<b>FIGURA 25:</b> Diagrama de presiones de válvula reductora automatizada .....	55

## RESUMEN Y PALABRAS CLAVES

Uno de los principales indicadores de eficiencia de las empresas prestadoras de servicio de saneamiento en el Perú, es el agua no facturada (ANF); este indicador incluye la pérdida técnica, la pérdida no técnica, el consumo legal no facturado y las pérdidas comerciales. El ente regulador (SUNASS) ha establecido en nivel de pérdidas aceptables en un 30% del agua producida, situación que ha de crear estrategias para controlar y disminuir su agua no facturada, ya que un elevado índice de pérdidas refleja una ineficiente labor, lo cual puede tener repercusiones en el equilibrio operativo y económico de la empresa. Tiene como objetivo fundamental reducir las pérdidas y agua no contabilizada del sector IIB de la ciudad de Ilo. Tomando como línea base el desarrollo de un balance hídrico estandarizado por el IWA (Asociación internacional del agua), el cual da como resultado un Índice de Pérdidas de 41.94%; finalmente se plantearon metodologías para la reducción de estas pérdidas de agua que puedan mejorar el abastecimiento del sector.

**PALABRAS CLAVES:** Balance hídrico, Modelación hidráulica, válvula reductora de presión, caudal mínimo nocturno, macro medición, agua no facturada.

## ABSTRACT AND KEY WORDS

One of the main efficiency indicators of the companies that provide sanitation services in Peru is unbilled water (ANF); This indicator includes technical loss, non-technical loss, non-invoiced legal consumption and commercial losses. The regulatory entity (SUNASS) has established a level of acceptable losses of 30% of the water produced, a situation that must create strategies to control and reduce its non-invoiced water, since a high rate of losses reflects inefficient work, which It can have repercussions on the operational and economic balance of the company. The main objective of which was to reduce losses and uncounted water in sector IIB of the city of Ilo. Based on the development of a standardized water balance by the IWA (International Water Association), which results in a Loss Index of 41.94%; Finally, methodologies were proposed to reduce these water losses that can improve the supply of the sector.

**KEY WORDS:** Hydric balance, Hydraulic modeling, Pressure reducing valve, minimum night flow, macro measurement, non-billed wáter.



## INTRODUCCIÓN

Desde el punto de vista de expertos del (IWA) a nivel de Sudamérica aproximadamente un tercio de los recursos de agua potable se pierden en el transporte hasta el consumidor final. No obstante, la escasez del recurso de agua potable se acentúa más en zonas de clima desértico.

Las pérdidas de agua en los sistemas de abastecimiento urbano son problema de eficiencia operacional, debe ser estudiado de forma integral debido a que comprende múltiples facetas.

En particular para las empresas prestadoras de servicio de saneamiento (EPS) es importante identificar las pérdidas que ocurren en sus procesos de captación, conducción, potabilización y distribución de agua a sus usuarios. A fin de mantener o reducir sus indicadores de agua no facturada y sus pérdidas físicas (reales). Para ellos es necesario realizar un balance hídrico con el fin de identificar los tipos de pérdidas que se generan en el sistema de agua potable y así evaluarse cada periodo a fin de verificar su eficiencia tanto operativa como comercial.

## CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El sur del Perú tiene serios problemas hídricos debido a la escasez de este recurso sobre todo en periodos de estiaje esto indica que las fuentes superficiales tienden a reducir considerablemente su caudal generando una caída abrupta en las captaciones de las empresas de agua.

La provincia de Ilo carece de fuentes propias de agua cruda teniendo que depender de las fuentes:

- Ite proveniente del Rio locumba (Tacna) que aporta un caudal aproximado de 100 a 150 l/s.
- Rio Osmore proveniente de la represa Pasto grande (Moquegua) que aporta un caudal promedio de 200 a 250 l/s.

De haber problemas en una de las fuentes o ambas generaría un desequilibrio hídrico en la ciudad porque a la actualidad no se cuenta con otra fuente alterna, poniendo esto en vulnerabilidad el suministro para la empresa de agua e impidiendo garantizar el abastecimiento continuo de agua potable a la población.

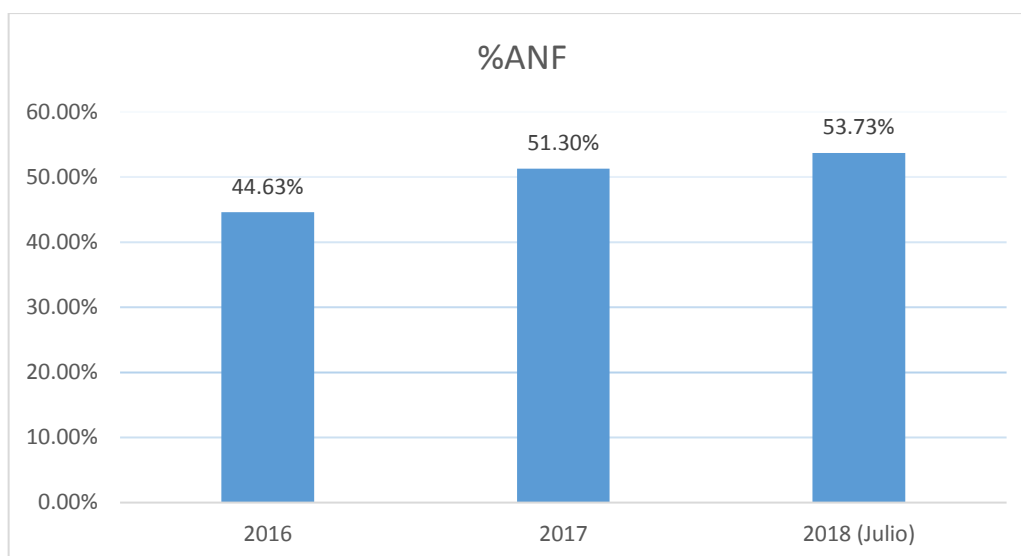
Uno de los principales problemas se da en época de estiaje cuando las pérdidas de agua son más notorias reflejándose esto en el déficit de abastecimiento de agua potable en la ciudad.

Un impacto en el cual se reflejan las pérdidas de agua es en el indicador de ANF el cual afecta directamente a la EPS. un estudio anual desde el año 2016 al 2018, demuestra que las pérdidas de agua han ido evolucionando con el paso de los años.

**TABLA 1** resumen del indicador de ANF % del sector IIB de Ilo

Muestra	2016	2017	2018 (Julio)
Producción	6,669,759.0	6,729,348.00	3,992,522.96
Facturación	3,692,754.40	3,277,415.00	1,847,469.49
%ANF	44.63%	51.30%	53.73%

**FUENTE:** Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento Ilo S.A. – (EPS ILO)



**FIGURA 1** resumen del indicador de ANF % del sector IIB de Ilo

**FUENTE:** Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento Ilo S.A. – (EPS ILO)

Para el año 2016 el índice de agua no facturada (ANF) de la ciudad de Ilo fue de 44.63%, el cual se ha ido incrementando a un 53.73% hasta julio del 2018 en donde su mayor porcentaje se encuentra en las pérdidas físicas afectando la parte financiera de la EPS Ilo.

Hasta diciembre del 2018, la EPS Ilo no cuenta con un plan de control de presiones, por el cual se pueda tener un control por horas sobre las presiones con los que trabaja el sistema que permita mejorar el servicio. Se realizó un estudio preliminar, donde se pudo obtener presiones del sector IIB al mes de mayo 2018, en las cuales muestra presiones promedio desde 26 a 44 mca la mínima y las máximas promedio desde 45 a 52 mca.

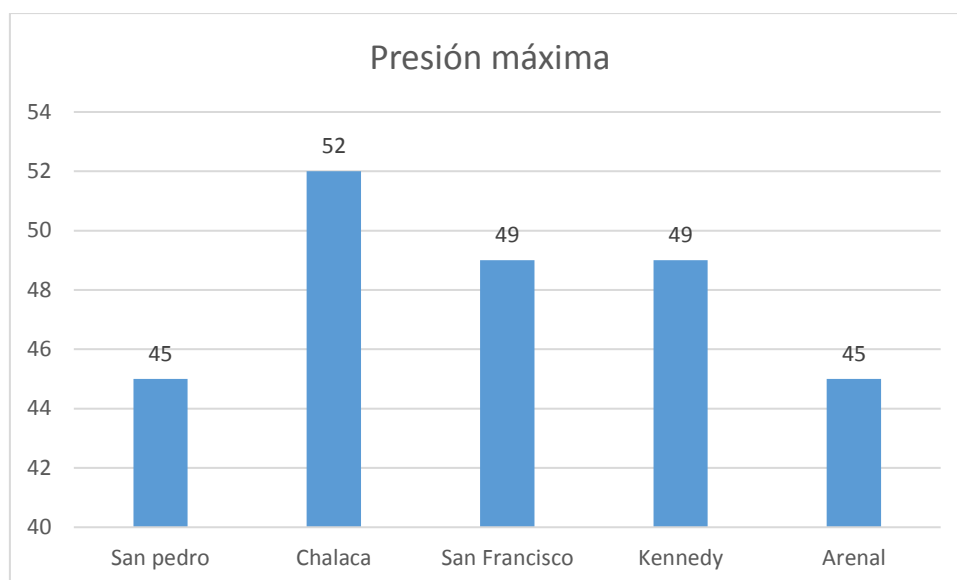
Las presiones promedio se mantienen en el rango de presiones de 10 a 50 mca (según OS 0100) sin embargo las presiones máximas bordean y pasan el rango límite establecido en la norma.

**TABLA 2** Tabla de Registro de Presiones del sector IIB

Presión en M.C. A					
Descripción	San pedro	Chalaca	Cesar Vallejo	Kennedy	Arenal
P. max:	45	52	49	49	45
P. promedio	26	44	37	35	31

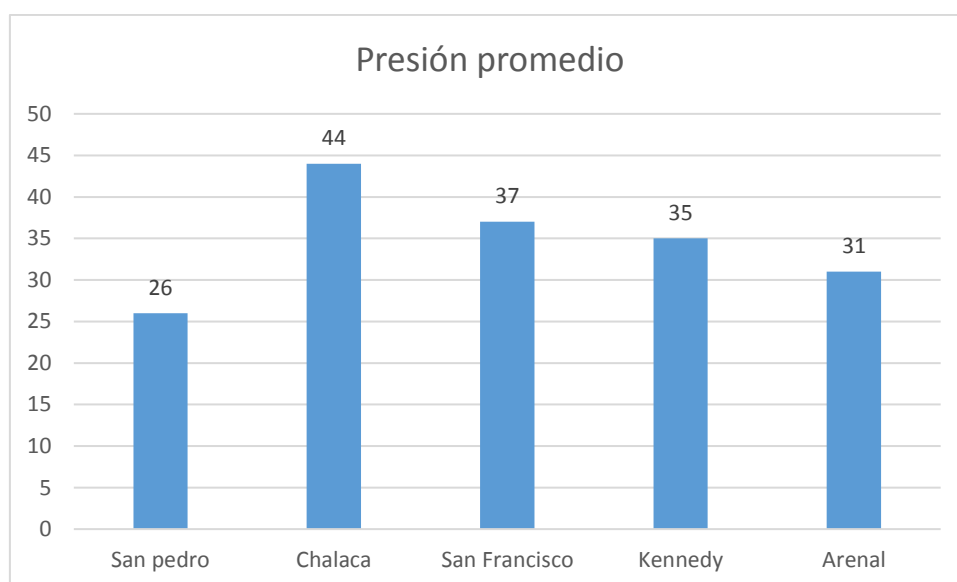
**FUENTE:** Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento Ilo S.A. – (EPS ILO)





**FIGURA 2** presión máxima del sector IIB

**FUENTE:** Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento Ilo S.A. – (EPS ILO)



**FIGURA 3** presión promedio del sector IIB

**FUENTE:** Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento Ilo S.A. – (EPS ILO)

Otro de los inconvenientes es que no existe un monitoreo eficiente de la oferta de agua potable, por lo cual el reservorio se mantiene en constante llenado para satisfacer las 24 horas del día a la población, de este modo no se tiene una reserva para casos de emergencia.

El sistema de abastecimiento de la ciudad de Ilo, carece de una adecuada gestión de la demanda de agua potable; ya que no se cuenta con un monitoreo de la misma debido a la inexistencia que equipos (macromedidores) que permita realizar mediciones al ingreso ni a la salida de reservorios.

La demanda de agua potable se presenta como consumo y pérdidas (en instalaciones internas de los usuarios que cuentan con conexiones directas (sin medidor), fallas en micro medición (las cuales no marcan el consumo por defecto) y conexiones clandestinas).

Una de las zonas en las que se han detectado mayor pérdida de agua es en el sector IIB de la ciudad de Ilo. Estas pérdidas han generado asentamientos dejando en estado crítico a varias viviendas y fisurando un tramo de pista.



**FOTOGRAFIA 1** Asentamiento de vivienda en Arenal

**FUENTE:** Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento Ilo S.A. – (EPS ILO)



*FOTOGRAFIA 2 Asentamiento y agrietamiento de tramo de pista en San Pedro*

*FUENTE: Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento Ilo S.A. – (EPS ILO)*

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. PROBLEMA GENERAL:**

¿Cuál es el efecto de pérdidas de agua potable y agua no contabilizada (ANC) para el sector II-B de la ciudad de Ilo y como influencia en una EPS?

### **1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS:**

- a) ¿Cuál es el Índice de pérdidas físicas y aparentes en el sector II-B de la ciudad de Ilo?
- b) ¿El sector II-B de la ciudad de Ilo cuenta con un modelo hidráulico que permita identificar las pérdidas de agua?
- c) ¿Cómo detectar las pérdidas de agua potable en el sector IIB de la ciudad de Ilo?
- d) ¿Cómo reducir las presiones del sector IIB de la ciudad de Ilo?

### **1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN**

La empresa prestadora de servicios de ILO (EPS ILO) muestra un Índice de pérdidas del 53.73%, de las cuales el mayor índice de pérdidas se acentúa en el sector II-B, situación que ha venido generando conflictos sociales entre los usuarios de este sector y la empresa de agua potable de la ciudad de Ilo.

Resulta de gran interés identificar los componentes en los cuales se enfocan los mayores índices, para así adoptar medidas que permitan reducir y mitigar estas pérdidas de agua.

De acuerdo a lo mencionado, surge la necesidad de realizar un estudio para reducir las pérdidas de agua potable y agua no contabilizada (agua no facturada), así mismo establecer procedimientos y metodologías prácticas para garantizar la sostenibilidad de esta estrategia y así pueda servir como referencia para replicarse la misma en todos los sectores de la empresa de agua (EPS ILO S.A).

Esta estrategia busca optimizar y garantizar la calidad y servicio de agua potable a los usuarios del sector IIB de la ciudad de Ilo.

Por otra parte, se espera mitigar los impactos ambientales causados a partir de las fugas de agua.

### **1.4. OBJETIVOS**

#### **1.4.1. OBJETIVO GENERAL:**

Reducir las pérdidas de agua potable y agua no contabilizada para el sector II-B de la ciudad de Ilo.

#### **1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- a) Determinar el índice de pérdidas físicas y aparentes del sector II-B de la ciudad de Ilo por medio de la elaboración de un balance hídrico.
- b) Elaborar un modelo hidráulico a fin contar con una herramienta para determinar las pérdidas de agua del sector.
- c) Evaluación de caudales mínimos nocturnos.

- d) Reducir presiones mediante la automatización de válvulas reductoras de presión a doble consigna.

## **1.5. HIPÓTESIS**

### **1.5.1. HIPÓTESIS GENERAL:**

Reduciendo las pérdidas de agua potable y agua no contabilizada para el sector II-B de la ciudad de Ilo, se generará un impacto notorio en el ANF de la empresa prestadora de servicios (EPS ILO S.A) mejorando sus indicadores de gestión, así mismo se brindará una mejor calidad de servicio de agua potable para los usuarios.

### **1.5.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA:**

- a) El balance hídrico permitirá la identificación de pérdidas físicas y aparentes, a fin de determinar donde se acentúan para poder intervenir y garantizar mejores resultados en reducción de pérdidas de agua.
- b) El modelo hidráulico permitirá gestionar las pérdidas de agua mediante análisis a partir del planteamiento de escenarios.
- c) La evaluación de caudales mínimos nocturnos permite identificar la existencia de pérdidas físicas en el sistema de agua potable en periodos reducidos a fin de disminuir el tiempo de patrullaje de detección de fugas.
- d) La gestión de presiones permite minimizar los caudales de pérdida partiendo de la relación entre presión-caudal de fuga.

## CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

#### **Tesis: “REDUCCIÓN DE PERDIDAS DE CAUDAL EN RED DE TUBERÍAS PARA MEJORAR DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DEL SECTOR SAN CARLOS LA MERCED.”**

Describe el proceso que realiza para disminuir las pérdidas de agua potable en la red mediante actividades realizadas como; modelación hidráulica, sectorización, control de presiones y balance hídrico, Estandarizado por el IWA (International Wáter Association). Logrando con estas identificar y proponer alternativas de solución para reducir las pérdidas. (GÓMEZ, 2014)

#### **Tesis “ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE PÉRDIDAS PARA MEJORAR EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL SECTOR VI DE LA CIUDAD DE TACNA – TACNA”**

El objetivo principal es Analizar el Índice de Pérdidas para mejorar el Sistema de Abastecimiento de agua potable del Sector VI de la Ciudad de Tacna en el cual plantea este análisis mediante un balance hídrico del sector logrando identificar las pérdidas de agua según la clasificación de esta metodología.

#### **Tesis METODOLOGIA PARA LA REDUCCION DE PERDIDAS EN REDES DE AGUA POTABLE Y SU PUESTA EN PRÁCTICA EN LA RED DE CIUDAD UNIVERSITARIA DE LA UNAM**

Se presentó la situación de las fugas en las redes de agua potable como el problema fundamental que genera desabasto. Así mismo detalla algunos de los métodos que se practican por todo del mundo para cooperar a solucionar el problema de las fugas, así como equipos de tecnología que existen y que apoyan los métodos para la disminución de pérdidas. Como objetivo central, describió la utilización de algunos de los elementos aplicados en la reducción de pérdidas en Ciudad Universitaria de la UNAM, con los que se pone a la vanguardia el manejo del agua en este campus. Así mismo, se da una perspectiva de los programas implementados en el campus y se ofrecen recomendaciones de corto y largo plazo para dar sostenibilidad a los programas y así aumentar la eficiencia del sistema. (MARICELA, 2012)

### **Informe Técnico: “ANÁLISIS DE PÉRDIDAS EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DEL LÍBANO, TOLIMA - COLOMBIA.”**

Presenta un análisis de las pérdidas en la red de distribución de agua del municipio Líbano (Tolima, Colombia), en un periodo de 5 años (2012-2016). Para ello fue necesario comparar las pérdidas de agua identificadas en la empresa de servicios públicos de agua potable y alcantarillado, con los índices establecidos en la 23 normatividad local e internacional; establecer las consecuencias económicas que emanan de las pérdidas de agua y de esta manera sustentar una metodología que contribuya a la detección de fugas y plantear posibles soluciones para la disminución de las pérdidas (Herrera G., Alonso C. Y Zafra M., 2018).

Con ello se calculó el IANC (Índice de Agua No Contabilizada) que hace referencia a las pérdidas de agua tratada. Consiste en comparar el agua que se produce en las plantas de tratamiento de agua potable frente al agua facturada a los usuarios. Este indicador aumenta cuando hay demasiadas fugas en la red. (Alegre H., Baptista J., Y Parena R, 2000). Para calcular este indicador es necesario conocer el caudal producido en la planta de tratamiento de agua potable y el caudal de facturación de la empresa de servicios públicos haciendo una sustracción entre estos dos caudales podemos calcular la cantidad de caudal de pérdidas en nuestro sistema de distribución, al dividir este último sobre el caudal producido en la planta de tratamiento nos da como resultado el IANC.

$$QP = QT - Qf$$

$$IANC = \frac{Qp}{Qt} * 100\%$$

QP = Caudal de pérdidas en la planta de tratamiento

QT = Caudal producido en la planta de tratamiento

Qf = Caudal facturado por la empresa de servicios

*IANC* = Índice de Agua No Contabilizada

### **Tesis: “CÁLCULO DEL PORCENTAJE DE PÉRDIDAS POR FUGAS EN LA RED DE AGUA POTABLE EN CELAYA, GTO”**

Propone disminuir el porcentaje de pérdidas de agua por fugas en las redes, se debería llevar a cabo la restauración y cambio de tuberías que haya cumplido su vida útil. Así como implementar el cobro del servicio en base al consumo real de cada usuario, lo cual provocaría la colocación de micromedidores en cada una de las

tomas existentes. Para llevar a cabo tales acciones, se realiza un Plan Estratégico que señale los procedimientos a seguir para alcanzar el fin deseado.

Se tiene como resultado que 7% de las pérdidas se originan en conexiones domiciliarias y cerca de un 26% en la red de abastecimiento de Agua Potable. Finalmente se determina una pérdida global del 32.61% en la Ciudad de Celaya. De esta forma se sobreentiende, que las acciones implementadas a las fugas dentro del sistema de abastecimiento fueron reducidas en un 50% en relación al porcentaje inicial que se estimó al comienzo del estudio, llegando a un índice de pérdidas del 33%. (Hurtado R., 2006)

**Tesis: “PROYECTO DE EVALUACIÓN Y REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA. EPS EMFATUMBES S.A.”**

El objetivo general fue dotar a la empresa EPS EMFATUMBES S.A de un programa sistemático y permanente para la reducción y control de las pérdidas físicas y no físicas que ocurren en el sistema de abastecimiento de agua.

Se menciona que un nivel adecuado de pérdidas se encuentra dentro del rango de 20 al 25%. Así también que, durante el desarrollo de la tesis, EMFATUMBES S.A solo contaba con la lectura de 520 medidores, equivalente al 5.3% del total de conexiones activas que se facturaban y que además no contaban con una política de mantenimiento, esto nos dice que las pérdidas por error de medición pueden ser considerables. En cuanto a las pérdidas por consumos clandestinos y de usuarios inactivos, alude que es un volumen consumido no recuperable en el sistema, pero si repercute en forma positiva a la empresa al tratar de disminuir estas pérdidas, acrecentando las ventas de agua, al formalizar ese tipo de conexiones.

Finalmente plantean procedimientos necesarios para realizar el balance hídrico y para poder identificar en forma real el índice de pérdidas en la zona de estudio, teniendo consideraciones prácticas y características del criterio de ingeniería. A su vez presenta estrategias a seguir por el programa de control y reducción de las fugas intradomiciliarias. (Apolo, 2004).



## 2.2 BASES TEORICAS

- **ANÁLISIS HIDRÁULICO**

En principio se proyectará las redes de distribución, en circuito cerrado formando malla. Su dimensionamiento será en base a cálculos hidráulicos que confirmen el caudal y la presión adecuada en cualquier punto de la red. Para el análisis hidráulico del sistema de distribución, se podrá utilizar el método de Hardy Cross o cualquier otro. Para el cálculo hidráulico de las tuberías, se utilizarán fórmulas racionales. En caso de aplicarse la fórmula de Hazen y Williams, se utilizarán los coeficientes de fricción que se establecen en la tabla No 3. Para el caso de tuberías no contempladas, se deberá justificar técnicamente el valor utilizado.

**TABLA 3** Coeficientes de fricción “c” en la fórmula de Hazen y Williams

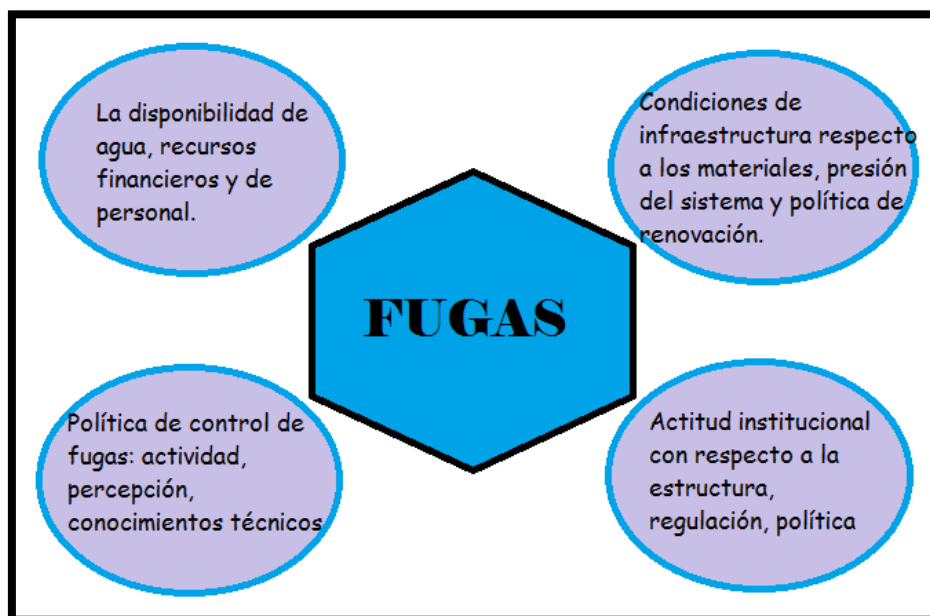
TIPO DE TUBERÍA	“C”
Acero sin costura	120
Acero soldado en espiral	100
Cobre sin costura	150
Concreto	110
Fibra de vidrio	150
Hierro fundido	100
Hierro fundido dúctil con revestimiento	140
Hierro galvanizado	100
Polietileno	140
Policloruro de vinilo (PVC)	150

*FUENTE: Elaboración propia*

- **AGUA NO FACTURADA (ANF)**

El agua no facturada viene a ser la diferencia del volumen de abastecimiento menos el volumen facturado, contemplando dentro de esta las pérdidas físicas y aparentes de un sistema de distribución de agua potable. En la figura 4, se describe todos los elementos que contribuyen al ANF.

**FIGURA 4** Factores clave que influyen las fugas



**FUENTE:** Elaboración propia

La figura 4 muestra que la reducción de pérdidas de agua requiere de más acciones: una mayor prontitud de detección de fugas por sí sola no resolverá el problema si la infraestructura se deteriora al mismo tiempo. Además, incluso si se dispone de recursos financieros, no tendrán un resultado efectivo salvo que la empresa de agua tenga estructuras adecuadas y tome un enfoque proactivo hacia el manejo de las pérdidas de agua.

- **DOTACIÓN**

Se considera como el total del agua promedio proporcionado (hab/día), expresado en (litros/hab/día). Este resultado servirá para determinar gastos de las redes de distribución que serán aplicadas a la población para su consumo.

El consumo de agua varía con las estaciones del año, en los días de la semana y durante las horas del día, los cuales dependen directamente de factores tales como los climáticos, tamaño de la ciudad y su grado de industrialización, presión, calidad del agua, etc.

La Norma OS.100 establece que la Dotación promedio diaria anual por habitante, se fijará en base a un estudio de consumos técnicamente justificado, sustentado en informaciones estadística comprobada.

Si no existieran estudios de consumo y no se justificará su ejecución, se consideran los siguientes valores:

**TABLA 4** Dotación promedio de consumo

<b>LOTES MAYORES A 90 M2</b>	
Climas fríos:	180 lt/hab/día.
Climas templados y cálidos:	220 lt/hab/día.
<b>LOTES MENORES A 90 M2</b>	
Climas fríos:	120 lt/hab/día.
Climas templados y cálidos:	150 lt/hab/día.

**FUENTE:** *ministerio de vivienda, construcción y saneamiento 2016*

Al tener un clima **TEMPLADO Y CALIDO** el proyecto en estudio le corresponde una Dotación de 220 lt/hab/día.

- **CAUDAL MEDIO DIARIO**

Es el caudal promedio se estima la población durante un periodo de 24 horas

$$Q_p = \frac{D * P}{86400}$$

P= población

Q<sub>p</sub>= caudal promedio

D= caudal máximo diario

- **CAUDAL MAXIMO HORARIO**

Se estima la población durante un periodo de 24 horas, Máximo anual de la demanda horaria: 1,8 a 2,5

$$Q_{mh} = K * Q_p$$

K= coeficiente de amplificación

Q<sub>p</sub>= caudal promedio

Q<sub>mh</sub>=caudal máximo horario

## • VARIACIONES HORARIAS

Son variaciones analizadas de forma horaria que se pronuncian en el desarrollo de cada día, estas variaciones son representadas por el Coeficiente de Máxima Demanda Horaria, conocido como  $k_2$ , que corresponde a la hora de mayor demanda horaria. Según el RNE se recomiendan valores que se encuentren entre 1.80 y 2.50.

*TABLA 5: Valores de  $K_2$  según población*

POBLACION	K2
2,000 a 10,000 HAB	2.5
Mayores a 10,000 hab	1.8

*FUENTE: ministerio de vivienda, construcción y saneamiento 2006*

## • GESTIÓN DE LA PRESIÓN

Reduce las pérdidas reales de agua por medio de la disminución de fugas de fondo, reportadas y no reportadas. Se disminuye la presión innecesaria 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 aumentar la vida de la red.

En la tabla 6 resumiremos los beneficios de la gestión de presión para las empresas de agua, clientes y protección de los recursos hídricos. La gestión de la presión puede ser una solución inmediata y económica incluso a presiones iniciales bajas.

*TABLA 6 Beneficios de la gestión de la presión*

BENEFICIOS	DESCRIPCIÓN
<b>Recursos Hídricos</b>	Consumo reducido y, por lo tanto, estrés disminuido de agua, así como costos adicionales de explotación.
	Menores caudales, de fugas y rupturas.
<b>Empresa de Agua</b>	Costos de reparación menores para tuberías principales y servicios.
	Reemplazos diferidos y vida ampliada del activo.
	Costo reducido del control activo de fugas.
	Frecuencia reducida de estallidos y fugas.
<b>Cliente</b>	Suministro más estable.
	Menos problemas respecto a las tuberías y aparatos del cliente.
	Mitigación de riesgos de salud.

*FUENTE: guía para la reducción de pérdidas de agua*

- **MEDIDOR DE FLUJO VOLUMÉTRICO**

Llamado también medidor de agua, contador de agua, es un dispositivo que permite cuantificar el volumen de agua que pasa a través del mismo. Usualmente es utilizado en los ingresos de suministro de agua potable de las instalaciones residenciales e industriales para realizar los cobros correspondientes a los usuarios.



**FIGURA 5:** Medidor de flujo volumétrico

**FUENTE:** fluidos y herramientas 2018

- **MEDIDOR ELECTROMAGNÉTICO DE INSERCIÓN**

Registra el paso de un líquido conductor eléctrico a través de un campo magnético perpendicular al sentido de circulación del líquido induce una tensión eléctrica  $V$ , que es proporcional a la velocidad del líquido.

Dos electrodos en contacto con el líquido colocados perpendicularmente al campo magnético captan esta tensión  $V$ .

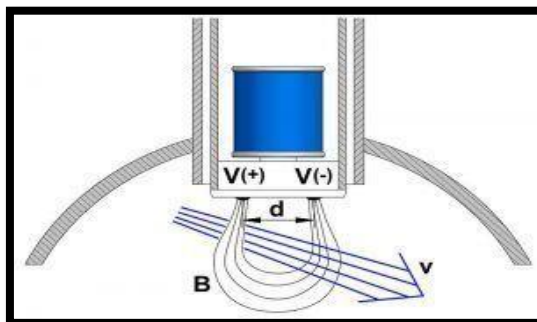
$$V = B \cdot v \cdot d$$

$V$  = Tensión medida en los electrodos

$B$  = Campo magnético

$v$  = Velocidad del líquido

$d$  = Distancia entre electrodos



**FIGURA 6:** Principio de medidor de inserción

**FUENTE:** fluidos y herramientas 2018

- **BALANCE HIDRICO**

Los componentes del balance hídrico siempre se deben computar y expresar sobre un determinado período (usualmente por año). En un segundo paso, se pueden convertir en indicadores de desempeño.

**FIGURA 7:** Terminología del balance hídrico según el IWA

Volumen de entrada al sistema QI	Consumo autorizado QA	Consumo autorizado facturado QAF	Consumo facturado medido	Agua facturada
		Consumo autorizado no facturado QANF	Consumo no facturado no medido	
	Pérdidas de agua QP	Pérdidas aparentes QPA	Consumo no autorizado	Agua no facturada
		Pérdidas reales QPR	Fugas y reboses en tanques de almacenamiento Fugas en conexiones de servicio hasta el punto del medidor del cliente	

**FUENTE:** guía de reducción de pérdidas de agua

Los elementos del balance hídrico se definen de la siguiente manera:

- **Volumen de ingreso al sistema:** Es la cantidad de agua que se inyecta al sistema de agua potable para abastecer a la población, su unidad de medida es (m<sup>3</sup>)
- **Consumo autorizado:** Incluye el consumo autorizado facturado (como el consumo medido facturado, el consumo no medido facturado y el agua

exportada) (así como el consumo autorizado no facturado como consumo medido no facturado y consumo no medido no facturado). El balance hídrico comprende fugas y reboses luego del punto de medición del cliente, así como los propios requisitos de la empresa de agua, por ejemplo, para lavar tuberías o lavar los filtros.

- **Agua facturada (correspondiente al consumo autorizado facturado):** El volumen de agua que se entrega y se factura al cliente, el cual genera entonces ingreso para la empresa de agua.
- **Agua no facturada (ANF):** Es el volumen no facturado y por lo tanto no genera ningún ingreso a una EPS. Se expresa como la suma de consumo autorizado no facturado y las pérdidas de agua.
- **Pérdidas de agua:** el volumen de agua perdida entre el punto de suministro y el medidor del cliente se debe a varias razones. Se puede expresar como la diferencia entre el volumen de ingreso al sistema y el consumo autorizado; consiste en pérdidas aparentes y reales. Las pérdidas aparentes se pueden subdividir en consumo no autorizado, inexactitudes de medición y errores de administración de datos. Las pérdidas reales se constituyen de fugas desde tuberías de transmisión y distribución, fugas desde conexiones de servicio y fugas desde tanques de almacenamiento.

## 2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

- **MODELO HIDRAULICO** (Marco Castro D., 2016)

La modelación hidráulica es una ciencia que se basa en principios físicos establecidos, sean éstos los conceptos generales del análisis dimensional o sean aquellos obtenidos por el uso de ecuaciones empíricas en procesos específicos la base de la modelación es la identificación de las magnitudes predominantes en el fenómeno analizado, se complementa con una correcta selección de la escala y se finaliza con la interpretación de los resultados y su aplicación para obtener la solución del problema real, en donde deben considerarse los denominados “efectos de escala”.

- **CONSUMO DOMÉSTICO** (TERÁN, 2012)

Es la cantidad de agua que se suministra en las viviendas y depende básicamente del clima y de la clase socioeconómica de los usuarios y cambia en algunos casos por las siguientes causas: presión del agua en la red, existencia de alcantarillado sanitario, costo del agua.

- **DEMANDA**

En el marco de la hidráulica, la demanda es considerada como el consumo de los usuarios del recurso hídrico, esta es variable según las 24 horas del día y estaciones climatológicas del año, usualmente es expresada en l/s.

- **DOTACIÓN**

Es la cantidad de agua que se asigna a una persona para su consumo, considerando todos los consumos de los servicios y las pérdidas físicas en el sistema, en un día medio anual y sus unidades están dadas en l/h/día.

- **VELOCIDAD**

La velocidad máxima según norma O.S.050. será de 3 m/s. En casos justificados se aceptará una velocidad máxima de 5 m/s.

- **PRESIONES**

En los sistemas hidráulicos se trabaja con la presión manométrica. El reglamento nacional de edificaciones según OS.050 estableció como presiones admisibles lo siguiente: la presión estática no será mayor de 50 m en la red. En circunstancias de demanda máxima horaria, la presión dinámica no será menor de 10 m. En caso de abastecimiento por piletas, la presión mínima será 3,50 m a la salida de la pileta.

- **GESTION DE LA PRESION**

Se puede definir la gestión de la presión como la práctica de manipular las presiones del sistema a niveles adecuados de servicio, a la vez que se garantiza un suministro suficiente y eficiente para usos legítimos.



- **GESTION DE LA DEMANDA**

Se define la gestión de la demanda a las acciones de monitoreo, análisis y procesamiento de datos de consumos mínimos y máximos del recurso hídrico y a la vez al planteamiento de acciones para poder satisfacer el consumo hídrico de los usuarios.

- **PÉRDIDAS COMERCIALES**

Se refiere a las pérdidas conectadas con el funcionamiento comercial y técnico de la empresa prestadora del servicio. Se presentan por usos no autorizados como el robo de agua, conexiones clandestinas o errores de lectura, debido a la imprecisión de los medidores que registran los consumos de los usuarios produciéndose un “sub contaje” o del procesamiento de datos del sistema de información comercial de la empresa (cálculo de consumos, catastro de redes, sistemas informáticos, etc.)

- **PÉRDIDAS FÍSICAS (REALES)**

Estas son el volumen de agua de la red que se pierde como derivación de fallas en la infraestructura instalada (fisuras, roturas y filtraciones). Los motivos pueden ser:

- Fallas por mala operación del sistema de agua potable. (exceso de presiones, mal dimensionamiento de redes, mala operación de válvulas, etc.)

- Fallas por causas naturales (características del suelo, calidad de del agua, sismos, etc.)

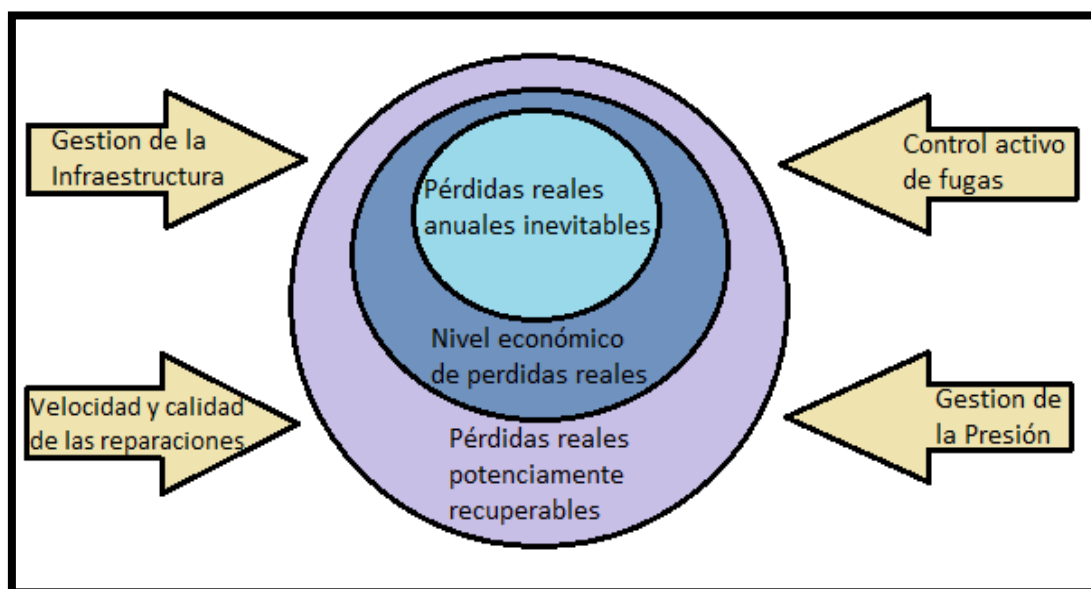
- **MÉTODOS DE REDUCCION DE PERDIDAS COMERCIALES**

Para la reducción de pérdidas comerciales es necesario tener un parque de medidores confiable para lo cual es recomendable realizar un seguimiento al estado de operación de los micro medidores

Adicionalmente una adecuada gestión de la facturación optimizara la recaudación de las EPS.

- **MÉTODOS DE REDUCCION DE PERDIDAS FISICAS**

Respecto a las pérdidas físicas, es necesario implementar la táctica planteada por el IWA el cual, la labor se enfoca en aumentar la gestión de la infraestructura física (renovación de redes deterioradas), tener un control activo de las fugas (monitoreo sistemático en zonas identificadas con grandes pérdidas de agua en tubería), optimizar la atención de las reparaciones y el control activo de presiones (sectorización), tal como se aprecia en la Figura 9.



**FIGURA 8:** Gestión de presiones

**FUENTE:** Elaboración propia

- **VARIACIONES DE CONSUMO**

El propósito de un sistema de abastecimiento de agua es la de abastecer agua a una comunidad en forma continua y con presión suficiente a fin de complacer razones sanitarias, sociales y económicas, propiciando así su desarrollo. Esto implica el conocimiento cabal del funcionamiento del sistema de acuerdo a las variaciones en los consumos del agua que ocurran para diferentes momentos durante el periodo de diseño.

Los consumos de agua de una localidad muestran variaciones estacionales, mensuales, diarias y horarias.

- **BALANCE HIDRICO (Fuente propia)**

Es el equilibrio entre el suministro de Agua que ingresa a un sistema y el que sale del mismo, en un intervalo de tiempo determinado. Este tipo de análisis es empleado en fuentes de captación de agua superficial, pozos, sistemas de distribución de agua potable, sistemas de agua residual, etc.

- **CAUDAL MINIMO NOCTURNO (Fuente Propia)**

El caudal mínimo nocturno se obtiene a partir de un análisis de consumo nocturno en sistemas de agua potable este se da en un determinado momento de la noche en el cual los consumos son nulos. Esto sucede únicamente en sistemas que cuentan con un servicio de 24 horas.

- **VÁLVULAS**

En la infraestructura hidráulica existen diversos tipos de válvulas siendo estas válvulas de regulación (válvulas reductoras de presión, válvulas reguladoras de caudal, válvulas sostenedoras etc.), válvulas de corte (Válvulas compuerta, Válvulas mariposa, etc.) y válvulas de alivio (válvulas de purga de aire, ventosas, etc).

- **ELECTROVALVULA (wikipedia., 2019)**

Llamada también válvula electromecánica, diseñada para controlar el paso del fluido por un conducto o tubería. La válvula se desplaza mediante una bobina solenoide. Generalmente no tiene más que dos posiciones: abierto y cerrado, o todo y nada. Las electroválvulas se usan en multitud de aplicaciones para controlar el flujo de todo tipo de fluidos.

## CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

### 3.1 TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación en la presente tesis es:

- **Explicativo:** se utilizó para explicar la conducta de una variable (pérdidas de agua) en función de una a más variables independientes (Horario, continuidad de servicio). Este tipo de estudio permitió explicar, comprender e interpretar el por qué ocurren las pérdidas de agua y en qué condiciones se dan. Con este tipo de investigación se identificaron las causas del problema, para posteriormente plantear soluciones.

#### 3.1.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Los niveles de investigación alcanzados en la presente tesis son los siguientes:

- a. **Diseño de campo:** Este nivel de investigación se alcanzó al realizar los trabajos de detección de pérdidas de agua y confirmar los caudales de pérdida detectados en el monitoreo nocturno.
- b. **Diseño documental:** En este nivel de investigación se realizó una investigación sobre los antecedentes de la zona de estudio en cuanto a presiones e índice de pérdidas de agua.

### 3.2 POBLACIÓN Y/O MUESTRA DE ESTUDIO

#### 3.2.1 POBLACIÓN

El sector II-B (alto ILO) está compuesto por las zonas de Cesar Vallejo, San Francisco, Kennedy, Arenal, San Pedro, Nylon, Chalaca, con una cantidad de 5245 habitantes los cuales representan 1624 conexiones de agua potable siendo estas un 90% de uso doméstico y un 10% de uso comercial.

#### 3.2.2 MUESTRA

Se determinó el sector II-B de la ciudad de Ilo debido al alto índice de agua no facturada que muestra en sus indicadores y antecedentes de fallas en la infraestructura sanitaria en este sistema de distribución.

La ciudad de Ilo cuenta con 75,817.00 habitantes de los cuales el sector II-B representa un 7% de la población total.



FIGURA 9: esquema del sistema de agua de la ciudad de Ilo

FUENTE: Elaboración propia

### 3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

TABLA 7: Operaciones de variables

VARIABLE	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADOR
QP	caudal promedio		l/s
N° DE CONEXIONES	Número de conexiones pertenecientes al sector		Hab
QMH	Caudal máximo horario	sistema de distribución de agua potable	l/s
DENSIDAD DE HAB/CONEX	número de habitantes por conexión		hab/conex
PRESIONES	presión de agua en las tuberías		Mca
VELOCIDADES	velocidad de flujo en las tuberías		m/s

FUENTE: Elaboración propia

### 3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Las técnicas que se emplean son de análisis situacional y observación experimental con apoyo del personal técnico de la EPS ILO.

Así como también con apoyo de equipos sofisticados para la recopilación de datos y detección de fugas en la red.

#### 3.4.1 TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Los datos obtenidos durante el proceso de la investigación se organizarán y procesarán de forma manual y digital con el propósito de presentar la información de manera ordenada, clara y sencilla.

**A) MICROSOFT OFFICE EXCEL2010:**

Registro de información sobre la base de los formatos empleados. Este procedimiento permite configurar la matriz de sistematización de datos que se adjuntan al informe.

**B) AUTOCAD 2018:**

AutoCAD es un software de diseño asistido por computadora utilizado para dibujo 2D y modelado 3D.

**C) MICROSOFT OFFICE WORD 2010:**

Es un programa informático orientado al procesamiento de textos. Fue creado por la empresa Microsoft

**D) GOOGLE EARTH**

Es un programa informático que muestra un globo virtual que permite visualizar múltiple cartografía, con base en la fotografía satelital.

**E) QGIS 3.4 (anteriormente llamado también Quantum GIS)**

Es un Sistema de Información Geográfica (SIG) de código libre para plataformas GNU/Linux, Unix, Mac OS, Microsoft Windows y Android. Era uno de los primeros ocho proyectos de la Fundación OSGeo y en 2008 oficialmente graduó de la fase de incubación. Permite manejar formatos raster y vectoriales a través de las bibliotecas GDAL y OGR, así como bases de datos. Algunas de sus características son:

- Soporte para la extensión espacial de PostgreSQL, PostGIS.
- Manejo de archivos vectoriales Shapefile, ArcInfo coverages, Mapinfo, GRASS GIS, DXF, DWG, etc.
- Soporte para un importante número de tipos de archivos raster (GRASS GIS, GeoTIFF, TIFF, JPG, etc.)

#### F) WÁTER CAD:

Es un instrumento eficiente para poder diseñar modelos hidráulicos referentes a redes de distribución de agua potable y simular escenarios favorables y desfavorables para los sistemas de agua potable. Fue creado por la empresa Bentley Systems, Incorporated

### 3.4.2 INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Para el trabajo en campo se utilizan algunos instrumentos de medición y señalización como los siguientes:

- Hoja de Registro de datos:  
Se utiliza para tener un control de la data en campo
- Manómetro:  
Este instrumento sirve para medir presiones en tiempo real sus unidades de medida se dan en PSI y BAR
- Data logger  
La EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIO ILO S.A. tiene equipos registradores transductores de presión (data logger), estos equipos nos permiten:  
Medir las presiones en tiempos extendidos. Los equipos guardan los datos cada 1, 2, 5 min, etc. Según la necesidad y programación que el usuario valla a utilizar. Esta medición permite monitorear las presiones y las horas de servicio. En base a las presiones (presión cero sin servicio)
- Medidor de caudal portátil:  
Este equipo permite medir los caudales en tránsito dentro de las tuberías por medio de sensores ultrasónicos que se insertan en la superficie de las tuberías a través de estos sensores el medidor registra el tránsito de los caudales en tiempo real
- Plano de distribución:  
Se utiliza para tener conocimiento e identificar la infraestructura sanitaria en campo y en gabinete

- Geófono acústico:  
Se utiliza para detectar las fugas de agua mediante el sonido.

### 3.5 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

#### 3.5.1 METODOLOGIA PARA EL CÁLCULO DEL BALANCE HIDRICO

Mediante el procedimiento propuesto por la asociación internacional del agua, (con sus siglas en Ingles IWA), establecido en la guía para la reducción de pérdidas de agua.

Detallamos los pasos para el cálculo hídrico según metodología IWA:

**Volumen de entrada al sistema QI:** El volumen de ingreso al sector IIB lo hemos obtenido según los datos del área operacional de la empresa, usamos en este proceso un medidor de flujo portátil o caudalímetro.

**Consumo autorizado facturado QAF:** Identificamos a los clientes registrados, por medio del padrón de facturación de los usuarios del sector IIB de la ciudad de Ilo, así determinamos el consumo autorizado facturado. Se registra el consumo de los clientes con micro medición y los clientes facturados sin medidores de agua.

**Consumo autorizado no facturado QANF:** Para calcular el consumo autorizado no facturado, lo hemos dividido en dos partes: consumo autorizado no facturado medido; incluye los consumos por mantenimiento de las instalaciones (purga de redes) y los consumos autorizados no facturados no medido; son el uso de agua para obras municipales, riego de parques, o volumen de agua contra incendios.

**Agua no facturada:** resulta al sumar el consumo autorizado facturado (paso2) y el consumo autorizado no facturado (paso 3).

**Pérdidas aparentes QPA:** no se puede estimar las conexiones ilegales para determinar la pérdida de agua por ese factor, sin embargo, se recomienda utilizar el 0.25% del volumen que ingresa al sistema como un enfoque inicial.



*Para el consumo no autorizado:* Consideramos el consumo propio de la empresa en los servicios higiénicos de la caseta del reservorio del sector IIB, instalando un micro medidor y tomando las lecturas inicial y final, este medidor permaneció instalado un mes.

*Imprecisiones de medida:* En este caso se desprecia las pérdidas aparentes debido a que este sector presente una micro medición al 98% no mayor de 2 años de antigüedad.

**Perdidas reales QPR:** Finalmente, las pérdidas reales de agua se estiman restando las pérdidas aparentes de las pérdidas totales.

De esta forma cada una de estas pérdidas deberían ser un porcentaje de las pérdidas reales, para lo cual debe estar demostrado según diversos estudios de mediciones.

Luego de tener nuestro balance hídrico identificamos el índice de pérdidas del sistema:

$$IP\% = \frac{VD - VF}{VD}$$

IP%: Porcentaje de índice de perdidas

VD: volumen distribuido

VF: Volumen facturado

**Índice de perdidas aparentes:** Identificamos el índice de pérdidas aparentes mediante la siguiente formula:

Pérdidas aparentes %=

$$\frac{\text{consumo autorizado no facturado} - \text{perdidas aparentes}}{\text{volumen distribuido}}$$

Para determinar el nivel de pérdidas físicas utilizamos la siguiente formula.

Pérdidas físicas=

$$\frac{\text{volumen distribuido}}{\text{perdidas reales}}$$



## RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

El desarrollo de creación del modelo de una red de distribución de agua empieza con la recopilación de información.

En esta parte recopilamos la información física de los elementos que forman el modelo matemático de la red.

En el caso de las tuberías, la información recopilada más importante a efectos de modelización hidráulica es: el trazado, diámetro interno, longitud, material y su conectividad, en este último dato la información cartográfica obtenida no era correcta, de tal manera que se realizó nuevamente.

Por otra parte, en los nudos, los datos hacían mención a su cota y su demanda. Además, fue indispensable recoger la información de los elementos de suministro de agua, tales como reservorios, válvulas de corte, válvulas reductoras y otros elementos considerados importantes para la modelización dinámica de la red.

### INFORMACION PARA LA REALIZACION DEL MODELO MATEMATICO:

**CARTOGRAFIA:** Usamos los planos cartográficos proporcionados por el área operacional, la información sobre la cartografía y las tuberías, se encuentra almacenada en formato CAD. Utilizamos también las curvas de nivel.

**TOPOLOGIA Y CARACTERISTICAS DE LA RED:** Los detalles de la red de agua potable están bien definidas, las tuberías están clasificadas por diámetro y material. Tras identificar la capa del fichero CAD que contienen la información relativa a las tuberías de red, la primera etapa fue llevar a cabo en la creación del modelo que será caracterizar todos los elementos que configuran el sistema; en particular, tuberías, reservorio, etc., determinar el trazado de las tuberías y comprobar su conectividad, para obtener un primer esqueleto de la red.

**PRODUCCION Y CONSUMOS:** Estos datos fueron proveidos por la empresa prestadora del servicio de agua EPS Ilo.

## OBTENCION DEL ESQUELETO Y CARACTERISTICAS TOPOLÓGICAS DE LA RED:

**CAPTURA DE LA RED DESDE CAD:** Para comenzar a elaborar el modelo disponemos de información en formato digital, datos en soporte CAD, donde hallamos el trazado de la red. Asimismo, hemos empleado información sobre la ciudad del proyecto referente a calles, manzanas, puntos de cota, etc.

- **Determinación de las longitudes de los tramos de tubería de la red:**

La información principal es el esquema de la red, en formato CAD, de tal forma se actualizo el plano base y se acondiciono el software de modelación. Al actualizar los planos se obtuvo las redes existentes.

Con el programa ModeiBuilder del software Bentley Watercad 8i, importamos la capa LONGITUDES de AutoCad y encontramos la longitud de cada tramo de tubería de la red de distribución de agua del Sector.

- **Asignación de Cotas.** – hasta el momento tenemos un modelo de la red hidráulica. No obstante, observamos que los nodos aun no cuentan con un valor de cota asignada. La asignación de cotas se ha automatizado debido a la cantidad de nodos que configura el modelo de la red. El plano base contenía datos referentes a los puntos de cota y curvas de nivel (los que han sido necesarios asignar un valor de elevación en AutoCad), con estos valores se generó una superficie de interpolación usando el método de distancias inversas implementado en la herramienta Trex del software de modelación Bentley Watercad 8i, una vez formada esta superficie de interpolación, se puede asignar un valor de cotas en cada uno de los nodos de la red modelada.

### 3.5.3 EVALUACION DE CAUDALES MINIMOS NOCTURNOS

La determinación de caudales mínimos nocturnos es aplicable en redes de distribución que son estanque, por medio de este método se analizan los caudales nocturnos que ingresan a la red, a fin de identificar el caudal neto de pérdidas de agua, con la finalidad de poder optimizar los tiempos de detección e identificación de fugas de agua.

Detallamos los pasos a seguir para la evaluación de caudales mínimos nocturnos:

- ▶ **Paso 1.-** Identificamos el punto de ingreso del sistema de agua potable, por lo regular estos están ubicados a la salida de un reservorio.
- ▶ **Paso 2.-** Instalar y programar el macromedidor del caudal en el punto identificado en el paso 1.
- ▶ **Paso 3.-** Descargar y analizar los datos de los caudales a fin de detectar el mínimo caudal en tránsito nocturno, viene hacer el caudal neto de perdidas en la red.
- ▶ **Paso 4.-** una vez identificado el caudal Neto de perdidas en la red se procede a realizar un plan operativo de detección de fugas, en conexiones, acometidas y redes de distribución.

#### 3.5.4 GESTION DE PRESIONES:

Existen muchas formas de gestionar las presiones que se muestran en el sistema de agua potable teniendo como opciones: renovación de tuberías, inserción de válvulas reductoras, reducción de caudales de abastecimiento entre otras, siendo una de las más aplicables la inserción de válvulas reductoras de presión, ya que mediante la inserción de estas es posible reducir las presiones en toda su área de influencia.

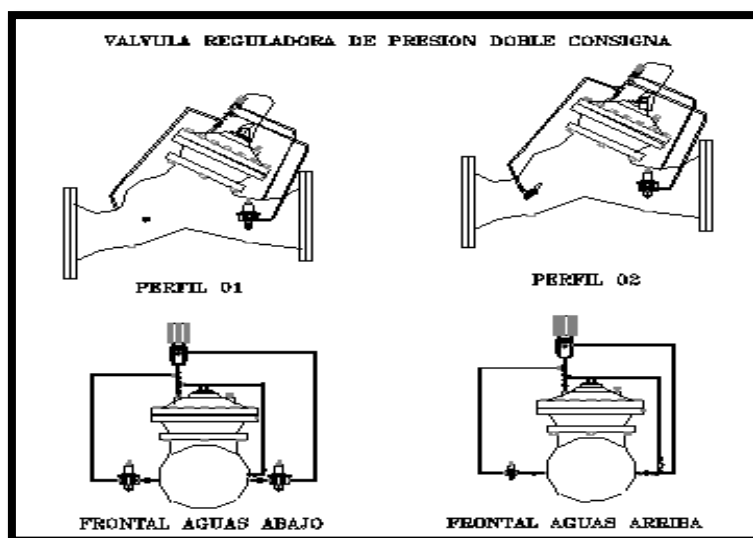
La gestión de presiones que se aplicó en este sector consiste no solo en reducirlas para un uso diurno, sino que además de esto se implementó la automatización a doble consigna por medio de una válvula reductora de presiones, lo cual se realizó de la siguiente manera:

**Paso 1.- Evaluación de válvulas reductoras de presión para su mantenimiento:** se realizó una evaluación de las posibles válvulas para automatizar y asignar las consignas de operación que deben asumir estas, tomando como criterio de evaluación los siguientes puntos:

- Estado de la válvula reductora
- Estado de válvulas de corte
- Presiones
- continuidad
- Área de influencia

**Paso 2.- Mantenimiento de válvulas:** Luego de identificar las válvulas que deben trabajar a doble consigna procedemos a ir al campo a realizar el mantenimiento a la válvula identificada de esta forma pueda trabajar sin problemas.

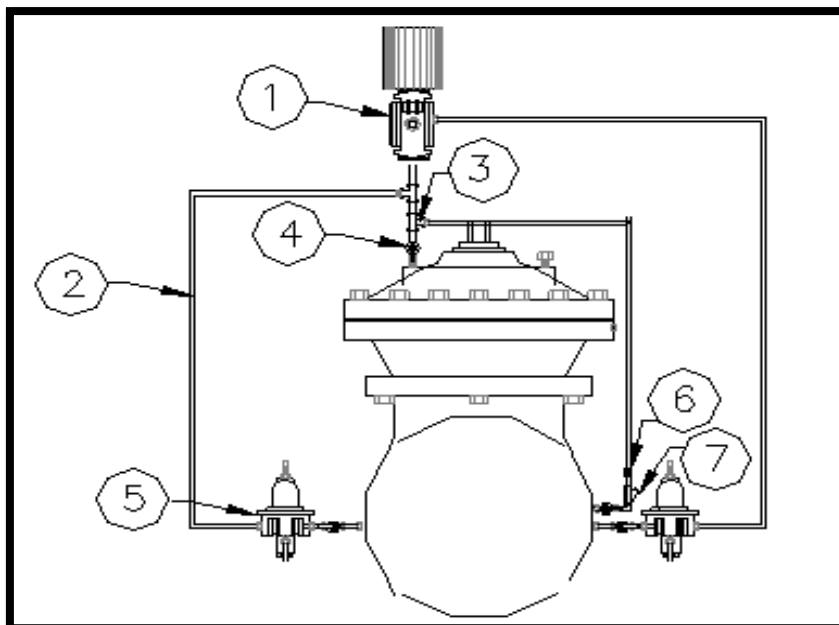
**Paso 3.-** Teniendo las válvulas reductoras de presión operativas se procedió a diseñar una configuración de ensamblaje de accesorios para que esta cumpla una doble consigna tal como se muestra en la siguiente ilustración.



*FIGURA 10: válvula reguladora de presión*

**Paso 4.-** De esta manera hacemos una relación de los accesorios a utilizar para el ensamblaje de doble consigna automatizada a la válvula reductora:

**Paso 5.-** Se realiza el armado de la válvula de una consigna para convertirla a doble consigna automatizada, mostrado en la figura.



1. Válvula solenoide (salida 1/4") c/temporizador programable para riego
2. Manguera de 3/8" (2.5m)
3. Tee de Bronce 1/4"
4. Válvula de bronce 3/8"
5. Pilotos de control de presión
6. válvula de aguja
7. Yee-filtro de 1/4" de metal inox

**Paso 6.-** De esta forma se procede a la Operación y puesta en marcha de automatización de doble consigna en VRP.

- Luego de realizar la instalación de la nueva configuración de doble consigna en las válvulas reductoras de presión se procedió a calibrar los pilotos asignando consignas de operación de día y noche teniendo en cuenta que la presión nocturna debe ser la mínima a fin de reducir las presiones estáticas que se generan en periodo nocturno.
- Posteriormente se programó el temporizador para que este desactive el piloto de alta presión de tal manera que trabaje el piloto de menor presión en el periodo de tiempo asignado

- Finalmente se programó el temporizador para que este desactive piloto de alta presión de tal manera que trabaje el piloto de menor presión en el periodo de tiempo asignado.

## CAPITULO IV: RESULTADOS

### GENERALIDADES

Usando las metodologías y técnicas fue posible disminuir las pérdidas de agua en la red de distribución, mejorando los indicadores de ANF.

### DEFINICION DE LA ZONA DE ESTUDIO (SECTOR IIB)

Una de las zonas en las que se han detectado mayor pérdida de agua es en el sector IIB de la ciudad de Ilo.



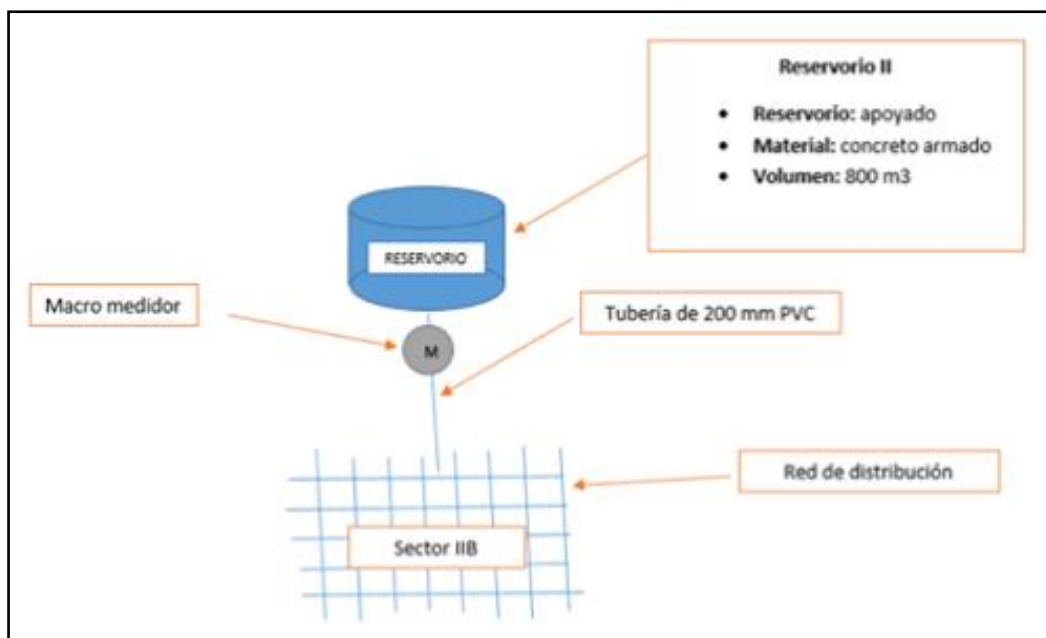
**FIGURA 11:** plano sectorial de la ciudad de Ilo

**FUENTE:** Elaboración propia

### UBICACIÓN

El sector IIB se encuentra ubicado en la ciudad de Ilo, el cual está conformado por las zonas: Cesar Vallejo, San Francisco, Arenal, Chalaca, Kennedy, Nylon y San Pedro, con una cantidad de 5245 habitantes los cuales representan 1624 conexiones de agua potable siendo estas destinadas mayormente para viviendas.





**FIGURA 12:** esquema de distribución de agua que ingresa al sector IIB

**FUENTE:** Elaboración propia

## CONEXIONES DOMICILIARIAS

El sector IIB tiene 1624 conexiones de agua potable siendo estas destinadas mayormente para viviendas.

**TABLA 8:** conexiones domiciliarias del sector IIB

ZONAS	N° CONEXIONES
Cesar Vallejo	282
San Francisco	315
Arenal	224
Chalaca	145
kennedy	326
Nylon	200
San Pedro	132
<b>TOTAL:</b>	<b>1624</b>

**FUENTE:** Elaboración propia

## BALANCE HIDRICO

### RESULTADOS DEL BALANCE HIDRICO

El propósito del Balance Hídrico es determinar mediante información existente o estimaciones el valor del volumen de agua que se pierde, en un periodo de estudio. Para esta tarea hemos recogido información del sistema, su particularidad y comportamiento, también se obtuvo datos de las variables de estado (presiones y caudales) en puntos estratégicos a lo largo del tiempo. Con el apoyo de una hoja de cálculo en el que se elaboró el Balance hídrico de todos los caudales, ya sean entrantes o salientes y que permitió evaluar el volumen de agua potable que se pierde en las redes de distribución.

Detallamos los resultados para el cálculo hídrico según metodología IWA:

**Paso 1: Volumen de entrada al sistema QI:** El volumen de ingreso al sector IIB.

*TABLA 9: Volumen de entrada al sistema QI del sector IIB.*

MESES	Producción R-2 (m3)
ene-18	24800
feb-18	26350
mar-18	27900
abr-18	29450
may-18	27590
jun-18	35650
jul-18	30380
ago-18	30845
Set-18	32550
oct-18	36580
nov-18	37510
dic-18	37541
<b>TOTAL</b>	<b>377,146.00</b>

*FUENTE: Elaboración propia*

**Paso 2: Consumo autorizado facturado QAF:** Identificamos a los clientes registrados a través del padrón de facturación de los usuarios del sector IIB de la ciudad de Ilo.

TABLA 10: Consumo autorizado facturado QAF

MES	diferencia de lecturas	promedio y asignado	VOLUMEN TOTAL
ENE	15910	1714	17419
FEB	16902	2868	19770
MAR	17532	-	17532
ABR	16845	-	16845
MAY	17800	3181	20981
JUN	12861	-	12861
JUL	15131	3374	18505
AGO	14911	3682	18593
SET	14783	3221	18004
OCT	15076	3931	19007
NOV	14811	3996	18807
DIC	16620	3839	20459
<b>TOTAL</b>	<b>189,182.00</b>	<b>29,806.00</b>	<b>218,783.00</b>

FUENTE: Elaboración propia

**Paso 3: Consumo autorizado no facturado QAuNF:** Para poder calcular el consumo no facturado, se divide en dos partes:

**Consumo autorizado no facturado medido:** Son los consumos por mantenimiento de las instalaciones (purga en redes).

TABLA 11: purgas en redes del sector IIB

Punto	Punto de purga	Estado de válvula	Diámetro de la Red	Estado de Hidrante	Tiempo de purga (min)	Agua Utilizada m3
12	kennedy mz. G'-5	Operativo	3"	Operativo	5	2.50
13	kennedy mz. L'-5	Operativo	3"	Operativo	5	2.50
14	Kennedy mz. E-18	Operativo	4"	Operativo	5	2.50
15	Kennedy mz. E-18	Operativo	4"	Operativo	5	2.50
16	Kennedy Morales mz. E'-7	Operativo	3"	Operativo	5	2.50
17	San Pedro mz. Q-13	Operativo	4"	Operativo	5	2.50
18	San Pedro mz. T-2	Operativo	4"	Operativo	5	2.50
19	Nylon mz. S-19	Operativo	3"	Operativo	5	2.50
20	Nylon mz. O-1	Operativo	4"	Operativo	5	2.50
21	Nylon mz. A-6	Operativo	4"	Operativo	5	2.50
22	2Nylon mz. A-6	Operativo	4"	Operativo	5	2.50
PROMEDIO					5.00	<b>55.00</b>
MAXIMO					5.00	<b>(Total m3)</b>
MEDIANA					5.00	
MINIMO					5.00	

FUENTE: Elaboración propia

**Consumo autorizado no facturado no medido:** Son el uso de agua en obras municipales, riego de parque, etc.

**TABLA 12:** consumo no facturado no medido

<b>Consumo No Facturado No Medido:</b>	
<b>USOS PROPIOS DE LA EPS ILO</b>	
<b>MES</b>	<b>VOLUMEN (M3)</b>
ENE	163.57
FEB	147.74
MAR	163.57
ABR	158.29
MAY	163.57
JUN	158.29
JUL	163.57
AGO	163.57
SEP	158.29
OCT	163.57
NOV	158.29
DIC	163.57
<b>TOTAL</b>	<b>1,925.86</b>

**FUENTE:** Elaboración propia.

De esta manera, para poder verificar el volumen del consumo no medido se instaló un medidor de 1" con las siguientes características:

**TABLA 13:** características del medidor

<b>Marca</b>	ZENNER
<b>Diámetro</b>	1/2"
<b>Número</b>	2506000024
<b>Lectura Inicial (m3)</b>	36.5243
<b>Día Instalación</b>	07/09/2016
<b>Hora Instalación</b>	03:20 p.m.

**FUENTE:** Elaboración propia

**TABLA 14:** lectura y consumo del medidor instalado en la eps Ilo

	<b>Lectura</b>	<b>Consumo</b>
<b>Lectura primer día</b>	40.3255	3.8012
<b>Lectura 1<sup>ra</sup> semana</b>	69.693	33.1687
<b>Lectura 1er mes</b>	194.814	158.2897

**FUENTE:** Elaboración propia

**TABLA 15:** resumen del consumo de agua no medida de la EPS ILo

<b>Consumo en un día</b>	3.801
<b>Consumo semanal</b>	33.169
<b>Consumo 1er mes</b>	158.29
<b>Consumo diario</b>	5.276

**FUENTE:** Elaboración propia

#### **Paso 4: Agua no facturada:**

*volumen de entrada al sistema – agua facturada*

$$377,146.00 \left[ \frac{m^3}{año} \right] - 218,988.00 \left[ \frac{m^3}{año} \right] = 158,158.00 \left[ \frac{m^3}{año} \right]$$

#### **Paso 5: Perdidas aparentes QPA:**

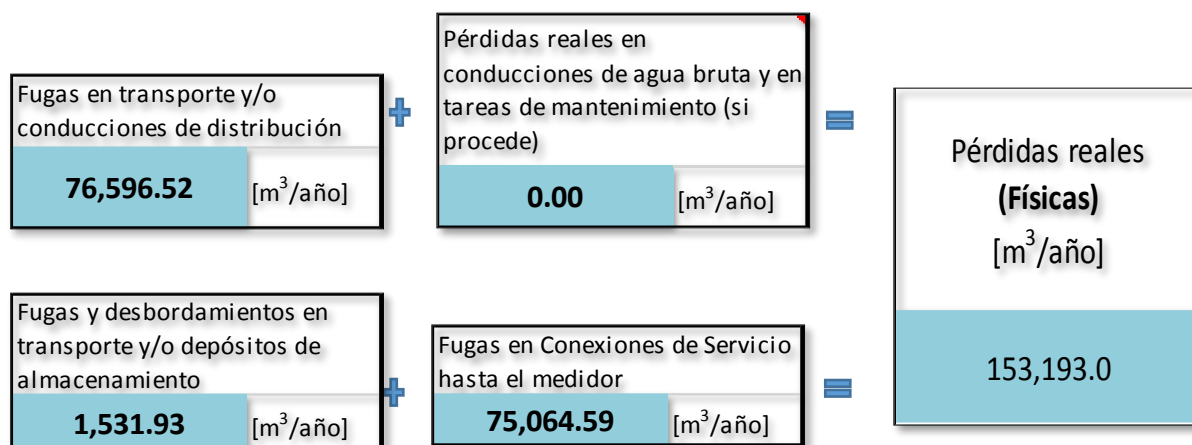
*Consumo no autorizado + Imprecisiones de medida*

$$324.00 \left[ \frac{m^3}{año} \right] - 0.00 \left[ \frac{m^3}{año} \right] = 324.00 \left[ \frac{m^3}{año} \right]$$

**Para el consumo no autorizado:** En este ítem identificamos los consumos clandestinos que se dieron dentro del sector IIB.

**Imprecisiones de medida:** en este caso se desprecia las pérdidas aparentes debido a que este sector presente una micro medición al 98% no mayor de 2 años de antigüedad.

### Paso 6: Perdidas reales QPR:



### Perdidas reales en conducciones de agua bruta y en tareas de mantenimiento

Se desestiman las pérdidas en líneas de conducción debido a que a nivel de sector solo tenemos redes primarias y de distribución.

**Paso 7:** Luego de tener nuestro balance hídrico identificamos el índice de pérdidas del sistema:

$$IP\% = VD - VF / VD$$

IP%: Porcentaje de índice de pérdidas

VD: volumen distribuido

VF: Volumen facturado (consumo autorizado facturado)

$$\frac{377,146.00 \left[ \frac{m^3}{año} \right] - 218,988.00 \left[ \frac{m^3}{año} \right]}{377,146.00 \left[ \frac{m^3}{año} \right]} = 41.94\%$$

**Paso 8: Índice de pérdidas aparentes:** Identificamos el índice de pérdidas aparentes mediante la siguiente formula:

Pérdidas aparentes %=

$$\frac{\text{consumo autorizado no facturado} + \text{perdidas aparentes}}{\text{volumen distribuido}} = 1.32\%$$

$$\frac{4,641.00 \left[ \frac{m^3}{año} \right] + 324.00 \left[ \frac{m^3}{año} \right]}{377,146.00 \left[ \frac{m^3}{año} \right]} = 1.32\%$$

**Paso 9:** Para determinar el nivel de pérdidas físicas utilizamos la siguiente fórmula.

Pérdidas físicas=

$$\frac{\text{volumen distribuido}}{\text{perdidas reales}}$$

$$\frac{377,146.00 \left[ \frac{m^3}{año} \right]}{153,193.00 \left[ \frac{m^3}{año} \right]} = 40.62\%$$

Finalmente, con los datos antes mencionados obtenemos el balance hídrico del sector IIB de la ciudad de Ilo:

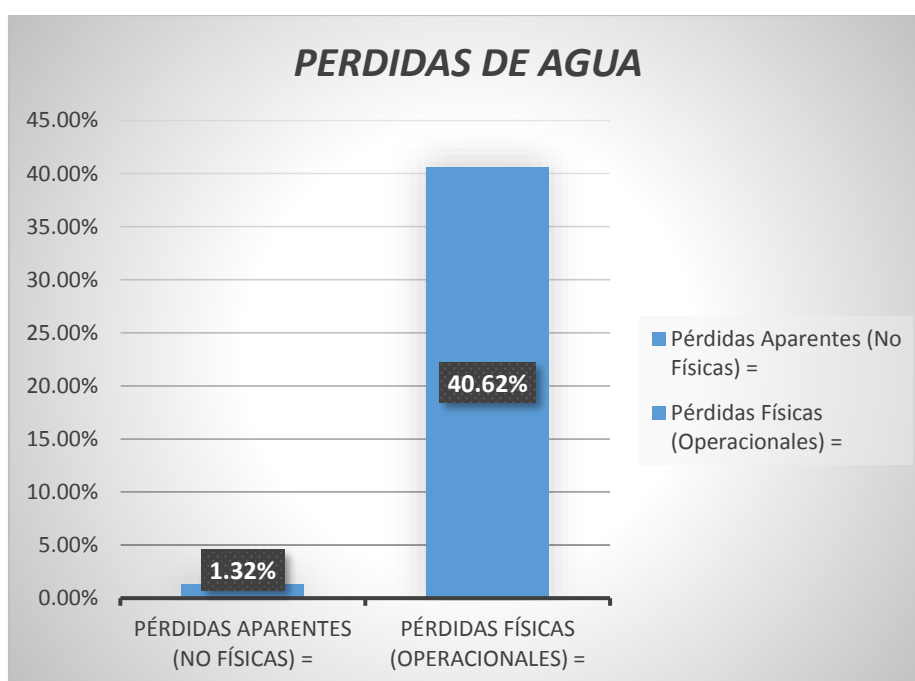
TABLA 16: Balance hídrico metodología IWA-AWWA sector IIB.

<b>BALANCE HÍDRICO (Metodología IWA-AWWA)</b>					
<b>Volumen de Entrada al Sistema (Agua Despachada)</b>	<b>Consumo Autorizado (Agua Comercializada)</b> [m <sup>3</sup> /año]  223,629.0	Consumo autorizado facturado [m <sup>3</sup> /año] <b>189,182.0</b> [m <sup>3</sup> /año]	Consumo facturado medido (incluyendo agua exportada) <b>189,182.0</b> [m <sup>3</sup> /año]	<b>Agua Facturada (Contabilizada)</b> [m <sup>3</sup> /año]  218,988.0	
		218,988.0	Consumo facturado no medido <b>29,806.0</b> [m <sup>3</sup> /año]		
		4,641.0	Consumo autorizado no facturado [m <sup>3</sup> /año] <b>1,925.9</b> [m <sup>3</sup> /año]	Consumo no facturado medido <b>1,925.9</b> [m <sup>3</sup> /año]	<b>Agua No Facturada (No Contabilizada)</b> [m <sup>3</sup> /año]  <b>158,158.0</b>
			Consumo no facturado no medido <b>2,715.1</b> [m <sup>3</sup> /año]	Consumo no facturado no medido <b>2,715.1</b> [m <sup>3</sup> /año]	
	<b>Pérdidas de Agua (Agua No Comercializada)</b> [m <sup>3</sup> /año]  153,517.0	Pérdidas aparentes (No Físicas) [m <sup>3</sup> /año] 324.0	Consumo no autorizado <b>324.0</b> [m <sup>3</sup> /año]	Consumo no autorizado <b>324.0</b> [m <sup>3</sup> /año]	
			Imprecisiones de medida <b>0.0</b> [m <sup>3</sup> /año]		
		Pérdidas reales (Físicas) [m <sup>3</sup> /año]  153,193.0	Pérdidas reales en conducciones de agua bruta y en tareas de mantenimiento (si procede) <b>0.00</b> [m <sup>3</sup> /año]	Pérdidas reales en conducciones de agua bruta y en tareas de mantenimiento (si procede) <b>0.00</b> [m <sup>3</sup> /año]	
			Fugas en transporte y/o conducciones de distribución <b>76,596.52</b> [m <sup>3</sup> /año]	Fugas en transporte y/o conducciones de distribución <b>76,596.52</b> [m <sup>3</sup> /año]	
			Fugas y desbordamientos en transporte y/o depósitos de almacenamiento <b>1,531.93</b> [m <sup>3</sup> /año]	Fugas y desbordamientos en transporte y/o depósitos de almacenamiento <b>1,531.93</b> [m <sup>3</sup> /año]	
			Fugas en Conexiones de Servicio hasta el medidor <b>75,064.59</b> [m <sup>3</sup> /año]	Fugas en Conexiones de Servicio hasta el medidor <b>75,064.59</b> [m <sup>3</sup> /año]	
<b>377,146.0</b>					



Longitud de la Red (Km)	6
Conexiones de agua	1,579.00
Longitud promedio de cada conexión (m)	4
Presión promedio [mca]	24
Pérdidas de Agua =	<b>41.94%</b>
Pérdidas Aparentes (No Físicas) =	<b>1.32%</b>
Pérdidas Físicas (Operacionales) =	<b>40.62%</b>

**FUENTE:** Elaboración propia



**FIGURA 13:** pérdidas de agua

**FUENTE:** Elaboración propia

Identificando las pérdidas físicas y aparentes, los resultados muestran un ANF% de 41.94% el cual se descompone en un 1.32% de perdidas aparentes y 40.70% de pérdidas reales.

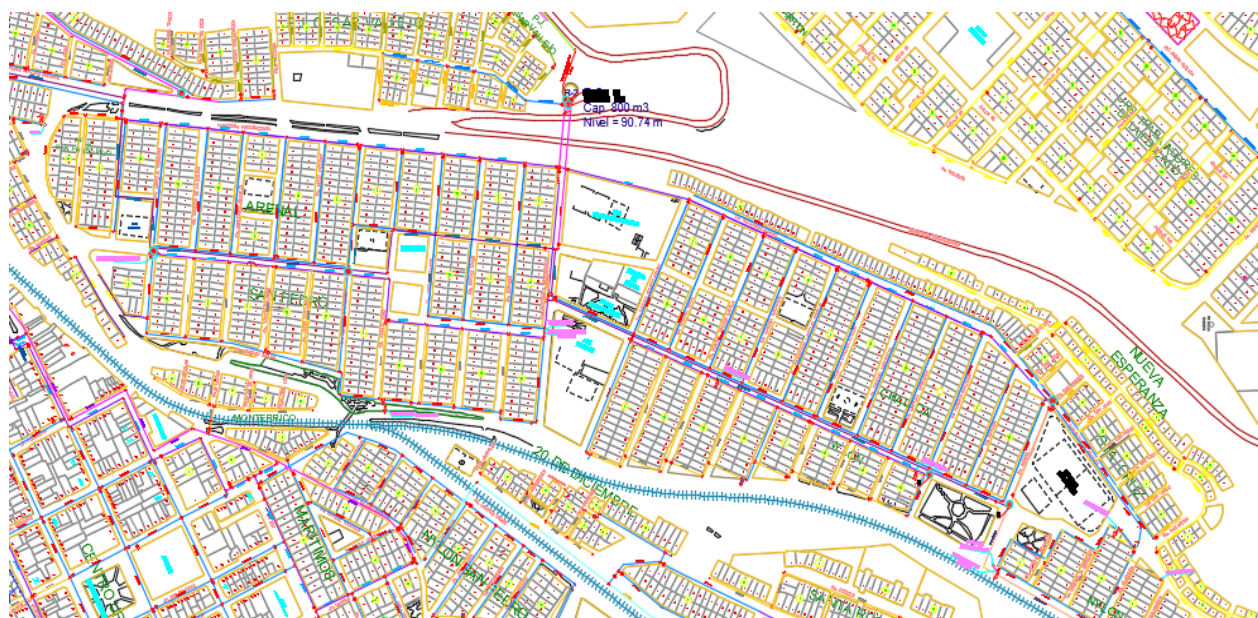
El 41.94% representan un volumen no facturado de 158,158 m<sup>3</sup>/año. Si asumimos que este volumen fuese para uso doméstico, estaríamos hablando de una facturación de s/ 1.8 el m<sup>3</sup>, y tendríamos una pérdida económica de S/ 284,684.40 anuales. Es decir, mensualmente la empresa perdería S/ 23,723.70

## MODELAMIENTO HIDRAULICO

### RESULTADOS DE LA MODELIZACION RED DE DISTRIBUCION

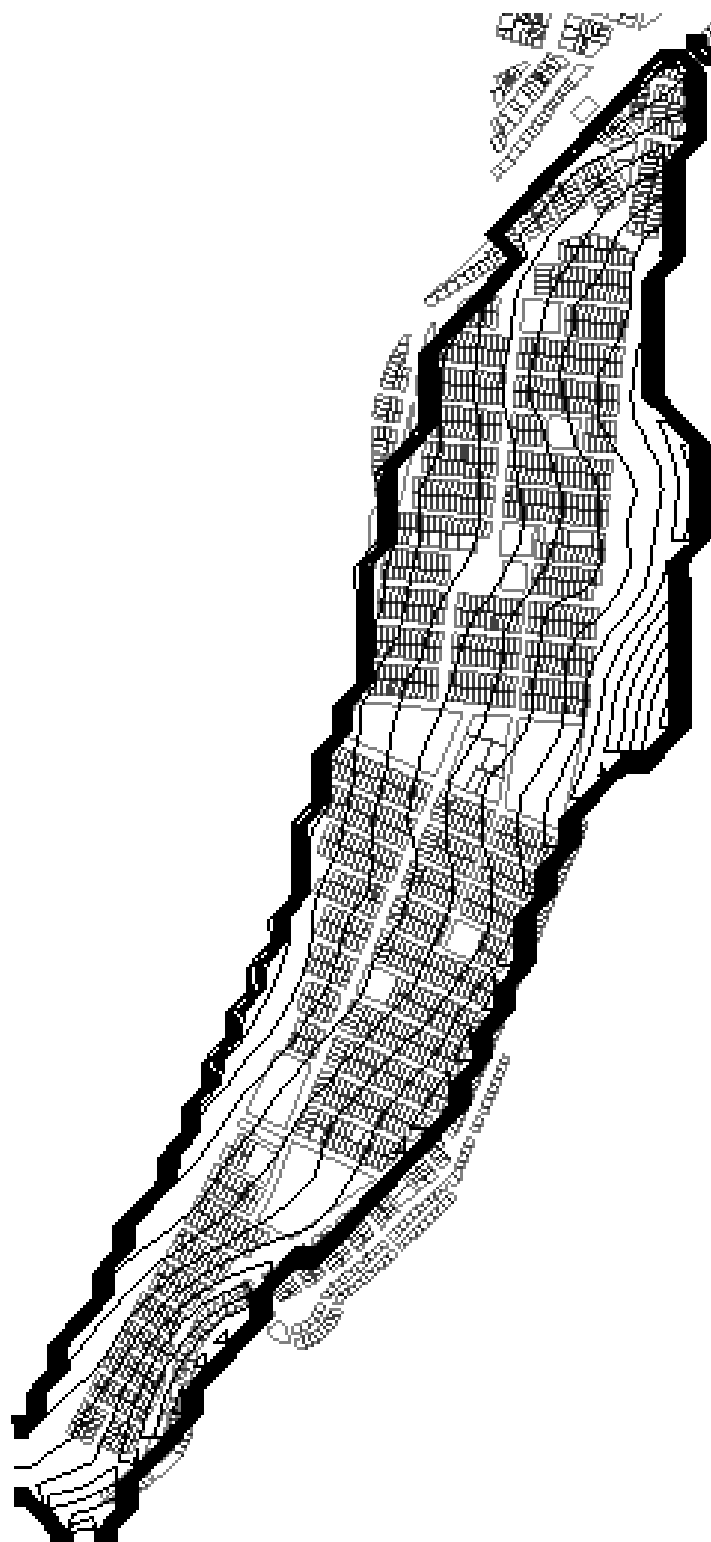
#### RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

Como primera acción recopilamos toda la información del catastro técnico de redes de agua potable



**FIGURA 14:** catastro de redes de agua potable del sector IIB

**FUENTE:** Elaboración propia

**INFORMACION PARA LA REALIZACION DEL MODELO MATEMATICO:****CARTOGRAFIA:**

**FIGURA 15:** cartografía del sector IIB

**FUENTE:** Elaboración propia.

## TOPOLOGIA Y CARACTERISTICAS DE LA RED

Properties - Pipe - P-259 (571)

P-259 100%

<Show All>

Property Search

Controls	<Collection>
<b>Physical</b>	
Zone	S-2
Diameter (mm)	160.0
Material	PVC
Hazen-Williams C	140.0
Has User Defined Length?	False
Length (Scaled) (m)	196
Length (m)	196
Has Check Valve?	False
Specify Local Minor Loss?	True
Minor Loss Coefficient (Local)	0.000
Installation Year	0
<b>Transient (Physical)</b>	
Wave Speed (m/s)	0.00
<b>Water Quality</b>	
Specify Local Bulk Reaction Rate?	False
Bulk Reaction Rate (Local) ((mg/L) <sup>(1-n)</sup>	0.000
Specify Local Wall Rate?	False
Wall Reaction Rate (First Order) (m/day)	0.000
<b>Results</b>	
Flow (L/s)	0.00
Velocity (m/s)	0.00
Headloss Gradient (m/m)	0.000
Headloss (m)	0.00

Label

FIGURA 16: topología y características de la red

FUENTE: Elaboración propia

**PRODUCCION Y CONSUMOS:** De los datos obtenidos por el padrón de usuarios realizamos el resumen del volumen facturado del sector IIB de la ciudad de Ilo.

TABLA 17: resumen de volumen facturado del sector IIB

RESUMEN DE VOLUMEN FACTURADO													
ZONAS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL, AÑO
CESAR VALLEJO	345	427	375	393	405	243	398	375	389	373	420	438	4581
SAN FRANCISCO	422	688	617	475	615	329	535	468	504	432	476	473	6034
ARENAL	4626	4985	4070	3697	4594	2965	4248	4289	4167	4306	4468	4757	51172
CHALACA	3670	4813	4361	4618	5555	3371	4738	4805	4501	4952	4944	5191	55519
KENNEDY	2084	2147	2194	1869	2018	1353	2049	2139	2010	2383	1898	2299	24443
NYLON	2959	2996	2602	2461	3319	2209	2721	2864	2678	3018	2983	3293	34103
SAN PEDRO	3313	3714	3313	3332	4475	2391	3816	3653	3755	3543	3618	4008	42931
<b>VOLUMEN ANUAL TOTAL =</b>												<b>218,730.00</b>	

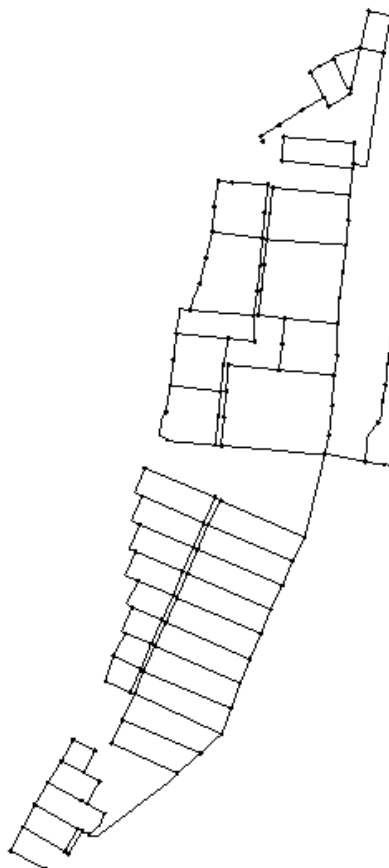
FUENTE: Elaboración propia

**TABLA 18:** producción del reservorio-2

MESES	Producción R-2 (m3)
ene-18	24800
feb-18	26350
mar-18	27900
abr-18	29450
may-18	27590
jun-18	35650
jul-18	30380
ago-18	30845
Set-18	32550
oct-18	36580
nov-18	37510
dic-18	37541
<b>TOTAL</b>	<b>377,146.00</b>
<b>QP</b>	<b>11.96</b>

**FUENTE:** Elaboración propia.

### OBTENCION DEL ESQUELETO Y CARACTERISTICAS TOPOLOGICAS DE LA RED:

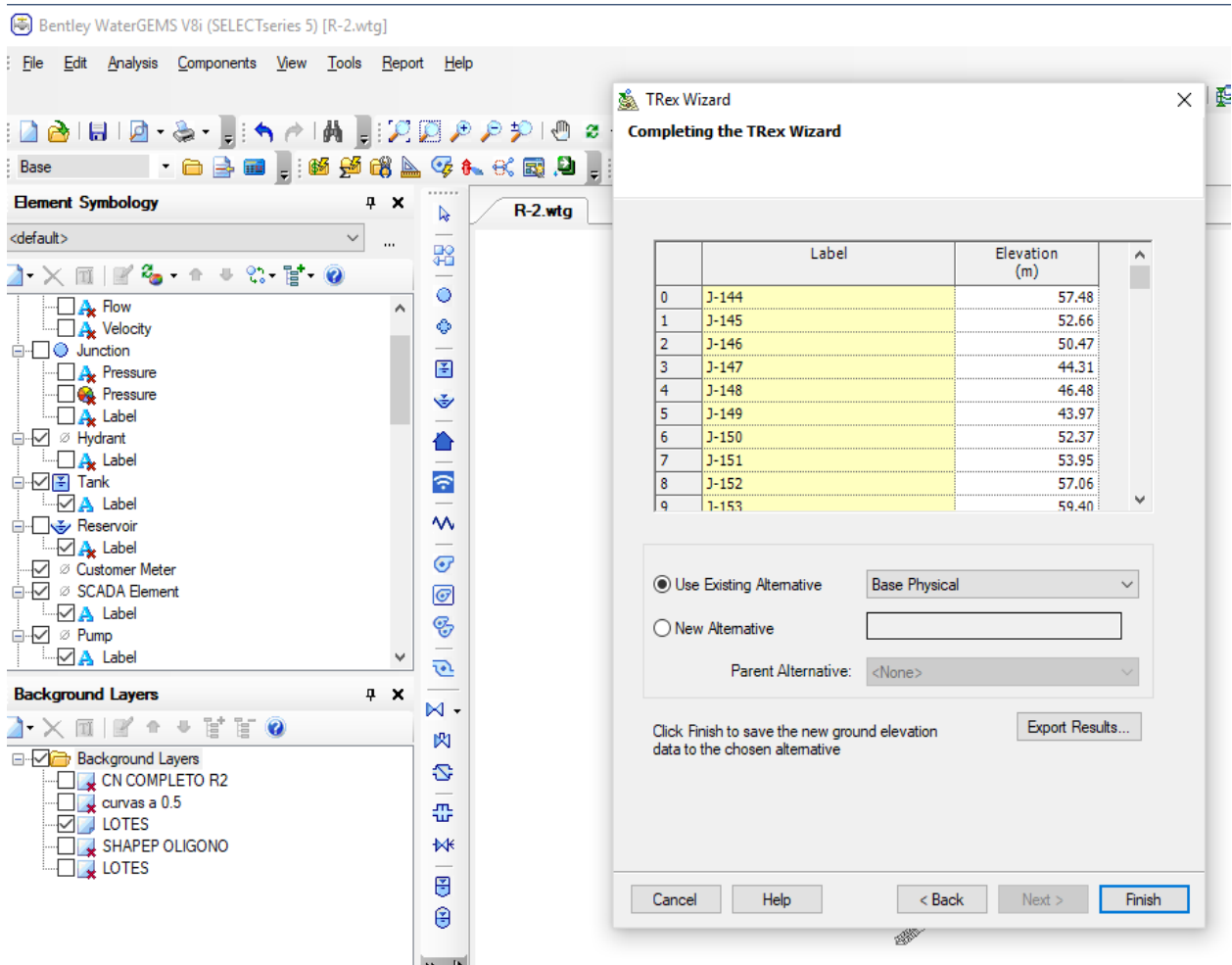


**FIGURA 17:** esqueleto y características de la red de distribución.

**FUENTE:** Elaboración propia.

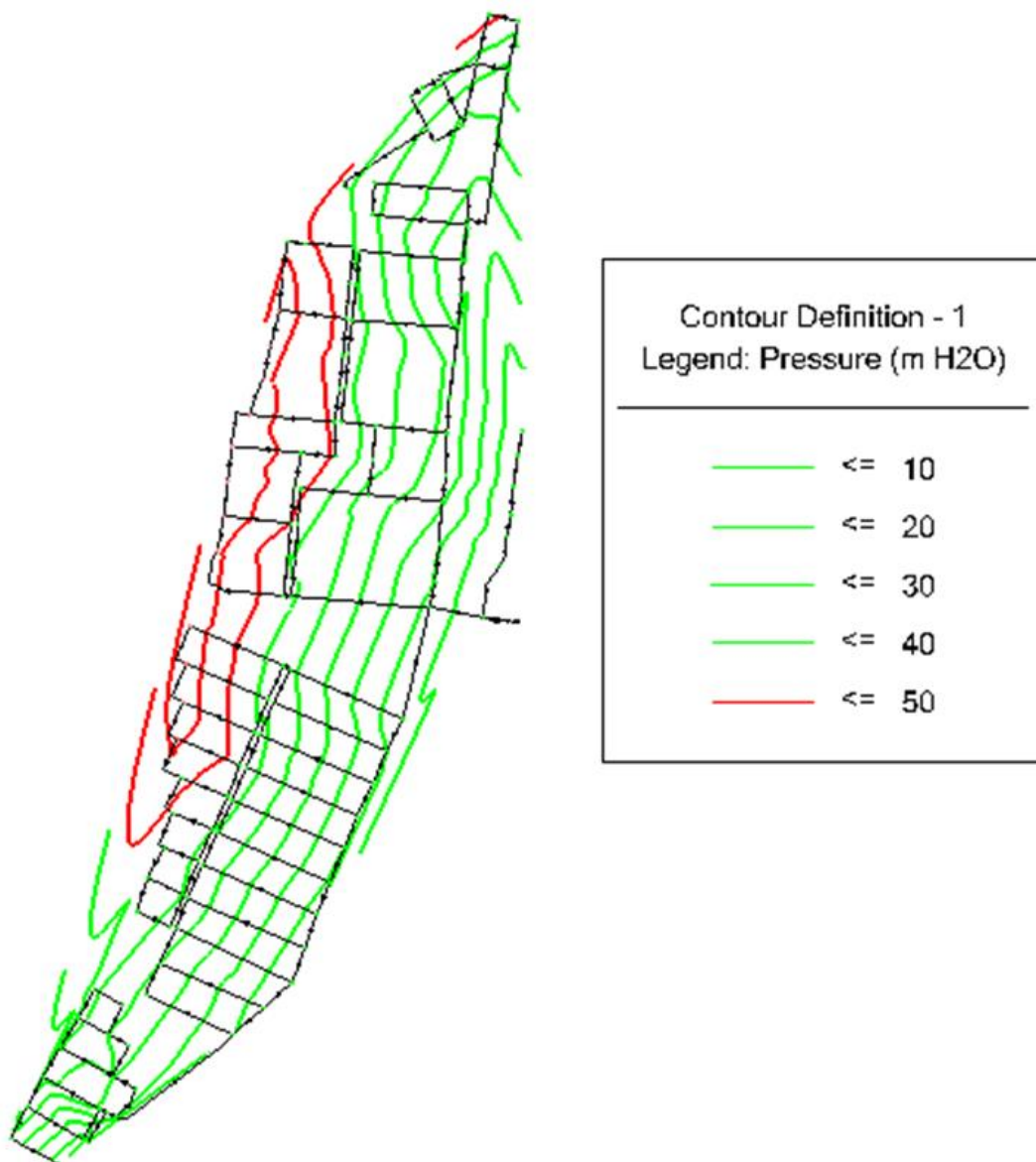
## CAPTURA DE LA RED DESDE CAD:

- **Asignación de Cotas. –**



**FIGURA 18:** asignación de cotas en watercad

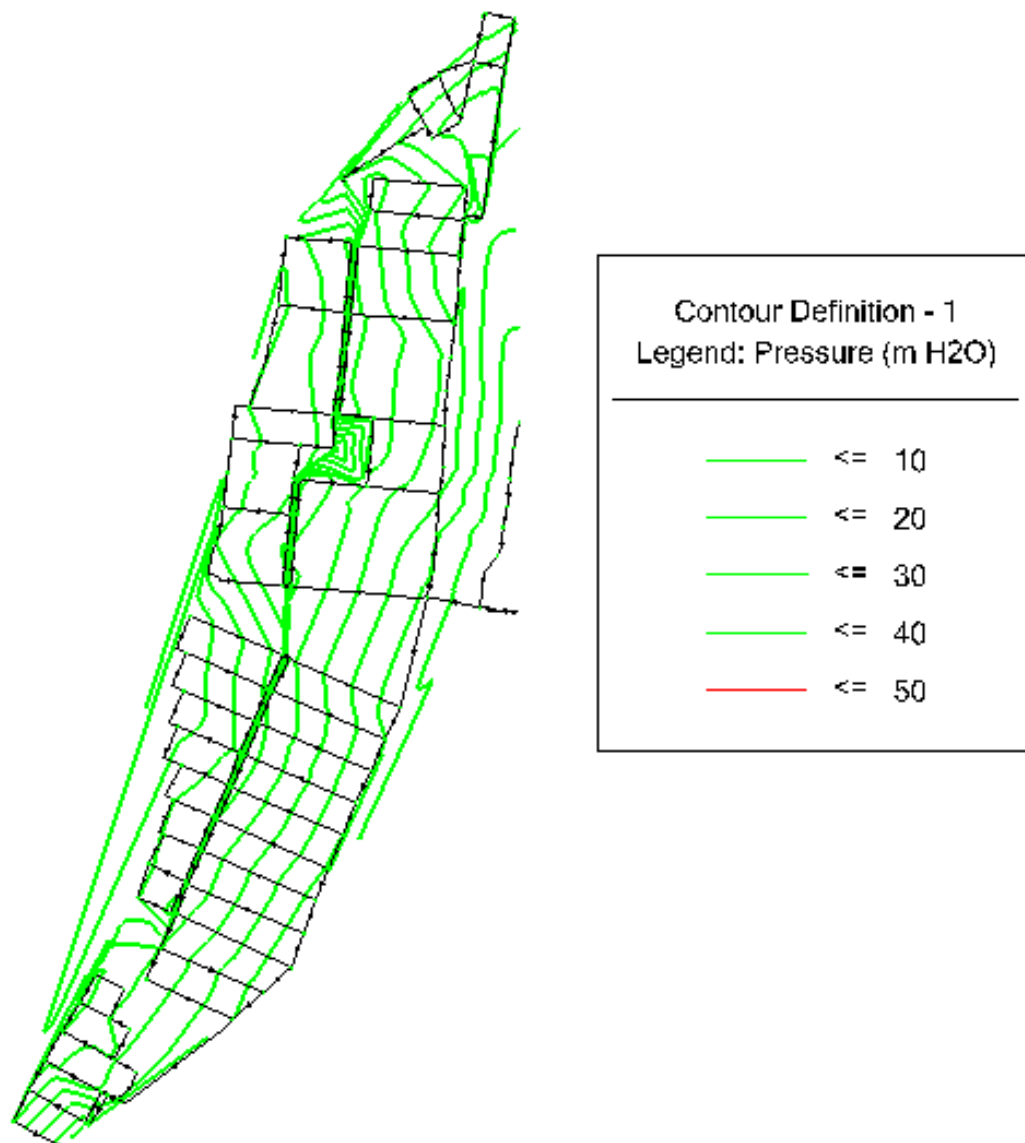
**FUENTE:** Elaboración propia



**FIGURA 19:** Simulación en escenario situación actual

**FUENTE:** Elaboración propia

En la figura 19 se observa el comportamiento del sistema en condiciones normales teniendo inoperativas las válvulas reductoras de presión ubicadas en San Pedro, Nylon y San Francisco.



**FIGURA 20:** Simulación de escenario proyectado

**FUENTE:** Elaboración propia

En la figura 20 se observa el comportamiento del sistema a partir del planteamiento de mejoras en las válvulas reductoras de presión.

## CAUDALES MINIMOS NOCTURNOS

### RESULTADOS DE EVALUACION DE CAUDALES MINIMOS NOCTURNOS

Identificar el punto de ingreso a un sistema de agua potable, por lo regular estos están ubicados a la salida de un reservorio.

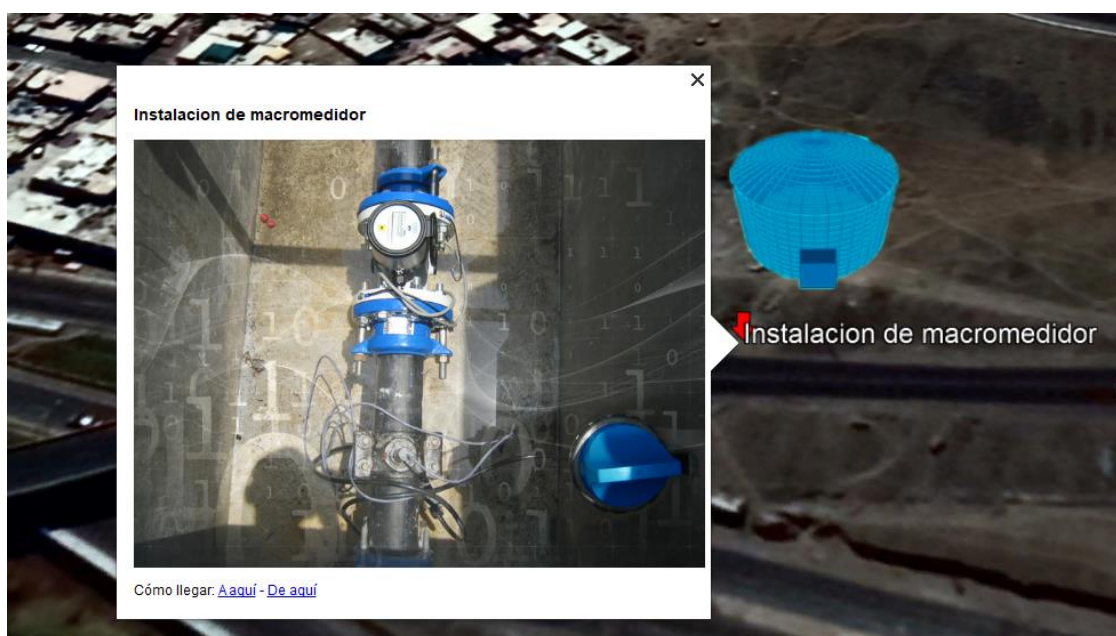




**FIGURA 21:** punto de ingreso del agua potable al R2

**FUENTE:** Elaboración propia

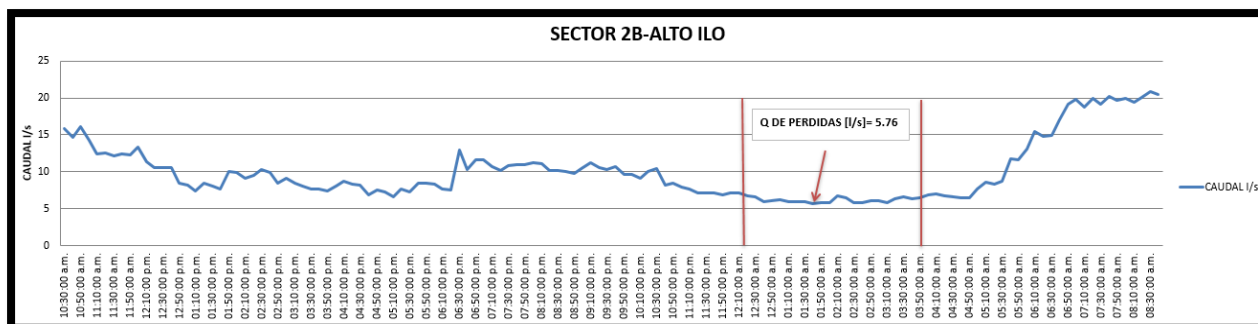
Instalar y programar el medidor de caudal en el punto identificado.



**FIGURA 22:** instalación del macromedidor

**FUENTE:** Elaboración propia

Mediante el análisis de caudales nocturnos se obtiene el caudal de pérdidas de agua 5.76 l/s.



**FIGURA 23:** Análisis de caudales de sistema del sector II-B

**FUENTE:** Elaboración propia.

## GESTION DE PRESIONES:

**FIGURA 24:** Se muestra cómo se dio el comportamiento atípico antes de realizar la automatización de la cámara reductora, mostrando una presión de ingreso pico de 43 mca, y salida de 40 mca, este comportamiento presente por el estrangulamiento de la válvula de corte aguas debajo, es por ello el deceso de 3 mca en el diagrama.

**FIGURA 25:** Observamos el comportamiento de presiones asignado a la válvula reductora, el cual mantiene una presión de día con una consigna de salida constante de 18 mca. y durante la noche una consigna de 12 mca, a fin que esta consigna nocturna no genere fatiga en un periodo estático a la infraestructura sanitaria del sistema de distribución del sector IIB.

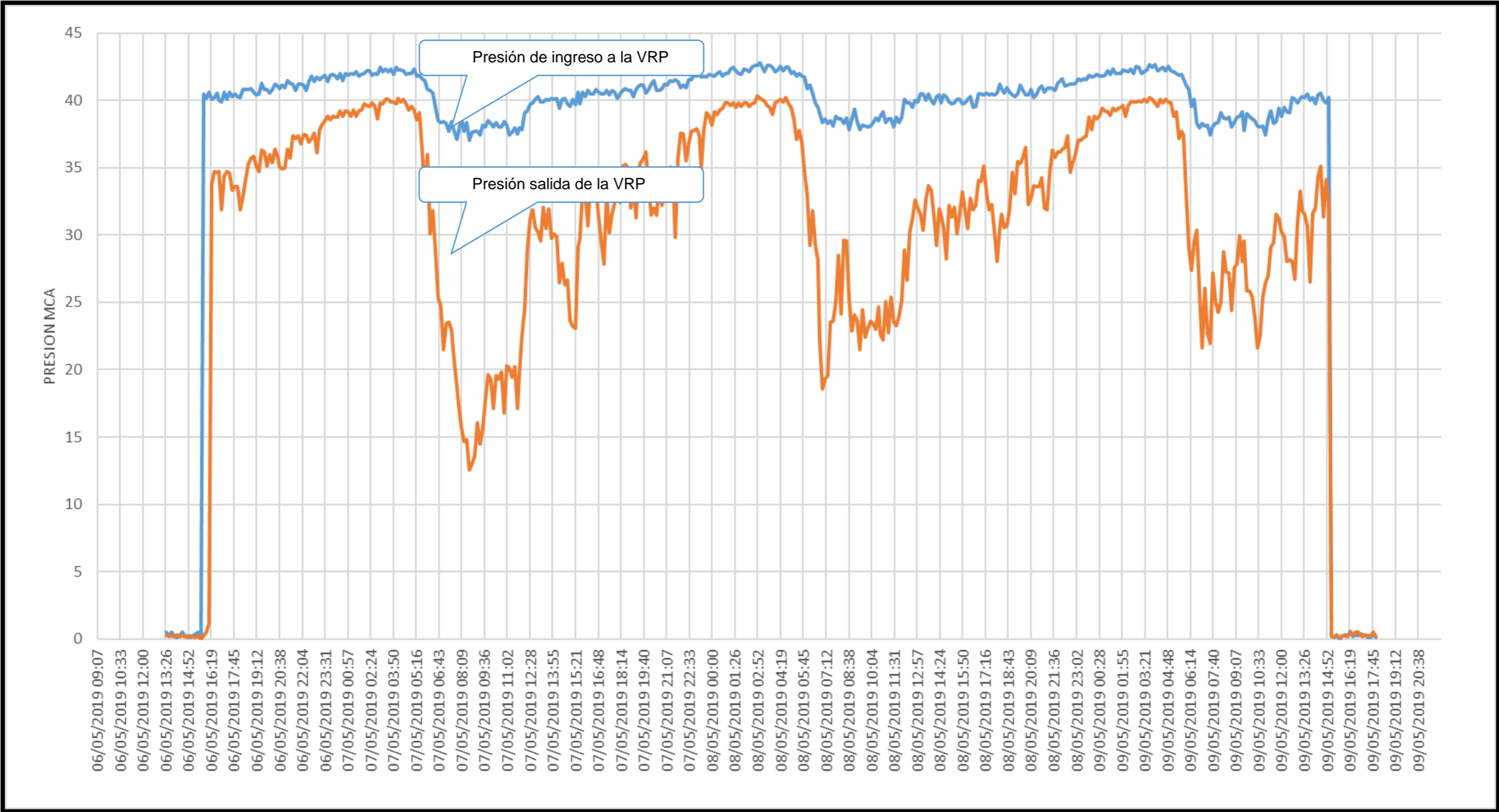


FIGURA 24: diagrama de presiones antes de la automatización

FUENTE: Elaboración propia

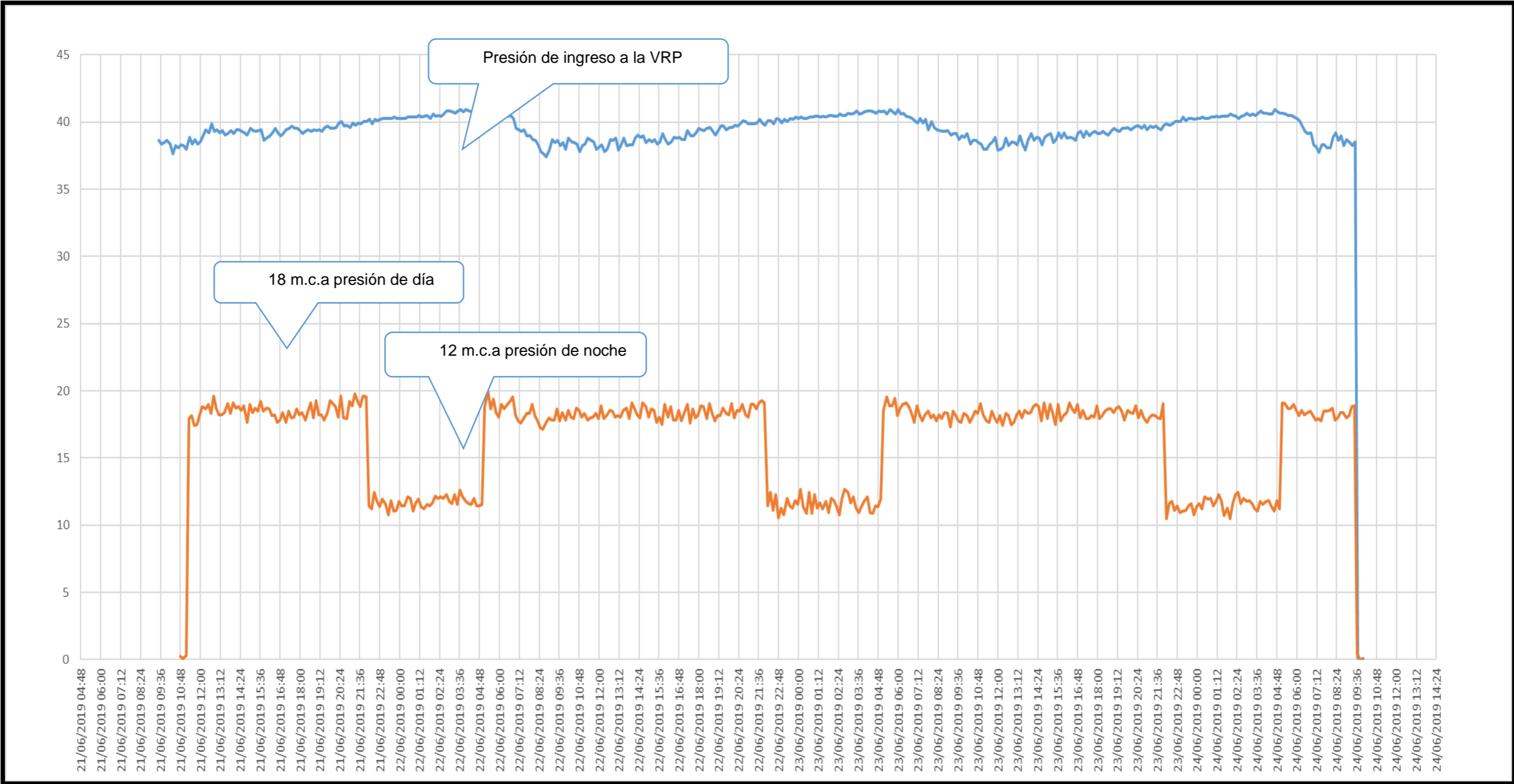


FIGURA 25: Diagrama de presiones de válvula reductora automatizada

FUENTE: Elaboración propia

**Mantenimiento de válvulas:**

*FOTOGRAFIA 3: mantenimiento de válvulas*

*FUENTE: Elaboración propia*

Teniendo las válvulas reductoras de presión operativas se procedió a diseñar una configuración de ensamblaje de accesorios para que esta cumpla una doble consigna tal como se muestra en la siguiente ilustración.

De esta manera hacemos una relación de los accesorios a utilizar para el ensamblaje de doble consigna automatizada a la válvula reductora:

**TABLA 19:** accesorios para la válvula reductora

Ítem	Descripción	unid	Cantidad
<b>1.0.0</b>	<b>Accesorio pesado</b>		
<b>1.1.0</b>	Válvula de bronce 3/8"	unidad	4
<b>1.2.0</b>	válvula de aguja	unidad	1
<b>1.1.1</b>	Pilotos de control de presión	unidad	2
<b>1.2.1</b>	Yee-filtro de 1/4" de metal inox	unidad	1
<b>2.0.0</b>	<b>Accesorio electrónico</b>		
<b>2.1.1</b>	Válvula solenoide (salida 1/4") c/temporizador programable para riego	unidad	1
<b>3.0.0</b>	<b>Accesorios livianos</b>		
<b>3.1.0</b>	Niple roscado (ambos lados) de bronce 1/8"	unidad	4
<b>3.0.1</b>	Niple roscado (ambos lados) con reducción de bronce 3/8" a 1/4"	unidad	4
<b>3.1.1</b>	Niple de metal inox 1/4"	unidad	3
<b>3.0.2</b>	Niple de metal inox 1/8"	unidad	3
<b>3.1.2</b>	Tapón de bronce(macho) de 1/8"	unidad	2
<b>3.0.3</b>	Reducción Bushing bronce c/tuerca de 1/8" a 1/4"	unidad	2
<b>3.1.3</b>	Tee de Bronce 1/4"	unidad	2
<b>3.0.4</b>	Codo de bronce (doble macho)1/8" c/tuerca	unidad	2
<b>3.1.4</b>	Reducción Bushing bronce c/tuerca de 1/8" a 1/4"	unidad	4
<b>3.0.5</b>	Codo de metal inox 3/8"	unidad	1
<b>3.1.5</b>	Cañería de bronce tipo PIN (para mangueras)	unidad	8
<b>3.0.6</b>	Rollo de manguera de 3/8" (2.5m)	metro	2.5
<b>3.1.6</b>	Rollo de Teflón 1/2"	unidad	2

**FUENTE:** Elaboración propia

Se realiza el armado de la válvula de una consigna para convertirla a doble consigna automatizada, mostrado en la figura.



**FOTOGRAFIA 4:** *válvula doble consigna automatizada.*

**FUENTE:** *Elaboración propia*

De esta forma se procede a la Operación y puesta en marcha de automatización de doble consigna en VRP.

## **CAPITULO V: DISCUSION**

**Tesis: “REDUCCIÓN DE PERDIDAS DE CAUDAL EN RED DE TUBERÍAS PARA MEJORAR DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DEL SECTOR SAN CARLOS LA MERCED.”**

A partir de los hallazgos encontrados (GÓMEZ, 2014) aceptamos la hipótesis general donde se establece que, si se disminuye las pérdidas de caudal en la red de tuberías mediante la gestión de presiones, existiría una mejor repartición de agua potable.

Estos resultados guardan relación con lo que sostienen (MARICELA, 2012) y (Marchán, 2004) quienes señalan: si se eliminaran las fugas y desperdicios, se podrían dejar de extraer hasta 25 m<sup>3</sup> /s, eliminando el déficit en la recarga de acuíferos, estos autores expresan que si se recupera el caudal perdido en un sistema de agua potable es posible reducir el incremento de la producción de agua y optimizar el servicio. Tienen total concordancia con los hallazgos encontrados en este estudio.

**Tesis: “ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE PÉRDIDAS PARA MEJORAR EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL SECTOR VI DE LA CIUDAD DE TACNA – TACNA”**

El estudio realizado por el balance hídrico del sector VI de la ciudad de Tacna en el cual realiza una análisis desde los meses de agosto a enero obteniendo resultados a nivel de identificación en el cuadro de resumen del balance hídrico, esta metodología determina las pérdidas de agua dentro del año, además de esto no se tiene identificadas las pérdidas físicas ni las aparentes sin mencionar que no se contó con una aferición ni clasificación de micro medidores la cual consiste en clasificar medidores de acuerdo a su antigüedad y evaluar una muestra de cada grupo de medidores en un banco de pruebas homologado por Inacal para poder determinar las pérdidas aparentes por imprecisión de medición, concluyendo que no es factible que se llegue al 95% de confiabilidad en sus resultados.



**Tesis: 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**

Los resultados que sostiene (MARICELA, 2012) a través de la evaluación de caudales nocturnos en los cuales determino el caudal de pérdidas reales en la Ciudad Universitaria de la UNAM (universidad nacional de México), guardan relación con los mismos encontrados en este estudio con la determinación del caudal de pérdidas reales encontrados en el sector IIB, motivo por el cual verificamos la eficiencia de esta metodología.

**Informe Técnico: “ANÁLISIS DE PÉRDIDAS EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DEL LÍBANO, TOLIMA - COLOMBIA.”**

La tesis aplicada (José Guillermo Herrera-González, 2018) realizo la identificación del IANC (índice de agua no contabilizada) El mismo que en nuestro país es conocido como el ANF% o IP% (agua no facturada o índice de perdidas), lo cual es la misma de nuestro estudio que realizamos.

**Tesis: “CÁLCULO DEL PORCENTAJE DE PÉRDIDAS POR FUGAS EN LA RED DE AGUA POTABLE EN CELAYA, GTO”**

Mediante la aplicación de la identificación y detección de fugas en esta tesis se detallaron los consumos máximos y mínimos de los usuarios a partir de un muestreo de estos, lo cual adiciono un alcance más para el análisis de las pérdidas de agua, lo que será un gran aporte para futuros trabajos de identificación y detección de pérdidas de agua.

**Tesis: “PROYECTO DE EVALUACIÓN Y REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA. EPS EMFATUMBES S.A.”**

El estudio elaborado por (Marchán, 2004) presento la elaboración de un balance hídrico utilizando la metodología estandarizada por IWA, con esta metodología logro determinar el índice de perdidas físicas y aparentes ejecutando un gran desempeño en la detección de las perdidas aparentes realizando una aferición de micromedidores a fin de detectar el error de lecturas. Acción que en estudio realizado no se realizó debido a que los medidores no sobrepasan los 3 años de antigüedad.

## CONCLUSIONES

- Partiendo del concepto de la relación entre presión-caudal-fuga, con las actividades realizadas es posible reducir las pérdidas de agua potable ya que a menor presión menor caudal de fuga.
- Se Identificó y analizó el Índice de Pérdidas del Sistema de Abastecimiento de agua potable del Sector IIB de la Ciudad de ILO, concluyendo.

Pérdidas de Agua =	41.94%
Pérdidas Aparentes (No Físicas) =	1.32%
Pérdidas Físicas (Operacionales) =	40.62%

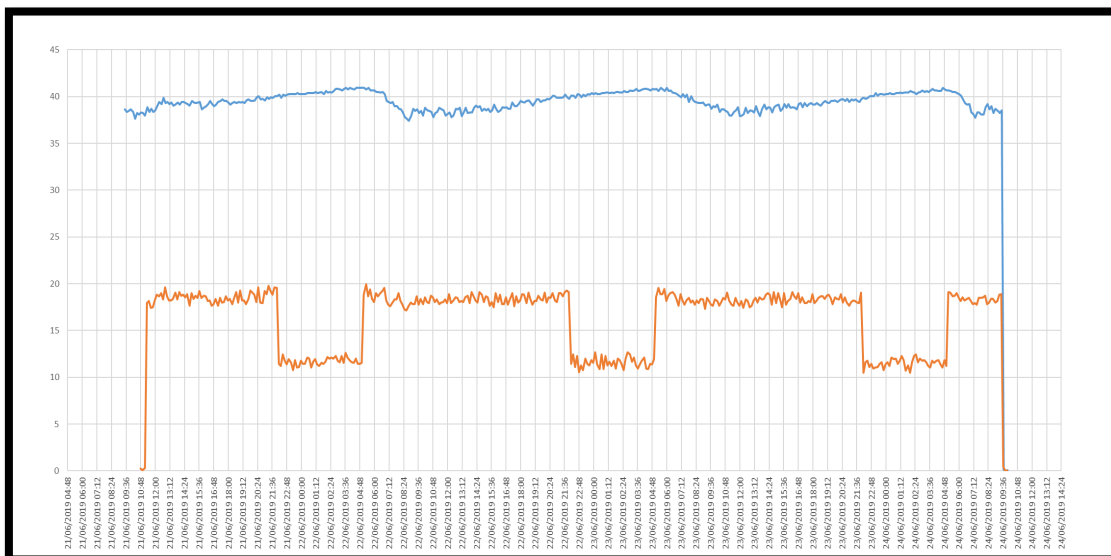
Así mismo se estimó que este 41.94% representa una pérdida económica anual de S/284,684.40, si se trabaja en la recuperación de estas pérdidas de agua la recaudación tendrá una mejora considerable.

- El modelo hidráulico se utilizó como una herramienta para realizar el planteamiento de una mejora para el sector IIB a partir de la rehabilitación de válvulas reductoras de presión teniendo como resultados la reducción de la presión estática y promedio y así reducir los caudales de fuga:

Resumen Presiones MH2O		
Descripción	VRP Operativa	VRP Inoperativa
Presión máx.	40	54
Presión min	7	10
Presión Promedio	24	35

- La evaluación de caudales mínimos nocturnos es una metodología eficiente logrando recuperar un caudal de pérdidas de 5.76 l/s. Dicho caudal representaría en un día un volumen de 497.6 m<sup>3</sup>, prácticamente más de la mitad del reservorio que abastece a el sector.
- Se implementó un sistema de control de presiones mediante la automatización de válvulas reductoras a doble consigna, de tal forma que la válvula reductora trabaje automáticamente durante el día con una consigna de presión aceptable para el sistema

y durante la noche la reduzca a una consigna inferior de tal forma que esta reducción de presiones nocturnas genere una disminución en el caudal de pérdida del sector IIB tal como se muestra.



## RECOMENDACIONES

- Gestionar de manera eficiente las presiones y así poder reducir de manera notable las fugas de agua causadas por sobre presiones.
- Se recomienda a la empresa prestadora de servicios Ilo (EPS-Ilo), realizar un balance hídrico de forma trimestral y anual, a fin de llevar un control de las pérdidas existentes y la evolución de estas a lo largo del tiempo. Así mismo es necesario recuperar el agua perdida a fin de mejorar la recaudación y optimizar la distribución.
- Actualizar el modelo hidráulico a medida que se vaya dando el crecimiento de la infraestructura, para poder realizar los análisis correspondientes a fin de optimizar el sistema de agua potable.
- Rehabilitar sus válvulas reductoras de presión del sector para ponerlas en operación y practicar lo propuesto en este estudio a fin de reducir las presiones del sistema
- Se recomienda a la empresa incorporar a su programa de control de perdidas la metodología de evaluación de caudales nocturnos a fin de poder optimizar sus tiempos de identificación y detección de pérdidas de agua
- Identificar las válvulas reductoras de presión que manejan presiones elevadas e implementar este sistema de automatización de VRP a doble consigna, a fin de tener un control óptimo de presiones.

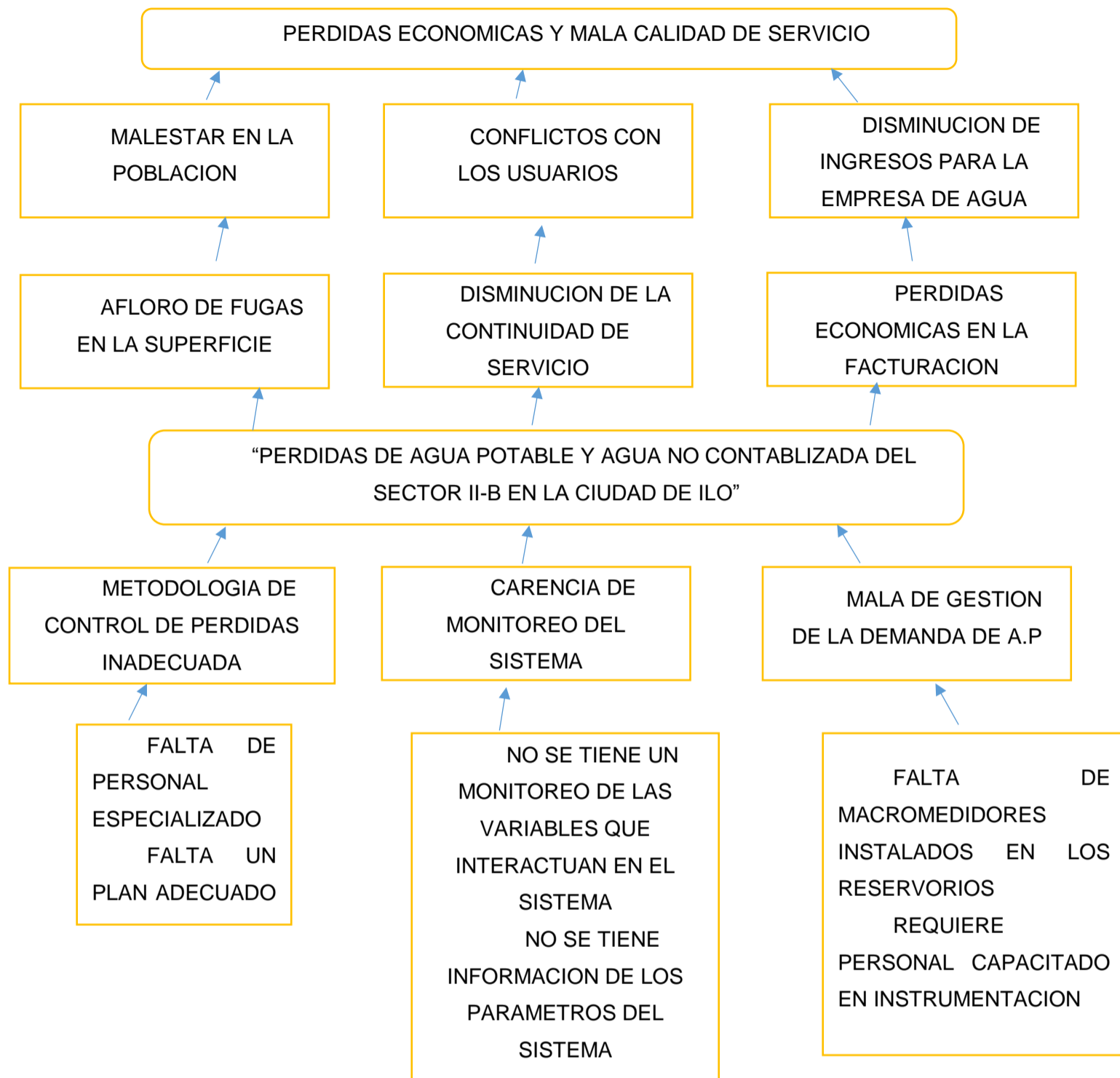
## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Norma OS-050, 100,20,30 y 90 de servicios de saneamiento.
- Arregui, F, Cabrera, E, Cobacho, R, García, J. (2006). Reducing apparent losses caused by meters inaccuracies.
- Banco Mundial. (2013). América Latina: ¿Por qué las empresas de agua y saneamiento intentan ahorrar energía? Disponible en: <http://www.bancomundial.org/es/news/feature/2013/09/03/latin-america-water-lossenergy-efficiency>
- Cabrera, M. E., Cobacho, R., Almandoz, J., Cabrera, R. E., Arregui, F. (2002) La gestión del agua en los países de la Unión Europea: paradigmas del Norte y del Sur.
- Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento (CRA). (2007). Proyecto de Reducción de Pérdidas de Agua Potable y Reforma del Marco Regulador. Informe Final.
- Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento (CRA), Ministerio de Vivienda de Colombia (MinVivienda). (2013). Nivel de Pérdidas Aceptable para el Cálculo de los Costos de Prestación de los Servicios Públicos Domiciliarios de Acueducto Y Alcantarillado. Documento de Trabajo Proyecto General.
- Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). (2011). Guía para la reducción de las pérdidas de agua – Resumen. Un enfoque en la gestión de la presión.
- Diario El País (2014). Cali pierde tanta agua como la que consume en todo un año. Edición Digital. Disponible en: <http://www.elpais.com.co/elpais/cali/noticias/cali-pierde-tanta-aguacomo-consume-todo-ano>
- Fernández, A., du Mortier, C. (2005). Evaluación de la condición del agua para consumo humano en Latinoamérica. Solar Safe Water, 2005, Iguazú. Solar Safe Water. 2005. v. 1, p.18.
- Gómez, P. (2003). Implicaciones Financieras de los Programas de Reducción del Índice de Agua No Contabilizada. Monografía. Universidad Nacional de Medellín. Facultad de Administración. Medellín – Colombia
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). (2007). Conceptos de reducción y control de pérdidas, y de sectorización de redes de distribución. Manosalvas, M.A. (2011). Control y reducción del agua no contabilizada “A.N.C”. Disponible en: <http://memorias.utpl.edu.ec/sites/default/files/documentacion/hidricos2011/utplhidraulica-2011-control-reduccion-agua-no-contabilizada.pdf>

- Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA). Estado Plurinacional de Bolivia. (2013).
- Ministerio de Planificación y Cooperación de Chile (Mideplan). Pontificia Universidad Católica de Chile (PUCC). (1997). Programa de adiestramiento en preparación y evaluación de proyectos. Proyecto Reducción de Pérdidas en Sistemas de Agua Potable.
- Peña, M.R. (2003). Pequeños sistemas para el tratamiento de aguas residuales en Latinoamérica. Presentado en Seminario Internacional sobre métodos Naturales para el Tratamiento de Aguas Residuales. Cartagena de Indas.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2014). Objetivos de Desarrollo del Milenio. Colombia 2014.
- Sánchez, L.D., Flórez, M. E., Mejía, P.A. (2011). Caracterización de Pérdidas de Agua en el Sistema de Distribución del Acueducto “El Retiro”. Conferencia Internacional Usos Múltiples del Agua: Para la Vida y el Desarrollo Sostenible.
- VAG-Armaturen GmbH. (2014). El Balance de Agua de la IWA. Disponible en: <http://www.vag-armaturen.com/es/campos-de-aplicacion/gestion-de-la-presion/beneficiospara-el-cliente/reduccion-de-perdidas-de-agua.html>
- World Wildlife Fund (WWF). (2012). Una mirada a la agricultura de Colombia desde su huella hídrica. Reporte Colombia.
- Zapata, P. (2009). Urbanos y rurales en lucha contra la problemática ambiental. Ecología General. Universidad Blas Pascal.

## ANEXOS

## ANEXO 01: Árbol de causas y efecto



**ANEXO 02: Matriz de consistencia**

TITULO	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES y = f(x)	INDICADORES	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN
<b>REDUCCION DE PERDIDAS Y AGUA NO CONTABILIZADA DEL SECTOR II-B EN LA CIUDAD DE ILO</b>	Las redes de distribución de agua en el sector II-B de la ciudad de Ilo, han estado sometidas, a través de los años de uso, a cargas permanentes como el tráfico vial, movimientos telúricos y la presión del agua	<b>OBJETIVO GENERAL:</b>	<b>HIPOTESIS PRINCIPAL:</b>	<b>VARIABLE DEPENDIENTE (y):</b>	ANF	- Explorativo - Descriptivo - Explicativo
		Reducir las pérdidas de agua potable y agua no contabilizada para el sector II-B de la ciudad de Ilo.	Reduciendo las pérdidas de agua potable y agua no contabilizada para el sector II-B de la ciudad de Ilo, se optimizo el funcionamiento del sistema de distribución de agua potable y se mejoró la facturación de la empresa prestadora de servicios (EPS ILO).	QP  QMH Velocidades Presiones		
<b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS:</b>		<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</b>	<b>HIPOTESIS ESPECÍFICAS:</b>	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b>	ANF	
a) ¿Cuál es el nivel pérdidas operativas y comerciales en el sector IIB de la ciudad de Ilo?  b) ¿El sector II-B de la ciudad de Ilo cuenta con una metodología para determinar el nivel óptimo económico de pérdidas?  c) ¿El sector II-B de la ciudad de Ilo cuenta con un sistema de trabajo para la reducción de pérdidas de agua potable y agua no contabilizada?	a) Determinar el nivel de pérdidas operativas y comerciales el sector II-B de la ciudad de Ilo.  b) Determinar una metodología para alcanzar un nivel óptimo económico de pérdidas en el sector II-B de la ciudad de Ilo.  c) Definir un sistema de monitoreo de las variables que se encuentran en el sistema de distribución y garantizar un mejor servicio de agua potable en el sector II-B de la ciudad de Ilo.	a) Las pérdidas de agua operativas y comerciales generan un desequilibrio tanto operativo como financiero.  b) Se determinó la evaluación de caudales mínimos horarios a fin de identificar los excesos de consumo.  c) El modelo hidráulico permite el monitoreo de las variables del sistema de distribución de agua potable.  La incorporación del sistema automatizado del BSC influye directamente en una mejor gestión.	Número de conexiones          <b>VARIABLE INTERVINIENTE:</b>  Infraestructura sanitaria			



**ANEXO 03:**  
Plano de ubicación

**ANEXO 04:**  
Plano de presiones

## **ANEXO 05:**

Plano de ubicación de válvula

**ANEXO 06:**  
Panel Fotográfico

