



UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y
ARQUITECTURA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

T E S I S

**OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA
POTABLE DE LA CIUDAD DE ILO MEDIANTE LA
METODOLOGÍA DE SECTORIZACIÓN**

PRESENTADA POR

BACHILLER ANTONIO ABRAHAM AGUILAR CCOPA

ASESOR:

MSc. JUAN LUIS CCAMAPAZA AGUILAR

PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO CIVIL

MOQUEGUA - PERÚ

2022

CONTENIDO

	Pág.
Página de jurado.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimientos.....	iv
Contenido.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xii
ÍNDICE DE APÉNDICES.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	xvi

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción de la realidad del problema.....	1
1.1.1. Internacional.....	1
1.1.2. Nacional.....	2
1.1.3. Local.....	3
1.2. Definición del problema.....	6
1.2.1. Problema general.....	6
1.2.2. Problemas específicos.....	7

1.3.	Objetivos de la investigación	7
1.3.1.	Objetivo general.....	7
1.3.2.	Objetivos específicos.	7
1.4.	Justificación	7
1.5.	Alcances y limitaciones	8
1.5.1.	Alcances.....	8
1.5.2.	Limitaciones.....	9
1.6.	Variables	9
1.6.1.	Operacionalización de variables.	9
1.7.	Hipótesis de la investigación	9
1.7.1.	Hipótesis general.....	9
1.7.2.	Hipótesis derivadas.	10

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de la investigación	11
2.1.1.	Internacional.	11
2.1.2.	Nacional.	12
2.2.	Bases teóricas.....	15
2.2.1.	Metodología de Sectorización.....	15
2.2.2.	Diseño de sectores.....	17
2.2.3.	Red de distribución de línea primaria.	19

2.2.4.	Principios hidráulicos.....	22
2.3.	Definición de términos.....	25

CAPÍTULO III

MÉTODO

3.1.	Tipo de investigación.....	26
3.2.	Diseño de la investigación	27
3.3.	Población y muestra.....	27
3.3.1.	Población.....	27
3.3.2.	Muestra	28
3.4.	Descripción de instrumentos para recolección de datos	29
3.4.1.	Datos del inmueble.	29
3.4.2.	Datos de conexión de agua potable.....	30
3.4.3.	Datos de medidor de agua.....	31
3.4.4.	Datos de servicios de agua brindado.....	31
3.4.5.	Investigación Bibliográfica.....	32
3.5.	Procesamiento y análisis de datos.....	32
3.5.1.	Geo Referencia.....	32
3.5.2.	Topografía.....	32
3.5.3.	Componentes de la red de distribución de agua potable.....	32
3.5.4.	Red de agua Potable Sectorizada.	33
3.5.5.	Escenario 01 – Situación actual de la red de distribución.	33
3.5.6.	Creación y configuración de un nuevo proyecto en Watergems	33

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1.	Presentación de resultados	36
4.1.1.	Data de muestreo del sector 01.	36
4.1.2.	Data de muestreo del sector 02	39
4.1.3.	Data de muestro del sector 03.....	41
4.1.3.3.	Balance de Volumen de almacenamiento del sector 03.....	43
4.1.4.	Data de muestro del sector 04.....	43
4.2.	Contrastación de hipótesis	45
4.2.1.	Contrastación de la hipótesis General.....	45
4.2.2.	Contrastación de la hipótesis especifica 1	46
4.2.3.	Contrastación de la hipótesis especifica 2	48
4.3.	Discusión de resultados.....	49
4.3.1.	Referido la optimización de la red principal mediante sectorización.....	49
4.3.2.	Referido a optimizar la red de distribución de agua.	50
4.3.3.	Referido a los volúmenes de almacenamiento de agua potable.....	50

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.	Conclusiones	52
5.2.	Recomendaciones	53
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
	APÉNDICES.....	57
	MATRIZ DE CONSISTENCIA	90
	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	91

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Producción por fuentes.....	4
Tabla 2 Proyección de indicadores para posteriores 15 años.....	4
Tabla 3 Operacionalización de variables	9
Tabla 4 Catastro comercial del mes de julio 2018	28
Tabla 5 Ubicación de las conexiones de muestras	37
Tabla 6 Presiones máxima y mínima del sector 01	38
Tabla 7 Balance de volumen de almacenamiento	38
Tabla 8 Ubicación de las conexiones de muestras	39
Tabla 9 Presiones máxima y mínima del sector 02.....	40
Tabla 10 Balance de volumen de almacenamiento	41
Tabla 11 Ubicación de las conexiones de muestras	41
Tabla 12 Presiones máxima y mínima del sector 03.....	42
Tabla 13 Balance de volumen de almacenamiento	43
Tabla 14 Ubicación de las conexiones de muestras	43
Tabla 15 Presiones máxima y mínima del sector 04.....	45
Tabla 16 Balance de volumen de almacenamiento	45
Tabla 17 Validación de la optimización de la red principal.....	46
Tabla 18 Validación de la optimización de la red principal.....	47
Tabla 19 Validación de los volúmenes de almacenamiento	48

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Indicadores para posteriores 15 años.....	5
Figura 2. Punto óptimo de control de fugas	18
Figura 3. Imagen de la zona de la pampa inalámbrica en el año 2016	27
Figura 4. Área de influencia del sector 01	37
Figura 5. Área de influencia del sector 02	40
Figura 6. Área de influencia del sector 03	42
Figura 7. Área de influencia del sector 04	44

ÍNDICE DE ECUACIONES

	Pág.
Ecuación 1. Carga hidráulica	22
Ecuación 2. Carga hidráulica	22
Ecuación 3. Caudal.....	23
Ecuación 4. Velocidad	24
Ecuación 5. Presión.....	24
Ecuación 6. Gradiente hidráulico.....	24
Ecuación 7. Tamaño de la muestra	28
Ecuación 8. Muestra.....	28

ÍNDICE DE APÉNDICES

	Pág.
Apéndice A. Nueva sectorización de la red de distribución de agua potable	58
Apéndice B. Geo-referencia y topografía del lugar de estudio	65
Apéndice C. Componentes de la red de distribución de agua potable	67
Apéndice D. Red de agua potable sectorizada y escenarios de situación actual....	72
Apéndice E. Modelamiento del nuevo proyecto en Watergems	73
Apéndice F. Modelamiento de la demanda en Watergems	85

RESUMEN

El abastecimiento de agua, continua, es de primordial necesidad debido a que es empleado de manera cotidiana en las familias, y actualmente no se brinda este abastecimiento de manera eficaz, generando disconformidad en la población. Y es principalmente por una inadecuada disposición de las redes principales razón por la que en el presente proyecto de investigación se planteó la interrogante: ¿De qué manera se realizará la optimización de la red principal de distribución de agua potable para lograr un abastecimiento óptimo en los sectores de la pampa inalámbrica? Consecuente al problema expuesta se concreta el objetivo general: Realizar la optimización de la red principal de distribución de agua potable y lograr un abastecimiento adecuado en la zona de la Pampa Inalámbrica. Determinándose 4 sectores propuestos mediante lo cual se realizó una optimización y un mejor abastecimiento de la zona en estudio. Para la metodología de sectorización se consideró dividirlo en 4 sectores los cuales estarán repartidos de acuerdo con la demanda necesaria. Para el caso de la red principal de distribución de agua potable se consideró el análisis en el software Watergems, en el cual se propuso diferentes escenarios, identificando las presiones y los caudales en la red sectorizada, consiguiendo presión máxima promedio de 44 m.c.a y presión mínima promedio de 10 m.c.a. Con un diseño de investigación del tipo transeccional correlacional casual evaluándose en un tiempo determinado, y verificándose una relación existente entre la metodología de sectorización y el mejoramiento de las presiones circundantes en los sectores propuestos.

Palabras clave: Redes de distribución, sectorización, modelamiento, mejoramiento.

ABSTRACT

The continuous supply of water is of paramount necessity because it is used daily in families, and currently this supply is not provided effectively, generating dissatisfaction in the population. And it is mainly due to an inadequate disposition of the main networks, which is the reason why this research project raises the following question: How will the optimization of the main drinking water distribution network be carried out to achieve an optimal supply in the sectors of the wireless pampas? Consequently, to the exposed problematic the general objective is specified: To carry out the optimization of the main distribution network of drinking water and to achieve an adequate supply in the area of the Pampa Inalámbrica. Four proposed sectors were determined in order to optimize and improve the supply of the area under study. For the sectorization methodology, it was considered to divide it into 4 sectors which will be distributed according to the necessary demand. In the case of the main drinking water distribution network, the analysis in the Watergems software was considered, in which different scenarios were proposed, identifying the pressures and flows in the sectorized network, obtaining maximum average pressure of 44 m.c.a and minimum average pressure of 10 m.c.a. With a research design of the casual correlational transectional type evaluated in a determined time and verifying an existing relationship between the sectorization methodology and the improvement of the surrounding pressures in the proposed sectors.

Keywords: Distribution networks, sectorization, modeling, improvement.

INTRODUCCIÓN

El agua para consumo humano es sumamente necesario para todo proceso relacionado a nuestro actuar cotidiano, ya que es una fuente primaria considerando la actividad diaria, así como también las acciones en las zonas urbanas y las dedicadas a la agricultura. La disposición del agua viene ligada al buen vivir y el buen desarrollo de la sociedad. Es importante que se tome la buena gestión de las redes de abastecimiento de agua potable.

Las obras que nos permiten el transporte desde las tomas hasta la distribución final para los consumidores; es de considerar que a través de estas se viene el desarrollo del procesamiento del agua para consumo humano. Es de suma importancia por tanto detectar la directa relación existente considerando la calidad del servicio brindado y la disponibilidad en cualquier ciudad y su porcentaje desarrollado.

Considerando el punto de vista técnica y considerando una apropiada gestión administrativa, la deficiencia de las redes de abastecimiento de agua potable, se pueden resumir en tres puntos: agua no facturada (fuga visibles y no visibles), integridad física de la red de distribución de agua potable (la calidad de agua distribuida), fiabilidad y calidad de la base de datos de los sistemas de abastecimiento de este líquido elemento. En función del control de las pérdidas de agua ha sido una actividad asociada a los sistemas de distribución de agua potable desde que se construyen las redes de abastecimiento de agua potable. Se sabe que en la antigua Roma ya se tenía el conocimiento de que en su mayoría el abastecimiento del agua era introducida a los sistemas de distribución de agua (Pilcher, Hamilton, Chapman, Field y Stapely, 2007).

En la presente investigación se compone en cuatro capítulos. El primer capítulo comprende el desarrollo de la pregunta de investigación, como la descripción de la realidad problemática del caso de investigación, la definición del problema, los objetivos de la investigación, la justificación e importancia de la investigación, las variables, su operatividad en sí, y la hipótesis de la investigación; el segundo capítulo, desarrolla un marco teórico, incluido los antecedentes de la investigación, la base teórica y definiciones de los términos; el tercer capítulo desarrolla los métodos de investigación, incluidos los tipos de estudio, los diseños de estudio, las poblaciones y las muestras. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, técnicas de procesamiento y análisis de datos; el cuarto capítulo se desarrolla análisis e interpretación de resultados, presentación de resultados, contrastación de hipótesis, discusión de resultados; el quinto capítulo se desarrolla las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción de la realidad del problema

1.1.1. Internacional.

El dilema acerca del abastecimiento adecuado del agua potable hacia las ciudades es cada vez más preocupante, con la disminución de agua per cápita en el mundo disminuyen sin que se pueda evitar mediante acciones reales que se disminuyan el impacto en la sociedad, la salud, y el bienestar de la población (Ojeda, 2012).

Es de saber que, de toda el agua en el mundo, tan solamente un 2,5 % no es salada, que de ese porcentaje solamente la tercera parte se encuentra disponible en cuerpos de agua y precipitaciones y, aunque el 80 % es relativamente accesible, tres cuartas partes de esta agua están en las tormentas, difícilmente aprovechadas, con lo que se dispone para el ser humano, tan solamente un 0,16 % del agua mundial (Ojeda, 2012).

De cada cinco personas solo una cuenta con acceso al agua potable y una de cada tres no tiene los suficientes medios para el saneamiento adecuado de la potabilización. Algunos expertos en el tema dan a conocer que la escasez de agua sería uno de los principales detonantes de conflictos bélicos en un futuro y con mayor incidencia en aquellos lugares que sean áridos (Yanapa, 2015).

Referido a la preocupación sobre la calidad, y los costos para la instalación, se tiene una idea acertada en consideración a los precios de las reparaciones, renovaciones y reemplazos de trozos de tuberías, Stephenson (1981), indican que los costos de la instalación de la tubería, por si solo representan hasta un 50 % del costo total de la inversión, y que ello puede reducirse en virtud del uso de los nuevos materiales desarrollados. Referido a la excavación este comprende un 20 %, dependiendo del suelo y de las técnicas para excavar. En la posterior instalación y ensamblaje estos equivalen a un aproximado de 5 %. Mediante el recubrimiento y la protección representan un 2 %. En las estructuras, tales como cámara de válvulas y anclajes comprenden otro 2 %. Las protecciones contra el golpe de ariete un 1 %. Es por ello por lo que, con la creciente preocupación sobre la calidad y la cantidad de agua necesaria, es de esperar que los costos de la infraestructura de tratamiento de agua se incrementen en un futuro, en lugar de disminuir (Bartolin, H; Martínez, F. (2004).

1.1.2. Nacional.

Según las legislaturas en nuestro país, “El agua es un recurso renovable indispensable para el buen vivir, y de mayor estrategia para un buen desarrollo sostenible, para un adecuado mantenimiento de los ciclos de que se dan en la naturaleza y los que la sustentan”. Es deber nuestro el cuidar el recurso hídrico por ser un patrimonio de nuestra nación y por ser un derecho fundamental para la persona, brindándole el acceso a este recurso, el cual e indispensable para el buen vivir y para un adecuado desarrollo actual y futuro de la sociedad. Se debe usar este recurso hídrico en una adecuada armonía que beneficie al bien común, ya que es un

recurso natura renovable y vulnerable, y es pilar fundamental para la integración social, cultural, económico y ambiental (Burstein, 2018).

En nuestro país, el abastecimiento de agua para consumo humano y alcantarillado es un problema serio, de acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) en un periodo de febrero 2017 a enero 2018, un 10,6 %, no tenía acceso al líquido elemento por conexión domiciliaria, a lo cual la forma de obtención de este líquido elemento se da por: camión cisterna (1,3 % de la población), pozo subterráneo (2 %) y ríos, acequia (Burstein, 2018).

Con el aumento de la demanda del agua, esto conlleva a generar problemas tales como la contaminación, tanto en la naturaleza a un nivel químico, como en un nivel biológico, lo cual con lleva a costoso sistema de control. Con Respecto a ello se sabe que las enfermedades estomacales son causadas alrededor el 3,6 % en el total de los años de vida incrementando debido a la discapacidad que ocasiona estas enfermedades y con ello son causa de unos 1,5 millones de fallecimientos anuales.

Con estas estimaciones un 58 % de la carga de enfermedad, es debido a la escasa salubridad en el servicio de agua, un saneamiento y una higiene deficiente, con lo cual incluye 361 000 fallecimientos de niños menores de 5 años en su gran mayoría de ellos, con ingreso bajos (Burstein, 2018).

1.1.3. Local.

Según la empresa prestadora de servicios (EPS Ilo SA, 2016), la oferta actual de la producción de agua potable es de 214,4l t/a, considerando las dos fuentes de producción que mantienen en funcionamiento la EPS Ilo SA. Esto está reflejado en la tabla 1 (EPS Ilo SA, 2016).

Tabla 1*Producción por fuentes*

Fuentes	Caudal en época de estiaje	Caudal en época de lluvias	Caudal en promedio	Producción Promedio		
	(m ³ /mes)	(m ³ /mes)	(m ³ /mes)	(m ³ /mes)	(m ³ /día)	(l/s)
Cata Catas	448,581.7	387,552.9	402,810.1	13,427.0	155.4	Cata Catas
Ite Norte	132,800.0	159,737.6	153,003.2	5,100.1	59.0	Ite Norte
Total	581,381.7	547,290.4	555,813.3	18,527.1	214.4	Total

Fuente: EPS Ilo SA, 2016

Por otra parte, tomando en consideración los proyectos que están previstos para mejorar las condiciones operativas del sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Ilo, las condiciones de mejoramiento en las líneas de conducción, las condiciones de cobertura, reducción y control de pérdidas y micro medición deberán registrar los siguientes indicadores para los posteriores 15 años. (EPS Ilo SA,2016).

El indicador de cobertura para el año cero, corresponde al indicado calculado por la EPS Ilo SA a diciembre del 2015, lo propio para los indicadores de pérdidas y micro medición. Se estima que, con un escenario poco favorable de las inversiones proyectadas y la implementación de los proyectos, al cabo de 10 años, las pérdidas de agua deberían llegar al 30 % y el índice de micro medición al 100 % (EPS Ilo SA, 2016).

Tabla 2*Proyección de indicadores para posteriores 15 años*

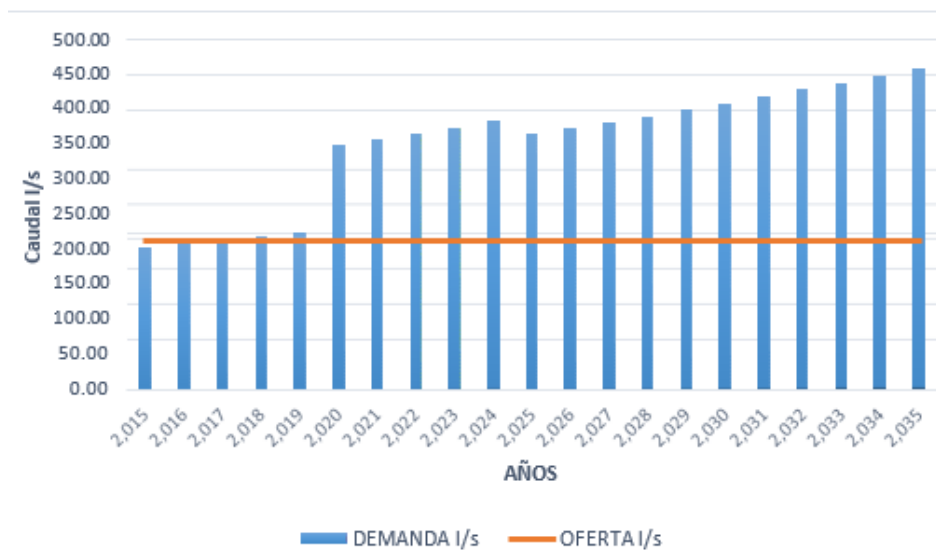
Año	Continuidad	Perdidas Físicas	Cobertura de Agua Potable	Incremento de Conexiones	Micro medición	Cobertura de Alcantarillado
		(%)	(%)	(N°)	(%)	(%)
0	14,72	49,09	93,30			93,30
1	14,72	49,09	93,93	594	95,00	93,93
2	14,72	49,09	94,57	607	95,00	94,57

Tabla 2*Proyección de indicadores para posteriores 15 años (continuación)*

Año	Continuidad	Perdidas Físicas	Cobertura de Agua Potable	Incremento de Conexiones	Micro medición	Cobertura de Alcantarillado
		(%)	(%)	(N°)	(%)	(%)
3	14,72	49,09	95,22	622	95,00	95,22
4	14,72	49,09	95,87	637	96,00	95,87
5	24,00	40,00	96,52	651	97,00	96,52
6	24,00	40,00	97,18	667	98,00	97,18
7	24,00	40,00	97,85	682	99,00	97,85
8	24,00	40,00	98,51	698	99,00	98,51
9	24,00	40,00	99,18	714	99,00	99,18
10	24,00	30,00	99,86	732	100,00	99,86
11	24,00	30,00	100,00	748	100,00	100,00
12	24,00	30,00	100,00	766	100,00	100,00
13	24,00	30,00	100,00	783	100,00	100,00
14	24,00	30,00	100,00	802	100,00	100,00
15	24,00	30,00	100,00	821	100,00	100,00

Fuente: EPS Ilo SA, 2016

En base a los datos desarrollados en el balance de oferta demanda para el horizonte de 15 años se presenta la siguiente gráfica:

*Figura 1. Indicadores para posteriores 15 años.*

Fuente: EPS Ilo SA, 2016

De la figura 1 se deduce lo siguiente:

- Para el año 2020 el sistema de encuentra en déficit, lo que implicaría primeramente efectuar el mantenimiento y reparación de las líneas de conducción de agua con la cual se garantizaría un caudal de 400 l/s, esta medida permitiría garantizar el abastecimiento hasta el año 2030 (EPS Ilo SA, 2016).
- Posterior al mejoramiento de la línea de conducción para los siguientes años a partir del 2030 el déficit se agudiza, debido a que a partir de ese año la demanda superaría los 400 l/s, lo que implicaría brindar un servicio deficiente en términos de cantidad y continuidad de servicio (EPS Ilo SA, 2016).
- La curva que demanda tiene esta proyección, debido a la propuesta en reducción de pérdidas y el incremento de la micro medición. En caso de no desarrollar este tipo de acciones, la brecha entre la demanda y oferta sería mayor, consecuentemente, la situación de déficit sería aún más crítica (EPS Ilo, 2016).
- A partir del año 2030, será necesario ampliar la capacidad de captación de agua de Pasto Grande y conducir las a la planta de tratamiento de Cata Catas (que tiene una capacidad de tratamiento de 500 l/s), consecuentemente, el balance de oferta y demanda quedaría en superávit (EPS Ilo SA, 2016).

1.2. Definición del problema

1.2.1. Problema general.

¿De qué manera se realizará la optimización de la red principal de distribución de agua potable para lograr un abastecimiento óptimo en los sectores de la pampa inalámbrica?

1.2.2. Problemas específicos.

¿Qué metodología se utilizará para la optimización de la red principal de distribución de agua potable de la zona de la pampa inalámbrica?

¿Cuál será el adecuado volumen de almacenamiento de agua potable en los reservorios considerando la metodología de sectorización para abastecer de manera continua a la pampa inalámbrica?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general.

Realizar la optimización de la red principal de distribución de agua potable y lograr un abastecimiento adecuado en la zona de la pampa inalámbrica.

1.3.2. Objetivos específicos.

Utilizar la metodología de sectorización para optimizar la red principal de distribución de agua potable en la zona de la pampa inalámbrica.

Determinar los volúmenes de almacenamiento de agua potable en los reservorios considerando la metodología de sectorización para que puedan abastecer a los sectores definidos en la zona de la pampa inalámbrica de manera continua.

1.4. Justificación

Actualmente se ve que la situación de la zona de la pampa inalámbrica perteneciente al departamento de Moquegua es inadecuada. Uno de los motivos por lo que la zona de la pampa inalámbrica se encuentra en esta situación, la red principal de abastecimiento de agua potable se encuentra interconectadas en diversos tramos, y no tiene sus sectores bien definidos para un óptimo abastecimiento y control de agua potable. Esta condición operativa implica que se estén compartiendo

volúmenes de agua entre los sectores, no permitiendo una distribución estancada para cada sector operacional.

Entre las características en las que se encuentra operando el sistema de distribución tenemos los siguientes:

- Desactualización del catastro técnico, que no permite realizar un aislamiento de sectores, ni tampoco aporte con información para poder proceder al cierre de los circuitos en caso de los asentamientos humanos antiguos, en el caso de los nuevos asentamientos humanos estos por los requerimientos actuales ya cuentan con estas características.
- Antigüedad de la red de distribución, en donde muchas válvulas se encuentran inoperativas o simplemente pese a estar cerradas, estas no son herméticas.
- Ausencia de políticas en sectorización de redes de agua potable, que permitan ejecutar inversiones para mejorar el método de distribución de agua potable.

Es por ello por lo que, en la presente investigación, se desarrollara la forma de implementar una sectorización adecuada para el abastecimiento de una forma continua en la red de distribución principal, en la zona de la pampa inalámbrica.

1.5. Alcances y limitaciones

1.5.1. Alcances.

- El presente trabajo de investigación se desarrollará en la pampa inalámbrica del Distrito de Ilo.
- Para el análisis de la aplicación de la sectorización en la red principal, se realizará mediante la modelación en el software de cálculos hidráulicos como WATERGEMS.

1.5.2. Limitaciones.

- Como principal limitación se observa la inexistencia de investigación acerca del uso de sectorización, en la ciudad de Ilo.
- El presente estudio se limitará a tomar en consideración para el análisis el periodo 2018 a 2019.

1.6. Variables

Variable Independiente: Metodología de Sectorización.

Variable Dependiente: Red principal de distribución de agua potable.

1.6.1. Operacionalización de variables.

Tabla 3

Operacionalización de variables

Variable de estudio	Concepto	Indicadores	Unidad	Tipo de Variable
Variable independiente: Metodología de sectorización	Delimitación de una sección de red de agua potable mediante válvulas e instrumentos para aforar el caudal de entrada, y controlar la presión de servicio	Continuidad de Servicio	Horas/día	Cuantitativa continua
		Presión de Servicio	m.c.a.	Cuantitativa continua
		Dotación Actual	l/hab.día	Cuantitativa continua
Variable dependiente: Red principal de distribución de agua potable.	Esta construido por las tuberías que van desde la fuente, del reservorio o planta de tratamiento a la zona de servicio	Velocidad de Flujo	m/s	Cuantitativa continua
		Presión	Psi o m.c.a.	Cuantitativa continua

1.7. Hipótesis de la investigación

1.7.1. Hipótesis general.

Al realizar la optimización de la red principal de distribución de agua potable se logró un abastecimiento adecuado en los sectores de la pampa inalámbrica.

1.7.2. Hipótesis derivadas.

Al utilizar la metodología de sectorización se optimiza la red principal de distribución de agua potable recuperándose volúmenes de agua desperdiciados y reduciendo significativamente el índice de agua no facturada.

Al determinar los volúmenes de almacenamiento de agua potable considerando la metodología de sectorización se puede dar abastecimiento a los sectores de la pampa inalámbrica un mayor tiempo del actualmente realizado.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Internacional.

Campbell (2013) en sus tesis de máster “Propuesta para una metodología de sectorización de redes de abastecimiento de agua potable”, da a conocer que la sectorización representa una opción de estrategia que se puede llevar a cabo, con varios objetivos, que son enumerados desde la mejora hasta el control de la calidad de agua, para su consumo final. Disponer de una red ya sectorizada es de favorecimiento para el tratamiento adecuado de muchos problemas tales como fugas, calidad óptima del agua, reparaciones, etc. Debido a que se realiza una reducción en las dimensiones que están inmiscuidas en ella, aun así, es de importancia su implementación para el cambio del comportamiento hidráulico, que se considera actualmente en las redes malladas, con ello se vuelven más vulnerables a escenarios de poco abastecimiento, ante la falla de uno o más de sus elementos que lo componen.

Generalmente el procedimiento es mediante aproximaciones de prueba y error, consecuentemente estos acarrear consecuencias que llevan a un desabastecimiento y problemas inherente de la calidad del líquido elemento. Las

reglamentaciones son muy generales respecto al tamaño de los sectores, considerando el número de acometidas y la longitud de las tuberías, En la última década se desarrolla investigaciones que en gran parte van enfocados hacia la generación de sectores obviando la división de redes de distribución y de conducción, aun si ya existiera una distribución preexistente.

Vegas (2012) en su tesis de master “Herramienta de ayuda a la sectorización de redes de abastecimiento de agua basadas en la teoría de grafos aplicando distintos criterios”, da a conocer que, para una mejora de las condiciones de un sistema de abastecimiento de agua en servicio, hay dos alternativas, la primera es la gestión de las presiones en la red, instalando controles de presión en puntos críticos, con lo que se disminuirá las perdidas por fuga y se extiende en la vida útil de las tuberías , como una segunda alternativa se mide como la red reacciona ante la falencia de uno de los elementos que están compuestos, para su posterior intervención y el mejoramiento de la respuesta de la red.

Por ello para dar un eficiente abastecimiento de agua, es de requerimiento vital que el tamaño sea adecuado a fin de poder realizar su análisis del comportamiento a un nivel más detallado, con lo cual se permite focalizar acciones correctoras y se establece una optimización en la gestión. La mayor parte de investigadores e ingenieros han dado a conocer criterios mediante los cuales se hace una división en pequeños sectores, con el fin de facilitar el manejo de los sistemas en áreas más controladas.

2.1.2. Nacional.

García (2018) En su tesis de pregrado “Mejoramiento de la eficiencia hidráulica de la red de distribución de agua potable en la zona de la rinconada – Juliaca por el

método de la sectorización”, indica que en la ciudad de Juliaca se tiene serios problemas en el suministro de agua potable debido a que el servicio solo se dispone del agua entre dos a cuatro horas al día con presiones relativamente bajas o altas según reglamento obligando a muchos a utilizar tanques de almacenamiento y pozos tubulares generando el consumo de agua excesivo en horas de la mañana generando malestar en la población en los temas de salud e higiene.

Mejorar la eficiencia hidráulica en función del caudal, presión y continuidad por el método de la sectorización de la red de distribución de agua potable en la zona de la Rinconada – Juliaca.

Se concluyo que el método de sectorización de la red de agua potable de la zona de la Rinconada – Juliaca simulado con el programa WaterCad V8i desarrollado y teniendo el modelamiento de la red calibrado y sectorizado de la red y obteniendo las tres pruebas y la medición del caudal en línea de aducción se tiene un porcentaje de eficiencia con respecto al caudal de 35,84% y de la presión del sector ponderado de 24,95% y por ultimo a la continuidad por horas que es un porcentaje de 72 % en base a la sectorización de la red.

López (2017) en su tesis de pregrado “Sectorización para la optimización hidráulica de redes de distribución de agua potable del sector operativo VI en el distrito de castilla-Piura” Nos plantea el problema detectado en el sistema de producción y distribución de agua potable en la ciudad de Piura, es el relacionado con el agua no contabilizada, debido a los asentamientos o hundimientos del terreno natural por causa de la sobre explotación de los acuíferos, tuberías con un tiempo de servicio de más de 20 años, el tipo de material, las políticas de operación del sistema, la calidad de la mano de obra.

Como principal objetivo de revisar las redes de distribución, es permitir un control más eficiente de los volúmenes de agua que ingresan y salen del sistema, regulando con esto la presión existente en las tuberías, con lo que deriva un importante control de fugas, y con la inserción de válvulas de compuerta, se demostrara que cuando se tiene un control de un sector hidráulico, se obtiene mejores y más eficientes resultados respecto al control de pérdidas por las altas presiones.

Pérez (2015) En su tesis de pregrado “Renovación y sectorización de redes de agua potable de la ciudad imperial provincia cañete departamento lima” nos resalta la forma de medición del caudal de perdida en el sistema de distribución se realiza a nivel global, por la falta de una buena sectorización o zonas aisladas con macro medición no se puede identificar los sectores en donde el nivel de perdida se han importantes para disponer recursos y focalizar el trabajo de reducción y control de pérdidas.

Donde el objetivo primordial es optimizar el funcionamiento del sistema de distribución de agua potable mediante la metodología de sectorización hidráulica de la red de agua potable de la ciudad imperial de la provincia de Cañete – Lima. En donde se concluyó que los resultados de la presente tesis la EPS lograra la optimización y el funcionamiento del subsistema de distribución.

Porras (2014) en su tesis de pregrado “Reducción de pérdidas de caudal en la red de tuberías para mejorar la distribución de agua potable – sector san Carlos - la Merced” da a conocer lo siguiente: A nivel mundial se ve que el agua es un recurso más limitado y con mayor escases, y esto es debido al crecimiento poblacional, la migración y un acelerado urbanismo, se evidencia en la poca

continuidad del servicio en las ciudades tales como las localidades ubicadas en la EPS Selva Central S.A., que solo alcanza a brindar continuidad de 17,75 horas/día, en promedio. Y como principal factor de la baja de continuidad en el servicio, es la cantidad de agua que se pierde debido a las fugas en las redes de distribución, aquellos volúmenes de agua sin facturación.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Metodología de Sectorización.

La sectorización de las redes de abastecimiento de agua potable, están consideradas como un procedimiento destinado a establecer dentro de las mismas, subáreas con una dotación controlada. Se sigue el objetivo de que van desde el control activo desde las fugas, llegado hasta el control de la calidad del agua para su posterior consumo (Farley, Wyeth, Istandara, y Sher, 2008).

Cuando se cuenta con una red ya sectorizada, es de mayor facilidad, detectar algún inconveniente que ocurra en algún punto de la red, esto se debe la reducción de las dimensiones, debido a la sectorización. Según Fragoso Sandoval (2016), da a conocer que el principal objetivo en la construcción de los sectores es para la obtención de información necesaria y distribuirla adecuadamente, manejarla a una escala adecuada y llevar a cabo acciones en cada sector preestablecido (Farley et al., 2008).

- Realización de auditorías para el conocimiento del rendimiento hidráulico o el agua no contabilizada (ANC).
- Caracterizar la curva de demanda, de manera especial el caudal nocturno.
- Identificar oportunamente y de manera eficaz posibles fugas, mediante la utilización del análisis de la evolución de los caudales en horas nocturnas.

- Verificación rápida de los resultados obtenidos, de las campañas de identificación de fugas.
- Identificación de fraudes, subregistros, y los errores de medición existentes.
- Disminuir los costos de un adecuado mantenimiento de las tuberías.
- Establecimiento de planes de inversión para el abastecimiento de sectores con mayor índice de agua no contabilizadas.

Es considerada también la sectorización como el paso número uno para un adecuado control de las situaciones de un determinado suministro intermitente, debido a que se facilita la detección y reparación de fugas más perjudiciales (Gonzales, 2013).

Se define como sector, un área determinada dentro de una red de abastecimiento, a la cual se puede aislar de la red, ya sea esta mediante la utilización de válvulas seccionadoras o mediante la utilización de tuberías cortadas. En referencia a este concepto, es de destacar que para realizar el aislado de un sector, además de colocar las válvulas seccionadoras y posterior realización de los cortes de tuberías, se pueden emplear tuberías nuevas para que consigan una redistribución eficaz en la redistribución del caudal (Izquierdo y Pérez, 2010).

Es también utilizado el termino de clúster, siendo la creación de este, el proceso de agrupación o de segmentación de aquellos objetos que serán parte de la red en subgrupos, de tal forma que los objetos dentro de este sistema estén más relacionados que los objetos que se encuentren fuera del mismo. En el caso de una red de abastecimiento de agua potable, el clúster será una red de menor tamaño que será abastecida por al menos uno a lo sumo dos fuentes de abastecimiento, de la cual la demanda deberá tener un valor máximo en función a la capacidad que se

disponga en la fuente y la elevación del terreno deberán estar dentro del rango de similitud (Herrera, 2011).

2.2.2. Diseño de sectores.

2.2.2.1. Factores para tomar en cuenta en el diseño de sectores.

a. Sectorización mediante límites naturales.

La sectorización sobre límites naturales consta en dividir el modelo tomando como guías las partes en que se evidencia una separación topológica de la red y por lo cual solo se aprecian unas pocas tuberías cruzadas. Esto sucede comúnmente cuando el prototipo se encuentra: vías principales, vías férreas, cuerpos de agua (canales, ríos o humedales), cambios fuertes de topografía como colinas o riscos, etc. Luego de disponer los límites se permite que cada sector sea alimentado por una sola tubería (Herrera, 2011).

b. Nivel económico de fugas requerido.

Cuando nos referimos al punto en el cual se dará un equilibrio entre el costo económico de las pérdidas originadas por fugas y el costo de inversión necesario para su reparación oportuna, partimos del hecho de que existe un umbral mínimo de fugas (UMF), el cual es inevitable. Se aprecia en la figura 2, de manera más concisa el concepto. Siendo la curva con el color negro, la que representa, el gasto por reparación y mantenimiento, el cual es de mayor demanda conforme a menor de agua no controlada, y el crecimiento está directamente proporcional al costo. La curva de color rojo viene a ser la suma de las curvas anteriormente descritas, con lo cual se representa una curva de costo total. Se aprecia en el punto más bajo de la curva, el nivel económico de fugas o punto óptimo para la gestión del sistema. Con la línea gris se representa el umbral mínimo de fugas (Gonzales, 2013)

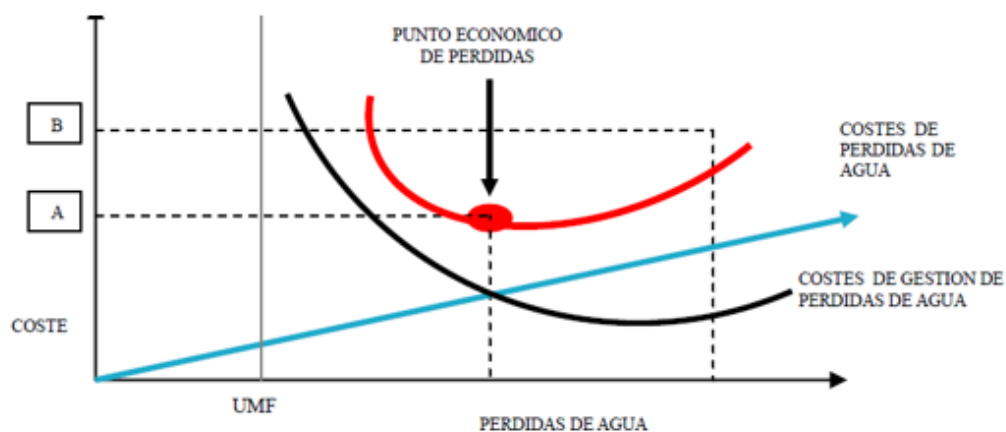


Figura 2. Punto óptimo de control de fugas

Fuente: Farley et al., 2008

c. Tamaño.

Referido al tamaño de los sectores está directamente relacionado con el nivel de precisión que se ejecutara cuando se desarrollen las campañas de identificación de fugas. Esto también depende de las características urbanas en donde se aplique la distribución de la red. Si es que ya se encuentra naturalmente aislada, es lo más óptimo que las subredes existentes sean configuradas como sectores (Gonzales, 2013).

d. Tipo de vivienda o consumidor.

Es de suma importancia dar una caracterización hacia cada área conformada como sector, de tal manera que se mantengan una homogeneidad en la misma. Por ello se deberá identificar, cualquier consumidor o consumo especial, sea cual sea el edificio que requiera de la presión por encima de la norma establecida en el área (Gonzales, 2013).

e. Variación en el nivel del terreno.

Usando el criterio de homogeneidad, se tratará de mantener la red en un rango de elevación de terreno con un fin de lograr mantener presiones en un rango de similitud y con ello no existe reducciones de presión abruptas (Gonzales, 2013).

f. Calidad del agua.

Se evitará que la sectorización lleve a implicar, que aparezca estancamientos de agua. Para el caso de que sea necesario, se deberá considerar una colocación de desagüe en los lugares más oportunos posibles (Gonzales, 2013).

g. Requerimiento de presión.

La presión abastecida, debe de mantenerse en un rango establecido por las normas locales. Si existiera un exceso de presión, se puede gestionar la presión dentro de otros subsectores, lo que llevaría a que se implemente y se haga el seguimiento adecuado de una curva de consigna. Es también necesaria el aumento del diámetro de las tuberías de distribución con un fin de evitar en su mayor parte las pérdidas de potencia de entrada al sector (Gonzales, 2013).

h. Válvulas que se deben cerrar.

Es de suma importancia la disminución, pero aun así la compatibilización, de válvulas para tomar en cuenta que estas implicaciones tengan en los sectores más grandes acerca del costo del control activo de fugas (Gonzales, 2013).

2.2.3. Red de distribución de línea primaria.

Los principales sistemas de agua están generalmente divididos en dos categorías dependiendo de la fuente de agua utilizada. La fuente de agua que, a su vez, influye en el diseño, construcción y funcionamiento del sistema de distribución (Spellman y Joanne, 2000).

- Sistema de abastecimiento de agua superficial.
- Sistema de abastecimiento de agua subterránea.

El agua superficial (obtenida de ríos, lagos o embalses) fluye a través de una estructura de toma y llega al sistema de transporte (Spellman y Joanne, 2000).

En el caso del agua subterránea el caudal se mueve a partir de una tubería de aspiración, e bomba, y el sistema de transporte que conduce al sistema de distribución (Spellman y Joanne, 2000).

El sistema de abastecimiento de agua potable se comprende por fuente de agua, obra de captación, obra de conducción o transporte, almacenamiento y distribución (Spellman y Joanne, 2000).

2.2.3.1. Gestión de presiones.

La gestión de presión es la buena práctica para el manejo de presiones en el sistema de distribución garantizando un suministro óptimo y eficiente. Las ventajas de la gestión de presiones es reducir las pérdidas reales de agua en el sistema de distribución, reduciendo las presiones poco necesarias o demasiado excesivas, así como eliminando el fenómeno de fluctuación de presiones excesivas o transitorias. El tener presiones altas en el sistema de distribución de agua potable ocasionan roturas y estallidos de tuberías existiendo una relación entre el caudal de las fugas. La gestión de presiones reduce este impacto negativo en el sistema de distribución de agua potable (Ziegler, D; Sorg, F, 2011).

2.2.3.2. Continuidad de Servicio.

Es el promedio ponderado de las horas de servicios de agua que la empresa prestadora de servicios brinda al usuario. Estos indicadores varían de 0 a 24 horas.

Esto significa que el servicio de agua debería ser de forma continua permanente. Lo ideal según reglamentación es de la disposición de agua durante todo el día (24 horas). Esta ausencia de continuidad o un abastecimiento por determinadas horas, además de que ocasiona inconvenientes, afecta a una adecuada calidad y genera inconvenientes de contaminación en las redes de distribución. (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, 2006).

2.2.3.3. Sistema de circuito abierto.

a. Espina de pescado.

Mediante este método se tiene una línea principal que recorre por las calles de la ciudad donde el diámetro se va disminuyendo conforme va avanzando y a la vez abasteciendo las redes primarias que dependen de él. La principal desventaja es que su trazo longitudinal es pequeño, no brinda una buena distribución de presión por tener dificultades en su trazo (Vierendel, 2009).

b. Parrilla.

Ideal para poblaciones con densidad pequeña donde se tiene un trazo de tubería principal o de diámetro mayor. Conforme se va avanzando se abastece las redes principales de diámetro menor donde se tiene la misma desventaja que el trazo del sistema tipo espina de pescado (Vierendel, 2009).

2.2.3.4. Sistema de circuito cerrado.

Comprende la ubicación de tuberías principales que bordean las manzanas de una ciudad en la cual están conectadas tuberías de menor diámetro, a sus extremos ejes. Este sistema se aplica para ciudades de mediano a gran dimensión, la ventaja de

este sistema es debido a su alimentación en los puntos de una tubería disminuyendo la pérdida de carga (Vierendel, 2009).

2.2.3.5. Denominación de tuberías.

a. Tubería matriz.

Es el conducto de tubería que inicia en el reservorio de abastecimiento hasta una red que alimenta un circuito primario (Vierendel, 2009).

b. Tubería principal.

Es el circuito que alimenta los diferentes tipos de consumidores que se encuentran ubicadas en manzanas de la ciudad (Vierendel, 2009).

c. Tubería secundaria.

Conjunto de tuberías que forman el relleno (denominados tuberías de servicio) (Vierendel, 2009).

2.2.4. Principios hidráulicos.

2.2.4.1. Teorema de Bernoulli.

La carga hidráulica integral de una partícula de agua viene a ser igual a la presión definida en un punto, esta energía de posición respecto a un plano de referencia y considerando el componente de cinética, está dada por la velocidad (Vierendel, 2009).

$$H = \text{Presión} + \text{Energía potencial} + \text{Energía cinética} \dots\dots\dots[\text{Ecuación 1}]$$

$$H = P + Z + V^2 / 2g \dots\dots\dots[\text{Ecuación 2}]$$

Donde:

H= carga total

P= presión

Z= elevación

V= velocidad

g= gravedad

2.2.4.2. Flujo.

Es el movimiento de un fluido (liquido o gaseoso) continuo. En donde es la masa por una unidad de tiempo (Vierendel, 2009).

a. Flujo volumétrico o caudal

Término utilizado para los fluidos en movimiento que son referidos a un volumen de fluido que está siendo transportado en un determinado tiempo (Vierendel, 2009).

$$Q = \frac{V}{T} \dots\dots\dots [Ecuación 3]$$

Q: Caudal

V: Volumen

T: Tiempo

b. Flujo incompresible.

Se denomina incompresible cuando la densidad es uniforme aproximadamente a lo largo de flujo (Vierendel, 2009).

c. Flujo laminar.

Se denomina al movimiento de un fluido cuando este es de manera ordenada, estratificada y de suave. Se mueve en laminas paralelas sin entremezclarse y en cada partícula de fluido este sigue una trayectoria suave (Vierendel, 2009).

d. Flujo turbulento.

Denominado así al fluido que se da en forma caótica, es por ello por lo que las partículas se mueven de manera desordenada y las trayectorias de las partículas se

encuentran formados remolinos periódicos en canales de gran pendiente (Vierendel, 2009).

2.2.4.3. Velocidad de fluido.

La velocidad de un fluido que circula a través de una sección (tubería, cañería, oleoducto), por unidad de tiempo (Vierendel, 2009).

$$V = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots[\text{Ecuación 4}]$$

V: Velocidad

Q: Caudal

A: Área

2.2.4.4. Presión.

Se denomina la unidad de fuerza sobre unidad de área de una superficie (Vierendel, 2009).

$$P = \frac{F}{A} \dots\dots\dots[\text{Ecuación 5}]$$

P: Presión

F: Fuerza

A: Área

2.2.4.5. Gradiente hidráulico o línea piezométrica.

Definido como la pérdida de energía experimentada, en una determinada unidad de longitud recorrida por el agua, esto representa la pérdida o cambio de potencial hidráulico, medida en el sentido del flujo de agua. Es la cota más la precisión (Vierendel, 2009).

$$i = \frac{\Delta h}{l} \dots\dots\dots[\text{Ecuación 6}]$$

I: Gradiente hidráulico (adimensional)

Δh : Diferencia de potencial entre dos puntos

L: Distancia en la dirección del flujo entre dos puntos.

2.3. Definición de términos

Velocidad: Es la cantidad de fluido que circula por un área determinada.

Gradiente: Pérdida de energía por unidad de longitud.

Flujo: Movimiento de un fluido.

Área: Sección del área de la tubería.

Fuerza: Magnitud del cambio del momento lineal.

Presión: Peso de la columna de líquido.

Tubería: Conducto para transportar un fluido.

CAPÍTULO III

MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

En el presente estudio se desarrolla dentro de una investigación del tipo correlacional.

Mediante este tipo de estudios, se tiene como finalidad conocer la relación o el grado en que se asocia la existencia entre dos conceptos, o variables, aunque normalmente se desarrollan entre tres, cuatro o más variables existentes en una investigación (Sampieri, Collado y Baptista, 2014).

Con el fin de desarrollar el grado de asociación existente en las variables, en primer lugar, se miden una por una, luego se cuantifican, se analizan y se establecen las vinculaciones. Estas correlaciones se sustentan en base a hipótesis sometidas a prueba (Sampieri et al., 2014).

La mayor utilidad de los estudios correlacionales y sabe que se puede comportar un concepto o variable al conocer el comportamiento de otras variables vinculadas. Se predice un valor aproximado que tendrá una variable, en función del valor que posee con las variables relacionadas (Sampieri et al., 2014).

3.2. Diseño de la investigación

La investigación se desarrolló con un diseño de tipo transeccional correlacional causal.

En los diseños del tipo transeccional correlacional-casual se describen las relaciones entre dos o más variables, en un determinado momento. En la mayoría de los casos se da únicamente en los términos de correlación, y otras veces entre la relación causa – efecto (Sampieri et al., 2014).

Es por ello por lo que los diseños correlacionales – causales, se limitan al establecimiento de relaciones entre las variables de estudio, sin precisar sentido de casualidad o se pretende analizar las relaciones de causa existentes (Sampieri et al., 2014).

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población.



Figura 3. Imagen de la zona de la pampa inalámbrica en el año 2016

Fuente: EPS Ilo SA, 2016

El padrón de la pampa inalámbrica según catastro comercial nos indica lo siguiente:

Tabla 4

Padrón catastro comercial del mes de julio 2018

Cliente del mes de junio del 2018		
Cantidad de códigos de clientes	Estado	Fuente
14075	Real	Catastro comercial de Eps Ilo SA
520	Clausurados - Levantados	Catastro comercial de Eps Ilo SA
14595	Total	

Fuente: EPS Ilo SA, 2018

En la ciudad de Ilo tenemos 74 649,00 habitantes en la zona urbana y rural que comprenden los 3 distritos: Ilo, Pacocha, Algarrobal. (INEI, Censo Nacionales de Población y Vivienda 2007 y 2017).

Tomando como referencia la cantidad de códigos de clientes total de la zona de la pampa inalámbrica y tomando la información disponible del INEI el promedio de miembros del hogar, por área de residencia según departamento 2007 y 2017 en la zona urbana tenemos el dato de 2,9 hab/vivienda. (INEI, Censo Nacional de Población y Vivienda 2007 y 2017).

Tenemos con esos datos una población actual en la zona de la pampa inalámbrica de 42 326 Habitantes.

3.3.2. Muestra.

$$n = \frac{N.Za^2.p.q}{e^2.(N-1)+Za^2.p.q} \dots\dots\dots [Ecuación 7]$$

Donde:

n: Tamaño de la muestra

N: Tamaño de la población o universo

Za: Parámetro estadístico que depende del nivel de confianza

e: Error de estimación máximo aceptado

p : Probabilidad de que ocurra el evento estudiado

q: Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado

$$n = \frac{N.Za^2.p.q}{e^2.(N-1)+Za^2.p.q} \dots\dots\dots[Ecuación 8]$$

N: 14595 clientes

Za: 1.95

e: 5%

p: 50%

q: 50%

n: 371 clientes para tener una mayor área de muestra se tomará un total de 381

conexiones de muestra ver anexo 01

3.4. Descripción de instrumentos para recolección de datos

3.4.1. Datos del inmueble.

Datos del predio y sus características. tipo y material de construcción actividad del predio, número de pisos.

- Nombre de habitación: El nombre del barrio, asentamiento humano, urbanización o agrupación vecinal donde se ubica el predio o inmueble que se registra.
- Manzana municipal: Es un grupo de predio, que a dicho conjunto se le define con numero o letra alfabética.
- Lote municipal: Es aquel número que identifica al predio o inmueble dentro de una manzana municipal.

- Actividad del predio: Es la actividad que se realiza en el predio como puede ser uso doméstico o comercial (bodega, ferretería, salón de belleza, restaurante, hotel, etc.).
- Material de construcción: Es el material con que está construido el inmueble en donde puede ser noble (ladrillo y cemento), adobe, quincha, estera, madera, otros.
- Tipo de almacenamiento: Es el tipo de almacenaje extra que tiene el inmueble que puede ser tanque elevado o pozo cisterna como los dos.
- Número de pisos: Es la cantidad de niveles de piso que tiene el inmueble.
- Tipo de predio: Es la situación del predio o inmueble, edificada (vivienda construida), en construcción (vivienda en proceso de construcción), abandonado (vivienda en situación de abandono), lote baldío (lote sin ningún tipo de edificación), semi construido (vivienda a medio construir), lote cercado (lote cercado en su perímetro).

3.4.2. Datos de conexión de agua potable.

Características técnicas de las conexiones domiciliarias de agua potable. Material de tubo, diámetros de tuberías, existencia de fuga.

- Material de conexión de agua: Es de material con que está instalado la conexión de agua que puede ser de PVC, HDPE, fierro galvanizado, polietileno, otros.
- Diámetro de conexión de agua: Estos diámetros puede ser de 1/2", 3/4", 1".
- Existencia de fuga: Si existe algún tipo de fuga en la caja de medidor puede ser sí o no.
- Situación de la conexión de agua: Se puede encontrar activa (conexión que tiene el servicio de agua), inactiva (conexión que no hace uso del

- Servicio, por ejemplo, tiene la instalación hasta la caja, pero no al interior del predio.)
- Cortada: Conexión que se encuentra sin servicio debido que ha sido cortada por la empresa prestadora de servicio.

3.4.3. Datos de medidor de agua.

Numero de medidor, marca y estado del medidor de agua instalado.

- Marca del medidor: Es la marca del medidor instalado.
- Diámetro del medidor: Es el diámetro del medidor de agua que puede ser de 1/2", 3/4", 1".
- Tipo de medidor: Es el tipo de chorro que emite el medidor de agua que puede ser de chorro múltiple o chorro único.
- N.-medidor: Es el código que tiene grabado el medidor para su registro.

3.4.4. Datos de servicios de agua brindado.

Características técnicas del servicio brindado en las viviendas como días de abastecimiento de agua, las horas de servicios, presión de servicio y reservorio de abastecimiento.

- Días de servicio de agua: Son los días que la empresa brinda el servicio de agua en la zona de estudio.
- Horas de servicio de agua: Son las horas de abastecimiento de agua que la empresa brinda a la zona de estudio.
- Presión de servicio: Es la presión que llega tener el inmueble o predio de la zona de estudio.

3.4.5. Investigación Bibliográfica.

Se investigo y recolecto información y documentos necesarios para la evaluación y realización de un diagnóstico situacional de la red de abastecimiento de agua potable de la zona de la pampa inalámbrica proporcionada por la Empresa Prestadora de Servicios (EPS Ilo S.A.).

3.5. Procesamiento y análisis de datos

3.5.1. Geo Referencia.

El plano de la red de distribución de agua potable otorgado por la empresa prestadora de servicio EPS Ilo S.A. no se encontraba geo referenciado. Lo que se procedió es a realizar el trazo de la red de distribución sobre una imagen satelital geo referenciada con el programa libre Qgis. Realizando también una plantilla de geo data de todas las tuberías encontradas en el plano de la red de distribución de agua potable otorgado por la empresa prestadora de servicio.

3.5.2. Topografía.

No se cuenta con un plano topográfico de toda la zona de estudio, así poder realizar el análisis de simulación en el software Watergems.

Pero se consiguió descargar en formato digital (SHP) las curvas de nivel de la carta nacional que tiene la denominación Ilo, Código 36-t, zona 19, cuadrícula K, hemisferio sur.

3.5.3. Componentes de la red de distribución de agua potable.

La red de distribución de agua potable de la zona de la pampa inalámbrica cuenta con los siguientes elementos:

- Planta de tratamiento.

- Reservorios
- Línea de impulsión

3.5.4. Red de agua Potable Sectorizada.

Se solicito el plano de la sectorización actual a la entidad prestadora de servicios EPS Ilo SA.

- Se realizó un recorrido por toda la zona de trabajo con el propósito de conocer la ruta de la tubería de agua potable. Y así contar con un estudio real del comportamiento del recurso hídrico.
- También se visitó los diferentes reservorios que abastece en la zona de la pampa inalámbrica. Como también la caseta de bombeo de las líneas de impulsión.

3.5.5. Escenario 01 – Situación actual de la red de distribución.

Se realizo el análisis hidráulico de la red de distribución existente aplicando el programa de Watergems.

3.5.6. Creación y configuración de un nuevo proyecto en Watergems.

a) Nombre del proyecto

Título del proyecto: Optimización de la red de distribución de agua potable de la ciudad de Ilo mediante la metodología de sectorización.

Ingeniero Responsable: Antonio Abraham Aguilar Ccopa

Compañía: U.J.C.M.

Fecha 17/08/2021

b) Configuración de unidades

Por defecto el programa trabaja con unidades inglés.

Modificamos las unidades al sistema internacional SI.

c) Opciones de dibujo

En las opciones de trabajo existen dos tipos de esquematizar “escala y esquemático”, la diferencia entre ambos son la distancia que se representa en el dibujo. En el modo escalado trazas la tubería con una longitud ya definida según tu dibujo, en cambio en el esquemático trazas la tubería y etiquetas ese trazo con la longitud que tu deseas.

d) Definir la ecuación de perdida de carga y fluido a modelar

Mediante el menú de análisis se selecciona el ítem calculation options. Dentro de esta ventana aparecen dos apartados; Transient Solver y Steady State Solver que a su vez contiene opciones de cálculo de base.

- Friction Method, es aquí donde se debe indicar la ecuación de perdida de carga. En donde el programa presenta tres tipos de ecuación de perdida de carga que son: Darcy Weisbach, Hazen Williams y Manning.
- Para la simulación de este proyecto de investigación tomaremos como base la ecuación de Hazen Williams.
- Time Analysis Type, observar que el tipo de análisis seleccionado es en el estado de Periodo Extendido EPS.
- Liquid Label, se refiere al tipo de fluido a que va circular en el modelado. El programa por defecto considera wáter at 20C (68F).
- El programa se utiliza para simular tuberías a presión con diferentes fluidos y a diversas temperaturas previa ajustes de configuración.

- El programa tiene el principio hidráulico de análisis denominado Método de gradiente, que es iterativo.

e) Importación de capas en formato SHP

Se ingresa a la pestaña Tools e ingresamos dando clic al comando Model Builder y cargamos las capas ya creadas en formato shp con datos extraído del plano de red de distribución de agua potable por parte de la entidad prestadora de servicios EPS Ilo SA.

f) Ingreso de datos de elevación a los nudos para la simulación

Con respecto al ingreso de datos de elevaciones en los nudos utilizaremos la herramienta de Watergems denominado TRex que se encuentra en la pestaña de comando Tools.

Esta herramienta se utiliza para la importación y asignación automática de elevaciones en los nudos, tomando como base la topografía o curvas de nivel en diferentes formatos como son dxf, shp , otros

g) Análisis de Demanda

Se realizar el análisis con un periodo de proyección de 20 años y con las siguientes características:

h) Ingreso de la demanda en el programa

La demanda analizada se ingresar en las 381 conexiones de muestra.

i) Corrida del Programa en escenario actual

Se realiza la corrida del programa para ver la situación actual de la red de distribución de agua potable de la ciudad de Ilo – Zona de la pampa inalámbrica.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Presentación de resultados

Una vez realizado la recolección de información en la zona de la pampa inalámbrica utilizando datos de campo, y posteriormente habiéndose analizado mediante las hojas de cálculo y el software WaterCad. A continuación, se detalla los resultados obtenidos en la presente investigación.

- En primer lugar, se da a conocer la data de las muestras previamente analizadas que en conjunto hacen un total de 381 conexiones.
- En segundo lugar, se da a conocer las presiones de la red de distribución en las muestras previamente analizadas.
- Finalmente, se da a conocer el balance de volumen de almacenamiento por cada sector.

4.1.1. Data de muestreo del sector 01.

Para la data referida al muestreo ubicado en el sector 01 (nombre del sector o lugar) en el cual se tuvo un registro total de 81 muestras, constituidas por las conexiones domiciliarias en las viviendas existentes.

Tabla 5

Ubicación de las conexiones de muestras

Nombre de habilitación urbana	Cantidad
	(conexiones)
Asoc. Amauta	5
Edif. Coneminsa	5
Asoc. Daniel A. Carrión	2
Edif. Enace	8
AAHH José C. Mariátegui	8
Luis E Valcárcel	28
Picuda	2
Liberación	11
Los olivares	1
Magisterio	11

Según la tabla 5 se observa la cantidad referida a las conexiones domiciliarias de acuerdo con el nombre de la habilitación urbana, destacándose una mayor cantidad de conexiones en “Luis E. Valcárcel” con un total de 28 conexiones.

4.1.1.1. Área de influencia del sector 01.

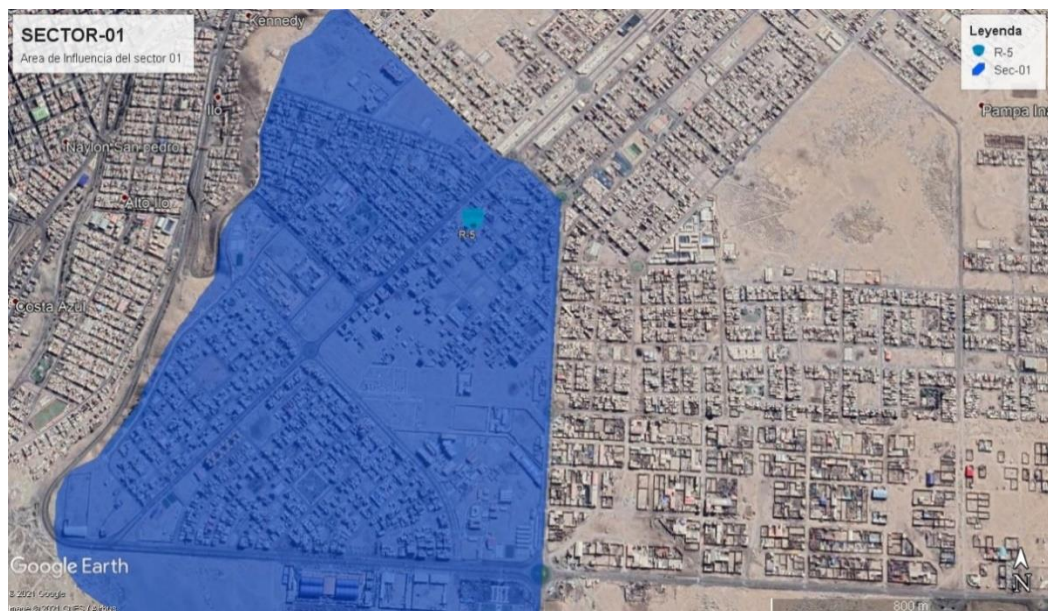


Figura 4. Área de influencia del sector 01

Según se precia en la figura 4 se verifica el área de influencia propuesta para el sector 01, el cual será abastecido por medio del reservorio 05.

4.1.1.2. Presiones máximas y mínimas en el sector 01.

Se tiene las presiones máximas y mínimas actualmente verificadas para el sector 01.

Tabla 6

Presiones máxima y mínima del sector 01

Nombre de habilitación urbana	ID de muestra	Presión mínima (mca)	Presión máxima (mca)
Edificios de Enace	238	10	
Magisterio	266		44

Según la tabla 6 se pudo verificar que en los edificios de Enace existe una presión mínima de 10 mca y que se observa una presión máxima de 44 mca en el sector magisterio.

4.1.1.3. Balance de volumen de almacenamiento del sector 01.

Referido al balance hídrico del volumen considerando el almacenamiento en el sector 01 se obtuvo lo siguiente:

Tabla 7

Balance de volumen de almacenamiento

Sector	Q Promedio (l/s)	25% Q promedio (l/s)	Volumen de regulación (m³)	Volumen Actual (m³)
01	29,83	7,46	645	900

Según la tabla 7 referido al volumen del almacenamiento, se tiene que para un volumen actual de 900 m³, se posee un caudal promedio de 29,83 l/s y un volumen de regulación de 645 m³.

4.1.2. Data de muestreo del sector 02.

Para la data referida al muestreo ubicado en el sector 02 (nombre del sector o lugar) en el cual se tuvo un registro total de 111 muestras, constituidas por las conexiones domiciliarias en las viviendas existentes.

Tabla 8

Ubicación de las conexiones de muestras

Nombre de Habitación Urbana	Cantidad
AA.HH. 2 de marzo	15 conexiones
AAHH AMP. Señor de los Milagros	1 conexión
AAHH Bellavista	3 conexiones
Asoc. Ciudad del Pescador	6 conexiones
AAHH Ciudad Enersur	10 conexiones
Asoc. Cobresur	5 conexiones
AAHH Mirador Pacifico	4 conexiones
Asoc. Porteño	2 conexiones
Asoc. Jose Olaya	2 conexiones
AAHH Las Glorietas	4 conexiones
AAHH Los Arenales	4 conexiones
Mirador Boca del sapo	6 conexiones
AAHH Señor de los Milagros	1 conexión
Villa Costa Verde	3 conexiones
Villa el Edén	15 conexiones
AAHH Villa Primavera	8 conexiones
AAHH Vista al Mar	8 conexiones
AAHH Vista Azul	14 conexiones

Según la tabla 8 se observa la cantidad referida a las conexiones domiciliarias de acuerdo con el nombre de la habitación urbana, destacándose una mayor cantidad de conexiones en “Villa el Eden” con un total de 15 conexiones.

4.1.2.1. Área de influencia del sector 02.



Figura 5. Área de influencia del sector 02

Según se aprecia en la figura 5 se verifica el área de influencia propuesta para el sector 02, el cual será abastecido por medio de los reservorios 08, 09.

4.1.2.2. Presiones de muestras del sector 02.

Se tiene las presiones máximas y mínimas actualmente verificadas para el sector 01.

Tabla 9

Presiones máxima y mínima del sector 02

Nombre de Habilitación Urbana	ID de Muestra	Presión Mínima	Presión Máxima
		(m.c.a.)	(m.c.a.)
AAHH Los Arenales	331	10	
Mirador Boca del Sapo	228		42

Según la tabla 9 se pudo verificar que en los AA.HH. Los Arenales existe una presión mínima de 10 mca y que se observa una presión máxima de 42 mca en el Mirador Boca del Sapo.

4.1.2.3. Balance de volumen de almacenamiento del sector 02.

Referido al balance hídrico del volumen considerando el almacenamiento en el sector 02 se obtuvo lo siguiente:

Tabla 10

Balance de volumen de almacenamiento

Sector	Q promedio (l/s)	25% Q promedio (l/s)	Volumen de regulación (m³)	Volumen Actual (m³)
02	41,84	10,46	900	2050

Según la tabla 10 referido al volumen del almacenamiento, se tiene que para un volumen actual de 2050 m³, se posee un caudal promedio de 41,84 l/s y un volumen de regulación de 900 m³.

4.1.3. Data de muestro del sector 03.

Para la data referida al muestreo ubicado en el sector 03 en el cual se tuvo un registro total de 95 muestras, constituidas por las conexiones domiciliarias en las viviendas existentes.

Tabla 11

Ubicación de las conexiones de muestras

Nombre de habilitación urbana	Cantidad
AA.HH. Alto Chiribaya	8 conexiones
AA.HH. Nuevo Ilo	32 conexiones
AA.HH. Nueva Alianza	12 conexiones
AA.HH. Nueva Generación	16 conexiones
AA.HH. 24 de octubre	25 conexiones
AA.HH. Vista Alegre	2 conexiones

Según la tabla 11 se observa la cantidad referida a las conexiones domiciliarias de acuerdo con el nombre de la habilitación urbana, destacándose una mayor cantidad de conexiones en “AA.HH. Nuevo Ilo” con un total de 32 conexiones.

4.1.3.1. Área de influencia del sector 03.



Figura 6. Área de influencia del sector 03

Según se aprecia en la figura 6 se verifica el área de influencia propuesta para el sector 03, el cual será abastecido por medio del reservorio 10.

4.1.3.2. Presiones de muestras del sector 03.

Se tiene las presiones máximas y mínimas actualmente verificadas para el sector 03.

Tabla 12

Presiones máxima y mínima del sector 03

Nombre de habilitación urbana	ID de muestra	Presión mínima (m.c.a.)	Presión máxima (m.c.a.)
AA.HH. Nuevo Ilo	278	11	
AA.HH. 24 de octubre	22		29

Según la tabla 12 se pudo verificar que en los AA.HH. Nuevo Ilo existe una presión mínima de 11 mca y que se observa una presión máxima de 29 mca en el AA.HH. 24 de octubre.

4.1.3.3. Balance de Volumen de almacenamiento del sector 03.

Referido al balance hídrico del volumen considerando el almacenamiento en el sector 03 se obtuvo lo siguiente:

Tabla 13

Balance de volumen de almacenamiento

Sector	Q promedio (l/s)	25% Q promedio (l/s)	Volumen de regulación (m³)	Volumen Actual (m³)
03	32,12	8,03	695	1530

Según la tabla 13 referido al volumen del almacenamiento, se tiene que para un volumen actual de 1530 m³, se posee un caudal promedio de 32,12 l/s y un volumen de regulación de 695 m³.

4.1.4. Data de muestro del sector 04.

Para la data referida al muestreo ubicado en el sector 04 en el cual se tuvo un registro total de 94 muestras, constituidas por las conexiones domiciliarias en las viviendas existentes.

Tabla 14

Ubicación de las conexiones de muestras

Nombre de Habitación Urbana	Cantidad
AA.HH. 01 de mayo	1 conexión
Asoc. Carsil	6 conexiones
AA.HH. Las Gardenias	3 conexiones
AA.HH. Las Brisas III	4 conexiones
AA.HH. Nueva Victoria	20 conexiones
AA.HH. Integración Latino Americana	2 conexiones
AA.HH. Vila Miraflores	1 conexión
Asoc Parq. Industrial	3 conexiones
Promuvi XII	3 conexiones
AA.HH. Siglo XXI	4 conexiones

Tabla 14

Ubicación de las conexiones de muestras (continua)

Nombre de Habitación Urbana	Cantidad
AA.HH. Las Brisas V	4 conexiones
AA.HH. Los Ángeles	13 conexiones
AA.HH. Villa Paraíso	8 conexiones
AA.HH. Villa Libertad	3 conexiones
AA.HH. Villa Pacifico	3 conexiones
AA.HH. Villa Progreso	11 conexiones

Según la tabla 30 se observa la cantidad referida a las conexiones domiciliarias de acuerdo con el nombre de la habitación urbana, destacándose una mayor cantidad de conexiones en “AA.HH. Nueva Victoria” con un total de 20 conexiones.

4.1.4.1. Área de influencia del sector 04.



Figura 7. Área de influencia del sector 04

Según se aprecia en la figura 7 se verifica el área de influencia propuesta para el sector 04, el cual será abastecido por medio del reservorio 07.

4.1.4.2. Presiones de muestras del sector 04.

Se tiene las presiones máximas y mínimas actualmente verificadas para el sector 04.

Tabla 15

Presiones máxima y mínima del sector 04

Nombre de Habilitación Urbana	ID de Muestra	Presión Mínima (m.c.a.)	Presión Máxima (m.c.a.)
Promuvi XII	112	12	
Asoc. Parque Industrial	276		46

Según la tabla 15 se pudo verificar que en el Promuvi XII existe una presión mínima de 12 mca y que se observa una presión máxima de 46 mca en la Asoc. Parque Industrial de octubre.

4.1.4.3. Balance de volumen de almacenamiento del sector 04.

En el sector 04 se obtuvo:

Tabla 16

Balance de volumen de almacenamiento

Sector	Q promedio (l/s)	25% Q promedio (l/s)	Volumen de regulación (m ³)	Volumen Actual (m ³)
04	34,56	8,64	746	800

Según la tabla 16 referido al volumen del almacenamiento, se tiene que para un volumen actual de 800 m³, se posee un caudal promedio de 34,56 l/s y un volumen de regulación de 746 m³.

4.2. Contratación de hipótesis

4.2.1. Contratación de la hipótesis General.

H1: Al realizar la optimización de la red principal de distribución de agua potable se logró un abastecimiento adecuado en los sectores de la pampa inalámbrica.

H0: Al realizar la optimización de la red principal de distribución de agua potable no se logra un abastecimiento adecuado en los sectores de la pampa inalámbrica.

Tabla 17

Validación de la optimización de la red principal

	Media	Desv. Desviación	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
			Inferior	Superior			
			Red potable sin sectorizar -	44,00			
Red potable sectorizado							
Red potable sin sectorizar -	10,00	0,577	-3,100	-0,232	-5,00	2	0,038
Red potable sectorizado.							

Por lo tanto, según la tabla 17 referido a la prueba de la hipótesis se tiene, que con una probabilidad de la existencia de error del 0,02 y 0,038 acerca de la red principal de distribución de agua potable con la sectorización propuesta, se toma la hipótesis alternativa (H1) que sería la siguiente:

H1: Al realizar la optimización de la red principal de distribución de agua potable se logró un abastecimiento adecuado en los sectores de la pampa inalámbrica.

4.2.2. Contrastación de la hipótesis específica 1.

H1: Al utilizar la metodología de sectorización se optimiza la red principal de distribución de agua potable recuperándose volúmenes de agua desperdiciados y reduciendo significativamente el índice de agua no facturada.

H0: Al utilizar la metodología de sectorización no se optimiza la red principal de distribución de agua potable no pudiéndose recuperar los volúmenes de agua desperdiciados y sin reducir significativamente el índice de agua no facturada.

Tabla 18

Validación de la optimización de la red principal

	Media	Desv. Desviación	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
			Inferior	Superior			
Presión sin sectorizar - Presión sector 1	43,613	0,196	43,125	44,100	384,824	2	0,000007
Presión sin sectorizar - Presión sector 2	44,013	0,023	43,955	44,070	3301,000	2	0,000006
Presión sin sectorizar - Presión sector 3	42,535	0,503	41,283	43,786	146,274	2	0,000008
Presión sin sectorizar - Presión sector 4	73,183	0,317	72,394	73,972	399,182	2	0,000009

Por lo tanto, según la tabla 18 referido a la prueba de la hipótesis se tiene que, con una probabilidad de la existencia de error del 0,000007, 0,000006, 0,000008 y 0,000009 acerca de la utilización de la metodología de sectorización para la optimización de la red principal y la recuperación de volúmenes de agua desperdiciados, se toma la hipótesis alternativa (H1) que sería la siguiente:

H1: Al utilizar la metodología de sectorización se optimiza la red principal de distribución de agua potable recuperándose volúmenes de agua desperdiciados y reduciendo significativamente el índice de agua no facturada.

4.2.3. Contrastación de la hipótesis específica 2.

H1: Al determinar los volúmenes de almacenamiento de agua potable considerando la metodología de sectorización se puede dar abastecimiento a los sectores de la pampa inalámbrica un mayor tiempo del actualmente realizado.

H0: Al determinar los volúmenes de almacenamiento de agua potable considerando la metodología de sectorización no se puede dar abastecimiento a los sectores de la pampa inalámbrica un mayor tiempo del actualmente realizado.

Tabla 19

Validación de los volúmenes de almacenamiento

	Media	Desv. Desviación	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
			Inferior	Superior			
Almacenamiento reservorio 5 sin sectorizar -	11,723	0,479	10,532	12,913	42,373	2	0,001
Almacenamiento reservorio 5 sector 1							
Almacenamiento reservorio 8 y 9 sin sectorizar -	51,720	0,484	50,515	52,924	184,714	2	0,000003
Almacenamiento reservorio 8 y 9 sector 2							
Almacenamiento reservorio 10 sin sectorizar -	37,960	0,069	37,787	38,132	949,000	2	0,000003
Almacenamiento reservorio 10 sector 3							
Almacenamiento reservorio 7 sin sectorizar -	1,813	0,323	1,010	2,616	9,714	2	0,010
Almacenamiento reservorio 7 sector 4							

Por lo tanto, según la tabla 19 referido a la prueba de la hipótesis se tiene que, con una probabilidad de la existencia de error del 0,001, 0,000003, 0,000003 y 0,010 concerniente a la determinación de almacenamiento de agua considerando la sectorización propuesta se brinda un mayor abastecimiento por lo cual, se toma la hipótesis alternativa (H1) que sería la siguiente:

H1: Al determinar los volúmenes de almacenamiento de agua potable considerando la metodología de sectorización se puede dar abastecimiento a los sectores de la pampa inalámbrica un mayor tiempo del actualmente realizado.

4.3. Discusión de resultados

4.3.1. Referido la optimización de la red principal mediante sectorización.

Según Campbell (2013) la mejora en el control de la calidad de agua para ser consumido de manera final por el usuario en su domicilio es de requerimiento de una red sectorizada, para un adecuado tratamiento evitando fugas, reparaciones. Es por ello por lo que la metodología de sectorización es aplicada de manera eficiente a las redes principales ya que optimiza el abastecimiento adecuado.

Se coincide en la presente investigación con lo expuesto anteriormente debido a que las presiones en promedio mínimas sin sectorizar fueron de 44 mca y posteriormente con la sectorización fue de 42 mca. Referido a las presiones en promedio máxima sin la sectorización fue de 10 mca de manera posterior aplicada la sectorización fue de 11 mca. De esta manera se puede asegurar que con la metodología de la sectorización la distribución de agua potable es de manera más uniforme, logrando un abastecimiento integral y con mayores horarios en los sectores de la pampa inalámbrica. Finalmente se establece que el objetivo general fue logrado exitosamente.

4.3.2. Referido a optimizar la red de distribución de agua.

Según Vegas (2012) como herramienta en la sectorización empleando herramientas computacionales y con el fin de dar mayor precisión en los resultados de la sectorización, es la de la gestión de presiones en la red, mediante la verificación de puntos de control de presiones, de esta manera disminuyendo las pérdidas por fuga y extendiendo de manera eficiente la vida útil de las tuberías. Por ello la aplicación de pequeños sectores facilita el manejo de los sistemas en áreas más controladas.

Por ello en la investigación se propuso la inserción de 4 sectores en los cuales se determine y se tenga un mayor control de las presiones, por tanto, en el sector 1, se obtuvo que la presión mínima fue de 10 mca y una presión máxima de 44 mca. Para el caso del sector 2 se obtuvo que la presión mínima fue de 10 mca y una presión máxima de 42 mca. En el caso del sector 3 se obtuvo que la presión mínima fue de 11 mca y una presión máxima de 29 mca. Finalmente, para el caso del sector 4 se obtuvo que la presión mínima fue de 12 mca y una presión máxima es de 46 mca. Con lo cual se pudo determinar que el control de las presiones en los sectores fue más eficiente, determinándose que la sectorización es una medida eficiente y que optimiza el abastecimiento integralmente. Es por ello por lo que el objetivo específico 2 es alcanzado exitosamente.

4.3.3. Referido a los volúmenes de almacenamiento de agua potable.

Según Porras (2014) referido al abastecimiento de agua es una gran deficiencia a nivel mundial, debido principalmente por la poca continuidad del servicio en las ciudades, alcanzando solo horas de continuidad del servicio. Y de manera preponderante es el factor de no poseer la cantidad de agua suficiente para dar

abasto a las diferentes conexiones domiciliarias, por fugas en las redes de distribución y por los volúmenes de agua sin facturación.

En referencia a lo expuesto anteriormente se tiene que, para la investigación, referido al balance de volumen de almacenamiento se posee un caudal promedio de 29,83 l/s con un volumen de regulación de 645 m³ para el sector 1. Continuando se tiene en el sector 02 un caudal promedio de 41,84 l/s con un volumen de regulación de 900 m³. De igual manera para el sector 03 se tiene un caudal promedio de 32,12 l/s con un volumen de regulación de 695 m³. Finalmente, para el sector 04 se tiene un caudal promedio de 34,56 l/s con un volumen de regulación de 746 m³. Por tanto, con los datos expuestos se tiene que la metodología de sectorización es eficiente puesto que provee caudales promedios más consistentes y con ello se brinda horarios de abastecimiento más prolongados que los actualmente brindados. Por lo tanto, se puede asegurar que referido al objetivo específico 3 fue alcanzado de manera exitosa.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Primera. Tras realizado la optimización de la red principal de distribución de agua potable mediante la metodología de sectorización, se obtuvo presiones máximas en promedio fue de 42 mca, en referencia las presiones promedio mínimas fueron de 10 mca por tanto se concluye que se brindó un adecuado abastecimiento en la zona de la Pampa Inalámbrica.

Segunda. Utilizando la metodología de sectorización en los sectores 1, 2, 3, 4 referido a presiones mínimas se obtuvo de 10 mca, 10 mca, 11 mca y 12 mca respectivamente. Referido a presiones máxima de los sectores 1, 2, 3, 4 se tiene, 44 mca, 42 mca, 29 mca y 46 mca respectivamente, es por ello por lo que se concluye que se optimizó la red principal de distribución de agua potable en la zona de la Pampa Inalámbrica.

Tercera. Referido la determinación de volúmenes de almacenamiento de agua potable en los reservorios considerando la metodología de sectorización se obtuvo para los sectores 1, 2, 3 y 4 caudales de 29,83 l/s, 41,84 l/s, 32,12 l/s y 34,56 l/s respectivamente de igual manera los volúmenes de regulación de 645 m³, 900 m³, 695 m³ y 746 m³ respectivamente,

concluyéndose que se pueden abastecer a los sectores definidos en las zonas de la Pampa Inalámbrica de manera continua.

5.2. Recomendaciones

Primera. Referente a la optimización de la red principal de distribución de agua mediante la metodología de sectorización se recomienda su utilización ya que se obtienen presiones más controladas ya que se puede determinar en área más reducidas, las presiones circundantes en las redes, y con ello se realiza un mejor control, evitando fugas y pérdidas innecesarias, así como también brindando una mayor vida útil a las tuberías.

Segunda. Con referencia a la optimización de las redes principales de distribución de agua potable en la zona de la Pampa Inalámbrica, mediante la metodología de sectorización se recomienda debido a que se realiza un estricto control de presiones máximas y mínimas circundantes debido a los sectores propuestos, influyendo positivamente en el abastecimiento a las conexiones domiciliarias.

Tercera. Para los volúmenes almacenados y los caudales promedios se recomienda el emplear la sectorización, ya que se obtuvo caudales promedio más controlados y volúmenes de agua más estables, de esta manera se pudo asegurar que la continuidad de abastecimiento en los sectores propuestos es de manera continua y con un mayor tiempo de continuidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bartolin, H; Martínez, F. (2004). “*Topologia analysis of water distribution systems as a powerful decision support tool*”, (Tesis de Maestría). Universidad de Exeter Reino Unido.
- Burstein, T. (2018). Reflexiones sobre la gestión de los recursos hídricos y la salud pública en el Perú. *Revista Perú med. Salud publica* Volumen 35 (2). 3-4
- Campbell, E. (2013). *Propuesta para una metodología de sectorización de redes de abastecimiento de agua potable*. (Tesis de Maestría). Universidad Politécnica de Valencia.
- EPS Ilo S.A. (2016). *Plan de reflotamiento en el marco del régimen de apoyo transitorio*. Ilo: Eps Ilo.
- EPS Ilo S.A. (2018). *Padrón de catastro comercial del mes de julio 2018*. Ilo: Eps Ilo.
- Farley, M., Wyeth, G., Istandara, A., & Sher, S. (2008). The manager's non-revenue water handbook. A guide to understanding water losses. *Journal of water resource and protection*, Volumen (12), 15-21.
- Fragoso, S. (2016). La sectorización en redes de agua potable para mejorar su eficiencia hidráulica. *Ingeniería hidráulica y ambiental*, Volumen (37), 29-43.
- García, P. (2018). *Mejoramiento de la eficiencia hidráulica de la red de distribución de agua potable en la zona rinconada-Juliaca por el método de la sectorización*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Del Altiplano, PUNO, Peru.

- Gonzales, E. (2013). *Propuesta para una metodología de sectorización de redes de abastecimiento de agua potable*. (Tesis de maestría). Universidad politécnica de valencia, España.
- Herrera, M. (2011). *Improving water networks management by efficient division into supply cluster*. (Tesis doctoral). Universidad politecnica de Valencia, España.
- Izquierdo, J., & Perez, R. (2010). *En Application of intelligent data analysis in urban water system*. Recuperado https://www.researchgate.net/publication/220096352_Towards_the_visualization_of_water_supply_system_components_with_GPR_images.
- López, J. (2017). *Sectorización para la optimización hidráulica de redes de distribución de agua potable del sector operativo vi en el distrito de castilla-Piura*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Piura, Perú.
- Ojeda, M. (2012). *Metodología para la reducción de pérdidas en redes de agua potable y su puesta en práctica en la ciudad universitaria de la UNAM*. (Tesis de pregrado). Universidad Autónoma de México, México.
- Pérez, J. (2015). *Renovación y sectorización de redes de agua potable de la ciudad imperial provincia cañete departamento lima*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Ancash, Peru.
- Pilcher, R, Hamilton, S, Chapman, H, Field, D y Stapely, S. (2007). *Leak Location and repair. Guidance Notes. IWA International Water Association-Specialist Group Efficient Operation and Management*. https://iwa-network.org/learn_resources/leak-location-and-repair-guidance-notes/.

- Porras, O. (2014). *Reducción de pérdidas de caudal en la red de tuberías para mejorar la distribución de agua potable – sector san Carlos - la Merced*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro del Peru, Huancayo, Peru.
- Sampieri, R., Collado, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw Hill Education.
- Spellman, F., & Joanne, D. (2000). *Manual del agua potable*. Zaragoza: Acribia S.A.
- Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. (2006). *Sistema de indicadores de gestión de las empresas de servicios de saneamiento. Resolución de consejo directivo N-10-2006-SUNASS-CD (pág. 63)*. Lima: Diario el Peruano.
- Stephenson, Dj. (1981). *Pipeline Design for Water Engineers. Elsevier Scientific Publishing Company*. Volumen (40),1-263.
- Vegas, O. (2012). *Herramientas de ayuda a la sectorización de redes de abastecimiento de agua basadas en la teoría de grafos aplicando distintos criterios*. (Tesis de maestría). Universidad Politécnica de Valencia, España.
- Vierendel. (2009). *Abastecimiento de agua y alcantarillado*. Lima: Derechos reservados.
- Yanapa, J. (2015). *Optimización de redes de distribución de agua potable en cuatro comunidades del distrito de pisacoma*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Peru.
- Ziegler, D; Sorg, F. (2011). *Guía para la reducción de las pérdidas de agua*. México: GIZ.