

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**“ESTIMACIÓN DE PÉRDIDAS DE AGUA EN REDES MEDIANTE  
LA METODOLOGÍA DE CAUDAL MÍNIMO NOCTURNO EN UN  
SUBSECTOR OPERACIONAL DE LA CIUDAD DE TACNA”**

**PARA OPTAR:**

**TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. WILBER YHONY ALVARADO CUTIPA**

**Bach. VALERIA PERPETUA LLANOS MUÑIZ**

**TACNA – PERÚ**

**2024**

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INGENIERIA CIVIL**

**TESIS**

**“ESTIMACIÓN DE PÉRDIDAS DE AGUA EN REDES MEDIANTE  
LA METODOLOGÍA DE CAUDAL MÍNIMO NOCTURNO EN UN  
SUBSECTOR OPERACIONAL DE LA CIUDAD DE TACNA”**

Tesis sustentada y aprobada el 26 de octubre de 2024; estando el jurado calificador integrado por:

**PRESIDENTE : Mtro. GIANCARLOS JAVIER MACHACA FRIAS**

**SECRETARIO : Mtro. JIMMI YURY SILVA CHARAJA**

**VOCAL : Mtra. GLENDA MILAGROS LINAJA GARCIA**

**ASESOR : Mtra. ROSALÍ CRISTINA ALANIA COTRADO**

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Nosotros, Wilber Yhony Alvarado Cutipa y Valeria Perpetua Llanos Muñiz, egresados, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificados con DNI 70397409 y 43026751 respectivamente, así como Rosalí Cristina Alania Cotrado con DNI 73668972; declaramos en calidad de autores y asesor que:

1. Somos los autores de la tesis titulado: *Estimación de pérdidas de agua en redes mediante la metodología de caudal mínimo nocturno en un subsector operacional de la ciudad de Tacna*, la cual presentamos para optar el Título Profesional de *Ingeniero Civil*.
2. La tesis es completamente original y no ha sido objeto de plagio, total ni parcialmente, habiéndose respetado rigurosamente las normas de citación y referencias para todas las fuentes consultadas.
3. Los datos presentados en los resultados son auténticos y no han sido objeto de manipulación, duplicación ni copia.

En virtud de lo expuesto, asumimos frente a *La Universidad* toda responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos asociados a la obra.

En consecuencia, nos comprometemos ante a *La Universidad* y terceros a asumir cualquier perjuicio que pueda surgir como resultado del incumplimiento de lo aquí declarado, o que pudiera ser atribuido al contenido de la tesis, incluyendo cualquier obligación económica que debiera ser satisfecha a favor de terceros debido a acciones legales, reclamos o disputas resultantes del incumplimiento de esta declaración.

En caso de descubrirse fraude, piratería, plagio, falsificación o la existencia de una publicación previa de la obra, aceptamos todas las consecuencias y sanciones que puedan derivarse de nuestras acciones, acatando plenamente la normatividad vigente.

Tacna, 26 de octubre de 2024



Wilber Yhony Alvarado Cutipa  
DNI: 70397409



Rosalí Cristina Alania Cotrado  
DNI: 73668972



Valeria Perpetua Llanos Muñiz  
DNI: 43026751

## DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis queridos padres, Juan H. Alvarado Limachi y Pelagia Cutipa Choquecota, quienes han sido fundamentales en mi desarrollo y formación. Muchos de mis logros son el reflejo directo de su dedicación y apoyo incondicional a lo largo de los años, y este éxito no es la excepción. Desde una edad temprana, me guiaron con sabiduría y me ofrecieron libertad, pero siempre con una constante motivación para que persiguiera mis sueños y aspiraciones.

Wilber Yhony Alvarado Cutipa

A mi madre Jacoba Muñiz, quien es mi motivación, para no rendirme en los estudios y alcanzar mi meta, gracias por apoyarme incondicionalmente.

A mi padre Carmelo Llanos, quien siempre ha sido mi inspiración y mi norte. Aunque ya no esté conmigo, con su espíritu y amor sigue guiándome desde el cielo para continuar adelante con mis proyectos.

Valeria Perpetua Llanos Muñiz

## **AGRADECIMIENTO**

Estoy profundamente agradecido con mi asesora por su esfuerzo y paciencia. Sin sus valiosas observaciones y correcciones exactas, no habría podido alcanzar esta meta tan deseada. Aprecio enormemente su orientación y los valiosos consejos que me ha ofrecido; los llevaré siempre conmigo y los recordaré en mi futuro profesional.

A mis padres, por otorgarme su bendición y por los dones de entendimiento y sabiduría que me han proporcionado, lo que me ha permitido asimilar los conocimientos impartidos por los profesores en el aula. También a todos los profesores, por su dedicación y enseñanza.

Wilber Yhony Alvarado Cutipa

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por acompañarme en cada etapa de este camino académico y brindarme la fortaleza para seguir adelante; a mis padres por creer en mí y regalarme su bendición y a todos los profesores por su valiosa enseñanza.

Con gratitud infinita hacia mi asesora Mtra. Rosalí Alania, cuya sabiduría y constante preocupación por mi progreso han sido esenciales para la culminación de esta tesis. Agradezco también al ingeniero Jimmi Silva por su colaboración.

A mi familia, en especial a mi hermana Beatriz por su comprensión y sus valiosos consejos, que me inspiran a alcanzar nuevas metas.

A mi amiga Mariela y a todas las personas que de alguna manera me apoyaron en la realización de este trabajo, muchas gracias.

Valeria Perpetua Llanos Muñiz

## ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DEL JURADO.....	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
ÍNDICE DE TABLAS .....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	3
1.1. Descripción del problema.....	3
1.2. Formulación del problema.....	4
1.2.1. Problema general .....	4
1.2.2. Problemas específicos .....	5
1.3. Justificación e Importancia.....	5
1.3.1. Justificación desde el punto de vista ambiental .....	5
1.3.2. Justificación desde el punto de vista económico .....	5
1.3.3. Justificación desde el punto de vista social .....	5
1.3.4. Justificación desde el punto de vista técnico .....	6
1.4. Objetivos.....	6
1.4.1. Objetivo General .....	6
1.4.2. Objetivos Específicos .....	6
1.5. Hipótesis .....	6
1.5.1. Hipótesis General.....	6
1.5.2. Hipótesis Específicas.....	7

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	8
2.1. Antecedentes de la investigación.....	8
2.1.1. A Nivel Internacional.....	8
2.1.2. A Nivel Nacional .....	9
2.1.3. A Nivel Local .....	11
2.2. Bases Teóricas .....	11
2.2.1. Caudal Mínimo Nocturno (CMN) .....	12
2.2.2. Balance Hídrico .....	13
2.2.3. Volumen de entrada al sistema (QI) .....	13
2.2.4. Consumo autorizado QA (agua comercializada) .....	14
2.2.5. Pérdidas de Agua QP (agua no comercializada).....	15
2.2.6. Perdidas aparentes QPA (comerciales).....	15
2.2.7. Pérdidas reales QPR (físicas) .....	16
2.2.8. Caudal Promedio.....	17
2.2.9. Índice de agua no facturada .....	17
2.2.10. Dotación de Agua .....	18
2.2.11. Fugas .....	18
2.2.12. Origen de pérdidas .....	19
2.2.13. Control de pérdidas de agua y uso eficiente.....	19
2.2.14. Consumo de Agua.....	20
2.3. Definición de términos.....	20
2.3.1. Micro medición .....	20
2.3.2. Macro medición .....	20
2.3.3. Pérdidas de agua .....	20
2.3.4. Perdidas reales .....	20
2.3.5. Perdidas aparentes .....	20
2.3.6. Reservorio .....	21
2.3.7. Tuberías .....	21

2.3.8. Presión.....	21
2.3.9. Conexiones Domiciliarias .....	21
2.3.10. Balance hídrico.....	21
2.3.11. Agua no facturada .....	21
2.3.12. Caudal.....	22
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO .....	23
3.1. Diseño de la investigación .....	23
3.2. Acciones y actividades.....	23
3.2.1. Fase 1: Recopilación de información bibliográfica.....	23
3.2.2. Fase 2: Descripción de los trabajos que se llevaron acabo .....	23
3.2.3. Fase 3: Trabajo de campo nocturno.....	24
3.2.4. Fase 4: Análisis e interpretación de datos .....	24
3.2.5. Fase 5: Presentación de resultados .....	28
3.2.6. Fase 6: Conclusiones y Soluciones.....	28
3.3. Materiales y/o instrumentos .....	29
3.3.1. Materiales.....	29
3.3.2. Instrumentos.....	29
3.4. Población y/o muestra de estudio .....	29
3.4.1. Población .....	29
3.4.2. Muestra de estudio.....	30
3.5. Operacionalización de variables .....	31
3.6. Procesamiento y análisis de datos.....	31
CAPÍTULO IV: RESULTADOS .....	35
4.1. Generalidades.....	35
4.1.1. Ubicación .....	36
4.1.2. Cobertura del servicio de agua potable, .....	37
4.1.3. Continuidad y presión del servicio de agua potable.....	37
4.1.4. Diagnóstico de la situación operativa .....	38

4.1.5. Sistema del servicio de agua potable .....	39
4.1.6. Almacenamiento.....	39
4.1.7. Zona de estudio.....	41
4.1.8. Reservorio R12 .....	41
4.1.9. Limites.....	43
4.1.10. Sectorización de la zona .....	43
4.1.11. Conexiones domiciliarias.....	44
4.1.12. Facturación.....	44
4.1.13. Red de distribución de agua del sub sector 28.....	45
4.1.14. Continuidad y presión de servicio.....	45
4.1.15. Condiciones de hermeticidad y control.....	46
4.1.16. Macro medición .....	46
4.1.17. Micro medición .....	47
4.2. Esquema del balance hídrico del subsector 28.....	50
4.2.1. Volumen distribuido del sistema (QI) .....	50
4.2.2. Consumo autorizado (qa) .....	51
4.2.3. Consumo autorizado facturado(qaf) .....	51
4.2.4. Consumo facturado no medido.....	54
4.2.5. Consumo facturado medido .....	54
4.2.6. Consumo autorizado no facturado (Qanf).....	54
4.2.7. Pérdidas de agua (Qp) .....	55
4.2.8. Perdidas aparentes (QPA) .....	56
4.2.9. Perdidas reales (QPR) .....	57
4.2.10. Agua no facturada (ANF).....	59
4.3. Balance Hídrico.....	60
4.3.1. Acciones para reducir el índice de perdidas .....	60
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN.....	62
CONCLUSIONES .....	64

RECOMENDACIONES.....	66
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67
ANEXOS.....	70

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Esquema de los componentes de caudal mínimo nocturno .....	12
Tabla 2. Esquema del Balance Hídrico estandarizado realizado por la IWA (asociación internacional del agua).....	13
Tabla 3. Orden de las lecturas de medidores ruta uno de la zona alta .....	26
Tabla 4. Operacionalización de variables de investigación .....	31
Tabla 5. Estimación de bandas de exactitud de balance hídrico.....	33
Tabla 6. Indicadores de gestión de la EPS Tacna S.A.....	38
Tabla 7. Captación Superficial-Tacna .....	39
Tabla 8. Captación Subterránea - Tacna .....	39
Tabla 9. Unidades de almacenamiento-Tacna.....	40
Tabla 10. Asociaciones que comprende el subsector 28 .....	44
Tabla 11. Longitud de red de distribución sub sector 28 .....	45
Tabla 12. Presión promedio .....	45
Tabla 13. Volumen de ingreso de R12 al Subsector 28 .....	50
Tabla 14. Volumen facturado en el mes de marzo a mayo del 2024.....	51
Tabla 15. Número de usuarios facturado en el mes de marzo a mayo del 2024.....	52
Tabla 16. Diferencia de volumen de ingreso vs facturación .....	53
Tabla 17. Volumen de lavado de purgas y lavado de las redes marzo-mayo 2024 ...	55
Tabla 18. Calculo del consumo no facturado no medido.....	55
Tabla 19. Resumen del balance hídrico del sub-sector 28.....	58
Tabla 20. Resultado de balance hídrico del sub-sector 28.....	60

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ámbito de zona de investigación, sub-sector 28 .....	4
Figura 2. Modelo de fugas, basado en método de caudales nocturno .....	12
Figura 3. Herramienta de intervención para programas de reducción de pérdidas aparentes.....	15
Figura 4. Métodos de intervención para pérdidas reales.....	16
Figura 5. Representación de fugas comunes en las redes principales y las uniones..	16
Figura 6. Relación entre tasa de fuga (Q) y tiempo de fuga (t) .....	18
Figura 7. Mapa de sub-sector 28 dividida en zonas.....	25
Figura 8. Gráfico de la demanda de agua del sub-sector 28.....	28
Figura 9. Esquema general de un sistema de agua potable .....	32
Figura 10. Plano catastral de sectores de la EPS Tacna .....	36
Figura 11. Cobertura del servicio de agua potable en Tacna.....	37
Figura 12. Continuidad y presión por localidad .....	38
Figura 13. Plano sub-sector operacional 28 sector VI de la Ciudad de Tacna.....	41
Figura 14. Ubicación de reservorio R12.....	42
Figura 15. Esquema de reservorio R12 .....	42
Figura 16. Mapa sub-sector 28 subdividida en zonas alta, media y baja. ....	43
Figura 17. Medidor electromagnético para medir caudales SITRANS F M MAG 5100 W, compact versión with MAG 5000/6000 .....	46
Figura 18. Micro medidor Marca Galacer.....	47
Figura 19. Micromedidor Marca ZENNER.....	48
Figura 20. Micromedidor Marca ELSTER .....	49
Figura 21. Micromedidor Marca Medileser.....	50
Figura 22. Volumen facturado en los meses de marzo a mayo 2024.....	52
Figura 23. Gráfica de la diferencia de volumen de Ingreso vs facturación .....	53

Figura 24. Volumen de pérdidas aparentes vs reales, en el periodo de marzo 2024 – mayo 2024 en el subsector 28.....	58
Figura 25. Volumen de agua no facturada, marzo 2024 - mayo 2024.....	59
Figura 26. Pérdidas de agua, en el periodo de marzo 2024 – mayo 2024 .....	59

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia .....	71
Anexo 2. Volumen de entrada al sistema.....	72
Anexo 3. Determinación del consumo facturado medido. ....	73
Anexo 4. Determinación del consumo facturado no medido. ....	74
Anexo 5. Determinación del consumo no facturado no medido .....	76
Anexo 6. Determinación de pérdidas reales. ....	77
Anexo 7. Indicadores .....	78
Anexo 8. Formato de Registro de medición .....	79
Anexo 9. Mapa Sub-sector 28 - zona alta .....	80
Anexo 10. Registro de medición - Zona alta .....	81
Anexo 11. Mapa Sub-sector 28 - zona media .....	83
Anexo 12. Registro de medición - Zona media .....	84
Anexo 13. Mapa Sub-sector 28 - zona baja .....	87
Anexo 14. Registro de medición - Zona baja .....	88
Anexo 15. Evidencias Fotográficas .....	90
Anexo 16. Información de catastro comercial de la EPS Tacna S.A. ....	100
Anexo 17. Información de plano de conexiones georreferenciadas de la EPS Tacna S.A.....	101

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se desarrolla en un contexto marcado por la problemática de la escasez hídrica que se enfrenta actualmente, influenciada por el cambio climático y las crecientes demandas de la población. La finalidad de la investigación es estimar las pérdidas reales en el sub sector 28. Para ello, se aplicó el procedimiento del Caudal Mínimo Nocturno (MNF, según siglas inglesas), fundamentándose en el modelo de Balance Hídrico propuesto por la IWA (Asociación Internacional de Agua). Para el desarrollo de esta investigación, se recolectaron datos necesarios de usuarios activos y lectura de medidores durante la noche para estimar las pérdidas reales, además de información proporcionada por la EPS Tacna S.A. como caudales de ingreso al sector operacional de estudio, padrón de usuarios, facturación, catastro técnico y comercial para evaluar y medir el volumen de agua no facturada (ANF). Tras realizar los cálculos pertinentes, se obtuvo como resultado una pérdida real del 9,52 % y una pérdida aparente 2,73 % del volumen total de agua asignado al subsector 28.

**Palabras clave:** pérdidas reales, balance hídrico, fugas de agua, red de distribución, micro medición.

## ABSTRACT

The present research work is carried out in a context marked by the water scarcity problem currently faced, influenced by climate change and the growing demands of the population. The purpose of the research is to estimate the real losses in sub-sector 28. For this purpose, the Minimum Night Flow procedure was applied, based on the Water Balance model proposed by the IWA (International Water Association), for the development of this research, the necessary data were collected from active users and meter readings during the night to estimate the real losses, in addition to information provided by EPS Tacna S.A. such as inflows to the operational sector of the study, user register, billing, technical and commercial cadastre to evaluate and measure the volume of unbilled water. After performing the relevant calculations, the result was a real loss of 9,52 % and an apparent loss of 2,73 % of the total volume of water allocated to sub-sector 28.

**Keywords:** real losses, water balance, water leaks, distribution network, micro-metering.

## INTRODUCCIÓN

Desde que las personas comenzaron a usar agua tratada, conocida como agua potable, se ha generado un creciente problema en su consumo. Esta situación se intensifica debido al constante aumento de la población, no solo en Tacna, sino también a nivel nacional y global. Como resultado, se producen importantes pérdidas, conocidas como agua no facturada, se describe variación entre el volumen producido y el registrado (Cahuana, 2019).

El desarrollo de la investigación tiene lugar en el subsector operacional 28, del sector VI, en la ciudad de Tacna, el contexto de este estudio se basa en la necesidad de abordar el problema de la pérdida de agua, que consiste en establecer el porcentaje de pérdida real en la red. La justificación radica en la importancia de preservar y optimizar el uso de este recurso escaso y costoso, así como en mejorar la eficiencia operacional, para incrementar la continuidad del servicio y garantizar el acceso equitativo del agua potable para la población.

Con el presente trabajo se quiere demostrar la importancia de la aplicación de la metodología del Caudal Mínimo Nocturno (CMN), para estimar y tener una operación continua, la experiencia adquirida servirá para replicar con las adecuaciones de acuerdo a la realidad de la cada zona, buscando el mismo objetivo para alcanzar una mejor conservación del agua. El contenido de la tesis está organizado por capítulos (Porras, 2014).

Capítulo primero, se identifica el problema de la investigación y se define los objetivos de la investigación.

Capítulo segundo, se revisan los antecedentes que va acompañado con estudios locales, nacionales e internacionales, que sirven como base de la investigación.

Capítulo tercero, marco metodológico, donde se determina el diseño de investigación, acciones y actividades, materiales y/o instrumentos que se utilizaron durante la ejecución de la investigación, se determina la población y la muestra de estudio, operacionalización de variables y análisis estadístico y técnicas de procesamiento y análisis estadístico.

Capitulo cuarto, análisis de resultados es donde se determina los resultados de balance hídrico obtenidos durante la ejecución de la investigación.

Capitulo quinto, discusión y finalmente las conclusiones y recomendaciones las conclusiones se desarrollan acorde a los objetivos planteados durante la investigación y de igual manera las recomendaciones se dan acorde los resultados y propuestas.

## CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. Descripción del problema

La ciudad de Tacna, que se sitúa en la zona costera, enfrenta obstáculos de escasez de agua de acuerdo con un informe del INEI, (2019). Tacna es la región con el mayor porcentaje 60,8 % de habitantes que recibe agua tratada menos de 24 horas al día, lo que dificulta satisfacer la demanda actual. Además, según la ONU, (2023), es probable que la escasez de agua física aumente a medida que los habitantes crezcan y los efectos del cambio climático se intensifiquen. Según Torres, (2023) el Gerente General del proyecto “*Afianzamiento y ampliación de los Recursos Hídricos de Tacna*” alertó que el volumen de almacenamiento de agua en el departamento de Tacna es significativamente menor al promedio de los últimos 10 años.

Según Pino (2021), Tacna al estar ubicada en el sur de Perú, la disponibilidad de agua para satisfacer las necesidades tanto poblacionales como agrícolas está en constante disminución debido a la escasez del recurso hídrico. Se han propuesto dos proyectos hidráulicos desde hace más de 40 años para transferir agua desde la cuenca alta del río Maure en los Andes hacia las cuencas pertenecientes a la región hidrográfica del Pacífico, lo que ha generado conflictos sociales.

Según la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS) ha fijado un porcentaje aceptable de agua no facturada (ANF) es del 30 % del agua producida. Esta normativa impulsa la necesidad de desarrollar estrategias para reducir el ANF y según Forero et al. (2022), es crucial registrar el agua recolectada, tratada y repartida para verificar los índices de agua no contabilizada (IANC), esto permitirá minimizar estos indicadores, mejorar la eficiencia y sostenibilidad de las empresas.

Guillén y Ramírez (2019) en su estudio señala que debido al aumento de la población en el área de operación de la EPS Tacna S.A., surgen incógnitas recurrentes que son relacionados con el abastecimiento, mantenimiento, operación, entre otros. Además, enfrentan problemas de pérdidas de agua; la empresa proporciona un servicio de agua potable intermitente en la mayoría de sus sectores porque su expansión acelerada no está acompañada por una gestión adecuada de sus procesos y carece de programas sólidos para abordar este problema.

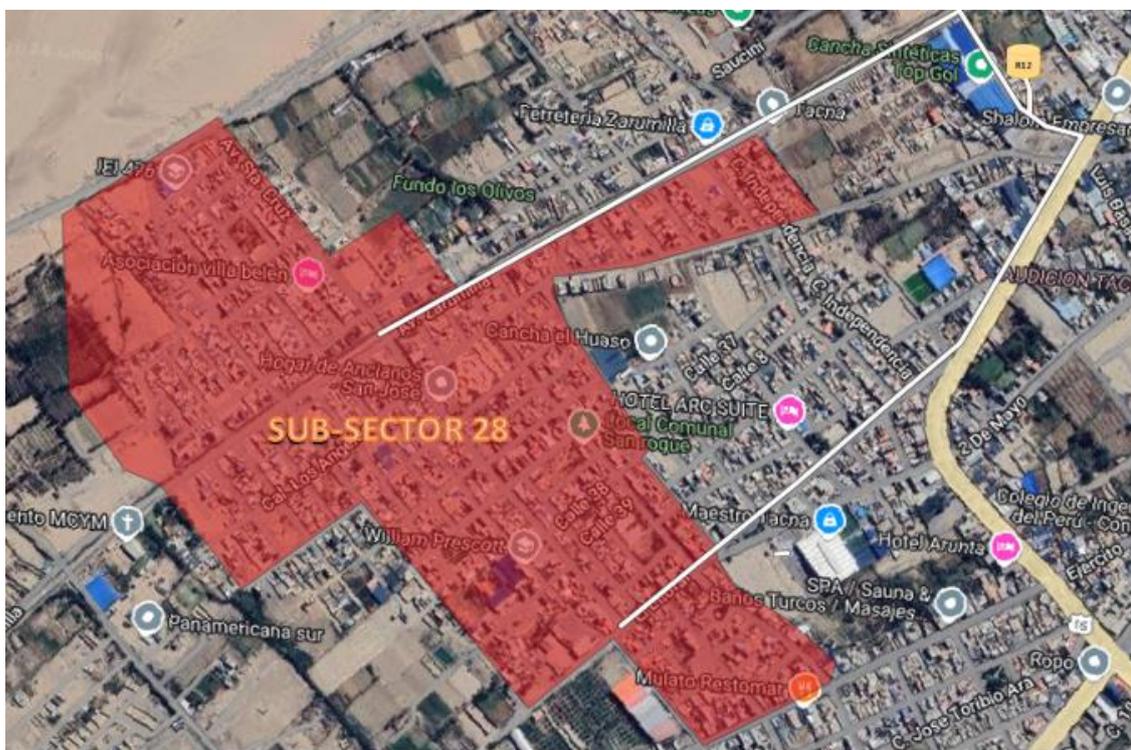
Actualmente, no existe averiguación detallada sobre los índices de pérdida en la EPS Tacna S.A., lo que impide conocer con precisión cómo se distribuyen y en qué porcentaje se encuentran estas pérdidas. Esto lleva a no tener claridad sobre las

pérdidas económicas que se producen. Además, impide evaluar cómo estas pérdidas afectan el funcionamiento del sistema (Tarqui, 2022).

A través de este trabajo de investigación se pretende abordar esta problemática, para estimar el volumen de las pérdidas que se generan en las redes y las acometidas, estas pueden ser causadas por diferentes factores como fisuras, corrosión, presión de servicio, antigüedad de las tuberías, filtración, tránsito pesado. El ámbito de la zona de investigación se muestra en la figura 1. Según Alvarado y Cauna (2019), el agua no facturada que tiene la empresa EPS Tacna S.A. es del 30 % en toda la ciudad, según la memoria anual del 2022.

**Figura 1**

*Ámbito de zona de investigación, sub-sector 28*



*Nota.* Adaptado de Google Earth Pro, 2024, zona de estudio sub-sector 28.

## 1.2. Formulación del problema

### 1.2.1. Problema general

¿Cómo estimar las pérdidas reales mediante la metodología de caudal mínimo nocturno en un subsector operacional del sistema de abastecimiento de agua potable en la ciudad de Tacna?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- a. ¿Cómo elaborar el balance hídrico en un subsector operacional de la ciudad de Tacna?
- b. ¿Cómo determinar el índice de pérdidas reales y aparentes en un sub sector operacional de la ciudad de Tacna?
- c. ¿Cuál son las acciones que permitirán la reducción de índice de pérdidas?

### **1.3. Justificación e Importancia**

#### **1.3.1. Justificación desde el punto de vista ambiental**

Las fugas causan las pérdidas de agua, lo que representa una amenaza al medio ambiente, debido a que este recurso es esencial para la supervivencia de todos los seres vivos en la Tierra. Sin embargo, la demanda del agua continúa creciendo por lo que es de vital importancia conservar este recurso debido a varios factores, como el aumento de habitantes que genera el consumo elevado de agua en diferentes épocas del año.

#### **1.3.2. Justificación desde el punto de vista económico**

Las fugas de agua dañan las estructuras, materiales, entre otros y son las responsables de pérdidas de miles de litros anuales, en los hogares esta fase puede afectar considerablemente en la economía familiar, por otra parte, dicha pérdida afecta negativamente la conservación del recurso. Por lo que es importante controlar las pérdidas en las redes, ya que esto permite mejorar la sostenibilidad del sistema, ahorrar recursos en la economía del hogar y disminuir los costos a largo plazo.

La optimización en la administración de las fugas de agua beneficiará tanto a la población como a la EPS Tacna S.A.

#### **1.3.3. Justificación desde el punto de vista social**

La baja disponibilidad de los recursos hídricos es el origen de conflictos sociales por el uso del agua (Pino, 2021).

Las pérdidas de agua afectan negativamente a los usuarios, generando problemas en la distribución que provocan baja presión, interrupciones en el servicio y una distribución desigual del suministro.

Es fundamental conservar este recurso, que es escaso y costoso, además de optimizar la eficiencia para garantizar un acceso equitativo al agua potable para toda la población.

#### **1.3.4. Justificación desde el punto de vista técnico**

El propósito principal de esta investigación es estimar la magnitud de fugas utilizando la metodología de caudal mínimo nocturno. Esto permitirá identificar, cuantificar y gestionar las pérdidas reales de agua que puedan estar presentes en la red de abastecimiento de agua, las cuales pueden tener diversos factores contribuyentes.

De acuerdo a los resultados, se planteará alternativas de mejoras para reducir el índice de pérdidas. El estudio se realizó en el subsector 28 de la ciudad de Tacna, dentro de ella comprende las siguientes asociaciones, Villa Belén, la Victoria, Alto de la Luna, los Laureles, los Ángeles, Nuevo Horizonte, el Platanal, los Álamos, Vallecito, Villa el Triunfo, Villa Margarita, Villa Sol, Cayetano Heredia, Santa Cruz de Para, Bella Vista, urbanización San Felipe y San Roque.

### **1.4. Objetivos**

#### **1.4.1. Objetivo General**

Estimar las pérdidas reales mediante la metodología de caudal mínimo nocturno en un subsector operacional del sistema de abastecimiento de agua potable en la ciudad de Tacna.

#### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- a. Elaborar el balance hídrico en un subsector operacional de la ciudad de Tacna.
- b. Estimar el índice de pérdidas reales y aparentes en un sub sector operacional de la ciudad de Tacna
- c. Proponer acciones que permitan la reducción de índice de perdidas

### **1.5. Hipótesis**

#### **1.5.1. Hipótesis General**

La metodología de caudal mínimo nocturno permitirá estimar las pérdidas de agua en un subsector del sistema de abastecimiento de agua potable en la ciudad de Tacna.

### **1.5.2. Hipótesis Específicas**

- a. La elaboración del balance hídrico permitirá identificar pérdidas de agua en un subsector operacional de la ciudad de Tacna.
- b. El método de caudal mínimo nocturno permitirá estimar el índice de pérdidas reales y aparentes en un subsector operacional de la ciudad de Tacna.
- c. La estimación de pérdidas de agua nos permitirá proponer acciones para la reducción de índice de pérdidas.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de la investigación

Actualmente, este estudio está acompañado de varios estudios locales, nacionales e internacionales que sirven como base teórica, debido a que las fugas de agua son uno de los problemas más persistentes que enfrentan las empresas de agua potable.

#### 2.1.1. A Nivel Internacional

Vicente et al. (2019) en su artículo de investigación "*Algoritmo adaptativo para la estimación de pérdidas de agua en redes basados en análisis avanzado de caudales mínimos nocturnos (CMN)*". indica que las empresas de servicios de agua utilizan ampliamente el modelo de CMN es para estimar fugas y otros objetivos estratégicos. Se han realizado tres acciones principales para desarrollar el algoritmo: (1) un análisis detallado de la literatura especializada y una recopilación de métodos existentes, (2) la creación y revisión del algoritmo propuesto, (3) la implementación del algoritmo en una plataforma de computación llamada WatEner. Se concluye que el método del caudal mínimo nocturno es una herramienta reconocida, aunque hay pocos documentos que detallen de manera organizada los pasos y valores a seguir.

Orna y Zumba (2023) en su tesis "*Incidencia de fugas en redes de abastecimiento de agua potable en el Cantón Tisaleo de la Provincia de Tungurahua*" el objetivo fue analizar el problema de las fugas, ubicado en el Cantón de Tungurahua-Riobamba, Ecuador. La investigación se basa en un enfoque mixto que integra métodos cualitativos y cuantitativos, con un nivel correlacional, el área de estudio abarca 60 km<sup>2</sup> y está habitada por 2 542 personas que reciben el servicio de agua potable, el caudal suministrado es de 216,99 l/s, mientras que el caudal perdido alcanza 990 196,51 m<sup>3</sup> estos resultados son desde 2018 hasta agosto de 2022, las redes H1 y E1 son las que muestran la mayor proporción de fugas, con un 57,27 % y 42,89 % respectivamente. en contraste, las redes I1 y M1 destacan por su alta eficiencia hídrica, con un 70 %, los hallazgos revelan la presencia de micromedidores que no funcionan adecuadamente.

Chérrez (2021) en su tesis titulada "*Análisis de las pérdidas reales de agua en un sector de la red de la ciudad de Guayaquil y medidas para su reducción*", el propósito es realizar un balance hídrico detallado, desglosando las pérdidas reales y aparentes, considerando que la red de agua tiene un promedio de 40 años y se encuentra en la ciudad de Guayaquil, se busca minimizar las pérdidas aparentes, los resultados indican

que el agua perdida por fugas alcanza los 24 800 m<sup>3</sup>/mes. Tras analizar las fugas económicas, se estima que es posible recuperar 13 612 m<sup>3</sup>/mes, lo que reduciría el volumen perdido a 11 188 m<sup>3</sup>/mes y permitiría alcanzar una eficiencia del sistema del 70 %, se sugiere la implementación de un modelo hidráulico para la red, lo que facilitaría un análisis más detallado y ayudaría a minimizar las fugas.

Navarrete (2023) en su tesis "*Análisis para determinar fugas en el circuito 2 y 6 de la red de agua potable del Cantón Pajan*", el objetivo del estudio fue determinar las pérdidas en los circuitos dos y seis, para identificar las fugas de agua, posteriormente, desarrollar un diagnóstico técnico y comercial del sistema; el área de estudio abarca 308 348,66 m<sup>2</sup> y cuenta con 2 304 habitantes. Se encontró que el porcentaje de agua que no ha sido registrado es del 26,24 %, lo que sugiere problemas en la medición y conexiones no autorizadas. Se considera que los sistemas con un porcentaje de pérdida entre 10 % y 20 % aún son eficientes. Sin embargo, se recomienda que la empresa prestadora de servicios organice y detalle mejor la información de los clientes y usuarios para un diagnóstico técnico más preciso.

### **2.1.2. A Nivel Nacional**

Chávez (2022) en su tesis titulada "*Estimación del agua potable no facturada en el sistema de distribución de las urbanizaciones Cajamarca y Ramón Castilla, Cajamarca 2021*". el objetivo principal es calcular el volumen de agua no facturada en un sistema de suministro que incluye redes de asbesto-cemento. La estrategia principal es llevar a cabo un estudio de balance hídrico, que incluirá medir el consumo, monitorear la presión y detectar pérdidas comerciales y operativas. El tipo de investigación es aplicado y descriptivo, y la muestra de estudio no es probabilística. Se ha llegado a la conclusión de que el volumen de agua no facturado estimado es de 2 223,91 m<sup>3</sup>, el 21,5 % del volumen total distribuido. El caudal provisto es de 3,99 l/s y el volumen total es de 10 342,08 m<sup>3</sup>. El porcentaje de pérdidas es del 12,78 %, equivalente a 1 322,67 m<sup>3</sup>. Se identificaron fugas visibles y no visibles, con un volumen estimado de 16,14 m<sup>3</sup> para fugas visibles y 1 306,53 m<sup>3</sup> para fugas no visibles, lo que representa un 0,16 % y un 12,63 % del volumen distribuido, respectivamente.

Corimanya (2022) en su trabajo de investigación titulado "*Determinación y gestión del agua no facturada (ANF) en los componente operacional y comercial en el sistema de abastecimiento de agua potable de la E.P.S. Ilo S.A. en la localidad de Ilo-2021*", el propósito es encontrar y medir parámetros de (ANF) para bajar su % a un nivel más económico y técnico. La metodología de balance hídrico de IWA se basó en la

información histórica proporcionada por la EPS Ilo S.A., con datos comerciales de los últimos cinco años. El estudio de tipo descriptivo abarcó el cien por ciento de la población abastecida. Se encontró que el porcentaje de ANF era del 42,2 %, lo que superaba el valor de la hipótesis en 2,2 %. Las pérdidas comerciales son del 12,2 %, mientras que las pérdidas operativas son del 26,2 %. Se propone implementar estrategias para minimizar el porcentaje de ANF de 26,2 % al 8 %, logrando una reducción total de 18,2 %.

Cóndor (2022) en su tesis que titula "*Análisis de pérdidas de agua con la metodología IWA en las redes de distribución del sector 01 de la EPS Emapa Hvca-2022*", el propósito de su estudio fue analizar las pérdidas de agua tanto reales como aparentes. Se trata de una investigación básica de carácter descriptivo y con un enfoque no experimental, para llevar a cabo el estudio, se recopiló información de campo de manera no probabilística, considerando los parámetros del balance hídrico. Se recogieron datos sobre caudales, presiones, eventos de rotura, fugas, purgas y pérdidas de agua con las estrategias operacionales. Los resultados obtenidos durante el estudio muestran que el volumen de pérdidas reales es de 8 946,826 m<sup>3</sup>/mes, el volumen de pérdidas aparentes es de 6 631,544 m<sup>3</sup>/mes y el volumen total de pérdidas es de 15 578,370 m<sup>3</sup>/mes, el agua no factura es de 35,21 %. Se concluye que el sector 01-San Cristóbal presenta pérdidas de agua de 8 946,826 m<sup>3</sup>/mes y se destaca la necesidad de un mantenimiento continuo en las redes antes de las cajas de registro.

Guillén y Ramírez (2019) en su tesis titulada "*Evaluación y reducción de pérdidas en el sistema de abastecimiento de agua en la EPS Emapa San Martín S.A.-unidad operativa de Bellavista (Bellavista, Limón y el Porvenir)*", propone soluciones a los problemas actuales que afectan a la localidad de Bellavista, el estudio se realizó en tres fases: recolección, organización temática de los datos, verificación y seguimiento de deficiencias en el campo y análisis comparativo e interpretación de los resultados. Se concluyó que para cuantificar las fugas es necesario implementar medidas e instalar medidores. Bellavista presenta un 67,92 % de volumen no medido en comparación con el volumen facturado, lo que indica que el volumen promedio asignado no está siendo facturado adecuadamente. La localidad tiene 3 536 conexiones, 3 337 están facturadas y 199 son inactivas, representando el 5,63 %. Además, cuenta con 1 467 medidores de los cuales 1 284 están en funcionamiento. El índice de pérdida es del 23,26 %, equivalente a 13 723,93 m<sup>3</sup>, mientras que el agua no contabilizada es del 7,42 %, lo que representa 4 348,66 m<sup>3</sup>.

### **2.1.3. A Nivel Local**

Tarqui (2022) en su trabajo de investigación "*Análisis del índice de pérdidas en el sistema de abastecimiento de agua potable en el subsector 27 de la ciudad Tacna*", señala que las empresas prestadoras de servicio (EPS) enfrentan problemas a falta de la exactitud en los cálculos de los índices de pérdidas. Esta imprecisión conduce a elevados niveles de agua no facturada debido a diversos tipos de escape de agua, afectando negativamente los ingresos económicos y resultando en un servicio deficiente para la población. Para abordar este problema, es importante realizar un estudio de balance hídrico, que implique determinar el caudal de ingreso, el consumo y la facturación, con el fin de identificar las pérdidas y desarrollar estrategias de mejora que optimicen el sistema y, en consecuencia, mejoren el servicio a la comunidad. De acuerdo a los resultados es de aproximadamente 22,32 % de agua no facturada en el subsector 27 en la ciudad de Tacna.

Alvarado y Cauna (2019) realizaron el trabajo de investigación que se titula "*Análisis del índice de pérdidas para mejorar el sistema de abastecimiento de agua potable del sector vi de la ciudad de Tacna- Tacna*", con el objetivo de calcular el agua no facturada (ANF) en el Sector VI de la red de suministro de la EPS Tacna S.A., así como evaluar y analizar su índice de pérdidas. La IWA (Asociación Internacional del Agua) recomendó el modelo de balance hídrico para este propósito. Como resultado, se registró un índice de pérdidas del 26,27 %, se basó en estos resultados para mejorar y disminuir estas pérdidas.

Huallpa y Flores (2021) realizaron un trabajo de investigación titulada "*Evaluación de pérdidas de agua en las plantas de tratamiento de agua potable de Calana y Alto Lima, Tacna*". El objetivo principal fue cuantificar las pérdidas de agua, determinar los costos asociados y proponer alternativas viables para mejorar los resultados. Para ello, se realizó una evaluación en dos tramos, en los cuales se cuantificaron las pérdidas, alcanzando un total de 727 506,824 litros por año, lo que impacta a una población de 10 708 habitantes. De acuerdo con los cálculos, las pérdidas económicas anuales ascienden a S/ 605 529,04. Finalmente, se identificaron diversas alternativas para reducir tanto las pérdidas de agua como las consecuencias económicas derivadas de ellas.

## **2.2. Bases Teóricas**

Se mencionan los conceptos relacionados con el tema de la propuesta técnica en base a las teorías existentes que se muestran en libros e investigaciones.

### 2.2.1. Caudal Mínimo Nocturno (CMN)

En la tabla 1 se muestra el esquema de CMN que se plantea como un método diseñado para evaluar las pérdidas de agua durante las horas nocturnas, con el fin de obtener mediciones más precisas del consumo, en este período, se anticipa que el caudal consumido será mínimo, lo que facilita una medición o estimación más exacta, además, cuando la demanda de agua es baja, la presión en la red se incrementa al máximo, lo que puede provocar un aumento en el volumen de las fugas de agua (Escobar, 2011).

**Tabla 1**

*Esquema de los componentes de caudal mínimo nocturno*

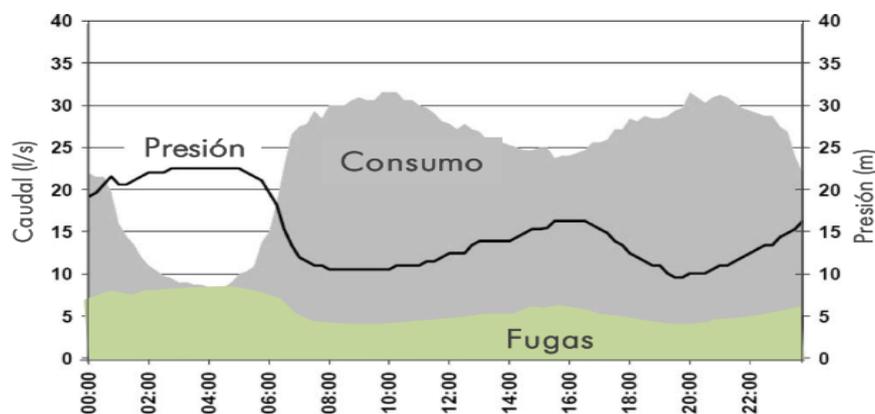
Caudal Mínimo Nocturno	Caudal entregado a los consumidores	Uso nocturno de consumidores	Uso domestico
		Fugas de consumidores	Uso no domestico
	Pérdida en la Red de distribución		Caudal nocturno correspondiente a fugas

*Nota.* Adaptado de Aguirre de la Cruz F (2006), evaluación de las fugas mediante mediciones de caudales nocturnos.

A medida que continúa la fuga, también aumentan las pérdidas como el suministro y la presión, el cual se puede observar en la Figura 2.

**Figura 2**

*Modelo de fugas, basado en método de caudales nocturno*



*Nota.* Modelo de fugas, basado en el método de los caudales nocturnos (adaptado de J. Escobar, 2011), <https://riunet.upv.es/handle/10251/15827>.

### 2.2.2. Balance Hídrico

La tabla 2 representa la estructura de los elementos del balance hídrico para determinar el consumo y pérdida en un sistema de distribución estandarizado de agua potable (Ramírez, 2017).

**Tabla 2**

*Esquema del Balance Hídrico estandarizado realizado por la IWA (asociación internacional del agua)*

Volumen de entrada al sistema	Consumo Autorizado (Agua Comercializada)	Consumo autorizado facturado	Consumo facturado medido	Agua facturada
			Consumo facturado no medido	
		Consumo autorizado no facturado	Consumo no facturado medido	
			Consumo no facturado no medido	Agua no facturada
	Pérdidas de Agua (Agua No Comercializada)		Pérdidas aparentes (comerciales)	
			Pérdidas reales (físicas)	

*Nota.* Adaptado de la guía para la reducción de las pérdidas de agua, (p.47), por GIZ y VAG, 2011.

Para el cálculo es muy preciso el manejo de los volúmenes de entrada y salida, esto es para obtener resultados más reales, de forma que la estimación de los volúmenes de pérdida se dé con más exactitud.

### 2.2.3. Volumen de entrada al sistema ( $Q_I$ )

En la ecuación número 1 se conoce como volumen que ingresa al sistema de suministro de agua que es distribuido a los habitantes de un área específica.

$$Q_I = Q_A + Q_P \quad (1)$$

Donde:

$Q_A$  = consumo autorizado

$Q_P$  = pérdida de agua

#### **2.2.4. Consumo autorizado $Q_A$ (agua comercializada)**

Se refiere al volumen de agua, tanto medido como no medido, consumido por los clientes registrados, así como por la misma empresa de agua y otras instituciones autorizadas. Incluye el consumo autorizado que se factura.

##### **2.2.4.1. Volumen de agua entregada al usuario.**

- a. *Consumo facturado medido*: Se refiere al volumen facturado de las conexiones que se encuentran en funcionamiento de los asociados de tipo residenciales, estatales, sociales, entre otros, que ha sido registrado a través de mediciones directas (Pino, 2021).
- b. *Consumo facturado no medido*: Se refiere a las conexiones activas que, por diversas razones, no han sido medidas directamente, pero a las que se les asigna un consumo basado en un promedio estimado (GIZ et al., 2011).

**2.2.4.2. Consumo autorizado No facturado  $Q_{AUNF}$** : es el consumo destinado para fines operacionales de mantenimiento.

- a. *Consumo no facturado medido*: Se refiere al volumen cuantificada no facturada, dentro de este consumo está considerada los volúmenes de agua usadas para las purgas que se realizan regularmente en puntos definidos del sistema de agua.
- b. *Consumo no facturado no medido*: Son volúmenes de agua destinados a parques públicos, asociaciones de viviendas en proceso de formación y bomberos.

##### **2.2.4.3. Agua facturada ( $A_F$ )**

Es el volumen consumido mensualmente, se determina mediante la diferencia entre lecturas. Para los usuarios que no tienen medidor, se asigna un consumo estimado. Este volumen representa la facturación mensual efectiva que genera ganancia para la empresa distribuidora, tal como se muestra en la ecuación 2.

$$A_F = Q_{AF} \quad (2)$$

### 2.2.5. Pérdidas de Agua $Q_P$ (agua no comercializada)

Según la ecuación número 3 las pérdidas de agua ocurren a lo largo de la red, desde el inicio hasta el medidor del usuario. Estas pérdidas se deben tanto a fugas en las redes de distribución como a volúmenes de agua que se distribuyen sin ser facturados. Estos problemas agravan las dificultades en el suministro (Cama y Huanca, 2022).

$$Q_P = Q_{PA} + Q_{PR} \quad (3)$$

Donde:

$Q_P$  = Caudal Promedio

$Q_{PA}$  = Caudal de Pérdidas Aparentes

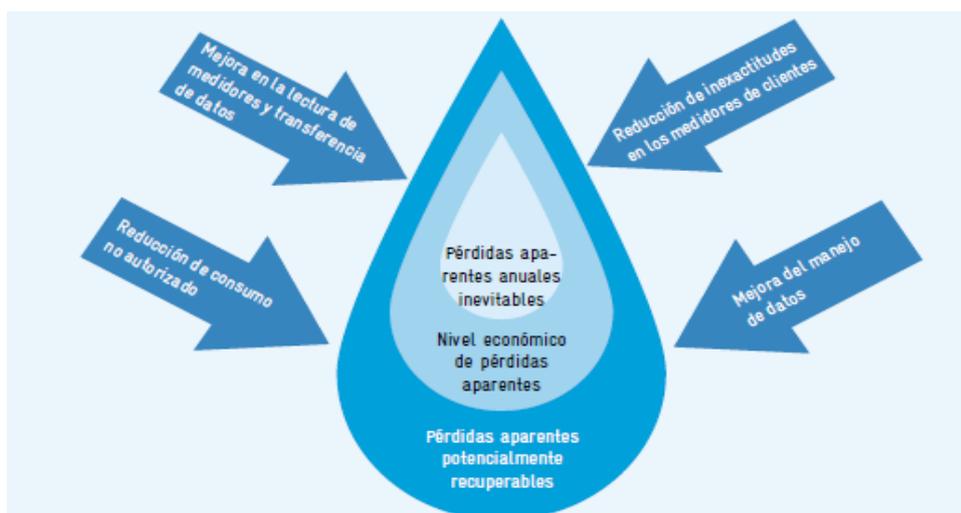
$Q_{PR}$  = Caudal de Pérdidas Reales

### 2.2.6. Perdidas aparentes $Q_{PA}$ (comerciales)

La figura 3 representa la distribución del recurso hídrico desde el punto de almacenamiento hasta la entrega final de los consumidores, sin embargo, existen errores en la medición o registro del volumen del consumo de agua, considerada como “pérdidas aparentes”, las cuales no son visibles, por lo tanto, no se facturan, impactando directamente la economía (Escobar, 2011).

**Figura 3**

*Herramienta de intervención para programas de reducción de pérdidas aparentes*



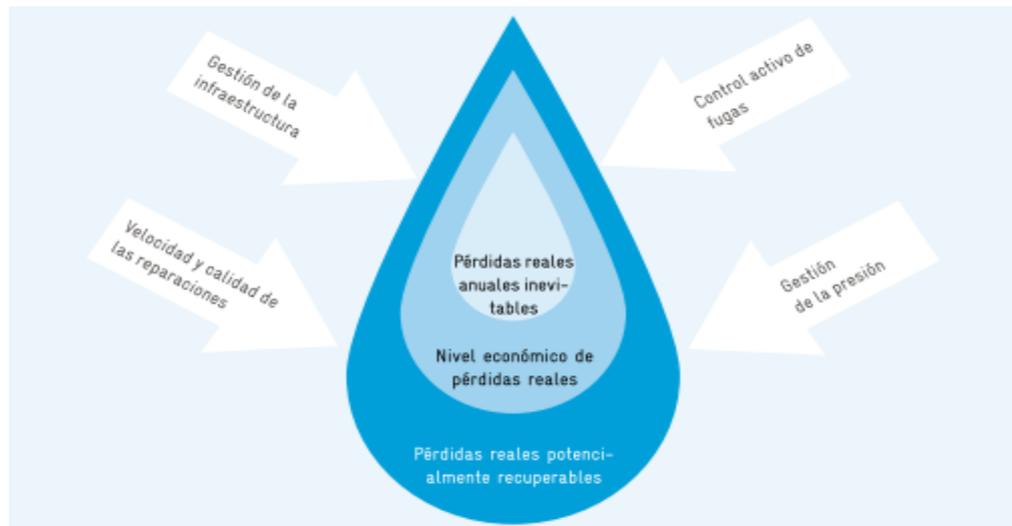
*Nota.* En la figura muestra la metodología para la reducción de las pérdidas no físicas (aparentes), causadas por inexactitudes, errores en la medición, entre otros, Adaptado de la guía para la reducción de las pérdidas de agua, (p.100), por GIZ y VAG, 2011.

### 2.2.7. Pérdidas reales $Q_{PR}$ (físicas)

La figura 4 y 5 simbolizan el volumen de agua perdido en una red debido a fugas, rupturas y reboses durante un período específico. Estas pérdidas ocurren desde las tuberías principales hasta punto de llegada y ubicación del medidor (Avalos y Flores, 2021).

**Figura 4**

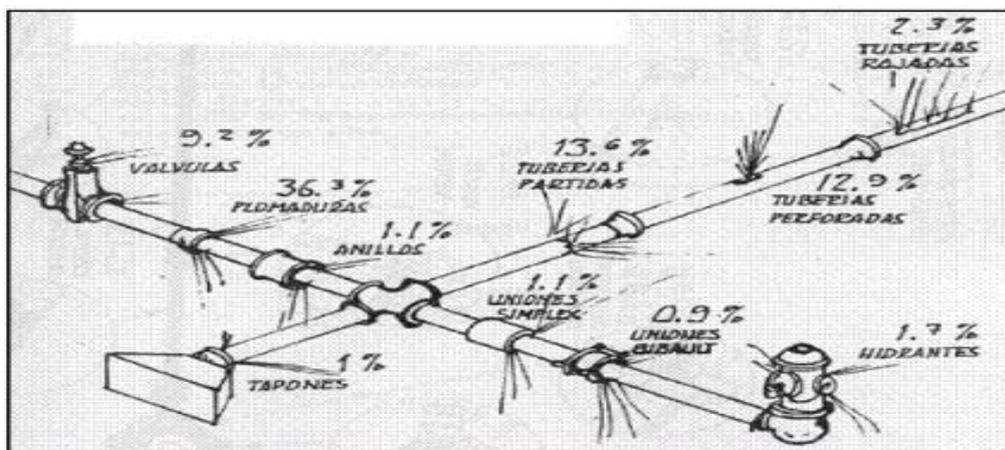
*Métodos de intervención para pérdidas reales*



*Nota.* En la figura se muestra el método de intervención para reducir las pérdidas reales anuales en general en  $m^3/a$ , adaptado de la guía para la reducción de las pérdidas de agua, (p.100), por GIZ y VAG, 2011.

**Figura 5**

*Representación de fugas comunes en las redes principales y las uniones*



*Nota.* En la figura se muestra que las fugas se pueden dar en tuberías, uniones, hidrantes, válvulas Adaptado de determinación del caudal mínimo nocturno, (p.8) por J. Ramírez, (2014,) fuente (PROACTIVA IANC).

### 2.2.7.1. Agua no facturada (ANF):

Es el agua que se produce, pero no se paga., que se pierde por fugas a lo largo de la Red, consumos clandestinos, entre otros (Pino, 2021).

En la ecuación número 4 el agua no facturada representa la diferencia entre el agua producida y el uso medido (Tarqui, 2022).

$$ANF\% = \frac{\sum (\text{Volumen producido de agua} - \text{Volumen facturado de agua})}{\sum \text{Volumen producido de agua}} \quad (4)$$

### 2.2.8. Caudal Promedio

Con la ecuación número 5 se calcula el caudal promedio, con los datos de caudal registrado durante un mes las 24 horas, para la producción de agua potable, considerando la continuidad del servicio en el subsector 28 (Granifo, 2019).

$$Q_p = \frac{D \cdot P}{86400} \quad (5)$$

Donde:

P = Población

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

D = Caudal máximo diario

### 2.2.9. Índice de agua no facturada

El índice de agua no facturada (IANF) se puede calcular con la ecuación número 6, cuyos resultados se expresan en porcentaje, de acuerdo con el estándar establecido por la comisión de regulación de agua potable y saneamiento básico.

$$IANC = \frac{\text{Volumen producido} - \text{Volumen facturado}}{\text{Volumen producido}} * 100 \quad (6)$$

Donde:

Volumen producido: Volumen de agua (m<sup>3</sup>) que la entidad introdujo al sistema de distribución durante los tres meses (marzo, abril y mayo), medida a la salida de reservorio, menos desperdicios por mantenimiento.

## 2.2.10. Dotación de Agua

Es el valor promedio de agua requerida por unidad de tiempo en un sistema de suministro de agua potable, tomando en cuenta todos los residentes y los servicios brindados durante un día a lo largo del año y tomando en cuenta las pérdidas operativas y comerciales (Gutiérrez, 2016).

## 2.2.11. Fugas

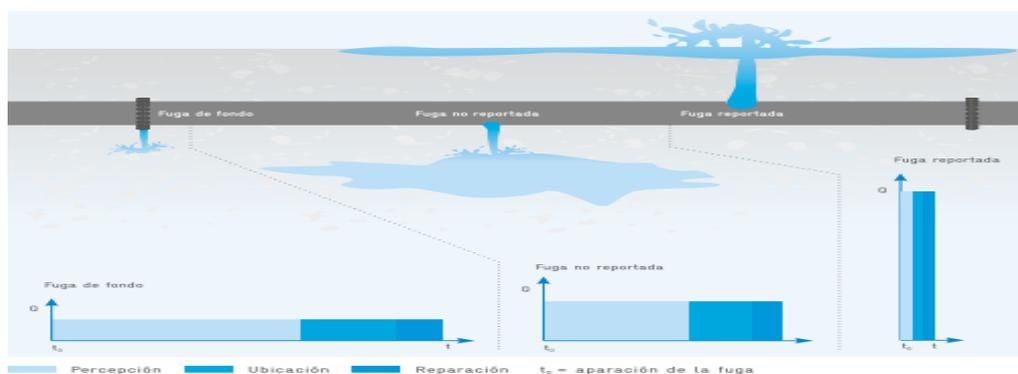
Se refiere al volumen desperdiciada, las que se pueden producir en cualquier punto en la red, ya sea en las conexiones, fisuras en tubos, reboses, etc., del que no se tiene el control, por lo que difícil conocer con exactitud la ubicación y/o existencia, según la figura 6.

### 2.2.11.1. Clasificación de fugas:

- Fugas de fondo:* Son fugas muy pequeñas (filtración, goteo en uniones, válvulas, entre otros), no son visibles, por lo que no se pueden detectar fácilmente y no son detectables por equipo acústicos, siendo considerada una porción de las pérdidas reales de agua, debido a su elevado número y a la larga duración en que se produce (GIZ et al., 2011)
- Fugas No reportadas:* Son aquellas que se detectan mediante equipos acústico
- Fugas Reportadas:* Fugas grandes evidenciables y visibles, son reportadas por las personas

**Figura 6**

*Relación entre tasa de fuga ( $Q$ ) y tiempo de fuga ( $t$ )*



*Nota.* La figura muestra que, aunque las fugas aparentes se pueden eliminar completamente, siempre habrá una cierta cantidad de pérdidas reales en cualquier sistema de suministro de agua, adaptado de la guía para la reducción de las pérdidas de agua, (p.51), por GIZ y VAG, 2011.

### **2.2.12. Origen de pérdidas**

Se requiere un estudio detallado, ya que presenta múltiples componentes que se describirán a continuación.

#### **a. Conducción**

La corrosión del suelo, el deterioro de las tuberías, las partes especiales defectuosas y otros componentes de baja calidad provocan pérdidas en la conducción del agua. Asimismo, la corrosión del agua, los golpes de ariete y las altas presiones, así como las instalaciones defectuosas de tuberías y componentes, contribuyen a estos problemas.

#### **b. Reservorio**

Cuando no hay un sistema de comunicación efectivo entre el reservorio y la unidad que lo suministra, el reservorio puede enfrentar grandes pérdidas por desbordamiento. Es crucial prestar atención a problemas como grietas en las paredes del reservorio, la permeabilidad de estas paredes, el desbordamiento causado por una operación deficiente y el trabajo ineficiente.

#### **c. Distribución**

Para poder realizar un estudio de pérdidas de agua en las líneas de distribución se agrupan en varias causas, como la red distribuida un catastro técnico ineficiente, patrones de ramales inadecuada en las conexiones domiciliarias y también existen conexiones domiciliarias no registradas.

### **2.2.13. Control de pérdidas de agua y uso eficiente**

Las pérdidas en la red de distribución son una preocupación, y al mencionar control, nos referimos a la estimación de estas pérdidas mediante el uso de balances hídrico y datos de los medidores de caudal instalados en el sistema, de este modo las empresas prestadoras de servicio aseguran un suministro de agua eficiente, evitando el desperdicio de litros debido a una gestión deficiente de la red (GIZ et al., 2011).

Según IWA, el control activo de fugas implica intervención directa para abordar las pérdidas de agua reales. Este método permite a una empresa de agua detectar y reparar activamente fugas subterráneas en líneas de conducción y otros componentes utilizando recursos financieros, personal y equipos técnicos. El objetivo es minimizar las pérdidas del recurso hídrico.

#### **2.2.14. Consumo de Agua**

El agua es el componente fundamental para el consumo de la población, se clasifican según el tipo de usuario en: doméstico (popular, medio y residencial), comercial, Industrial, turístico, compañía de bomberos o de servicios públicos (Rodríguez, 2001).

### **2.3. Definición de términos**

#### **2.3.1. Micro medición**

Se refiere a un conjunto de herramientas que permiten conocer los valores de agua consumido de cada usuario, dicho valor es fundamental. Estos micromedidores se instalan para realizar la facturación mensual y utilizar el agua de manera eficiente (Rincón, 2001).

#### **2.3.2. Macro medición**

Se entiende por macro medición el conjunto de equipos que facilita la obtención de datos volúmenes, presiones y niveles de agua (Rincón, 2001).

#### **2.3.3. Pérdidas de agua**

Volumen que se pierde entre el medidor del cliente y el punto de suministro. Se compone de pérdidas aparentes (Andrade, 2009).

#### **2.3.4. Perdidas reales**

Se conocen como pérdidas reales a las fugas que son causadas por el flujo de agua a través de una abertura, rajadura, grieta o mala conexión (Andrade, 2009).

#### **2.3.5. Perdidas aparentes**

Se conocen como pérdidas aparentes a una mala lectura por el encargado estas pérdidas no son físicas. afectan la eficiencia económica y la calidad del agua. Las que causan son la corrosión de las tuberías, presión inadecuada, una instalación de baja calidad, deterioro de las infraestructuras y también afectan los impactos ambientales (López y Ochoa, 2018).

### **2.3.6. Reservorio**

Los reservorios son instalaciones que almacenan agua potable y son un componente crucial de la red de suministro porque permiten que el agua se conserve para el uso de la población (Villegas, 2021).

### **2.3.7. Tuberías**

Son una red de tuberías fabricadas con diversos materiales que facilitan el transporte eficiente de agua, cumpliendo con las normativas establecidas (Panana, 2019).

### **2.3.8. Presión**

Los sistemas hidráulicos utilizan presión manométrica. De acuerdo con el RNE OS.050 (Gerencia Regional de Salud, 2018), las presiones permitidas en la red son las siguientes: la presión estática no puede sobrepasar 50 metros, y la presión dinámica no debe ser inferior a 10 metros en condiciones de demanda máxima por hora. La presión mínima a la salida de las piletas debe ser de 3,50 metros si se utilizan piletas (Panana, 2019).

### **2.3.9. Conexiones Domiciliarias**

Una conexión de agua en el hogar es la que conecta la tubería matriz de agua a la caja de medidor de agua, la instalación de una matriz de la red de distribución a una tubería más delgada requiere el uso de abrazaderas y llaves especiales (Díaz, 2022).

### **2.3.10. Balance hídrico**

Es el balance de la cantidad de agua que entra y sale de un sistema durante un período de tiempo determinado. Se basa en la idea de que el agua es un recurso limitado y que debe gestionarse adecuadamente para su disponibilidad (Ramírez, 2014).

### **2.3.11. Agua no facturada**

La medición del volumen de agua producida que no se factura a los clientes se denomina agua no facturada, las pérdidas se dividen en dos categorías principales: pérdidas reales y pérdidas aparentes (Ramírez, 2014).

### **2.3.12. Caudal**

Es el volumen de flujo que pasa a través de una sección de un ducto, como tuberías o cañerías (Panana, 2019).

## CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

### 3.1. Diseño de la investigación

La investigación se considera de diseño no experimental ya que busca obtener datos sin alterarlas, de acuerdo a Hernández (2014), este tipo de investigación se realiza sin modificar intencionalmente las variables, por lo tanto, el estudio recopila y analiza los datos de manera objetiva, presentando resultados precisos que reflejan la situación actual del área de estudio.

La investigación no experimental implica observar los fenómenos en su entorno natural y luego analizarlos. Las variables independientes ocurren de manera natural y no se pueden manipular; no se tiene control directo sobre ellas (Hernández, 2014).

### 3.2. Acciones y actividades

Las acciones y actividades que se realizaron para desarrollar el trabajo de investigación, se describen a continuación:

#### 3.2.1. Fase 1: Recopilación de información bibliográfica

Para aplicar el método se recopiló toda la información de fuentes primarias (EPS Tacna S.A.) y también a través de fuentes secundarias, para su análisis y posterior evaluación, los datos requeridos y obtenidos son los siguientes, el número de habitantes, la cantidad de usuarios domésticos y no domésticos, el registro de presiones nocturnas promedio de la zona, la longitud de las tuberías principales, la cantidad de conexiones y el número de instalaciones.

También se solicitó a la empresa prestadora de servicio EPS Tacna S.A., la información sobre el registro de caudales, plano de delimitación, registro de presiones, catastro técnico y comercial, volumen facturado.

#### 3.2.2. Fase 2: Descripción de los trabajos que se llevaron a cabo

- a. Para realizar el presente trabajo de investigación se determinó la zona de estudio denominada subsector 28 del sector VI, ubicada en la ciudad perdida de la provincia de Tacna. El subsector mencionado se dividió en zona alta, media y baja.
- b. También se identificó los grandes consumidores y domésticos.

- c. Para la lectura de medidores se eligió las horas nocturnas entre 1 a 5 a.m.
- d. Se creó un plan de trabajo, con instrucciones para al equipo de trabajo involucrado en las mediciones.
- e. Se han realizado visitas a campo para verificar las conexiones activas de los usuarios de la zona de estudio, previo al trabajo de campo nocturno.

### **3.2.3. Fase 3: Trabajo de campo nocturno**

- a. Previo al inicio programado de los trabajos de campo nocturno (lecturas), se coordinó con el encargado de operaciones de la EPS Tacna S.A., para el cierre de la valvular de aislamiento con el fin de delimitar la zona de estudio.
- b. Ejecución del registro inicial de las lecturas de volúmenes y caudales relevantes en los intervalos de tiempos seleccionados, registro de la hora de inicio de mediciones.
- c. Ejecución del registro final de los volúmenes y la hora final de las mediciones.
- d. Una vez finalizada las lecturas o mediciones, se volvieron a abrir las válvulas de aislamiento, para el restablecimiento de las condiciones originales del sistema.

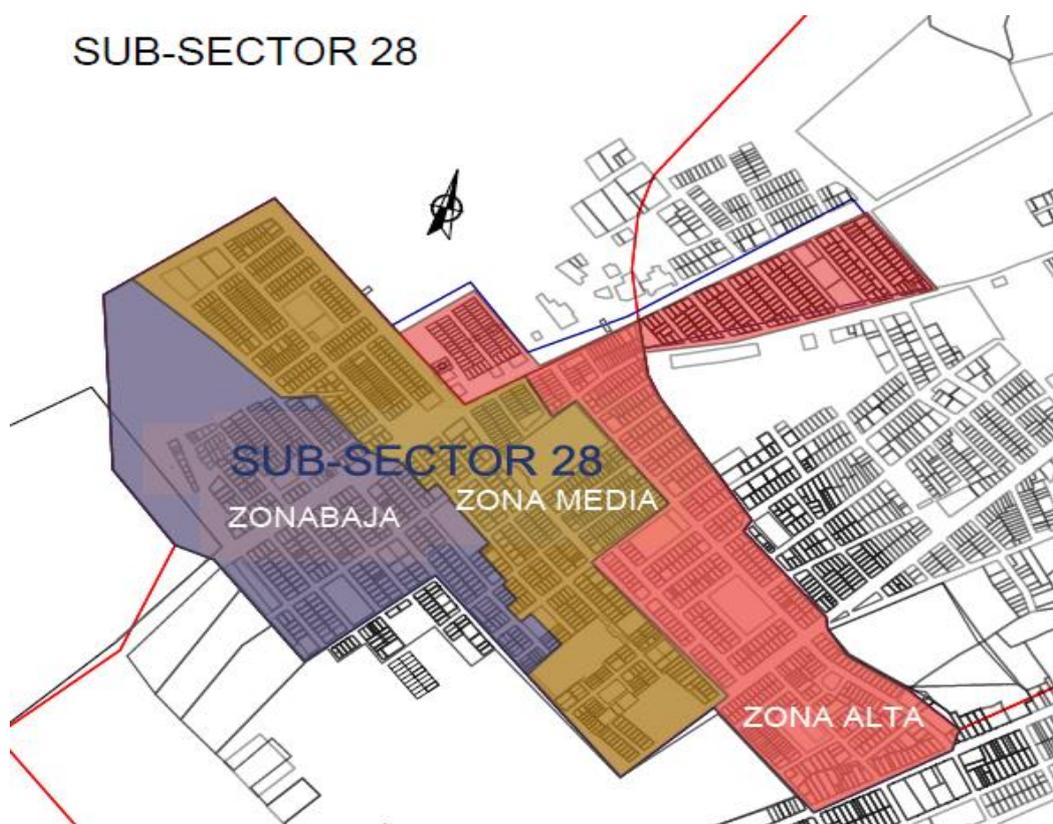
### **3.2.4. Fase 4: Análisis e interpretación de datos**

Después de realizar la recopilación de datos, se continuará con el análisis del tema siguiendo el siguiente esquema:

#### **3.2.4.1. Planificación de mediciones en el subsector 28**

- a. Se ubica la zona de estudio y posterior se realiza una inspección previa, para verificar las condiciones de los medidores y las conexiones domiciliarias activas.
- b. Del subsector 28, se tomó una porción de la población para el muestreo, en las tres zonas: alta, media y baja, tal como se muestra en la figura 7.
- c. Se realizan mapas para las mediciones de medidores.
- d. Bitácora de medición de caudal de ingreso por zonas de intervención, así como se representa en la tabla 3.

**Figura 7**  
*Mapa de sub-sector 28 dividida en zonas*



*Nota.* En la figura se muestra la definición de zonas del sub-sector 28, adaptado al plano catastral proporcionada por la gerencia de operaciones de la EPS Tacna S.A.

**Tabla 3***Orden de las lecturas de medidores ruta uno de la zona alta*

Ruta	Código Usuario	Dirección			Nº Medidor	Inicio		Final	
		Asociación	Mz.	Lt.		Lectura	Hora	Lectura	Hora
1	209018	Cayetano Heredia	D	2	151320114	00160.222	04:03:0	00160,22	04:30:0
1	276114	Cayetano Heredia	D	4	151308439	00119.82	04:04:0	00119,82	04:30:0
1	28632	Cayetano Heredia	D	7	DA191605	00721.15	04:05:0	00721,15	04:29:0
1	28633	Cayetano Heredia	D	8	151600725	00603.06	04:07:0	00603,06	04:28:0
1	28634	Cayetano Heredia	D	9	DA180094	00675.86	04:09:0	00675,86	04:26:0
1	28635	Cayetano Heredia	D	11	QA240627	00056.74	04:10:0	00056,74	04:25:0
1	521063	Cayetano Heredia	D	13	DA200012	01115.26	04:14:0	01115,26	04:22:0
1	46693	Cayetano Heredia	D	15	151601611	01250.29	04:14:0	1250,295	04:22:0
1	334165	Cayetano Heredia	C	1	EA223929	0024.872	04:26:0	0024,872	04:51:0
1	28631	Cayetano Heredia	C	5	151300114	00559.44	04:32:0	00559,44	04:50:0
1	212061	Cayetano Heredia	C	6	151600193	01610.71	04:34:0	01610,70	04:49:0
1	56377	Villa Sol	F	4	DA220178	00240.12	04:37:0	00240,12	04:47:0
1	514322	Villa Sol	F	5	15160260	00592.71	04:38:0	0592,718	04:47:0
1	56380	Villa Sol	F	8	EA2022581	0271.582	04:39:0	0271,582	04:46:0
1	56381	Villa Sol	F	10	151600259	01085.84	04:40:0	01085,84	04:45:0
1	56382	Villa Sol	F	12	DA210081	00000.39	04:40:0	00000,39	04:43:0

(continúa)

Tabla 3 (continuación)

Ruta	Código Usuario	Dirección			Nº Medidor	Inicio		Final	
		Asociación	Mz	Lte		Lectura	Hora	Lectura	Hora
2	56383	Villa Sol	G	2	DA170122	01378.13	03:17:0	01378,13	04:14:0
2	56384	Villa Sol	G	3	151600259	00813.09	03:18:0	00813,09	04:17:0
2	534221	Villa Sol	G	4	QA240627	00008.76	03:19:0	00008,76	04:17:0
2	56385	Villa Sol	G	5	151600260	00791.45	03:21:0	00791,45	04:18:0
2	56386	Villa Sol	G	6	DA170099	01440.06	03:22:0	01440,06	04:19:0
2	231102	Villa Sol	G	7	151600260	00249.46	03:23:0	00249,46	04:20:0
2	231103	Villa Sol	G	8	EA2022577	00344.38	03:24:0	00344,38	04:21:0
2	56387	Villa Sol	G	11	151600260	00920.56	03:25:0	00920,56	04:22:0
2	56388	Villa Sol	G	13	151600830	00113.42	03:28:0	00113,43	04:23:0
2	516724	Villa Sol	G	15	150800101	00492.71	03:29:0	00492,71	04:23:0
2	56389	Villa Sol	G	16	151317919	00451.38	03:30:0	00451,39	04:25:0
2	378535	Villa Sol	G	17	DA191662	01070.21	03:32:0	01070,21	04:26:0

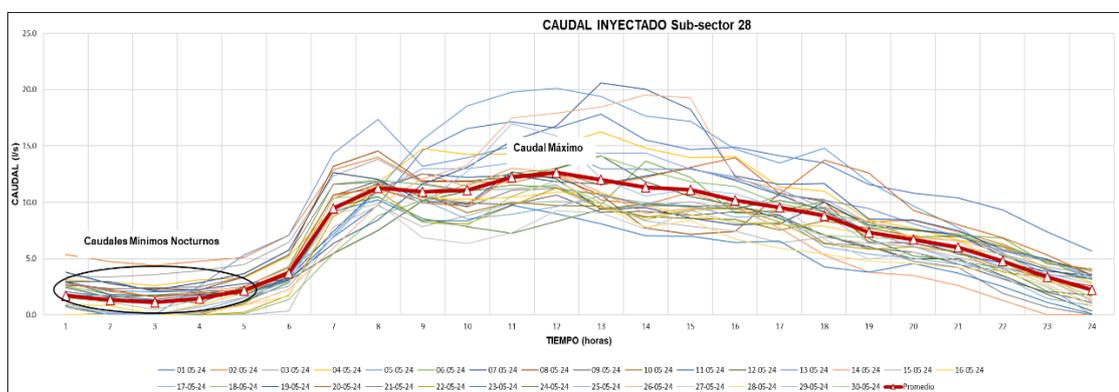
Nota. En la tabla se muestra la medición de micro medidores de la zona de estudio.

### 3.2.4.2. Caudal nocturno

Para la determinación del caudal de fuga se realizó los cálculos correspondientes al caudal mínimo nocturno, se realizó las mediciones durante la noche, cuando la población se encuentra dormida generalmente, se estima que el consumo de agua de los usuarios activos es bajo y según la información histórica se estima que el consumo mínimo nocturno se da entre la 1:00 y 5:00 am según los resultados de la figura 8.

**Figura 8**

*Gráfico de la demanda de agua del sub-sector 28*



*Nota.* En la figura se muestra la demanda promedio de agua a lo largo del día

### 3.2.5. Fase 5: Presentación de resultados

Seguidamente con la información recopilada se realizó la selección de datos y posteriormente los cálculos en tablas generadas en Microsoft Excel, determinando así las pérdidas reales y aparentes del subsector operacional.

### 3.2.6. Fase 6: Conclusiones y Soluciones

En conclusión, se elaboró el balance hídrico del subsector operacional, con los datos recopilados de las mediciones en campo para determinar fugas de agua y con la información otorgada por EPS Tacna S.A., se determinó las pérdidas aparentes de la zona de estudio, con los resultados se propondrá posibles soluciones.

### **3.3. Materiales y/o instrumentos**

#### **3.3.1. Materiales**

Para trabajos en campo:

- Cámara fotográfica.
- Plano delimitado del subsector 28
- Planos de lotización del subsector operacional
- Plano de redes
- Mapeo de la zona de estudio
- Tablero
- Formatos
- Lapiceros
- Chalecos
- Agua
- Linternas
- Imán

#### **3.3.2. Instrumentos**

La investigación se realizó a través de la observación y registro de información, para lo cual se utilizarán las siguientes herramientas de procesamiento de datos:

- Microsoft Software Excel.
- QGIS: es un software, con el que realizamos mapas de la zona de muestra y con la base de datos del padrón de usuarios se identificó los tipos de usuarios.
- AutoCAD.
- Computadora personal.
- 01 impresora.
- Papel bond A4.
- Útiles de escritorio.
- Libreta de apuntes.

### **3.4. Población y/o muestra de estudio**

#### **3.4.1. Población**

La zona de estudio se encuentra en el subsector 28, que está compuesta por diecisiete asociaciones: la asociación de vivienda Villa Belén, la Victoria, Alto de la Luna, los

Laureles, los Ángeles, Nuevo Horizonte, el Platanal, los Álamos, Vallecito, Villa el Triunfo, Villa Margarita, Villa Sol, Cayetano Heredia, Santa Cruz de Para, Bella Vista y urbanizaciones como San Roque y Real Felipe, en esta área se incluyen las conexiones que consumen agua potable suministrada a través de redes de distribución, con el fin de estimar las pérdidas de agua.

El subsector cuenta con un promedio 1 393 conexiones de agua potable, según el número de usuarios facturados, que es suministrada mediante redes de distribución para estimar las pérdidas de agua.

La población en la zona se dedica a diferentes actividades socioeconómicas; existen diferentes centros de abasto, taller mecánico, restaurantes, hogar de ancianos, instituciones educativas, hoteles, Iglesias entre otros.

### 3.4.2. Muestra de estudio

El tamaño de muestra de la población se determinó con la ecuación número 7, la cual se basó en una cantidad limitada de conexiones al sistema de suministro, con 280 viviendas con conexiones activas divididas en tres zonas (alta, media y baja), cabe indicar que la continuidad de servicio en la zona de estudio está disponible las 24 horas del día.

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot q}{e^2 \cdot (N-1) + Z^2 \cdot p \cdot q} \quad (7)$$

$$n = \frac{1393 \cdot 1.96^2 \cdot 50 \cdot 50}{5.3^2 \cdot (1393-1) + 1.96^2 \cdot 50 \cdot 50}$$

$$n = 275$$

Donde:

- N = 1 393
- Nivel de confianza: 95 %
- Z = 1,96
- E = 5,3 %
- p=0,50
- q=0,50

- n: Tamaño de muestra a calcular
- N: Tamaño de la población
- Z: Parámetro estadístico que depende del nivel de confianza (1- $\alpha$ )
- e: Error de estimación máxima a aceptar
- p: Probabilidad o proporción estadístico favorable para la variable de estudio
- q: (1-p) Probabilidad o proporción estadístico desfavorable para la variable

### 3.5. Operacionalización de variables

La tabla 4 describe la operacionalización de variables de investigación de igual manera se muestra el demás componente en el anexo 1.

**Tabla 4**

*Operacionalización de variables de investigación*

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicador	Escala	Técnicas o métodos
Caudal Mínimo Nocturno	Es un método común, utilizado para evaluar las pérdidas de agua en medio de la noche, cuando la demanda de agua es más baja.	Volumen de agua suministrado en la noche.	Caudal de Ingreso al sistema	Litros/segundo	Recopilación de información
Pérdidas de agua en las redes	Son las pérdidas en las redes de distribución de agua potable, desde la salida del reservorio hasta los puntos de consumo del usuario.	Volúmenes de agua de ingreso y salida del sistema	Agua Facturada	m <sup>3</sup>	Análisis de datos
			Agua No Facturada	m <sup>3</sup>	
			Pérdidas reales	m <sup>3</sup>	
			Pérdidas aparentes	m <sup>3</sup>	

*Nota.* En la tabla se muestra la definición y conceptualización de variables.

### 3.6. Procesamiento y análisis de datos

Empleando el programa de Microsoft Excel se procesó y se analizó los datos obtenidos:

- a. Limpieza datos

Se realizó la revisión de los datos recabados de la empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento Tacna S.A. y también los datos obtenidos de los trabajos realizados en campo, para identificar y corregir posibles errores que pueda afectar nuestra calidad de resultados. Esta información se obtuvo de manera física y digital.

b. Gráfico de series temporales

Con esta información obtendremos diversos gráficos de consumo de agua, volumen facturado y determinar los horarios de caudal mínimo nocturno. Estos gráficos nos ayudarán a resolver nuestras variables de investigación.

c. Análisis de datos en Excel.

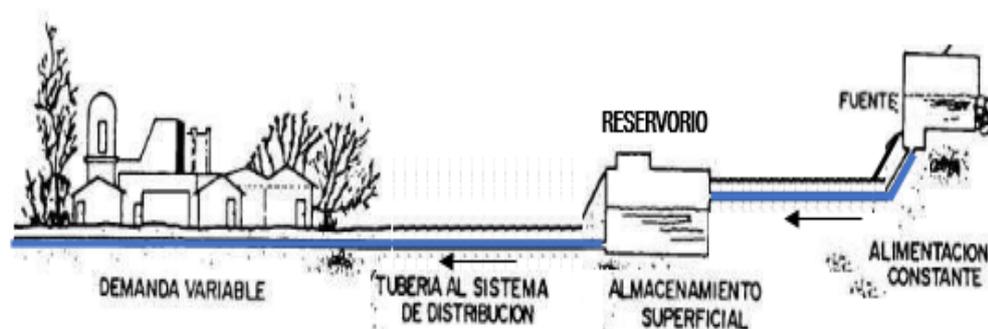
Empleando el programa de Microsoft Excel se procesó y se analizó los datos obtenidos del padrón de usuarios, volúmenes facturados, los datos obtenidos en campo y examinar la relación entre diferentes variables, como el caudal mínimo nocturno y las pérdidas de agua.

d. Procesamiento del balance hídrico.

El porcentaje de pérdidas, se determinó a través del análisis del balance hídrico. Para llevar a cabo este análisis, es esencial contar con una recolección de datos precisa desde el punto de salida del reservorio hasta la entrega de los usuarios tan como representa la figura 9, ya que la precisión en la estimación de las pérdidas se consigue directamente de los datos recopilados. En este contexto, se elaboró una hoja de cálculo específica para facilitar el cálculo del balance hídrico. A continuación, se detallan los datos utilizados para calcular el porcentaje de pérdidas.

### Figura 9

*Esquema general de un sistema de agua potable*



*Nota.* En la figura se muestra la localización del reservorio, abasteciendo a la población. Adaptado. Adaptado de abastecimiento de agua (fotografía p.245), por P. Rodríguez, 2001, [www.civilgeeks.com](http://www.civilgeeks.com)

e. Límite de confianza del 95 %

Los errores en las estimaciones o determinaciones podrían dar lugar al diseño de estrategias ineficaces para reducir las pérdidas de agua. En términos estadísticos, esto implica que el 95 % de las observaciones se ubican cerca del valor promedio, dentro de una desviación estándar ( $\sigma$ ) de  $\pm 1,96$ . El balance hídrico puede generar un entorno de incertidumbre porque se basa en estimaciones para identificar las pérdidas aparentes y reales del sistema, los errores en dichas estimaciones o determinaciones pueden dar lugar al desarrollo de enfoques inadecuados para mitigar las pérdidas de agua.

f. Bandas de exactitud

En la tabla 5 se muestra el esquema de consideraciones estadísticas, en el que un valor real puede ser estimado con un determinado grado de probabilidad, para definir estos intervalos de exactitud, es necesario considerar tanto los datos sobre confiabilidad como sobre precisión.

- Estimación de bandas de exactitud para cada componente del balance hídrico
- Para cada valor medido, se debe establecer un intervalo de exactitud. La tabla siguiente presenta ejemplos que ilustran la relación entre el origen de los datos y su precisión.

**Tabla 5**

*Estimación de bandas de exactitud de balance hídrico*

<b>Origen de los datos</b>	<b>Descripción</b>	<b>Banda de exactitud</b>
Volúmenes medidos	Agua que ingresa al sistema consumo medido, exportación	.+/- 0,1 a 2,0 %
Volúmenes estimados	Consumo no medido, pérdidas aparentes	.+/- 5 a 50 %
Volúmenes derivados	Agua no facturada, pérdidas reales	Depende de la exactitud de los datos de entrada medidos

*Nota.* Adaptado de la guía para la reducción de las pérdidas de agua, (p.51), por GIZ y VAG, 2011.

g. Análisis de los resultados

- El resultado del método de confianza del 95 % proporciona un intervalo de precisión basado en volúmenes de pérdidas reales.
- La precisión de estos resultados debe siempre ser confirmada por la empresa prestadora de servicios de agua.
- Para mejorar la confiabilidad de las estimaciones, se debe priorizar el componente del balance hídrico que muestra la mayor variabilidad.
- La exactitud de los volúmenes de pérdidas reales puede ser verificada de manera independiente a través de un cálculo inverso o un análisis de componentes.

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS

### 4.1. Generalidades

El proceso de suministro de agua potable abarca, en términos generales, aducción, tratamiento, almacenamiento del agua tratada y su distribución, la EPS Tacna S.A. gestiona el suministro de agua potable en Tacna, Locumba y Pachía, siendo Tacna la que tiene la mayor cobertura con un 97,2 %, seguida por Locumba con un 95,0 %, y Pachía con un 88,1 %. El promedio de la continuidad del servicio de agua es de 18,86 horas diarias, con una presión promedio de 17,96 m.c.a, en este contexto, el control de pérdidas es crucial para la preservación del medio ambiente. Las empresas de agua y saneamiento deben asumir la responsabilidad social de minimizar al máximo las pérdidas y fomentar el uso racional del agua entre la población.

Para elaborar el Balance Hídrico implicó identificar y analizar los elementos necesarios para su desarrollo. Esto incluyó contabilizar y estimar los porcentajes de pérdidas de agua potable, tanto operativas como comerciales. Estas pérdidas, ya sean debidas a fallos en la operación de la empresa o a deficiencias en la gestión comercial, impactan negativamente en la continuidad del servicio.

El análisis se llevó a cabo en el sistema de distribución de agua potable del Subsector 28, situado en la ciudad de Tacna, el cual recibe agua del reservorio R-12. El estudio se enfocó en la inspección de fugas en las redes principales, conexiones y cajas de registro, con el objetivo de identificar pérdidas operativas o físicas.

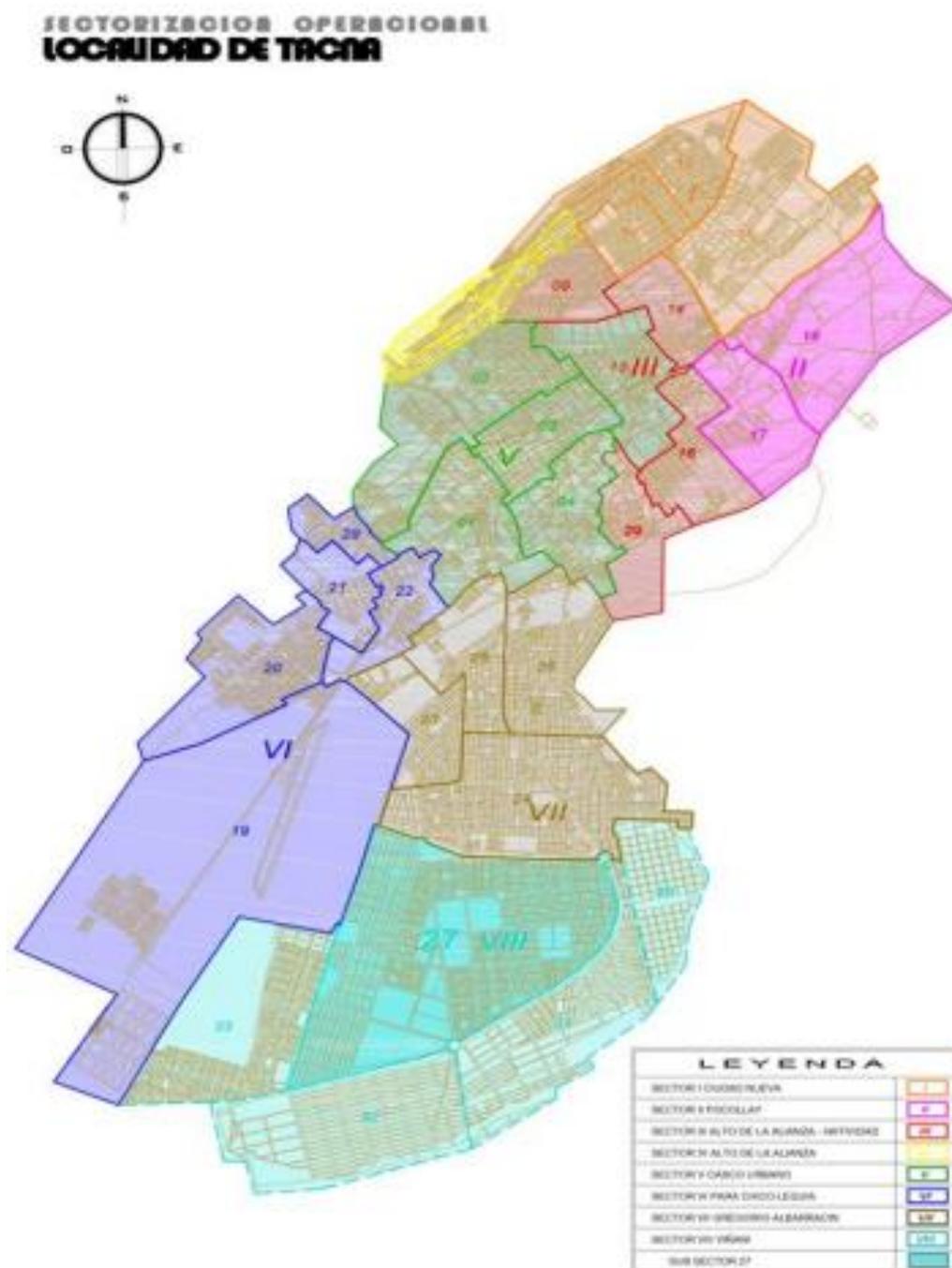
Para aplicar de manera efectiva las metodologías recomendadas en desarrollar el balance hídrico, es crucial que el lugar seleccionado cuente no solo con un aislamiento adecuado (con límites claramente definidos), sino también con una continuidad de servicio que garantice niveles y presiones superiores a 24 horas o 26,79 metros de columna de agua. Si estos estándares de calidad no se cumplen, los medidores residenciales podrían registrar incorrectamente el consumo de agua, lo que dificultaría la elaboración precisa del balance hídrico.

#### 4.1.1. Ubicación

El abastecimiento de agua en la ciudad de Tacna se divide en 7 sectores y 33 subsectores, según lo ilustrado en la figura 10.

**Figura 10**

*Plano catastral de sectores de la EPS Tacna*



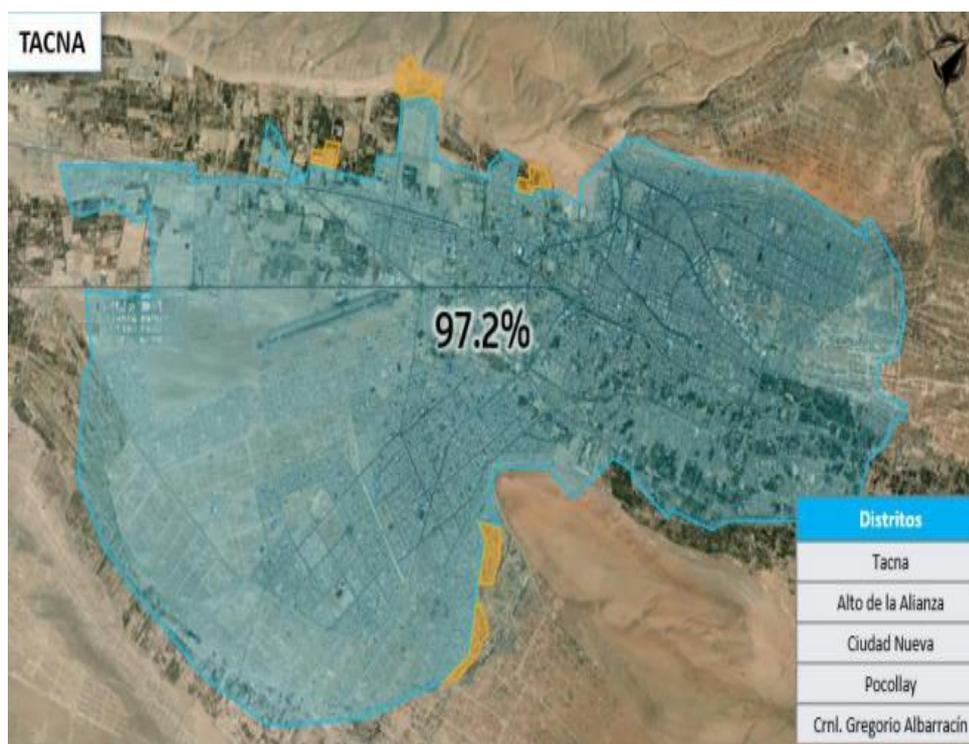
*Nota.* Adaptado de plano de catastro operacional EPS TACNA S.A.

#### 4.1.2. Cobertura del servicio de agua potable,

El área del servicio de agua potable en la EPS Tacna S.A., la localidad con la mayor cobertura es Tacna, con un 97,2 %, según lo ilustrado en la figura 11.

**Figura 11.**

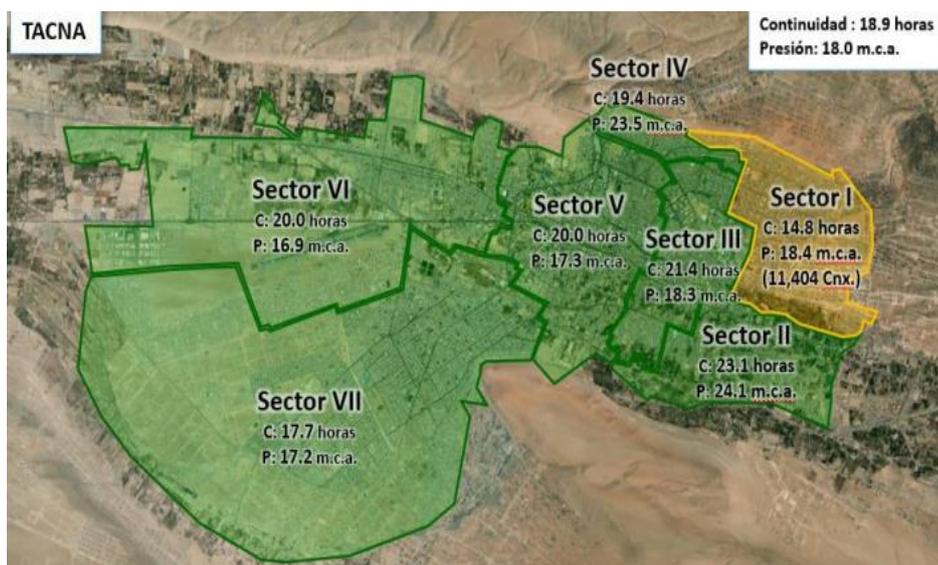
*Cobertura del servicio de agua potable en Tacna*



*Nota.* Adaptado de estudio tarifario EPS Tacna S.A. (DRT) – Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS)-periodo regulatorio 2024-2028, <https://www.gob.pe/institucion/sunass/informespublicaciones/4951408-estudio-tarifario-de-eps-tacna-s-a-2024-2028>

#### 4.1.3. Continuidad y presión del servicio de agua potable

En el año 2022 la continuidad promedio de agua en la EPS Tacna S.A., tuvo una duración promedio de 18,86 horas diarias, con una presión media de 17,96 m.c.a. a continuación se puede observar la situación de los servicios, según se muestra en la figura 12.

**Figura 12***Continuidad y presión por localidad*

Nota. Adaptado de estudio tarifario EPS Tacna S.A. (DRT)-superintendencia nacional de servicios de saneamiento (SUNASS)-periodo regulatorio 2024-2028.

#### 4.1.4. Diagnóstico de la situación operativa

Según los datos seleccionados por EPS Tacna S.A., la cobertura de agua en la localidad de Tacna alcanza el 97,2 %, en Pachía es del 88,1 %, y en la localidad de Locumba, el 95,0 % de los habitantes cuentan con conexiones para el suministro de agua potable. En tabla 6, se presentan los principales indicadores que reflejan el estado de la gestión operativa de EPS Tacna S.A.

**Tabla 6***Indicadores de gestión de la EPS TACNA S.A.*

Indicadores de gestión	Unidad	Línea base
Población	Hab.	318 809
Población servida de agua potable	Hab.	309 771
Cobertura de agua potable	%	97,1
Conexiones totales de agua	Nº	103 323
Micro medición	%	73
Comunidad promedio	Horas/día	19
Presión promedio	m.c.a	18

Nota. Adaptado de estudio tarifario EPS Tacna S.A. (DRT)-Superintendencia nacional de servicio de saneamiento (SUNASS)-periodo regulatorio 2024-2028.

#### 4.1.5. Sistema del servicio de agua potable

##### 4.1.5.1. Captaciones

El suministro de agua para la localidad de Tacna se basa en los siguientes elementos que se observa en la tabla 7 y 8.

**Tabla 7**

*Captación Superficial-Tacna*

<b>Fuente</b>	<b>Nombre</b>	<b>Caudal (l/s)</b>
1	Cerro Blanco	540
2	Caplina	50
Total		500

*Nota.* Adaptado de estudio tarifario EPS TACNA S.A. (DRT)-SUNASS-periodo regulatorio 2024-2028.

**Tabla 8**

*Captación Subterránea - Tacna*

<b>Fuente</b>	<b>Nombre</b>	<b>Caudal</b>	<b>Situación actual</b>
1	Pozo Sobraya N° 01	–	Inoperativo
2	Pozo Sobraya N° 02	25	Operativo
3	Pozo Sobraya N° 04 parque Perú	30	Operativo
4	Pozo Viñani N° 01	92	Operativo
5	Pozo Viñani N° 02	78	Operativo
6	Pozo Viñani N° 03	95	Operativo
7	Pozo Viñani N° 04	95	Operativo
Total		415	

*Nota.* Adaptado de estudio tarifario EPS TACNA (DRT)-SUNASS-periodo regulatorio 2024-2028.

##### 4.1.6. Almacenamiento

Tacna cuenta con diecisiete reservorios, quince están en funcionamiento, con una capacidad total operativa actual de 28 100 m<sup>3</sup>, están distribuidas en diversas ubicaciones de la ciudad, todos ellos están contruidos en concreto armado. A continuación, en la tabla 9 se ofrece una descripción detallada de cada reservorio.

**Tabla 9***Unidades de almacenamiento-Tacna*

<b>Reservorio</b>	<b>Tipo</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Antigüedad</b>	<b>Estado físico</b>	<b>Situación actual</b>
R-1	Reservorio Apoyado	2000	45	Bueno	Operativo
R-2	Reservorio Apoyado	1500	44	Bueno	Operativo
R-2A	Reservorio Apoyado	2250	8	Bueno	Operativo
R-3	Reservorio Apoyado	1000	52	Bueno	Operativo
R-4	Reservorio Semienterrado	4000	80	Regular	Operativo
R-5	Reservorio Apoyado	600	31	Bueno	Operativo
R-5A	Reservorio Apoyado	1000	8	Bueno	Operativo
R-6	Reservorio Apoyado	800	29	Bueno	Operativo
R-7	Reservorio Semienterrado	3500	72	Bueno	Operativo
R-8	Reservorio Semienterrado	3500		Bueno	Desactivado
R-9	Reservorio Semienterrado	4000	18	Bueno	Operativo
R-10	Reservorio Apoyado	2250	19	Bueno	Operativo
R-11	Reservorio Apoyado	1250	18	Bueno	Operativo
R-12	Reservorio Apoyado	2250	12	Bueno	Inoperativo
R-13	Reservorio Apoyado	450	14	Bueno	Operativo
R-14	Reservorio Apoyado	1250	12	Bueno	Operativo
R-15	Reservorio Apoyado	2250	11	Bueno	Operativo
<b>Total</b>		<b>33850</b>			

*Nota.* Adaptado de estudio tarifario EPS Tacna S.A. (DRT) - SUNASS-periodo regulatorio 2024-2028.

#### 4.1.7. Zona de estudio

La zona de estudio es en el sub sector 28 que está ubicada en la ciudad perdida de la provincia de Tacna, conformadas dentro de ella por 17 asociaciones, el subsector esta abastecida por el reservorio R12.

Para la elección del subsector, se evaluó que la zona cumpla con las siguientes características: continuidad de servicios, existencia de aislamientos (compuertas), características de la red, número de usuarios activos.

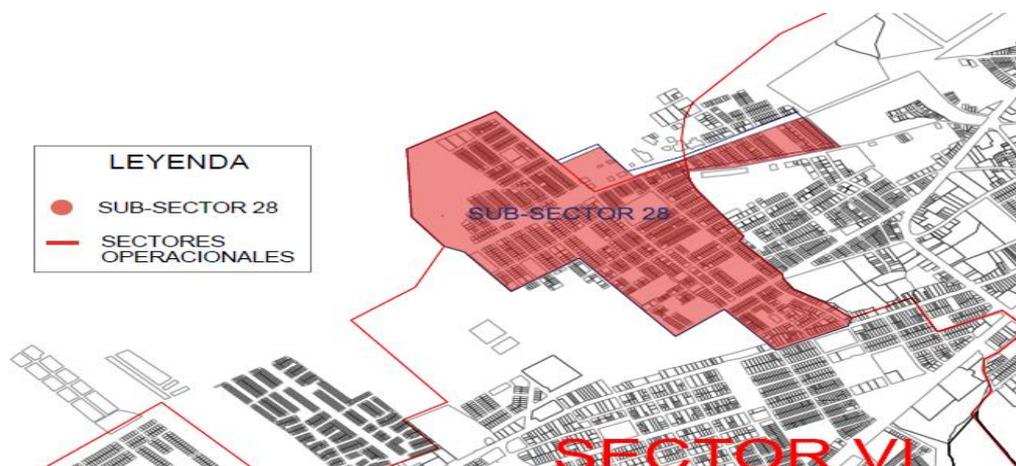
De acuerdo a lo señalado anteriormente, y con la información obtenida de la EPS Tacna S.A. es que se elige el subsector operacional 28, para el estudio del presente trabajo de investigación.

##### 4.1.7.1. Ubicación

El subsector 28 del sector operacional VI se encuentra ubicado en la denominada ciudad perdida, Tacna. Según lo ilustrado en la Figura 13.

**Figura 13**

*Plano sub-sector operacional 28 sector VI de la Ciudad de Tacna*

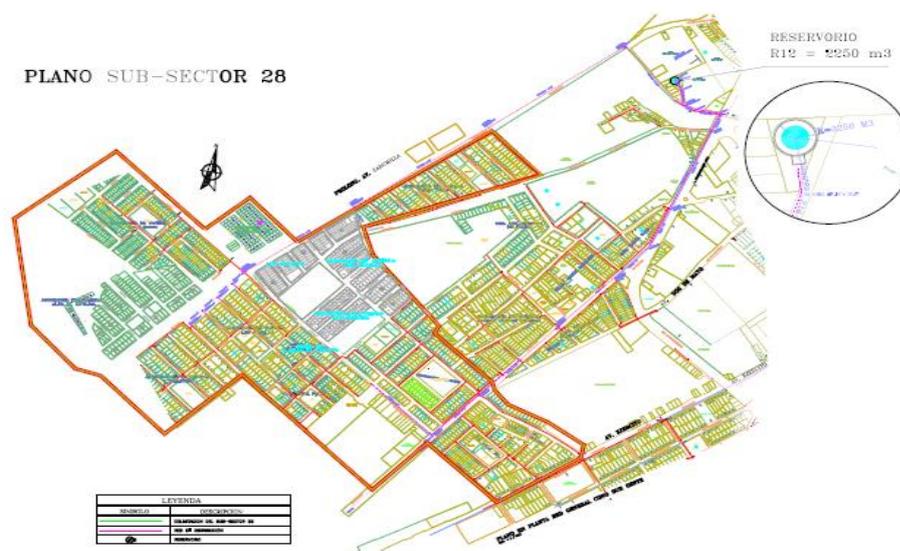


*Nota.* En la figura muestra la delimitación del sub-sector 28, adaptado de plano catastral de gerencia de operacional EPS TACNA S.A.

#### 4.1.8. Reservorio R12

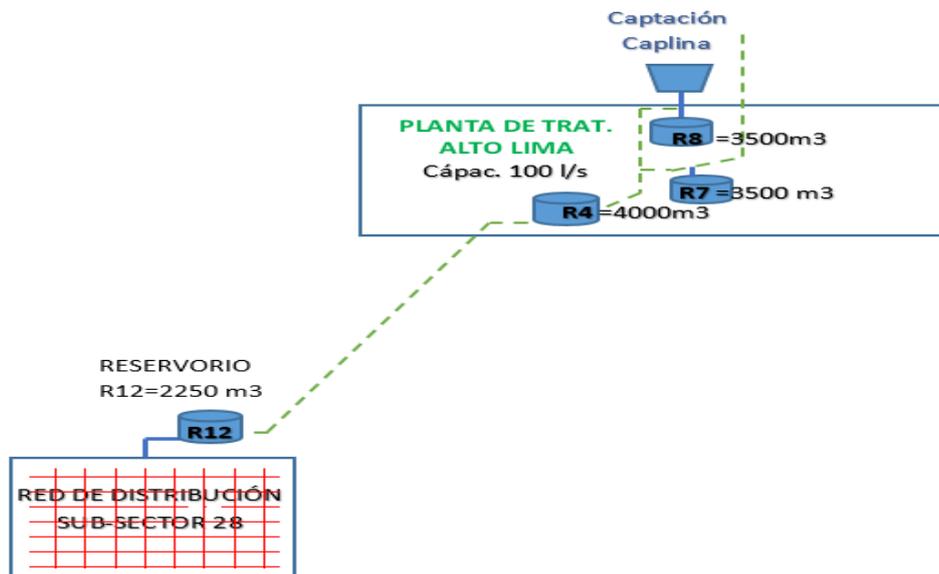
En la figura 14 se ilustra la ubicación y en la figura 15 se muestra el esquema de las características del reservorio, el cual tiene una capacidad de 2 250 m<sup>3</sup>, se encuentra al oeste de la ciudad, en el área conocida como Ciudad Perdida. Su diseño es circular, es de tipo apoyado y fue construido en 2013, actualmente se encuentra operativa.

**Figura 14**  
Ubicación de reservorio R12



*Nota.* En la figura se muestra la ubicación del reservorio y red de que alimenta al sub-sector 28, adaptado de plano catastral de gerencia de operacional EPS TACNA S.A.

**Figura 15**  
Esquema de reservorio R12



*Nota.* Representación gráfica del esquema del reservorio R12 con una capacidad de 2 250 m<sup>3</sup>, su principal fuente de alimentación es el reservorio R4 de 4 000 m<sup>3</sup> de capacidad, adaptado al esquema general de red de agua potable en Tacna.

#### 4.1.9. Limites

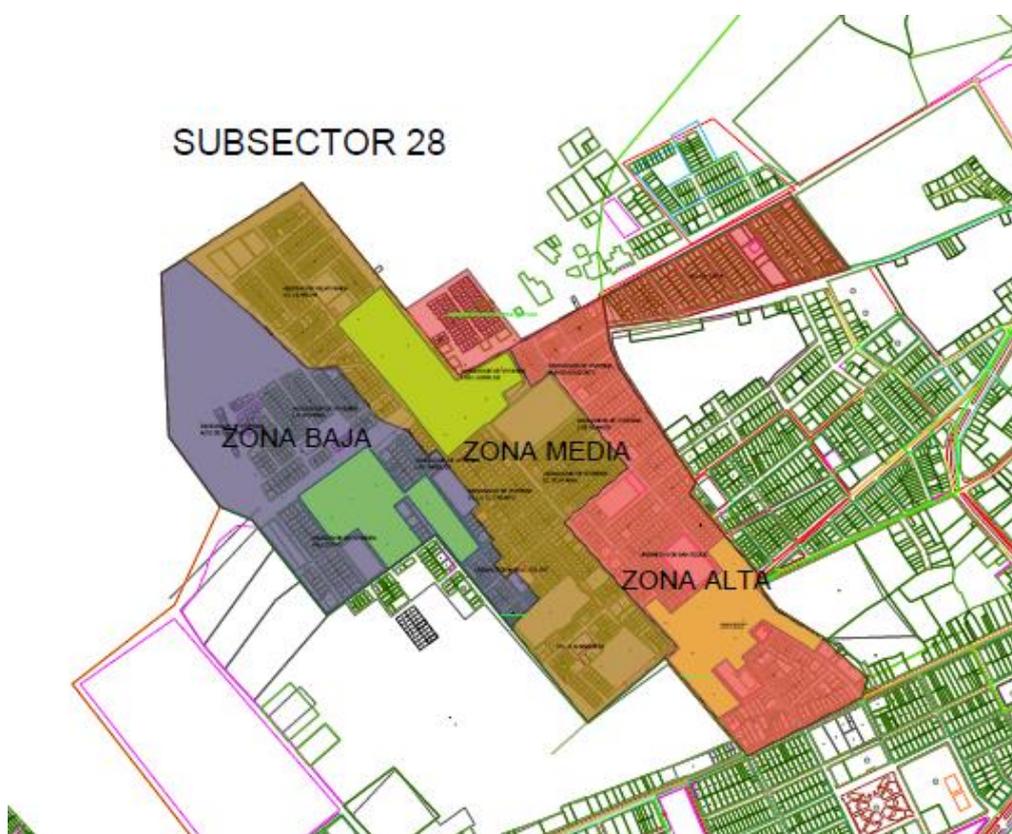
El sub-sector 28 está delimitado al norte por la ciudad, conocido como sector V; al sur, por el límite de la ciudad de Tacna; al sureste, por el distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa (cono sur); y al oeste, por el cerro Intiorko.

#### 4.1.10. Sectorización de la zona

En la figura 16 el subsector 28 se subdividió en tres zonas (alta, media y baja), en la tabla 10 se describe las asociaciones que comprenden.

**Figura 16**

*Mapa sub-sector 28 subdividida en zonas alta, media y baja.*



*Nota.* Representación gráfica del sub-sector 28, subdividida en zonas y la determinación de muestreo de población en cada zona, adaptado al plano catastral de la Gerencia de operaciones EPS Tacna.

**Tabla 10***Asociaciones que comprende el subsector 28*

Nº	Asociaciones de Vivienda
1	Villa belén
2	la Victoria
3	Alto de Luna
4	los Laureles
5	los Ángeles
6	Nuevo Horizonte
7	El Platanal
8	los Álamos
9	Urbanización San Felipe
10	Urbanización San Roque
11	Vallecito
12	Villa el Triunfo
13	Villa Margarita
14	Villa Sol
15	Cayetano Heredia
16	Santa cruz de para
17	Bella Vista

*Nota.* En la tabla se describe todas las asociaciones que comprende el sub-sector 28.

#### **4.1.11. Conexiones domiciliarias**

El sub sector 28 tiene un total de 1 392 conexiones de agua activas desde el último mes que se toma en cuenta, mes de mayo.

#### **4.1.12. Facturación**

En el sub sector 28 desde el mes de marzo hasta mayo tuvo un promedio de 1 393 conexiones activas y una facturación: por diferencia de lecturas de 41 016 m<sup>3</sup>, por promedio 15 485 m<sup>3</sup> y por volumen asignado 4 897 m<sup>3</sup>, en general se tiene una facturación promedio de 20 466 m<sup>3</sup> del volumen total facturado de los meses marzo, abril y mayo del 2024.

#### 4.1.13. Red de distribución de agua del sub sector 28

La tubería de agua potable existente del subsector operacional, está constituida por tuberías de materiales de policloruro de vinilo no plastificado PVC.

En la tabla 11 el sistema de distribución de la red primaria está conformado por 25 400 m de tuberías de 4", 8", 10" y 12" de diámetro

**Tabla 11**

*Longitud de red de distribución sub sector 28*

Redes de distribución y transmisión	
Descripción	Longitud [km]
Redes	25,4
Total de redes	25,4 km
Posible subestimación	5 %
Mínimo	25,4 km
Máximo	26,6 km
Mejor estimación	26,0 km

*Nota.* Esta tabla muestra la longitud de la red de distribución dato obtenida del área de Gerencia Comercial EPS Tacna S.A.

#### 4.1.14. Continuidad y presión de servicio

El agua que suministra al sub-sector 28 se origina en el reservorio R12, el cual abastece a toda la población de Ciudad Perdida, que está compuesta por 17 asociaciones. Esta población recibe el agua directamente a través de una línea de aducción de PVC de D = 10", El servicio es continuo durante 24 horas del día y la presión de operación es de 28,1 metros de columna de agua según los resultados de la tabla 12.

**Tabla 12**

*Presión promedio*

Presión promedio		
Área	Número aproximado de conexiones	Presión promedio diaria [m]
Subsector 28	1 709,00	28,1
Margen de error [±]		5 %
Mínimo		26,7
Máximo		29,5
Mejor estimación		28,1

*Nota.* Esta tabla muestra el N° de conexiones y presión promedio.

#### 4.1.15. Condiciones de hermeticidad y control

Alrededor de un promedio 1 392 conexiones de agua potable activas en el subsector 28 reciben suministro directamente a través de una línea de aducción de PVC de  $\varnothing 10''$  que proviene del reservorio R12. Este subsector está dividido en zonas alta, media y baja.

#### 4.1.16. Macro medición

El reservorio R12 abastece al subsector 28

##### a. Medidor de tipo electromagnético de 10" MAG 5100

Según la Figura 17 el medidor electromagnético está diseñado para registrar la medición continua del caudal volumétrico de líquidos (conductores)

#### Figura 17

*Medidor electromagnético para medir caudales  
SITRANS F M MAG 5100 W, compact versión with  
MAG 5000/6000*



*Nota.* Adaptado de Pagina web de la empresa SIEMENS,  
pagina web.  
<https://www.siemens.com/es/es/productos/automatizacion/instrumentacion-procesos/medidores-de-flujo.html>

#### 4.1.17. Micro medición

##### a. Galacer medidor chorro único

En la figura 18 el medidor de chorro único está diseñado para registrar el consumo domiciliario con precisión y durabilidad, el cual funciona con conexiones de 1/2 a 1 pulgada en condiciones hidráulicas.

- Código: 4807
- Marca: GALACER
- Modelo: Hierro Dutil rosca bronce NTP

#### Figura 18

*Micro medidor Marca Galacer*



*Nota.* Adaptado de la página oficial icofesa S.A.C.  
<https://elecproflu.com/medidores-flujo/micro/>

##### b. ZENNER MTKD-S

En la figura 19 se ilustra el medidor multichorro compacto de esfera seca para agua potable fría con un cuerpo de latón liviano.

##### Características:

- Robusto, ligero y concebido inteligentemente.
- Protección integral contra manipulaciones en la versión estándar
- Preparado para lectura remota en versión estándar.
- Registro: Esfera seca
- Material: Latón.

- Caudal nominal :  $Q_3=2,5(Q_n 1,5)$  a  $Q_3=4(Q_n 2,5)$
- Diámetro nominal DN (mm) : DN 15 Numero 20
- Diámetro nominal(pulgadas) : 3/4" - 1"
- Longitud sin conectores : 165 milímetros a 190 milímetros

**Figura 19**

*Micromedidor Marca ZENNER*



*Nota.* Adaptado de Pagina web de ZENNER  
[https://zenner.com/es/products/hwz\\_mtkd-2-2/](https://zenner.com/es/products/hwz_mtkd-2-2/)

### c. ELSTER

El medidor de chorro múltiple homologado se ilustra en la figura 20

- Marca: Elster
- Tipo: chorro multiple.
- R125, Q3 2,5 M<sup>3</sup>/H norma 2018
- Posicion: Horizontal.
- Extremos: Roscados.
- Norma Tecnica Internacional ISO 4064
- Cuerpo: Laton
- Temperatura de trabajo: 4 a 30 °c
- Alcance del indicador: 9 999 m<sup>3</sup>

**Figura 20***Micromedidor Marca ELSTER*

*Nota.* Adaptado de p. web de ELSTER  
<https://gpmetrologiaperu.com/producto/medidor-de-agua-marca-elster-modelo-m170/>

**d. MEDILESER**

En la figura 21 se ilustra el medidor para registrar agua potable de tipo estático (ultrasonido). Para caudales inferiores a 3 125 l/h, el medidor cumple con los estándares de la norma nacional peruana NMP 005-2018. Teniendo un grado de precisión de R400 con Q3 de 2,5, posee un registrador electrónico display LCD, con un IP68, lo que garantiza el no empañamiento.

**Características:**

- Certificado N° DM/HL 003-2019
- Tubo fabricado en latón estampado.
- Sistema tipo ultrasonido.
- Totalizador: 9 999 m<sup>3</sup>
- Diámetro nominal: 15 mm.
- Longitud sin acople: 110 mm.
- Relación dinámica R 400.
- Temperatura máxima TMA 50
- Presión máxima PMA 16
- Rosca G ¾" tipo B

**Figura 21***Micromedidor Marca Medileser*

*Nota.* Adaptado de página web de Medileser <https://www.medileser.com.pe/categoria-producto/micromedidores/>

## 4.2. Esquema del balance hídrico del subsector 28

### 4.2.1. Volumen distribuido del sistema (QI)

La Gerencia de operaciones de EPS Tacna S.A. utiliza el aplicativo SIINCO para obtener el registro de los ingresos de volumen de agua para el Subsector 28, como es de conocimiento general, el subsector 28 recibe su suministro a través del reservorio R12.

Para poder realizar los cálculos correspondientes de caudal diario se sumó el caudal horario que ingreso al sub sector, datos que se tenían de las 24 horas del día, de los 3 meses marzo, abril y mayo.

**Tabla 13***Volumen de ingreso de R12 al Subsector 28*

Meses	Salida del R-12	Total
Mar-24	27 363 m <sup>3</sup>	27 363 m <sup>3</sup>
Abr-24	23 554 m <sup>3</sup>	23 554 m <sup>3</sup>
May-24	19 250 m <sup>3</sup>	19 250 m <sup>3</sup>
Total	70 167 m <sup>3</sup>	70 167 m <sup>3</sup>
Caudal	8,8 l/s	8,8 l/s

*Nota.* Esta tabla muestra el volumen de ingreso al reservorio R12

Observando la tabla 13 se puede deducir que en el mes de marzo del 2024 se tuvo un mayor ingreso de volumen de agua al sub sector 28 de 27 363 m<sup>3</sup> y el mes de mayo tuvo un menor ingreso de 19 250 m<sup>3</sup>. Esto proveniente del reservorio R12.

#### 4.2.2. Consumo autorizado (qa)

El consumo que se factura, conocido como "consumo medido y facturado", incluye todas las categorías de clientes, como residenciales, comerciales, industriales e institucionales. Este consumo abarca tanto el agua medida y facturada dentro de los límites operativos como el agua que se mide y factura fuera de dichos límites, también conocida como agua exportada.

Este componente del balance hídrico se clasifica en dos fases que se presenta un análisis detallado de cada una de estas categorías.

#### 4.2.3. Consumo autorizado facturado(qaf)

Se utilizó la base de datos de la Gerencia Comercial para calcular el volumen de facturación autorizado mensual, esta información se clasificó de acuerdo con el tipo de facturación para los meses de marzo a mayo de 2024, los resultados de volumen facturado se visualizan en la tabla 14 y el número de usuarios facturados en la tabla 15.

**Tabla 14**

*Volumen facturado en el mes de marzo a mayo del 2024*

Meses	con medidor		Sin medidor (por volumen asignado)	Volumen total
	Por diferencia de lecturas	Por promedio		
Mar-24	13 975 m <sup>3</sup>	5 983 m <sup>3</sup>	2 155 m <sup>3</sup>	22 113 m <sup>3</sup>
Abr-24	14 003 m <sup>3</sup>	5 216 m <sup>3</sup>	1 435 m <sup>3</sup>	20 654 m <sup>3</sup>
May-24	13 038 m <sup>3</sup>	4 286 m <sup>3</sup>	1 307 m <sup>3</sup>	18 631 m <sup>3</sup>
Total	41 016 m <sup>3</sup>	15 485 m <sup>3</sup>	4 897 m <sup>3</sup>	61 398 m <sup>3</sup>

*Nota.* Esta tabla muestra volumen factura que es obtenida de Gerencia comercial de la EPS Tacna S.A.

**Tabla 15**

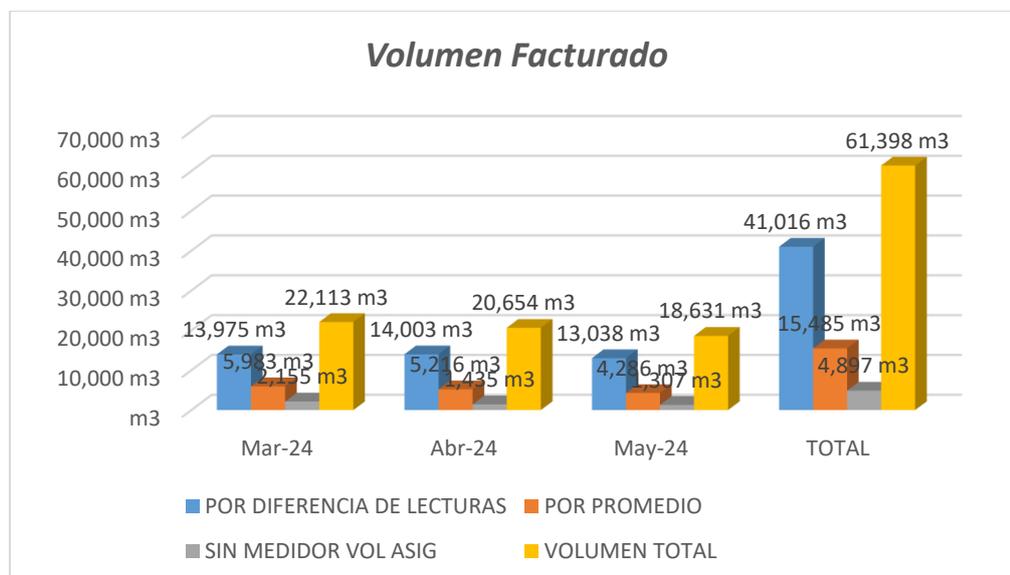
Número de usuarios facturado en el mes de marzo a mayo del 2024

Meses	Con medidor		Sin medidor (por vol. Asignado)	Usuarios activos	Usuarios inactivos	Conexiones totales
	Por diferencia de lecturas	Por promedio				
Mar-24	891	334	117	1 394	315	1 709
Abr-24	986	284	82	1 394	315	1 709
May-24	1 934	232	146	1 392	317	1 709
Total	2 633	850	253	4 180	947	5 127

Nota. Esta tabla muestra número de usuario facturados activos, Gerencia comercial de la EPS Tacna S.A.

**Figura 22**

Volumen facturado en los meses de marzo a mayo 2024



Nota. Esta figura muestra el volumen facturado por meses, Gerencia comercial de la EPS Tacna S.A.

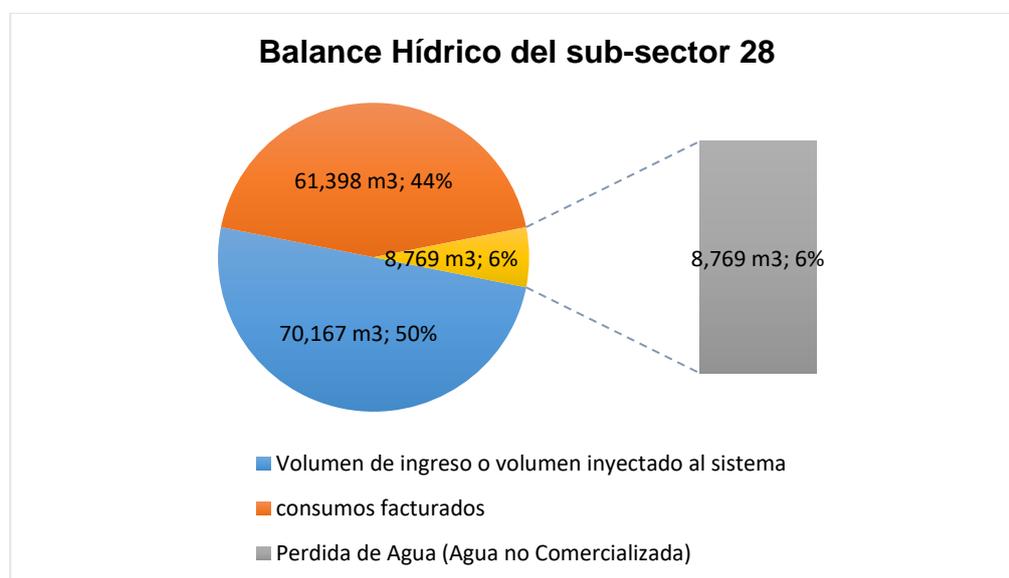
Trata del consumo mensual medido de los usuarios activos, en la figura 22 se muestra que, en el mes de marzo se registró un mayor volumen facturado de 22 113 m<sup>3</sup>.

En la tabla 16 y figura 23 se ilustra que el consumo autorizado se divide en consumo facturado medido y consumo facturado no medido, cuyas características son las siguientes:

**Tabla 16***Diferencia de volumen de ingreso vs facturación*

Meses	Volumen de entrada al sistema	Volumen facturado	Diferencia
Mar-24	27 363 m <sup>3</sup>	22 113 m <sup>3</sup>	5 250 m <sup>3</sup>
Abr-24	23 554 m <sup>3</sup>	20 654 m <sup>3</sup>	2 900 m <sup>3</sup>
May-24	19 250 m <sup>3</sup>	18 631 m <sup>3</sup>	619 m <sup>3</sup>
	70 167 m <sup>3</sup>	61 398 m <sup>3</sup>	8 769 m <sup>3</sup>

*Nota.* Esta tabla muestra la diferencia de volumen de ingreso y facturación de los 3 meses

**Figura 23***Gráfica de la diferencia de volumen de Ingreso vs facturación*

*Nota.* Esta figura muestra diferencia de volumen de ingreso y salida con información de Gerencia operacional y gerencia comercial de la EPS Tacna S.A.

#### 4.2.3.1. Resumen Consumo facturado medido

Se refiere a usuarios activos que cuentan con medidor de tipos: doméstico, social, estatal.

- Conexiones activas (2024): 1 392 (81,45 % del total de conexiones).
- Conexiones con medidor leído (mayo): 1 044 (61,09 % del total de conexiones activas).
- Conexiones domésticas activas con medidor leído (mayo): 1 032 conexiones. (60,39 % del total de conexiones domésticas activas).

- d. Conexiones de tipo social activas con medidor leído (mayo): 9 conexiones. (69,23 % del total de conexiones de tipo social activas).
- e. Conexiones estatales activas con medidor leído (mayo): 3 conexiones (75,00 % del total de conexiones estatales activas).
- f. El consumo leído doméstico: 60 427.00 m<sup>3</sup>/periodo (98,42 % del consumo leído total).
- g. El consumo leído de tipo social: 698 m<sup>3</sup>/periodo (1,14 % del consumo leído total).
- h. El consumo leído estatal: 273 m<sup>3</sup>/periodo (0,44 % del consumo leído total).

#### **4.2.4. Consumo facturado no medido**

Se refiere a domicilios con medidores defectuosas que no se puede realizar lecturas reales y pueden ser por varias razones, la facturación se basa en el promedio de consumo de los últimos tres meses en estos casos.

Del total de conexiones activas 1 392 (mayo), se han facturaron 239 conexiones con consumo promedio. (98,76 % de usuarios son domésticos y el 1,24 % de usuarios son tipo social).

#### **4.2.5. Consumo facturado medido**

Es la cantidad estimada de agua consumida por las conexiones que carecen de un medidor de agua.

- a. Del total de conexiones activas 1 392 (mayo), se facturaron 73 conexiones con consumo asignado en el período del balance hídrico.
- b. El 98,65 % de las conexiones activas con volumen promedio son conexiones domésticas.

#### **4.2.6. Consumo autorizado no facturado (Qanf)**

Se refiere a cualquier tipo de consumo autorizado que no es medido ni facturado. En general, incluye servicios como la extinción de incendios, la limpieza de calles, el lavado de redes y alcantarillado. En una empresa de agua potable bien administrada, este componente suele ser pequeño y a menudo se sobreestima. Agua que se ha transferido fuera de los límites operativos (agua exportada), que no se mide ni se factura, también podría incluirse, aunque es poco probable que se incluya.

- a. Limpieza y mantenimiento de purgas y lavado de redes

Volumen de agua que se utiliza en limpieza de purgas y redes del sub sector 28, la cual es agua no facturada no medida, pero si autorizada.

**Tabla 17**

*Volumen de lavado de purgas y lavado de las redes marzo-mayo 2024*

Código de purga	Tiempo (hrs:min)		Diferencia de tiempo (min)	Diámetro del orificio	Área de salida	Presión m.c.a.	Volumen
	Hora inicial	Hora final					
HI01109	13:50	14:50	60	2,5 "	20,0 cm <sup>2</sup>	40	106,5 m <sup>3</sup>
HI00451	13:30	14:50	20	2,5 "	20,0 cm <sup>2</sup>	45	45,5 m <sup>3</sup>
HI00452	13:20	14:30	10	2,5 "	20,0 cm <sup>2</sup>	46	23,7 m <sup>3</sup>
TOTAL							175,7 m <sup>3</sup>

*Nota.* Esta tabla muestra el volumen de purgas y lavado obtenido de División de distribución y recolección EPS Tacna S.A.

**Tabla 18**

*Cálculo del consumo no facturado no medido*

Consumo No Facturado Medido:	Volumen
Purgas en redes de distribución	175,7 m <sup>3</sup>

*Nota.* Esta tabla muestra el volumen no facturado no medido obtenida del área de operaciones EPS. Tana S.A.

Se puede observar en la tabla 17 y 18 que el consumo de agua no facturada y no medida para realizar el lavado de redes de distribución en el sub sector 28 y purgas es de 175,7 m<sup>3</sup> durante los meses de marzo y mayo del 2024.

#### 4.2.7. Pérdidas de agua (Qp)

La ecuación número 8 de pérdida de agua, incluyen pérdidas aparentes y reales, y se expresan como la diferencia entre el volumen de ingreso al sistema (QI) y el consumo autorizado (QA).

$$QP = \text{Volumen de ingreso al sistema} - \text{Consumo autorizado}$$

$$QP = QI - QA \quad (8)$$

$$QP = 70\,167 \text{ m}^3 - 61\,574 \text{ m}^3$$

$$QP = 8\,594 \text{ m}^3$$

El resultado de las pérdidas de agua fue de 8 594 m<sup>3</sup>, que equivale al 87,75 % del volumen de agua que ingresa al sistema.

#### **4.2.8. Pérdidas aparentes (QPA)**

Se refiere al volumen de agua consumido, pero no registrado por la empresa de agua y saneamiento, debido a errores en la medición de hidrómetros y otros tipos de medidores, fraudes, conexiones ilegales y fallos en el registro comercial. En estos casos, el agua se consume realmente pero no se factura. Según la asociación internacional del agua, este tipo de pérdida se denomina pérdida aparente, aunque también se conoce comúnmente como pérdida comercial.

Las pérdidas aparentes abarcan el agua suministrada a los clientes que no se mide o registra con precisión, lo que lleva a errores en el cálculo del consumo, en sistemas de abastecimiento de agua con mediciones inexactas y numerosas conexiones ilegales, estas pérdidas pueden ser significativas, este tipo de pérdidas implica costos de producción sin generar ingresos, y a menudo representan las pérdidas más costosas para una empresa de agua. Calcular las pérdidas aparentes basándose en el costo de venta del agua permite evaluar su impacto económico, reducir estas pérdidas suele ser factible a un costo relativamente bajo, convirtiéndose en una estrategia efectiva que proporciona un rápido retorno de la inversión para la empresa.

- a. Inexactitudes de los medidores:** Estas pérdidas son una de las formas más frecuentes de pérdidas aparentes y surgen debido a errores en los medidores. La experiencia indica que una pequeña fracción del agua puede ser medida de manera inexacta debido a fallos en la medición o al desgaste de los medidores. Este tipo de pérdidas incluye tanto aquellas ocasionadas por subregistro como las relacionadas con conexiones que no reflejan consumo.
- b. Errores de manejo de datos:** El personal responsable de registrar las lecturas de los medidores puede cometer errores, lo que lleva a datos incorrectos sobre el consumo de agua o ajustes erróneos debido a fallos sistemáticos en el procesamiento y la facturación. La producción no medida a menudo se sobreestima, mientras que el consumo no registrado que incluye usos como el suministro para necesidades propias, el abastecimiento gratuito para bomberos, el riego de áreas verdes y la limpieza de calles puede ser subestimado. Además, las tarifas planas pueden provocar un

consumo doméstico de agua que excede considerablemente las expectativas presupuestarias.

- c. Consumo no autorizado:** El consumo no autorizado se refiere a la extracción de agua sin autorización, y representa una fuente significativa de pérdidas. En este contexto, se incluyen las conexiones clandestinas e ilegales.

#### 4.2.9. Pérdidas reales (QPR)

En sistemas sin medidores, se toma como referencia el primer punto de uso dentro de la propiedad, como la llave de paso o el grifo. Las pérdidas físicas de agua, por otro lado, se refieren al agua que se pierde desde los tanques de almacenamiento hasta el punto de consumo del cliente, que es el medidor ubicado en la propiedad del cliente. La asociación internacional del agua clasifica estas pérdidas como "pérdidas reales", aunque en algunos países se les denomina "pérdidas técnicas", lo que puede llevar a confusión.

Para obtener los datos de caudal mínimo nocturno, se tuvo que realizar lecturas en los domicilios en la madrugada entre 1:00 a 5:00am, se realizó de acuerdo a lo siguiente.

- Lectura y hora inicial
  - Lectura y hora final
  - Caudal mínimo nocturno (C.M.N)
- a. Cálculo del volumen de agua
- Calcular el C.M.N del sector.
  - Determinar el tamaño de muestra representativo del sector.
  - Identificar el consumo nocturno de la muestra representativa en lps.
  - Con los valores obtenido en a y c se obtienen las pérdidas reales.
  - Extrapolar las pérdidas obtenidas en el tamaño de muestra al universo.

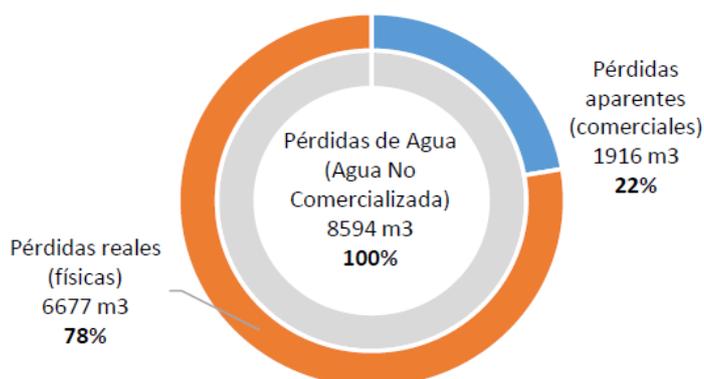
Con la ecuación número 9 se calculó las pérdidas reales hasta el punto de la red de distribución y medidor del cliente, obteniendo el siguiente resultado según se ilustra en la figura 24.

$$Q_{PR} = (\text{Fugas en conexiones de servicios hasta el punto del medidor del cliente}) + (\text{fugas en tubería de distribución o líneas principales}) \quad (9)$$

$$Q_{PR} = 6\,677 \text{ m}^3$$

**Figura 24**

Volumen de pérdidas aparentes vs reales, en el periodo de marzo 2024 – mayo 2024 en el subsector 28



Nota. En la figura muestra el porcentaje de pérdidas reales vs pérdidas aparentes.

#### 4.2.9.1. Trabajo de campo nocturno (mediciones)

Según los resultados de la tabla 19 el total de las pérdidas de los consumidores doméstico es 833.93 l/h y de grandes consumidores es igual 00.00 l/h

**Tabla 19**

Resumen del balance hídrico del sub-sector 28

Sub-Sector 28	Unidades	Conexiones regulares	Grandes consumidores
Conexiones. total	und	1 392	1
Lectura total	und	278	1
Lec./pérdidas (Nº conex. con pérdida)	und	88	1
Caudal mínimo nocturno	l/s	2,6	0
Caudal mínimo nocturno neto	l/conex/h	6,72	
Caudal pérdidas por conexión	l/conex/h	3	
Caudal pérdidas en la red	l/conex/h	3,72	
Caudal pérdidas en la red - BH	m³	6 677	
Pérdidas	lph	0,23	
Periodo de B.H.	días	92	

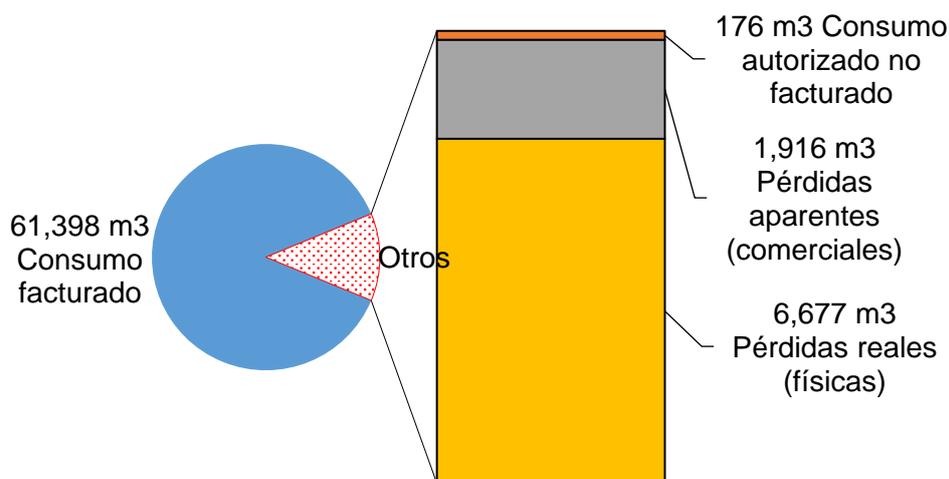
Nota. Esta tabla muestra los resultados de balance hídrico realizado en horas nocturnas.

#### 4.2.10. Agua no facturada (ANF)

En la figura 25 y 26 se aprecia la diferencia entre el volumen total ingresado al sistema y el agua facturada, se conoce como el agua no facturada (ANF). Este volumen representa la suma del consumo autorizado no facturado, pérdidas aparentes y pérdidas reales de agua.

**Figura 25**

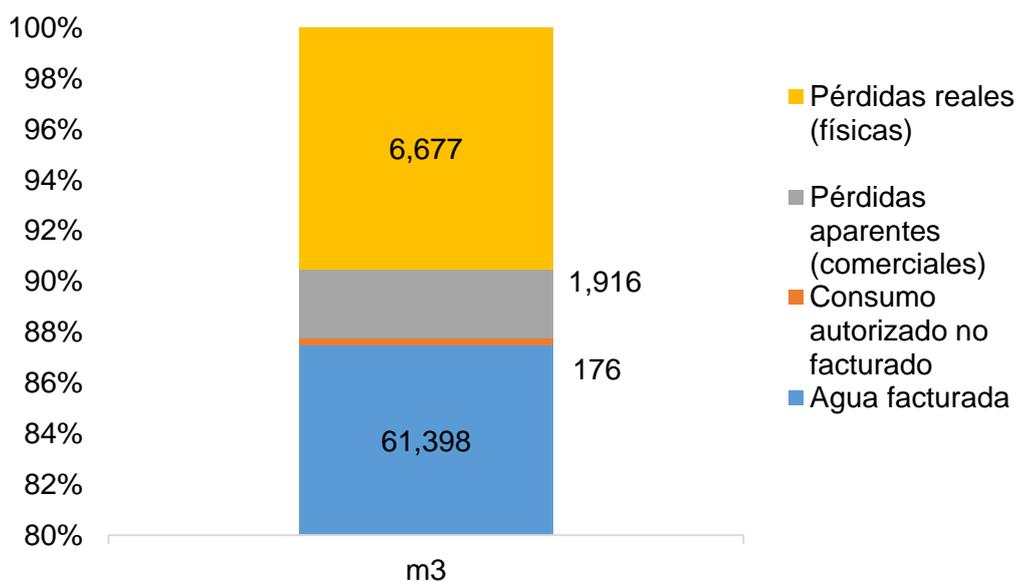
*Volumen de agua no facturada, marzo 2024 - mayo 2024*



*Nota.* Esta figura muestra el volumen de agua no facturada del sub sector 28.

**Figura 26**

*Pérdidas de agua, en el periodo de marzo 2024 – mayo 2024*



*Nota.* Esta figura representa el volumen de pérdidas reales, aparentes, consumo no autorizado del sub sector 28.

### 4.3. Balance Hídrico

La tabla 20 describe los resultados de balance hídrico del área de estudio: denominado sub-sector operacional 28, periodo de 92 días, marzo – mayo 2024.

**Tabla 20**

*Resultado de balance hídrico del sub-sector 28*

	Consumo Autorizado (Agua Comercializada)	61 398 m <sup>3</sup>	Consumo facturado medido 41 016 m <sup>3</sup>	Agua Facturada
			Consumo facturado no medido 20 382 m <sup>3</sup>	61 398 m <sup>3</sup> 87,50 %
Volumen de entrada al sistema	61 574 m <sup>3</sup> 87,75 %	Consumo autorizado no facturado 176 m <sup>3</sup>	Consumo no facturado medido m <sup>3</sup>	
			Consumo no facturado no medido 176 m <sup>3</sup>	Agua no facturada 8 769 m <sup>3</sup>
			Pérdidas aparentes (comerciales)	
	Pérdidas de Agua (Agua No Comercializada)		1 916 m <sup>3</sup> 2,73 %	12,50 %
	8 594 m <sup>3</sup> 12,25 %	Pérdidas reales (físicas)		
			6 677 m <sup>3</sup> 9,52 %	

*Nota.* Esta tabla presenta los diferentes resultados del balance hídrico, agua no facturada, agua factura, las pérdidas reales y aparentes.

#### 4.3.1. Acciones para reducir el índice de pérdidas

De acuerdo al diagnóstico realizado en el subsector 28, sobre las pérdidas de agua (operacional y comercial), los resultados según el esquema del balance hídrico demuestran que hay más pérdidas reales (6 677 m<sup>3</sup>) que pérdidas aparentes (1 916 m<sup>3</sup>), lo que representa la existencia de un mayor porcentaje de pérdidas reales. Por lo tanto, significa que los volúmenes de agua que se pierde corresponden a las pérdidas reales, que podrían ser causadas por diferentes factores (roturas, filtraciones, deterioro de las tuberías), sobre el cual se propondrán acciones para reducir las pérdidas.

Es importante destacar que se refiere a las pérdidas físicas de la cantidad de agua producida que no llega al consumidor final, las causas pueden ser, como el estado de conservación de los materiales, presiones del agua, calidad de los materiales, desborde de tanques, agua utilizada para la limpieza del sistema (purga) y los Factores externos no controlables, tales como presiones externas, raíces de los árboles, siniestros provocados por terceros (Ramírez, 2014).

Las medidas que se proponen para reducir las pérdidas de agua en el sistema de tuberías, es implementar la estrategia planteada por la asociación internacional del agua (IWA). En primer lugar, se debe monitorear el buen funcionamiento de la infraestructura física del sistema, para garantizar una entrega eficiente de los recursos hídricos a los consumidores. En segundo lugar, se debe realizar una revisión exhaustiva en las zonas identificadas con grandes pérdidas en la red, también cada usuario puede contribuir a este proceso y reportar cualquier hallazgo a la empresa. En tercer lugar, dividir la red de distribución en secciones es una técnica efectiva para obtener una visión general de lo que sucede bajo tierra, este método implica segmentar la red para calcular las pérdidas de agua en cada sección. En cuarto lugar, una vez identificados los puntos de fuga, y las causas. Según sea el caso, es fundamental realizar la reparación lo antes posible, ya que esto afecta negativamente en la economía a la empresa y a los usuarios, que pueden experimentar cortes de agua, lo que impide que el suministro llegue a sus hogares.

Para abordar las pérdidas aparentes, el responsable de las lecturas debe ser meticuloso y eficiente en la obtención de datos de consumo. Además, se debe reemplazar los medidores defectuosos que dificultan las lecturas, con el fin de reducir las pérdidas aparentes.

## CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

En esta sección, se lleva a cabo los análisis de proceso de los resultados de la investigación que tiene como objetivo principal estimar las pérdidas reales mediante la metodología de caudal mínimo nocturno, para luego contrastar con otros autores de diferentes investigaciones similares.

Con respecto a los inconvenientes que se tubo para la obtención de datos y llevar adelante la presente investigación, se tuvo que esperar un extenso periodo de tiempo para que la empresa distribuidora de recursos hídricos nos proporcionara la información necesaria del subsector operacional, plano de ubicación, planos de delimitación de los sectores y subsectores, y con ella plano de la red de distribución, caudal de salida del reservorio R12 que es la que abastece a la zona de estudio, presión, cantidad de habitantes, viviendas y conexiones. Se puede mencionar que no se pudo obtener datos 100 % verídicas ya que en algunos aspectos la codificación de los micromedidores no coincidía esto se pudo observar durante la inspección y o verificación que se realizó.

El sub-sector 28 está compuesta por diecisiete asociaciones, las cuales se mencionan a continuación, asociación de vivienda Villa Belén, la Victoria, Alto de la Luna, los Laureles, los Ángeles, Nuevo Horizonte, el Platanal, los Álamos, Vallecito, Villa el Triunfo, Villa Margarita, Villa Sol, Cayetano Heredia, Santa Cruz de para, Bella Vista y urbanizaciones como San Roque y Real Felipe. En esta área se abarca el ámbito de las conexiones que utilizan agua potable suministrada a través de redes de distribución 25,4 km con un porcentaje de 5 % de posible subestimación, y con número de conexiones activas de un total de 1 392 con una presión promedio diaria de 28,07 m.c.a., con el propósito de estimar las pérdidas de agua.

Por otro lado, al evaluar los datos de facturación de los meses de marzo, abril y mayo de 2024, se obtienen los siguientes resultados: en marzo se facturaron 22 113 m<sup>3</sup>, en abril 20 654 m<sup>3</sup> y en mayo 18 631 m<sup>3</sup>, sumando un total de 61 398 m<sup>3</sup> para el período de tres meses. Además, se contabilizó un total de 1 392 usuarios facturados.

En cuanto al volumen distribuido al sistema, se registraron los siguientes datos: 27 363 m<sup>3</sup> en marzo, 23 554 m<sup>3</sup> en abril y 19 250 m<sup>3</sup> en mayo, indicando que el caudal de salida del reservorio R12 fue mayor en marzo.

De acuerdo a los análisis de datos de caudal mínimo nocturno (balance hídrico) se tiene un volumen de entrada al sistema del reservorio R12 de 70 167m<sup>3</sup> un porcentaje

de 100 %, el consumo autorizado (Agua comercializada) un volumen total de 61 574 m<sup>3</sup> con porcentaje de 87,75 %, al igual el consumo autorizado facturado es de 61 398 m<sup>3</sup> con un porcentaje de 87,50 %, el consumo autorizado no facturado 176 m<sup>3</sup> porcentaje de 0,25 %, el consumo facturado medido es de 41 016 m<sup>3</sup> que equivale a un 58,45 % con respecto al volumen de entrada, el consumo facturado no medido es el 20 382 m<sup>3</sup> que al igual equivale un 29,05 %, al igual el consumo no facturado no medido es de 176 m<sup>3</sup> .

Con respecto al agua facturada se tiene un porcentaje de 87,50 % respecto al volumen de ingreso a sistema, de igual forma el agua no factura representa un total 12,50 % de volumen total de ingreso, lo cual indica que la cantidad antes mencionada no es factura y vendría a ser la pérdida real y aparente del sistema.

Al igual en cálculo de pérdidas aparentes(comerciales) se tiene un volumen de 1 916 m<sup>3</sup> que representa un porcentaje de 2,73 % respecto al volumen de agua no factura y por otro lado tenemos las pérdidas reales (físicas) que es de un volumen de 6 677 m<sup>3</sup> que representa el 9,52 % con respecto al volumen de entrada y también por último se tiene los valores de pérdidas de agua de 8 594 m<sup>3</sup> que hace un porcentaje de 12,25 % con respeto al volumen de entrada del sistema.

A diferencia de la investigación realizada por Tarqui (2022), en su tesis obtiene un resultado de balance hídrico de agua no facturada de 43,95 %, las pérdidas aparentes de 3,28 % y las pérdidas reales de 40,66 % su evaluación fue durante marzo del 2020 a febrero del 2021.

De igual manera Alvarado y Cauna (2019), en su investigación obtiene los siguientes resultados del balance hídrico, el índice de pérdidas fue de 26,27 % de acuerdo a agua no facturada y un total de 73,73 % de agua facturada y también obtiene perdidas reales de 13,11 % y fugas de 6,03 % en tuberías.

En otro sentido según Corimanya (2022), en su trabajo de investigación obtiene como resultado de pérdidas reales, el agua no factura de es de 43,2 %, perdidas comerciales es de 12,2 % las pérdidas operativas son de 26,2 %

De igual manera Cóndor (2022), en su trabajo realizado en Huancavelica en el sector 01 obtuvo los resultados de pérdidas de agua reales de 6 631,54 m<sup>3</sup> y un volumen de pérdidas aparentes de 15 578,37 m<sup>3</sup> esto con respecto a volumen inyectado al sistema.

## CONCLUSIONES

La investigación realizada en este trabajo se centró en la estimación de las pérdidas reales utilizando la metodología de caudal mínimo nocturno en el sub-sector 28 del sistema de abastecimiento de agua potable en Tacna, después de realizar el diagnóstico en la zona de estudio, según el esquema del balance hídrico los resultados fueron los siguientes, el porcentaje de agua no facturada (ANF) es del 12,50 %, lo que equivale a 8 769 m<sup>3</sup>, el cual se considera una pérdida económica para la empresa prestadores de servicios de saneamientos de Tacna. Estas pérdidas representan volúmenes de agua que no llegan a ser consumidos, ya que se pierden durante el trayecto desde el reservorio R12 hasta los clientes y suelen ser causadas por el deterioro de las tuberías, entre otros.

Se llevó a cabo un balance hídrico para el subsector operacional 28 siguiendo los estándares establecidos, con el propósito de monitorear y registrar cada componente del agua que ingresa y se retira del sistema durante el período de marzo a mayo del 2024. Los resultados obtenidos son los siguientes: Agua Facturada 87,50 %, desglosada en consumo facturado medido (58,45 %) y no medido (29,05 %). El agua no facturada representa el 12,50 %: consumo no facturado no medido 0,25 %. Además, se identificaron factores que contribuyen a estas pérdidas, como inexactitudes en la micro-medición, errores en el registro de datos, fugas en las redes y conexiones desde punto de salida hasta la entrega final del servicio (medidor del cliente).

Se estimó el índice de pérdidas de 9,52 %, lo que corresponde a un volumen total de 6 677 m<sup>3</sup> en el sub sector 28. las causas de estas pérdidas pueden ser por el deterioro de los materiales, la presión del agua, por fisuras, entre otros, suelen ocurrir en las redes de distribución y transmisión. En cuanto a las pérdidas aparentes, se registró un índice del 2,73 %, equivalente a un volumen de 1 916 m<sup>3</sup>. cabe indicar que no representan una pérdida física de agua, dado que el agua ha llegado al usuario final desde el centro de distribución. No obstante, su registro y facturación fueron inadecuados, lo que afecta directamente la factura del usuario generando un impacto negativo en la economía.

En conclusión, hay mayor pérdida real que aparente según los resultados del balance hídrico, por lo que, a la EPS Tacna S.A., se propone realizar las siguientes acciones de mejora para reducir esas pérdidas:

- a. Realizar monitoreo constante de las pérdidas de agua y mantenimiento de la red.
- b. Implementar un equipo de detección de fugas de agua en la red.
- c. instalación de micro-medidores adecuados al rango de consumo y reemplazar los que se encuentran defectuosos o que por alguna razón no se pueden leer.
- d. Renovación de redes deterioradas o antiguas para prevenir problemas futuros.
- e. Mejorar la calidad de los materiales.
- f. establecer acciones de control que permitan detectar y priorizar las causas de estas pérdidas de manera efectiva.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda gestionar las presiones de manera eficiente para minimizar significativamente las fugas de agua causadas por la sobrepresión, entre otros. En caso de detectar fugas en las tuberías, la entidad prestadora debe invertir en la renovación de las tuberías en las áreas más afectadas. Además, es esencial verificar el funcionamiento del macro y micro medidores para garantizar una supervisión adecuada del agua que circula por el sub sector 28.

Se recomienda a la EPS Tacna S.A. llevar a cabo balances hídricos de régimen tanto trimestral como anualmente para monitorear y controlar las pérdidas y mediante estos análisis poder disminuir el porcentaje de pérdidas. También se sugiere llevar a cabo una actualización de los planos catastro técnico y comercial de la red de distribución y realizar las acometidas correspondientes, para facilitar la sectorización y la plantilla de las diligencias destinadas al control y reducción de pérdidas.

Se recomienda establecer un laboratorio de medidores para lograr un control más preciso de las inexactitudes en la micro-medición. Esto es crucial, ya que actualmente existen medidores que tienen una antigüedad de tres años y están cerca del final de su vida útil, lo que podría ocasionar diferentes pérdidas.

Se sugiere al personal encargado de las lecturas realizar mediciones precisas y eficientes para asegurar datos de facturación exactos y evitar afectar a los usuarios. Además, la empresa prestadora de servicios debe reemplazar los micro medidores que están en mal estado, ya que su deterioro dificulta una lectura precisa y puede resultar en pérdidas aparentes, así como en pérdidas económicas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado, N., & Cauna, H. (2019). *“Análisis del índice de pérdidas para mejorar el sistema de abastecimiento de agua potable del sector VI de la ciudad de Tacna - Tacna.”* Universidad Privada de Tacna.
- Andrade, L. (2009). *Estrategias de Gestión para Reducción y Control de las Pérdidas.*
- Avalos, C., & Flores, W. (2021). *“Control de presiones y reducción de pérdidas en el sistema de distribución de agua potable del Sector VI - Pueblo Joven Augusto B. Leguía en la Ciudad de Tacna.”* Universidad Privada de Tacna.
- Cahuana, B. (2019). Facultad De Ingeniería Y Arquitectura. In *Google Académico.* Universidad Andina del Cusco.
- Cama, L., & Huanca, E. (2022). Modelamiento Hidráulico para el control de pérdidas y gestión del sistema de agua potable de la ciudad de Piura". In *Artículo de Financiamiento Distress.* Universidad Privada de Tacna.
- Chávez, J. (2022). *Estimación Del Agua Potable No Facturada En El Sistema De Distribución De Las Urbanizaciones Cajamarca Y Ramón Castilla, Cajamarca 2021.*
- Chérrez, T. N. (2021). *Análisis de las pérdidas reales de agua en un sector de la red de Guayaquil y medidas para su reducción.* Universitat Politècnica de Valencia.
- Cóndor, J. C. (2022). *Análisis de pérdidas de agua con la metodología IWA en las redes de distribución del sector 01 de la EPS Emapa HVCA - 2022.* Universidad Nacional de Huancavelica.
- Corimanya, J. (2022). *Determinación y gestión del agua no facturada (anf) en los componentes operacional y comercial en el sistema de abastecimiento de agua potable de la E.P.S. Ilo S.A, en la localidad de ILO - 2021”.* Universidad Andina del Cusco.
- Díaz, L. (2022). *Agua no Facturada y la Gestión Comercial en Sedachimbote S.A, Áncash, 2022.*
- Escobar, J. (2011). *Método de los caudales mínimos nocturnos: revisión de sus bases científicas, evaluación de errores potenciales y propuestas para su mejora.* Universidad Politècnica de Valencia.
- Forero, L., Caraballo, J., & Areiza, J. (2022). *Capítulo 6 Desarrollo sostenible en los proyectos: experiencia regional municipio de Turbo , Antioquia.* 60–71.
- GIZ, VAG, Fallis, P., Hubschen, K., Oertlé, E., Ziegler, P., & Knobloch, A. (2011). *Guía para la reducción de las pérdidas de agua.* Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.

- Granifo, P. (2019). *Evaluación de las pérdidas de agua ocurridas en la Producción y distribución de agua potable en el sistema de tratamiento de agua potable Nogales.*
- Guillén, C., & Ramírez, A. (2019). *Evaluación y reducción de pérdidas en el sistema de abastecimiento de agua potable de la EPS EMAPA San Martín S.A – Unidad Operativa de Bellavista (Bellavista, Limón y El Porvenir).* Universidad nacional de san Martín Tarapoto - Perú.
- Gutierrez, E. F. (2016). “Análisis y determinación de agua no facturada (ANF) en el sistema de abastecimiento de agua potable en la sub zona Larapa en la E.P.S. Sedacusco S.A.” Universidad Andina del cusco.
- Hernández, R. (2014). Metodología de la Investigación. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 11, Issue 1).
- Huallpa, N., & Flores, Z. (2021). “Evaluación de pérdidas de agua en las plantas de tratamiento de agua potable de calana y alto lima, Tacna” (Issue Julio). Universidad Privada de Tacna.
- López, N. F., & Ochoa, L. H. (2018). Modelo para cuantificar fugas en sectores hidrométricos (Model for Quantifying Leakage in District Metered Area). *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3113046>
- Navarrete, O. K. (2023). “Análisis para detectar fugas en el circuito 2 y 6 de la red de agua potable del cantón Pajan.”
- Orna, K., & Zumba, C. (2023). “Incidencia de fugas en redes de abastecimiento de agua potable en el cantón Tisaleo de la provincia de Tungurahua .” Universidad Nacional de Chimborazo.
- Pino V., E. (2021). Conflictos para el uso del agua. *Diálogo Andino*, 65, 405–415.
- Porras, O. (2014). *Reducción de Pérdidas de Caudal en red de tuberías para mejorar distribución de agua potable - sector San Carlos - la Merced.* Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Ramírez, D. (2014). Análisis de las pérdidas de agua en los sistemas de abastecimiento. *Módulo Didáctico*, 14.
- Ramírez, M. de los Á. (2017). *Pérdidas de agua potable y conducciones. caso: gran alimentadora- Valparaíso.* universidad técnica Federico santa maría.
- Rodríguez, P. (2001). Abastecimiento De Agua. *Ucam.Edu*, 1(Abastecimiento de agua), 1–499.
- Tarqui, C. (2022). *Análisis del Índice de Pérdida en el Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en el Subsector 27 de la Ciudad de Tacna.* Universidad Privada de Tacna.
- Vicente, D., García, M., Salazar, F., & Helmbrecht, J. (2019). Algoritmo adaptativo para la estimación de pérdidas de agua en redes basado en análisis avanzado de

Caudales Mínimos Nocturnos (CMN). *Centro Internacional de Mıtodos Numéricos en Ingeniería*, 1–15.

**ANEXOS**

**Anexo 1. Matriz de consistencia**

<b>Problema</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>Variables</b>	<b>Indicador</b>	<b>Metodología</b>
<p>Problema general</p> <p>¿Cómo estimar las pérdidas reales mediante la metodología de caudal mínimo nocturno en un subsector operacional del sistema de abastecimiento de agua potable en la ciudad de Tacna?</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Estimar las pérdidas reales mediante la metodología de caudal mínimo nocturno en un subsector operacional del sistema de abastecimiento de agua potable en la ciudad de Tacna.</p>	<p>Hipótesis general</p> <p>La metodología de caudal mínimo nocturno permitirá estimar las pérdidas de agua en el subsector operacional</p>	<p>Variable independiente</p> <p>Caudal Mínimo Nocturno</p>	<p>Caudal de Ingreso al sistema</p>	<p>Tipo de investigación:</p> <p>Investigación aplicada o investigación básica</p> <p>Nivel de investigación:</p> <p>Exploratorio</p> <p>Descriptivo</p> <p>Correlacional</p> <p>Explicativo</p> <p>Predictivo</p> <p>Aplicativo</p>
<p>Problemas específicos</p> <p>¿Cómo elaborar el balance hídrico del subsector operacional?</p> <p>¿Cómo determinar el índice de pérdidas reales y aparentes?</p> <p>¿Cuál son las acciones que permitirán la reducción de índice de pérdidas?</p>	<p>Objetivos específicos</p> <p>Elaborar el balance hídrico de un subsector.</p> <p>Estimar el índice de pérdidas reales y aparentes.</p> <p>Proponer acciones que permitan la reducción de índice de pérdidas.</p>	<p>Hipótesis específicas</p> <p>La elaboración del balance hídrico permitirá identificar pérdidas de agua del subsector operacional.</p> <p>El método de caudal mínimo nocturno permitirá estimar el índice de pérdidas reales y aparentes.</p>	<p>Variable dependiente</p> <p>Pérdidas de agua en las redes</p>	<p>Agua Facturada</p> <p>Agua No Facturada</p> <p>Pérdidas reales</p> <p>Pérdidas aparentes</p>	<p>Diseño de investigación</p> <p>Experimentales</p> <p>No experimentales</p>

**Anexo 2. Volumen de entrada al sistema**

BH	Límite del sistema	Período	Sub-componente	Explicación	Variables	Fuente de información	Cálculo del volumen de agua	Valor
Volumen de entrada al sistema	Salida al R12	Marzo - Mayo 2024	Volumen de salida del R12	<p>1- La principal fuente de abastecimiento al subsector 28 es el reservorio R4</p> <p>2- Este reservorio se ubica en la planta de tratamiento de alto lima y su fuente de producción es la plata de Tratamiento de Alto Lima. (ver el esquema integral del sistema de agua potable).</p> <p>3- Según el registro volumétrico medido a la salida del R12 para el periodo Marzo 2024 - Mayo 2024, genera un caudal promedio de l/s.</p>	<p>1- Caudal (l/s)</p> <p>2-Tiempo (cada 5 min).</p>	<p>1- El caudal (l/s) es generado por un macro medidor de tipo electromagnético de 10" MAG 5100, se encuentra conectada al sistema SCADA de la EPS Tacna S.A., ubicado en la línea de conducción a la salida del reservorio R12</p> <p>2- El registro se obtiene de manera automática a través del sistema Scada.</p> <p>3- El responsable de generar la información es el operador del sistema Scada.</p>	<p>En un archivo Excel:</p> <p>1- Se promedia el caudal registrado durante un mes.</p> <p>2- Se calcula el volumen de producción mensual en m<sup>3</sup>/mes, a través de la siguiente fórmula: (Qp x #días del mes x 86.4)</p>	70 167.3 m <sup>3</sup>

**Anexo 3. Determinación del consumo facturado medido.**

BH	Límite del sistema	Período	Sub-componente	Explicación	Variab les	Fuente de información	Cálculo del volumen de agua	Valor
Consumo facturado medido	Tacna (Usuarios abastecidos por la EPS Tacna S.A. en el subsector 28)	Marzo - mayo del 2024	Consumos leídos de usuarios de tipos: Doméstico, Social Estatal.	<p>Se refiere al consumo de usuarios con conexiones activas con diferentes categorías y que cuentan con medidor que registran o no diferencias de lecturas. Tiene las siguientes características:</p> <p>1- Conexiones activas (2024): 1 392 (81,45 %).</p> <p>2- Conexiones con medidor leído (mayo): 1 044 (61,09 %).</p> <p>3- Conexiones domésticas activas con medidor leído (mayo): 1032 conexiones. (60.39 %).</p> <p>4- Conexiones de tipo social activas (mayo): 9 conex. (69,23 %).</p> <p>5- Conexiones estatales activas con med. leído (mayo): 3 conex. (75,00 %)</p> <p>6- El consumo leído doméstico: 60,427.00 m3/periodo (98,42 %).</p> <p>7- El consumo leído de tipo social: 698.00 m3/periodo (1,14 %).</p> <p>8- El consumo leído estatal: 273 m3/periodo (0.44 %).</p>	<p>1- Lectura inicial (m3)</p> <p>2- Lectura final (m3)</p> <p>El ciclo de facturación es del día 1 al 1 de cada mes.</p>	<p>Las lecturas se registran a través de micro medidores instalados que tienen las siguientes características:</p> <p>1- Antigüedad promedio de 05 años.</p> <p>2- Existen cuatro (04) marcas diferentes de medidor.</p> <p>3- Las lecturas se realizan con padrones de manera manual.</p>	<p>1- El volumen de consumo de agua mensual se calcula por diferencia de lectura.</p> <p>2- Se suman los consumos mensuales de los registros individuales para obtener el consumo en el período del BH.</p>	41 016,0 m <sup>3</sup>

**Anexo 4. Determinación del consumo facturado no medido.**

BH	Límite del sistema	Período	Sub-componente	Explicación	Variables	Fuente de información	Cálculo del volumen de agua	Valor
Consumo facturado no medido	Tacna (Usuarios abastecidos por la EPS Tacna S.A. en el subsector 28)	Marzo - mayo del 2024	Consumo facturado por promedio	<p>Se refiere a las conexiones con medidor donde el mismo por diferentes razones no ha podido ser leído, por lo que se factura de acuerdo al promedio de consumo de los últimos tres meses hasta que se cambie el medidor.</p> <p>1-Del total de conexiones activas 1 392 (mayo), se han facturaron 239 conexiones con consumo promedio. (98,76 % de usuarios son domésticos y el 1,24 % de usuarios son tipo social).</p>	1-Consumo promedio mensual de agua por conexión (m <sup>3</sup> )	Sistema comercial	<p>1-Se suman los consumos promedios mensuales de todas las conexiones para obtener el consumo promediado total del mes.</p> <p>2- Se suman los consumos totales mensuales para obtener el consumo en el período del balance hídrico.</p>	15 485,0 m <sup>3</sup>

(continúa)

Tabla por (continuación)

BH	Límite del sistema	Período	Sub-componente	Explicación	Variables	Fuente de información	Cálculo del volumen de agua	Valor
Consumo facturado no medido	Tacna (Usuarios abastecidos por la EPS Tacna S.A. en el subsector 28)	Marzo - mayo del 2024	Consumo asignado	<p>Se refiere a un consumo estimado de las conexiones que no cuentan con medidor de agua.</p> <p>1- Del total de conexiones activas 1 392 (mayo), en promedio se facturaron 74 conexiones con consumo asignado en el período del balance hídrico.</p> <p>2- El 98,65 % de las conexiones activas con volumen promedio son conexiones domésticas.</p>	1- Consumo asignado mensual de agua por conexión (m <sup>3</sup> )	Sistema comercial	<p>1- A cada usuario sin medidor de agua se le asigna un consumo, el cual es facturado mensualmente.</p> <p>2- Se suman los consumos asignados mensuales de todos los usuarios sin medidor para obtener el consumo en el período del balance hídrico.</p>	4 897,0 m <sup>3</sup>

**Anexo 5. Determinación del consumo no facturado no medido**

BH	Límite del sistema	Período	Sub-componente	Explicación	Variables	Fuente de información	Cálculo del volumen de agua	Valor
Consumo no facturado no medido	Tacna (Usuarios abastecidos por la EPS Tacna S.A. en el subsector 28)	Abril - mayo 2024	Volumen de purgas y lavado de redes	Se refiere a las purgas que se realizan regularmente en puntos definidos de la red de distribución, con el objetivo de asegurar la calidad del agua y evitar sedimentación en las redes o degradación de la calidad del agua por estancamiento.	1- Presión durante la purga. 2- Tiempo de purga. 3- Diámetro de salida del agua en el hidrante.	1- Se cuenta con la información la duración, diámetro de descarga de cada purga y presión en el hidrante.	En un archivo Excel se calcula el gasto con el método de la escuadra:  1- Medir la presión en el hidrante. (presurizado) 2- Medir la distancia horizontal $X_o$ . 3- Medir la distancia vertical $Y_o$ . 4- Medir el diámetro del hidrante (salida de agua). 5- Calcular el caudal con la fórmula: $Q = \text{Área} * X_o * (g/Y_o)^{.5}$  Medir la distancia horizontal $X_o$ que existe entre el extremo del tubo de descarga y el punto donde cae el chorro de agua en el suelo, y la altura $H_o$ a la que se encuentra el conducto.	175,7 m <sup>3</sup>

**Anexo 6. Determinación de pérdidas reales.**

BH	Límite del sistema	Período	Sub-componente	Explicación	VARIABLES	Fuente de información	Cálculo del volumen de agua	Valor
Pérdidas reales	Tacna (Usuarios abastecidos por la EPS en el subsector 28)	Marzo-mayo 2024	Volumen de pérdidas reales en el sistema	Se refiere al volumen de agua que se pierde en las redes de distribución antes de llegar al usuario, puede ser debido a roturas en las tuberías o fugas en los accesorios	1- Lectura y hora inicial 2- Lectura y hora final 3- Caudal mínimo nocturno (C.M.N)	La lectura de micromedidores (inicial y final) corresponde a las horas de caudal mínimo nocturno.	1- Calcular el C.M.N del sector. 2- Determinar el tamaño de muestra representativo del sector. 3- Identificar el consumo nocturno de la muestra representativa en lps. 4- Con los valores obtenidos en 1 y 3 se obtienen las pérdidas reales. 5- Extrapolar las pérdidas obtenidas en el tamaño de muestra al universo.	6 677,4 m <sup>3</sup>

## Anexo 7. Indicadores

**SISTEMA:** Subsector 28 - Tacna (a partir de la salida del R12)  
**BALANCE HÍDRICO EN M3 PARA:** 2024 **Días:** 92

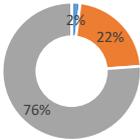
**Indicadores de desempeño:** Subsector 28 - Tacna (a partir de la salida del R12), BH 2024

### Datos de contexto

Continuidad promedio :	<u>24</u>	h/d	Presión promedio :	<u>28.1</u>	m
Longitud de redes :	<u>26</u>	km	Longitud promedio de conexión :	<u>6</u>	m
Conexiones activas :	<u>1,392</u>	N°	Conexiones totales :	<u>1,709</u>	N°

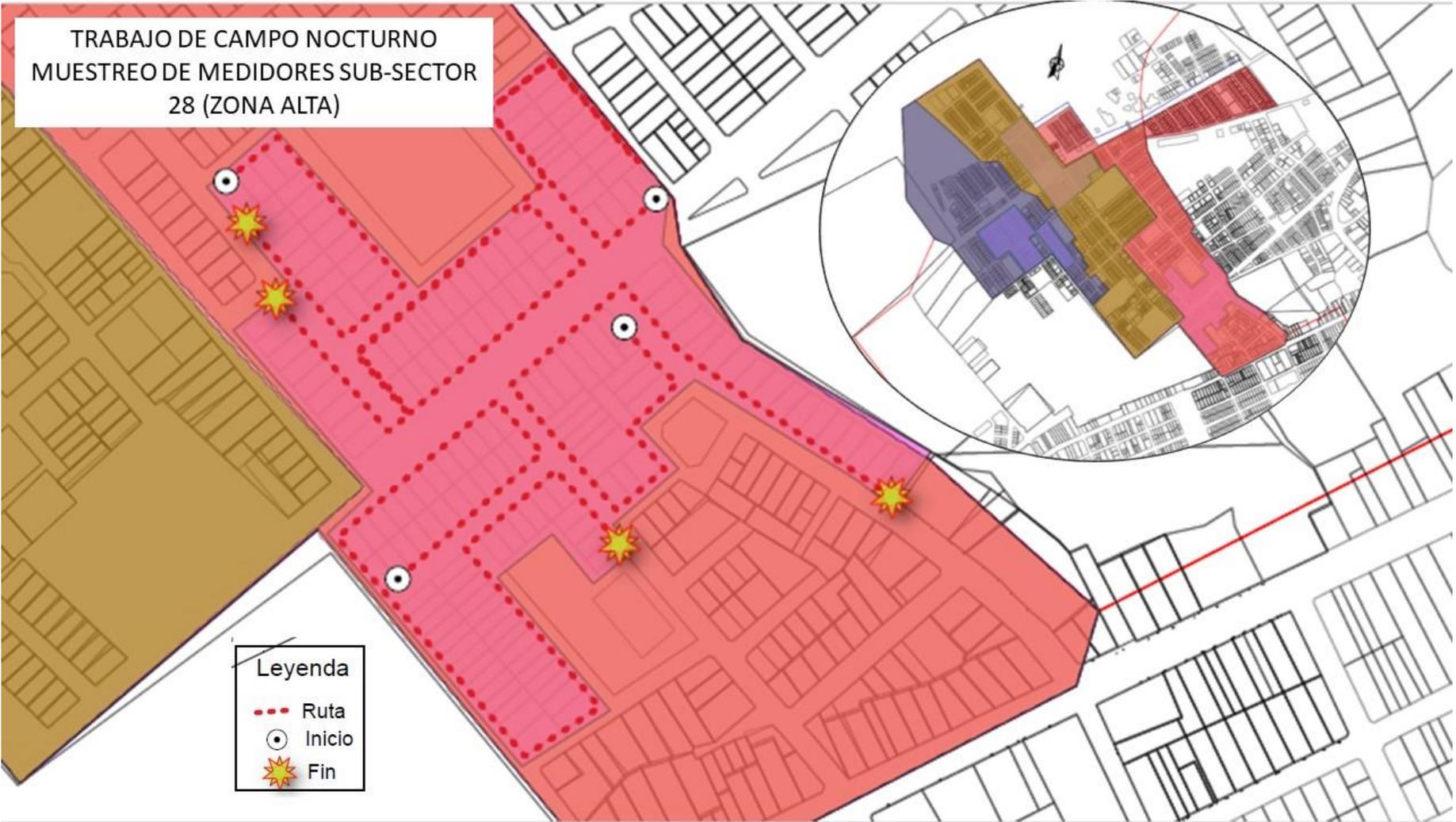
### Indicadores de gestión para las pérdidas totales

Agua No Facturada (ANF) [%]	<u>12%</u>				
Pérdidas totales [%]	<u>12%</u>				
Pérdidas físicas (operacionales)	<u>10%</u>				
Pérdidas aparentes (no físicas)	<u>2%</u>				
		<b>Componentes del ANF</b>			
		Consumo autorizado no facturado	176	m3	
		Pérdidas aparentes	1,916	m3	
		Pérdidas reales	6,677	m3	





Anexo 9. Mapa Sub-sector 28 - zona alta



## Anexo 10. Registro de medición - Zona alta

### TRABAJO DE CAMPO NOCTURNO LECTURA DE MEDIDORES

Fecha : 25-07-2024  
 Responsable : Valeria Llanos - Wilber Alvarado  
 Sub Sector : 28

H. Inicio :  
 Ruta :  
 H. Fin :  
 :

R. Uta	DIRECCIÓN			CODIGO USUARIO	Medidor	INICIO		FINAL		Observaciones	
	Asociación	Mz	Lte.			Lectura	Hora	Lectura	Hora		
193	1	VIV CAYETANO HEREDIA	D	2	209018	151320114	00160.2220	04:03	00160.2220	04:30	
194	1	VIV CAYETANO HEREDIA	D	4	276114	151308439	00119.8260	04:04	00119.8260	04:30	DA19160581
195	1	VIV CAYETANO HEREDIA	D	7	28632	DA19160585	00721.1572	04:05	00721.1577	04:29	
196	1	VIV CAYETANO HEREDIA	D	8	28633	1516007251	00603.0670	04:07	00603.0671	04:28	
197	1	VIV CAYETANO HEREDIA	D	9	28634	DA18009438	00675.8617	04:09	00675.8684	04:26	
198	1	VIV CAYETANO HEREDIA	D	11	28635	QA24062727	00056.7483	04:10	00056.7483	04:25	
199	1	VIV CAYETANO HEREDIA	D	13	521063	DA20001211	01115.2603	04:14	01115.2603	04:22	
200	1	VIV CAYETANO HEREDIA	D	15	46693	1516016116	01250.2957	04:14	00250.2958	04:22	
201	1	CAYETANO HEREDIA	C	1A	334165	EA22392980	0024.8729	4:31	0024.8729	04:51	
202	1	VIV CAYETANO HEREDIA	C	5	28631	1513001140	00559.4457	04:32	00559.4457	04:50	
203	1	VIV CAYETANO HEREDIA	C	6	212061	1516001938	01610.7106	04:34	01610.7106	04:49	
204	1	VILLA SOL	F	4	56377	DA22017853	00240.1279	04:37	00240.1279	04:47	
205	1	PARA CHICO / URB VILLA SOL	F	5	514322	1516002600	00592.7186	04:38	00592.7186	04:47	
206	1	VILLA SOL	F	8	56380	EA20225817	0271.5821	04:39	0271.5821	04:46	
207	1	VILLA SOL	F	10	56381	1516002597	01085.8437	04:40	01085.8437	04:45	
208	1	VILLA SOL	F	12	56382	DA21008161	00000.3914	4.42	00000.3914	04:43	
209	3	SAN ROQUE	H	3	526521	DA19016518	002437.7488	02:02	002437.7498	03:42	
210	3	SAN ROQUE	H	4	56658	DA19016405	03574.5325	02:05	03574.5348	03:44	
211	3	SAN ROQUE	H	5	513730	DA22017912	00205.9057	02:07	00205.9068	03:45	
212	3	SAN ROQUE	H	7	513731	DA17012830	01829.4525	02:13	01820.4545	03:47	
213	3	SAN ROQUE	H	8B	56669	EA20225865	00083.7937	02:15	00083.7957	03:48	
214	3	SAN ROQUE	H	9	56670	DA22017913	00081.9378	02:16	00081.9387	03:49	
215	3	SAN ROQUE	H	14	521137	1516001247	00020.4092	02:21	00020.4092	03:53	
216	3	SAN ROQUE	H	15	56673	DA17012387	00879.2338	02:23	00879.2378	03:55	
217	3	SAN ROQUE	H	16	429442	1516016994	00336.9720	02:24	00336.9720	03:57	
218	3	SAN ROQUE	H	18	334169	DA22017914	00432.7875	02:25	00432.7877	04:00	
219	3	SAN ROQUE	H	17	363692	FA23055120	00037.0349	02:26	00037.0355	03:59	
220	3	SAN ROQUE	L	1	56706	DA18009342	01731.2468	02:31	01731.4468	03:05	
221	3	SAN ROQUE	L	2	517298	8621913	00483.4802	02:32	00483.4802	03:06	
222	3	SAN ROQUE	L	6	76989	1516004890	01361.4868	02:37	01361.4987	03:09	
223	3	SAN ROQUE	L	7	300033	DA19161055	00938.8983	02:37	00938.8983	03:10	
224	3	SAN ROQUE	L	8	536650	DA22006448	00108.0889	02:38	00108.0889	03:11	
225	3	SAN ROQUE	L	9A	518823	DA21008408	00158.1741	02:39	00158.1741	03:14	
226	3	SAN ROQUE	L	9B	56710	DA18009329	00572.4465	02:40	00572.4475	03:15	
227	3	SAN ROQUE	L	12	56712	151319602	00562.4789	02:42	00562.4789	03:18	
228	3	SAN ROQUE	L	15	56714	151322928	00750.4775	02:54	00750.4775	03:32	
229	3	SAN ROQUE	L	16	56715	DA22017917	00115.9534	02:56	00115.9779	03:33	
230	3	SAN ROQUE	L	18 A	518822	1509000225	01500.4658	03:00	01500.4659	03:34	1509000226
231	3	SAN ROQUE	L	18 B	56716	DA17012389	00642.5205	02:57	00642.5215	03:35	
232	3	SAN ROQUE	L	22	56719	1516002179	02365.1961	03:01	02365.1961	03:38	
233	3	SAN ROQUE	LL	1	56720	1516001937	00945.1976	02:44	00945.2081	03:21	
234	3	SAN ROQUE	LL	4	438075	DA22017918	00086.9605	02:44	00086.9605	03:24	
235	3	SAN ROQUE	LL	7	383208	DA19161057	02149.1821	02:45	02149.2488	03:26	
236	3	SAN ROQUE	LL	8	384598	1516004895	00150.6609	02:47	00150.6609	03:27	
237	3	SAN ROQUE	LL	9	361635	DA17010112	01470.8444	02:50	01470.8487	03:29	

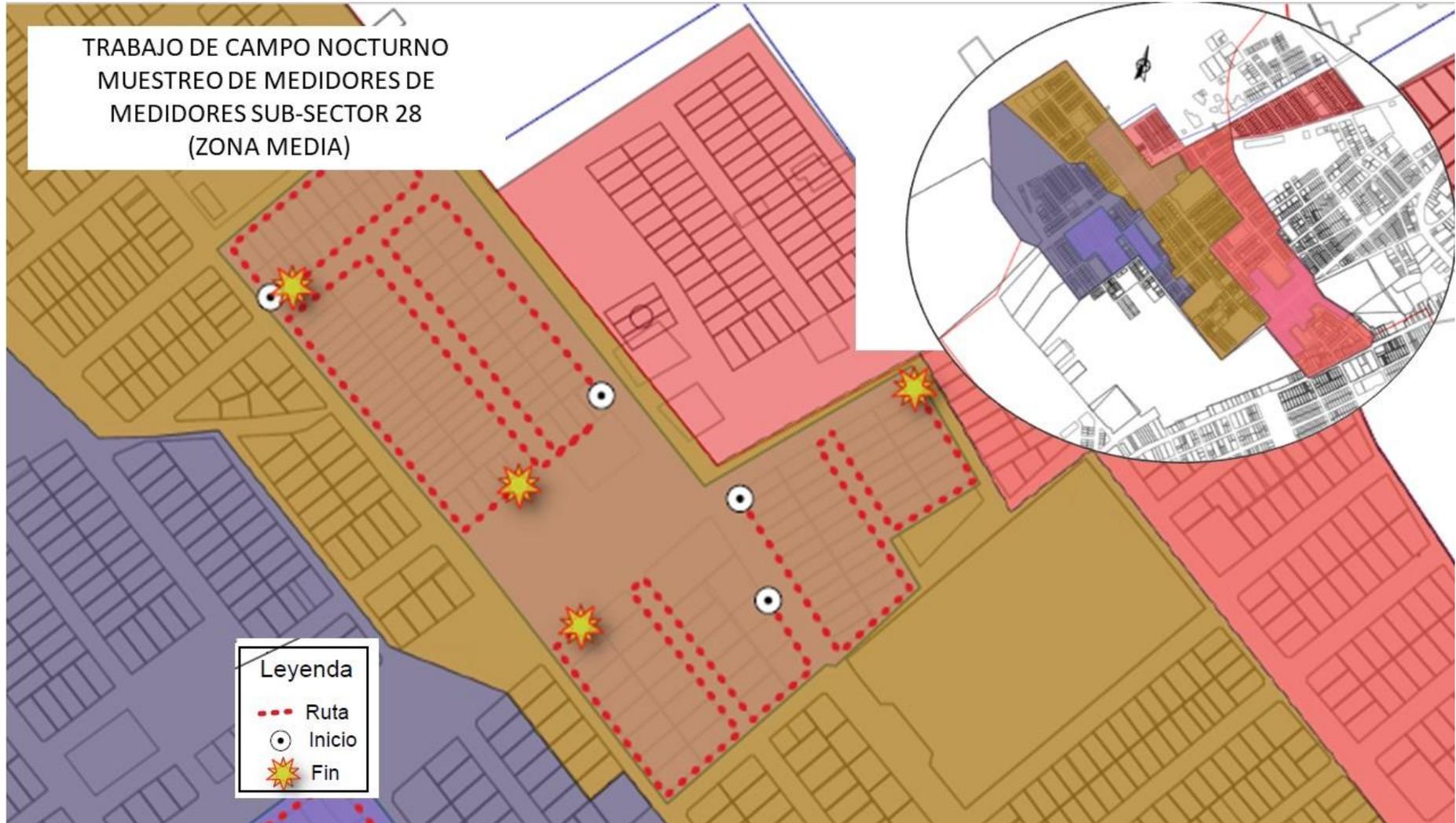
**TRABAJO DE CAMPO NOCTURNO  
LECTURA DE MEDIDORES**

Fecha : 25-07-2024  
 Responsable : Valeria Llanos - Wilber Alvarado  
 Sub Sector : 28

H. Inicio :  
 Ruta :  
 H. Fin :  
 :

Ruta	DIRECCIÓN			CODIGO USUARIO	Medidor	INICIO		FINAL		Observaciones
	Asociación	Mz.	Lte.			Lectura	Hora	Lectura	Hora	
238	4 SAN ROQUE	K	3	354274	DA19161054	01705.7364	02:51	01705.8375	04:49	
239	4 SAN ROQUE	K	5	56695	1507001629	00413.4262	03:00	00415.4262	04:50	
240	4 SAN ROQUE	K	9	441199	1508000744	00766.5617	03:05	00766.5618	04:54	
241	4 SAN ROQUE	K	10	56697	151322669	00983.0049	03:06	00983.0366	04:57	
242	4 SAN ROQUE	K	12	514908	1516006394	01061.1973	02:45	01061.1974	04:57	
243	4 SAN ROQUE	K	13	56699	1516002188	00519.2732	02:46	00519.2733	04:57	
244	4 SAN ROQUE	K	15	56701	101608872	00085.2455	02:50	00085.2455	04:58	
245	4 SAN ROQUE	K	16	56702	1513002710	00155.9156	02:53	00155.9156	04:58	
246	4 SAN ROQUE	K	17	56703	DA17006701	01058.4580	02:54	01058.4580	04:59	
247	4 SAN ROQUE	K	20	56705	FA21036172	00346.0004	2.55	00346.0004	05:01	
248	2 VILLA SOL	G	2	56383	DA17012234	01378.1316	03:17	01378.1316	04:14	
249	2 VILLA SOL	G	3	56384	1516002596	00813.0987	03:18	00813.0988	04:17	
250	2 VILLA SOL	G	4	534221	QA24062793	00008.7617	03:19	00008.7617	04:17	
251	2 VILLA SOL	G	5	56385	1516002608	00791.4582	03:21	00791.4582	04:18	
252	2 VILLA SOL	G	6	56386	DA17009981	01440.0674	03:22	01440.0674	04:19	
253	2 VILLA SOL	G	7	231102	1516002607	00249.4608	03:23	00249.4674	04:20	DA22017854
254	2 VILLA SOL	G	8	231103	EA20225777	00344.3852	03:24	00344.3852	04:21	
255	2 VILLA SOL	G	11	56387	1516002602	00920.5637	03:25	00920.5637	04:22	
256	2 VILLA SOL	G	13	56388	1516008309	00113.4239	03:28	00113.4303	04:23	
257	2 VILLA SOL	G	15	516724	1508001018	00492.7126	03:29	00492.7127	04:23	SIN MEDIDOR
258	2 VILLA SOL	G	16	56389	151317919	00451.3869	03:30	00451.3995	04:25	DA22017855
259	2 VILLA EL SOL	G	17	378535	DA19166224	01070.2184	03:32	01070.2117	04:26	
260	2 VILLA SOL	G	18	531401	EA20770330	00003.0137	03:33	00003.0137	04:27	
261	2 VILLA SOL	G	20	524997	FA18021613	00881.1106	03:34	00881.1106	04:28	
262	2 VILLA SOL	H	4	56392	SA22017856	00255.9137	03:51	00255.9137	04:36	
263	2 VILLA SOL	H	5	56393	DA17010326	01132.2561	03:52	01132.2561	04:36	
264	2 VILLA SOL	H	6	56394	1511005452	01007.2051	03:53	01007.2063	04:37	
265	2 VILLA SOL	H	8	56396	1516002875	00286.4178	03:54	00286.4178	04:37	
266	2 VILLA SOL	H	12	56398	DA22017857	00350.9968	03:56	00350.9978	04:38	
267	2 VILLA SOL	H	14	518587	1516009285	00506.4449	03:58	00506.4449	04:39	
268	2 VILLA SOL	H	15	56399	1516002870	01142.1942	03:59	01142.1947	04:40	
269	2 VILLA EL SOL	H	16	377122	DA17010908	00825.3974	03:40	00825.3974	04:30	
270	2 VILLA EL SOL	H	17	384597	151310788	01045.0745	03:41	01045.0745	04:31	
271	2 VILLA SOL	H	18	56400	1516002605	00723.3146	03:42	00723.3146	04:32	
272	2 VILLA SOL	H	19	56401	1516002601	00201.4491	03:42	00201.4491	04:32	
273	2 VILLA SOL	H	20	56402	DA17010907	00719.9295	03:44	00719.9295	04:33	
274	2 VILLA SOL	H	23	56403	DA23002573	00140.3646	03:45	00140.3658	04:34	
275	2 VILLA SOL	H	24	87569	DA22020902	00308.3043	03:46	00308.3044	04:35	
276	2 VILLA SOL	H	29	56407	1516002879	00872.4544	03:48	00872.4544	04:35	
277	2 VILLA EL SOL	I	4	521291	FA17006914	04039.4789	04:07	04039.4789	04:43	
278	2 VILLA SOL	I	5	28659	EA20225718	00110.5831	04:05	00110.6056	04:43	
279	2 VILLA SOL	I	6	56408	DA22017900	00151.0609	04:03	00151.0609	04:42	
280	2 VILLA SOL	I	10	56410	DA22017901	00264.0992	04:01	00264.0993	04:40	
281	I.E.I. 476 VILLA BELEN	rcel	S/N	517670	DA19160346	1453.465	0.0729	1453.465	0.093	

Anexo 11. Mapa Sub-sector 28 - zona media



## Anexo 12. Registro de medición - Zona media

### TRABAJO DE CAMPO NOCTURNO LECTURA DE MEDIDORES

Fecha : 25-07-2024  
 Responsable : Valeria Llanos - Wilber Alvarado  
 Sub Sector : 28

H. Inicio :  
 Ruta :

H. Fin :  
 :

R. Ruta	DIRECCIÓN			CODIGO USUARIO	Medidor	INICIO		FINAL		Observaciones	
	Asociación	Mz.	Lte.			Lectura	Hora	Lectura	Hora		
81	6	VIV LOS ANGELES	A	3	56871	DA23121376	00126.7124	02:08	00126.7124	03:25	
82	6	VIV LOS ANGELES	A	6	56874	EA22338683	00076.3299	02:11	00076.3299	03:24	
83	6	VIV LOS ANGELES	A	7	56875	1516004851	01025.2357	02:12	01025.2358	03:25	
84	6	VIV LOS ANGELES	A	10	56878	1516004858	000513.6716	02:14	00513.6796	03:22	
85	6	VIV LOS ANGELES	C	1	56891	1516004852	00546.1418	02:15	00546.1418	03:23	
86	6	VIV LOS ANGELES	C	2	56892	1516004853	01158.9819	02:16	01158.9819	03:24	
87	6	VIV LOS ANGELES	C	3	56893	1516004854	00736.0063	02:17	00738.0063	03:25	
88	6	VIV LOS ANGELES	C	4	56894	DA17010796	00392.2766	02:18	00987.2785	03:26	
89	6	VIV LOS ANGELES	C	8	56898	1516004857	01071.3509	02:20	01017.509	03:27	
90	6	VIV LOS ANGELES	C	9	56899	1507002470	0056.5275	02:24	0056.5325	03:30	
91	6	VIV LOS ANGELES	C	11	56901	DA19160886	02029.2448	02:26	02029.2589	03:35	
92	6	VIV LOS ANGELES	C	13	56903	DA19160890	0890.5283	02:28	00570.5283	03:33	
93	6	VIV LOS ANGELES	C	14	539958	DA23121378	00664.4834	02:30	00964.4855	03:35	
94	6	VIV LOS ANGELES	C	15	56905	E16M256442	0401.7778	02:31	0481.7778	03:34	
95	6	VIV LOS ANGELES	C	16	56906	DA17010799	00550.2338	02:33	00553.2338	03:34	
96	6	VIV LOS ANGELES	C	16B	514806	DA23121379	00209.0515	02:34	00209.0649	03:32	
97	5	VIV J. DE COMP. LOS LAURELES	A	1	514910	1516009205	01009.2718	01:21	01009.2718	02:58	
98	5	VIV J. DE COMP. LOS LAURELES	A	2	514911	1516008696	00616.975	01:23	00616.9785	02:59	
99	5	VIV J. DE COMP. LOS LAURELES	A	4	514913	101609165	01332.2050	01:25	01332.2059	03:00	
100	5	VIV J. DE COMP. LOS LAURELES	A	5	514925	1516004747	01082.4095	01:26	01082.4105	03:01	
101	5	VIV J. DE COMP. LOS LAURELES	A	8	514930	1510002108	00066.1678	01:28	00066.1678	03:04	
102	5	VIV J. DE COMP. LOS LAURELES	A	9	514940	1516008715	00299.4355	01:29	00299.4366	03:05	
103	5	VIV J. DE COMP. LOS LAURELES	A	10	514942	DA20002960	00560.0295	01:32	00560.0296	03:06	
104	5	VIV J. DE COMP. LOS LAURELES	A	12	514948	DA23121419	00513.5285	01:34	00513.6644	03:07	
105	5	VIV J. DE COMP. LOS LAURELES	A	13	514949	1516008692	00981.8604	01:40	00981.8871	03:08	
106	5	VIV J. DE COMP. LOS LAURELES	A	16	514959	DA19001362	00792.5468	01:45	00792.5477	03:08	
107	5	VIV J. DE COMP. LOS LAURELES	A	17	514964	1513001275	00789.5889	01:46	00768.5869	03:08	
108	5	VIV J. DE COMP. LOS LAURELES	A	18	514966	DA23121420	00028.6075	01:49	00028.6075	03:09	
109	5	VIV J. DE COMP. LOS LAURELES	A	22	514973	1513001742	00963.4934	01:52	00883.4934	03:10	
110	5	VIV J. DE COMP. LOS LAURELES	A	23	514974	DA23116751	00052.3945	01:53	00052.3945	03:11	
111	5	VIV J. DE COMP. LOS LAURELES	B	1	514975	DA23121441	0086.6507	01:54	00086.6507	03:12	
112	5	VIV J. DE COMP. LOS LAURELES	B	7	514986	DA23121442	0063.2765	01:55	00063.4796	03:14	
113	5	VIV J. DE COMP. LOS LAURELES	B	8	514928	DA23121443	00034.1575	01:57	00034.1605	03:16	
114	5	VIV J. DE COMP. LOS LAURELES	B	9	514929	DA23121444	00107.0243	01:58	000107.0253	03:17	
115	5	VIV J. DE COMP. LOS LAURELES	B	14	514935	FA19001272	00390.7118	01:59	00390.7100	04:19	
116	7	VIV VILLA BELEN DE JESUS	A	1	57029	DA22018296	00216.8443	01:45	00216.8443	04:20	
117	7	VIV VILLA BELEN DE JESUS	A	2	57030	1516002866	01000.1171	01:43	01000.1173	04:21	
118	7	VIV VILLA BELEN DE JESUS	A	3	57031	EA21198432	00340.5772	01:42	00340.5772	04:22	
119	7	VIV VILLA BELEN DE JESUS	A	5	440250	1516005252	00271.2014	01:41	00271.2014	04:23	
120	7	VIV VILLA BELEN DE JESUS	A	7	57033	1516005253	00733.4304	01:40	00733.4314	04:24	

**TRABAJO DE CAMPO NOCTURNO  
LECTURA DE MEDIDORES**

Fecha : 25-07-2024  
 Responsable : Valeria Llanos - Wilber Alvarado  
 Sub Sector : 28

H. Inicio :  
 Ruta :  
 H. Fin :  
 :

Ruta	DIRECCIÓN			CODIGO USUARIO	Medidor	INICIO		FINAL		Observaciones	
	Asociación	Mz.	Lte.			Lectura	Hora	Lectura	Hora		
121	7	VIV VILLA BELEN DE JESUS	A	8	515836	E113579269	01449.9671	01:39	01449.9671	04:26	
122	7	VIV VILLA BELEN DE JESUS	A	10	57034	1516004849	00408.6618	01:37	00408.6618	04:27	
123	7	VIV VILLA BELEN DE JESUS	A	11	520382	DA21007356	00005.5706	01:36	00005.5706	04:28	
124	7	VIV VILLA BELEN DE JESUS	A	12	57035	QA24062955	00030.0023	01:35	00030.0023	04:29	
125	7	VIV VILLA BELEN DE JESUS	A	14	57037	DA17012649	00832.1366	01:30	00832.1366	04:30	
126	7	VIV VILLA BELEN DE JESUS	A	15	57038	1516005257	01568.5985	01:29	01568.5985	04:31	
127	7	VIV VILLA BELEN DE JESUS	A	16	57039	1516004864	00451.9356	01:26	00451.9356	04:32	
128	7	VIV VILLA BELEN DE JESUS	A	17	57040	1516005258	00564.6098	01:26	00564.6098	04:34	
129	7	VIV VILLA BELEN DE JESUS	A	18	102275	1516008805	00076.8102	01:25	00076.8102	04:38	
130	7	VIV VILLA BELEN DE JESUS	A	20	57042	1516005260	00915.4162	01:24	00915.4178	04:39	
131	7	VIV VILLA BELEN DE JESUS	A	21	57043	1516005259	00368.6114	01:23	00368.6114	04:40	
132	7	VIV VILLA BELEN DE JESUS	A	23	57045	1504001363	00455.4544	01:20	00455.4544	04:41	
133	7	VIV VILLA BELEN DE JESUS	A	24	57046	1504001071	00305.0637	01:19	00305.0637	04:43	
134	7	VIV VILLA BELEN DE JESUS	A	25	57047	151303146	00305.0637	01:16	00305.0638	04:44	
135	7	VIV VILLA BELEN DE JESUS	A	26	57048	1508001808	00736.6162	01:11	00736.6162	04:45	
136	7	VIV VILLA BELEN DE JESUS	A	29	59164	1507001626	00423.5893	01:46	00423.5893	04:46	
137	7	VIV VILLA BELEN DE JESUS	A	30	322071	1516005251	00012.0123	01:49	00012.0123	04:48	
138	7	VIV VILLA BELEN DE JESUS	B	1	57050	1508002096	00702.9999	02:15	00702.9999	04:49	
139	7	VIV VILLA BELEN DE JESUS	B	2	377456	1516005255	00882.6182	02:14	00882.6182	04:49	
140	7	VIV VILLA BELEN DE JESUS	B	4	434542	1506001595	00365.2963	02:10	00365.2963	04:50	
141	7	VIV VILLA BELEN DE JESUS	B	6	520623	1516000078	00045.6703	02:09	00045.6703	04:51	
142	7	VIV VILLA BELEN DE JESUS	B	8	513418	A05S268724	01228.4230	02:08	01228.4230	04:52	
143	7	VIV VILLA BELEN DE JESUS	B	9	57052	1516005254	00418.3482	02:07	00418.3482	04:53	
144	7	VIV VILLA BELEN DE JESUS	B	10	57053	FA22021639	00088.5143	02:06	00088.5143	04:54	
145	7	VIV VILLA BELEN DE JESUS	B	11	57054	1516004859	00809.3780	02:04	00809.3787	04:54	
146	7	VIV VILLA BELEN DE JESUS	B	12	57055	DA19160846	00472.2167	02:03	00472.2167	04:55	
147	7	VIV VILLA BELEN DE JESUS	B	13	519520	DA23123116	00109.7152	02:01	00109.7152	04:56	
148	7	VIV VILLA BELEN DE JESUS	B	14	383215	101502397	00496.1029	01:59	00496.1029	04:57	
149	7	VIV VILLA BELEN DE JESUS	B	15	57056	S151200856	00633.7165	01:58	00633.7165	04:58	
150	7	VIV VILLA BELEN DE JESUS	B	16	57057	1516002865	00061.8953	01:57	00061.8953	04:59	
151	7	VIV VILLA BELEN DE JESUS	B	17	519678	DA19160844	00232.9057	01:56	00232.9057	04:59	
152	7	VIV VILLA BELEN DE JESUS	B	18	436537	1510003977	01209.2396	01:55	01209.2396	05:00	
153	7	VIV VILLA BELEN DE JESUS	B	19	520949	1508000329	00454.0142	01:54	00454.0142	05:02	
154	7	VIV VILLA BELEN DE JESUS	B	20	371143	8619088	00112.8078	01:51	00112.8078	05:01	
155	7	VIV VILLA BELEN DE JESUS	B	21	372276	1508002967	00160.5588	02:31	00160.5596	05:00	
156	7	VIV VILLA BELEN DE JESUS	B	22	371144	1506001729	00578.8722	02:30	00578.8722	04:59	
157	7	VIV VILLA BELEN DE JESUS	B	23	378861	151303852	01019.2642	02:27	01019.2642	04:58	
158	7	VIV VILLA BELEN DE JESUS	B	24	57058	1516008962	11220.2855	02:26	11220.2855	04:57	
159	7	VIV VILLA BELEN DE JESUS	B	25	519521	1516008804	00893.8201	02:25	00893.8201	04:56	
160	7	VIV VILLA BELEN DE JESUS	B	27	57059	DA19160841	00862.9063	02:25	00862.9085	04:55	

**TRABAJO DE CAMPO NOCTURNO  
LECTURA DE MEDIDORES**

Fecha : 25-07-2024  
Responsable : Valeria Llanos - Wilber Alvarado  
Sub Sector : 28

H. Inicio :  
Ruta :  
H. Fin :  
:

Ruta	DIRECCIÓN			CODIGO USUARIO	Medidor	INICIO		FINAL		Observaciones	
	Asociación	Mz.	Lte.			Lectura	Hora	Lectura	Hora		
161	7	VIV VILLA BELEN DE JESUS	B	29	57061	DA17011312	00453.6701	02:54	00453.6710	04:54	
162	7	VIV VILLA BELEN DE JESUS	B	31	209023	1516009222	00045.5400	02:20	00045.5400	04:53	
163	7	VIV VILLA BELEN DE JESUS	B	32	523423	FA17007014	00281.2033	02:19	00281.2033	04:53	
164	7	VIV VILLA BELEN DE JESUS	B	33	519966	EA20770353	00214.6942	02:17	00214.6942	04:52	
165	7	VIV VILLA BELEN DE JESUS	B	34	57062	1516005455	00859.3970	02:15	00859.3970	04:51	
166	7	VIV VILLA BELEN DE JESUS	B	35	57063	DA19160728	00393.5306	02:14	00393.5306	04:50	
167	7	VIV VILLA BELEN DE JESUS	B	36	102276	FA18021629	00562.0986	02:12	00562.0986	04:50	
168	7	VIV VILLA BELEN DE JESUS	B	37	57064	1504002665	00174.4501	02:10	00174.4501	04:49	
169	7	VIV VILLA BELEN DE JESUS	B	38	322072	DA21007381	00358.8914	02:09	00358.8914	04:48	
170	7	VIV VILLA BELEN DE JESUS	B	39	516962	E14M000710	00265.7325	02:06	00265.7325	04:48	
171	8	VIV VILLA BELEN DE JESUS	D	1	441206	S151101209	01051.1547	01:38	01051.1563	04:25	
172	8	VIV VILLA BELEN DE JESUS	D	2	57070	1516012280	00906.1805	01:35	00906.1805	04:26	
173	8	VIV VILLA BELEN DE JESUS	D	3	57071	1516008965	00447.0654	01:34	00447.0654	04:27	
174	8	VIV VILLA BELEN DE JESUS	D	4	57072	E13M102627	00516.7012	01:33	00516.7012	04:28	
175	8	VIV VILLA BELEN DE JESUS	D	5	363884	1508005309	00822.5892	01:31	00822.5892	04:29	
176	8	VIV VILLA BELEN DE JESUS	D	6	102277	1516005456	00893.8923	01:30	00893.8923	04:30	
177	8	VIV VILLA BELEN DE JESUS	D	8	57073	1516005451	00078.6231	01:29	00078.6231	04:31	
178	8	VIV VILLA BELEN DE JESUS	D	9	57074	S151101133	00237.2431	01:21	00237.2435	04:32	
179	8	VIV VILLA BELEN DE JESUS	D	10	57075	1516012201	00486.0276	01:19	00486.0276	04:33	
180	8	VIV VILLA BELEN DE JESUS	D	11	372277	DA17011313	000542.6741	01:18	000542.6741	04:34	
181	8	VIV VILLA BELEN DE JESUS	D	12	57076	1516000474	00138.1141	01:17	00138.1141	04:35	
182	8	VIV VILLA BELEN DE JESUS	D	13	513425	1516004625	00576.2301	01:56	00576.2301	04:35	
183	8	VIV VILLA BELEN DE JESUS	D	14	322073	DA22018297	00484.2278	01:55	00484.2278	04:36	
184	8	VIV VILLA BELEN DE JESUS	D	15	57077	1516009221	01232.5321	01:54	01232.5321	04:37	
185	8	VIV VILLA BELEN DE JESUS	D	16	59165	1516008961	01090.8053	01:51	01090.8053	04:38	
186	8	VIV VILLA BELEN DE JESUS	D	17	383216	DA22018298	00134.0431	01:49	00134.0431	04:39	
187	8	VIV VILLA BELEN DE JESUS	D	18	57078	151315519	00547.0451	01:48	00547.0451	04:40	
188	8	VIV VILLA BELEN DE JESUS	D	19	57079	DA17011315	01339.5049	01:48	01339.5049	04:42	
189	8	VIV VILLA BELEN DE JESUS	D	20	57080	1516004631	00635.2471	01:46	00635.2471	04:43	
190	8	VIV VILLA BELEN DE JESUS	D	21	516789	E113579223	00710.8925	01:43	00710.8931	04:44	
191	8	VIV VILLA BELEN DE JESUS	D	22	513371	1516004626	01487.3202	01:41	01487.3202	04:45	

Anexo 13. Mapa Sub-sector 28 - zona baja



### Anexo 14. Registro de medición - Zona baja

**TRABAJO DE CAMPO NOCTURNO  
LECTURA DE MEDIDORES**

Fecha : 25-07-2024  
 Responsable : Valeria Llanos - Wilber Alvarado  
 Sub Sector : 28

H. Inicio :  
 Ruta :  
 H. Fin :  
 :

R. Ruta	DIRECCIÓN			CODIGO USUARIO	Medidor	INICIO		FINAL		Observaciones	
	Asociación	Mz.	Lte.			Lectura	Hora	Lectura	Hora		
1	11	VIV VALLECITO	B	14	57145	DA22018305	000641.1567	02:31	000641.1567	02:33	
2	11	VIV VALLECITO	B	15	57146	1516014296	00091.9131	02:29	00091.9131	02:34	
3	11	VIV VALLECITO	D	1	57161	1516009934	00045.8503	01:57	00045.8503	02:26	
4	11	VIV VALLECITO	D	1A	536848	DA22022415	00090.2929	01:56	00090.2930	02:27	
5	11	VIV VALLECITO/01	D	4	148285	1516009932	00401.5653	01:59	00401.5653	02:25	
6	11	VIV VALLECITO	D	5B	522273	1516014300	01048.8983	02:02	01048.8984	02:24	
7	11	VIV VALLECITO	D	6	57165	151305827	00144.4141	02:03	00144.4141	02:22	
8	11	VIV VALLECITO	D	7	517217	1516014298	00193.4511	02:04	00193.4511	02:21	
9	11	VIV VALLECITO	D	9	57167	1516009931	01050.0760	01:43	01050.0760	02:10	
10	11	VIV VALLECITO	D	10	57168	1516005223	01064.4438	01:44	01064.4438	02:13	
11	11	VIV VALLECITO	D	12	57170	DA23003453	00046.2498	01:45	00046.2498	02:14	
12	9	VIV VALLECITO	A	1-A	520759	6893000	00194.6808	03:20	00194.6808	03:55	
13	9	VIV VALLECITO	A	1	57121	1516014299	00739.2669	03:19	00739.2671	03:56	
14	9	VIV VALLECITO	A	2	57122	DA19160887	00028.1397	03:18	00028.1397	03:57	
15	9	VIV VALLECITO	A	3	57123	1516004650	00499.1458	03:17	00499.1458	03:57	
16	9	VIV VALLECITO	A	4	57124	1516004652	00964.3209	03:16	00964.3209	03:58	
17	9	VIV VALLECITO	A	5	57125	DA19160721	01656.1247	03:15	01656.1252	03:59	
18	9	VIV VALLECITO	A	7	57127	1516004649	00154.1871	03:14	00154.1871	04:00	
19	9	VIV VALLECITO	A	8	57128	1516012049	00752.9135	03:13	00752.9136	04:01	
20	9	VIV VALLECITO	A	9	544178	FA23055148	00001.6312	03:11	00001.6312	04:01	
21	9	VIV VALLECITO	A	10	57130	1517000276	00480.1465	03:10	00480.1468	04:02	
22	9	VIV VALLECITO	A	11	57131	6938455	00446.1895	03:09	00446.1895	04:03	
23	9	VIV VALLECITO	A	12	306769	1516004804	00648.8997	03:07	00648.8997	04:03	
24	9	VIV VALLECITO	A	14	57132	1516010746	00642.8376	03:06	00642.8376	04:04	
25	9	VIV VALLECITO	A	16	57134	DA21008730	00059.6266	03:05	00059.6266	04:05	
26	9	VIV VALLECITO	A	17	57135	1516004801	01281.8531	03:03	01281.8535	04:05	
27	9	VIV VALLECITO	A	18	57136	151317512	01265.1345	03:03	01265.1345	04:06	
28	9	VIV VALLECITO	A	19	57137	1516014297	00258.2443	03:02	00258.2443	04:07	
29	9	VIV VALLECITO	A	20	438567	1516004812	00854.1993	03:02	00854.1993	04:08	
30	9	VIV VALLECITO	C	2	57148	1516004796	00879.2895	02:56	00879.2899	03:40	
31	9	VIV VALLECITO	C	3	57149	1516016575	00279.8956	02:55	00279.8956	03:40	
32	9	VIV VALLECITO	C	4	57150	1510002307	01330.6714	02:55	01330.6714	03:41	
33	9	VIV VALLECITO	C	5	57151	1516005224	01534.0005	02:54	01534.0005	03:42	
34	9	VIV VALLECITO	C	6	57152	1516004614	00521.1122	02:53	00521.1122	03:43	

**TRABAJO DE CAMPO NOCTURNO  
LECTURA DE MEDIDORES**

Fecha : 25-07-2024  
 Responsable : Valeria Llanos - Wilber Alvarado  
 Sub Sector : 28

H. Inicio :  
 Ruta :  
 H. Fin :  
 :

Ruta	Asociación	DIRECCIÓN		CODIGO USUARIO	Medidor	INICIO		FINAL		Observaciones
		Mz.	Lte.			Lectura	Hora	Lectura	Hora	
35	9 VIV VALLECITO	C	7	57153	1516010360	00753.1079	02:52	00753.1079	03:44	
36	9 VIV VALLECITO	C	9	57155	FA22025945	00000.5791	02:50	00000.5791	03:45	
37	9 VIV VALLECITO	C	10	57156	1516004611	00283.7760	02:50	00283.7760	03:45	
38	9 VIV VALLECITO	C	15	513342	DA22018306	00421.5644	02:48	00421.5644	03:46	
39	9 VIV VALLECITO	C	18	57159	1516004798	01342.5614	02:46	01342.5631	03:47	
40	9 VIV VALLECITO	C	19	102288	1516004799	00221.4906	02:45	00221.4906	03:48	
41	9 VIV VALLECITO	C	20	57160	DA19160564	01117.6734	02:58	01117.6783	03:49	
42	10 VIV VALLECITO	E	4	57176	1516012050	00442.4523	02:43	00442.4525	03:50	
43	10 VIV VALLECITO	E	5	57177	1516009935	00057.2942	02:45	00057.2942	03:51	
44	10 VIV VALLECITO	E	6	57178	1516005221	00314.3321	02:46	00314.3321	03:52	
45	10 VIV VALLECITO	E	7	57179	1516004647	000451.645	02:55	000451.645	03:53	
46	10 VIV VALLECITO	E	8	57180	1516004644	01184.4141	02:54	01184.4145	03:53	
47	10 VIV VALLECITO	E	9	57181	1513003236	00246.0012	02:54	00246.0012	03:54	
48	10 VIV VALLECITO	E	12	57182	1516005230	00473.0712	02:53	00473.0712	03:55	
49	10 VIV VALLECITO	E	14	57183	1516004648	00248.2681	02:53	00248.2681	03:56	
50	10 VIV VALLECITO	E	15	57184	1516004646	00374.4390	02:52	00374.4315	03:57	
51	10 VIV VALLECITO	E	16	57185	1516001228	00370.0289	02:51	00370.0289	03:58	
52	10 VIV VALLECITO	E	17	57186	8621883	00118.2612	02:50	00118.2612	03:58	
53	10 VIV VALLECITO	E	18	57187	151322169	00034.3421	02:49	00034.3421	03:59	
54	10 VIV VALLECITO	E	2DA	370693	1516005228	00126.8521	02:48	00126.8521	04:00	
55	12 VIV LOS ANGELES	I	3	56976	DA19160723	00784.2731	03:08	00784.2735	03:39	
56	12 VIV LOS ANGELES	I	4	56977	1516014294	00001.7601	03:09	00001.7601	03:39	
57	12 VIV LOS ANGELES	I	5	56978	DA19160727	01401.8671	03:12	01401.8671	03:40	
58	12 VIV LOS ANGELES	I	6	56979	DA17010730	00038.3412	03:13	00038.3412	03:41	
59	12 VIV LOS ANGELES	I	7	56980	1510005922	00099.1321	03:14	00099.1321	03:42	
60	12 VIV LOS ANGELES	I	8	56981	1516010356	00060.7296	03:15	00060.7296	03:44	
61	12 VIV LOS ANGELES	I	9	56982	1506000210	00004.4012	03:15	00004.4012	03:45	
62	12 VIV LOS ANGELES	I	10	56983	1516004814	00543.2752	03:07	00543.2759	03:46	
63	12 VIV LOS ANGELES	J	1	56984	DA19160730	00092.0327	03:33	00092.0327	03:48	
64	12 VIV LOS ANGELES	J	4	56987	DA19160730	00000.5300	03:31	00000.5308	03:49	
65	12 VIV LOS ANGELES	J	5	56988	1516010354	01149.9870	03:30	01149.9872	03:50	
66	12 VIV LOS ANGELES	J	6	56989	1516004656	00166.2532	03:29	00166.2532	03:50	
67	12 VIV LOS ANGELES	J	7	56990	1516004811	00831.7057	03:30	00831.7057	03:51	
68	12 VIV LOS ANGELES	J	8	56991	1516004655	00516.8916	03:29	00516.8916	04:06	
69	12 VIV LOS ANGELES	J	9	56992	1516004654	0000.0012	03:28	0000.0012	04:07	
70	12 VIV LOS ANGELES	J	10	56993	EA20555012	00000.2585	03:28	00000.2585	04:07	
71	12 VIV LOS ANGELES	J	11	56994	DA23123061	00042.1534	03:26	00042.1534	04:08	
72	12 VIV LOS ANGELES	J	12	56995	1516014295	00445.8435	03:25	00445.8435	04:08	
73	12 VIV LOS ANGELES	J	13	56996	1516004775	00644.1627	03:24	00644.1627	04:09	
74	12 VIV LOS ANGELES	J	14	56997	1516004772	00064.2104	03:25	00064.2114	04:10	
75	12 VIV LOS ANGELES	J	15	56998	1516004809	00553.3656	03:22	00553.3656	04:10	
76	12 VIV LOS ANGELES	J	17	57000	151316340	00004.3421	03:21	00004.3471	04:11	
77	12 VIV LOS ANGELES	J	18	57001	1516004813	00552.1242	03:20	00552.1242	04:12	
78	12 VIV LOS ANGELES	J	19	57002	1516010353	00381.3020	03:19	00381.3029	04:13	
79	12 VIV LOS ANGELES	J	20	57003	1516004776	00246.2450	03:18	00246.2450	04:14	

### Anexo 15. Evidencias Fotográficas

Para realizar la verificación de micro-medidores se realizó la limpieza de datos de la población total del sub sector 28 y se sub dividió en 3 zonas, un total de nuestra poblacional de 278 viviendas.

- a. Zona alta: Urbanización San Roque, Asociación de viviendas Cayetano Heredia y urbanización Villa Sol. Fecha de salida de campo 25 y 26 de julio 2024, (Lectura inicial 1:00 am-Lectura final 5:00 am).
- b. Zona media: Asociación de vivienda Villa Belén y asociación de vivienda los Ángeles. Fecha de salida de campo 25 y 26 de julio 2024 (Lectura inicial 1:14 am-Lectura final 4:55 am).
- c. Zona baja: Asociación de vivienda Vallecito. Fecha de salida de campo 25 y 26 de julio 2024, (Lectura inicial 2:35 am-Lectura final 3:40 am).



**Fotografía N° 01** Fachada de la vivienda Mz D- Lt 13 Villa Belén (25 de julio 2024 Lectura inicial 1:14 am)



**Fotografía N° 02** Micromedidor Mz D Lote 13 Villa Belén (25 de julio 2024 lectura inicial 1:14 am)



**Fotografía N° 03** Fachada de la vivienda  
Mz D- Lote 06 Villa Belén



**Fotografía N° 04** Micromedidor Mz D  
Lote 06 Villa Belén



**Fotografía N° 05** Fachada de la vivienda  
Mz D- Lote 13 Villa Belén



**Fotografía N° 06** Micromedidor Mz A-  
Lote 26 Villa Belén



**Fotografía N° 07** Fachada de la vivienda  
Mz D- Lote 21 Villa Belén



**Fotografía N° 08** Micromedidor Mz D  
Lote 06 Villa Belén



**Fotografía N° 09** Fachada de la vivienda  
Mz D- Lote 18 Villa Belén



**Fotografía N° 10** Micromedidor Mz D-  
Lote 14 Villa Belén



**Fotografía N° 11** *Micromedidor Mz D- L- Lote 10 San Roque*



**Fotografía N° 12** *Micromedidor Mz D- Lote 09 Vallecito*



**Fotografía N° 13** *Fachada de la vivienda Mz G- Lote 13 Villa Sol*



**Fotografía N° 14** *Micromedidor Mz H- Lote 13 Villa Sol*



**Fotografía N° 15** *Fachada de la vivienda Mz A- Lote 14 Vallecito*



**Fotografía N° 16** *Micromedidor Mz J- Lote 08 Real Felipe*



**Fotografía N° 17** *Fachada de la vivienda Mz G Lote 13 Villa Sol*



**Fotografía N° 18** *Micromedidor Mz G- Lote 13 Villa Sol*



**Fotografía N° 19** Fachada de la vivienda  
Mz C- Lote 15 Vallecito



**Fotografía N° 20** Micromedidor MZ C-  
Lote 15 Vallecito.



**Fotografía N° 21** micromedidor Mz K-  
Lote 18 San Roque.

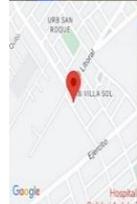


**Fotografía N° 22** Micromedidor Mz K-  
Lote 1 San Roque



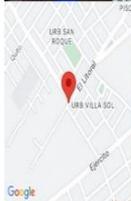
26 jul. 2024 04:15:01  
 18,022811S 70,266612W  
 Avenida Santa Cruz  
 Tacna  
 Altitud:554.6m  
 Velocidad:0.0km/h

**Fotografía N° 23 Fachada de la vivienda**  
 Mz H- Lote 11 Villa Sol



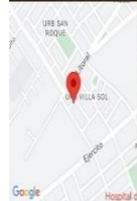
26 jul. 2024 04:15:11  
 18,022811S 70,266612W  
 Avenida Santa Cruz  
 Tacna  
 Altitud:554.4m  
 Velocidad:0.0km/h

**Fotografía N° 24 Micromedidor Mz H-**  
 Lote 11 Villa Sol



26 jul. 2024 04:14:38  
 18,022499S 70,266915W  
 Avenida Santa Cruz  
 Tacna  
 Altitud:600.7m  
 Velocidad:0.0km/h

**Fotografía N° 25 Micromedidor Mz L-**  
 Lote 13 San Roque



26 jul. 2024 03:19:11  
 18,022744S 70,266390W  
 Tacna  
 Altitud:546.2m  
 Velocidad:0.0km/h

**Fotografía N° 26 Micromedidor Mz L-**  
 Lote 14 San Roque



**Fotografía N° 27** Fachada de la vivienda  
Mz C- Lote 10 Villa Sol



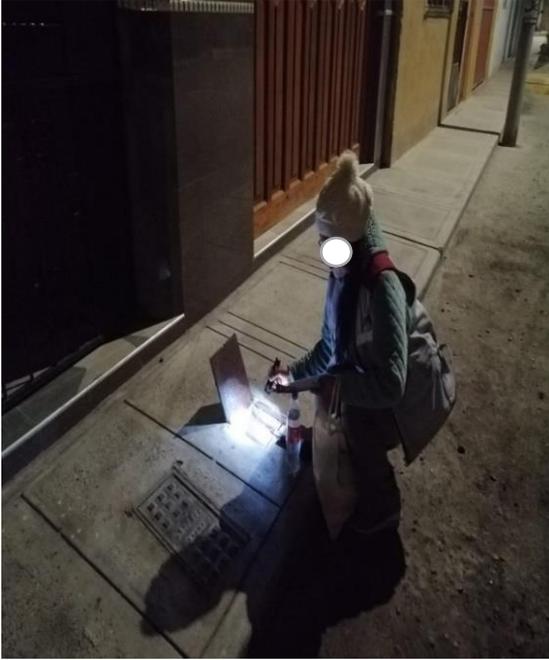
**Fotografía N° 28** Micromedidor Mz F-  
Lote 11 Cayetano Heredia



**Fotografía N° 29** Micromedidor Mz D-  
Lote 10 Vallecito



**Fotografía N° 30** Micromedidor Mz D-  
Lote 02 Vallecito



**Fotografía N° 31** Fachada de la vivienda  
Mz H- Lote 13 San Roque



**Fotografía N° 32** Micromedidor Mz H-  
Lote 13 San Roque



**Fotografía N° 33** Fachada de la vivienda  
Mz B- Lote 13 Villa Belén



**Fotografía N° 34** Micromedidor Mz H-  
Lote 7 Villa Sol



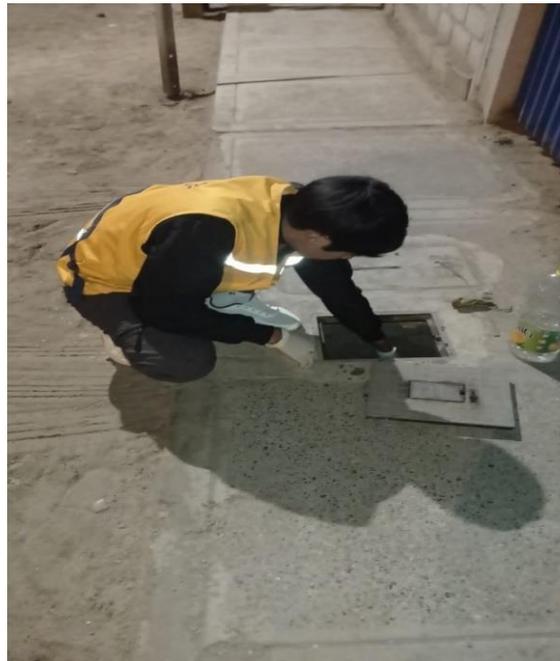
**Fotografía N° 35** Fachada de la vivienda  
Mz E- Lote 05 Vallecito



**Fotografía N° 36** Micromedidor Mz I-  
Lote 02 Villa Sol



**Fotografía N° 37** Fachada de la vivienda  
Mz I- Lote 09 Vallecito



**Fotografía N° 38** Micromedidor Mz B  
Lote 13 Villa Belén

## Anexo 16. Información de catastro comercial de la EPS Tacna S.A.



### GERENCIA COMERCIAL - DIVISIÓN DE CATASTRO COMERCIAL

«Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho»

#### CÉDULA DE NOTIFICACIÓN NRO. 466-2024-810-EPS TACNA S.A.

**NOMBRE** : Sra. VALERIA LLANOS MUÑIZ  
**DIRECCIÓN** : ASOC. ALTIPLANO N° B-01 – CIUDAD NUEVA  
**ASUNTO** : RESPUESTA A REQUERIMIENTO DE INFORMACIÓN  
**REFERENCIA** : HOJA DE TRÁMITE, N° 035851-323  
**FECHA** : 08 de JULIO del 2024

Mediante la presente notificación nos dirigimos a Usted en atención al documento de la referencia, en el cual solicita información referente actualizada del Sub Sector 28 de los meses de marzo, abril y mayo 2024 para el taller de Investigación de la Tesis denominada "Estimación de Pérdidas de Agua en Redes mediante la Metodología de Caudal Mínimo Nocturno en un Subsector Operacional de la Ciudad de Tacna"; respecto a ello, se le remite la información solicitada relacionada a catastro comercial: Padrón de usuarios; Número de conexiones y Número de medidor (según corresponda), contenido brindado mediante memoria portátil (**USB**).

Sin otro particular, gracias por su atención prestada.

  
 DIVISIÓN DE CATASTRO COMERCIAL  
 EPS TACNA S.A.



Tacna, 08 de Julio del 2024 Hora: ..... : .....

#### RECIBI CONFORME

Firma.....  
 Nombre.....  
 D.N.I.....  
 Vínculo o Parentesco.....

#### LLENAR SOLO EN CASO DE ESTAR AUSENTE O NEGATIVA A FIRMAR

Lectura Medidor de Luz	.....	<u>Situación del Predio:</u>	
Color del Predio	.....	En Construcción ( )	Material Noble ( )
Nº de Pisos	.....	Lote Vacío ( )	Lote Cercado ( )
Observaciones	.....		
<b>NOTIFICADOR</b>	: A-018 Carlos Astele V.		



**Anexo 17. Información de plano de conexiones georreferenciadas de la EPS Tacna S.A.**



**GERENCIA COMERCIAL - DIVISIÓN DE CATASTRO COMERCIAL**

«Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho»

**CÉDULA DE NOTIFICACIÓN NRO. 555-2024-810-EPS TACNA S.A.**

**NOMBRE** : Sra. VALERIA LLANOS MUÑOZ  
**DIRECCIÓN** : ASOC. ALTIPLANO N° B-01 – CIUDAD NUEVA  
**ASUNTO** : REQUERIMIENTO DE PLANO DE CONEXIONES GEORREFERENCIADAS  
**REFERENCIA** : HOJA DE TRÁMITE N° 037006-323  
**FECHA** : 02 de AGOSTO del 2024

Mediante la presente notificación nos dirigimos a Usted en atención al documento de la referencia, en el cual solicita Plano de las conexiones georreferenciadas del Sub Sector 28 para el taller de Investigación de la Tesis denominada "Estimación de Pérdidas de Agua en Redes mediante la Metodología de Caudal Mínimo Nocturno en un Subsector Operacional de la Ciudad de Tacna"; respecto a ello, se le remite la información solicitada mediante formato digital (CD).

Sin otro particular, gracias por su atención prestada.

*[Handwritten signature]*  
 DIVISIÓN DE CATASTRO COMERCIAL  
 EPS TACNA S.A.

Tacna, *02* de *Agosto* del 2024 Hora: *11* : *10*

**RECIBI CONFORME**

Firma.....  
 Nombre.....  
 D.N.I.....  
 Vínculo o Parentesco.....

**LLENAR SOLO EN CASO DE ESTAR AUSENTE O NEGATIVA A FIRMAR**

Lectura Medidor de Luz	.....	<b>Situación del Predio:</b>
Color del Predio	.....	En Construcción ( ) Material Noble ( )
Nº de Pisos	.....	Lote Vacío ( ) Lote Cercado ( )
Observaciones	.....	
<b>NOTIFICADOR</b>	: A-018 Carlos Astete V.	

