

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA HIDRÁULICA



**TESIS**

TÍTULO:

ESTIMACIÓN DEL AGUA POTABLE NO FACTURADA EN EL SISTEMA DE  
DISTRIBUCIÓN DE LAS URBANIZACIONES CAJAMARCA Y RAMÓN  
CASTILLA, CAJAMARCA 2021.

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO HIDRÁULICO

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

JHONY ALEXANDER CHÁVEZ SÁNCHEZ

ASESOR:

Dr. Ing. GASPAR VIRILO MÉNDEZ CRUZ

CAJAMARCA- PERÚ

2022

## **AGRADECIMIENTO**

*A mi asesor de tesis, el Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz, que gracias a su experiencia y sabiduría ha direccionado el desarrollo de la presente investigación.*

*A la EPS SEDACAJ S.A., que por intermedio y apoyo del Ing. Marco Narro Centurión – Gerente General, se pudo acceder a la información y equipos de ingeniería que hizo posible el desarrollo de esta investigación.*

*Al Ing. Hugo Muñoz Montoya, por motivar a mi persona a desarrollarme en el sector saneamiento y por incluirme en todos los proyectos de la División de Distribución y Recolección.*

*Al personal técnico operativo y comercial de la División de Distribución y División de medición de la EPS SEDACAJ S.A., que con su apoyo en el manejo de equipos y demás actividades, fueron fundamental para finalizar la presente investigación.*

*Para ellos, muchas gracias por todo.*

## **DEDICATORIA**

*A mis queridos padres, Alfonso Chávez Valdez y Esperanza Sánchez Vásquez, por su apoyo y esfuerzo constante que me permiten cumplir hoy un sueño más. A mis hermanos, por su apoyo moral y compañía en los momentos más difíciles. A mi esposa, por su amor y respaldo en mis metas propuestas. A mis hijos, Mathías Fabricio y Rodrigo Alessandro que son mi motor y mayor inspiración.*

## INDICE

<b>DEDICATORIA</b> .....	III
<b>INDICE</b> .....	IV
<b>INDICE DE TABLAS</b> .....	VI
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	VII
<b>PALABRAS CLAVE</b> .....	X
<b>RESUMEN</b> .....	XII
<b>ABSTRACT</b> .....	XIII
<b>CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>1.1. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	1
1.1.1. CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA .....	1
1.1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	2
1.1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	2
<b>1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	2
1.2.1. Científica .....	2
1.2.2. Técnica práctica.....	2
1.2.3. Institucional y personal.....	3
<b>1.3. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	3
<b>1.4. LIMITACIONES</b> .....	3
<b>1.5. OBJETIVOS</b> .....	4
1.5.1. Objetivo General.....	4
1.5.2. Objetivos Específicos .....	4
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO</b> .....	5
<b>2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	5
2.1.1. ANTECEDENTES LOCALES.....	5
2.1.2. ANTECEDENTES INTERNACIONALES .....	7

<b>2.2. MARCO CONCEPTUAL</b> .....	8
<b>CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	38
<b>3.1. Localización y Ubicación del Área de Estudio</b> .....	38
<b>3.2. Metodología</b> .....	39
3.2.1. Tipo, nivel, diseño y método de investigación.....	39
3.2.2. Muestra de estudio .....	39
3.2.3. Unidad de análisis .....	39
3.2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	39
<b>3.3. Procedimiento</b> .....	51
3.3.1. Sectorización Hidráulica .....	51
3.3.2. Medición de Caudal de Ingreso.....	53
3.3.3. Medición de Presiones .....	58
3.3.4. Recolección de Datos de Pérdidas Operativas .....	60
3.3.5. Recolección de Datos de Pérdidas Comerciales .....	77
<b>CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b> .....	86
<b>4.1. Sectorización Hidráulica</b> .....	86
<b>4.2. Medición de Caudal de Ingreso</b> .....	89
<b>4.3. Medición de Presiones</b> .....	89
<b>4.4. Recolección de Datos de Pérdidas Operativas</b> .....	91
<b>4.5. Recolección de Datos de Pérdidas Comerciales</b> .....	92
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	95
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	97
<b>ANEXOS</b> .....	99

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Balance hídrico de la IWA.....	29
<b>Tabla 2:</b> Clasificación de la IWA de las pérdidas de caudal en el sistema de distribución de agua.....	34
<b>Tabla 3:</b> Tipos de consumidores en la zona de estudio.....	88
<b>Tabla 4:</b> Longitud de Redes de Distribución.....	88
<b>Tabla 5:</b> Válvulas de Control y Grifos Contra Incendios en zona de estudio. ....	88
<b>Tabla 6:</b> Volumen de ingreso a la zona de estudio. ....	89
<b>Tabla 7:</b> Resultados Pérdidas Operativas.....	91
<b>Tabla 8:</b> Resultados Pérdidas Comerciales. ....	92
<b>Tabla 9:</b> Resumen de Pérdidas de Agua Potable. ....	93
<b>Tabla 10:</b> Porcentajes de pérdidas operativas y comerciales. ....	93
<b>Tabla 11:</b> Balance hídrico de la zona de estudio.....	94

## INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Equipo datalogger Nemos N200 (Microcom, 2020).</i>	12
<i>Figura 2: Macromedidor tipo propela (CONAGUA, 2019).</i>	14
<i>Figura 3: Macromedidor Tipo Turbina (CONAGUA, 2019).</i>	14
<i>Figura 4: Medidor ultrasónico con sensores y registrado externo independientes (CONAGUA, 2019).</i>	15
<i>Figura 5: Funcionamiento de los sensores de señal (CONAGUA, 2019).</i>	15
<i>Figura 6: Medidor ultrasónico con sensores y registrador electrónico integrados (CONAGUA, 2019).</i>	16
<i>Figura 7: Teclas del UFC 300P.</i>	17
<i>Figura 8: Principio de medida del UFC 6300P.</i>	18
<i>Figura 9: Medidor electromagnético de inserción (CONAGUA, 2019).</i>	19
<i>Figura 10: Modelo de fugas, basado en el método de los caudales nocturnos (Escobar, 2011).</i>	27
<i>Figura 11: Componentes del caudal mínimo nocturno (Aguerri, 2006).</i>	28
<i>Figura 12: Evolución del agua no facturada 2015-2019 (SUNASS, 2020).</i>	30
<i>Figura 13: Geófono acústico AQUAPHON A200 (SEDACAJ, 2021).</i>	36
<i>Figura 14: Correlador SERCORR C200 (SEDACAJ, 2021).</i>	37
<i>Figura 15: Ubicación geográfica del área de estudio.</i>	38
<i>Figura 16: Vista satelital del área de estudio (Google Earth, 2021).</i>	38
<i>Figura 17: Ficha de registro hermeticidad de válvulas.</i>	40
<i>Figura 18: Ficha de registro de la medición de presión.</i>	40
<i>Figura 19: Ficha de registro de la medición de caudales.</i>	41
<i>Figura 20: Ficha de registro de fugas en cajas de registro.</i>	41
<i>Figura 21: Ficha de registro de fugas en redes.</i>	42
<i>Figura 22: Ficha de registro de fugas en abrazaderas.</i>	42
<i>Figura 23: Ficha de registro de fugas visibles.</i>	43
<i>Figura 24: Notificación de retiro de medidor (SEDACAJ, 2021).</i>	44
<i>Figura 25: Acta de retiro de medidor de agua potable (SEDACAJ, 2021).</i>	45
<i>Figura 26: Manómetro (SEDACAJ, 2021).</i>	46

<b>Figura 27:</b> Datalogger Nemos N200 (SEDACAJ, 2021).	46
<b>Figura 28:</b> Datalogger Nemos N200 (SEDACAJ, 2021).	47
<b>Figura 29:</b> Caudalímetro Portátil OPTISONIC 6300 P – KROHNE (SEDACAJ, 2021).	48
<b>Figura 30:</b> Caudalímetro Portátil OPTISONIC 6300 P – KROHNE (SEDACAJ, 2021).	48
<b>Figura 31:</b> Geófono AQUAPHON A200, (SEDACAJ, 2021).	49
<b>Figura 32:</b> Correlador SERCORR C200, (SEDACAJ, 2021).	49
<b>Figura 33:</b> Banco de Prueba para Micromedidores de Agua Fría Triveca, (SEDACAJ, 2021).	50
<b>Figura 34:</b> Software utilizados.	50
<b>Figura 35:</b> Apertura y cierre de válvulas de control con llave tee.	52
<b>Figura 36:</b> Personal técnico realizando limpieza de tubo señal de válvulas de control.	52
<b>Figura 37:</b> Ubicación cámara de ingreso al sector, Jr. Progreso – Av. El Maestro. ...	53
<b>Figura 38:</b> Instalación del Caudalímetro portátil en la tubería de ingreso de agua potable.	54
<b>Figura 39:</b> Registro de datos de caudal de ingreso a las Urbanizaciones Cajamarca y Ramón Castilla.	55
<b>Figura 40:</b> Distribución de frecuencias de caudales promedio de ingreso de agua potable a las Urbanizaciones Cajamarca y Ramon Castilla.	56
<b>Figura 41:</b> Grafica de caja, Caudal de ingreso a las Urbanizaciones Cajamarca y Ramón Castilla.	56
<b>Figura 42:</b> Estadísticos descriptivos del caudal de ingreso.	57
<b>Figura 43:</b> Servidor Zeus Web para la descarga de datos de presión.	58
<b>Figura 44:</b> Mediciones de presión en cajas de registro de los usuarios.	59
<b>Figura 45:</b> Instalación de datalogger en cámara de ingreso a la zona de estudio.	59
<b>Figura 46:</b> Ficha de toma de datos de medición de presión.	60
<b>Figura 47:</b> Verificación de la hermeticidad de válvulas de control.	61
<b>Figura 48:</b> Ficha de registro de hermeticidad de válvulas en zona de estudio.	62
<b>Figura 49:</b> Instalación caudalímetro portátil.	63
<b>Figura 50:</b> Ficha de registro de datos de la medición de caudales.	64
<b>Figura 51:</b> Fuga visible en cámara de ingreso al sector.	65
<b>Figura 52:</b> Estado de macromedidor en cámara de ingreso al sector.	66

<i>Figura 53: Ficha de registro de fugas visibles.</i> .....	67
<i>Figura 54: Foto de auscultación en conexiones domiciliarias con geófono.</i> .....	68
<i>Figura 55: Vista de fuga en caja de medidor.</i> .....	69
<i>Figura 56: Vista de fugas en caja de medidor.</i> .....	69
<i>Figura 57: Excavación para reparación de fuga en abrazadera.</i> .....	73
<i>Figura 58: Fuga en abrazadera.</i> .....	74
<i>Figura 59: Estado de las abrazaderas instaladas en el sector.</i> .....	74
<i>Figura 60: Ficha de registro de fugas en cajas de medidor – Parte 1.</i> .....	75
<i>Figura 61: Ficha de registro de fugas en cajas de medidor – Parte 2.</i> .....	76
<i>Figura 62: Determinación del tamaño de muestra de medidores mayores a 5 años. ...</i>	77
<i>Figura 63: Distribución de la cantidad de medidores por antigüedad.</i> .....	78
<i>Figura 64: Llenado de notificación de retiro de medidor.</i> .....	78
<i>Figura 65: Retiro de micromedidores con apoyo de personal técnico de la EPS.</i> .....	79
<i>Figura 66: Llenado del Acta de retiro de medidor de agua potable.</i> .....	80
<i>Figura 67: Limpieza de medidores para prueba de contrastación.</i> .....	81
<i>Figura 68: Contrastación de medidores en banco de pruebas.</i> .....	82
<i>Figura 69: Resultado de contrastación de medidores – Parte 1.</i> .....	83
<i>Figura 70: Resultado de contrastación de medidores – Parte 2.</i> .....	84
<i>Figura 71: Límites de la zona en estudio.</i> .....	86
<i>Figura 72: Cámara de ingreso al sector, ubicada en el Jr. Progreso esquina con Av. El Maestro.</i> .....	87
<i>Figura 73: Gráfico de monitoreo de presiones.</i> .....	90
<i>Figura 74: Presión mínima, máxima y promedio en zona de estudio.</i> .....	91
<i>Figura 75: Porcentaje de pérdidas operativas.</i> .....	92

## **PALABRAS CLAVE**

En la presente investigación se emplearon las siguientes palabras clave:

- **Agua potable:** es aquella que, por cumplir las características físicas, químicas y microbiológicas, en las condiciones señaladas de las normas que la reglamenten, es apta para consumo humano. Se utiliza en bebida directa, en la preparación de alimentos o en la higiene personal.
- **Servicio de agua potable:** servicio público que comprende una o más de las actividades de captación, conducción, tratamiento y almacenamiento de recursos hídricos para convertirlos en agua potable y distribuirlo a los usuarios mediante redes de tuberías o medios alternativos.
- **Red de distribución:** sistema de tuberías que conduce el agua potable a lo largo de las calles de una localidad para consumo de los usuarios.
- **Sectorización hidráulica:** el término sectorización es conocido como la formación de zonas de suministro autónomas, mas no independientes, dentro de una red de distribución; en otras palabras, es la división o partición de la red en muchas pequeñas redes, con el fin de facilitar su operación (CONAGUA, 2006).
- **Distrito hidrométrico:** sección de la red de agua potable en la que se controlan las entradas y salidas, para realizar mediciones de consumo y hacer el balance de volúmenes de agua.
- **Asignación de consumo:** cantidad de agua requerida por una localidad completa, una parte de ella, sector industrial, o industria específica, para facilitar las actividades (domésticas, comerciales, industriales, turísticas, etc.) que ahí tienen lugar.
- **Dotación:** cantidad de agua asignada a cada habitante para satisfacer sus necesidades personales en un día medio anual (es el cociente de la demanda entre la población de proyecto).
- **Agua no facturada:** volumen de agua producida pero no facturada, es decir no cobrada a los clientes. Se expresa como porcentaje del volumen de agua producida. Comprende las pérdidas de agua por fugas en la red, submedición, deficiente asignación de consumos, consumos clandestinos y gasto en procesos (por ejemplo, lavado de filtros de plantas de tratamiento de agua potable).
- **Balance hídrico:** es el método para calcular los volúmenes de pérdidas de agua potable que se presentan tanto en los procesos operativos como en los procesos comerciales en un sistema de acueducto. Se realiza a partir de la evaluación de la

información general relacionada con la prestación del servicio de acueducto y en especial de los resultados de los diagnósticos empresarial, comercial y técnico del sistema (Gutiérrez, 2016).

- **Pérdidas Operativas:** consideradas pérdidas físicas o reales; son volúmenes de agua perdidas dentro de un determinado periodo a través de todo tipo de fugas, roturas de tubos y reboses.
- **Pérdidas Comerciales:** son pérdidas que no se deben a fugas físicas en la infraestructura, sino que están causadas por otros factores.
- **Consumo clandestino:** es aquel consumo no autorizado por parte de la empresa prestadora, es aquel consumo realizado por las conexiones ilegales o medidores vandalizados o manipulados de los clientes.
- **Contratación:** procedimiento técnico que determina el grado de precisión del medidor de agua potable de acuerdo con las normas metrológicas vigentes y las recomendaciones establecidas en el Reglamento de Calidad de la Prestación de Servicios de Saneamiento. Este procedimiento consiste en la comparación entre el volumen de agua potable registrado por un medidor contra un instrumento patrón certificado por INDECOPI (SUNASS, 2007).
- **Banco de medidores:** es aquel instrumento de medición que se encarga de la contrastación de los medidores de agua potable, se encarga de mantener en buen estado el parque de medidores de agua potable de una EPS, ya que es el regulador, controlador, verificador del funcionamiento y columna vertebral en cuanto a la medición de consumos y facturación (Laura, 2013).

## RESUMEN

La presente tesis denominada “Estimación del Agua Potable No Facturada en el Sistema de Distribución de las Urbanizaciones Cajamarca y Ramón Castilla, Cajamarca 2021”, tiene como objetivo principal estimar el volumen de agua no facturada para un sistema de abastecimiento compuesto por redes de asbesto cemento, como es el caso de las urbanizaciones mencionadas, ubicada en la provincia de Cajamarca del departamento de Cajamarca; considerando la gran importancia que tiene el indicador de agua no facturada para las empresas prestadoras de servicios de saneamiento, será de gran utilidad en la obtención de información valiosa que permita diseñar estrategias más convenientes para combatir las pérdidas de agua potable.

Como estrategia principal se utilizó el balance hídrico, que incluye trabajos de sectorización hidráulica, medición de la asignación de consumo, monitoreo de presiones, detección de pérdidas operativas y pérdidas comerciales. Para la recolección de pérdidas operativas se realizó la detección de fugas visibles y no visibles, se utilizó equipos de detección acústica. Los datos de pérdidas comerciales se realizaron a través de la contrastación de micromedidores y detección de conexiones clandestinas.

Finalmente, se logró estimar el volumen de agua no facturada en el sistema de abastecimiento de agua potable en las urbanizaciones Cajamarca y Ramón Castilla, resultando un volumen de 2223.91 m<sup>3</sup>, representando el 21.50 % del volumen total distribuido.

## **ABSTRACT**

The present thesis called "Estimation of Non-Invoiced Drinking Water in the Distribution System of the Cajamarca and Ramón Castilla Urbanizations, Cajamarca 2021", has as its main objective to estimate the volume of non-invoiced water for a supply system composed of asbestos cement networks. , as is the case of the urbanizations mentioned, located in the province of Cajamarca in the department of Cajamarca; Considering the great importance of the non-revenue water indicator for companies providing sanitation services, it will be very useful in obtaining valuable information that will allow the design of more convenient strategies to combat drinking water losses.

As a main strategy, the water balance was used, which includes hydraulic sectorization works, measurement of consumption allocation, pressure monitoring, detection of operational losses and commercial losses. For the collection of operating losses, the detection of visible and non-visible leaks was carried out, acoustic detection equipment was used. The commercial loss data was made through the verification of micrometers and the detection of clandestine connections.

Finally, it was possible to estimate the volume of non-billed water in the drinking water supply system in the Cajamarca and Ramón Castilla urbanizations, resulting in a volume of 2223.91 m<sup>3</sup>, representing 21.50% of the total volume distributed.

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

El agua potable proviene de procesos de captación, transformación en apta para el consumo humano y distribución a los consumidores. En estos procesos se producen diferencias entre el volumen que ingresa y el que sale, las que se denominan pérdidas. Las pérdidas reales o físicas, que se dan a través de las fugas en redes de distribución y las pérdidas aparentes, que son volúmenes de agua distribuidos sin ser facturados; generan disminución en los ingresos económicos de la empresa prestadora del servicio, de la misma manera causan problemas de presión reducida, interrupciones del servicio y suministro desigual.

La EPS SEDACAJ S.A., no es ajena a esta problemática, debido a la falta de planificación de renovación de redes, monitoreo y control de presión de servicio, control activo de fugas, entre otros. A partir de este problema es que nace la presente investigación, de interés y solución progresiva, la cual se enfocará en estimar el volumen de agua no facturada en el sistema de abastecimiento de agua potable en las Urbanizaciones Cajamarca y Ramón Castilla de la ciudad de Cajamarca. Utilizando una estrategia que incluye acciones como: trabajos de sectorización hidráulica, medición de la asignación de consumo, monitoreo de presiones, detección de pérdidas operativas y pérdidas comerciales.

### **1.1. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN**

Las entidades prestadoras de servicio de agua potable no cuentan con información actualizada respecto a la estimación del porcentaje de agua no facturada. El agua no facturada representa el volumen de agua que ha sido producida, pero se pierde y no llega al usuario, estas pérdidas de agua potable se dan por el inadecuado funcionamiento del sistema de distribución.

#### **1.1.1. CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA**

En el proceso de distribución de agua potable, existen diferencia entre el volumen asignado a un determinado sector y el volumen consumido por los usuarios de este, a esta diferencia se le denomina pérdidas de agua potable.

El agua no facturada afecta directamente a los usuarios y a la entidad prestadora del servicio. La reducción y control del agua no facturada permite preservar el recurso para las generaciones futuras, ampliar la cobertura y continuidad de la demanda existente de agua; permitirá la disminución de los reclamos, interrupción del servicio y suministro desigual. Asimismo, la entidad prestadora se ahorrará los costos de captar, tratar y distribuir agua perdida, que no genera ningún ingreso económico.

### **1.1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

En los diferentes distritos hidrométricos de la ciudad de Cajamarca, no se cuenta con información actualizada respecto a la estimación del porcentaje de agua no facturada. El agua no facturada tiene relación directa con las pérdidas de agua potable, que se dan por el inadecuado funcionamiento del sistema de distribución.

### **1.1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

La presente investigación busca responder la siguiente pregunta:

¿Cuánto es el porcentaje de Agua No Facturada (ANF) en el sistema de abastecimiento de Agua Potable en las Urbanizaciones Cajamarca y Ramón Castilla?

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

### **1.2.1. Científica**

La presente investigación tiene un tratamiento científico en cuanto al proceso y obtención de resultados. Se dispone de equipos necesarios para la investigación, registros diarios, registros históricos y diversos formatos para la recolección de datos, así como el debido conocimiento para el procesamiento y obtención de resultados.

### **1.2.2. Técnica práctica**

La estimación del agua no facturada proporcionará información de las pérdidas de agua potable en sus componentes operativos y comerciales. Estableciendo una estrategia que abarca las acciones de: sectorización hidráulica, medición de caudal, medición de presión, fugas visibles y no visibles, errores en la

micromedición, hurto y clandestinaje. Esta estrategia servirá como guía para otros investigadores que deseen desarrollar su investigación en sectores hidrométricos de similares o diferentes características.

### **1.2.3. Institucional y personal**

La presente investigación, contribuye al incremento de fuentes de información, propicia el aprendizaje, genera conocimiento y quedará a disposición de futuros investigadores.

Asimismo, la presente investigación es fundamental ya que permite enriquecer el conocimiento, generar experiencia en las actividades de la entidad donde se desarrolla la investigación y alcanzar la meta anhelada del título profesional.

## **1.3. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

El presente estudio considera el sistema de distribución de agua potable de la Urbanización Cajamarca y Ramón Castilla, sistema que cuenta en su totalidad con tuberías de asbesto cemento (AC) con más de 40 años de antigüedad; ubicado en el distrito de Cajamarca, provincia de Cajamarca, departamento de Cajamarca y comprendida entre la Av. El Maestro, Jr. Cumbe Mayo, Jr. Progreso y Av. Mario Urteaga.

## **1.4. LIMITACIONES**

Durante el desarrollo de la sectorización hidráulica es posibles encontrar incongruencias entre plano catastral e infraestructura sanitaria existente en campo, dificultando hermetizar el distrito hidrométrico.

En los trabajos de detección de fugas y contrastación de micromedidores se utilizarán equipos de detección acústicos y banco prueba de micromedidores, respectivamente. Dichos trabajos tendrán que ser ejecutados por personal técnico calificado y según disponibilidad, por lo que se depende de ello para el debido cumplimiento del cronograma propuesto para la investigación.

La estimación del caudal de pérdidas en fugas visibles y no visibles se realizará mediante el método volumétrico.

## **1.5. OBJETIVOS**

### **1.5.1. Objetivo General**

Estimar el volumen de agua no facturada en el sistema de abastecimiento de agua potable en las Urbanizaciones Cajamarca y Ramón Castilla, 2021.

### **1.5.2. Objetivos Específicos**

- Caracterizar la red de distribución de agua potable en las Urbanizaciones Cajamarca y Ramón Castilla.
- Estimar el consumo asignado promedio que se brinda a las Urbanizaciones Cajamarca y Ramón Castilla, en el periodo de diciembre del 2021 a agosto del 2022.
- Estimar las pérdidas operativas de agua potable en la red de distribución, en el periodo de diciembre del 2021 a agosto del 2022.
- Estimar las pérdidas comerciales de agua potable en la red de distribución, en el periodo de diciembre del 2021 a agosto del 2022.
- Detectar y estimar los consumos clandestinos, en el periodo de diciembre 2021 a agosto del 2022.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

#### 2.1.1. ANTECEDENTES LOCALES

**Cahuana, B. (2019)** en su tesis de investigación: “Análisis y determinación de agua no contabilizada en pérdidas operativas y comerciales, en el sistema de abastecimiento de agua potable zona III E.P.S SEDACUSCO S.A.”. Realizó toma de lecturas de caudales de ingreso hacia la Zona III, toma de presiones, correlación para detectar fugas en las redes y acometidas. Las pérdidas comerciales de agua fueron proporcionadas por la EPS Sedacusco S.A. Concluyendo que el volumen de agua no contabilizada en el sistema de abastecimiento de agua potable de la Zona III es el 22% del volumen de agua total distribuida en la Zona III.

**Ticona, E. & Quiroz, J. (2019)** en su tesis de investigación: “Reducción de pérdidas y agua no contabilizada del sector II-B en la ciudad de Ilo”. Realizaron el cálculo del balance hídrico propuesto por la Asociación Internacional del Agua, adicional a ello realizaron modelamiento hidráulico del sector II-B de la ciudad de Ilo. Concluyendo que el volumen de que el porcentaje de pérdidas asciende a 41.94 %, de las cuales 1.32% son pérdidas aparentes y un 40.62% son pérdidas operacionales, con el modelo hidráulico se planteó una mejora para el sector II-B a partir de la rehabilitación de válvulas reductoras de presión teniendo como resultado la reducción de la presión estática y promedio y así reducir los caudales de fuga, la evaluación de caudales mínimos nocturnos resultó una metodología eficiente logrando recuperar un caudal de pérdidas de 5.76 l/s, dicho caudal representa en un día un volumen de 497.6 m<sup>3</sup> prácticamente más de la mitad del reservorio que abastece al sector.

**Guarnizo, M. & Sánchez, A. (2019)** en su tesis de investigación: “Reducción de pérdidas de agua potable mediante el método de sectorización en el distrito de Salaverry, departamento La Libertad”. Plantearon una estrategia que busca reducir las pérdidas de agua en el distrito de Salaverry, mediante el método de la sectorización; plantean que el proyecto deberá iniciar con el censo catastral de todos los usuarios de SEDALIB S.A, considerando la instalación de medidores por los conceptos de ampliación, renovación y reposición; se consideró la reducción de conexiones inactivas y factibles, pues se estima que varios usuarios continúan haciendo uso ilegal de los servicios. Concluyendo que el método de la sectorización busca reducir un 60% de las pérdidas de agua potable

del distrito de Salaverry, como medida de control será necesario realizar un balance hídrico trimestral en principio y posteriormente mensual, ya que es fundamental para la evaluación del problema general (pérdidas de agua); para la reducción de pérdidas aparentes se han determinado actividades netamente comerciales, que conllevan a la disminución de hurto de agua a través de la detección de instalaciones clandestinas e inactivas, sub registro de medidores a través del reemplazo continuo de los mismos, mejorar dimensionamiento de medidores, determinar tipo de medidor más adecuado y disminución de errores de facturación.

**Gutiérrez, E. (2016)** en su tesis de investigación: “Análisis y determinación de agua no facturada (ANF) en el sistema de abastecimiento de agua potable en la subzona Larapa en la E.P.S Sedacusco S.A”. Determinó y analizó el porcentaje de pérdidas de Agua No Facturada (ANF) en sus formas de presentación de pérdidas de agua operacional y pérdidas de agua comercial. Para determinar el volumen de distribución se utilizó el equipo caudalímetro de ultrasonido PT878. Se ubicaron las pérdidas operativas de agua potable por fugas en cajas de registro, por fugas en redes, fugas en acometidas y abrazaderas. Las pérdidas comerciales se determinan ubicando pérdidas de agua por error de medición en la micromedición, por hurto y clandestinaje. Concluyendo que el Agua No Facturada es del 69% respecto a la dotación de ingreso al sector. Además, que la mayor incidencia de pérdidas de agua potable se da en las pérdidas operativas, por el exceso de presión en redes, movimiento de suelos, calidad de materiales, mano de obra inexperta en la operación y mantenimiento de la red de distribución.

**Porras, O. (2014)** en su investigación: “Reducción de pérdidas de caudal en red de tuberías para mejorar distribución de agua potable – sector San Carlos – La Merced, en Huancayo-Perú”. Utilizó técnicas como el balance hídrico, que tiene como finalidad estimar cada componente de agua que se añade y se deduce en un sistema de abastecimiento de agua dentro de un periodo definido; utilizó también la sectorización de redes de distribución que es esencial para controlar continuamente fugas y modelado de redes que permite anticipar resultados en las redes de agua. Concluyendo que dichas técnicas utilizadas en el sector de San Carlos permitieron una disminución de pérdidas de agua en 40.5 %, de igual manera se logró un incremento en el promedio de la continuidad en las partes altas de la localidad de la Merced, de 15:55:00 horas/día a 21:05:00 horas/días.

## 2.1.2. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

**Fragoso, L. & Toxky, G. (2016)** en el artículo de investigación: “La sectorización en redes de agua potable para mejorar su eficiencia hidráulica”, publicada en México. Realizó la sectorización de la red de agua potable del sector MHO-31 de la Delegación Miguel Hidalgo de la ciudad de México, con la finalidad de mejorar la entrega, distribución y control de caudales, mediante, la instalación de válvulas de seccionamiento, válvulas reguladoras de presión y otros accesorios. Utilizó también el software EPANET para realizar un modelo hidráulico, el cual fue calibrado en relación con las pérdidas de agua y caudal, considerando datos medidos y el coeficiente del emisor. Finalmente, logró recuperar un volumen por día de 14262 m<sup>3</sup>, al reducirse las fugas de agua considerablemente.

**Ojeda, M. (2012)** en su tesis de investigación: “Metodología para la Reducción de Pérdidas en Redes de Agua Potable y su Puesta en Práctica en la Red de Ciudad Universitaria de la UNAM”, publicada en México. Utilizó estrategias como la sectorización y detección de fugas para la reducción de pérdidas de agua en la Ciudad Universitaria de la UNAM. Finalmente, llegó a eliminar un caudal de fuga de 21 l/s, teniendo como consecuencia el ligero aumento en la presión de la red de cada sector y, por lo tanto, la transferencia de esos flujos a otra parte de la red, determinó que con la instalación de válvulas reguladoras de presión se logrará ahorrar el 50% del agua que se pierde en fugas.

**Uribe J. & Monsalve, M. (2010)** en su tesis de investigación: “Programa de Reducción de Pérdidas de Agua en la Red de Distribución del Sistema de Acueducto del Municipio de San Gil”, publicada en Colombia - Bucaramanga. Tuvo como objetivo principal lograr la eficiencia en la administración de los recursos hídricos, desde el punto de vista ambiental, técnico y comercial. Utilizó como estrategias la sectorización hidráulica de la red como herramienta fundamental en la optimización de los procesos operativos. Concluyendo que la disminución de pérdidas debe basarse en la metodología de control de presiones en la red y el montaje de un modelo hidráulico confiable, y que constituyen una herramienta de mejora continua de la entidad y un indicador clave de gestión.

**Molina, S. (2009)** en su tesis de investigación: “Metodología para reducción de pérdidas técnicas en el sistema de distribución de AA. PP del suburbio oeste de la

ciudad de Guayaquil”, publicada en Guayaquil - Ecuador. Tuvo como objetivo principal, presentar la metodología de reducción de pérdidas técnicas aplicada en el sistema de distribución de AA. PP del suburbio oeste de la ciudad de Guayaquil. Utilizó una metodología que consiste en delimitar zonas de la red de distribución, de tal manera que mediante la medición del caudal suministrado a cada una de ellas se puede obtener un indicador de pérdidas técnicas; aplicó la sectorización operacional de la red, el control activo de fugas, gestión de la presión y gestión de la infraestructura. Concluyendo que la aplicación de la metodología implantada logra resultados importantes a corto plazo; reduciendo el nivel de pérdidas técnicas al menor costo posible, y el tiempo de existencia de fugas a un mínimo viable desde criterios técnicos y económicos.

## **2.2. MARCO CONCEPTUAL**

### **SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE**

#### **- Red de Distribución**

Una red de distribución es el conjunto de tubos, accesorios y estructuras que conducen el agua desde tanques de servicio o de distribución hasta la toma domiciliaria o hidrantes públicos. Su finalidad es proporcionar agua a los usuarios para consumo doméstico, público, comercial industrial y para condiciones extraordinarias como extinguir incendios (CONAGUA, 2019).

La red de distribución está considerada por todo el sistema de tuberías desde el tanque de distribución hasta aquellas líneas de las cuales parten tomas o conexiones domiciliarias (UNATSABAR, 2015).

#### **- Componentes de la Red de Distribución**

Tuberías: se llama así al conjunto formado por los tubos (conductos de sección circular) y su sistema de unión o ensamblaje. De acuerdo a su función, la red de distribución puede dividirse en Red Primaria que está constituida por los tubos de mayor diámetro, a la tubería que conduce el agua desde el tanque de regulación hasta el punto donde inicia la distribución (llamada línea de alimentación) se considera parte de la red primaria y red secundaria que está constituida por la tubería de menor diámetro, la cual abarca la mayoría de las calles de la localidad (CONAGUA, 2019).

Piezas especiales: son todos aquellos accesorios que se emplean para llevar a cabo ramificaciones, intersecciones, cambios de dirección, modificaciones de diámetro, uniones de tubería de diferente material o diámetro y terminales de los conductos, entre otros (CONAGUA, 2019).

Válvulas: son accesorios que se utilizan para disminuir o evitar el flujo en la tubería. Pueden ser clasificadas de acuerdo con su función en dos categorías: Aislamiento o seccionamiento que son utilizadas para separar o cortar el flujo del resto del sistema de abastecimiento en ciertos tramos de tubería, bombas y dispositivos de control con el fin de revisarlos o repararlos y de Control que son usadas para regular el gasto o la presión, facilitar la entrada de aire o salida de sedimentos o aire atrapadas en el sistema (CONAGUA,2019).

Hidrantes: se le llama así a una toma o conexión especial instalada en ciertos puntos de la red, con el propósito de abastecer de agua a varias familias (hidrante público) o conectar una manguera o una bomba destinados a proveer agua para combatir el fuego, hidrante contra incendio (CONAGUA, 2019).

Tanques de distribución: es un depósito situado generalmente entre la captación y la red de distribución que tiene por objeto almacenar el agua proveniente de la fuente. El almacenamiento permite regular la distribución o simplemente prever fallas en el suministro, aunque algunos tanques suelen realizar ambas funciones. Se le llama tanque de regulación cuando guarda cierto volumen adicional de agua para aquellas horas del día en las cuales la demanda en la red sobrepasa el volumen suministrado por la fuente (CONAGUA, 2019).

Tomas domiciliarias: es el conjunto de piezas y tubos que permite el abastecimiento desde una tubería de la red de distribución hasta el predio del usuario, así como la instalación de un medidor. Es la parte de la red que demuestra la eficiencia y calidad del sistema de distribución, pues es la que abastece de agua directamente al consumidor (CONAGUA, 2019).

Los rebombes consisten en instalaciones de bombeo que se ubican generalmente en puntos intermedios de una línea de conducción y excepcionalmente dentro de la red de distribución. Tienen el objetivo de elevar la carga hidráulica en el punto de su ubicación para mantener la circulación del agua en la tubería. Se utilizan cuando se requiere: interconexión entre tanques que abastecen diferentes zonas,

transferencia de agua de una línea ubicada en partes bajas de la red al tanque de regulación de una zona de servicio en una zona alta, incremento de presión en una zona determinada mediante rebombeo directo a la red o booster (CONAGUA, 2019).

Las cajas rompedoras de presión son depósitos con superficie libre del agua y volumen relativamente pequeño, cuya función es permitir que el flujo de la tubería se descargue en esta, eliminando de esta forma la presión hidrostática y estableciendo un nuevo nivel estático aguas abajo (CONAGUA, 2019).

#### - **Caudal**

Se conoce como caudal, a la cantidad de fluido que circula a través de una sección de un conducto, ya sea tubería, cañería, oleoducto, río, canal, por unidad de tiempo. La unidad principal de medida es el  $m^3/s$  (Cahuana, 2019).

La dotación de agua es la cantidad de agua por unidad de tiempo, necesaria para un sistema de abastecimiento de agua potable considerando cada uno de los habitantes, incluyendo todos los servicios que se realizan en un día anual tomando en cuenta las pérdidas operativas y comerciales (Gutiérrez, 2016).

El caudal promedio es el resultado de una estimación de consumo per cápita para la población futura del periodo de diseño, adicionando los gastos por eventualidades (Arocha, 1979).

La información que proporcionan los caudales mínimos nocturnos que son suministrados a la red de distribución de agua potable es valiosa, pues las variaciones de estos caudales a lo largo de periodos sucesivos de tiempo permiten revelar pérdidas escondidas en el sistema (Cahuana, 2019).

Pero los caudales nocturnos brutos no pueden ser correlacionados directamente con las pérdidas en el sistema de distribución, pues estos incluyen los consumos nocturnos domésticos y no domésticos realizados por industrias, hospitales y servicios públicos; las cuales deben ser estimadas. (Molina, 2009)

#### - **Presión**

En un fluido en reposo o estático la presión en un punto es igual al peso de la columna de líquido por unidad de área. En otras palabras, la presión en un líquido es igual a la altura de la columna de líquido ( $h$ ) por su peso específico ( $\gamma$ ).

$$P = \gamma h$$

donde:

$P$  : Presión de un líquido ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

$h$  : Altura del líquido (m)

$\gamma$  : Peso específico del líquido ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

Por tanto, la presión en un líquido es directamente proporcional a la altura del líquido sobre este. Las unidades de presión expresadas como columna de un líquido provienen de esta propiedad de la presión de los fluidos, por ejemplo, m  $\text{H}_2\text{O}$ , mm  $\text{H}_2\text{O}$ , Plg  $\text{H}_2\text{O}$ , mm Hg, cm Hg, Plg Hg.

La presión estática sucede cuando un cuerpo se sumerge en un fluido, éste ejerce una fuerza perpendicular a la superficie del cuerpo en cada punto de la superficie.

La presión dinámica es la presión que se produce por el efecto de la velocidad del fluido, esta se ejerce solamente en la dirección del fluido, depende de la velocidad y la densidad del fluido.

Realizar la medición de la presión en los sistemas de agua es de primordial importancia, ya que este parámetro es un indicador de la calidad del servicio suministrado de agua de los sistemas responsables.

La presión estática no será mayor de 50 m en cualquier punto de la red. En condiciones de demanda máxima horaria, la presión dinámica no será menor de 10 m (OS.050, 2009).

Utilizaremos el equipo Datalogger NEMOS N200 para monitorear la presión en el sector de la investigación. A continuación, algunos datos técnicos de este equipo.

El Nemos N200 es un dispositivo de adquisición de datos GSM que está concebido específicamente para su instalación en arquetas y entornos con alto grado de humedad (grado de protección IP68). Este equipo cuenta con 4 entradas digitales, que pueden ser empleadas tanto para la lectura de caudalímetros como para alarmas de propósito general, y 2 entradas analógicas configurables en modo tensión o bucle de corriente. Para la alimentación de las sondas analógicas se han

provisto dos salidas capaces de proporcionar una tensión en rango 5 a 24 voltios. Gracias a su bajo consumo y al uso de pilas de litio de alta capacidad se obtiene una autonomía de 10 años en operación estándar (registro de caudal cada 5 minutos y transmisión diaria).

El NEMOS N200 es el datalogger más avanzado en su sector y se sitúa a la vanguardia en cuanto a la detección de transitorios hidráulicos y conectividad inalámbrica. Este equipo puede integrar hasta 2 sensores de presión de línea, siendo uno de ellos de muy alta frecuencia (128 muestras por segundo), lo que permite la captura de las presiones de pico y golpes de ariete con gran fidelidad. En cuanto a la conectividad, incorpora tecnología Bluetooth LE (4.0) para la comunicación local con el PC y para la transmisión de datos puede utilizar las redes GPRS, 3G y NB-IoT.

Todas estas características hacen del Nemos N200 un dispositivo particularmente adecuado para aplicaciones de sectorización de redes y tele-lectura de contadores en redes de suministro de agua.



**Figura 1:** Equipo datalogger Nemos N200 (Microcom, 2020).

**LEDs de estado:** Este equipo tiene integrados dos indicadores LED: el LED GSM y el LED ERR. Estos leds muestran el estado del dispositivo, indicando el nivel de conectividad y los posibles errores detectados. Los LEDs solo se activan mientras el equipo está en modo “despierto”.

**Conector de antena:** Conector de antena tipo SMA.

Contacto REED: Permite despertar el dispositivo al acercar un imán al lugar indicado durante 5 segundos. Al despertarse el equipo encenderá los LEDS, el modem GSM y el Bluetooth durante un periodo de tiempo.

Marca de Posicionamiento: Muecas para cerrar el dispositivo correctamente.

- **Macromedición**

Es el conjunto de elementos y actividades permanentes destinadas a la obtención, procesamiento, análisis y difusión de los datos de operación relacionados con los flujos, volúmenes, presiones y niveles en los sistemas de agua potable. Es primordial y necesario que se tengan instalados los macromedidores en cada fuente de abastecimiento, para cuantificar la cantidad de agua producida y entregada para el abastecimiento del usuario (CONAGUA, 2019).

Resulta muy importante, obligatorio y conveniente tener un equipo de macromedición de caudal de tal manera que se pueda contar siempre con información actual, adecuada y confiable, que nos permita realizar una mejor operación del sistema de agua potable y ofrecer un mejor servicio a los usuarios que se atiendan con calidad y en cantidad (CONAGUA, 2019).

Los medidores de velocidad son de tipo turbina o de tipo propela, las principales características de funcionamiento de estos medidores es que son accionados por medio de una turbina o propela según el tipo del que se trate, ambos tipos de medidor se accionan dependiendo del volumen o caudal circulante que fluya giran los álabes y de acuerdo al número de vueltas resultantes que estos den se contabiliza el volumen o caudal que pasa a través del medidor (CONAGUA, 2019).



**Figura 2:** Macromedidor tipo propela (CONAGUA, 2019).



**Figura 3:** Macromedidor Tipo Turbina (CONAGUA, 2019).

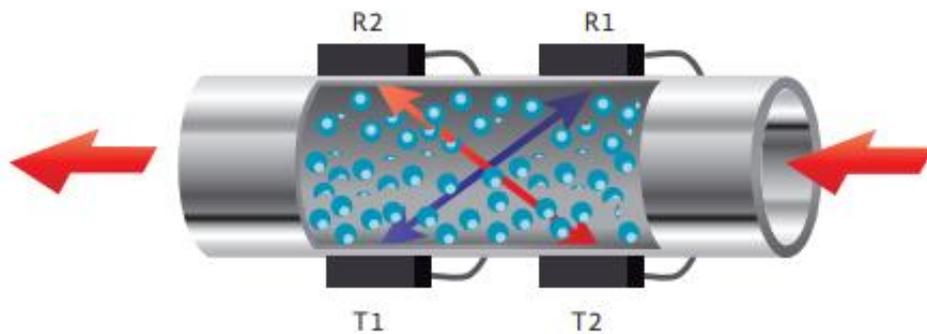
Los medidores ultrasónicos utilizan el término ultrasónico es por las ondas sonoras a frecuencias más altas que las que quedan dentro del alcance del oído humano, es decir a frecuencias superiores a los 18 KHz aproximadamente (CONAGUA, 2019).

Los medidores de flujo ultrasónico de tiempo (transit time) están basados en el principio de que el tiempo de tránsito de una señal acústica a lo largo de una trayectoria conocida es constante y solo puede ser alterada por la velocidad del fluido en que se desplaza (CONAGUA, 2019).

Los medidores de flujo ultrasónicos son alimentados eléctricamente y por su principio de funcionamiento se le denomina como tiempo en tránsito. Consiste en medir la diferencia entre el tiempo que le toma a dos señales atravesar una misma distancia, pero en sentido contrario utilizando como medio un fluido. Si el caudal del fluido es nulo, los tiempos serán iguales, pero cuando hay flujo los tiempos serán diferentes, ya que las velocidades de las señales serán afectadas por la del fluido cuyo caudal se desea determinar; esta diferencia de tiempo más el conocimiento sobre la geometría de la tubería y la velocidad del sonido en el medio permiten evaluar la velocidad del fluido o el caudal (CONAGUA, 2019).



**Figura 4:** Medidor ultrasónico con sensores y registrado externo independientes (CONAGUA, 2019).



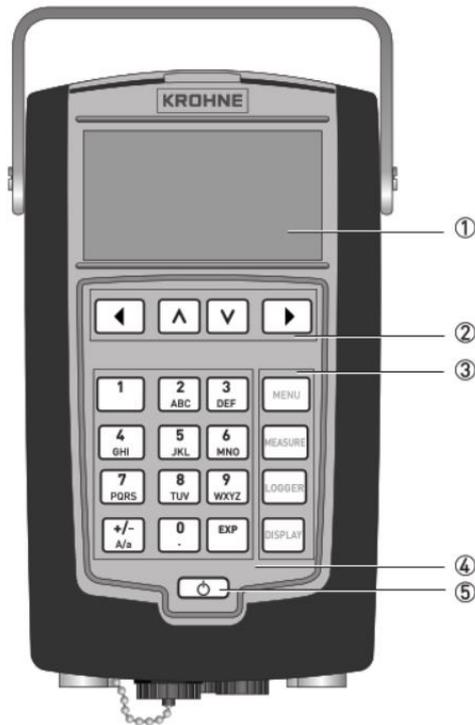
**Figura 5:** Funcionamiento de los sensores de señal (CONAGUA, 2019).



**Figura 6:** Medidor ultrasónico con sensores y registrador electrónico integrados (CONAGUA, 2019).

A continuación, presentaremos algunos datos técnicos del Caudalímetro ultrasónico Clamp-on portátil OPTISONIC 6300P.

El caudalímetro portátil Clamp-on OPTISONIC 6300P está diseñado para la medida de caudales de líquidos en tubos llenos, el registro de datos y la transferencia de los resultados registrados al PC. El caudalímetro portátil Clamp-on permite medir temporalmente el caudal en sitios, o bien se puede utilizar para comparar la salida con otros equipos de medida.

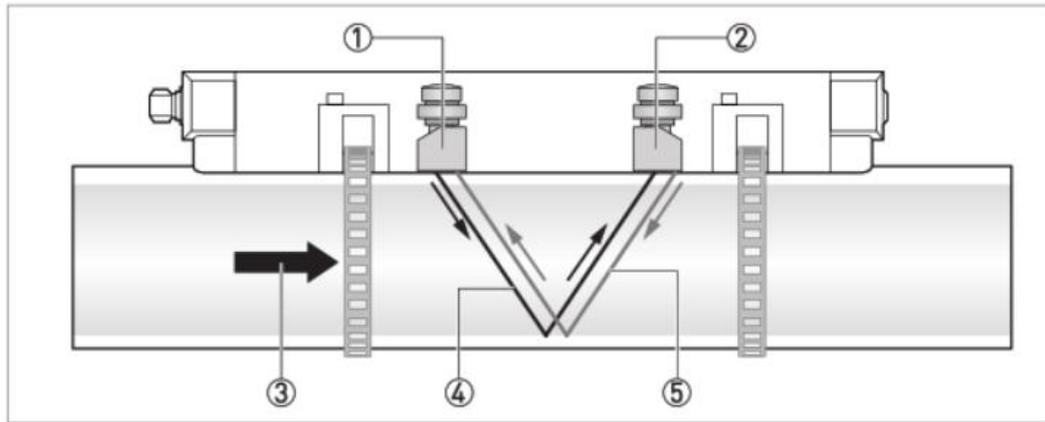


**Figura 7:** Teclas del UFC 6300P.

- 1 – Pantalla TFT.
- 2 – Teclas de navegación.
- 3 – Teclas de acceso rápido.
- 4 – Teclado alfanumérico.
- 5 – Tecla encendido/apagado.

#### PRINCIPIO DE MEDIDA

Como canoas cruzando el río, las señales acústicas se transmiten y reciben a lo largo de un haz de medida diagonal. Una onda sonora que baja con el caudal viaja a mayor velocidad que una onda sonora que sube con el caudal. La diferencia del tiempo de tránsito es directamente proporcional a la velocidad media del caudal medio.



**Figura 8:** Principio de medida del UFC 6300P.

1 – Transductor A.

2 – Transductor B.

3 – Velocidad de caudal.

4 – Tiempo de tránsito desde el transductor A al transductor B.

5 – Tiempo de tránsito desde el transductor B al transductor A.

En los medidores electromagnéticos, existe un tipo de medidor llamado de “Inserción”, el cual consiste en una cabeza que hace la función de sensor electromagnético instalado en el extremo de una varilla de soporte, puede ser instalado de manera portátil para sensar en diferentes puntos de las líneas de conducción. Esta cabeza sensora puede instalarse en las tuberías existentes sin necesidad de grandes excavaciones ni alteraciones de las tuberías asociadas a los medidores de paso total. Entre las características fundamentales cabe destacar el amplio rango de caudal con la mínima velocidad media (muy por debajo de la que se puede detectar con una turbina de inserción o con dispositivos de presión diferencial), una precisión mejorada como resultado de la ausencia de piezas móviles y de escaso mantenimiento (CONAGUA, 2019).

El otro tipo de estos medidores están conformados por un tubo metálico donde se encuentran instalados los sensores y las bobinas para sensar el paso del flujo del agua, el cual generalmente es de acero inoxidable o aluminio, ya que las propiedades magnéticas de estos materiales son bajas. El principio de su funcionamiento es con base en la Ley de Inducción de Faraday cuando un fluido

conductor pasa a través de un campo magnético en el sensor. Primero se genera un campo magnético pulsante y la señal de voltaje producida por el flujo en movimiento a través del campo magnético es convertida en unidades de caudal directamente proporcionales al caudal del líquido que pasa a través del campo magnético existente dentro de un medidor, se genera un voltaje, este voltaje es directamente proporcional a la velocidad promedio del flujo lo que el transductor contabiliza y despliega en pantalla (CONAGUA, 2019).

Cuando se conoce el diámetro interno del sensor de flujo, el volumen es calculado por el Convertidor. El voltaje electromagnético inducido entre los electrodos se iguala a:

$$E = L(B)(V)$$

donde:

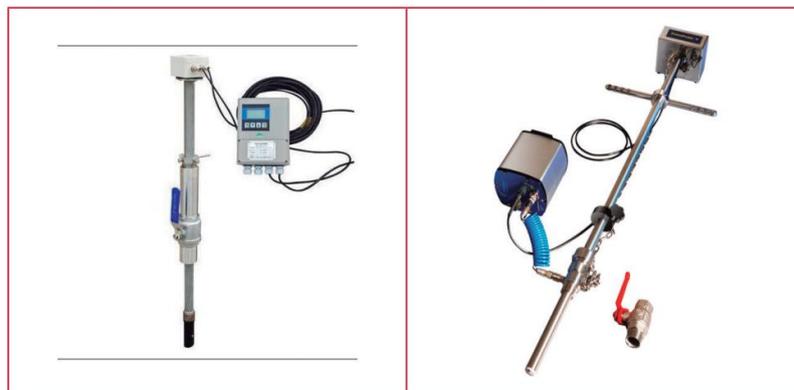
$E$  = Voltaje electromagnético inducido.

$L$  = Diámetro del sensor de flujo.

$B$  = Fuerza del campo magnético.

$V$  = Velocidad del flujo.

El voltaje  $E$  es medido y consecuentemente convertido a un flujo volumétrico, para conocer y registrar los volúmenes de agua que están pasando por el medidor. La señal que toma el medidor electromagnético lo hace a través de sensores, después se procesa e integra la información para su posterior visualización y sintonización (CONAGUA, 2019).



**Figura 9:** Medidor electromagnético de inserción (CONAGUA, 2019).

## - **Micromedición**

El objetivo de la micromedición es determinar los derechos del servicio medido de agua potable a través del volumen consumido periódicamente por los usuarios que cuentan con una toma domiciliaria, esta información es fundamental para llevar un buen registro en el padrón de usuarios, conocer el histórico por mes sobre los consumos realizados por cada usuario y determinar cuál debe ser el cobro equitativo de acuerdo al volumen consumido en metros cúbicos (m<sup>3</sup>) durante el periodo registrado, con base en los establecido en el plan tarifario que el organismo operador tenga autorizado aplicar para la población correspondiente (CONAGUA, 2019).

La instalación de micromedidores en la toma domiciliaria de cada usuario representa una inversión importante para cada prestador del servicio, por ello, para realizar la selección del tipo de medidor a instalar se debe efectuar dentro de un entorno de costo-beneficio. Considerando los factores esenciales como son: la calidad del agua, temperatura del lugar (bajo cero o máximo sobre cero), la presión hidráulica de trabajo en la red de distribución, tipo o calidad del servicio (intermitente o continuo) y el nivel socioeconómico de la población (CONAGUA, 2019).

Una de las ventajas que brinda la micromedición es que se conoce la cantidad de agua que se esté consumiendo por cada tipo de usuario de acuerdo a la clasificación que esté registrada en el padrón de usuarios al mismo tiempo también permite realizar una mejor administración, operación y mantenimiento del sistema de abastecimiento y distribución del agua, para que a su vez con esta información se pueda realizar un análisis, planeación y proyección de volúmenes que permita establecer una aproximación de los consumos hacia una demanda futura (CONAGUA, 2019).

El medidor es un dispositivo que mide el caudal de agua que pasa a través de una tubería, los medidores pueden ser de accionamiento mecánico o electrónico para realizar el registro o contabilidad del volumen de agua que se esté consumiendo (CONAGUA, 2019).

Existen tipos, como el medidor de chorro múltiple que es un medidor de velocidad que consiste en un rotor de turbina que gira alrededor de su eje

perpendicularmente al flujo de agua en el interior del medidor, en el que el chorro se divide e incide en varios puntos de la periferia del rotor (CONAGUA, 2019).

Medidor de chorro único es un medidor de velocidad que consiste de un rotor de turbina que gira alrededor de su eje, perpendicularmente al flujo de agua en el interior del medidor, en el que el chorro incide en un solo punto de la periferia del rotor (CONAGUA, 2019).

Medidor de tipo hélice es un medidor de velocidad que consiste en un rotor de álabes helicoidales que giran alrededor del eje de flujo, que se presenta en el interior del medidor (CONAGUA, 2019).

Medidor tipo velocidad es un dispositivo conectado a un conducto cerrado que consiste en un elemento móvil que deriva su velocidad de movimiento directamente de la velocidad del flujo de agua. El movimiento del elemento móvil es transmitido mecánicamente o por otros medios al dispositivo indicador que totaliza el volumen de agua que ha pasado por el medidor (CONAGUA, 2019).

Medidor volumétrico es un dispositivo conectado a un conducto cerrado, que consiste de una cámara de volumen conocido y un mecanismo operado por el flujo de agua donde esta cámara es sucesivamente llenada y descargada. El movimiento de un elemento móvil es transmitido mecánicamente, o por otros medios, a un contador que registra el número de los volúmenes que pasan a través del dispositivo indicador, que totaliza el volumen de agua que ha pasado por el medidor (CONAGUA, 2019).

## CONTRASTACIÓN DE MEDIDORES DE AGUA

Procedimiento técnico que determina el grado de precisión del medidor de agua potable de acuerdo con las normas metroológicas vigentes y las recomendaciones establecidas en el Reglamento de Calidad de la Prestación de Servicios de Saneamiento. Este procedimiento consiste en la comparación entre el volumen de agua potable registrado por un medidor contra un instrumento patrón certificado por INDECOPI y tiene como finalidad asegurar procesos confiables y transparentes para la contrastación de los medidores instalados en las conexiones domiciliarias de agua potable (Laura, 2013).

El tipo de Contrastación en laboratorio es una prueba ejecutada en las instalaciones de la empresa contrastadora utilizando un banco de ensayo

certificado por INDECOPI. La contrastación de medidores se realizará de acuerdo con lo establecido en la norma metrológica peruana NMP 005-3: 2011, Medición del Flujo en Agua en conductos cerrados. Medidores para agua potable fría. Parte 3: Métodos y Equipos de ensayo (Laura, 2013).

Contrastación en Campo: Prueba ejecutada por una empresa contrastadora en el lugar donde se encuentra instalado el medidor (Laura, 2013).

El Banco de medidores es una estructura fundamental para mantenimiento correctivo y preventivo de hidrómetros. Además de reparar y calibrar hidrómetros, debe funcionar como laboratorio de investigaciones y suministrar información necesaria para una buena política de adquisición y mantenimiento de medidores. Debe tener un proceso de trabajo tipo industrial y cumplir con los principios técnicos y de productividad. De sus investigaciones puede depender la correcta selección del hidrómetro que se va a adquirir y la eficiente de la micromedición (Laura, 2013).

Existen tipos de bancos de medidores, como los Bancos Volumétricos usan tanques con escalas gradadas que permiten saber la cantidad de agua que pasa por hidrómetros que se prueban (Laura, 2013).

Los Bancos Gravimétricos, usan una balanza cuya palanca se gradúa en unidades de volumen. Emplean reservorios de dimensiones libres y son más precisos que sus similares volumétricos. Es usado en laboratorios donde se exige mayor precisión, como en el caso de la calibración de medidores de procesos industriales (Laura, 2013).

Los Bancos de Principio Óptico usan el principio estroboscópico con sensor fijo en el hidrómetro patrón y otro sensor colocado en el medidor en el momento de la calibración; la precisión se deduce de la comparación de las revoluciones. Se basa en la comparación de un hidrómetro probado con un patrón (Laura Delgado, 2013).

Los bancos de prueba portátiles son los que se fabrican para probar hidrómetros en el terreno. Las condiciones de presión varían durante la prueba, motivo por el cual estos tienen una precisión inferior a las obtenidas en un banco fijo. Las pruebas en el terreno se recomiendan para la calibración de hidrómetros industriales y para atención de reclamos de consumo (Laura, 2013).

Los Resultados de Contrastación pueden ser:

**Medidor Operativo:** cuando los resultados de los caudales se encuentran dentro de las tolerancias de precisión establecidas en la resolución de Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales N° 0063-2006/CRT-INDECOPI. El medidor está operativo si el error calculado para cada caudal de ensayo se encuentra dentro de los errores máximos permisibles determinados por la norma Metrológica peruana (SUNASS, 2007).

**Medidor Inoperativo:** cuando al menos uno de los resultados de los caudales no se encuentra dentro de las tolerancias de precisión establecidas en la Resolución de Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales N° 0063-2006/CRT-INDECOPI (SUNASS, 2007).

Dentro de los medidores inoperativos se encuentran 2 tipos de errores los cuales son: medidor con sobregistro es un medidor inoperativo que, en por lo menos uno de los caudales de ensayo, registra un volumen de agua mayor del que realmente ha pasado a través de este. Es decir, registra consumos mayores a su consumo real (Laura, 2013).

**Medidor con subregistro,** medidor inoperativo que, en al menos uno de los caudales de ensayo, registra un volumen de agua menor del que realmente ha pasado a través de este. Es decir, registra consumos menores a su consumo real (Laura, 2013).

#### - **Sectorización Hidráulica**

La sectorización es la manera en que se divide la Red de Distribución de Agua Potable en varios conjuntos de tuberías, determinando algunas características comunes sobre cada conjunto. La sectorización hidráulica se presenta cuando estas divisiones realmente corresponden a fronteras que previenen el paso de agua de una porción a otra y la característica común del conjunto de tuberías es el origen de su alimentación. De esta manera se define como un sector hidráulico a una porción de las redes aislada hidráulicamente de los demás sectores de un sistema de distribución de agua y los únicos puntos de conexión son: alimentaciones propias del sector, entradas de agua al sector, o alimentaciones a otros sectores, salidas de agua del sector (Saldarriaga, Naranjo y Rothstein, 2011).

a. Diseño de un sector o distrito hidrométrico (DHM)

El diseño de los DHMs requiere de un conocimiento profundo del sistema de suministro de agua. Es indispensable la existencia de una red completa actualizada, registro e información topográfica. De igual manera, se debe disponer de patrones de consumo de agua y datos operativos sobre flujos y presiones. Para las redes complejas, se puede requerir un modelo hidráulico calibrado para determinar los impactos de sectorización sobre las presiones de servicio y para detectar cuellos de botella potenciales, tubos redundantes y zonas en peligro por estancamiento. Se puede utilizar la sectorización para sistemas medidos o no medidos, así como para sistemas de suministro continuo e intermitente (Guía para la reducción de pérdidas de agua, 2011).

b. Requisitos para la implementación de la sectorización

Existencia de un registro de red completo actualizado con información topográfica. Disponer de información sobre patrones de consumo de agua y datos operativos sobre flujos y presión. El sector debe tener preferentemente un ingreso único. Los límites de un sector deben ser establecidos considerando en lo posible límites naturales (ríos, vías principales, entre otros). Se debe buscar la hermetización del sector mediante el accionamiento de un número mínimo de válvulas de control. La variación de elevaciones de terreno debe ser mínimas en el sector. Se debe determinar los tipos de consumidores (domésticos, industriales, comerciales y altos consumidores como hospitales, cuarteles, colegios, entre otros) y sus respectivos requerimientos de suministro de agua. Se tiene que respetar las regulaciones legales que rigen las presiones mínimas. Se debe tener en cuenta las restricciones debidas a la topología del terreno, la altura de los edificios y el suministro para los grifos contra incendio, además la gerencia de la empresa debe asegurarse que se garantice la sostenibilidad del proceso de implementación de la sectorización, que incluye el monitoreo y mantenimiento continuo de los sectores o distritos hidrométricos (DHM), recolectando y analizando regularmente datos sobre presión y flujo (Guía para la reducción de pérdidas de agua, 2011).

c. Procedimiento de implementación

Se debe tomar en cuenta las restricciones económicas antes de comenzar con el diseño de la sectorización. La instalación de un alto número de válvulas significa altos costos de capital y mantenimiento. Por otro lado, los DHM pequeños conducirán a mejores resultados durante el proceso de detección de fugas (Porrás, 2014).

Para la selección de sectores, se debe utilizar planos que muestren características topográficas y del sistema, como diámetros de tubos, líneas de contorno, límites naturales y topografía de la ciudad. El buen conocimiento de la estructura del sistema es necesario para seleccionar los sectores. Si es posible se debe elegir límites naturales y físicos. Se debe tomar en cuenta las zonas de presión existentes y las válvulas cerradas en relación a las zonas de presión durante el proceso de sectorización. Si no existen fronteras físicas, se debe elegir áreas donde se tenga que instalar (o cerrar) un número mínimo de válvulas. La ubicación de las válvulas de aislamiento debe estar plenamente identificada (Guía para la reducción de pérdidas de agua, 2011).

Cuando se crea un DHM no es importante crear áreas de igual tamaño, si bien no está normalizado parámetros al respecto, se recomienda que el tamaño este entre 500 y 3000 conexiones de servicio, la DVGW alemana propone elegir una longitud total de tubos de distribución de 4 a 30 km dentro de un DHM idealmente, el DHM debe recibir el suministro por una sola alimentación y medir ese punto de suministro para maximizar la exactitud de las mediciones. Solamente si esto no es posible, se debe utilizar alimentaciones múltiples (Guía para la reducción de pérdidas de agua, 2011).

Finalizado el diseño de los DHM, se tiene que verificar si es eficiente la separación del área. Si hubiera válvulas del sistema no herméticas y tubos de conexión desconocidos entre diferentes DHM, esto no generaría una medición confiable (Guía para la reducción de pérdidas de agua, 2011).

d. Ventajas de la Sectorización

La sectorización mejora el control y seguimiento del estado de la red al poder efectuar auditorías aisladas en cada sector. Permite la localización en tiempo

real de cualquier fuga, rotura o deficiencia en la red. En caso de producirse algún tipo de anomalía, una red sectorizada puede reducir los efectos negativos a tan solo la extensión del sector afectado. Mejora el control activo de fugas, permitiendo evaluar más fácilmente los resultados de las campañas de detección y corrección de pérdidas. Reduce el área de búsqueda de fugas. La sectorización, al convertir la red completa en varias unidades independientes más pequeñas, está reduciendo el área de búsqueda ante posibles fugas, delimitando a un solo sector (Porras, 2014).

e. Inconvenientes de la Sectorización

Una de las tareas a realizar en la sectorización es el cierre de tuberías para aislar sectores. De esta manera, se está ramificando la red con la consiguiente disminución de garantía de suministro respecto a la red mallada inicialmente (Porras, 2014).

La desinfección del agua y la destrucción de microorganismos patógenos se suele realizar con la adición de cloro. Este es un compuesto químico eficaz, barato y que deja un remanente en el agua. Sin embargo, la concentración de cloro en el agua desciende con el tiempo (comúnmente se simplifica suponiendo que la decaimiento del cloro es de primer orden). Por tanto, si el tiempo de permanencia del agua en la red es muy elevado, pueden existir zonas en las que el agua pierda todo el cloro y por tanto, no se pueda asegurar que mantenga los estándares de calidad. Esto se debe a que aumenta el recorrido que el agua debe hacer hasta llegar al punto final. ya que las redes adoptan una tipología más ramificada (Porras, 2014).

La sectorización conlleva una inversión inicial ya que no se trata únicamente de instalar válvulas y contadores en los puntos de alimentación, sino que puede requerir reforzar ciertos tramos de tubería para garantizar la presión de suministro (Porras, 2014).

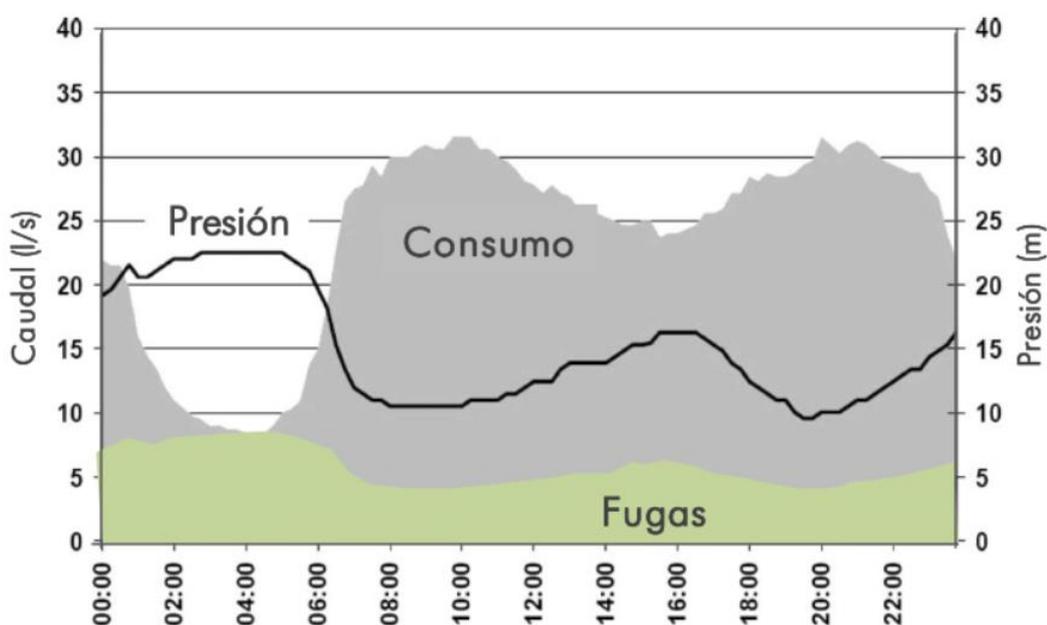
Sin embargo, se puede afirmar que prevalece el ahorro de agua frente a los pequeños inconvenientes que ello supone, concluyendo que la sectorización en combinación con las técnicas de modelización, monitoreo y mantenimiento programado permite aumentar la eficacia y eficiencia de los

métodos aplicados para la reducción de volúmenes de agua potable perdidos en sistema de distribución (Porras, 2014).

- **Caudal Mínimo Nocturno.**

Night Flow Method (NFM, por sus siglas en inglés). Nace gracias a las pautas propuestas por el grupo de especialistas en Pérdidas de Agua de la Asociación Internacional del Agua (IWA, por sus siglas en inglés), dentro del marco de lo que se conoce como el Control Activo de Fugas. Cuyo propósito es reducir el tiempo durante el cual se encuentran activas las fugas que no muestran signos visibles ni producen reducciones significativas de la presión (Cabrera, 2004).

El NFM necesita como primer dato básico el conocimiento del caudal fugado de la red en una hora “objetivo”. Esta hora, por facilidad y confianza recaerá en el momento donde el caudal consumido es mínimo, debido a que se presume una mejor precisión en la medición o estimación del consumo. Por otro lado, al tener el mínimo consumo, la presión en la red será la máxima y por ende mayor el volumen fugado (Escobar, 2011).



**Figura 10:** Modelo de fugas, basado en el método de los caudales nocturnos (Escobar, 2011).

La información que proporcionan los caudales mínimos nocturnos que son suministrados a la red de distribución de agua potable es valiosa, pues las

variaciones de estos caudales a lo largo de periodos sucesivos de tiempo permiten revelar pérdidas escondidas en el sistema (Cahuana, 2019).

Es necesario mencionar que, los caudales nocturnos brutos no pueden ser correlacionados directamente con las pérdidas en el sistema de distribución, pues, estos incluyen los consumos nocturnos domésticos y no domésticos realizados por industrias, hospitales y servicios públicos; las cuales deben ser estimadas (Molina, 2009).

Caudal Mínimo Nocturno	Caudal entregado a los consumidores	Uso nocturno de consumidores	Uso doméstico
			Uso no doméstico
		Fugas de consumidores	Caudal nocturno correspondiente a fugas
	Pérdidas en la red de distribución		

**Figura 11:** Componentes del caudal mínimo nocturno (Aguerri, 2006).

- **Balance Hídrico**

Es el método para calcular los volúmenes de pérdidas de agua potable que se presentan tanto en los procesos operativos como en los procesos comerciales en un sistema de acueducto. Se realiza a partir de la evaluación de la información general relacionada con la prestación del servicio de acueducto y en especial de los resultados de los diagnósticos empresarial, comercial y técnico del sistema (Gutiérrez, 2016).

Establecer un balance hídrico a intervalos regulares proporciona la base para eliminar las pérdidas de agua (Guía para la reducción de pérdidas de agua, 2015).

**Tabla 1:** Balance hídrico de la IWA.

		Consumo autorizado facturado	<u>Agua facturada exportada</u>			
			<u>Consumo facturado</u>	<u>medido</u>	<u>no</u>	Agua facturada
	Consumo autorizado $Q_A$	$Q_{AF}$	Consumo no facturado	Consumo no facturado no medido		
Volumen de entrada al sistema $Q_i$		$Q_{AuNF}$	<u>Consumo no autorizado</u>			
	Pérdidas de agua $Q_P$	Pérdidas aparentes $Q_{PA}$	Inexactitudes de medidores y manejo de datos	de los errores de		Agua no facturada
			<u>Fugas en las tuberías de aducción y distribución</u>			
		Pérdidas reales $Q_{PR}$	<u>Fugas y reboses en tanques de almacenamiento</u>			
			<u>Fugas en conexión de servicio hasta el punto del medidor del cliente</u>			

Fuente: Guía para la Reducción de las Pérdidas de Agua, 2015.

#### - Agua No Facturada

Es el volumen de agua producida pero no facturada, es decir no cobrada a los clientes, se expresa porcentaje del volumen de agua producida, comprende las pérdidas de agua por fugas en la red, submedición, deficiente asignación de consumo, consumos clandestinos y gasto en procesos como, por ejemplo: lavado de filtros de plantas de tratamiento de agua potable (Cahuana, 2019).

El agua no facturada mide la proporción del volumen de agua potable que no es facturada por la EPS. Este indicador permite identificar aquellas empresas prestadoras que presentan pérdidas operacionales y/o comerciales que les conlleva a mayores costos operativos, es decir mientras mayor sea esta proporción, la EPS estaría incurriendo tanto en pérdidas comerciales como operacionales (SUNASS, 2006).

$$\text{Agua No Facturada} = \frac{\sum_{i=1}^t (VP\text{TA}_i - VF\text{TA}_i)}{\sum_{i=1}^t VP\text{TA}_i} \times 100$$

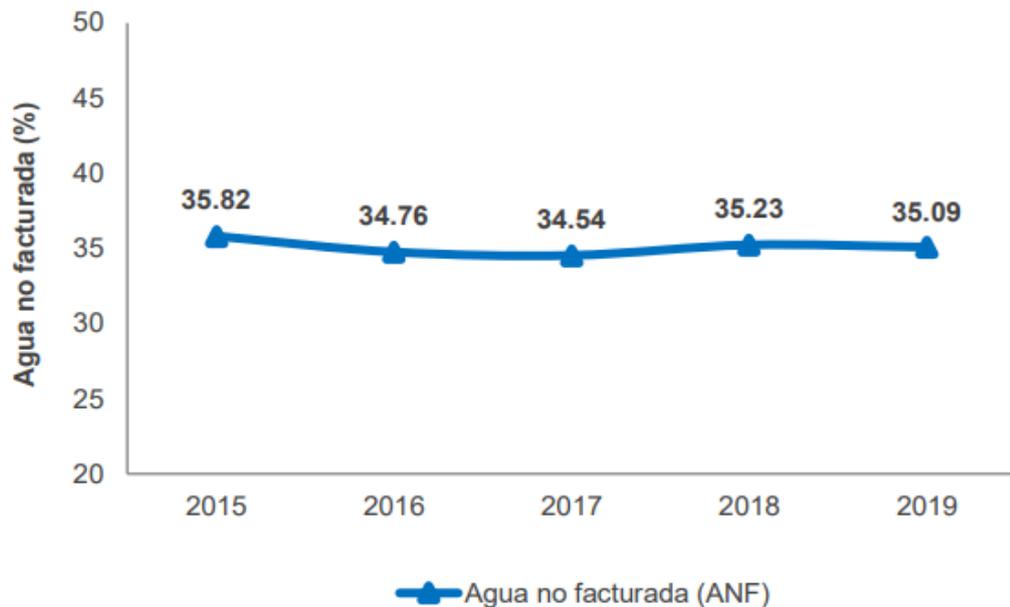
donde:

VP\text{TA} : Volumen de producción total de agua potable durante el mes “i”.

VF\text{TA} : Volumen facturado total de agua potable durante el mes “i”.

t : Es el mes en el cual se hace la evaluación.

En la siguiente figura podemos observar la evolución del agua no facturada durante el periodo 2015-2019.



**Figura 12:** Evolución del agua no facturada 2015-2019 (SUNASS, 2020).

### - Pérdidas de Agua Potable

Las pérdidas de agua es el caudal que se pierde entre el punto de ingreso al sistema de distribución y el punto de empalme a las instalaciones interiores del predio del cliente (Porras, 2014).

#### a. Pérdidas Reales u Operativas

Las pérdidas físicas o reales son volúmenes de agua pérdidas dentro de un determinado periodo a través de todo tipo de fugas, roturas de tubos y reboses.

Las pérdidas físicas se pueden clasificar de acuerdo con su ubicación dentro

del sistema y su tamaño y al tiempo durante el cual fugan (Guía para la reducción de pérdidas de agua, 2011).

Fuga desde las troncales de transmisión y distribución, puede ocurrir en tuberías (roturas debido a causas foráneas o a corrosión), uniones (desconexión, empaquetaduras dañadas) y válvulas (falla operativa o de mantenimiento) y usualmente tiene tasas de flujo medianas a altas y tiempos de fuga de cortos a medianos (Guía para la reducción de pérdidas de agua, 2011).

Fuga desde conexiones de servicio hasta el punto del medidor del cliente. A veces nos referimos a las conexiones de servicios como los puntos débiles de las redes de suministro de agua porque sus uniones y accesorios exhiben tasas de falla altas. Las fugas en las conexiones de servicio son difíciles de detectar debido a sus tasas de flujo comparativamente bajas y por lo tanto tiene tiempos de fuga largos (Guía para la reducción de pérdidas de agua, 2011).

Fuga y reboses de tanques de almacenamiento. Estas están causadas por controles de nivel que son deficientes o están dañados. Además, puede ocurrir filtración de las paredes de concreto o de la construcción que no son herméticas. A menudo se subestiman las pérdidas de agua desde tanques y aunque son fáciles de detectar, la reparación a menudo es complicada y cara (Guía para la reducción de pérdidas de agua, 2011).

Tamaño y tiempo de la fuga. Las fugas reportadas o visibles provienen principalmente de roturas de uniones en grandes troncales o tuberías de distribución. El agua de fuga aparecerá en la superficie rápidamente dependiendo de la presión del agua y el tamaño de fuga, así como de las características del suelo y la superficie. No se requiere equipo especial para ubicar las fugas (Guía para la reducción de pérdidas de agua, 2011).

Fugas no reportadas u ocultas. Estas por definición tienen caudales mayores a 250 l/h pero debido a las condiciones no favorables no aparecen en la superficie (Guía para la reducción de pérdidas de agua, 2011).

La presencia de fugas ocultas se puede identificar analizando las mediciones de presión que periódicamente se realiza en las redes de distribución además

existe una amplia gama de instrumentos acústicos y no acústicos para detectar las fugas no reportadas (Guía para la reducción de pérdidas de agua, 2011).

Las fugas de fondo comprenden pérdidas de agua con caudales menores, estas fugas muy pequeñas no se pueden detectar utilizando métodos de detección acústicos de fugas. Por lo tanto, se asume que muchas fugas de fondo nunca se detectan ni reparan, sino que fugan hasta que se reemplaza eventualmente la parte defectuosa. Las fugas de fondo a menudo causan una buena parte de las pérdidas reales de agua debido a su gran número y largo tiempo durante el que ocurren (Guía para la reducción de pérdidas de agua, 2011).

#### **b. Pérdidas Aparentes o Comerciales**

Las pérdidas aparentes son pérdidas que no se deben a fugas físicas en la infraestructura, sino que están causadas por otros factores. Las pérdidas aparentes se pueden agrupar en las siguientes categorías en base a su origen:

- Inexactitudes de medición debido a medidores de flujo incorrectos

Las pérdidas de medición son frecuentemente la pérdida más común de las pérdidas aparentes. La experiencia muestra que un pequeño porcentaje de agua no se mide o se mide de manera incorrecta debido a errores de medición o a pérdidas crecientes de los medidores de agua. Esto afecta tanto a los medidores de los clientes como a los medidores de flujo de la empresa y puede estar causado por seleccionar medidores inconvenientes, medidores demasiado grandes, por una instalación incorrecta y por la no calibración de los medidores, así como debido a un deterioro en el desempeño de muchos medidores a lo largo del tiempo (Guía para la reducción de pérdidas de agua, 2011).

- Manejo de datos y errores de contabilidad, así como mala rendición de cuentas de los clientes en los sistemas de facturación.

El personal que lee medidores puede cometer errores de lectura del medidor. Se pueden perder los datos del consumo de agua o se los puede cambiar debido a errores sistemáticos en el procesamiento de datos y a los procedimientos de facturación. El consumo no medido (necesidades propias y abastecimiento gratuito para los bomberos, riego de áreas verdes,

limpieza de calles, etc.) puede subestimarse mientras que se puede sobreestimar la producción no medida. Las tarifas planas pueden causar un consumo de agua doméstico excesivo que excede de lejos la cantidad presupuestada (Guía para la reducción de pérdidas de agua, 2011).

- consumo no autorizado debido al robo de agua y a las conexiones ilegales o clandestinas.

La extracción de agua no autorizada representa una fuente considerable de pérdidas en muchos países y aparece de maneras muy diferentes, por ejemplo, en las conexiones ilegales o en los medidores vandalizados o manipulados de los clientes o en los medidores que los clientes evitan, en la extracción ilegal del agua de las tuberías contra incendios, así como en los sobornos y corrupción a los empleados que leen los medidores u a otro personal de la empresa (Guía para la reducción de pérdidas de agua, 2011).

Resumiendo lo anterior, las pérdidas aparentes comprenden toda el agua que se entrega exitosamente al cliente pero que no se mide o registra con exactitud, lo que causa un error en la cantidad que consumen los clientes. En las redes de suministro de agua sin medición consecuente de todo el sistema y con muchas conexiones ilegales, las pérdidas aparentes pueden representar cantidades significativas de agua. Las pérdidas aparentes están creando costos de producción sin generar ingresos para la empresa. Así, las pérdidas aparentes se pueden valorar al costo de venta del agua y por lo tanto en muchos casos son las pérdidas más caras que pueda encontrar una empresa de agua. La reducción de las pérdidas aparentes de agua se puede lograr en muchos casos a costos relativamente bajos y por lo tanto es usualmente un buen punto de partida que devuelve rápidamente la inversión a la empresa de agua (Porras, 2014).

**Tabla 2:** Clasificación de la IWA de las pérdidas de caudal en el sistema de distribución de agua.

		Agua usada en exceso en las operaciones	
	<b>Reales:</b> Agua que no llega al consumidor	Reboces y filtraciones	
<b>Pérdidas</b>		Fugas	Visibles
			No Visibles
			Indentificación por detección directa
			Identificación por medición-detección
	<b>Aparentes:</b> Llega al consumidor pero no se factura	Impresión en la medición	- Impresión de micromedidores. - Submedición de los volúmenes. - Estimación para la facturación.
		Consumos no facturados	- Clandestinas. - Volumen conraincendios. - Riego de parques y jardines.

Fuente: Porras, 2014.

- Equipos de Detección de Fugas

Los micrófonos acústicos se usan para detectar y amplificar el ruido creado por fugas en líneas presurizadas. Constituyen una pieza esencial de equipamiento para plomeros o departamentos de detección de fugas y se usan para precisar fácilmente el lugar exacto de la fuga (paso final en el proceso que generalmente se aplica encontrar-ubicar-precisar). Como parte del proceso de manejo inteligente de pérdidas de agua, los micrófonos acústicos se usan para validar fugas que ya han sido ubicadas. Las dos opciones básicas para usar como micrófono son las varillas acústicas y el micrófono de suelos (Gutermann, 2020).

El geófono electrónico es un instrumento utilizado en investigación de fugas en tuberías cubiertas que dispone de dos tipos de transductores, cuya sensibilidad y respuesta en frecuencia es ajustada para captar especialmente las vibraciones acústicas provocadas por la fuga de agua. Su manipulación es simple y requiere

que el operador se familiarice con el tipo de ruido captado por el aparato durante la investigación de fugas, las señales eléctricas provenientes de los transductores serán acondicionadas por un amplificador electrónico de bajo nivel de ruido interno, permitiendo auscultar nítidamente el ruido de la fuga (Cahuana, 2019).

En la presente investigación se utilizó el GEOFONO AQUAPHON A200 de la marca SEWERIN, equipo con el que cuenta la EPS SEDACAJ S.A. A continuación, se presenta algunos datos técnicos.

Sistema profesional: inalámbrico y fácil de usar

AQUAPHON ® es el sistema para la localización electroacústica de fugas en conducciones de agua: profesional, flexible e inteligente. Diseñado de forma modular, ofrece las mejores condiciones para una detección rápida, sencilla y segura de fugas de agua. AQUAPHON® ha sido diseñado para uso universal y es adecuado para todos los requisitos de ubicación electroacústica (Sewerin, 2020).

El elemento central es el innovador receptor AQUAPHON ® A 200. Combinado con él, componentes extraordinarios, p. la barra de soporte TS 200, los auriculares inalámbricos F6 o el micrófono de contacto TM 200, con funciones sofisticadas, brindan la máxima perfección en la localización de fugas en redes de tuberías de agua. El sistema High-End de primera calidad convence por su tecnología profesional cómoda y altamente intuitiva, así como por sus características únicas: manejo completamente inalámbrico, guía de usuario simple con asistente de aplicación, función de audio que ahorra tiempo (Sewerin, 2020).

Modo operativo

Donde hay fugas, el sistema AQUAPHON ® hace audibles las oscilaciones emitidas por tuberías, válvulas y pisos, siendo respaldado eficazmente por el registro, los valores medidos y la visualización gráfica. Con la barra de soporte TS 200 y el micrófono de contacto TM 200 instalados, el usuario entra en contacto con las válvulas, comparando a efectos de preubicación únicamente los diferentes volúmenes emitidos por los auriculares inalámbricos F6 o los valores del display. Luego se puede localizar la fuga en superficie con los micrófonos de contacto BM 200 o en excavaciones con el BM 300 (Sewerin, 2020).



**Figura 13:** Geófono acústico AQUAPHON A200 (SEDACAJ, 2021).

#### Correladores de Ruido de Fugas

Según Gutermann, los correladores son poderosos dispositivos electrónicos de localización de fugas en tuberías de presión, donde la ubicación aproximada de la fuga se desconoce y las distancias son relativamente altas. Dos sensores (o más) se colocan en contacto con la tubería a ambos lados de la fuga sospechada. Estos sensores registran y transmiten el sonido por radio a la unidad de procesamiento. Algoritmos matemáticos se utilizan para determinar la ubicación exacta de ciertos perfiles de ruido (por ejemplo, silbido de una fuga) en la tubería, mediante la correlación de los ruidos que llegan a los dos sensores y midiendo la diferencia del viaje del sonido en la tubería desde la fuga hacia cada sensor.

En la presente investigación se utilizó el CORRELADOR SECORR C200 de la marca SEWERIN, equipo con el que cuenta la EPS SEDACAJ S.A. A continuación, se presenta algunos datos técnicos:

El SeCorr® C 200 es un correlador moderno, portátil y de alto rendimiento que permite la localización fiable, rápida, precisa y apta para excavaciones de fugas en tuberías enterradas. Su interfaz de usuario es clara y claramente estructurada.

Numerosas funciones adicionales están disponibles para situaciones de localización complejas.

Se recomienda el SeCorr ® C 200 para todos los usuarios que se dedican profesionalmente a la detección de fugas porque se pueden gestionar todas las situaciones cotidianas de ubicación. Se pueden medir diferentes secciones de tubería, materiales de tubería, diámetros y longitudes de línea sin ningún problema (Sewerin, 2020).

El firmware altamente desarrollado del SeCorr ® C 200 permite al usuario realizar las mediciones de forma casi completamente automática. Después de ingresar los datos de la tubería y comenzar la medición, todos los pasos posteriores se llevan a cabo sin que el operador tenga que intervenir. En segundo plano, los ruidos medidos se analizan una y otra vez y se seleccionan los ajustes de filtro óptimos (Sewerin, 2020).

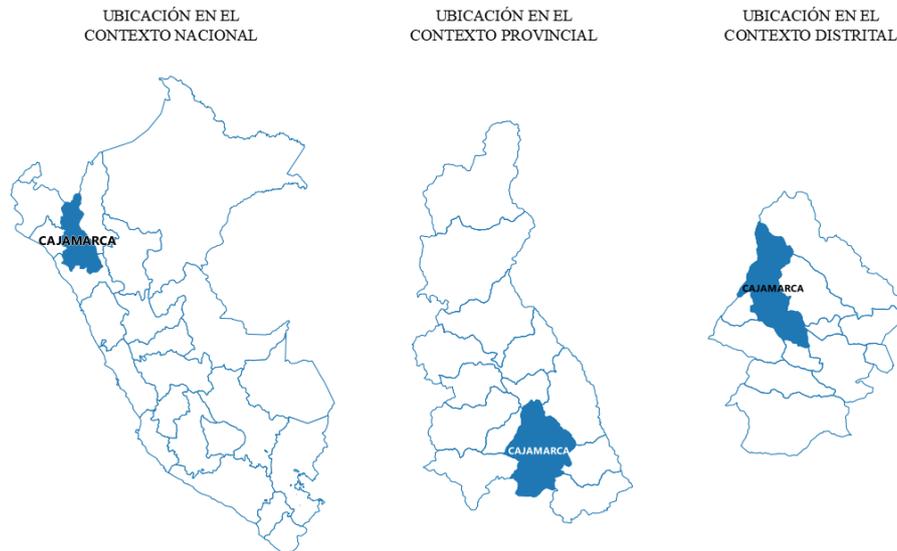


**Figura 14:** Correlador SERCORR C200 (SEDACAJ, 2021).

## CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1. Localización y Ubicación del Área de Estudio

El área de estudio se encuentra ubicada en las Urbanizaciones Cajamarca y Ramón Castilla, específicamente el sistema de distribución de dichas urbanizaciones. Ubicado en el distrito de Cajamarca, provincia de Cajamarca, departamento de Cajamarca.



**Figura 15:** Ubicación geográfica del área de estudio.



**Figura 16:** Vista satelital del área de estudio (Google Earth, 2021).

## **3.2. Metodología**

### **3.2.1. Tipo, nivel, diseño y método de investigación**

Para la presente investigación, la metodología empleada es del tipo Aplicada, ya que busca resolver un problema aplicando conocimientos adquiridos en la práctica, como es de estimar el agua potable no facturada en el sistema de distribución de las urbanizaciones Cajamarca y Ramón Rastilla, de nivel descriptiva ya que después de realizar la recolección de datos de manera exploratoria se realiza la descripción de los datos, el análisis de datos y la interpretación de los resultados, de diseño no experimental, transversal ya que la investigación determina y analiza los datos en forma real y presenta resultados reales de acuerdo con la situación actual de la zona de estudio, de método de investigación descriptiva cuantitativo con la estimación del porcentaje de agua no facturada en las urbanizaciones mencionadas anteriormente.

### **3.2.2. Muestra de estudio**

Utilizando un muestreo no probabilístico intencional, ya que en función a lo que se quiere medir se ha establecido como muestra el sistema de distribución de agua potable de las urbanizaciones Cajamarca y Ramón Castilla.

### **3.2.3. Unidad de análisis**

Se analizarán las pérdidas operativas y pérdidas comerciales del sistema de distribución de agua potable de las urbanizaciones Cajamarca y Ramón Castilla.

### **3.2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

**Técnicas:** Para la presente investigación se empleó el análisis situacional y observación experimental de recopilación de datos con el apoyo del personal técnico de la EPS SEDACAJ S.A, los cuales permitieron realizar el procesamiento de la información para obtener la estimación del agua no facturada en las urbanizaciones Cajamarca y Ramón Castilla.

**Instrumentos:** La presente investigación utilizó software para organizar y procesar información, tales como: Microsoft Excel, Microsoft Word, AutoCAD, Google Earth, QGIS. En el trabajo de campo se utilizó instrumentos como:

- Hojas de registro de datos: procesadas en el software Excel y fueron utilizadas para cálculos y procesamiento de los datos obtenidos durante la investigación.



TESIS: ESTIMACIÓN DEL AGUA POTABLE NO FACTURADA EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE LAS URBANIZACIONES CAJAMARCA Y RAMÓN CASTILLA, CAJAMARCA 2021.



Prueba: **HERMETICIDAD DE VÁLVULAS**  
 Departamento: CAJAMARCA Provincia: CAJAMARCA  
 Distrito: CAJAMARCA Urbanización: CAJAMARCA Y RAMÓN CASTILLA  
 Equipo utilizado:  
 Equipo de trabajo: CHÁVEZ SÁNCHEZ JHONY ALEXANDER TESISISTA  
 GONZALES INTOR BRAULIO TÉCNICO EPS SEDACAJ  
 CHILON CHUQUIMANGO ISAAC TÉCNICO EPS SEDACAJ

**DATOS DE CAMPO**

Ítem	Dirección	Operatividad	Hermeticidad	Tipo Tee	Observaciones
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

**Figura 17:** Ficha de registro hermeticidad de válvulas.



TESIS: ESTIMACIÓN DEL AGUA POTABLE NO FACTURADA EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE LAS URBANIZACIONES CAJAMARCA Y RAMÓN CASTILLA, CAJAMARCA 2021.



Prueba: **MEDICIÓN DE PRESIÓN**  
 Departamento: CAJAMARCA Provincia: CAJAMARCA  
 Distrito: CAJAMARCA Urbanización: CAJAMARCA Y RAMÓN CASTILLA  
 Equipo utilizado:  
 Equipo de trabajo: CHÁVEZ SÁNCHEZ JHONY ALEXANDER TESISISTA  
 GONZALES INTOR BRAULIO TÉCNICO EPS SEDACAJ  
 CHILON CHUQUIMANGO ISAAC TÉCNICO EPS SEDACAJ

**DATOS DE CAMPO**

Ítem	Dirección	Coordenadas	Presión (mca)	Fecha	Hora
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

**Figura 18:** Ficha de registro de la medición de presión.



TESIS: ESTIMACIÓN DEL AGUA POTABLE NO FACTURADA EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE LAS URBANIZACIONES CAJAMARCA Y RAMÓN CASTILLA, CAJAMARCA 2021.



Prueba: **MEDICIÓN DE CAUDALES**  
 Departamento: CAJAMARCA Provincia: CAJAMARCA  
 Distrito: CAJAMARCA Urbanización: CAJAMARCA Y RAMÓN CASTILLA  
 Equipo utilizado:  
 Equipo de trabajo: CHÁVEZ SÁNCHEZ JHONY ALEXANDER TESISTA  
 GONZALES INTOR BRAULIO TÉCNICO EPS SEDACAJ  
 CHILON CHUQUIMANGO ISAAC TÉCNICO EPS SEDACAJ

**DATOS DE CAMPO**

Fecha	Hora	Caudal (l/s)

Fecha	Hora	Caudal (l/s)

**Figura 19:** Ficha de registro de la medición de caudales.



TESIS: ESTIMACIÓN DEL AGUA POTABLE NO FACTURADA EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE LAS URBANIZACIONES CAJAMARCA Y RAMÓN CASTILLA, CAJAMARCA 2021.



Prueba: **FUGAS EN CAJAS DE REGISTRO**  
 Departamento: CAJAMARCA Provincia: CAJAMARCA  
 Distrito: CAJAMARCA Urbanización: CAJAMARCA Y RAMÓN CASTILLA  
 Equipo utilizado:  
 Equipo de trabajo: CHÁVEZ SÁNCHEZ JHONY ALEXANDER TESISTA  
 GONZALES INTOR BRAULIO TÉCNICO EPS SEDACAJ  
 CHILON CHUQUIMANGO ISAAC TÉCNICO EPS SEDACAJ

**DATOS DE CAMPO**

Ítem	Dirección	Nº de medidor	Aforo (ml)	Tiempo (s)	Caudal (l/s)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

**Figura 20:** Ficha de registro de fugas en cajas de registro.



TESIS: ESTIMACIÓN DEL AGUA POTABLE NO FACTURADA EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE LAS URBANIZACIONES CAJAMARCA Y RAMÓN CASTILLA, CAJAMARCA 2021.



Prueba: **FUGAS EN REDES**  
 Departamento: CAJAMARCA Provincia: CAJAMARCA  
 Distrito: CAJAMARCA Urbanización: CAJAMARCA Y RAMÓN CASTILLA  
 Equipo utilizado:  
 Equipo de trabajo: CHÁVEZ SÁNCHEZ JHONY ALEXANDER TESISISTA  
 GONZALES INTOR BRAULIO TÉCNICO EPS SEDACAJ  
 CHILON CHUQUIMANGO ISAAC TÉCNICO EPS SEDACAJ

**DATOS DE CAMPO**

Ítem	Dirección	N° de medidor	Aforo (ml)	Tiempo (s)	Caudal (l/s)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

**Figura 21:** Ficha de registro de fugas en redes.



TESIS: ESTIMACIÓN DEL AGUA POTABLE NO FACTURADA EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE LAS URBANIZACIONES CAJAMARCA Y RAMÓN CASTILLA, CAJAMARCA 2021.



Prueba: **FUGAS EN ABRAZADERAS**  
 Departamento: CAJAMARCA Provincia: CAJAMARCA  
 Distrito: CAJAMARCA Urbanización: CAJAMARCA Y RAMÓN CASTILLA  
 Equipo utilizado:  
 Equipo de trabajo: CHÁVEZ SÁNCHEZ JHONY ALEXANDER TESISISTA  
 GONZALES INTOR BRAULIO TÉCNICO EPS SEDACAJ  
 CHILON CHUQUIMANGO ISAAC TÉCNICO EPS SEDACAJ

**DATOS DE CAMPO**

Ítem	Dirección	N° de medidor	Aforo (ml)	Tiempo (s)	Caudal (l/s)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

**Figura 22:** Ficha de registro de fugas en abrazaderas.



TESIS: ESTIMACIÓN DEL AGUA POTABLE NO FACTURADA EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE LAS URBANIZACIONES CAJAMARCA Y RAMÓN CASTILLA, CAJAMARCA 2021.



Prueba: **FUGAS VISIBLES**  
Departamento: CAJAMARCA Provincia: CAJAMARCA  
Distrito: CAJAMARCA Urbanización: CAJAMARCA Y RAMÓN CASTILLA  
Equipo utilizado:  
Equipo de trabajo: CHÁVEZ SÁNCHEZ JHONY ALEXANDER TESISISTA  
GONZALES INTOR BRAULIO TÉCNICO EPS SEDACAJ  
CHILON CHUQUIMANGO ISAAC TÉCNICO EPS SEDACAJ

**DATOS DE CAMPO**

Ítem	Dirección	Nº de medidor	Aforo (ml)	Tiempo (s)	Caudal (l/s)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

**Figura 23:** Ficha de registro de fugas visibles.

- Ficha de notificación a usuarios.

Formato que maneja la EPS SEDACAJ S.A., que tiene por finalidad comunicar al usuario el retiro de los medidores para la contrastación en laboratorio.



**E.P.S. Sedacaj S.A.**  
IMPRESA PRINTADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO DE CAJAMERICA. SOCIEDAD ANONIMA "A" Ley Orgánica N° 301 T.O.M. 30-1982  
 División Medición

### NOTIFICACIÓN RETIRO DE MEDIDOR

Usuario:	<b>GALVES MIRANDA, IVONNE LISETT</b>		
Dirección:	<b>PJE COLLADAR 111 E - 7</b>		
Código:	<b>3-105-102-571</b>	Inscripción:	<b>70-1390</b>
Medidor N°:	<b>3-105-102-571</b>		<b>10075726</b>
Fecha:	<b>212445</b>		

**10 AGO 2022**

Es grato dirigirme a Ud. Para comunicarle que de acuerdo la RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 011-2007-SUNASS-CD (Del 02-02-2007) Artículo 102. Determinándose lo siguiente:

Una vez instalado el medidor de consumo, éste solo podrá ser retirado previa comunicación escrita al usuario por lo menos con dos días útiles de anticipación por tres razones.

I. Para darle mantenimiento

II. Para realizar la contrastación en laboratorio  **16 AGO 2022**

III. Para ser reemplazado por otro medidor

Con el fin de brindar un buen servicio y el cobro justo por su consumo, la EPS a dispuesto retirar el medidor instalado en su conexión. Por lo indicado agradecemos a Ud. Otorgarle las facilidades necesarias a nuestro personal debidamente acreditado para que realicen los trabajos necesarios.

El medidor será retirado el día: **15 AGO 2022**

Atentamente,

DIV. MEDICIÓN



FIRMA .....

NOMBRE .....

D.N.I. ....

**Figura 24:** Notificación de retiro de medidor (SEDACAJ, 2021).

- Acta de retiro de medidor de agua potable.

Formato que maneja la EPS SEDACAJ S.A., en el cual se registra todos los datos del medidor al momento del retiro.



E.P.S. Sedacaj S.A.  
EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIOS DE CABLEADO  
DE CAJAMARCA - SUD-OCCIDENTE ANDINO  
AV. PERÚ N° 514 TAMB. 21-7912

Nº 0008092

Formulario N° 1B  
Acta de Retiro de Medidor de Agua Potable  
(realizado por la empresa prestadora)

Siendo las \_\_\_\_\_ horas, del día \_\_\_\_\_, la Empresa prestadora \_\_\_\_\_ **EPS SEDACAJ S.A. CAJAMARCA** ha procedido a retirar el medidor de la conexión domiciliaria, a fin de trasladarlo a la UVM \_\_\_\_\_ para realizar la verificación en laboratorio.

**Información del Titular de la Conexión Domiciliaria o usuario**

Nombre:	TAPUR CACHO, AURELIO A.		
Dirección:	EJE SANTA CRUZ 436 RUTA - 3 80 920		
N° de Suministro:	10173521	3-380-234-828	

**Información del medidor:**

N° de serie de medidor:	213325	Tipo:	
Marca del medidor:		Diámetro nominal (mm):	1/2 "
Modelo del medidor:	Año de fabricación:	Q.(m <sup>3</sup> /h):	
Fabricante:		Alcance (Q <sub>1</sub> /Q <sub>2</sub> ):	
Procedencia:		PMA (bar):	TMA(°C):

Estado del registro: el medidor registra, antes de la verificación un volumen de \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>

Para el traslado se colocó una bolsa cerrada con precinto de seguridad:  Si  No

**Reporte visual del medidor:**

Puntero del medidor girando:	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
Medidor con precinto de seguridad:	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
Visor con imposibilidad de lectura:	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No

**Reporte visual del filtro de medidor:**

El medidor tiene filtro:	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
El filtro está en buen estado de conservación:	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
Existen sólidos retenidos en el filtro:	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No

**Información de la caja del medidor: (señalar el estado actual de tu caja de medidor)**


Observaciones:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Firma de la Empresa Prestadora	Firma del titular de la conexión Domiciliaria o Usuario
Nombre:	Nombre:
D.N.I.:	D.N.I.:

Figura 25: Acta de retiro de medidor de agua potable (SEDACAJ, 2021).

- Manómetro.

Necesario para el monitoreo de presiones en el sistema de distribución de las urbanizaciones, verificando in situ presiones en cajas de medidor.



**Figura 26:** Manómetro (SEDACAJ, 2021).

- Equipo Datalogger

Dispositivo para la adquisición de datos con comunicación GSM, nos servirá para la monitorización de presión en línea. Utilizaremos el NEMOS N200 GPRS DATALOGGER.



**Figura 27:** Datalogger Nemos N200 (SEDACAJ, 2021).



**Figura 28:** Datalogger Nemos N200 (SEDACAJ, 2021).

- Caudalímetro portátil.

Equipo necesario para la medición de caudales de ingreso al sistema de distribución de agua potable de las urbanizaciones Cajamarca y Ramon Castilla. Utilizaremos el equipo OPTISONIC 6300 P de la marca KROHNE, que es un caudalímetro clamp-on ultrasónico portátil, alimentado por batería, para la medida temporal del caudal de líquidos conductivos y no conductivos en casi todos los sectores industriales. Puede utilizarse en prácticamente cualquier lugar, sin necesidad de interrumpir el proceso o realizar cortes en el tubo. Gracias a su flexibilidad, este caudalímetro es apto para la medida comparativa en equipos de medida de fijos (por ej. Bombas, caudalímetros, entre otros), o para sustituir a corto plazo equipos defectuosos.



**Figura 29:** Caudalímetro Portátil OPTISONIC 6300 P – KROHNE (SEDACAJ, 2021).



**Figura 30:** Caudalímetro Portátil OPTISONIC 6300 P – KROHNE (SEDACAJ, 2021).

- Equipo Geófono AQUAPHON A200.

Sistema para la localización electroacústica de fugas en conducciones de agua: profesional, flexible e inteligente. Diseñado de forma modular, ofrece las mejores condiciones para una detección rápida, sencilla y segura de fugas de agua. AQUAPHON® ha sido diseñado para uso universal y es adecuado para todos los requisitos de ubicación electroacústica.



**Figura 31:** Geófono AQUAPHON A200, (SEDACAJ, 2021).

- Equipo Correlador SERCORR C200.

Correlador moderno, portátil y de alto rendimiento que permite la localización fiable, rápida, precisa y apta para excavaciones de fugas en tuberías enterradas. Su interfaz de usuario es clara y claramente estructurada.



**Figura 32:** Correlador SERCORR C200, (SEDACAJ, 2021).

- Equipo Banco de Prueba para Micromedidores de Agua Fría Triveca.

Estructura fundamental para mantenimiento correctivo y preventivo de hidrómetros. Nos permitirá asegurar procesos confiables y transparentes para la contrastación de medidores instalados en la zona de investigación.



**Figura 33:** Banco de Prueba para Micromedidores de Agua Fría Triveca, (SEDACAJ, 2021).

- Software Microsoft Excel y AutoCAD.

Se utilizó el software Excel para la elaboración de hojas de cálculo, fichas de registro y procesamiento de datos.

Se utilizó el AutoCAD Civil 3D metric para la elaboración de planos, sectorización hidráulica, seguimiento de válvulas e hidrantes, medición de caudales y monitoreo de presiones.



**Figura 34:** Software utilizados.

### **3.3. Procedimiento**

#### **3.3.1. Sectorización Hidráulica**

Equipos utilizados:

- Laptop.
- AutoCAD Civil 3D.
- Llaves tee.
- Geófono acústico.
- Ficha de registro de datos.
- Plano de ubicación de válvulas existentes.

Se procedió con el trabajo de gabinete, con ayuda del software AutoCAD Civil 3D se inició con establecer los límites para el sector de la investigación, considerando en lo posible límites naturales (ríos, vías principales, entre otros).

Continuando, se definió como ingreso único al sector la cámara ubicada en el Jr. Progreso esquina con Av. El Maestro, cumpliendo así con las características de la definición de un sector hidráulico.

Se verificó que la variación de elevaciones de terreno es mínima en el sector definido, se estableció zonas de presión: zona alta, zona media y zona baja.

Se determinó los tipos de consumidores (domésticos, industriales, comerciales y altos consumidores como hospitales, cuarteles, colegios, entre otros).

Se obtuvo el listado de válvulas de control y grifos contra incendio existentes. Del listado de válvulas de control las importantes son las pertenecientes a las fronteras o límites del sector, las cuales posteriormente se accionarán en campo y quedarán cerradas para aislar completamente el sector. Asimismo, se obtuvo las características de las tuberías que forman el sistema de distribución de agua potable en el sector de estudio.

Posteriormente, se realizó el trabajo de campo. En el cual, se plasma todo lo planteado en el trabajo de gabinete. Debemos recordar que se debe buscar la hermetización del sector mediante el accionamiento de un número mínimo de válvulas de control.



**Figura 35:** Apertura y cierre de válvulas de control con llave tee.



**Figura 36:** Personal técnico realizando limpieza de tubo señal de válvulas de control.

### 3.3.2. Medición de Caudal de Ingreso

Equipos utilizados:

- Caudalímetro portátil ultrasonido OPTISONIC 6300P KHRONE.
- Herramientas Manuales.
- Motobomba.
- Ficha de registro de datos.

Para la medición de caudal de ingreso al sistema de distribución de agua potable de las urbanizaciones Cajamarca y Ramón Castilla se utilizó el caudalímetro portátil ultrasonido OPTISONIC 6300P KHRONE que se instaló en la cámara de ingreso, ubicada en el Jr. Progreso – Av. El Maestro.

El equipo tiene un sistema de guardado de datos automático. Por lo que, hecha la instalación se programó el equipo para que registre caudales con intervalos de tiempo de 600 segundos por una semana. Posteriormente los datos fueron descargados y procesados mediante un análisis de datos utilizando Minitab 19.

La motobomba fue utilizada en la eliminación del agua acumulada en la cámara del sector, debido al ingreso de agua de lluvia y una fuga visible por el caudalímetro inoperativo.



**Figura 37:** Ubicación cámara de ingreso al sector, Jr. Progreso – Av. El Maestro.



**Figura 38:** Instalación del Caudalímetro portátil en la tubería de ingreso de agua potable.



**TESIS: ESTIMACIÓN DEL AGUA POTABLE NO FACTURADA EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE LAS URBANIZACIONES CAJAMARCA Y RAMÓN CASTILLA, CAJAMARCA 2021.**



Prueba: **MEDICIÓN DE CAUDALES**

Departamento: **CAJAMARCA** Provincia: **CAJAMARCA**

Distrito: **CAJAMARCA** Urbanización: **CAJAMARCA Y RAMÓN CASTILLA**

Cámara de Ingreso: **JR. PROGRESO - AV. EL MAESTRO**

Equipo utilizado: **Caudalímetro Portátil Ultrasonido OPTISONIC 6300P KHRONE**

Equipo de trabajo: **CHÁVEZ SÁNCHEZ JHONY ALEXANDER** **TESISTA**  
**GONZALES INTOR BRAULIO** **TÉCNICO EPS SEDACAJ**  
**RODRÍGUEZ CASTREJÓN EDWARD** **TÉCNICO EPS SEDACAJ**

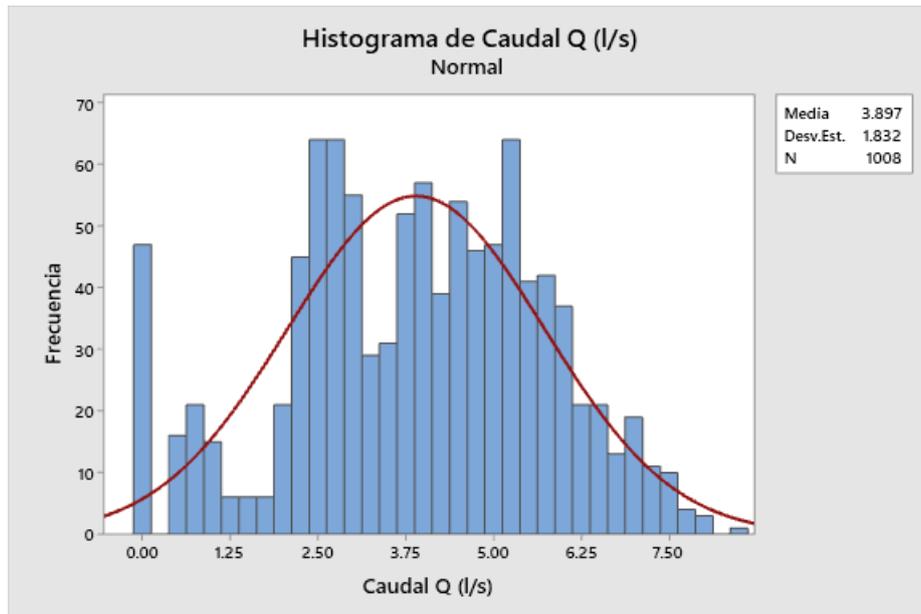
**DATOS DE CAMPO**

Fecha	Hora	Caudal (l/s)
21/07/2022	11:38 p. m.	0
21/07/2022	11:48 p. m.	0
21/07/2022	11:58 p. m.	0
22/07/2022	12:08 a. m.	0
22/07/2022	12:18 a. m.	3.02785
22/07/2022	12:28 a. m.	5.7225
22/07/2022	12:38 a. m.	5.67407
22/07/2022	12:48 a. m.	5.21986
22/07/2022	12:58 a. m.	4.32357
22/07/2022	1:08 a. m.	3.98851
22/07/2022	1:18 a. m.	3.27997
22/07/2022	1:28 a. m.	3.0291
22/07/2022	1:38 a. m.	2.89189
22/07/2022	1:48 a. m.	2.72667
22/07/2022	1:58 a. m.	2.67674
22/07/2022	2:08 a. m.	2.66486
22/07/2022	2:18 a. m.	3.02011
22/07/2022	2:28 a. m.	2.7134
22/07/2022	2:38 a. m.	2.67861
22/07/2022	2:48 a. m.	3.09807
22/07/2022	2:58 a. m.	2.90123
22/07/2022	3:08 a. m.	2.82739
22/07/2022	3:18 a. m.	2.82251
22/07/2022	3:28 a. m.	2.8469
22/07/2022	3:38 a. m.	3.287
22/07/2022	3:48 a. m.	2.68263
22/07/2022	3:58 a. m.	2.6613
22/07/2022	4:08 a. m.	2.69795
22/07/2022	4:18 a. m.	2.94332
22/07/2022	4:28 a. m.	2.67905
22/07/2022	4:38 a. m.	2.7035
22/07/2022	4:48 a. m.	2.85823
22/07/2022	4:58 a. m.	2.71204
22/07/2022	5:08 a. m.	3.05218
22/07/2022	5:18 a. m.	3.47398
22/07/2022	5:28 a. m.	3.61817
22/07/2022	5:38 a. m.	3.04396
22/07/2022	5:48 a. m.	4.21482
22/07/2022	5:58 a. m.	4.1392
22/07/2022	6:08 a. m.	3.89485
22/07/2022	6:18 a. m.	4.19363
22/07/2022	6:28 a. m.	4.46928
22/07/2022	6:38 a. m.	5.68773
22/07/2022	6:48 a. m.	4.714
22/07/2022	6:58 a. m.	5.29505
22/07/2022	7:08 a. m.	5.77734
22/07/2022	7:18 a. m.	6.15752
22/07/2022	7:28 a. m.	5.37778

Fecha	Hora	Caudal (l/s)
22/07/2022	7:38 a. m.	5.45366
22/07/2022	7:48 a. m.	6.36482
22/07/2022	7:58 a. m.	7.10649
22/07/2022	8:08 a. m.	5.43873
22/07/2022	8:18 a. m.	7.8218
22/07/2022	8:28 a. m.	5.18353
22/07/2022	8:38 a. m.	5.99939
22/07/2022	8:48 a. m.	5.98071
22/07/2022	8:58 a. m.	6.95414
22/07/2022	9:08 a. m.	7.56694
22/07/2022	9:18 a. m.	6.31286
22/07/2022	9:28 a. m.	6.96705
22/07/2022	9:38 a. m.	7.85661
22/07/2022	9:48 a. m.	6.8671
22/07/2022	9:58 a. m.	6.50823
22/07/2022	10:08 a. m.	6.79477
22/07/2022	10:18 a. m.	7.22582
22/07/2022	10:28 a. m.	6.51933
22/07/2022	10:38 a. m.	6.98419
22/07/2022	10:48 a. m.	7.42936
22/07/2022	10:58 a. m.	6.95194
22/07/2022	11:08 a. m.	5.51414
22/07/2022	11:18 a. m.	5.4165
22/07/2022	11:28 a. m.	5.87461
22/07/2022	11:38 a. m.	5.90933
22/07/2022	11:48 a. m.	5.34383
22/07/2022	11:58 a. m.	5.57158
22/07/2022	12:08 p. m.	5.2595
22/07/2022	12:18 p. m.	5.65025
22/07/2022	12:28 p. m.	5.78578
22/07/2022	12:38 p. m.	5.43844
22/07/2022	12:48 p. m.	6.00447
22/07/2022	12:58 p. m.	5.16172
22/07/2022	1:08 p. m.	5.28819
22/07/2022	1:18 p. m.	4.77264
22/07/2022	1:28 p. m.	4.03458
22/07/2022	1:38 p. m.	5.24075
22/07/2022	1:48 p. m.	5.44286
22/07/2022	1:58 p. m.	4.58753
22/07/2022	2:08 p. m.	3.76364
22/07/2022	2:18 p. m.	5.13064
22/07/2022	2:28 p. m.	4.08556
22/07/2022	2:38 p. m.	3.99964
22/07/2022	2:48 p. m.	4.28642
22/07/2022	2:58 p. m.	4.37053
22/07/2022	3:08 p. m.	4.48433
22/07/2022	3:18 p. m.	4.39194
22/07/2022	3:28 p. m.	3.51019

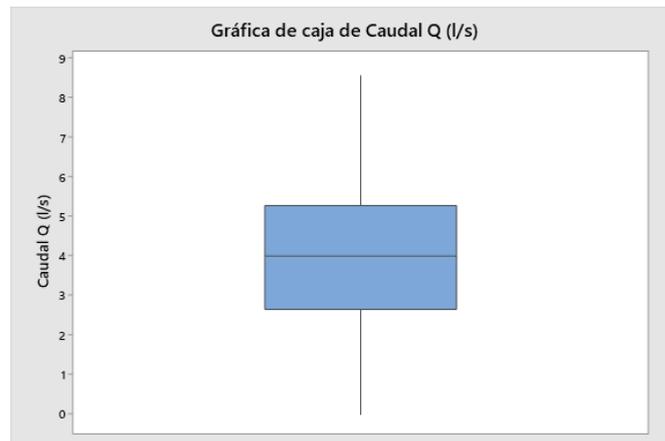
Fecha	Hora	Caudal (l/s)
22/07/2022	3:38 p. m.	4.15367
22/07/2022	3:48 p. m.	3.68817
22/07/2022	3:58 p. m.	5.23978
22/07/2022	4:08 p. m.	4.51814
22/07/2022	4:18 p. m.	5.14292
22/07/2022	4:28 p. m.	5.26547
22/07/2022	4:38 p. m.	5.16269
22/07/2022	4:48 p. m.	4.52308
22/07/2022	4:58 p. m.	4.57514
22/07/2022	5:08 p. m.	4.42992
22/07/2022	5:18 p. m.	3.98164
22/07/2022	5:28 p. m.	4.21142
22/07/2022	5:38 p. m.	4.91231
22/07/2022	5:48 p. m.	3.73875
22/07/2022	5:58 p. m.	4.81081
22/07/2022	6:08 p. m.	3.68494
22/07/2022	6:18 p. m.	3.89556
22/07/2022	6:28 p. m.	4.16069
22/07/2022	6:38 p. m.	3.78253
22/07/2022	6:48 p. m.	5.22056
22/07/2022	6:58 p. m.	3.60394
22/07/2022	7:08 p. m.	3.67603
22/07/2022	7:18 p. m.	3.98861
22/07/2022	7:28 p. m.	4.05906
22/07/2022	7:38 p. m.	3.25031
22/07/2022	7:48 p. m.	3.65036
22/07/2022	7:58 p. m.	4.52086
22/07/2022	8:08 p. m.	3.34283
22/07/2022	8:18 p. m.	2.836
22/07/2022	8:28 p. m.	3.48014
22/07/2022	8:38 p. m.	3.26897
22/07/2022	8:48 p. m.	3.70147
22/07/2022	8:58 p. m.	2.72439
22/07/2022	9:08 p. m.	2.08404
22/07/2022	9:18 p. m.	1.93483
22/07/2022	9:28 p. m.	2.31477
22/07/2022	9:38 p. m.	1.86662
22/07/2022	9:48 p. m.	1.84433
22/07/2022	9:58 p. m.	1.23291
22/07/2022	10:08 p. m.	0.97816
22/07/2022	10:18 p. m.	0.75174
22/07/2022	10:28 p. m.	0.90099
22/07/2022	10:38 p. m.	0.65059
22/07/2022	10:48 p. m.	0.83576
22/07/2022	10:58 p. m.	0.84243
22/07/2022	11:08 p. m.	0
22/07/2022	11:18 p. m.	0
22/07/2022	11:28 p. m.	0

**Figura 39:** Registro de datos de caudal de ingreso a las Urbanizaciones Cajamarca y Ramón Castilla.



**Figura 40:** Distribución de frecuencias de caudales promedio de ingreso de agua potable a las Urbanizaciones Cajamarca y Ramon Castilla.

Se realizó una representación gráfica de la distribución de los datos para poder analizar el valor del Caudal de Ingreso a la zona de estudio, emplearemos el diagrama de cajas que nos señala donde caen la mayoría de los datos, así como los valores atípicos o discordantes llamados “Outlier” (Córdova, 2003). El cálculo fue desarrollado en el software Minitab 19.



**Figura 41:** Grafica de caja, Caudal de ingreso a las Urbanizaciones Cajamarca y Ramón Castilla.

## Estadísticos descriptivos: Q (l/s)

### Estadísticas

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
Q (l/s)	1008	0	3.8966	0.0577	1.8324	0.0000	2.6406	3.9902	5.2606	8.5329

**Figura 42:** Estadísticos descriptivos del caudal de ingreso.

Gutiérrez Erick (2016), determina en su investigación que el valor más cercano al volumen acumulado de agua potable es el valor de la mediana. La mediana descarta valores atípicos y valores extremos que alteran el valor exacto de los datos. Por lo que, nuestro caudal de ingreso a las Urbanizaciones Cajamarca y Ramón Castilla tiene un valor de 3.99 l/s.

Se determinó el volumen de ingreso mensual al sistema de distribución de agua potable, utilizando la fórmula de caudal, considerando una continuidad de 24 horas.

$$V = Q * t$$

Donde:

V : Volumen de ingreso mensual (m<sup>3</sup>).

Q : Caudal promedio de ingreso (m<sup>3</sup>/s).

T : Tiempo (mes).

Entonces,

$$V = 0.00399 \frac{m^3}{s} * \left( \frac{3600 s}{1 h} * \frac{24 h}{1 día} * \frac{30 día}{1 mes} \right)$$

$$V = 10\,342.08 \frac{m^3}{mes}$$

### 3.3.3. Medición de Presiones

Equipos utilizados:

- Manómetro.
- Datalogger NEMOS N200 GPRS.
- Ficha de registro de datos.

Se realizó el monitoreo de presiones con el equipo datalogger Nemos N200 en la cámara de ingreso al sector en estudio. El equipo está configurado para registrar presiones cada una hora y estos datos son enviados hacia un servidor web llamado Zeus Web, MICROCOM ofrece gratuitamente el servicio Zeus Web para monitorizar sus estaciones desde un navegador web o desde las aplicaciones para móviles Android e iOS.



**Figura 43:** Servidor Zeus Web para la descarga de datos de presión.

De igual manera, se utilizó el manómetro para realizar mediciones de presión durante el trabajo de campo en cajas de registro de los usuarios. Primeramente, se limpia la caja, se elimine al aire contenido en la tubería (de ser el caso), se manipula la llave de paso, se instala el manómetro y posteriormente se efectúa la medición de presión in situ.

Se descargó y proceso las mediciones obtenidas en los dataloggers, de igual manera se anotó los datos de mediciones obtenidas por el manómetro en la ficha de registro considerando la hora de medición y la presión en mca.



**Figura 44:** Mediciones de presión en cajas de registro de los usuarios.



**Figura 45:** Instalación de datalogger en cámara de ingreso a la zona de estudio.



**TESIS: ESTIMACIÓN DEL AGUA POTABLE NO FACTURADA EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE LAS URBANIZACIONES CAJAMARCA Y RAMÓN CASTILLA, CAJAMARCA 2021.**



Prueba: **MEDICIÓN DE PRESIÓN**

Departamento: **CAJAMARCA** Provincia: **CAJAMARCA**

Distrito: **CAJAMARCA** Urbanización: **CAJAMARCA Y RAMÓN CASTILLA**

Equipo utilizado:

Equipo de trabajo: **CHÁVEZ SÁNCHEZ JHONY ALEXANDER** **TESISTA**  
**GONZALES INTOR BRAULIO** **TÉCNICO EPS SEDACAJ**  
**RODRÍGUEZ CASTREJÓN EDWARD** **TÉCNICO EPS SEDACAJ**

**DATOS DE CAMPO**

Ítem	Dirección	Coordenadas		Fecha	Hora	Presión (mca)
1	Cámara de ingreso a las urbanizaciones Cajamarca y Ramón Castilla, ubicada en Jr. Progreso - Av. El Maestro.	E: 774806.39	S: 9207876.04	27/07/2022	12:00:00 a. m.	0.00
2				27/07/2022	1:00:00 a. m.	12.63
3				27/07/2022	2:00:00 a. m.	31.94
4				27/07/2022	3:00:00 a. m.	44.65
5				27/07/2022	4:00:00 a. m.	50.27
6				27/07/2022	5:00:00 a. m.	54.18
7				27/07/2022	6:00:00 a. m.	52.96
8				27/07/2022	7:00:00 a. m.	47.34
9				27/07/2022	8:00:00 a. m.	40.98
10				27/07/2022	9:00:00 a. m.	38.54
11				27/07/2022	10:00:00 a. m.	37.32
12				27/07/2022	11:00:00 a. m.	17.03
13				27/07/2022	12:00:00 p. m.	16.06
14				27/07/2022	1:00:00 p. m.	17.03
15				27/07/2022	2:00:00 p. m.	16.30
16				27/07/2022	3:00:00 p. m.	11.90
17				27/07/2022	4:00:00 p. m.	13.37
18				27/07/2022	5:00:00 p. m.	23.14
19				27/07/2022	6:00:00 p. m.	25.83
20				27/07/2022	7:00:00 p. m.	27.30
21				27/07/2022	8:00:00 p. m.	30.23
22				27/07/2022	9:00:00 p. m.	18.50
23				27/07/2022	10:00:00 p. m.	4.81
24				27/07/2022	11:00:00 p. m.	0.00

**Figura 46:** Ficha de toma de datos de medición de presión.

### 3.3.4. Recolección de Datos de Pérdidas Operativas

#### a. Hermeticidad de válvulas

Equipos utilizados:

- Geófono.
- Llave tee.
- Plano de ubicación de válvulas existentes.
- Ficha de registro de datos.

El procedimiento consiste en la verificación de la hermeticidad de válvulas que limitan el sector de estudio y también aquella que están dentro. Estas válvulas deben cerrar de manera hermética y no debe existir fugas.

Con ayuda del plano de ubicación de válvulas, se ubica en campo dichas válvulas para la verificación de la hermeticidad.

Ubicada la válvula se procedió a limpiar el tubo señal (siempre suele estar lleno de tierra y/o basura).

Posteriormente, la válvula se cierra totalmente con la llave tee, siempre teniendo en cuenta el número de vueltas abiertas con las que se le encontró.

Con ayuda del personal técnico y geófono acústico se corrobora la hermeticidad de la válvula a través de la auscultación. Finalmente, se procede a dejar la válvula tal como se encontró en una etapa inicial y a llenar la ficha de registro de datos correspondiente.



**Figura 47:** Verificación de la hermeticidad de válvulas de control.



TESIS: ESTIMACIÓN DEL AGUA POTABLE NO FACTURADA EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE LAS URBANIZACIONES CAJAMARCA Y RAMÓN CASTILLA, CAJAMARCA 2021.



Prueba: **HERMETICIDAD DE VÁLVULAS**  
 Departamento: **CAJAMARCA** Provincia: **CAJAMARCA**  
 Distrito: **CAJAMARCA** Urbanización: **CAJAMARCA Y RAMÓN CASTILLA**  
 Equipo utilizado: **Llaves Tee**  
 Equipo de trabajo: **CHÁVEZ SÁNCHEZ JHONY ALEXANDER** **TESISTA**  
**GONZALES INTOR BRAULIO** **TÉCNICO EPS SEDACAJ**  
**RODRÍGUEZ CASTREJÓN EDWARD** **TÉCNICO EPS SEDACAJ**

DATOS DE CAMPO

Ítem	Dirección	Operatividad	Hermeticidad	Tipo Tee	Condición de válvula	Observaciones
1	Psje. Cutervo - Jr. Progreso	NO	SÍ	-	-	Bástago de válvula desgastado.
2	Jr. Chota - Jr. Progreso	NO	SÍ	-	-	Bástago de válvula roto.
3	Jr. Contumazá - Jr. Progreso	SÍ	SÍ	1 1/4" x 1 1/4"	Cerrada	Controla ingreso de Reservorio R1.
4	Jr. Progreso - Jr. Baños del Inca	SÍ	NO	3/4" x 3/4"	Abierta	Fuga en válvula.
5	Psje. Las Orquideas - Jr. Progreso	SÍ	SÍ	1 3/4" x 1 3/4"	Abierta	-
6	Psje. Cumulca - Jr. Progreso	SÍ	SÍ	1 3/4" x 1 3/4"	Abierta	-
7	Jr. Progreso - Av. El Maestro	SÍ	SÍ	2"x2"	Cerrada	Controla ingreso de Reservorio R2.
8	Av. El Maestro - Jr. El Inca	SÍ	SÍ	3/4" x 3/4"	Abierta	-
9	Av. El Maestro - Av. Mario Urteaga	SÍ	SÍ	2"x2"	Abierta	-
10	Psje. Cumulca - Av. Mario Urteaga	NO	SÍ	-	-	No se logra accionar, colocar tapa.
11	Jr. Guerrero - Av. Mario Urteaga	SÍ	SÍ	2"x2"	Cerrada	-
12	Jr. Baños del Inca - Av. Mario Urteaga	SÍ	SÍ	-	-	-
13	Jr. Contumazá - Av. Mario Urteaga	SÍ	SÍ	-	-	-
14	Jr. San Miguel - Av. Mario Urteaga	SÍ	SÍ	2"x2"	Cerrada	-
15	Jr. Cumbe Mayo - Av. Mario Urteaga	SÍ	SÍ	1" x 1"	Cerrada	Sin tapa.
16	Jr. Cumbe Mayo - Psje. Jaén	-	-	-	-	No se ubicó en campo.
17	Jr. Cumbe Mayo - Psje. San Marcos	-	-	-	-	No se ubicó en campo.
18	Psje. Santa Cruz - Psje. Jaén	SÍ	SÍ	3/4" x 3/4"	Cerrada	-
19	Jr. San Miguel - Psje. Jaén	SÍ	SÍ	1 3/4" x 1 3/4"	Abierta	-
20	Psje. Celendín - Jr. Contumazá	SÍ	SÍ	1 3/4" x 1 3/4"	Abierta	-
21	Jr. Contumazá - Psje. S/N	SÍ	SÍ	1 3/4" x 1 3/4"	Abierta	-
22	Psje. S/N - Psje. S/N	SÍ	SÍ	1 3/4" x 1 3/4"	Cerrada	-
23	Psje. Celendín - Jr. Baños del Inca	SÍ	SÍ	1 3/4" x 1 3/4"	Abierta	-
24	Psje. S/N - Jr. Baños del Inca	SÍ	SÍ	1 3/4" x 1 3/4"	Abierta	-
25	Psje. Colladar - Psje. Shaullo	SÍ	SÍ	1 3/4" x 1 3/4"	Abierta	-
26	Psje. Shaullo - Psje. Colladar	SÍ	SÍ	1 3/4" x 1 3/4"	Abierta	-
27	Psje. Coimolache - Jr. Guerrero	SÍ	SÍ	1 1/4" x 1 1/4"	Abierta	-
28	Psje. Cumulca - Psje. Coimolache	SÍ	SÍ	3/4" x 3/4"	Abierta	Válvula de hidrante.
29	Jr. Progreso - Psje. Orquideas	SÍ	SÍ	1 3/4" x 1 3/4"	Abierta	Válvula de hidrante.
30	Jr. Baños del Inca - Psje. Coimolache	SÍ	SÍ	1 3/4" x 1 3/4"	Abierta	Válvula de hidrante.
31	Jr. Progreso - Psje. S/N	SÍ	SÍ	1 3/4" x 1 3/4"	Abierta	Válvula de hidrante.
32	Psje. Celendín - Jr. San Miguel	SÍ	SÍ	1 3/4" x 1 3/4"	Abierta	Válvula de hidrante.
33	Jr. Progreso - Jr. Cumbe Mayo	SÍ	SÍ	1 3/4" x 1 3/4"	Abierta	Válvula de hidrante.

Figura 48: Ficha de registro de hermeticidad de válvulas en zona de estudio.

**b. Caudal mínimo nocturno**

Equipos utilizados:

- Caudalímetro portátil ultrasonido OPTISONIC 6300P KHRONE.
- Datalogger NEMOS N200 GPRS.
- Herramientas manuales.
- Llave tee.
- Ficha de registro.

Luego de realizado el monitoreo de presiones con el equipo datalogger, se determina el horario en el cual será instalado el caudalímetro portátil ultrasonido. Este horario representa el lapso donde el consumo es mínimo y la presión es máxima. Posteriormente, se instaló el equipo Caudalímetro portátil ultrasonido OPTISONIC 6300P KHRONE en la cámara de ingreso a las Urbanizaciones Cajamarca y Ramón Castilla, se realizó la prueba a partir de la media noche hasta las 3:00 a.m. y el registro de caudales se programó cada 05 min. La prueba se realizó con apoyo del personal técnico de la EPS Sedacaj S.A.



**Figura 49:** Instalación caudalímetro portátil.



**TESIS: ESTIMACIÓN DEL AGUA POTABLE NO FACTURADA EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE LAS URBANIZACIONES CAJAMARCA Y RAMÓN CASTILLA, CAJAMARCA 2021.**



Prueba: **CAUDAL MÍNIMO NOCTURNO**  
 Departamento: **CAJAMARCA** Provincia: **CAJAMARCA**  
 Distrito: **CAJAMARCA** Urbanización: **CAJAMARCA Y RAMÓN CASTILLA**  
 Cámara de Ingreso: **JR. PROGRESO - AV. EL MAESTRO**  
 Equipo utilizado: **Caudalímetro Portátil Ultrasonido OPTISONIC 6300P KHRONE**  
 Equipo de trabajo: **CHÁVEZ SÁNCHEZ JHONY ALEXANDER** **TESISTA**  
**GONZALES INTOR BRAULIO** **TÉCNICO EPS SEDACAJ**  
**RODRÍGUEZ CASTREJÓN EDWARD** **TÉCNICO EPS SEDACAJ**

**DATOS DE CAMPO**

Fecha	Hora	Caudal (l/s)
08/08/2022	11:59 p. m.	0
08/08/2022	12:04 a. m.	0
09/08/2022	12:09 a. m.	0
09/08/2022	12:14 a. m.	4.21179
09/08/2022	12:19 a. m.	4.36098
09/08/2022	12:24 a. m.	3.85827
09/08/2022	12:29 a. m.	3.55792
09/08/2022	12:34 a. m.	3.81282
09/08/2022	12:39 a. m.	3.49731
09/08/2022	12:44 a. m.	3.20143
09/08/2022	12:49 a. m.	3.11938
09/08/2022	12:54 a. m.	3.04834
09/08/2022	12:59 a. m.	2.67264
09/08/2022	1:04 a. m.	2.78947
09/08/2022	1:09 a. m.	3.03531
09/08/2022	1:14 a. m.	2.9946
09/08/2022	1:19 a. m.	2.96884
09/08/2022	1:24 a. m.	3.0742
09/08/2022	1:29 a. m.	3.12207
09/08/2022	1:34 a. m.	2.80861
09/08/2022	1:39 a. m.	3.11755
09/08/2022	1:44 a. m.	3.506
09/08/2022	1:49 a. m.	3.13067
09/08/2022	1:54 a. m.	2.93761
09/08/2022	1:59 a. m.	2.95002
09/08/2022	2:04 a. m.	2.7999
09/08/2022	2:09 a. m.	2.87717
09/08/2022	2:14 a. m.	3.14633
09/08/2022	2:19 a. m.	2.95691
09/08/2022	2:24 a. m.	2.92109
09/08/2022	2:29 a. m.	2.75984
09/08/2022	2:34 a. m.	3.17175
09/08/2022	2:39 a. m.	2.62942

Fecha	Hora	Caudal (l/s)
09/08/2022	2:44 a. m.	2.49876
09/08/2022	2:49 a. m.	2.8764
09/08/2022	2:54 a. m.	2.43433
09/08/2022	2:59 a. m.	2.65125
09/08/2022	3:04 a. m.	2.69174
09/08/2022	3:09 a. m.	2.49266
09/08/2022	3:14 a. m.	2.50756
09/08/2022	3:19 a. m.	2.57975
09/08/2022	3:24 a. m.	2.37035
09/08/2022	3:29 a. m.	2.4092
09/08/2022	3:34 a. m.	2.37489
09/08/2022	3:39 a. m.	2.35004
09/08/2022	3:44 a. m.	2.55784
09/08/2022	3:49 a. m.	2.58443
09/08/2022	3:54 a. m.	2.83068
09/08/2022	3:59 a. m.	2.81975
09/08/2022	4:04 a. m.	2.68836
09/08/2022	4:09 a. m.	3.06197
09/08/2022	4:14 a. m.	2.65528
09/08/2022	4:19 a. m.	2.64346
09/08/2022	4:24 a. m.	2.53614
09/08/2022	4:29 a. m.	2.8425
09/08/2022	4:34 a. m.	2.70159
09/08/2022	4:39 a. m.	2.68892
09/08/2022	4:44 a. m.	2.76053
09/08/2022	4:49 a. m.	2.84301
09/08/2022	4:54 a. m.	2.99494
09/08/2022	4:59 a. m.	2.99696
09/08/2022	5:04 a. m.	3.37398
09/08/2022	5:09 a. m.	2.91999
09/08/2022	5:14 a. m.	2.74805
09/08/2022	5:19 a. m.	2.60942
09/08/2022	5:24 a. m.	2.61241

Fecha	Hora	Caudal (l/s)
09/08/2022	5:29 a. m.	2.63628
09/08/2022	5:34 a. m.	2.8235
09/08/2022	5:39 a. m.	2.61757
09/08/2022	5:44 a. m.	3.08121
09/08/2022	5:49 a. m.	2.64021
09/08/2022	5:54 a. m.	2.93682
09/08/2022	5:59 a. m.	2.95057
09/08/2022	6:04 a. m.	2.97747
09/08/2022	6:09 a. m.	3.61653
09/08/2022	6:14 a. m.	4.3565
09/08/2022	6:19 a. m.	3.91848
09/08/2022	6:24 a. m.	3.77075
09/08/2022	6:29 a. m.	4.38904
09/08/2022	6:34 a. m.	4.68875
09/08/2022	6:39 a. m.	5.16359
09/08/2022	6:44 a. m.	4.55391
09/08/2022	6:49 a. m.	5.24604
09/08/2022	6:54 a. m.	5.2586
09/08/2022	6:59 a. m.	6.15468
09/08/2022	7:04 a. m.	5.45851
09/08/2022	7:09 a. m.	5.72637
09/08/2022	7:14 a. m.	5.7608
09/08/2022	7:19 a. m.	5.81405
09/08/2022	7:24 a. m.	5.43106
09/08/2022	7:29 a. m.	5.63263
09/08/2022	7:34 a. m.	4.14743
09/08/2022	7:39 a. m.	4.70898
09/08/2022	7:44 a. m.	4.14281
09/08/2022	7:49 a. m.	4.98761
09/08/2022	7:54 a. m.	5.47515
09/08/2022	7:59 a. m.	5.38972
09/08/2022	8:04 a. m.	5.42209
09/08/2022	8:09 a. m.	4.33996

**Figura 50:** Ficha de registro de datos de la medición de caudales.

**c. Búsqueda de fugas visibles**

Equipos utilizados:

- Aforador de fugas.
- Cronómetro.
- Herramientas manuales.
- Llave tee.

- Ficha de registro de datos.

La búsqueda de fugas visibles se realizó transitando por las calles de la zona de estudio, visualizando presencia de agua en la superficie del terreno.

Se encontró fugas visibles en las siguientes direcciones:

- Cámara de ingreso al sector, ubicada en el Jr. Progreso – Av. El Maestro. La fuga se ubicó en el macromedidor mecánico instalado años atrás; la cual se aforo volumétrica y posteriormente se realizó la reparación, ya que era el lugar donde se instaló el caudalímetro portátil.

Se determinó el volumen de la fuga, utilizando la fórmula de caudal.

$$V = Q * t$$

Donde:

- V : Volumen de ingreso mensual (m<sup>3</sup>).
- Q : Caudal promedio de ingreso (m<sup>3</sup>/s).
- T : Tiempo (mes).

Entonces,

$$V = 0.00357 \frac{l}{s} * \left( \frac{1 m^3}{1000 l} * \frac{3600 s}{1 h} * \frac{24 h}{1 día} * \frac{30 día}{1 mes} \right)$$

$$V = 9.253 \frac{m^3}{mes}$$



**Figura 51:** Fuga visible en cámara de ingreso al sector.



**Figura 52:** Estado de macromedidor en cámara de ingreso al sector.

- Válvula de control, ubicada en el Jr. Progreso – Jr. Baños del Inca. Presencia de agua en el tubo señal de dicha válvula.

La cual se aforo volumétrica y posteriormente se realizó la reparación.

Se determinó el volumen de la fuga, utilizando la fórmula de caudal.

$$V = Q * t$$

Donde:

V : Volumen de ingreso mensual (m<sup>3</sup>).

Q : Caudal promedio de ingreso (m<sup>3</sup>/s).

T : Tiempo (mes).

Entonces,

$$V = 0.00217 \frac{l}{s} * \left( \frac{1 m^3}{1000 l} * \frac{3600 s}{1 h} * \frac{24 h}{1 día} * \frac{30 día}{1 mes} \right)$$

$$V = 5.625 \frac{m^3}{mes}$$



**TESIS: ESTIMACIÓN DEL AGUA POTABLE NO FACTURADA EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE LAS URBANIZACIONES CAJAMARCA Y RAMÓN CASTILLA, CAJAMARCA 2021.**



Prueba:	<b>FUGAS VISIBLES</b>	
Departamento:	<b>CAJAMARCA</b>	Provincia: <b>CAJAMARCA</b>
Distrito:	<b>CAJAMARCA</b>	Urbanización: <b>CAJAMARCA Y RAMÓN CASTILLA</b>
Equipo utilizado:		
Equipo de trabajo:	<b>CHÁVEZ SÁNCHEZ JHONY ALEXANDER</b>	<b>TESISTA</b>
	<b>GONZALES INTOR BRAULIO</b>	<b>TÉCNICO EPS SEDACAJ</b>
	<b>RODRÍGUEZ CASTREJÓN EDWARD</b>	<b>TÉCNICO EPS SEDACAJ</b>

**DATOS DE CAMPO**

Ítem	Dirección	N° de Inscripción	Aforo (ml)	Tiempo (s)	Caudal (l/s)
1	JR. PROGRESO - AV. EL MAESTRO	Cámara de Ingreso	500	140	0.00357
2	JR. PROGRESO - JR. BAÑOS DEL INCA	Válvula	500	230	0.00217

**Figura 53:** Ficha de registro de fugas visibles.

**d. Búsqueda de fugas no visibles**

Equipos utilizados:

- Geófono acústico.
- Aforador de fugas.
- Cronómetro.
- Herramientas manuales.
- Llave tee.
- Ficha de registro de datos.

La búsqueda de fugas no visibles se realizó en horas de la madrugada, ya que se cuenta con mayor presión que facilita la detección en redes y acometidas. Se realizó la inspección de las conexiones domiciliarias, específicamente la auscultación con geófono, inspección que nos permitió determinar la existencia de fuga en la caja del medidor: fuga en tubería o accesorios. La auscultación en conexiones domiciliarias nos permite también determinar la presencia de fugas en redes de distribución y acometidas.



**Figura 54:** Foto de auscultación en conexiones domiciliarias con geófono.

Posteriormente, se procede a la medición de caudal de fuga en cada una de las cajas de medidor localizadas con fuga. De ser el caso, si la fuga sería en redes, se procede a la exposición de la fuga, aforo de la fuga y reparación de esta.

Se determinó el volumen total de las fugas en caja de medidor, utilizando la fórmula de caudal.

$$V = Q * t$$

Donde:

V : Volumen de ingreso mensual (m<sup>3</sup>).

Q : Caudal promedio de ingreso (m<sup>3</sup>/s).

T : Tiempo (mes).

Entonces,

$$V = 0.0145 \frac{l}{s} * \left( \frac{1 m^3}{1000 l} * \frac{3600 s}{1 h} * \frac{24 h}{1 día} * \frac{30 día}{1 mes} \right)$$

$$V = 37.67 \frac{m^3}{mes}$$



**Figura 55:** Vista de fuga en caja de medidor.



**Figura 56:** Vista de fugas en caja de medidor.

Se determinó el volumen de la fuga detectada y ubicada en el Psje. Colladar 143), utilizando la fórmula de caudal.

$$V = Q * t$$

Donde:

- V : Volumen de ingreso mensual (m3).  
 Q : Caudal promedio de ingreso (m3/s).  
 T : Tiempo (mes).

Entonces,

$$V = 0.056 \frac{l}{s} * \left( \frac{1 m3}{1000 l} * \frac{3600 s}{1 h} * \frac{24 h}{1 día} * \frac{30 día}{1 mes} \right)$$

$$V = 144 \frac{m3}{mes}$$

Se determinó el volumen de la fuga detectada y ubicada en el Jr. Cumbe Mayo 263, utilizando la fórmula de caudal.

$$V = Q * t$$

Donde:

- V : Volumen de ingreso mensual (m3).  
 Q : Caudal promedio de ingreso (m3/s).  
 T : Tiempo (mes).

Entonces,

$$V = 0.045 \frac{l}{s} * \left( \frac{1 m3}{1000 l} * \frac{3600 s}{1 h} * \frac{24 h}{1 día} * \frac{30 día}{1 mes} \right)$$

$$V = 117.82 \frac{m3}{mes}$$

Se determinó el volumen de la fuga detectada y ubicada en el Psje. Bambamarca I10, utilizando la fórmula de caudal.

$$V = Q * t$$

Donde:

- V : Volumen de ingreso mensual (m3).  
 Q : Caudal promedio de ingreso (m3/s).  
 T : Tiempo (mes).

Entonces,

$$V = 0.038 \frac{l}{s} * \left( \frac{1 m3}{1000 l} * \frac{3600 s}{1 h} * \frac{24 h}{1 día} * \frac{30 día}{1 mes} \right)$$

$$V = 99.69 \frac{m3}{mes}$$

Se determinó el volumen de la fuga detectada y ubicada en el Psje. Bambamarca 142-I9, utilizando la fórmula de caudal.

$$V = Q * t$$

Donde:

V : Volumen de ingreso mensual (m3).

Q : Caudal promedio de ingreso (m3/s).

T : Tiempo (mes).

Entonces,

$$V = 0.038 \frac{l}{s} * \left( \frac{1 m3}{1000 l} * \frac{3600 s}{1 h} * \frac{24 h}{1 día} * \frac{30 día}{1 mes} \right)$$

$$V = 99.69 \frac{m3}{mes}$$

Se determinó el volumen de la fuga detectada y ubicada en el Psje. San Ignacio 136, utilizando la fórmula de caudal.

$$V = Q * t$$

Donde:

V : Volumen de ingreso mensual (m3).

Q : Caudal promedio de ingreso (m3/s).

T : Tiempo (mes).

Entonces,

$$V = 0.038 \frac{l}{s} * \left( \frac{1 m3}{1000 l} * \frac{3600 s}{1 h} * \frac{24 h}{1 día} * \frac{30 día}{1 mes} \right)$$

$$V = 117.82 \frac{m3}{mes}$$

Se determinó el volumen de la fuga detectada y ubicada en el Jr. Baños del Inca 108, utilizando la fórmula de caudal.

$$V = Q * t$$

Donde:

V : Volumen de ingreso mensual (m3).

Q : Caudal promedio de ingreso (m3/s).

T : Tiempo (mes).

Entonces,

$$V = 0.050 \frac{l}{s} * \left( \frac{1 m3}{1000 l} * \frac{3600 s}{1 h} * \frac{24 h}{1 día} * \frac{30 día}{1 mes} \right)$$

$$V = 129.60 \frac{m3}{mes}$$

Se determinó el volumen de la fuga detectada y ubicada en el Jr. Cumbe Mayo 113, utilizando la fórmula de caudal.

$$V = Q * t$$

Donde:

V : Volumen de ingreso mensual (m3).

Q : Caudal promedio de ingreso (m3/s).

T : Tiempo (mes).

Entonces,

$$V = 0.042 \frac{l}{s} * \left( \frac{1 m3}{1000 l} * \frac{3600 s}{1 h} * \frac{24 h}{1 día} * \frac{30 día}{1 mes} \right)$$
$$V = 108 \frac{m3}{mes}$$

Se determinó el volumen de la fuga detectada y ubicada en el Jr. Cumbe Mayo 117, utilizando la fórmula de caudal.

$$V = Q * t$$

Donde:

V : Volumen de ingreso mensual (m3).

Q : Caudal promedio de ingreso (m3/s).

T : Tiempo (mes).

Entonces,

$$V = 0.045 \frac{l}{s} * \left( \frac{1 m3}{1000 l} * \frac{3600 s}{1 h} * \frac{24 h}{1 día} * \frac{30 día}{1 mes} \right)$$
$$V = 117.82 \frac{m3}{mes}$$

Se determinó el volumen de la fuga detectada y ubicada en el Psje. Celendín 105, utilizando la fórmula de caudal.

$$V = Q * t$$

Donde:

V : Volumen de ingreso mensual (m3).

Q : Caudal promedio de ingreso (m3/s).

T : Tiempo (mes).

Entonces,

$$V = 0.050 \frac{l}{s} * \left( \frac{1 m^3}{1000 l} * \frac{3600 s}{1 h} * \frac{24 h}{1 día} * \frac{30 día}{1 mes} \right)$$

$$V = 129.60 \frac{m^3}{mes}$$

Se determinó el volumen de la fuga detectada y ubicada en el Psje. San Miguel N° 181 (Fuga en abrazadera), utilizando la fórmula de caudal.

$$V = Q * t$$

Donde:

- V : Volumen de ingreso mensual (m3).  
 Q : Caudal promedio de ingreso (m3/s).  
 T : Tiempo (mes).

Entonces,

$$V = 0.071 \frac{l}{s} * \left( \frac{1 m^3}{1000 l} * \frac{3600 s}{1 h} * \frac{24 h}{1 día} * \frac{30 día}{1 mes} \right)$$

$$V = 185.14 \frac{m^3}{mes}$$



**Figura 57:** Excavación para reparación de fuga en abrazadera.



**Figura 58:** Fuga en abrazadera.



**Figura 59:** Estado de las abrazaderas instaladas en el sector.



**TESIS: ESTIMACIÓN DEL AGUA POTABLE NO FACTURADA  
EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE LAS URBANIZACIONES  
CAJAMARCA Y RAMÓN CASTILLA, CAJAMARCA 2021.**



Prueba: **FUGAS EN CAJAS DE MEDIDOR**  
 Departamento: **CAJAMARCA** Provincia: **CAJAMARCA**  
 Distrito: **CAJAMARCA** Urbanización: **CAJAMARCA Y RAMÓN CASTILLA**  
 Equipo utilizado: **AFORADOR VOLUMÉTRICO**  
 Equipo de trabajo: **CHÁVEZ SÁNCHEZ JHONY ALEXANDER** **TESISTA**  
**GONZALES INTOR BRAULIO** **TÉCNICO EPS SEDACAJ**  
**RODRÍGUEZ CASTREJÓN EDWARD** **TÉCNICO EPS SEDACAJ**

**DATOS DE CAMPO**

Ítem	Dirección	N° de Inscripción	Aforo (ml)	Tiempo (s)	Caudal (l/s)
1	PJE SANTA CRUZ 126-	10023177	50	153	0.000327
2	PJE SANTA CRUZ 118-E-3	00301593	50	224	0.000223
3	PJE SANTA CRUZ 118-3P	00391808	50	759	0.000066
4	CA CUMBE MAYO 229-E-18	10020141	50	327	0.000153
5	CA CUMBE MAYO 249-E-15	10170324	50	125	0.000400
6	PJE SANTA CRUZ 122-2 P.	10004130	50	259	0.000193
7	PJE BAMBAMARCA 0-J - 4	10148848	50	119	0.000420
8	PJE CELENDIN 100-	10169218	50	158	0.000316
9	PJE CELENDIN 105-	10001035	50	190	0.000263
10	PJE SAN IGNACIO 139-	10136479	50	348	0.000144
11	PJE CELENDIN 115-	10169514	50	263	0.000190
12	PJE CELENDIN 101-	10098610	50	340	0.000147
13	PJE CONTUMAZA 154-7BA-4ºPISO	00294333	50	745	0.000067
14	PJE SAN IGNACIO 10-A-10	10046276	50	279	0.000179
15	PJE SAN IGNACIO 146-	00420100	50	138	0.000362
16	PJE SAN IGNACIO 0-A-7	10055391	50	196	0.000255
17	JR. PROGRESO 0-S/N. I-8	00238222	50	321	0.000156
18	JR. PROGRESO 0-S/N..	00238233	50	205	0.000244
19	PJE BAMBAMARCA 116-	00238197	50	312	0.000160
20	PJE BAMBAMARCA 116-B	00238211	50	122	0.000410
21	PJE BAMBAMARCA 151-J-3-A	00242251	50	165	0.000303
22	PJE CAJABAMBA 0-I-3	10150182	50	116	0.000431
23	PJE CAJABAMBA 0-H-7	10168933	50	176	0.000284
24	PJE CAJABAMBA 8-H-8	0168966	50	148	0.000338
25	PJE CAJABAMBA 0-I-5	10021448	50	142	0.000352
26	PJE CHOTA 138-	10168955	50	280	0.000179
27	PJE CHOTA 104-H-13	10003786	50	151	0.000331
28	PSJ PROGRESO 371-	00348690	50	214	0.000234
29	PJE CAJABAMBA 0-H-4 01	00448408	50	322	0.000155
30	PJE CONTUMAZA 177-	00222166	50	124	0.000403

**Figura 60:** Ficha de registro de fugas en cajas de medidor – Parte 1.

**DATOS DE CAMPO**

Ítem	Dirección	N° de Inscripción	Aforo (ml)	Tiempo (s)	Caudal (l/s)
31	PJE CONTUMAZA 133-B-4	10075282	50	241	0.000207
32	PJE SAN MIGUEL 0-B-13	10150422	50	111	0.000450
33	PJE CONTUMAZA 138-2 P.	00221416	50	155	0.000323
34	PJE CELENDIN 155-	10098825	50	328	0.000152
35	JR. PROGRESO 0-G-15	10040725	50	276	0.000181
36	PJE CHOTA 103-	10161323	50	113	0.000442
37	PJE CUTERVO 159-	10165509	50	208	0.000240
38	PJE CUTERVO 111-G-14	10009964	50	192	0.000260
39	PSJ PROGRESO 371-	00247972	50	266	0.000188
40	JR. PROGRESO 375-F-13	10205940	50	123	0.000407
41	JR. PROGRESO 375-F-13	10156666	50	238	0.000210
42	JR CUMBE MAYO 205-F-10	00429018	50	192	0.000260
43	PJE SAN MARCOS 170-F-6	10036785	50	148	0.000338
44	PJE SAN MARCOS 110--118	10169263	50	109	0.000459
45	PJE CELENDIN 173-	10122688	50	173	0.000289
46	PJE CELENDIN 189-	10131634	50	294	0.000170
47	PJE SANTA CRUZ 160-	10169865	50	152	0.000329
48	PJE SANTA CRUZ 169-C-4	10086401	50	255	0.000196
49	PJE JAEN 163-C-3	10075657	50	182	0.000275
50	PJE SAN MIGUEL 107-	00450297	50	126	0.000397
51	PJE JAEN 178-	10065995	50	118	0.000424
52	PJE JAEN 0-D-17	10086763	50	159	0.000314
53	PJE JAEN 165-4? PISO	00223032	50	323	0.000155
54	PJE SAN MIGUEL 125-D-24	00242080	50	204	0.000245
55	CA CUMBE MAYO 245-E-16	10057939	50	162	0.000309
56	CA CUMBE MAYO 275-3? P.	00317604	50	146	0.000342
57	PJE JAEN 131-	10126546	50	223	0.000224
58	PJE SAN MIGUEL 111-D-25-B	00223872	50	757	0.000066
59	PJE SAN MIGUEL 107-D-26	10029184	50	495	0.000101
60	JR. PROGRESO 113-	10146131	50	145	0.000345
61	JR. PROGRESO 175-	10008781	50	324	0.000154
62	JR. PROGRESO 193-	00388518	50	147	0.000340
63	PJE CUMULLCA 0-A-2	10156484	50	163	0.000307
64	PJE CUMULLCA 150-	10070469	50	116	0.000431
65	PJE CUMULLCA 130-	10210389	50	112	0.000446
66	PJE SHAULLO 167-	00268284	50	155	0.000323
67	CA. LAS ORQUIDEAS 108-	10022018	50	141	0.000355
68	CA. LAS ORQUIDEAS 102-2?-PISO	00239916	50	209	0.000239
69	CA. LAS ORQUIDEAS 102-3?PISO	00306167	50	218	0.000229
70	PJE COIMOLACHE 143-	10137538	50	256	0.000195
71	JR JULIO C. GUERRERO 130-	10121789	50	315	0.000159
72	JR JULIO C. GUERRERO 108-	10079082	50	248	0.000202
73	PJE COLLADAR 111-E - 7	10075726	50	253	0.000198
74	PJE COLLADAR 115-E - 6	10193490	50	117	0.000427
75	PJE SHAULLO 188-	00345880	50	323	0.000155
76	CA. LAS ORQUIDEAS 139-3? PISO	00289165	50	281	0.000178
77	JR. PROGRESO 239-	00317966	50	279	0.000179
78	JR BAÑOS DEL INCA 262-	10115952	50	206	0.000243
79	JR BAÑOS DEL INCA 232-	10029208	50	165	0.000303
80	PJE COLLADAR 178-	10141261	50	266	0.000188
81	PJE COLLADAR 116-	10077159	50	234	0.000214
82	JR JULIO C. GUERRERO 105-	10007100	50	208	0.000240
83	JR BAÑOS DEL INCA 126-	10090918	50	196	0.000255
84	JR BAÑOS DEL INCA 108-	10199532	50	279	0.000179

**Figura 61:** Ficha de registro de fugas en cajas de medidor – Parte 2.

### 3.3.5. Recolección de Datos de Pérdidas Comerciales

Se realizó el análisis de las pérdidas comerciales de acuerdo con la información brindada por la División de Medición de la EPS SEDACAJ S.A.

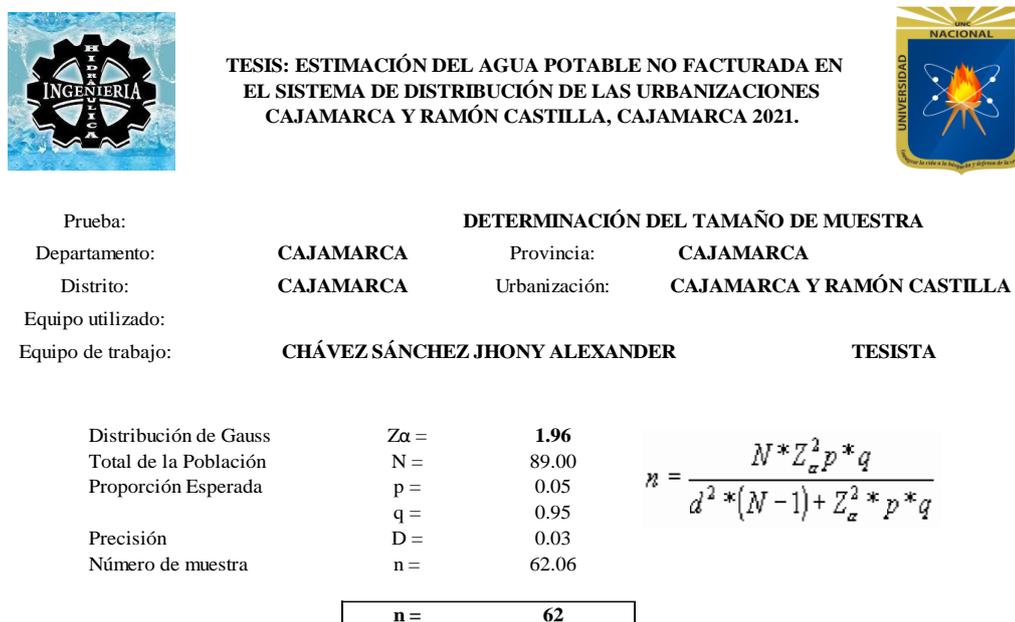
#### a. Micromedición

Equipos utilizados:

- Banco de Prueba para Micromedidores de Agua Fría.
- Herramientas manuales.
- Niples PVC.
- Notificación de retiro de medidor.
- Acta de retiro de medidor de agua potable.

De la información brindada del parque de medidores de la zona en estudio (Urbanización Cajamarca y Ramón Castilla), se identificaron aquellos medidores con una antigüedad mayor a 5 años, resultando un total de 89 medidores.

Del total de medidores con una antigüedad mayor a 5 años, se tomó una muestra significativa haciendo uso de la fórmula para poblaciones finitas, resultando 62 medidores.



**Figura 62:** Determinación del tamaño de muestra de medidores mayores a 5 años.

Se distribuyó la muestra considerando la antigüedad de los medidores, de acuerdo con el siguiente cuadro:

Antigüedad Medidores	Cant. Medidores	Cant. Muestra
Mayor o igual a 6 años	22	15
Mayor o igual a 7 años	32	22
Mayor o igual a 8 años	21	15
Mayor o igual a 9 años	6	4
Mayor o igual a 10 años	1	1
Mayor o igual a 11 años	1	1
Mayor o igual a 12 años	2	1
Mayor o igual a 16 años	3	2
Mayor o igual a 21 años	1	1
<b>TOTAL</b>	<b>89</b>	<b>62</b>

**Figura 63:** Distribución de la cantidad de medidores por antigüedad.

Obtenida la muestra e identificados a los usuarios, se procede con la notificación de retiro de medidor, tal como indica la normativa. En el formato de Notificación de la EPS SEDACAJ se informa la fecha de notificación, motivo por el cual será retirado el medidor, fecha de retiro del medidor y también la fecha que se realizará la contrastación en laboratorio (para el presente caso).



**NOTIFICACIÓN RETIRO DE MEDIDOR**

Usuario:	JARDIN DE NIÑOS N°63		
Dirección:	JL. BAÑOS DEL INCA CD 4		
Código:	00-2600	Inscripción:	10093637
Medidor N°:	3-160-251-461		
Fecha:	E314007459		

**10 AGO 2022**

Es grato dirigirme a Ud. Para comunicarle que de acuerdo a la RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 011-2007-SUNASS-CD (Del 02-02-2007) Artículo 102. Determinándose lo siguiente:

Una vez instalado el medidor de consumo, éste solo podrá ser retirado previa comunicación escrita al usuario por lo menos con dos días útiles de anticipación por tres razones.

I. Para darle mantenimiento

II. Para realizar la contrastación en laboratorio  **6 AGO 2022**

III. Para ser reemplazado por otro medidor

Con el fin de brindar un buen servicio y el cobro justo por su consumo, la EPS a dispuesto retirar el medidor instalado en su conexión. Por lo indicado agradecemos a Ud. Otorgarle las facilidades necesarias a nuestro personal debidamente acreditado para que realicen los trabajos necesarios.

El medidor será retirado el día: **15 AGO 2022**

Atentamente,

DIV. MEDICIÓN

FIRMA 

NOMBRE Elmer E. Valdez Vosgoza

D.N.I. 41619257



**Figura 64:** Llenado de notificación de retiro de medidor.

Posteriormente, y llegada la fecha se procede con el retiro de los medidores para su contrastación en el banco de micromedidores. Esto con el fin de determinar la condición del micromedidor: subregistro y sobregistro.



**Figura 65:** Retiro de micromedidores con apoyo de personal técnico de la EPS.

El trabajo de retiro de medidor incluye el llenado del Acta de Retiro de Medidor de Agua Potable (Formato de la EPS SEDACAJ S.A), en el cual se llena información de: fecha y hora de retiro, finalidad del retiro, información del titular de la conexión domiciliaria o usuario, información del medidor: volumen registrado al retiro, reporte visual del medidor: puntero girando, precinto de seguridad, visor con imposibilidad de lectura, reporte visual del filtro de medidor: presencia de filtro, estado de conservación del filtro, existencia de solidos retenidos en el filtro, información de la caja de medidor, algunas observaciones por parte del técnico y por último, firma del técnico por parte de la EPS y firma del titular de la conexión domiciliaria o usuario en señal de conformidad.



**E.P.S. Sedacaj S.A.**  
SERVICIO PÚBLICO DE AGUAS POTABLES  
 DE LA PROVINCIA DE CAJAMARCA  
 SU SEDE EN TUMBURAY

**Nº 0008062**

**Formulario Nº 1B**

**Acta de Retiro de Medidor de Agua Potable  
 (realizado por la empresa prestadora)**

Siendo las 11:05 horas, del día 015/09/2022, la Empresa prestadora E.P.S. SEDACAJ S.A. CAJAMARCA ha procedido a retirar el medidor de la conexión domiciliar, a fin de trasladarlo a la UVM \_\_\_\_\_ para realizar la verificación en laboratorio.

**Información del Titular de la Conexión Domiciliar e usuario**

Nombre:	<u>DOMINGO ALVAREZ FRANCISCO ESTEBAN</u>		
Dirección:	<u>PJE SAN MIGUEL 5-11-30</u>	<u>HUACA 3-00-1990</u>	
Nº de Suministro:	<u>02607883</u>	<u>3-255-92-41</u>	

**Información del medidor:**

Nº de serie de medidor:	<u>130019</u>	Tipo:	
Marca del medidor:		Díámetro nominal (mm):	
Modelo del medidor:		Año de fabricación:	
Fabricante:		Cl. (m <sup>3</sup> /hr):	<u>1/2"</u>
Procedencia:		Alcance (Cl. Q):	
Estado del registro: el medidor registra, antes de la verificación un volumen de <u>1136</u> m <sup>3</sup>		PMA (bar):	TMA (°C):

Para el traslado se colocó una bolsa cerrada con precinto de seguridad:  Sí  No

**Reporte visual del medidor:**

Puntera del medidor girando:	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
Medidor con precinto de seguridad:	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
Visar con imposibilidad de lecturas:	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No

**Reporte visual del filtro de medidor:**

El medidor tiene filtro:	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
El filtro está en buen estado de conservación:	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
Existen alfileres retenidos en el filtro:	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No

**Información de la caja del medidor: (señalar el estado actual de la caja de medidor)**


Observaciones:  
Se retiró medidor con la hasta abierta queda con servicio directo.

\_\_\_\_\_  
 Firma de la Empresa Prestadora  
**Arcadio Masquero S. edas**

Número: **E.P.S. SEDACAJ**  
 D.N.I.: **2662296**

\_\_\_\_\_  
 Firma del Titular de la conexión Domiciliar o Usuario

Número: Blas BOBACAY JIMENEZ  
 D.N.I.: 40624199

**Figura 66:** Llenado del Acta de retiro de medidor de agua potable.

Hecho el retiro del medidor, se trasladan al ambiente del laboratorio de micromedición y procede con la respectiva limpieza de cada medidor. Por diversos motivos solo se lograron retirar 49 medidores.



**Figura 67:** Limpieza de medidores para prueba de contrastación.

Se inicia la prueba de los micromedidores, que consiste en caudal alto (Q3), caudal medio (Q2) y caudal bajo (Q3). La prueba de caudal alto consiste en hacer pasar un volumen de 100 litros, anotando las lecturas de inicio y final para posteriormente obtener una diferencia de lecturas que nos dará la precisión del medidor. De igual manera se realiza la prueba de caudal medio y caudal bajo, con la diferencia que el volumen utilizado es de 10 litros.



**Figura 68:** Contrastación de medidores en banco de pruebas.

Finalmente, luego de realizar la contrastación de los medidores. Obtenemos un formato que contiene la siguiente información:

Características del medidor: serie, marca.

Caudal Alto: Lecturas, volumen de prueba, diferencia y error.

Caudal Medio: Lecturas, volumen de prueba, diferencia y error.

Caudal Bajo: Lecturas, volumen de prueba, diferencia y error.

Resultados: Medidor operativo, medidor con sobregistro, medidor con subregistro.

Observaciones

Contraste de Medidores x Estudio de Vigilancia

Mes: 16 Agosto ..... 2022

Fecha: .....

Laboratorio de Medidores

No.	Características del Medidor			Caudal		Alto (03)		Caudal Medio (02)		Caudal Bajo (01)		Observaciones
	Serie	Marca	1. MP	Fact. Inicial	Fact. Final	Fact. Inicial	Fact. Final	Fact. Inicial	Fact. Final	Fact. Inicial	Fact. Final	
1	132655	ELT	1071	1592.20	1016.80	1003	1025.90	1008	1035.50	1002	1035.50	✓
2	130381	ELT	1412	182.50	234.30		294.31		304.23		304.23	✓
3	210867	ELT	1528	425.03	349.21		538.60		368.42		368.42	✓
4	210866	ELT	1207	462.70	565.11		575.20		546.06		546.06	opaco
5	211209	ELT	1545	069.52	172.68		182.63		582.82		582.82	opaco
6	211278	ELT	873	417.50	525.62		535.20		190.66		190.66	opaco
7	210134	ELT	1104	804.75	100.74		139.95		545.68		545.68	opaco
8	228592	ELT	506	135.92	235.22		244.81		149.22		149.22	opaco
9	048327	ELT	688	950.53	101.82		1060.90		249.36		249.36	opaco
10	01080038	ZEU	1742	792.76	886.75		906.15		1070.49		1070.49	opaco
11	658003	ZEU	1359	583.26	234.59		695.15		915.78		915.78	aut.
12	04468047	ELT	1573	688.21	792.06		802.20		702.86		702.86	opaco
13	212484	ELT	703	815.58	923.20		933.45		812.13		812.13	opaco
14	204506	ELT	1516	270.38	476.97		487.20		947.08		947.08	opaco
15	127530	ELT	1731	289.92	377.36		407.70		494.56		494.56	opaco
16	126808	ELT	1731	076.74	187.56		198.56		427.66		427.66	✓
17	214409	ELT	2475	294.22	401.24		411.18		205.66		205.66	opaco
18	131103	ELT	289	527.46	626.48		636.05		419.38		419.38	opaco
19	04528	ELT	615	892.10	991.60		1001.25		642.90		642.90	opaco
20	01069	ELT	630	343.02	452.75		463.40		1007.95		1007.95	opaco
21	130079	ELT	198	898.26	1000.46		1010.32		1019.76		1019.76	opaco
22	128587	ELT	657	325.24	433.47		443.90		1453.60		1453.60	opaco
23	212068	ELT	2100	749.72	851.00		861.50		871.48		871.48	✓
24	128128	ELT	1038	266.73	278.89		387.70		398.80		398.80	✓
25	213645	ELT	1059	464.80	578.86		589.64		597.57		597.57	opaco
26	210869	ELT	1112	907.22	1009.18		1019.14		1028.46		1028.46	opaco
27	210864	ELT	658	185.72	290.72		300.80		310.80		310.80	opaco
28	210870	ELT	624	680.80	774.54		788.90		789.33		789.33	opaco
29	03751	ELT	1068									opaco

Figura 69: Resultado de contrastación de medidores – Parte 1.

Laboratorio de Medidores

Contraste de Medidores X Estudios Logjames Sics... 16 Agosto... 2,022

②

No	Características del Medidor			Caudal		Aforo (03)		Caudal medio (02)		Caudal Bajo (01)		Fecha	Post. Errores
	Serie	Marca	L M3	Leer Inicial	Leer Final	Diferencia VOL	Leer Final	Diferencia VOL T	Leer Final	Diferencia VOL T	Temp		
1	131526	Elct	217415	624.73	734.46	1009.74	744.60	1009.74	744.74	1002		1002	opaco
2	130019	Elct	1836	842.00	952.45	982.75	982.75	982.75	982.75				opaco
3	212808	Elct	1015	814.12	922.08	232.48	232.48	232.48	232.48				opaco
4	212445	Elct	1809	753.68	861.28	871.28	871.28	871.28	871.38				opaco
5	212477	Elct	740	546.18	652.94	663.04	663.04	663.04	672.90				opaco
6	214316	Elct	1456	328.08	435.68	446.02	446.02	446.02	453.72				opaco
7	2052004174	Elct	5674	684.14	806.36	818.48	818.48	818.48	818.58				opaco
8	205200343	Elct	7203	761.79	883.30	892.20	892.20	892.20	892.20				opaco
9	128756	Elct	1148	670.32	751.44	1003	185.52	1003	193.28	1003			opaco
10	128129	Elct	875	796.20	911.80	912.04	912.04	912.04	919.10				opaco
11	129111	Elct	571	442.94	549.26	1059.28	1059.28	1059.28	1059.99				opaco
12	128632	Elct	2810	161.48	269.65	289.28	289.28	289.28	289.28				opaco
13	127130	Elct	1808	562.20	676.61	687.68	687.68	687.68	696.52				opaco
14	131098	Elct	1710	007.30	115.54	123.88	123.88	123.88	134.24				opaco
15	130703	Elct	2389	623.58	734.93	744.52	744.52	744.52	753.39				opaco
16	131664	Elct	450	266.30	365.68	375.64	375.64	375.64	384.72				opaco
17	0226179	ZE0	461	897.22	1095.00	10016	105.68	10016	114.65	1002			opaco
18	2052002295	Elct	1831	816.83	918.29	928.07	928.07	928.07	934.35				opaco
19	128131	Elct	1220	095.24	203.01	213.30	213.30	213.30	213.30				opaco
20	2124974	Elct	1024	914.30	1022.06	1032.49	1032.49	1032.49	1042.69				opaco
21													opaco
22													opaco
23													opaco
24													opaco
25													opaco
26													opaco
27													opaco
28													opaco
29													opaco
30													opaco

Figura 70: Resultado de contrastación de medidores – Parte 2.

## **b. Hurto y clandestinaje**

Equipos utilizados:

- Padrón de usuarios.
- Herramientas manuales.

De la información brindada por parte de la EPS SEDACAJ S.A, se identificó el total de usuario en la zona de estudio. El trabajo de campo consistió en la validación del total de conexiones que figuran en el catastro de clientes.

## CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La presente investigación tuvo la finalidad de estimar el volumen de agua no facturada en el sistema de abastecimiento de agua potable en la Urbanizaciones Cajamarca y Ramón Castilla, 2021; verificando las pérdidas operativas y pérdidas comerciales, para ello a continuación se presentan los resultados obtenidos en función a los objetivos planteados y acorde a la metodología utilizada.

### 4.1. Sectorización Hidráulica

Límites del sector:

Norte	:	Av. El Maestro
Sur	:	Jr. Cumbe Mayo
Este	:	Av. Mario Urteaga
Oeste	:	Jr. Progreso



**Figura 71:** Límites de la zona en estudio.

Ingreso al sector:

Cámara de ingreso al sector, ubicada en el Jr. Progreso esquina con Av. El Maestro, con coordenadas:

E: 774806.39

S: 9207876.04



**Figura 72:** Cámara de ingreso al sector, ubicada en el Jr. Progreso esquina con Av. El Maestro.

Zonas de Presión:

Zona Alta : 2708 – 2703 msnm.

Zona Media : 2703 – 2698 msnm.

Zona Baja : 2698 – 2693 msnm.

Tipos de Consumidores:

**Tabla 3:** Tipos de consumidores en la zona de estudio.

<b>Categoría</b>	<b>N° de Conexiones</b>
Doméstico	323
Comercial	64
Estatal	12
Industrial	2
<b>Total</b>	<b>401</b>

Longitud de Redes de Distribución

**Tabla 4:** Longitud de Redes de Distribución.

<b>Diámetro</b>	<b>Material</b>	<b>Antigüedad (años)</b>	<b>Metrado (m)</b>
Tubería Ø3"	AC	47	1 672.49
Tubería Ø4"	AC	47	1 112.93
		<b>Total</b>	<b>2 785.42</b>

Válvulas de Control y Grifos Contra Incendios

**Tabla 5:** Válvulas de Control y Grifos Contra Incendios en zona de estudio.

<b>Tipo</b>	<b>Cantidad</b>
Válvula de Control (Redes de Distribución)	27
Válvula de Control (Grifo Contra Incendio)	07
Grifo Contra Incendio	07

#### 4.2. Medición de Caudal de Ingreso

Se determinó el único ingreso al sector Urbanizaciones Cajamarca y Ramón Castilla, en la cámara ubicada en el Jr. Progreso esquina con la Av. El Maestro.

Para la medición de caudal de ingreso se utilizó el equipo caudalímetro portátil ultrasonido OPTISONIC 6300P de la marca KHRONE.

Se determinó el caudal de ingreso a las Urbanizaciones Cajamarca y Ramón Castilla, resultando un caudal promedio de 3.99 l/s.

Se determinó el volumen de ingreso a las Urbanizaciones Cajamarca y Ramón Castilla, resultando un volumen mensual de 10 342.08 m<sup>3</sup>.

**Tabla 6:** Volumen de ingreso a la zona de estudio.

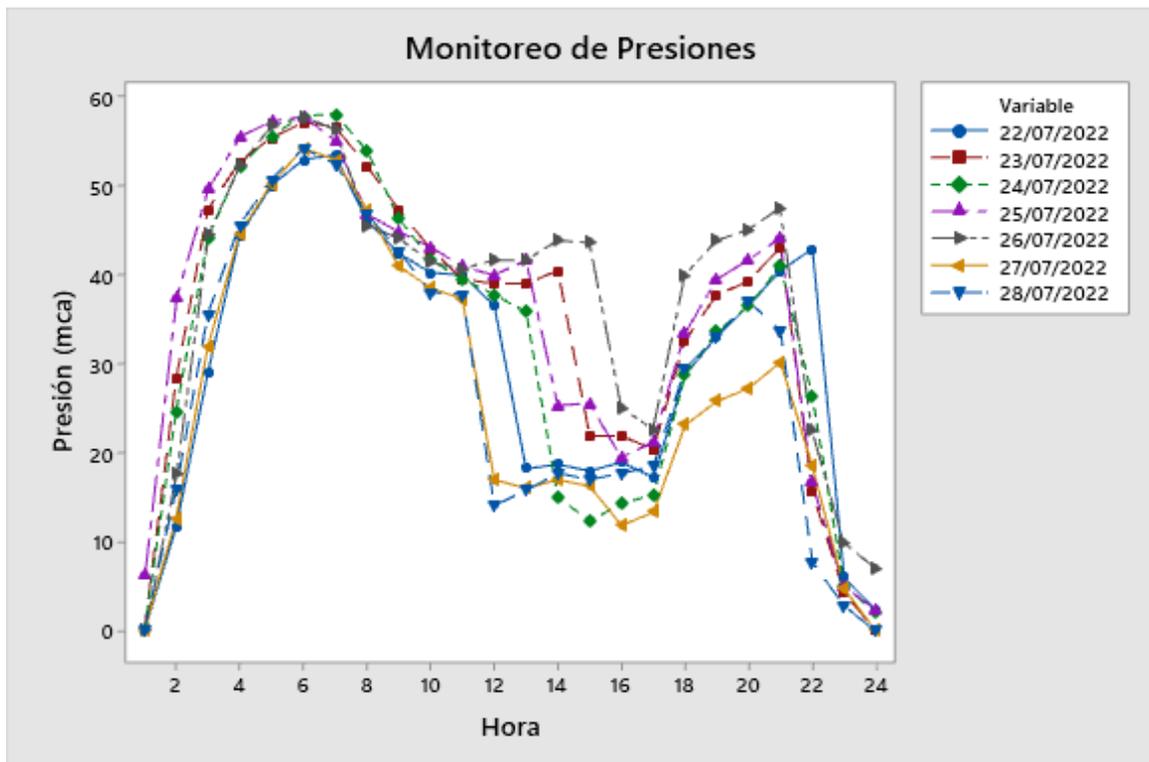
<b>SECTOR: URBANIZACIONES CAJAMARCA Y RAMÓN CASTILLA</b>	
Caudal de ingreso promedio (l/s)	3.99
Volumen de ingreso mensual (m <sup>3</sup> )	10 342.08

#### 4.3. Medición de Presiones

Se realizó el monitoreo de presiones en la cámara de ingreso a las Urbanizaciones Cajamarca y Ramón Castilla, ubicada en el Jr. Progreso esquina con Av. El Maestro.

Se utilizó el equipo datalogger Nemos N200; que se instaló en salida de una abrazadera instalada en tubería AC de 4" y se programó un registro de presiones cada 1 hora por lapso de una semana. Estos datos de presión son enviados hacia un servidor web llamado Zeus Web, los cuales están listos para descarga.

La determinación de la presión máxima y mínima se ha obtenido luego de la analizar estadísticamente los datos registrados en el datalogger Nemos N200. El cálculo ha sido desarrollado con el software Microsoft Excel y Minitab 19.

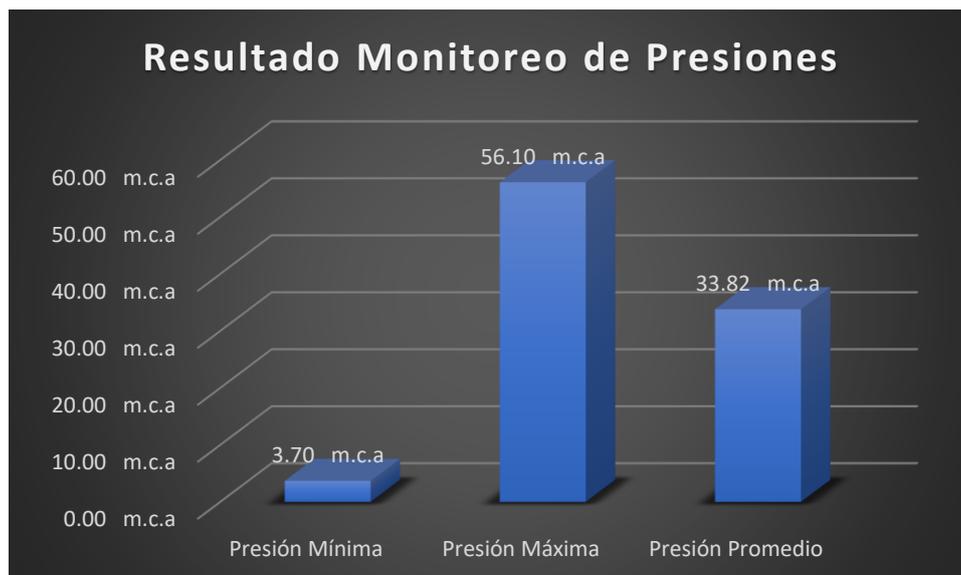


**Figura 73:** Grafico de monitoreo de presiones.

Se tomó 168 mediciones de presión en la zona con datalogger, se descartaron datos igual a cero ya que estos datos son en el horario que no hay servicio de agua potable.

Se determinó la presión promedio que es igual a 33.82 mca, la presión mínima es igual a 3.70 mca y la presión máxima tiene un valor de 56.10 mca. Se verificó que la mayoría de los datos de presión se encuentra dentro de los rangos establecidos por la norma: OS 050 - Redes de distribución de agua para el consumo humano. A excepción, de 13 datos que se encuentran por debajo de los 10 mca y 27 datos que exceden los 50 mca.

Se determinó la continuidad horaria del servicio igual a 23 horas.



**Figura 74:** Presión mínima, máxima y promedio en zona de estudio.

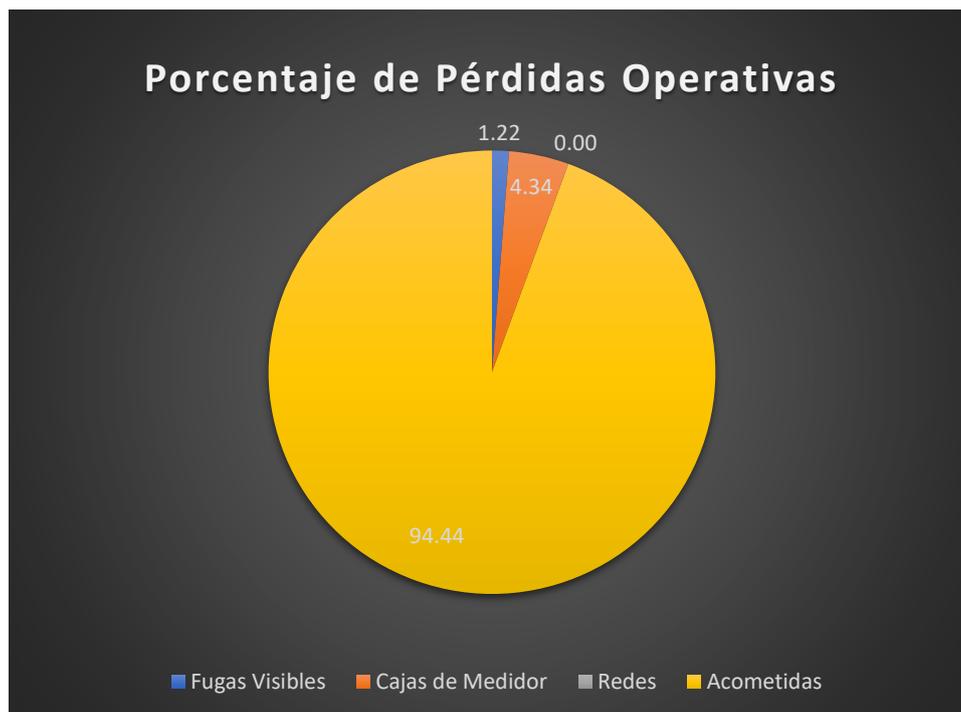
#### 4.4. Recolección de Datos de Pérdidas Operativas

En la siguiente tabla, se muestra la cantidad de volumen de pérdida de agua potable de las fugas visibles y no visibles (cajas de medidor y acometidas).

**Tabla 7:** Resultados Pérdidas Operativas.

Pérdidas Operativas		Caudal de Pérdida (l/s)	Volumen de Pérdida por mes (m <sup>3</sup> )	% Pérdida de Agua Potable
	Fugas Visibles	0.0062	16.14	1.22
Fugas No Visibles	Cajas de Medidor	0.0221	57.35	4.34
	Redes	0.0000	0.00	0.00
	Acometidas	0.4819	1249.18	94.44
<b>TOTAL</b>			<b>1322.67</b>	<b>100.00</b>

Se verifica la distribución de porcentaje de pérdidas operativas, donde la pérdida de agua potable por fugas visibles representa el 1.22 %, la pérdida de agua potable por fugas en cajas de medidor representa el 4.34 % y la pérdida de agua potable por fugas en acometidas representa el 94.44 %, no se encontraron fugas en redes de distribución en el sector de la investigación.



**Figura 75:** Porcentaje de pérdidas operativas.

#### 4.5. Recolección de Datos de Pérdidas Comerciales

En la siguiente tabla, se puede verificar la cantidad de volumen de pérdida de agua potable por desperfectos de la micromedición, no se logró detectar la presencia de hurto y clandestinaje de agua potable.

**Tabla 8:** Resultados Pérdidas Comerciales.

Pérdidas Comerciales	Volumen de pérdida por mes (m <sup>3</sup> )	Porcentaje de pérdida de agua potable
Micromedición	901.24	100.00
Clandestinaje y Hurto	0.00	0.00
<b>Total</b>	<b>901.24</b>	<b>100.00</b>

Se constata la distribución de porcentaje de pérdidas comerciales, teniendo como resultado que la micromedición representa el 100 %. No se logró detectar conexiones clandestinas en la zona de la investigación.

Se determinó que el subregistro promedio para el parque de medidores de las Urbanizaciones Cajamarca y Ramón Castilla asciende a -7.01%.

#### 4.6. Resultado Total de Agua No Facturada

En la tabla, se verifica el resultado del Agua No Facturada, que incluye las Pérdidas en Fugas Visibles, Pérdidas en Fugas No Visibles y Pérdidas en la Micromedición.

**Tabla 9:** Resumen de Pérdidas de Agua Potable.

<b>Resumen de las Pérdidas de Agua Potable</b>			
Variables	Sub Variables	Volumen de pérdida de agua potable por ms (m <sup>3</sup> )	Porcentaje de pérdida de agua potable (%)
Pérdidas Operativas	Pérdidas en Fugas Visibles	16.14	0.73
	Pérdidas en Fugas No Visibles	1306.53	58.75
Pérdidas Comerciales	Pérdidas en la Micromedición	901.24	40.53
<b>Total Pérdidas de Agua Potable</b>		<b>2223.91</b>	<b>100.00</b>

En la tabla, se verifica la proporción de volumen de Agua No Facturada en Pérdidas Operativas y Pérdidas Comerciales.

**Tabla 10:** Porcentajes de pérdidas operativas y comerciales.

Variables	Volumen de pérdida de agua potable por mes (m <sup>3</sup> )	Porcentaje de pérdida de agua potable (%)
Pérdidas Operativas	1322.67	59.47
Pérdidas Comerciales	901.24	40.53
<b>Total Pérdidas de Agua Potable</b>	<b>2223.91</b>	<b>100.00</b>

#### 4.7. Balance hídrico de la zona

En la tabla, se verifica el resultado del Agua No Facturada, que incluye las Pérdidas en Fugas Visibles, Pérdidas en Fugas No Visibles y Pérdidas en la Micromedición.

**Tabla 11:** Balance hídrico de la zona de estudio.

<b>Detalle</b>	<b>Volumen por mes (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volumen (%)</b>
<b>Volumen de distribución</b>	<b>10342.08</b>	<b>100.00</b>
<b>Agua Facturada</b>	<b>8118.17</b>	<b>78.50</b>
<b>Agua No Facturada</b>	<b>2223.91</b>	<b>21.50</b>
<b>Pérdidas Operativas</b>	<b>1322.67</b>	<b>12.79</b>
Fugas Visibles	16.14	0.16
Fugas No Visibles	1306.53	12.63
<b>Pérdidas Comerciales</b>	<b>901.24</b>	<b>8.71</b>
Micromedición	901.24	8.71

## **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. Conclusiones**

- Se logró estimar el volumen de agua no facturada para un sistema de tuberías de asbesto cemento (AC) en su totalidad, como es el caso de las urbanizaciones Cajamarca y Ramón Castilla. Resultando un volumen de 2223.91 m<sup>3</sup>, que representa el 21.50 % del volumen total distribuido.
- Se logró caracterizar la red de distribución de agua potable en las Urbanizaciones Cajamarca y Ramón Castilla. Se resalta que el sistema de distribución redes de distribución de la zona de estudio son de material asbesto cemento (AC), tienen una antigüedad de 47 años, existen 1672.49 m de tubería de 3" y 1112.93 m de tubería de 4", haciendo un total de 2785.42 m de tubería.
- Se logró estimar la asignación de consumo al sistema de abastecimiento de agua potable en las Urbanizaciones Cajamarca y Ramón Castilla, obteniendo un caudal de 3.99 l/s que a su vez representa un volumen mensual acumulado de 10 342.08 m<sup>3</sup>.
- Se logró estimar el porcentaje de pérdidas operativas en el sistema de abastecimiento de agua potable en las urbanizaciones Cajamarca y Ramón Castilla, resultando un volumen de 1322.67 m<sup>3</sup>, que representa el 12.79 % del volumen total distribuido.
- Se logró realizar la detección de fugas visibles y no visibles en el sistema de abastecimiento de agua potable en las urbanizaciones Cajamarca y Ramón Castilla, resultando un volumen estimado de 16.14 m<sup>3</sup> por fugas visibles y un volumen estimado de 1306.53 m<sup>3</sup> por fugas no visibles, representando el 0.16 % y 12.63 % del volumen total distribuido, respectivamente.
- Se logró estimar el porcentaje de pérdidas comerciales en el sistema de abastecimiento de agua potable en las urbanizaciones Cajamarca y Ramón Castilla, resultando un volumen de 901.24 m<sup>3</sup>, que representa el 8.71 % del volumen total distribuido.
- Se realizó la búsqueda de conexiones clandestinas en el sistema de abastecimiento de agua potable en las urbanizaciones Cajamarca y Ramón Castilla, no se logró detectar conexiones clandestinas. Por lo que, no se cuenta con consumo clandestino en la presente investigación.

## 5.2. Recomendaciones

- Se recomienda, adquirir los planos catastrales existentes de las tuberías; que facilitará la sectorización hidráulica, definiendo áreas de influencia y sectores operacionales de los reservorios.
- Se recomienda, definir correctamente las fronteras del distrito hidrométrico en la etapa de sectorización hidráulica; de tal manera que se cuente con un sector completamente hermético.
- Se recomienda, para una mejor precisión en la medición de la asignación de consumo en el sector, la instalación de un macromedidor estacionario en la cámara de ingreso.
- Se recomienda, para la reducción de pérdidas comerciales la renovación de micromedidores de todos los medidores con sub y sobregistro, asimismo realizar periódicamente la contrastación de los micromedidores en laboratorio.
- Se recomienda, realizar continuamente la recategorización tarifaria de los usuarios de las urbanizaciones del estudio, ya que esto es variable respecto al periodo de facturación y ayudará a la reducción de pérdidas comerciales.
- Se recomienda, para la reducción del Agua No Facturada la implementación del control activo de fugas en los sectores operativos de la EPS Sedacaj S.A, con el uso de equipos de detección de fugas que cuenta la EPS (Geófono, Correlador, Logger).
- Se recomienda, que la presente investigación sirva de base para profundizar estudios relacionados al análisis y determinación del porcentaje de Agua No Facturada (ANF) en los diferentes sectores dentro de la ciudad de Cajamarca.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAHUANA ENRIQUEZ, Bryan Rommel. *Análisis y determinación de agua no contabilizada en pérdidas operativas y comerciales, en el sistema de abastecimiento de agua potable zona III EPS SEDACUSCO S.A* [Tesis de Ingeniería Civil]. Universidad Andina del Cusco, Cusco, Perú, 2019.
- TICONA VALDEZ, Elio Manuel y QUIROZ RAMOS, Jesús Alejandro. *Reducción de pérdidas y agua no contabilizada del sector II-B en la ciudad de Ilo* [Tesis de Ingeniería Civil]. Universidad Privada de Tacna, Tacna, Perú, 2019.
- GUARNIZO PAZ, Marjorie y SANCHEZ PONCE, Araceli Tays. *Reducción de pérdidas de agua potable mediante el método de sectorización en el distrito de Salaverry, departamento La Libertad* [Tesis de Ingeniería Civil]. Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú, 2019.
- GUTIERREZ BACA, Erick Felipe. *Análisis y determinación de agua no facturada (ANF) en el sistema de abastecimiento de agua potable en la sub zona Larapa en la EPS SEDACUSCO S.A* [Tesis de Ingeniería Civil]. Universidad Andina del Cusco, Cusco, Perú, 2019.
- PORRAS GOMEZ, Oscar Hugo. *Reducción de pérdidas de caudal en red de tuberías para mejorar distribución de agua potable-Sector San Carlos-La Merced* [Tesis de Ingeniería Mecánica]. Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú, 2014.
- FRAFRAGOSO SANDOVAL, Lucio; RUIZ Y ZURVIA-FLORES, Jaime Roberto y TOXKY LOPEZ, Gerardo. La sectorización en redes de agua potable para mejorar su eficiencia hidráulica [en línea]. 2016, vol.37, n.2 [fecha de consulta: 2022-11-09], pp.29-43. Disponible en: <[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1680-03382016000200003&lng=es&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382016000200003&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 1680-0338.
- MONSALVE MONROY, Mónica Paola y URIBE GOMEZ, Joan Andrés. *Programa de Reducción de Pérdidas de Agua en la Red de Distribución del Sistema de Acueducto del Municipio de San Gil* [Tesis de Ingeniería Civil]. Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, Bucaramanga, Colombia, 2011.
- MOLINA ARCE, Stephenson Xavier. *Metodología para reducción de pérdidas técnicas en el sistema de distribución de AA. PP del suburbio oeste de la ciudad*

- de Guayaquil* [Tesis de Ingeniería de Ciencias de la Tierra]. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador, 2009.
- COMISION NACIONAL DEL AGUA. *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: Diseño de Redes de Distribución de Agua Potable*. México, D.F, 2019. ISBN 978-607-626-012-8.
  - COMISION NACIONAL DEL AGUA. *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: Sistemas de Medición del Agua: Producción, Operación y Consumo*. México, D.F, 2019. ISBN 978-607-626-006-7.
  - OJEDA RAMIREZ, Maricela. *Metodología para la reducción de pérdidas en redes de agua potable y su puesta en práctica en la red de Ciudad Universitaria de la UNAM* [Tesis de Ingeniería Civil]. Universidad Nacional Autónoma de México, CDMX, México, 2012.
  - ESCOBAR MORALES, Juan José. *Método de los caudales mínimos nocturnos: revisión de sus bases científicas, evaluación de errores potenciales y propuestas para su mejora* [Tesis de Máster en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente]. Universidad Politécnica de Valencia, España, 2011.
  - Redes de Distribución de Agua Para Consumo Humano (OS 050, 2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones*, DS N° 011-2006-VIVIENDA. Lima – Perú.
  - DEUTSCHE GESELLSCHAFT FUR LNTEMATIONALE ZUSAMMENARBEIT (GIZ). *Guía para la reducción de las pérdidas de agua, un enfoque en la gestión de presión*. (1era edición). Eschbor, Alemania. 2011.
  - HERNANDEZ SAMPIERI, Roberto. *Metodología de la Investigación*. 6ta ed. México, 2014. ISBN 978-1-4562-2396-0.
  - SUPERINTENDENCIA NACIONAL DE LOS SERVICIOS DE SANEAMIENTO - SUNASS. *Sistema de Indicadores de Gestión de las Empresas de Servicios de Saneamiento*. Lima-Perú. 2006.
  - TUESTA BARBOZA, Claudia Pamela y VARGAS HERRERA, Deysi Lisbeth. *Evaluación del Subregistro de los Medidores de Acuerdo a su Antigüedad en la Ciudad de Cajamarca para el año 2015* [Tesis de Ingeniería Civil]. Universidad Nacional Privada del Norte, Cajamarca, Perú, 2015.

# **ANEXOS**

# ANEXO 1: CAUDAL DE INGRESO A LAS URBANIZACIONES CAJAMARCA Y RAMON CASTILLA.



TESIS: ESTIMACIÓN DEL AGUA POTABLE NO FACTURADA EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE LAS URBANIZACIONES CAJAMARCA Y RAMÓN CASTILLA, CAJAMARCA 2021.



Prueba: **MEDICIÓN DE CAUDALES**  
 Departamento: **CAJAMARCA** Provincia: **CAJAMARCA**  
 Distrito: **CAJAMARCA** Urbanización: **CAJAMARCA Y RAMÓN CASTILLA**  
 Cámara de Ingreso: **JR. PROGRESO - AV. EL MAESTRO**  
 Equipo utilizado: **Caudalímetro Portátil Ultrasonido OPTISONIC 6300P KHRONE**  
 Equipo de trabajo: **CHÁVEZ SÁNCHEZ JHONY ALEXANDER** **TESISTA**  
**GONZALES INTOR BRAULIO** **TÉCNICO EPS SEDACAJ**  
**RODRÍGUEZ CASTREJÓN EDWARD** **TÉCNICO EPS SEDACAJ**

## DATOS DE CAMPO

Fecha	Hora	Caudal (l/s)
21/07/2022	11:38 p. m.	0
21/07/2022	11:48 p. m.	0
21/07/2022	11:58 p. m.	0
22/07/2022	12:08 a. m.	0
22/07/2022	12:18 a. m.	3.02785
22/07/2022	12:28 a. m.	5.7225
22/07/2022	12:38 a. m.	5.67407
22/07/2022	12:48 a. m.	5.21986
22/07/2022	12:58 a. m.	4.32357
22/07/2022	1:08 a. m.	3.98851
22/07/2022	1:18 a. m.	3.27997
22/07/2022	1:28 a. m.	3.0291
22/07/2022	1:38 a. m.	2.89189
22/07/2022	1:48 a. m.	2.72667
22/07/2022	1:58 a. m.	2.67674
22/07/2022	2:08 a. m.	2.66486
22/07/2022	2:18 a. m.	3.02011
22/07/2022	2:28 a. m.	2.7134
22/07/2022	2:38 a. m.	2.67861
22/07/2022	2:48 a. m.	3.09807
22/07/2022	2:58 a. m.	2.90123
22/07/2022	3:08 a. m.	2.82739
22/07/2022	3:18 a. m.	2.82251
22/07/2022	3:28 a. m.	2.8469
22/07/2022	3:38 a. m.	3.287
22/07/2022	3:48 a. m.	2.68263
22/07/2022	3:58 a. m.	2.6613
22/07/2022	4:08 a. m.	2.69795
22/07/2022	4:18 a. m.	2.94332
22/07/2022	4:28 a. m.	2.67905
22/07/2022	4:38 a. m.	2.7035
22/07/2022	4:48 a. m.	2.85823
22/07/2022	4:58 a. m.	2.71204
22/07/2022	5:08 a. m.	3.05218
22/07/2022	5:18 a. m.	3.47398
22/07/2022	5:28 a. m.	3.61817
22/07/2022	5:38 a. m.	3.04396
22/07/2022	5:48 a. m.	4.21482
22/07/2022	5:58 a. m.	4.1392
22/07/2022	6:08 a. m.	3.89485
22/07/2022	6:18 a. m.	4.19363
22/07/2022	6:28 a. m.	4.46928
22/07/2022	6:38 a. m.	5.68773
22/07/2022	6:48 a. m.	4.714
22/07/2022	6:58 a. m.	5.29505
22/07/2022	7:08 a. m.	5.77734
22/07/2022	7:18 a. m.	6.15752
22/07/2022	7:28 a. m.	5.37778

Fecha	Hora	Caudal (l/s)
22/07/2022	7:38 a. m.	5.45366
22/07/2022	7:48 a. m.	6.36482
22/07/2022	7:58 a. m.	7.10649
22/07/2022	8:08 a. m.	5.43873
22/07/2022	8:18 a. m.	7.8218
22/07/2022	8:28 a. m.	5.18353
22/07/2022	8:38 a. m.	5.99939
22/07/2022	8:48 a. m.	5.98071
22/07/2022	8:58 a. m.	6.95414
22/07/2022	9:08 a. m.	7.56694
22/07/2022	9:18 a. m.	6.31286
22/07/2022	9:28 a. m.	6.96705
22/07/2022	9:38 a. m.	7.85661
22/07/2022	9:48 a. m.	6.8671
22/07/2022	9:58 a. m.	6.50823
22/07/2022	10:08 a. m.	6.79477
22/07/2022	10:18 a. m.	7.22582
22/07/2022	10:28 a. m.	6.51933
22/07/2022	10:38 a. m.	6.98419
22/07/2022	10:48 a. m.	7.42936
22/07/2022	10:58 a. m.	6.95194
22/07/2022	11:08 a. m.	5.51414
22/07/2022	11:18 a. m.	5.4165
22/07/2022	11:28 a. m.	5.87461
22/07/2022	11:38 a. m.	5.90933
22/07/2022	11:48 a. m.	5.34383
22/07/2022	11:58 a. m.	5.57158
22/07/2022	12:08 p. m.	5.2595
22/07/2022	12:18 p. m.	5.65025
22/07/2022	12:28 p. m.	5.78578
22/07/2022	12:38 p. m.	5.43844
22/07/2022	12:48 p. m.	6.00447
22/07/2022	12:58 p. m.	5.16172
22/07/2022	1:08 p. m.	5.28819
22/07/2022	1:18 p. m.	4.77264
22/07/2022	1:28 p. m.	4.03458
22/07/2022	1:38 p. m.	5.24075
22/07/2022	1:48 p. m.	5.44286
22/07/2022	1:58 p. m.	4.58753
22/07/2022	2:08 p. m.	3.76364
22/07/2022	2:18 p. m.	5.13064
22/07/2022	2:28 p. m.	4.08556
22/07/2022	2:38 p. m.	3.99964
22/07/2022	2:48 p. m.	4.28642
22/07/2022	2:58 p. m.	4.37053
22/07/2022	3:08 p. m.	4.48433
22/07/2022	3:18 p. m.	4.39194
22/07/2022	3:28 p. m.	3.51019

Fecha	Hora	Caudal (l/s)
22/07/2022	3:38 p. m.	4.15367
22/07/2022	3:48 p. m.	3.68817
22/07/2022	3:58 p. m.	5.23978
22/07/2022	4:08 p. m.	4.51814
22/07/2022	4:18 p. m.	5.14292
22/07/2022	4:28 p. m.	5.26547
22/07/2022	4:38 p. m.	5.16269
22/07/2022	4:48 p. m.	4.52308
22/07/2022	4:58 p. m.	4.57514
22/07/2022	5:08 p. m.	4.42992
22/07/2022	5:18 p. m.	3.98164
22/07/2022	5:28 p. m.	4.21142
22/07/2022	5:38 p. m.	4.91231
22/07/2022	5:48 p. m.	3.73875
22/07/2022	5:58 p. m.	4.81081
22/07/2022	6:08 p. m.	3.68494
22/07/2022	6:18 p. m.	3.89556
22/07/2022	6:28 p. m.	4.16069
22/07/2022	6:38 p. m.	3.78253
22/07/2022	6:48 p. m.	5.22056
22/07/2022	6:58 p. m.	3.60394
22/07/2022	7:08 p. m.	3.67603
22/07/2022	7:18 p. m.	3.98861
22/07/2022	7:28 p. m.	4.05906
22/07/2022	7:38 p. m.	3.25031
22/07/2022	7:48 p. m.	3.65036
22/07/2022	7:58 p. m.	4.52086
22/07/2022	8:08 p. m.	3.34283
22/07/2022	8:18 p. m.	2.836
22/07/2022	8:28 p. m.	3.48014
22/07/2022	8:38 p. m.	3.26897
22/07/2022	8:48 p. m.	3.70147
22/07/2022	8:58 p. m.	2.72439
22/07/2022	9:08 p. m.	2.08404
22/07/2022	9:18 p. m.	1.93483
22/07/2022	9:28 p. m.	2.31477
22/07/2022	9:38 p. m.	1.86662
22/07/2022	9:48 p. m.	1.84433
22/07/2022	9:58 p. m.	1.23291
22/07/2022	10:08 p. m.	0.97816
22/07/2022	10:18 p. m.	0.75174
22/07/2022	10:28 p. m.	0.90099
22/07/2022	10:38 p. m.	0.65059
22/07/2022	10:48 p. m.	0.83576
22/07/2022	10:58 p. m.	0.84243
22/07/2022	11:08 p. m.	0
22/07/2022	11:18 p. m.	0
22/07/2022	11:28 p. m.	0



TESIS: ESTIMACIÓN DEL AGUA POTABLE NO FACTURADA EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE LAS URBANIZACIONES CAJAMARCA Y RAMÓN CASTILLA, CAJAMARCA 2021.



Prueba: **MEDICIÓN DE CAUDALES**  
 Departamento: **CAJAMARCA** Provincia: **CAJAMARCA**  
 Distrito: **CAJAMARCA** Urbanización: **CAJAMARCA Y RAMÓN CASTILLA**  
 Cámara de Ingreso: **JR. PROGRESO - AV. EL MAESTRO**  
 Equipo utilizado: **Caudalímetro Portátil Ultrasonido OPTISONIC 6300P KHRONE**  
 Equipo de trabajo: **CHÁVEZ SÁNCHEZ JHONY ALEXANDER** **TESISTA**  
**GONZALES INTOR BRAULIO** **TÉCNICO EPS SEDACAJ**  
**RODRÍGUEZ CASTREJÓN EDWARD** **TÉCNICO EPS SEDACAJ**

**DATOS DE CAMPO**

Fecha	Hora	Caudal (l/s)
23/07/2022	12:01 a. m.	0
23/07/2022	12:11 a. m.	0
23/07/2022	12:21 a. m.	0
23/07/2022	12:31 a. m.	6.13402
23/07/2022	12:41 a. m.	6.27679
23/07/2022	12:51 a. m.	5.53074
23/07/2022	1:01 a. m.	5.12575
23/07/2022	1:11 a. m.	4.15264
23/07/2022	1:21 a. m.	3.75774
23/07/2022	1:31 a. m.	2.93884
23/07/2022	1:41 a. m.	2.87981
23/07/2022	1:51 a. m.	2.92978
23/07/2022	2:01 a. m.	2.55106
23/07/2022	2:11 a. m.	2.55778
23/07/2022	2:21 a. m.	2.7225
23/07/2022	2:31 a. m.	2.37402
23/07/2022	2:41 a. m.	2.37039
23/07/2022	2:51 a. m.	2.52702
23/07/2022	3:01 a. m.	2.40424
23/07/2022	3:11 a. m.	2.24839
23/07/2022	3:21 a. m.	2.16536
23/07/2022	3:31 a. m.	2.27843
23/07/2022	3:41 a. m.	2.15997
23/07/2022	3:51 a. m.	2.17317
23/07/2022	4:01 a. m.	2.10402
23/07/2022	4:11 a. m.	2.38197
23/07/2022	4:21 a. m.	2.54878
23/07/2022	4:31 a. m.	2.28792
23/07/2022	4:41 a. m.	2.59901
23/07/2022	4:51 a. m.	2.45697
23/07/2022	5:01 a. m.	2.4053
23/07/2022	5:11 a. m.	2.51646
23/07/2022	5:21 a. m.	2.57616
23/07/2022	5:31 a. m.	2.40224
23/07/2022	5:41 a. m.	2.33962
23/07/2022	5:51 a. m.	2.80622
23/07/2022	6:01 a. m.	2.64453
23/07/2022	6:11 a. m.	2.89434
23/07/2022	6:21 a. m.	2.90321
23/07/2022	6:31 a. m.	2.98512
23/07/2022	6:41 a. m.	3.60155
23/07/2022	6:51 a. m.	3.82484
23/07/2022	7:01 a. m.	3.9642
23/07/2022	7:11 a. m.	4.12098
23/07/2022	7:21 a. m.	4.33716
23/07/2022	7:31 a. m.	4.49473
23/07/2022	7:41 a. m.	5.26092
23/07/2022	7:51 a. m.	5.15991

Fecha	Hora	Caudal (l/s)
23/07/2022	8:01 a. m.	4.82346
23/07/2022	8:11 a. m.	5.83097
23/07/2022	8:21 a. m.	5.45356
23/07/2022	8:31 a. m.	7.08498
23/07/2022	8:41 a. m.	6.30758
23/07/2022	8:51 a. m.	7.01031
23/07/2022	9:01 a. m.	7.17325
23/07/2022	9:11 a. m.	6.62824
23/07/2022	9:21 a. m.	6.88744
23/07/2022	9:31 a. m.	6.99494
23/07/2022	9:41 a. m.	7.02976
23/07/2022	9:51 a. m.	7.24867
23/07/2022	10:01 a. m.	6.64017
23/07/2022	10:11 a. m.	8.03812
23/07/2022	10:21 a. m.	7.35642
23/07/2022	10:31 a. m.	7.35132
23/07/2022	10:41 a. m.	6.21075
23/07/2022	10:51 a. m.	6.18844
23/07/2022	11:01 a. m.	5.97243
23/07/2022	11:11 a. m.	5.00916
23/07/2022	11:21 a. m.	5.78811
23/07/2022	11:31 a. m.	5.90182
23/07/2022	11:41 a. m.	5.67096
23/07/2022	11:51 a. m.	5.15331
23/07/2022	12:01 p. m.	5.75328
23/07/2022	12:11 p. m.	5.74389
23/07/2022	12:21 p. m.	6.47671
23/07/2022	12:31 p. m.	6.42569
23/07/2022	12:41 p. m.	6.07622
23/07/2022	12:51 p. m.	6.04512
23/07/2022	1:01 p. m.	6.03861
23/07/2022	1:11 p. m.	5.95236
23/07/2022	1:21 p. m.	5.73972
23/07/2022	1:31 p. m.	5.32628
23/07/2022	1:41 p. m.	5.51294
23/07/2022	1:51 p. m.	4.69547
23/07/2022	2:01 p. m.	5.40847
23/07/2022	2:11 p. m.	4.45272
23/07/2022	2:21 p. m.	4.41633
23/07/2022	2:31 p. m.	5.11686
23/07/2022	2:41 p. m.	4.94817
23/07/2022	2:51 p. m.	4.04111
23/07/2022	3:01 p. m.	3.71064
23/07/2022	3:11 p. m.	3.43933
23/07/2022	3:21 p. m.	3.48325
23/07/2022	3:31 p. m.	3.38281
23/07/2022	3:41 p. m.	3.17817
23/07/2022	3:51 p. m.	3.87144

Fecha	Hora	Caudal (l/s)
23/07/2022	4:01 p. m.	4.00153
23/07/2022	4:11 p. m.	3.07189
23/07/2022	4:21 p. m.	3.82483
23/07/2022	4:31 p. m.	5.29414
23/07/2022	4:41 p. m.	5.89147
23/07/2022	4:51 p. m.	5.56861
23/07/2022	5:01 p. m.	4.89669
23/07/2022	5:11 p. m.	5.17544
23/07/2022	5:21 p. m.	6.21328
23/07/2022	5:31 p. m.	4.92114
23/07/2022	5:41 p. m.	4.58714
23/07/2022	5:51 p. m.	4.64797
23/07/2022	6:01 p. m.	3.69506
23/07/2022	6:11 p. m.	4.34103
23/07/2022	6:21 p. m.	4.61142
23/07/2022	6:31 p. m.	3.83086
23/07/2022	6:41 p. m.	3.56756
23/07/2022	6:51 p. m.	3.99178
23/07/2022	7:01 p. m.	3.67044
23/07/2022	7:11 p. m.	4.91683
23/07/2022	7:21 p. m.	3.08542
23/07/2022	7:31 p. m.	3.96414
23/07/2022	7:41 p. m.	2.86103
23/07/2022	7:51 p. m.	3.08169
23/07/2022	8:01 p. m.	3.82597
23/07/2022	8:11 p. m.	3.33033
23/07/2022	8:21 p. m.	3.85947
23/07/2022	8:31 p. m.	3.49753
23/07/2022	8:41 p. m.	3.17964
23/07/2022	8:51 p. m.	3.24367
23/07/2022	9:01 p. m.	2.68713
23/07/2022	9:11 p. m.	2.29802
23/07/2022	9:21 p. m.	2.05377
23/07/2022	9:31 p. m.	1.72483
23/07/2022	9:41 p. m.	1.23659
23/07/2022	9:51 p. m.	1.47278
23/07/2022	10:01 p. m.	0.91655
23/07/2022	10:11 p. m.	0.9441
23/07/2022	10:21 p. m.	0.66133
23/07/2022	10:31 p. m.	0.52234
23/07/2022	10:41 p. m.	1.09726
23/07/2022	10:51 p. m.	0.86466
23/07/2022	11:01 p. m.	0
23/07/2022	11:11 p. m.	0
23/07/2022	11:21 p. m.	0
23/07/2022	11:31 p. m.	0
23/07/2022	11:41 p. m.	0
23/07/2022	11:51 p. m.	0



TESIS: ESTIMACIÓN DEL AGUA POTABLE NO FACTURADA EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE LAS URBANIZACIONES CAJAMARCA Y RAMÓN CASTILLA, CAJAMARCA 2021.



Prueba: **MEDICIÓN DE CAUDALES**  
 Departamento: **CAJAMARCA** Provincia: **CAJAMARCA**  
 Distrito: **CAJAMARCA** Urbanización: **CAJAMARCA Y RAMÓN CASTILLA**  
 Cámara de Ingreso: **JR. PROGRESO - AV. EL MAESTRO**  
 Equipo utilizado: **Caudalímetro Portátil Ultrasonido OPTISONIC 6300P KHRONE**  
 Equipo de trabajo: **CHÁVEZ SÁNCHEZ JHONY ALEXANDER** **TESISTA**  
**GONZALES INTOR BRAULIO** **TÉCNICO EPS SEDACAJ**  
**RODRÍGUEZ CASTREJÓN EDWARD** **TÉCNICO EPS SEDACAJ**

**DATOS DE CAMPO**

Fecha	Hora	Caudal (l/s)
23/07/2022	11:58 p. m.	0
24/07/2022	12:08 a. m.	0
24/07/2022	12:18 a. m.	3.19108
24/07/2022	12:28 a. m.	3.89
24/07/2022	12:38 a. m.	6.09872
24/07/2022	12:48 a. m.	5.99958
24/07/2022	12:58 a. m.	4.95753
24/07/2022	1:08 a. m.	4.12936
24/07/2022	1:18 a. m.	3.52186
24/07/2022	1:28 a. m.	2.90903
24/07/2022	1:38 a. m.	2.63666
24/07/2022	1:48 a. m.	2.70003
24/07/2022	1:58 a. m.	3.02217
24/07/2022	2:08 a. m.	2.55678
24/07/2022	2:18 a. m.	2.63931
24/07/2022	2:28 a. m.	2.50888
24/07/2022	2:38 a. m.	2.45378
24/07/2022	2:48 a. m.	2.46035
24/07/2022	2:58 a. m.	2.49619
24/07/2022	3:08 a. m.	2.56349
24/07/2022	3:18 a. m.	2.43053
24/07/2022	3:28 a. m.	2.46841
24/07/2022	3:38 a. m.	2.52656
24/07/2022	3:48 a. m.	2.72056
24/07/2022	3:58 a. m.	2.41487
24/07/2022	4:08 a. m.	2.592
24/07/2022	4:18 a. m.	2.56531
24/07/2022	4:28 a. m.	2.49729
24/07/2022	4:38 a. m.	2.45068
24/07/2022	4:48 a. m.	2.36251
24/07/2022	4:58 a. m.	2.41852
24/07/2022	5:08 a. m.	2.54738
24/07/2022	5:18 a. m.	2.4173
24/07/2022	5:28 a. m.	2.30737
24/07/2022	5:38 a. m.	2.5431
24/07/2022	5:48 a. m.	2.94747
24/07/2022	5:58 a. m.	2.5668
24/07/2022	6:08 a. m.	3.14842
24/07/2022	6:18 a. m.	3.02097
24/07/2022	6:28 a. m.	2.74873
24/07/2022	6:38 a. m.	3.04569
24/07/2022	6:48 a. m.	3.10433
24/07/2022	6:58 a. m.	3.78489
24/07/2022	7:08 a. m.	4.15972
24/07/2022	7:18 a. m.	3.54461
24/07/2022	7:28 a. m.	4.66381
24/07/2022	7:38 a. m.	3.20594
24/07/2022	7:48 a. m.	3.25542

Fecha	Hora	Caudal (l/s)
24/07/2022	7:58 a. m.	3.68189
24/07/2022	8:08 a. m.	4.12
24/07/2022	8:18 a. m.	5.16269
24/07/2022	8:28 a. m.	5.43169
24/07/2022	8:38 a. m.	5.73911
24/07/2022	8:48 a. m.	4.08142
24/07/2022	8:58 a. m.	4.95181
24/07/2022	9:08 a. m.	5.62944
24/07/2022	9:18 a. m.	5.62022
24/07/2022	9:28 a. m.	5.5255
24/07/2022	9:38 a. m.	6.94886
24/07/2022	9:48 a. m.	5.86025
24/07/2022	9:58 a. m.	5.8635
24/07/2022	10:08 a. m.	5.94453
24/07/2022	10:18 a. m.	6.05039
24/07/2022	10:28 a. m.	7.59436
24/07/2022	10:38 a. m.	5.29639
24/07/2022	10:48 a. m.	5.17586
24/07/2022	10:58 a. m.	5.12147
24/07/2022	11:08 a. m.	5.22936
24/07/2022	11:18 a. m.	5.31524
24/07/2022	11:28 a. m.	5.48674
24/07/2022	11:38 a. m.	4.98329
24/07/2022	11:48 a. m.	6.14697
24/07/2022	11:58 a. m.	6.48278
24/07/2022	12:08 p. m.	5.30703
24/07/2022	12:18 p. m.	6.44306
24/07/2022	12:28 p. m.	6.11137
24/07/2022	12:38 p. m.	4.80777
24/07/2022	12:48 p. m.	5.68425
24/07/2022	12:58 p. m.	5.40877
24/07/2022	1:08 p. m.	5.31926
24/07/2022	1:18 p. m.	4.48569
24/07/2022	1:28 p. m.	5.40855
24/07/2022	1:38 p. m.	4.80484
24/07/2022	1:48 p. m.	4.74902
24/07/2022	1:58 p. m.	4.81326
24/07/2022	2:08 p. m.	4.34116
24/07/2022	2:18 p. m.	3.75566
24/07/2022	2:28 p. m.	4.36282
24/07/2022	2:38 p. m.	4.25973
24/07/2022	2:48 p. m.	4.39182
24/07/2022	2:58 p. m.	4.58018
24/07/2022	3:08 p. m.	3.93413
24/07/2022	3:18 p. m.	4.19329
24/07/2022	3:28 p. m.	3.0201
24/07/2022	3:38 p. m.	2.90173
24/07/2022	3:48 p. m.	3.91434

Fecha	Hora	Caudal (l/s)
24/07/2022	3:58 p. m.	2.77323
24/07/2022	4:08 p. m.	3.31576
24/07/2022	4:18 p. m.	4.00113
24/07/2022	4:28 p. m.	3.78342
24/07/2022	4:38 p. m.	4.03196
24/07/2022	4:48 p. m.	4.04384
24/07/2022	4:58 p. m.	4.62118
24/07/2022	5:08 p. m.	3.79112
24/07/2022	5:18 p. m.	5.27242
24/07/2022	5:28 p. m.	4.26971
24/07/2022	5:38 p. m.	4.6523
24/07/2022	5:48 p. m.	4.64186
24/07/2022	5:58 p. m.	4.79955
24/07/2022	6:08 p. m.	4.01719
24/07/2022	6:18 p. m.	3.79165
24/07/2022	6:28 p. m.	4.0372
24/07/2022	6:38 p. m.	3.50358
24/07/2022	6:48 p. m.	3.33599
24/07/2022	6:58 p. m.	3.99613
24/07/2022	7:08 p. m.	4.45633
24/07/2022	7:18 p. m.	3.27487
24/07/2022	7:28 p. m.	4.26414
24/07/2022	7:38 p. m.	3.75763
24/07/2022	7:48 p. m.	2.86559
24/07/2022	7:58 p. m.	3.86887
24/07/2022	8:08 p. m.	4.47897
24/07/2022	8:18 p. m.	3.48486
24/07/2022	8:28 p. m.	3.58786
24/07/2022	8:38 p. m.	4.1097
24/07/2022	8:48 p. m.	3.63727
24/07/2022	8:58 p. m.	2.54631
24/07/2022	9:08 p. m.	2.529
24/07/2022	9:18 p. m.	2.292
24/07/2022	9:28 p. m.	1.95232
24/07/2022	9:38 p. m.	1.5318
24/07/2022	9:48 p. m.	1.02839
24/07/2022	9:58 p. m.	1.44459
24/07/2022	10:08 p. m.	0.717273
24/07/2022	10:18 p. m.	0.488907
24/07/2022	10:28 p. m.	0.547786
24/07/2022	10:38 p. m.	0.507075
24/07/2022	10:48 p. m.	0.970353
24/07/2022	10:58 p. m.	0.476362
24/07/2022	11:08 p. m.	0
24/07/2022	11:18 p. m.	0
24/07/2022	11:28 p. m.	0
24/07/2022	11:38 p. m.	0
24/07/2022	11:48 p. m.	0



TESIS: ESTIMACIÓN DEL AGUA POTABLE NO FACTURADA EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE LAS URBANIZACIONES CAJAMARCA Y RAMÓN CASTILLA, CAJAMARCA 2021.



Prueba: **MEDICIÓN DE CAUDALES**  
 Departamento: **CAJAMARCA** Provincia: **CAJAMARCA**  
 Distrito: **CAJAMARCA** Urbanización: **CAJAMARCA Y RAMÓN CASTILLA**  
 Cámara de Ingreso: **JR. PROGRESO - AV. EL MAESTRO**  
 Equipo utilizado: **Caudalímetro Portátil Ultrasonido OPTISONIC 6300P KHRONE**  
 Equipo de trabajo: **CHÁVEZ SÁNCHEZ JHONY ALEXANDER** **TESISTA**  
**GONZALES INTOR BRAULIO** **TÉCNICO EPS SEDACAJ**  
**RODRÍGUEZ CASTREJÓN EDWARD** **TÉCNICO EPS SEDACAJ**

**DATOS DE CAMPO**

Fecha	Hora	Caudal (l/s)
24/07/2022	11:55 p. m.	0
25/07/2022	12:05 a. m.	0
25/07/2022	12:15 a. m.	3.73414
25/07/2022	12:25 a. m.	4.00142
25/07/2022	12:35 a. m.	3.83531
25/07/2022	12:45 a. m.	4.94631
25/07/2022	12:55 a. m.	4.57781
25/07/2022	1:05 a. m.	4.0105
25/07/2022	1:15 a. m.	3.60931
25/07/2022	1:25 a. m.	2.83628
25/07/2022	1:35 a. m.	2.45353
25/07/2022	1:45 a. m.	2.37211
25/07/2022	1:55 a. m.	2.10328
25/07/2022	2:05 a. m.	2.03131
25/07/2022	2:15 a. m.	2.07727
25/07/2022	2:25 a. m.	2.04177
25/07/2022	2:35 a. m.	2.17783
25/07/2022	2:45 a. m.	2.15663
25/07/2022	2:55 a. m.	2.10388
25/07/2022	3:05 a. m.	2.21159
25/07/2022	3:15 a. m.	2.1493
25/07/2022	3:25 a. m.	2.20178
25/07/2022	3:35 a. m.	2.30706
25/07/2022	3:45 a. m.	2.26957
25/07/2022	3:55 a. m.	2.14146
25/07/2022	4:05 a. m.	2.15447
25/07/2022	4:15 a. m.	2.33474
25/07/2022	4:25 a. m.	2.32361
25/07/2022	4:35 a. m.	2.71138
25/07/2022	4:45 a. m.	2.69293
25/07/2022	4:55 a. m.	2.37088
25/07/2022	5:05 a. m.	2.55613
25/07/2022	5:15 a. m.	2.84144
25/07/2022	5:25 a. m.	3.11228
25/07/2022	5:35 a. m.	2.91656
25/07/2022	5:45 a. m.	3.03817
25/07/2022	5:55 a. m.	2.94083
25/07/2022	6:05 a. m.	2.59346
25/07/2022	6:15 a. m.	3.40144
25/07/2022	6:25 a. m.	3.66514
25/07/2022	6:35 a. m.	3.53447
25/07/2022	6:45 a. m.	4.84472
25/07/2022	6:55 a. m.	4.28781
25/07/2022	7:05 a. m.	4.03367
25/07/2022	7:15 a. m.	5.069
25/07/2022	7:25 a. m.	4.38128
25/07/2022	7:35 a. m.	4.69667
25/07/2022	7:45 a. m.	6.10469

Fecha	Hora	Caudal (l/s)
25/07/2022	7:55 a. m.	6.03306
25/07/2022	8:05 a. m.	7.61331
25/07/2022	8:15 a. m.	6.91925
25/07/2022	8:25 a. m.	6.06033
25/07/2022	8:35 a. m.	7.01772
25/07/2022	8:45 a. m.	7.53717
25/07/2022	8:55 a. m.	6.69711
25/07/2022	9:05 a. m.	7.2285
25/07/2022	9:15 a. m.	8.53294
25/07/2022	9:25 a. m.	7.16972
25/07/2022	9:35 a. m.	6.53989
25/07/2022	9:45 a. m.	5.72219
25/07/2022	9:55 a. m.	7.61317
25/07/2022	10:05 a. m.	8.06478
25/07/2022	10:15 a. m.	5.99253
25/07/2022	10:25 a. m.	6.77094
25/07/2022	10:35 a. m.	6.75547
25/07/2022	10:45 a. m.	7.5275
25/07/2022	10:55 a. m.	7.81392
25/07/2022	11:05 a. m.	6.37264
25/07/2022	11:15 a. m.	6.73042
25/07/2022	11:25 a. m.	7.50994
25/07/2022	11:35 a. m.	6.25369
25/07/2022	11:45 a. m.	5.52583
25/07/2022	11:55 a. m.	4.95239
25/07/2022	12:05 p. m.	5.04583
25/07/2022	12:15 p. m.	5.36589
25/07/2022	12:25 p. m.	5.44625
25/07/2022	12:35 p. m.	4.83972
25/07/2022	12:45 p. m.	5.72119
25/07/2022	12:55 p. m.	4.98483
25/07/2022	1:05 p. m.	5.35222
25/07/2022	1:15 p. m.	5.33872
25/07/2022	1:25 p. m.	3.64356
25/07/2022	1:35 p. m.	3.63625
25/07/2022	1:45 p. m.	4.61772
25/07/2022	1:55 p. m.	4.38992
25/07/2022	2:05 p. m.	4.07497
25/07/2022	2:15 p. m.	4.3195
25/07/2022	2:25 p. m.	4.24758
25/07/2022	2:35 p. m.	4.74569
25/07/2022	2:45 p. m.	4.80275
25/07/2022	2:55 p. m.	4.67992
25/07/2022	3:05 p. m.	5.46189
25/07/2022	3:15 p. m.	4.96514
25/07/2022	3:25 p. m.	4.39506
25/07/2022	3:35 p. m.	5.00642
25/07/2022	3:45 p. m.	4.58586

Fecha	Hora	Caudal (l/s)
25/07/2022	3:55 p. m.	4.79481
25/07/2022	4:05 p. m.	4.56214
25/07/2022	4:15 p. m.	5.2555
25/07/2022	4:25 p. m.	5.09794
25/07/2022	4:35 p. m.	5.44867
25/07/2022	4:45 p. m.	5.17667
25/07/2022	4:55 p. m.	5.27856
25/07/2022	5:05 p. m.	4.66803
25/07/2022	5:15 p. m.	3.92369
25/07/2022	5:25 p. m.	5.23106
25/07/2022	5:35 p. m.	4.14519
25/07/2022	5:45 p. m.	3.41286
25/07/2022	5:55 p. m.	4.07317
25/07/2022	6:05 p. m.	3.70164
25/07/2022	6:15 p. m.	4.03442
25/07/2022	6:25 p. m.	3.55422
25/07/2022	6:35 p. m.	3.31619
25/07/2022	6:45 p. m.	4.89556
25/07/2022	6:55 p. m.	3.78364
25/07/2022	7:05 p. m.	3.25839
25/07/2022	7:15 p. m.	3.81208
25/07/2022	7:25 p. m.	3.65597
25/07/2022	7:35 p. m.	4.01156
25/07/2022	7:45 p. m.	4.31903
25/07/2022	7:55 p. m.	3.91533
25/07/2022	8:05 p. m.	3.85319
25/07/2022	8:15 p. m.	4.00703
25/07/2022	8:25 p. m.	2.85022
25/07/2022	8:35 p. m.	3.55619
25/07/2022	8:45 p. m.	3.5655
25/07/2022	8:55 p. m.	4.48522
25/07/2022	9:05 p. m.	3.66519
25/07/2022	9:15 p. m.	2.92683
25/07/2022	9:25 p. m.	2.45629
25/07/2022	9:35 p. m.	2.07128
25/07/2022	9:45 p. m.	1.63648
25/07/2022	9:55 p. m.	1.67589
25/07/2022	10:05 p. m.	1.55679
25/07/2022	10:15 p. m.	1.07441
25/07/2022	10:25 p. m.	0.9702
25/07/2022	10:35 p. m.	1.06064
25/07/2022	10:45 p. m.	0.73079
25/07/2022	10:55 p. m.	0.69786
25/07/2022	11:05 p. m.	0.56127
25/07/2022	11:15 p. m.	0.46822
25/07/2022	11:25 p. m.	0.60054
25/07/2022	11:35 p. m.	0
25/07/2022	11:45 p. m.	0



TESIS: ESTIMACIÓN DEL AGUA POTABLE NO FACTURADA EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE LAS URBANIZACIONES CAJAMARCA Y RAMÓN CASTILLA, CAJAMARCA 2021.



Prueba: **MEDICIÓN DE CAUDALES**  
 Departamento: **CAJAMARCA** Provincia: **CAJAMARCA**  
 Distrito: **CAJAMARCA** Urbanización: **CAJAMARCA Y RAMÓN CASTILLA**  
 Cámara de Ingreso: **JR. PROGRESO - AV. EL MAESTRO**  
 Equipo utilizado: **Caudalímetro Portátil Ultrasonido OPTISONIC 6300P KHRONE**  
 Equipo de trabajo: **CHÁVEZ SÁNCHEZ JHONY ALEXANDER** **TESISTA**  
**GONZALES INTOR BRAULIO** **TÉCNICO EPS SEDACAJ**  
**RODRÍGUEZ CASTREJÓN EDWARD** **TÉCNICO EPS SEDACAJ**

**DATOS DE CAMPO**

Fecha	Hora	Caudal (l/s)
25/07/2022	11:40 p. m.	0
25/07/2022	11:50 p. m.	0
26/07/2022	12:00 a. m.	0
26/07/2022	12:10 a. m.	0
26/07/2022	12:20 a. m.	0
26/07/2022	12:30 a. m.	3.89534
26/07/2022	12:40 a. m.	3.62331
26/07/2022	12:50 a. m.	5.2234
26/07/2022	1:00 a. m.	4.51932
26/07/2022	1:10 a. m.	4.5602
26/07/2022	1:20 a. m.	4.39455
26/07/2022	1:30 a. m.	3.1242
26/07/2022	1:40 a. m.	2.95897
26/07/2022	1:50 a. m.	2.92705
26/07/2022	2:00 a. m.	2.35897
26/07/2022	2:10 a. m.	2.51941
26/07/2022	2:20 a. m.	2.1993
26/07/2022	2:30 a. m.	2.25308
26/07/2022	2:40 a. m.	2.24186
26/07/2022	2:50 a. m.	2.27745
26/07/2022	3:00 a. m.	2.41414
26/07/2022	3:10 a. m.	2.51509
26/07/2022	3:20 a. m.	2.37877
26/07/2022	3:30 a. m.	2.47584
26/07/2022	3:40 a. m.	2.6133
26/07/2022	3:50 a. m.	2.4273
26/07/2022	4:00 a. m.	2.52305
26/07/2022	4:10 a. m.	2.45971
26/07/2022	4:20 a. m.	2.72049
26/07/2022	4:30 a. m.	2.48895
26/07/2022	4:40 a. m.	2.54661
26/07/2022	4:50 a. m.	2.6226
26/07/2022	5:00 a. m.	2.47884
26/07/2022	5:10 a. m.	2.76863
26/07/2022	5:20 a. m.	2.63891
26/07/2022	5:30 a. m.	2.71333
26/07/2022	5:40 a. m.	3.53052
26/07/2022	5:50 a. m.	3.55677
26/07/2022	6:00 a. m.	3.27152
26/07/2022	6:10 a. m.	3.63112
26/07/2022	6:20 a. m.	3.65228
26/07/2022	6:30 a. m.	3.52283
26/07/2022	6:40 a. m.	4.53701
26/07/2022	6:50 a. m.	4.11351
26/07/2022	7:00 a. m.	3.12711
26/07/2022	7:10 a. m.	4.00615
26/07/2022	7:20 a. m.	4.09541
26/07/2022	7:30 a. m.	4.9446

Fecha	Hora	Caudal (l/s)
26/07/2022	7:40 a. m.	5.063
26/07/2022	7:50 a. m.	4.65293
26/07/2022	8:00 a. m.	4.50381
26/07/2022	8:10 a. m.	4.88759
26/07/2022	8:20 a. m.	4.5761
26/07/2022	8:30 a. m.	5.68959
26/07/2022	8:40 a. m.	5.08326
26/07/2022	8:50 a. m.	4.75462
26/07/2022	9:00 a. m.	5.8562
26/07/2022	9:10 a. m.	5.81356
26/07/2022	9:20 a. m.	5.47006
26/07/2022	9:30 a. m.	7.2278
26/07/2022	9:40 a. m.	5.65609
26/07/2022	9:50 a. m.	6.41991
26/07/2022	10:00 a. m.	6.59469
26/07/2022	10:10 a. m.	5.00346
26/07/2022	10:20 a. m.	5.45924
26/07/2022	10:30 a. m.	5.55895
26/07/2022	10:40 a. m.	7.15822
26/07/2022	10:50 a. m.	7.0667
26/07/2022	11:00 a. m.	6.5563
26/07/2022	11:10 a. m.	6.96194
26/07/2022	11:20 a. m.	6.25389
26/07/2022	11:30 a. m.	7.04647
26/07/2022	11:40 a. m.	6.78479
26/07/2022	11:50 a. m.	5.94413
26/07/2022	12:00 p. m.	4.93596
26/07/2022	12:10 p. m.	5.2187
26/07/2022	12:20 p. m.	5.39812
26/07/2022	12:30 p. m.	5.97776
26/07/2022	12:40 p. m.	5.65489
26/07/2022	12:50 p. m.	5.30616
26/07/2022	1:00 p. m.	5.61226
26/07/2022	1:10 p. m.	5.14773
26/07/2022	1:20 p. m.	4.80265
26/07/2022	1:30 p. m.	5.50724
26/07/2022	1:40 p. m.	5.21492
26/07/2022	1:50 p. m.	6.07438
26/07/2022	2:00 p. m.	5.29174
26/07/2022	2:10 p. m.	5.69802
26/07/2022	2:20 p. m.	5.92822
26/07/2022	2:30 p. m.	5.0067
26/07/2022	2:40 p. m.	5.17504
26/07/2022	2:50 p. m.	5.81879
26/07/2022	3:00 p. m.	4.65282
26/07/2022	3:10 p. m.	4.24336
26/07/2022	3:20 p. m.	5.52108
26/07/2022	3:30 p. m.	4.47001

Fecha	Hora	Caudal (l/s)
26/07/2022	3:40 p. m.	4.87939
26/07/2022	3:50 p. m.	4.45426
26/07/2022	4:00 p. m.	5.00995
26/07/2022	4:10 p. m.	5.22238
26/07/2022	4:20 p. m.	4.3714
26/07/2022	4:30 p. m.	5.4142
26/07/2022	4:40 p. m.	4.42039
26/07/2022	4:50 p. m.	4.49615
26/07/2022	5:00 p. m.	4.59352
26/07/2022	5:10 p. m.	4.82079
26/07/2022	5:20 p. m.	4.72298
26/07/2022	5:30 p. m.	4.7991
26/07/2022	5:40 p. m.	4.30006
26/07/2022	5:50 p. m.	4.37955
26/07/2022	6:00 p. m.	4.92213
26/07/2022	6:10 p. m.	4.90746
26/07/2022	6:20 p. m.	5.16455
26/07/2022	6:30 p. m.	5.40022
26/07/2022	6:40 p. m.	3.95879
26/07/2022	6:50 p. m.	3.89585
26/07/2022	7:00 p. m.	4.2651
26/07/2022	7:10 p. m.	5.26206
26/07/2022	7:20 p. m.	3.74492
26/07/2022	7:30 p. m.	3.26982
26/07/2022	7:40 p. m.	4.50863
26/07/2022	7:50 p. m.	5.05064
26/07/2022	8:00 p. m.	4.43308
26/07/2022	8:10 p. m.	3.7738
26/07/2022	8:20 p. m.	4.15814
26/07/2022	8:30 p. m.	4.46973
26/07/2022	8:40 p. m.	3.84141
26/07/2022	8:50 p. m.	2.30562
26/07/2022	9:00 p. m.	1.89505
26/07/2022	9:10 p. m.	2.32388
26/07/2022	9:20 p. m.	1.26874
26/07/2022	9:30 p. m.	1.31124
26/07/2022	9:40 p. m.	2.01462
26/07/2022	9:50 p. m.	1.00453
26/07/2022	10:00 p. m.	1.2044
26/07/2022	10:10 p. m.	0.851556
26/07/2022	10:20 p. m.	0.760373
26/07/2022	10:30 p. m.	0.811445
26/07/2022	10:40 p. m.	0.782342
26/07/2022	10:50 p. m.	0.573063
26/07/2022	11:00 p. m.	0.482773
26/07/2022	11:10 p. m.	0
26/07/2022	11:20 p. m.	0
26/07/2022	11:30 p. m.	0



TESIS: ESTIMACIÓN DEL AGUA POTABLE NO FACTURADA EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE LAS URBANIZACIONES CAJAMARCA Y RAMÓN CASTILLA, CAJAMARCA 2021.



Prueba: **MEDICIÓN DE CAUDALES**  
 Departamento: **CAJAMARCA** Provincia: **CAJAMARCA**  
 Distrito: **CAJAMARCA** Urbanización: **CAJAMARCA Y RAMÓN CASTILLA**  
 Cámara de Ingreso: **JR. PROGRESO - AV. EL MAESTRO**  
 Equipo utilizado: **Caudalímetro Portátil Ultrasonido OPTISONIC 6300P KHRONE**  
 Equipo de trabajo: **CHÁVEZ SÁNCHEZ JHONY ALEXANDER** **TESISTA**  
**GONZALES INTOR BRAULIO** **TÉCNICO EPS SEDACAJ**  
**RODRÍGUEZ CASTREJÓN EDWARD** **TÉCNICO EPS SEDACAJ**

**DATOS DE CAMPO**

Fecha	Hora	Caudal (l/s)
27/07/2022	12:18 a. m.	6.30324
27/07/2022	12:28 a. m.	5.98177
27/07/2022	12:38 a. m.	5.43833
27/07/2022	12:48 a. m.	4.51334
27/07/2022	12:58 a. m.	3.76122
27/07/2022	1:08 a. m.	3.11463
27/07/2022	1:18 a. m.	2.91195
27/07/2022	1:28 a. m.	2.64942
27/07/2022	1:38 a. m.	2.79174
27/07/2022	1:48 a. m.	2.57278
27/07/2022	1:58 a. m.	2.61587
27/07/2022	2:08 a. m.	2.73464
27/07/2022	2:18 a. m.	3.2638
27/07/2022	2:28 a. m.	2.7906
27/07/2022	2:38 a. m.	2.6698
27/07/2022	2:48 a. m.	2.62791
27/07/2022	2:58 a. m.	3.03823
27/07/2022	3:08 a. m.	2.87738
27/07/2022	3:18 a. m.	2.90366
27/07/2022	3:28 a. m.	2.94904
27/07/2022	3:38 a. m.	2.71406
27/07/2022	3:48 a. m.	2.71054
27/07/2022	3:58 a. m.	2.72089
27/07/2022	4:08 a. m.	2.74977
27/07/2022	4:18 a. m.	2.87256
27/07/2022	4:28 a. m.	2.79752
27/07/2022	4:38 a. m.	2.8932
27/07/2022	4:48 a. m.	2.7612
27/07/2022	4:58 a. m.	2.6978
27/07/2022	5:08 a. m.	2.9875
27/07/2022	5:18 a. m.	3.02211
27/07/2022	5:28 a. m.	3.18129
27/07/2022	5:38 a. m.	3.01106
27/07/2022	5:48 a. m.	3.46729
27/07/2022	5:58 a. m.	3.18955
27/07/2022	6:08 a. m.	3.2124
27/07/2022	6:18 a. m.	2.97099
27/07/2022	6:28 a. m.	3.41065
27/07/2022	6:38 a. m.	3.46293
27/07/2022	6:48 a. m.	3.28817
27/07/2022	6:58 a. m.	5.74131
27/07/2022	7:08 a. m.	4.68321
27/07/2022	7:18 a. m.	5.33909
27/07/2022	7:28 a. m.	4.87605
27/07/2022	7:38 a. m.	5.5096
27/07/2022	7:48 a. m.	5.58056
27/07/2022	7:58 a. m.	5.75197
27/07/2022	8:08 a. m.	5.88404

Fecha	Hora	Caudal (l/s)
27/07/2022	8:18 a. m.	6.09963
27/07/2022	8:28 a. m.	6.40798
27/07/2022	8:38 a. m.	6.64353
27/07/2022	8:48 a. m.	6.51033
27/07/2022	8:58 a. m.	5.65222
27/07/2022	9:08 a. m.	7.02444
27/07/2022	9:18 a. m.	6.00066
27/07/2022	9:28 a. m.	7.0116
27/07/2022	9:38 a. m.	6.37702
27/07/2022	9:48 a. m.	6.21174
27/07/2022	9:58 a. m.	6.57834
27/07/2022	10:08 a. m.	6.2563
27/07/2022	10:18 a. m.	7.8798
27/07/2022	10:28 a. m.	7.6124
27/07/2022	10:38 a. m.	7.13787
27/07/2022	10:48 a. m.	6.97078
27/07/2022	10:58 a. m.	6.60922
27/07/2022	11:08 a. m.	6.43594
27/07/2022	11:18 a. m.	5.66606
27/07/2022	11:28 a. m.	5.80284
27/07/2022	11:38 a. m.	6.24327
27/07/2022	11:48 a. m.	6.37419
27/07/2022	11:58 a. m.	6.02464
27/07/2022	12:08 p. m.	5.22421
27/07/2022	12:18 p. m.	5.93799
27/07/2022	12:28 p. m.	4.83115
27/07/2022	12:38 p. m.	5.01666
27/07/2022	12:48 p. m.	5.34803
27/07/2022	12:58 p. m.	5.80185
27/07/2022	1:08 p. m.	5.79151
27/07/2022	1:18 p. m.	5.59331
27/07/2022	1:28 p. m.	5.3859
27/07/2022	1:38 p. m.	4.52305
27/07/2022	1:48 p. m.	5.85613
27/07/2022	1:58 p. m.	4.46526
27/07/2022	2:08 p. m.	4.7768
27/07/2022	2:18 p. m.	4.64992
27/07/2022	2:28 p. m.	5.07436
27/07/2022	2:38 p. m.	5.25456
27/07/2022	2:48 p. m.	4.69783
27/07/2022	2:58 p. m.	3.89319
27/07/2022	3:08 p. m.	4.13136
27/07/2022	3:18 p. m.	5.17502
27/07/2022	3:28 p. m.	5.30443
27/07/2022	3:38 p. m.	4.2892
27/07/2022	3:48 p. m.	4.43466
27/07/2022	3:58 p. m.	5.21808
27/07/2022	4:08 p. m.	3.88847

Fecha	Hora	Caudal (l/s)
27/07/2022	4:18 p. m.	5.63986
27/07/2022	4:28 p. m.	5.27531
27/07/2022	4:38 p. m.	5.13525
27/07/2022	4:48 p. m.	4.82484
27/07/2022	4:58 p. m.	4.36176
27/07/2022	5:08 p. m.	4.75815
27/07/2022	5:18 p. m.	3.81121
27/07/2022	5:28 p. m.	4.90506
27/07/2022	5:38 p. m.	4.81438
27/07/2022	5:48 p. m.	5.35613
27/07/2022	5:58 p. m.	5.91036
27/07/2022	6:08 p. m.	4.24575
27/07/2022	6:18 p. m.	3.6625
27/07/2022	6:28 p. m.	4.9095
27/07/2022	6:38 p. m.	4.66588
27/07/2022	6:48 p. m.	4.05441
27/07/2022	6:58 p. m.	3.92236
27/07/2022	7:08 p. m.	4.48715
27/07/2022	7:18 p. m.	3.6385
27/07/2022	7:28 p. m.	3.70241
27/07/2022	7:38 p. m.	2.95441
27/07/2022	7:48 p. m.	2.92472
27/07/2022	7:58 p. m.	2.63178
27/07/2022	8:08 p. m.	3.53187
27/07/2022	8:18 p. m.	3.26635
27/07/2022	8:28 p. m.	3.92846
27/07/2022	8:38 p. m.	2.75575
27/07/2022	8:48 p. m.	2.68282
27/07/2022	8:58 p. m.	2.69669
27/07/2022	9:08 p. m.	2.12511
27/07/2022	9:18 p. m.	1.93023
27/07/2022	9:28 p. m.	1.04544
27/07/2022	9:38 p. m.	1.10286
27/07/2022	9:48 p. m.	1.43041
27/07/2022	9:58 p. m.	0.976942
27/07/2022	10:08 p. m.	0.554625
27/07/2022	10:18 p. m.	0.563908
27/07/2022	10:28 p. m.	0.669425
27/07/2022	10:38 p. m.	0.415751
27/07/2022	10:48 p. m.	0.650682
27/07/2022	10:58 p. m.	0.427306
27/07/2022	11:08 p. m.	0.641664
27/07/2022	11:18 p. m.	0
27/07/2022	11:28 p. m.	0
27/07/2022	11:38 p. m.	0
27/07/2022	11:48 p. m.	0
27/07/2022	11:58 p. m.	0
28/07/2022	12:08 a. m.	0



**TESIS: ESTIMACIÓN DEL AGUA POTABLE NO FACTURADA EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE LAS URBANIZACIONES CAJAMARCA Y RAMÓN CASTILLA, CAJAMARCA 2021.**



Prueba: **MEDICIÓN DE CAUDALES**

Departamento: **CAJAMARCA** Provincia: **CAJAMARCA**

Distrito: **CAJAMARCA** Urbanización: **CAJAMARCA Y RAMÓN CASTILLA**

Cámara de Ingreso: **JR. PROGRESO - AV. EL MAESTRO**

Equipo utilizado: **Caudalímetro Portátil Ultrasonido OPTISONIC 6300P KHRONE**

Equipo de trabajo: **CHÁVEZ SÁNCHEZ JHONY ALEXANDER** TESISISTA

**GONZALES INTOR BRAULIO** TÉCNICO EPS SEDACAJ

**RODRÍGUEZ CASTREJÓN EDWARD** TÉCNICO EPS SEDACAJ

**DATOS DE CAMPO**

Fecha	Hora	Caudal (l/s)
27/07/2022	11:56 p. m.	0
27/07/2022	12:06 a. m.	0
27/07/2022	12:16 a. m.	5.09919
27/07/2022	12:26 a. m.	5.76991
27/07/2022	12:36 a. m.	5.05336
27/07/2022	12:46 a. m.	4.03167
27/07/2022	12:56 a. m.	3.269
27/07/2022	1:06 a. m.	3.11246
27/07/2022	1:16 a. m.	2.65459
27/07/2022	1:26 a. m.	2.45598
27/07/2022	1:36 a. m.	2.60927
27/07/2022	1:46 a. m.	2.06108
27/07/2022	1:56 a. m.	2.00306
27/07/2022	2:06 a. m.	1.98849
27/07/2022	2:16 a. m.	1.89981
27/07/2022	2:26 a. m.	1.89651
27/07/2022	2:36 a. m.	2.52003
27/07/2022	2:46 a. m.	2.17419
27/07/2022	2:56 a. m.	2.09927
27/07/2022	3:06 a. m.	2.42024
27/07/2022	3:16 a. m.	2.32442
27/07/2022	3:26 a. m.	2.29947
27/07/2022	3:36 a. m.	2.22786
27/07/2022	3:46 a. m.	2.29763
27/07/2022	3:56 a. m.	2.56136
27/07/2022	4:06 a. m.	2.25763
27/07/2022	4:16 a. m.	2.36673
27/07/2022	4:26 a. m.	2.405
27/07/2022	4:36 a. m.	2.53577
27/07/2022	4:46 a. m.	2.34013
27/07/2022	4:56 a. m.	2.34133
27/07/2022	5:06 a. m.	2.5498
27/07/2022	5:16 a. m.	2.91101
27/07/2022	5:26 a. m.	3.02067
27/07/2022	5:36 a. m.	2.53766
27/07/2022	5:46 a. m.	2.42944
27/07/2022	5:56 a. m.	2.66735
27/07/2022	6:06 a. m.	2.85839
27/07/2022	6:16 a. m.	2.6132
27/07/2022	6:26 a. m.	2.93282
27/07/2022	6:36 a. m.	2.79126
27/07/2022	6:46 a. m.	2.60037
27/07/2022	6:56 a. m.	3.98367
27/07/2022	7:06 a. m.	3.04845
27/07/2022	7:16 a. m.	3.89044
27/07/2022	7:26 a. m.	3.02648
27/07/2022	7:36 a. m.	4.14172
27/07/2022	7:46 a. m.	4.16867

Fecha	Hora	Caudal (l/s)
27/07/2022	7:56 a. m.	4.06109
27/07/2022	8:06 a. m.	4.84872
27/07/2022	8:16 a. m.	4.70044
27/07/2022	8:26 a. m.	4.88443
27/07/2022	8:36 a. m.	4.98401
27/07/2022	8:46 a. m.	5.18354
27/07/2022	8:56 a. m.	5.70305
27/07/2022	9:06 a. m.	4.71513
27/07/2022	9:16 a. m.	6.53337
27/07/2022	9:26 a. m.	6.38655
27/07/2022	9:36 a. m.	6.32366
27/07/2022	9:46 a. m.	6.40781
27/07/2022	9:56 a. m.	6.71586
27/07/2022	10:06 a. m.	6.5236
27/07/2022	10:16 a. m.	7.7889
27/07/2022	10:26 a. m.	7.6241
27/07/2022	10:36 a. m.	7.31877
27/07/2022	10:46 a. m.	6.79087
27/07/2022	10:56 a. m.	6.6922
27/07/2022	11:06 a. m.	6.54394
27/07/2022	11:16 a. m.	5.75483
27/07/2022	11:26 a. m.	5.84523
27/07/2022	11:36 a. m.	6.33547
27/07/2022	11:46 a. m.	6.32458
27/07/2022	11:56 a. m.	6.11489
27/07/2022	12:06 p. m.	5.33694
27/07/2022	12:16 p. m.	5.93548
27/07/2022	12:26 p. m.	4.94523
27/07/2022	12:36 p. m.	5.11247
27/07/2022	12:46 p. m.	5.42147
27/07/2022	12:56 p. m.	5.92548
27/07/2022	1:06 p. m.	5.94593
27/07/2022	1:16 p. m.	5.73256
27/07/2022	1:26 p. m.	5.55263
27/07/2022	1:36 p. m.	4.61254
27/07/2022	1:46 p. m.	5.95421
27/07/2022	1:56 p. m.	4.55896
27/07/2022	2:06 p. m.	4.81256
27/07/2022	2:16 p. m.	4.73256
27/07/2022	2:26 p. m.	5.17412
27/07/2022	2:36 p. m.	5.34861
27/07/2022	2:46 p. m.	4.82542
27/07/2022	2:56 p. m.	3.95483
27/07/2022	3:06 p. m.	4.22547
27/07/2022	3:16 p. m.	5.34852
27/07/2022	3:26 p. m.	5.42145
27/07/2022	3:36 p. m.	4.42146
27/07/2022	3:46 p. m.	4.51258

Fecha	Hora	Caudal (l/s)
27/07/2022	3:56 p. m.	5.34523
27/07/2022	4:06 p. m.	3.94572
27/07/2022	4:16 p. m.	5.72143
27/07/2022	4:26 p. m.	5.34784
27/07/2022	4:36 p. m.	5.23248
27/07/2022	4:46 p. m.	4.95214
27/07/2022	4:56 p. m.	4.42415
27/07/2022	5:06 p. m.	4.81423
27/07/2022	5:16 p. m.	3.94512
27/07/2022	5:26 p. m.	4.95214
27/07/2022	5:36 p. m.	4.91253
27/07/2022	5:46 p. m.	5.41423
27/07/2022	5:56 p. m.	5.91458
27/07/2022	6:06 p. m.	4.31453
27/07/2022	6:16 p. m.	3.71254
27/07/2022	6:26 p. m.	4.98562
27/07/2022	6:36 p. m.	4.73215
27/07/2022	6:46 p. m.	4.15247
27/07/2022	6:56 p. m.	3.95481
27/07/2022	7:06 p. m.	4.57526
27/07/2022	7:16 p. m.	3.75412
27/07/2022	7:26 p. m.	3.81425
27/07/2022	7:36 p. m.	2.95234
27/07/2022	7:46 p. m.	2.95417
27/07/2022	7:56 p. m.	2.73514
27/07/2022	8:06 p. m.	3.64742
27/07/2022	8:16 p. m.	3.35471
27/07/2022	8:26 p. m.	3.94518
27/07/2022	8:36 p. m.	2.84862
27/07/2022	8:46 p. m.	2.75475
27/07/2022	8:56 p. m.	2.81543
27/07/2022	9:06 p. m.	2.22478
27/07/2022	9:16 p. m.	1.95874
27/07/2022	9:26 p. m.	1.84572
27/07/2022	9:36 p. m.	1.24785
27/07/2022	9:46 p. m.	1.57512
27/07/2022	9:56 p. m.	0.98475
27/07/2022	10:06 p. m.	0.64278
27/07/2022	10:16 p. m.	0.67421
27/07/2022	10:26 p. m.	0.77841
27/07/2022	10:36 p. m.	0.52587
27/07/2022	10:46 p. m.	0.77842
27/07/2022	10:56 p. m.	0.58452
27/07/2022	11:06 p. m.	0.768745
27/07/2022	11:16 p. m.	0
27/07/2022	11:26 p. m.	0
27/07/2022	11:36 p. m.	0
28/07/2022	11:46 p. m.	0

## ANEXO 2: RESULTADOS DE LA CONTRASTACIÓN DE MICROMEDIDORES.

CARACTERÍSTICAS DEL MEDIDOR					CAUDAL ALTO ( Q3 )				CAUDAL MEDIO ( Q2 )				CAUDAL BAJO ( Q3 )				RESULTADOS				OBSERVACIÓN		
No.	Serie del Medidor	MARCA	Lect.	D.	LECTURAS		VOL T.	Diferencia	Error	Lect.	VOL T.	Diferencia	Error	Lect.	VOL T.	Diferencia	Error	TEMP.	Operat	Subreg.	Subreg.	Presión	Observaciones
1	132655	ELSTER	1071	15	912.20	1016.8	100.38	104.60	4.2	1025.9	10.08	9.10	-9.7	1035.5	10.02	-9.60	-4.2				1		
2	130381	ELSTER	1412	15	182.50	284.3	100.38	101.80	1.4	294.31	10.08	10.01	-0.7	304.28	10.02	-9.97	-0.5	1					
3	210867	ELSTER	1528	15	237.50	349.21	100.38	111.71	11.3	360.14	10.08	10.93	8.4	368.42	10.02	-8.28	-17.4				1		
4	210866	ELSTER	1207	15	425.08	529.7	100.38	104.62	4.2	538.6	10.08	8.90	-11.7	546.06	10.02	-7.46	-25.5				1		opaco
5	211209	ELSTER	1545	15	462.70	565.11	100.38	102.41	2.0	575.2	10.08	10.09	0.1	582.82	10.02	-7.62	-24.0				1		opaco
6	211278	ELSTER	873	15	69.52	172.68	100.38	103.16	2.8	182.63	10.08	9.95	-1.3	190.66	10.02	-8.03	-19.9				1		opaco
7	210134	ELSTER	1104	15	417.50	525.62	100.38	108.12	7.7	535.2	10.08	9.58	-5.0	545.68	10.02	-10.48	4.6				1		opaco
8	128592	ELSTER	506	15	24.75	130.74	100.38	105.99	5.6	139.95	10.08	9.21	-8.6	149.22	10.02	-9.27	-7.5				1		opaco
9	04527	ELSTER	688	15	135.92	235.22	100.38	99.30	-1.1	244.85	10.08	9.63	-4.5	249.36	10.02	-4.51	-55.0				1		opaco
10	01080038	ZENNER	1742	15	950.53	1051.82	100.38	101.29	0.9	1060.9	10.08	9.08	-9.9	1070.5	10.02	-9.59	-4.3				1		opaco
11	6584003	ZENNER	1359	15	792.75	896.75	100.44	104.00	3.5	906.15	10.05	9.40	-6.5	915.78	10.03	-9.63	-4.0				1		opaco
12	04468647	BM	1573	15	583.26	684.59	100.44	101.33	0.9	695.15	10.05	10.56	5.1	702.86	10.03	-7.71	-23.1				1		opaco
13	212484	ELSTER	703	15	688.21	792.06	100.44	103.85	3.4	802.2	10.05	10.14	0.9	812.13	10.03	-9.93	-1.0	1					
14	209506	ELSTER	1516	15	815.58	923.2	100.44	107.62	7.1	933.45	10.05	10.25	2.0	942.08	10.03	-8.63	-14.0				1		opaco
15	129580	ELSTER	1731	15	370.38	476.97	100.44	106.59	6.1	487.2	10.05	10.23	1.8	494.56	10.03	-7.36	-26.6				1		opaco
16	126808	ELSTER	1731	15	289.92	397.36	100.44	107.44	7.0	407.7	10.05	10.34	2.9	417.66	10.03	-9.96	-0.7				1		opaco
17	211409	ELSTER	3475	15	70.74	187.56	100.44	116.82	16.3	198.56	10.05	11.00	9.5	205.66	10.03	-7.10	-29.2				1		opaco
18	131103	ELSTER	289	15	299.22	401.24	100.44	102.02	1.6	411.18	10.05	9.94	-1.1	419.38	10.03	-8.20	-18.2				1		opaco
19	04528	ELSTER	615	15	527.46	626.48	100.44	99.02	-1.4	636.05	10.05	9.57	-4.8	642.9	10.03	-6.85	-31.7				1		opaco
20	01669	ELSTER	650	15	892.10	991.6	100.44	99.50	-0.9	1001.25	10.05	9.65	-4.0	1007.4	10.03	-6.10	-39.2				1		opaco
21	130079	ELSTER	1918	15	343.02	452.75	100.26	109.73	9.4	463.4	10.02	10.65	6.3	473.12	10.03	-9.72	-3.1				1		opaco
22	128587	ELSTER	657	15	898.26	1000.46	100.26	102.20	1.9	1010.32	10.02	9.86	-1.6	1019.8	10.03	-9.44	-5.9				1		opaco
23	242468	ELSTER	2700	15	325.24	433.47	100.26	108.23	7.9	443.9	10.02	10.43	4.1	453.6	10.03	-9.70	-3.3	1					
24	128128	ELSTER	1058	15	743.72	851	100.26	107.28	7.0	861.5	10.02	10.50	4.8	871.48	10.03	-9.98	-0.5				1		opaco
25	213645	ELSTER	1059	15	266.73	378.89	100.26	112.16	11.9	389.7	10.02	10.81	7.9	398.8	10.03	-10.10	-9.3				1		opaco
26	210869	ELSTER	1112	15	464.80	578.86	100.26	114.06	13.8	589.64	10.02	10.78	7.6	599.57	10.03	-9.93	-1.0				1		opaco
27	210864	ELSTER	658	15	907.22	1009.18	100.26	101.96	1.7	1019.14	10.02	9.96	-0.6	1028.5	10.03	-9.32	-7.1				1		opaco
28	210870	ELSTER	624	15	185.72	290.72	100.26	105.00	4.7	300.8	10.02	10.08	0.6	310	10.03	-9.20	-8.3				1		opaco
29	03751	ELSTER	1068	15	680.80	779.54	100.26	98.74	-1.5	788.9	10.02	9.36	-6.6	789.33	10.03	-0.43	-95.7				1		opaco
30	131526	ELSTER	2174	15	624.78	734.46	100.24	109.68	9.4	744.6	10.04	10.14	1.0	744.74	10.02	-0.14	-98.6				1		opaco
31	130019	ELSTER	1136	15	842.00	952.45	100.24	110.45	10.2	962.75	10.04	10.30	2.6	962.96	10.02	-0.21	-97.9				1		opaco
32	212848	ELSTER	1015	15	814.12	922.08	100.24	107.96	7.7	932.48	10.04	10.40	3.6	939.88	10.02	-7.40	-26.1				1		opaco
33	212445	ELSTER	1809	15	753.68	861.28	100.24	107.60	7.3	871.28	10.04	10.00	-0.4	871.38	10.02	-0.10	-99.0				1		opaco
34	212477	ELSTER	740	15	546.18	652.94	100.24	106.76	6.5	663.04	10.04	10.10	0.6	672.9	10.02	-9.86	-1.6				1		opaco
35	214316	ELSTER	1456	15	828.08	935.68	100.24	107.60	7.3	946.02	10.04	10.34	3.0	953.72	10.02	-7.70	-23.2				1		opaco
36	2052004174	ELSTER	5674	15	684.14	806.56	100.24	122.42	22.1	818.48	10.04	11.92	18.7	818.58	10.02	-0.10	-99.0				1		opaco antiguo
37	2052001343	ELSTER	7203	15	761.79	883.3	100.24	121.51	21.2	892.2	10.04	8.90	-11.4	892.2	10.02	0.00	-100.0				1		opaco antiguo
38	128756	ELSTER	1148	15	70.82	175.44	100.34	104.62	4.3	185.52	10.06	10.08	0.2	193.28	10.03	-7.76	-22.6				1		opaco
39	128129	ELSTER	875	15	794.20	901.8	100.34	107.60	7.2	912.04	10.06	10.24	1.8	919.1	10.03	-7.06	-29.6				1		opaco
40	129111	ELSTER	571	15	943.94	1049.26	100.34	105.32	5.0	1059.28	10.06	10.02	-0.4	1060	10.03	-0.71	-92.9				1		opaco
41	128632	ELSTER	2840	15	161.48	269.665	100.34	108.19	7.8	280.28	10.06	10.62	5.5	289.98	10.03	-9.70	-3.3				1		opaco
42	127130	ELSTER	1808	15	562.20	676.61	100.34	114.41	14.0	687.68	10.06	11.07	10.0	696.52	10.03	-8.84	-11.9				1		opaco
43	131098	ELSTER	1710	15	7.30	115.54	100.34	108.24	7.9	125.88	10.06	10.34	2.8	134.24	10.03	-8.36	-16.7				1		opaco
44	130703	ELSTER	2389	15	623.58	734.93	100.34	111.35	11.0	744.52	10.06	9.59	-4.7	753.39	10.03	-8.87	-11.6				1		opaco
45	131664	ELSTER	450	15	264.30	365.68	100.34	101.38	1.0	375.64	10.06	9.96	-1.0	384.72	10.03	-9.08	-9.5				1		opaco
46	0226179	ZENNER	461	15	997.22	1095.6	100.16	98.38	-1.8	1105.68	10.04	10.08	0.4	1114.7	10.02	-8.97	-10.5				1		opaco
47	2052002295	ELSTER	1831	15	816.88	918.27	100.16	101.39	1.2	928.07	10.04	9.80	-2.4	934.35	10.02	-6.28	-37.3				1		opaco
48	128131	ELSTER	1220	15	95.29	203.01	100.16	107.72	7.5	213.3	10.04	10.29	2.5	213.3	10.02	0.00	-100.0				1		opaco
49	212494	ELSTER	1024	15	914.30	1022.06	100.16	107.76	7.6	1032.49	10.04	10.43	3.9	1042.7	10.02	-10.20	1.8				1		opaco

**ANEXO 3: PLANO SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE  
URBANIZACIONES CAJAMARCA Y RAMÓN CASTILLA.**

774900.0000

775050.0000

775200.0000

775350.0000

775500.0000

9207900.0000

9207900.0000

9207750.0000

9207750.0000

9207600.0000

9207600.0000

774900.0000

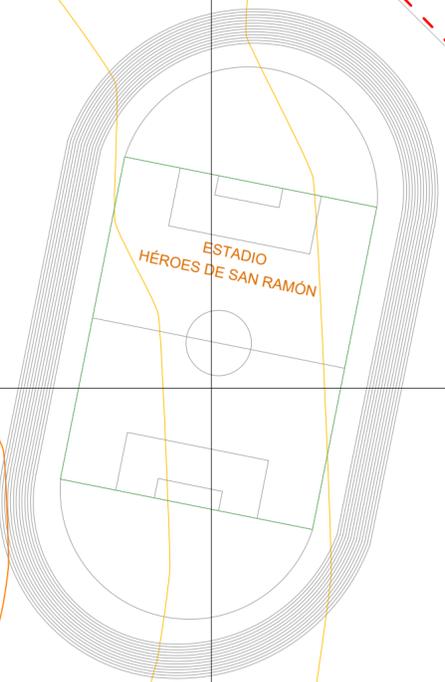
775050.0000

775350.0000

775500.0000



LEYENDA	
	Manzanas
JR. PROGRESO	Nombre de Calles
	Curvas de Nivel
	Área de Estudio
	Cámara de Macromedición
	Tubería AC Ø 3"
	Tubería AC Ø 4"
	Válvulas de Control
	Grifos Contra Incendio
	Tee
	Codo x 90°
	Reducción



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA - E.A.P. DE INGENIERÍA HIDRÁULICA

TESIS: "ESTIMACIÓN DE AGUA POTABLE NO FACTURADA EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE LAS URBANIZACIONES CAJAMARCA Y RAMÓN CASTILLA, CAJAMARCA 2021"

TÍTULO DEL PLANO:  
DISTRITO HIDROMÉTRICO: SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE URBANIZACIONES CAJAMARCA Y RAMÓN CASTILLA

TESISTA: Bach. JHONY ALEXANDER CHÁVEZ SÁNCHEZ

ASESOR: Dr. Ing. GASPAR VIRILO MENDEZ CRUZ

FECHA: Noviembre del 2022    ESCALA: 1/1400    LÁMINA: 01

