

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“CONTINUIDAD HORARIA Y PRESIÓN
PROMEDIO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE
LOS RESERVORIOS R1, R3 Y R5 EN SUS
ÁREAS DE INFLUENCIA, CAJAMARCA 2022”

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Jhony Alexander Chavez Sanchez

Asesor:

Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno

<https://orcid.org/0000-0003-2668-4909>

Cajamarca - Perú

2023

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	GERMAN SAGASTEGUI VASQUEZ	45373822
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

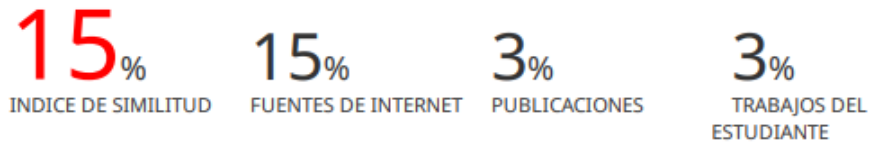
Jurado 2	OMART DEMETRIO TELLO MALPARTIDA	08644876
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	MIGUEL ANGEL MOSQUEIRA MORENO	26733060
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

INFORME DE SIMILITUD

CONTINUIDAD HORARIA Y PRESIÓN PROMEDIO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE LOS RESERVORIOS R1, R3 Y R5 EN SUS ÁREAS DE INFLUENCIA, CAJAMARCA 2022

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	9%
2	cdn.www.gob.pe Fuente de Internet	3%
3	repository.upb.edu.co Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	unaj.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	doczz.es Fuente de Internet	1%

Excluir citas Activo Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía Activo

A
V€

DEDICATORIA

A mis abuelos, José Rosario Sánchez Gonzales & Barbarita Filomena Vasquez Zambrano, Víctor Chávez Escalante & María Dolores Valdez Cueva. Esta investigación está dedicada a ustedes, en agradecimiento por los logros que alcanzaron y que aún hoy disfruto. Son un ejemplo de vida y esfuerzo que me inspiran a perseguir mis sueños.

AGRADECIMIENTO

A mi asesor de tesis, el Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno, por su guía invaluable y apoyo durante todo el proceso de investigación. Su conocimiento y experiencia han sido fundamentales para esta investigación.

Al Ing. Marco Tulio Narro Centurión – Gerente General de la EPS SEDACAJ S.A, por su amabilidad y disposición de brindarme apoyo técnico y logístico. Su apoyo ha sido importante para el éxito de esta investigación.

Al personal técnico operativo de la División de Distribución y Recolección de la EPS SEDACAJ S.A, Su experiencia y habilidad en el manejo de instrumentos fue sustancial para el desarrollo de la presente investigación.

A mi esposa Saira Carrasco, tu presencia y comprensión fueron elementales para mantenerme enfocado y motivado. Gracias por tu amor y apoyo constante.

Para ellos, mi más sincero agradecimiento.

TABLA DE CONTENIDO

JURADO EVALUADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	9
RESUMEN	11
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	12
1.1. Realidad problemática	12
1.2. Formulación del problema	33
1.3. Objetivos	33
1.4. Hipótesis	34
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	35
CAPÍTULO III: RESULTADOS	59
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	103
REFERENCIAS	107
ANEXOS	110

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Operacionalización de las variables</i>	36
Tabla 2 <i>Límites Sectores 1 y 2 del Reservoirio R1.</i>	44
Tabla 3 <i>Límites sectores 1 y 2 del Reservoirio R3</i>	44
Tabla 4 <i>Límite sector 1 del Reservoirio R5</i>	45
Tabla 5 <i>Monitoreo de Presiones Zona Alta – S1 – R1</i>	59
Tabla 6 <i>Monitoreo de Presiones Zona Media – S1 – R1</i>	60
Tabla 7 <i>Monitoreo de Presiones Zona Baja – S1 – R1</i>	61
Tabla 8 <i>Monitoreo de Presiones Zona Alta – S2 – R1</i>	62
Tabla 9 <i>Monitoreo de Presiones Zona Media – S2 – R1</i>	63
Tabla 10 <i>Monitoreo de Presiones Zona Baja – S2 – R1</i>	64
Tabla 11 <i>Presión máxima, mínima y promedio de los sectores operacionales del Reservoirio R1</i>	65
Tabla 12 <i>Monitoreo de Presiones Zona Alta – S1 – R3</i>	66
Tabla 13 <i>Monitoreo de Presiones Zona Media – S1 – R3</i>	67
Tabla 14 <i>Monitoreo de Presiones Zona Baja – S1 – R3</i>	68
Tabla 15 <i>Monitoreo de Presiones Zona Alta – S2 – R3</i>	69
Tabla 16 <i>Monitoreo de Presiones Zona Media – S2 – R3</i>	70
Tabla 17 <i>Monitoreo de Presiones Zona Baja – S2 – R3</i>	71

Tabla 18 <i>Presión máxima, mínima y promedio de los sectores operacionales del Reservoirio R3</i>	72
Tabla 19 <i>Monitoreo de Presiones Zona Alta – R5</i>	73
Tabla 20 <i>Monitoreo de Presiones Zona Media – R5</i>	74
Tabla 21 <i>Monitoreo de Presiones Zona Baja – R5</i>	75
Tabla 22 <i>Presión máxima, mínima y promedio de los sectores operacionales del Reservoirio R5</i>	76
Tabla 23 <i>Presión máxima, mínima y promedio por reservorio</i>	77
Tabla 24 <i>Número de conexiones activas por sector operacional y reservorio</i>	78
Tabla 25 <i>Cálculo de la presión promedio para la zona de estudio</i>	79
Tabla 26 <i>Cálculo de la continuidad horaria para la zona de estudio</i>	80
Tabla 27 <i>Cálculo de la continuidad horaria para el Reservoirio R-1</i>	81
Tabla 28 <i>Cálculo de la continuidad horaria para el Reservoirio R-3</i>	81
Tabla 29 <i>Cálculo de la continuidad horaria para el Reservoirio R-5</i>	82
Tabla 30 <i>Segmentación de las Redes de Distribución del Reservoirio R1</i>	82
Tabla 31 <i>Segmentos con corte de flujo del Reservoirio R1</i>	91
Tabla 32 <i>Segmentación de las Redes de Distribución del Reservoirio R3</i>	92
Tabla 33 <i>Segmentos con corte de flujo del Reservoirio R3</i>	98
Tabla 34 <i>Segmentación de las Redes de Distribución del Reservoirio R5</i>	100
Tabla 35 <i>Segmentos con corte de flujo del Reservoirio R5</i>	101

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Ubicación geográfica del área de estudio</i>	37
Figura 2 <i>Vista satelital del área de estudio</i>	37
Figura 3 <i>Ficha instalación de equipos de monitoreo de presión</i>	38
Figura 4 <i>Ficha de datos de presión de servicio</i>	39
Figura 5 <i>Datalogger Nemos N200</i>	41
Figura 6 <i>Software utilizados</i>	42
Figura 7 <i>Sectores operacionales PTAP Santa Apolonia</i>	43
Figura 8 <i>Metodología para la zonificación de un sector</i>	45
Figura 9 <i>Puntos de monitoreo de presión en zona de estudio</i>	46
Figura 10 <i>Servidor Zeus web para la descarga de datos de presión</i>	50
Figura 11 <i>Topología del reservorio R5</i>	52
Figura 12 <i>Reporte de Válvulas en el modelo hidráulico R5</i>	53
Figura 13 <i>Administrador de criticidad en WaterGems</i>	53
Figura 14 <i>Ventana Scenario Picker - WaterGems</i>	54
Figura 15 <i>Ventana Critical Pipes/Segments</i>	54
Figura 16 <i>Resultados de la segmentación</i>	55
Figura 17 <i>Visualización de los segmentos del Reservorio R5</i>	56

Figura 18	<i>Administrador de los segmentos con corte de flujo</i>	57
Figura 19	<i>Codificación por colores de los segmentos con corte de flujo - R5</i>	58
Figura 20	<i>Presión de los sectores operacionales del reservorio R1</i>	65
Figura 21	<i>Presión de los Sectores Operacionales del Reservorio R3</i>	72
Figura 22	<i>Presión de la Zona de Influencia del Reservorio R5</i>	76
Figura 23	<i>Presión de los Reservorios R1, R3 y R5</i>	77
Figura 24	<i>Codificación por colores de la segmentación del Reservorio R1</i>	90
Figura 25	<i>Codificación por colores de la segmentación del Reservorio R3</i>	98
Figura 26	<i>Codificación por colores de la segmentación del Reservorio R5</i>	102

RESUMEN

La presente tesis denominada “Continuidad Horaria y Presión Promedio del Sistema de Distribución de los Reservorios R1, R3 y R5 en sus Áreas de Influencia, Cajamarca 2022”, tiene como objetivo principal determinar la continuidad horaria y presión de abastecimiento del servicio de agua potable en la red de distribución de los reservorios R1, R3 y R5, en el periodo de setiembre a octubre del 2022, ubicada en la provincia de Cajamarca del departamento de Cajamarca; considerando la importancia de los indicadores de presión y continuidad para las empresas prestadoras de servicios de saneamiento, será muy útil recopilar información valiosa que nos ayudará a implementar estrategias adecuadas para determinar los indicadores mencionados. Como estrategia principal para el registro de la continuidad se utilizó el data logger, que incluye la determinación de puntos de control, continuidad en el punto de muestreo, continuidad promedio en las zonas y continuidad promedio en sector de abastecimiento. Finalmente, se determinó la continuidad horaria y presión de abastecimiento del servicio de agua potable en la red de distribución de los reservorios R1, R3 y R5, siendo 13.44 horas/día y 19.26 mca, respectivamente.

PALABRAS CLAVES: continuidad horaria, presión, abastecimiento, red de distribución, agua potable, saneamiento.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La provisión de agua para la creciente población mundial se ha convertido en una de las principales preocupaciones del siglo XXI. Es necesario asegurar un suministro adecuado de agua que pueda satisfacer las demandas de consumo humano, agrícola e industrial. Lamentablemente, la situación es alarmante, ya que se estima que aproximadamente una sexta parte de la población mundial no tiene acceso garantizado a agua potable. Además, un gran porcentaje de personas carece de servicios básicos de saneamiento. (Arango Ruiz, 2013).

A medida que la demanda de agua continúa aumentando, se enfrenta a una oferta limitada de recursos hídricos. Esta situación se agrava debido a la explotación excesiva de las fuentes de agua, así como a la contaminación, el mal uso y el desperdicio. Estos problemas son causados, en gran medida, por la utilización de sistemas de distribución inadecuados e ineficientes (Arango Ruiz, 2013).

En el Perú, existen ciudades ubicadas en las zonas altas de los Andes que dependen de los ríos que nacen en las cuencas de alta montaña. Estas ciudades se mantienen gracias al suministro de agua proveniente de estos ríos. Sin embargo, en la actualidad, estos ríos están experimentando una disminución en sus caudales debido a la falta prolongada de precipitaciones pluviales (Alvarez Villanueva, 2016).

Cajamarca, una ciudad altoandina, ha sido abastecida de agua desde 1950 por la microcuenca Tres Ríos. Los caudales circulantes de esta microcuenca son utilizados tanto para la agricultura como para el consumo humano. Varias comunidades, como Ronquillo, Corisorgona, Cushunga, Sexemayo II, Candopampa, Carhuaquero y Chamis, dependen del

agua superficial de los cauces naturales y de los manantiales de la microcuenca para satisfacer sus necesidades agrícolas y de consumo humano (Alvarez Villanueva, 2016).

Además, una parte de las aguas del río principal Tres Ríos de la microcuenca Tres Ríos se utiliza para el abastecimiento de la Planta de Tratamiento de Agua Potable "Santa Apolonia". Esta planta es administrada por la Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento de Cajamarca Sociedad Anónima (EPS SEDACAJ S.A.) y es responsable de suministrar agua potable al 30% de la población de Cajamarca (Alvarez Villanueva, 2016).

La disminución de los caudales superficiales en el río Tres Ríos ha llevado a la EPS SEDACAJ S.A. a reducir la producción de agua potable destinada a la población de Cajamarca. Como resultado, se ha implementado un programa de racionalización continua en la distribución de agua potable hacia la ciudad durante períodos de escasez de lluvias. Este programa tiene como objetivo garantizar un suministro equitativo y sostenible de agua potable para todos los usuarios, a pesar de las limitaciones en la disponibilidad del recurso hídrico (Alvarez Villanueva, 2016).

En las épocas de estiaje, la ausencia prolongada de precipitaciones agrava la situación en los cauces naturales de las comunidades de la microcuenca Tres Ríos parte alta. Esto provoca una disminución significativa de los caudales circulantes en los cauces fluviales y manantiales, lo que a su vez obliga a la población a buscar nuevas fuentes de agua para el consumo humano y agrícola a distancias considerables. Esta situación representa un desafío adicional para las comunidades, ya que deben enfrentar dificultades para acceder a agua suficiente y de calidad durante estos períodos de sequía prolongada (Alvarez Villanueva, 2016).

La ciudad de Cajamarca cuenta con los servicios de agua potable y alcantarillado sanitario, con una cobertura de 90.79% (diciembre 2021) en los servicios de agua potable y de 91.73% (diciembre 2021) en los servicios de alcantarillado sanitario, con una continuidad promedio de agua potable de 17.57 (diciembre 2021) horas por día (SUNASS, 2022).

Para el abastecimiento de agua potable de la ciudad de Cajamarca, se cuenta con dos Plantas de Tratamiento de Agua Potable (en adelante PTAP), PTAP El Milagro con una capacidad de tratamiento de 300 L/s y PTAP Santa Apolonia con una capacidad de tratamiento de 80 L/s, que en época de estiaje trata 20 L/s, por la baja disponibilidad de agua en la fuente de abastecimiento; sin embargo, en época prolongada de estiaje, se capta y trata todo lo existente en la fuente, llegando a caudales mínimos de 15 L/s. Por lo que, hay restricción del servicio de abastecimiento de agua potable a la población ubicada en la parte alta de la ciudad (SEDACAJ, 2022).

La PTAP El Milagro, se abastece de las fuentes de Rio Grande (que constituye la fuente principal) y de Rio Porcón; contando con sus correspondientes líneas de conducción de agua cruda hasta la planta. Las líneas de conducción están constituidas por tuberías de asbesto cemento y PVC (SEDACAJ, 2022).

La PTAP El Milagro, es del tipo convencional, contando con las unidades de Cámara de Reunión, Presedimentación, Mezcla Rápida, Floculación, Decantación, Filtración y Desinfección. La desinfección se realiza en una cisterna, a partir de esta cisterna, se abastece por medio de la línea de conducción de agua potable hacia los reservorios R2 y R6. La línea de conducción está constituida por tuberías de hierro dúctil (SEDACAJ, 2022).

La PTAP Santa Apolonia, se abastece de la fuente de la fuente de agua superficial Rio Ronquillo; contando con sus correspondientes líneas de conducción de agua cruda hasta

la planta de tratamiento. Las líneas de conducción están constituidas por tuberías de asbesto cemento (AC), policloruro de vinilo (PVC) y polietileno de alta densidad (HDP) (SEDACAJ, 2022).

La PTAP Santa Apolonia, es del tipo convencional, contando con las unidades de Cámara de Reunión, Mezcla Rápida, Floculación, Decantación, Filtración y Desinfección. La PTAP cuenta con dos módulos que operan en paralelo. La PTAP abastece de agua potable al Reservoirio R1; a partir de este reservoirio, se impulsa agua hasta el Reservoirio R3, así mismo del R3 se impulsa agua potable al R5 (SEDACAJ, 2022).

El suministro discontinuo de agua potable en los barrios San Vicente, Quiritimayo, Delta, Casurco (área de influencia del reservoirio R5), San Pedro, Cumbe Mayo, Calispuquio, Santa Apolonia, Santa Elena (área de influencia de los reservoirios R1 y R3) y las reducidas horas de servicio de agua potable, se han vuelto problemas constantes que generan inconvenientes en las actividades diarias, higiene personal, salud y desarrollo económico de los usuarios.

Para una EPS es de mucha importancia brindar el suministro de manera óptima y eficiente, por lo que la presente investigación busca determinar la continuidad horaria y presión promedio en el sistema de abastecimiento de agua potable de los reservoirios R1, R3 y R5.

La continuidad horaria que permitirá conocer el número de horas de servicio de agua potable que la EPS SEDACAJ brinda al usuario, así como identificar si el servicio prestado de agua potable es de manera continua o discontinua en base a lo normado en la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (de aquí en adelante SUNASS).

La presión promedio que permitirá conocer el promedio ponderado de la presión de abastecimiento del servicio de agua potable en la red de distribución, el servicio de agua potable debe llegar a las viviendas con una presión adecuada, según lo normado en el Reglamento Nacional de Edificaciones.

La cobertura de agua potable de la EPS se refiere a la proporción de la población que vive dentro del área de responsabilidad de la empresa y que tiene acceso al servicio de agua potable. Esto puede ser a través de una conexión domiciliaria, donde cada hogar tiene su propia conexión a la red de agua potable, o mediante el uso de una pileta pública, donde la comunidad puede acceder al agua potable en un lugar designado (SUNASS, 2021).

La continuidad del servicio de agua potable es un indicador que mide el promedio ponderado del número de horas de servicio que la EPS brinda a los usuarios. Este indicador se utiliza para evaluar la calidad y la eficiencia del suministro de agua potable en diferentes localidades o áreas específicas dentro del ámbito de responsabilidad de la EPS. El rango de este indicador varía entre 0 y 24 horas, donde 0 representa la ausencia total de servicio y 24 horas indica un suministro continuo durante todo el día (SUNASS, 2021).

Y en cuanto a presión se refiere al promedio ponderado de la presión de abastecimiento en la red de distribución de una EPS. Este indicador se utiliza para medir la presión del agua en diferentes localidades o áreas específicas dentro del ámbito de responsabilidad de la EPS (SUNASS, 2021).

Es así como, surge la presente investigación denominada “Continuidad horaria y presión promedio del sistema de distribución de los reservorios R1, R3 y R5 en sus áreas de influencia, Cajamarca 2022” con la finalidad de determinar los indicadores continuidad y

presión que nos va a permitir identificar si el suministro es constante y confiable para los usuarios e identificar si la presión de suministro es eficiente, equitativa y de calidad.

En tal sentido este tema se enmarca en la línea de investigación de Salud Pública y Poblaciones Vulnerables y como sub línea de investigación de Urbanismo, Saneamiento y Movilidad Urbana.

Teniendo en cuenta lo descrito anteriormente, debido a la importancia mencionada del estudio, es necesario adentrarnos en investigaciones de carácter similar, que sirvan como antecedentes del trabajo en mención:

Como primer antecedente internacional tenemos:

Herrera Rodríguez (2017) en su tesis de investigación denominada: “Participación en el desarrollo de una metodología para el cálculo de continuidad del servicio en redes de distribución y cálculo del descuento a los usuarios”, publicada en Bucaramanga; tuvo como objetivo: crear una metodología para el cálculo del índice de continuidad del servicio según la resolución N° SSPD 20171300039945 del 28/03/2017, en la cual se establecen descuentos a los usuarios por interrupciones en el servicio. El enfoque principal se centró en la creación y validación de un modelo hidráulico. El distrito centro se utilizó como área de prueba para implementar el software WaterGems y construir el modelo preliminar. Este modelo representa con precisión la estructura de la red de distribución y también incluye información sobre los usuarios del sistema. Una vez que se detecta un daño en una tubería, el modelo permite identificar qué segmento de la red se verá afectado y qué usuarios experimentarán una interrupción del servicio debido a un cierre específico. Se logró la construcción de un modelo hidráulico detallado de la red, el cual podrá ser empleado como herramienta operativa en la toma de decisiones. Se encontraron inconsistencias en la topología de la red,

errores de conectividad debido a la importación mediante la herramienta ModelBuilder, para solucionar se agregaron atributos shape en ArcMap. Se logró también la identificación de los usuarios afectados por interrupción del servicio a través de un análisis de criticada en WaterGems.

De igual manera, como antecedentes nacionales tenemos:

Bernal Castillo (2021) en la tesis de investigación denominada: “Estudio de la satisfacción del servicio de agua potable y su relación con la calidad de vida de los pobladores de Hualmay”, publicado en Huacho - Perú; tuvo como objetivo: evaluar como el estudio de la satisfacción del servicio de agua potable se relaciona con la calidad de vida de los pobladores de Hualmay. La investigación se clasifica como aplicada debido a que se fundamenta en los conocimientos adquiridos de la población, específicamente en la realidad de la satisfacción de los residentes en relación al servicio de agua potable en la Avenida Florián Díaz – Hualmay. Para llevar a cabo esta investigación, se utilizó un cuestionario como herramienta principal. Concluyendo que el estudio de la satisfacción del servicio de agua potable se relaciona con la calidad de vida de los pobladores de Hualmay. Por ende, se precisa una magnitud buena. El precio adecuado para el servicio de agua potable está estrechamente vinculado a la calidad de vida de los habitantes de Hualmay. Por lo tanto, existe una conexión importante entre estas dos variables. Por último, menciona que El perfil del ingeniero civil se caracteriza por su empatía hacia la sociedad. Por esta razón, al desempeñar nuestras funciones en una empresa prestadora de servicios de agua potable, buscamos fomentar, junto con un equipo multidisciplinario, el cuidado de las redes de agua potable, alcantarillado y desagüe de una determinada zona.

Tito Humpiri y otros (2020), en el artículo científico denominado: “Nivel de satisfacción del servicio de agua potable en la ciudad de Juliaca, el caso de la urbanización Jorge Chávez”, publicado en Perú; tuvo como objetivo: identificar el nivel de satisfacción del servicio de agua potable en la Urbanización de Jorge Chávez de la Ciudad de Juliaca, dicha investigación se realizó en el año 2019. Menciona que la satisfacción de los usuarios se basa en varios criterios, como la presión del agua, la calidad de atención y el servicio proporcionado por la empresa. En este estudio, se utilizó un enfoque descriptivo simple y se aplicó una encuesta como técnica de recolección de datos. El instrumento utilizado fue un cuestionario, el cual ha sido validado por la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS). Concluyendo que el grado de satisfacción de los usuarios con respecto a este servicio es extremadamente bajo, lo cual se debe a la escasa duración del servicio, la presión del agua es mínima y la atención al usuario no es oportuna. Finalmente, se ha determinado que el aumento de la población ha llevado a un incremento en la insatisfacción de los usuarios con el servicio de agua potable. Las Empresas Prestadoras de Servicios están obligadas a rendir cuentas de su gestión a los organismos públicos y utilizan indicadores de gestión establecidos por estas entidades. Sin embargo, carecen de herramientas para medir directamente la satisfacción de la población.

Ayala Minaya & García Pineda (2019) en su tesis de investigación denominada: “Análisis de cobertura y continuidad de la red de agua potable en el sector de Jaaapshan, Shancayan – Huaraz - 2018”, publicado en Perú; tuvo como objetivo: evaluar los componentes determinantes de la red de agua potable ya existente con la finalidad de analizar e interpretar la realidad y determinar la problemática existente, dicha investigación se realizó en el año 2018. Utilizó técnicas como la observación, pruebas de laboratorio y encuestas a través de instrumentos como ficha técnica, análisis documental y cuestionario,

respectivamente. Concluyendo que el 90% de los residentes en esa área expresan su descontento debido a la falta de suministro constante de agua potable, y los reservorios existentes resultan insuficientes para satisfacer la creciente demanda de la población. Esta situación tiene un impacto negativo casi total en el entorno circundante. Se logró alcanzar un promedio de 15 horas de servicio continuo, sin embargo, esta situación plantea un problema significativo para la población, ya que impide que las personas disfruten de una calidad de vida adecuada, a la cual tienen derecho.

Finalmente, Vasquez Perez (2018) en su tesis de investigación denominada: “Diagnóstico del consumo y demanda de agua potable en el campus de la UNALM y propuestas de cobertura”, publicada en Perú; tuvo como objetivo: realizar el diagnóstico del sistema de abastecimiento de agua potable en la Universidad Nacional Agraria la Molina y brindar propuestas de mejora en la eficiencia del sistema, en el mediano y largo plazo. Concluyendo que la falta de cobertura del sistema y la escasez de agua dentro del campus universitario son problemas recurrentes que se originan debido al bajo caudal disponible en la fuente, que se limita a la captación del pozo Chino 2. Además, la antigüedad de la red y el estado de las tuberías generan fugas de agua, mientras que la capacidad de almacenamiento del Reservoirio del pozo Chino 2 es insuficiente y no se le brinda un mantenimiento adecuado. Además, la mala calidad del agua del pozo Chino 2 provoca problemas de corrosión en las tuberías, lo que obliga a los laboratorios, centros de producción y granjas a recurrir a sistemas alternativos como la compra de agua en cisternas y bidones.

Asimismo, para complementar una base teórica que permita un buen desarrollo del presente estudio, se detallan los principales conceptos:

El agua es esencial tanto para la supervivencia de los seres humanos como para el surgimiento y desarrollo de las civilizaciones. A lo largo de la historia, se ha observado que tanto las comunidades pequeñas como las grandes culturas han surgido y prosperado en áreas cercanas a fuentes de agua, como ríos, lagos y manantiales (Meléndez Pino, 2019).

Agua cruda: es aquella agua, en estado natural, captada para abastecimiento que no ha sido sometido a proceso de tratamiento (Ministerio de Salud, 2010).

Agua tratada: toda agua sometida a procesos físicos, químicos y/o biológicos para convertirla en un producto inocuo para el consumo humano (Ministerio de Salud, 2010).

Agua de consumo humano: agua apta para consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal (Ministerio de Salud, 2010).

Parámetros organolépticos: Son los parámetros físicos, químicos y/o microbiológicos cuya presencia en el agua para consumo humano pueden ser percibidos por el consumidor a través de su percepción sensorial (Ministerio de Salud, 2010).

Sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano: Conjunto de componentes hidráulicos e instalaciones físicas que son accionadas por procesos operativos, administrativos y equipos necesarios desde la captación hasta el suministro del agua (Ministerio de Salud, 2010).

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 de agua potable tiene los siguientes componentes:

Tuberías: se le llama así al conjunto formado por los tubos (conductos de sección circular) y su sistema de unión o ensamblaje (CONAGUA, 2019).

De acuerdo con su función, la red de distribución puede dividirse en:

Red Primaria: 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 (CONAGUA, 2019).

Red Secundaria: 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 (CONAGUA, 2019).

Se clasifican en:

Aislamiento o seccionamiento: Se usan para aislar o cortar el flujo del resto del sistema de abastecimiento en ciertos tramos de tubería, u otros elementos de control con el fin de revisarlos o repararlos (CONAGUA, 2019).

Control: Se usan para regular el caudal y la presión, así como para la purga de aire y sedimentos de las redes de distribución. (CONAGUA, 2019).

Hidrantes: es una conexión especial instalada en un punto de la red, tiene el propósito de abastecer a familiar en ocasiones de emergencia y proveer agua para mitigar los incendios (CONAGUA, 2019).

Tanques de distribución: es un depósito ubicado generalmente entre la captación y la red de distribución que tiene la finalidad de almacenar el gua de la fuente. El almacenamiento permite regular la distribución o simplemente prever fallas en el suministro. 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 componentes y tuberías que permiten el suministro de agua desde la red de distribución hasta la propiedad del usuario, incluyendo la instalación de un medidor(CONAGUA, 2019).

Rebombeos: son estaciones de bombeo se encuentran típicamente en puntos intermedios de una línea de conducción, y en casos excepcionales, dentro de la red de distribución. Su función principal es aumentar la carga hidráulica en el punto donde están ubicadas para mantener el flujo de agua en la tubería. Se utilizar 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).

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).

El consumo es la parte del suministro de agua potable que generalmente utilizan los usuarios, sin considerar las pérdidas en el sistema. Se expresa en unidades de m³/d o l/d, o bien cuando se trata de consumo per cápita se utiliza l/hab/día. Los organismos operadores lo manejan regularmente en m³/toma/mes (CONAGUA, 2019).

Consumo Doméstico: se refiere al agua utilizada en los hogares. Este consumo está influenciado principalmente por el clima y la clase socioeconómica de los usuarios. Sin embargo, existen diversas causas que pueden generar diferencias en el consumo promedio de agua entre diferentes clases socioeconómicas. Algunas de estas causas destacadas incluyen la presión en la red de distribución, la intermitencia en el servicio de agua, la disponibilidad adecuada de agua, la presencia de sistemas de alcantarillado sanitario y el precio del agua (CONAGUA, 2019).

Consumo No Doméstico: se refiere al uso de agua en industrias, comercios y servicios por parte de personas que no residen en esas instalaciones. Para estimar el consumo unitario de este tipo de usuarios, es necesario utilizar los datos de medición históricos proporcionados por el organismo operador (CONAGUA, 2019).

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 diseñado especialmente para su instalación en arquetas y entornos con alta humedad, con un grado de protección IP68. Este equipo cuenta con 4 entradas digitales que se pueden utilizar para leer caudalímetros o para alarmas de propósito general. Además, tiene 2 entradas analógicas que se pueden configurar en modo tensión o bucle de corriente (MICROCOM, 2018).

Para alimentar las sondas analógicas, se han incluido dos salidas que pueden suministrar una tensión en el rango de 5 a 24 voltios. Gracias a su bajo consumo y al uso de pilas de litio de alta capacidad, el dispositivo puede funcionar de manera autónoma durante 10 años en condiciones de operación estándar, donde se registra el caudal cada 5 minutos y se realiza una transmisión diaria de datos (MICROCOM, 2018).

El NEMOS N200 es un datalogger altamente avanzado que se destaca por su capacidad para detectar transitorios hidráulicos y su conectividad inalámbrica. Este equipo tiene la capacidad de integrar hasta 2 sensores de presión de línea, uno de los cuales tiene una frecuencia muy alta de muestreo (128 muestras por segundo). Esto permite capturar con gran precisión las presiones de pico y los golpes de ariete (MICROCOM, 2018).

En términos de conectividad, el Nemos N200 cuenta con tecnología Bluetooth LE (4.0) para la comunicación local con un PC, y puede utilizar las redes GPRS, 3G y NB-IoT para la transmisión de datos. Estas características hacen del Nemos N200 un dispositivo especialmente adecuado para aplicaciones de sectorización de redes y telelectura de contadores en redes de suministro de agua (MICROCOM, 2018).

El Nemos N200 cuenta con dos indicadores LED incorporados: el LED GSM y el LED ERR. Estos LEDs proporcionan información sobre el estado del dispositivo, mostrando el nivel de conectividad y posibles errores detectados. Los LEDs solo se activan mientras el equipo está en modo "despierto" (MICROCOM, 2018).

Conector de antena: Conector de antena tipo SMA (MICROCOM, 2018).

El Contacto REED del dispositivo permite activarlo al acercar un imán al área designada durante 5 segundos. Una vez activado, el equipo encenderá los LEDs, el módem GSM y el Bluetooth durante un período de tiempo determinado (MICROCOM, 2018).

Marca de Posicionamiento: Muecas para cerrar el dispositivo correctamente (MICROCOM, 2018).

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).

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 (m³) 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).

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 produce cuando las divisiones en un sistema de distribución de agua forman fronteras que impiden el flujo de agua de una sección a otra. La característica común de estas secciones es que todas reciben su suministro de agua desde una fuente de origen específica. De esta manera, se define un sector hidráulico como una porción de la red que está aislada hidráulicamente de otros sectores. Los únicos puntos de conexión son las alimentaciones propias del sector, las entradas de agua al sector y las salidas de agua del sector (Saldarriaga, Naranjo y Rothstein, 2011).

Diseño de un sector o distrito hidrométrico (DHM): El diseño de los DHMs exige un conocimiento exhaustivo del sistema de suministro de agua. Es fundamental contar con una red completa y actualizada, así como con registros e información topográfica precisa. Además, es necesario disponer de patrones de consumo de agua y datos operativos que incluyan información sobre flujos y presiones (Guía para la reducción de pérdidas de agua, 2011).

En el caso de redes de suministro de agua complejas, puede ser necesario utilizar un modelo hidráulico calibrado para evaluar los efectos de la sectorización en las presiones de servicio y detectar posibles cuellos de botella, tuberías redundantes y áreas de riesgo de estancamiento. La sectorización puede aplicarse tanto en sistemas con medición de consumo

como en aquellos sin medición, así como en sistemas de suministro continuo e intermitente (Guía para la reducción de pérdidas de agua, 2011).

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. Es recomendable establecer los límites de un sector considerando, en la medida de lo posible, límites naturales como ríos o vías principales. Es necesario asegurar la estanqueidad del sector mediante la activación de un número reducido de válvulas de control. En el sector, se debe procurar que las variaciones de elevación del terreno sean mínimas. Es necesario identificar los diferentes tipos de consumidores, como los domésticos, industriales, comerciales y aquellos con altos consumos, como hospitales, cuarteles y colegios, junto con sus respectivas necesidades de suministro de agua. Es imprescindible cumplir con las regulaciones legales que establecen los niveles mínimos de presión. Es importante considerar las limitaciones impuestas por la topología del terreno, la altura de los edificios y los requisitos de suministro para los grifos contra incendios. Además, la gerencia de la empresa debe asegurarse de garantizar 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).

Procedimiento de implementación: Es necesario considerar las limitaciones económicas antes de iniciar el diseño de la sectorización. La instalación de un gran número de válvulas conlleva altos costos de capital y mantenimiento. Por otro lado, la

implementación de DHM más pequeños puede conducir a una detección de fugas más efectiva y mejores resultados en general (Porrás, 2014).

Para la selección de los sectores en el proceso de sectorización, es importante utilizar planos que muestren las características topográficas y del sistema, como los diámetros de las tuberías, las líneas de contorno, los límites naturales y la topografía de la ciudad. Un buen conocimiento de la estructura del sistema es necesario para tomar decisiones informadas al seleccionar los sectores. Si es posible, se deben elegir límites naturales y físicos como fronteras. Además, se debe considerar la ubicación de las zonas de presión existentes y las válvulas cerradas en relación con los sectores de presión durante el proceso de sectorización. Es fundamental tener una identificación clara de la ubicación de las válvulas de aislamiento en el sistema (Guía para la reducción de pérdidas de agua, 2011).

Cuando se establece un Distrito Hidrometrico no es necesario crear áreas de tamaño igual. Aunque no hay una norma estandarizada al respecto, se recomienda que el tamaño del DHM esté entre 500 y 3000 conexiones de servicio. La DVGW alemana sugiere seleccionar una longitud total de tuberías de distribución de 4 a 30 km dentro de un DHM ideal. Idealmente, el DHM debe recibir el suministro de agua a través de una sola alimentación y medir ese punto de suministro para maximizar la precisión de las mediciones. Solo en caso de que esto no sea posible, se deben 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).

Ventajas de la sectorización: La implementación de la sectorización permite mejorar el control y monitoreo del estado de la red, ya que se pueden realizar auditorías individuales en cada sector de manera aislada. La sectorización facilita la capacidad de localizar de manera precisa y en tiempo real cualquier fuga, rotura o deficiencia que pueda ocurrir en la red de distribución de agua. En situaciones de anomalías o problemas en la red, la sectorización permite limitar los efectos negativos únicamente al sector afectado, minimizando así el impacto en el resto de la red. La sectorización contribuye a mejorar el control activo de fugas, lo que facilita la evaluación de los resultados de las campañas de detección y corrección de pérdidas. Reduce el área de búsqueda de fugas. La sectorización divide la red en unidades más pequeñas e independientes, lo que reduce el área de búsqueda en caso de posibles fugas y limita la búsqueda a un solo sector específico (Porras, 2014).

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 eliminación de microorganismos patógenos se logra comúnmente mediante la adición de cloro, un compuesto químico eficaz y económico que deja un residuo en el agua. Sin embargo, la concentración de cloro en el agua disminuye con el tiempo, y se asume que este decaimiento sigue una cinética de primer orden. Si el tiempo de residencia del agua en la red es prolongado, puede haber áreas donde el cloro se agote por completo, lo que pone en riesgo la calidad del agua. Esto se debe a que el agua recorre una red más ramificada, lo que aumenta la distancia que debe recorrer antes de llegar al punto final (Porras, 2014).

La sectorización implica una inversión inicial, ya que no se limita únicamente a la instalación de válvulas y contadores en los puntos de alimentación. También puede requerir el refuerzo de ciertos tramos de tubería para garantizar la presión adecuada de suministro (Porras, 2014).

Sin embargo, se puede afirmar que el ahorro de agua prevalece sobre los pequeños inconvenientes que puedan surgir. En conclusión, la sectorización, en combinación con técnicas de modelización, monitoreo y mantenimiento programado, permite aumentar la eficacia y eficiencia de los métodos utilizados para reducir los volúmenes de agua potable perdidos en el sistema de distribución (Porras, 2014).

Análisis de Criticidad: El análisis de criticidad es una herramienta que permite evaluar el sistema de distribución de agua y determinar qué elementos son más críticos o se ven más afectados cuando se simula una interrupción en un tramo específico de tubería. Así, cuando ocurre una interrupción en el sistema de distribución debido a un daño, se detiene una sección del sistema conocida como segmento de red. Este segmento es la unidad más pequeña del sistema de distribución que puede ser aislada mediante el uso de una válvula. Dicho segmento incluye varios nodos, tramos de tuberías y otros elementos (Herrera Rodríguez, 2017).

Un diagnóstico es el resultado final obtenido después de realizar un estudio, evaluación o análisis sobre un ámbito u objeto específico que se desea conocer. El propósito final de este diagnóstico es reflejar la situación y/o estado del objeto en estudio, con el objetivo de tomar acciones o implementar tratamientos basados en los resultados obtenidos. Señala que es importante mencionar que la explicación y presentación del diagnóstico debe ser no solamente descriptiva, sino explicativa y pronosticativa (Vallejos, 2008).

La satisfacción del cliente, que se traduce en resultados positivos, es una necesidad de información que se obtiene a través del comportamiento informativo. Esto implica evaluar las fuentes y recursos utilizados por el cliente para lograr esa satisfacción (Calva, 2009).

Para el autor Rubio (2015), calidad de vida es: “Como un estado de bienestar físico, social, emocional, espiritual, intelectual y ocupacional que le permite al individuo satisfacer apropiadamente sus necesidades individuales y colectivas. Es un complejo concepto cuya definición operacional y dimensional resulta francamente difícil. No obstante, hay acuerdo en cuanto a la necesidad de abordarla desde una dimensión subjetiva, es decir, lo que la persona valora sin restringirla a la dimensión objetiva (opinión de otras personas o terceros) porque lo fundamental es la percepción propia”.

Como se ha venido tratando, la presente investigación busca determinar la continuidad horaria del servicio en el sistema de abastecimiento de agua potable en el área de influencia de los reservorios R1, R3 y R5, que a su vez permitirá comprender lo importante que es el agua para el ser humano y la satisfacción que causa en el usuario. Sin clientes las empresas de servicio no tendrían una razón por la cual existir. Es necesario que toda empresa de servicio mida y defina, la satisfacción de servicio.

Para la identificación de los problemas que se presentan en el servicio o para la evaluación del avance de la empresa, es necesario esperar a la queja de los clientes. Además, cualquier empresa que logre satisfacer a sus clientes obtendrá beneficios como la fidelidad del cliente, lo que se traduce en ventas futuras; la recomendación positiva, lo que se traduce en la adquisición de nuevos clientes; y una mayor participación en el mercado (Grande, 1996).

1.2. Formulación del problema

¿Cuánto es el valor de la continuidad horaria del servicio de agua potable que se brinda a los usuarios del sistema de abastecimiento de los reservorios R1, R3 y R5? ¿La presión de abastecimiento del servicio de agua potable en la red de distribución de los reservorios R1, R3 y R5, cumplen con la Norma Técnica O.S. 050 del Reglamento Nacional de Edificaciones?

1.3. Objetivos

Objetivo General:

- Determinar la continuidad horaria y presión de abastecimiento del servicio de agua potable en la red de distribución de los reservorios R1, R3 y R5, en el periodo de setiembre a octubre del 2022.

Objetivos Específicos:

- Determinar la continuidad horaria y presión de abastecimiento del servicio de agua potable en la red de distribución del reservorio R1, en el periodo de setiembre a octubre del 2022.
- Determinar la continuidad horaria y presión de abastecimiento del servicio de agua potable en la red de distribución del reservorio R3, en el periodo de setiembre a octubre del 2022.
- Determinar la continuidad horaria y presión de abastecimiento del servicio de agua potable en la red de distribución del reservorio R5, en el periodo de setiembre a octubre del 2022.

- Determinar la cobertura del servicio en el área de influencia.
- Determinar segmentos críticos en la red de distribución.

1.4. Hipótesis

La continuidad horaria del servicio de agua potable que se brinda a los usuarios del sistema de distribución de los reservorios R1, R3 y R5 tiene un valor de 13 horas por día. La presión de abastecimiento del servicio de agua potable en la red de distribución de los reservorios R1, R3 y R5, sí cumple con la Norma Técnica O.S. 050 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

El enfoque considerado para esta investigación es el cuantitativo, teniendo cuenta que, según Hernández Sampieri (2014), la investigación cuantitativa utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías (pág. 4). Por lo que, se utilizó este enfoque, en vista a que, se recolectó y procesó datos de presión de servicio para poder determinar la continuidad horaria para el área de influencia de los reservorios R1, R3 y R5.

Asimismo, por el tipo de investigación se tuvo la aplicada – descriptiva, a merito que, Espinoza Montes (2010), estas investigaciones tienen como propósito describir los objetos tal como están funcionando u ocurriendo. El investigador no debe influir en el funcionamiento del objeto de investigación (pág. 76). Por lo que, se ha elegido este tipo de investigación, pues, se recolectó y procesó datos de presión de servicio conforme el comportamiento actual del sistema de redes de distribución de agua potable de reservorios R1, R3 y R5.

Por otra parte, por el número de mediciones en un periodo de tiempo es transeccional o transversal. Según Hernández Sampieri (2014) este diseño de investigaciones recolecta datos en un solo momento, en un tiempo único. Describen variables y analizan su incidencia e interrelación en un momento dado (pág. 154). Por esta razón, se ha elegido este diseño, ya que la tesis ha obtenido datos de presiones en un momento único y determinado.

Como muestra de estudio, se ha seleccionado una muestra del sistema de distribución de agua, Reservorios R1, R3 y R5, utilizando un método de muestreo no probabilístico intencional, basado en los aspectos específicos que se desean medir. el sistema de distribución. Como unidad de análisis, se analizará la continuidad horaria y presión promedio del sistema de distribución de los reservorios R1, R3 y R5.

Tabla 1

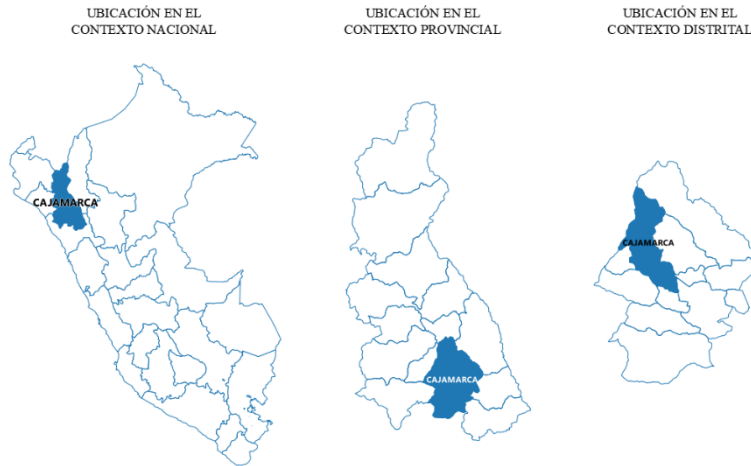
Operacionalización de las variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Continuidad horaria	Promedio ponderado del número de horas de servicio de agua potable que la EPS brinda al usuario (SUNASS, 2021).	Número de horas promedio en el sector de abastecimiento	Horas por día (h/d)	Punto de muestreo Data logger
		Número de conexiones activas de agua potable en el sector de abastecimiento	Conexiones activas (und)	Catastro comercial Catastro técnico Catastro operacional
Presión de abastecimiento	Promedio ponderado de la presión de abastecimiento del servicio de agua potable en la red de distribución dentro de una EPS (SUNASS, 2021).	Presión promedio en el sector de abastecimiento	Presión (mca)	Data logger Manómetro
		Número de conexiones activas de agua potable en el sector de abastecimiento	Conexiones activas (und)	Catastro comercial Catastro técnico Catastro operacional

Nota: Esta tabla muestra las definición y descripción de las variables que serán medidas en el estudio.

Figura 1

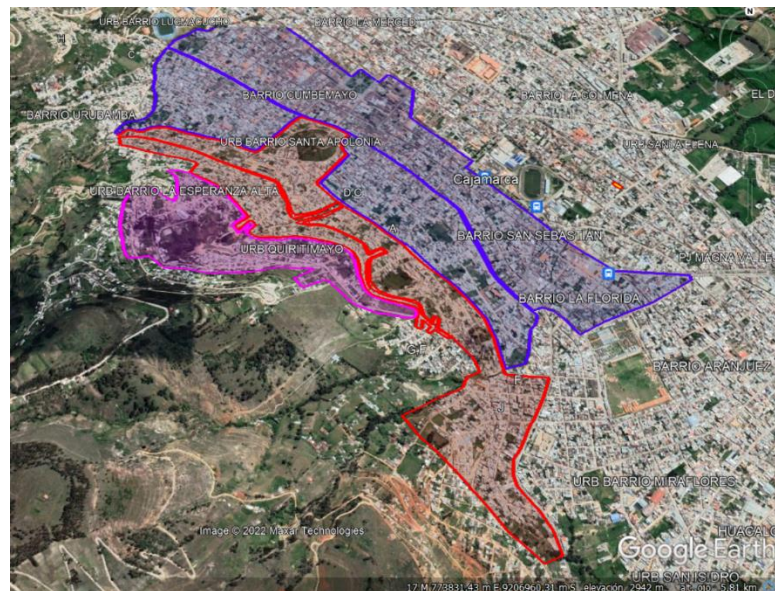
Ubicación geográfica del área de estudio.



Nota: El estudio se realizará en el departamento, provincia y distrito de Cajamarca.

Figura 2

Vista satelital del área de estudio.



Nota: En color morado se muestra el área de influencia del reservorio R5, en color rojo se muestra el área de influencia del reservorio R3 y en azul el área de influencia del reservorio R1.

Por otro lado, como técnica de recolección de datos se optó por la observación, ya que, la observación es una técnica que requiere que el investigador tenga acceso directo al evento de estudio, debido a esto, se utilizó esta técnica, puesto que, se recopiló datos con el apoyo del personal técnico de la EPS SEDACAJ S.A, los cuales permitieron determinar la continuidad horaria y presión promedio del sistema de distribución de los reservorios R1, R3 y R5 en sus áreas de influencia (Hurtado, 2000).

Asimismo, como instrumentos de recolección se adaptó las fichas de recolección de datos de la EPS SEDACAJ S.A, las cuales nos servirán para recoger la información necesaria para llevar a cabo el desarrollo del estudio.


A continuación, se muestra como ejemplo las fichas mencionadas, se encontrarán en la sección anexos de esta investigación.

Figura 3

Ficha instalación de equipos de monitoreo de presión.

TESIS: CONTINUIDAD HORARIA Y PRESIÓN PROMEDIO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE LOS RESERVORIOS R1, R3 Y R5 EN SUS ÁREAS DE INFLUENCIA, CAJAMARCA 2022.

FICHA: INSTALACIÓN DE EQUIPOS DE MONITOREO DE PRESIÓN

Departamento:	CAJAMARCA	a	
Provincia:	CAJAMARCA		
Distrito:	CAJAMARCA		
Equipo utilizado:	DATALOGGER NEMOS N200/N100		
Tesista:	CHÁVEZ SÁNCHEZ JHONY ALEXANDER		

FACULTAD DE INGENIERIA - ING. CIVIL

DATOS DE CAMPO

PLANTA	R	SECTOR	ZONA	DIRECCIÓN	N° INSCRIPCIÓN	SERIE DATALOGGER	FECHA INSTALACIÓN	HORA INSTALACIÓN	FECHA RETIRO	HORA RETIRO
b	RESERVORIO R-1	R1-S1	Zona Alta	c						
			Zona Media							
			Zona Baja							
	R1-S2	Zona Alta								
		Zona Media								
		Zona Baja								

Nota: El grafico representa a la ficha de instalación de equipos de monitoreo de presión.

Adaptado de la EPS SEDACAJ S.A.


La primera ficha, denominada “Instalación de Equipos de Monitoreo de Presión”; nos permitirá llevar un control de los equipos datalogger instalados en campo, que contiene en la parte “a” los datos generales, como el título de la investigación, departamento, provincia, distrito, equipo data logger utilizado y nombre del tesista.

Seguidamente en la parte “b” se puede encontrar, datos relacionados al punto de instalación, como PTAP, reservorio, sector, zona (alta, media, baja), dirección precisa donde se realizó la instalación y número de inscripción según el catastro comercial de la EPS.

En la parte “c” se puede encontrar, datos relacionados al equipo data logger instalado, como la serie de equipo, fecha de instalación, hora de instalación, fecha de retiro y hora de retiro.

Figura 4

Ficha de datos de presión de servicio.



TESIS: ANÁLISIS DE LA CONTINUIDAD HORARIA DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE LOS RESERVORIOS R1, R3 Y R5 EN SUS ÁREAS DE INFLUENCIA, CAJAMARCA 2022.

FICHA: DATOS DE PRESIÓN DE SERVICIO

Departamento: CAJAMARCA

Provincia: CAJAMARCA

Distrito: CAJAMARCA

Equipo utilizado: DATALOGGER NEMOS N200/N100

Tesista: CHÁVEZ SÁNCHEZ JHONY ALEXANDER

a

Fecha Inicio: _____

Hora Inicio: _____

Fecha Final: _____

Hora Fin: _____

Dirección: _____

b

c

Nota: El gráfico representa a la ficha datos de presión de servicio. Adaptado de la EPS SEDACAJ S.A.

La segunda ficha, denominada “Datos de Presión de Servicio”; nos permitirá visualizar los datos de presión almacenados por el equipo datalogger instalados en la zona de estudio, que contiene en la parte “a” el título de la investigación, departamento, provincia, distrito, equipo utilizado y nombre del tesista.

Seguidamente en la parte “b” se puede encontrar, datos relacionados con la instalación y retiro del equipo data logger, como la fecha y hora de inicio, fecha y hora de retiro, dirección, reservorio, sector y zona a la que pertenece el punto de instalación.

En la parte “c” se puede encontrar, datos de presión en mca registrados por el equipo data logger instalado, además de la fecha y hora de la presión registrada.

Se resalta que, los instrumentos de recolección de datos fueron adaptados de los formatos utilizados por parte de la División de Distribución y Recolección de la Gerencia Operacional de la EPS SEDACAJ S.A.

Se emplearán los siguientes recursos:

Humanos

- El tesista.
- Técnico de la EPS.
- Docente asesor.

Materiales.

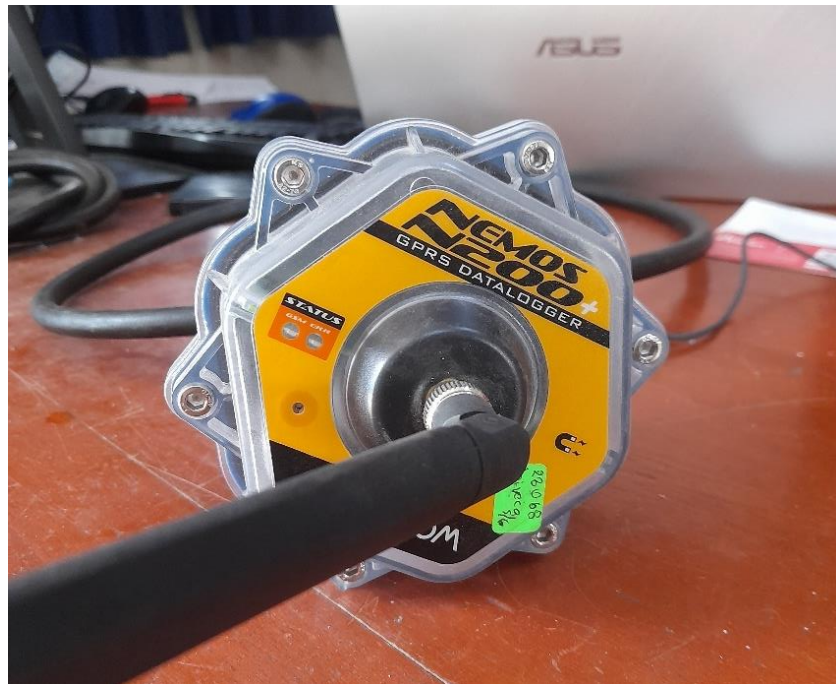
- Equipo data logger.
- Llave stilson 8”.
- Accesorios PVC (codos, tee, reducciones, entre otros).
- Cinta teflón.

- Llaves tee.
- Herramientas manuales.
- Laptop (programas computacionales).
- Útiles de oficina.

Como instrumento de registro tendremos al equipo data logger (equipo de la EPS SEDACAJ), es instrumento de registro no solo permite captar la información de presión, sino que constituye un soporte o asiento que permite conservar la información (Hurtado, 2000, pág. 428).

Figura 5

Datalogger Nemos N200.



Nota: Equipo que permitirá el registro de información de presiones. Se instalará en viviendas y/o en cámaras existentes, que tengan conexión directa con las redes de distribución de agua potable.

Figura 6

Software utilizados.



Nota: En el gráfico se muestra los softwares que se utilizarán en el estudio, como son: AutoCAD Civil 3D, WaterGems, y Microsoft Excel.

Sobre el procedimiento de recolección de datos, se procede en principio con la sectorización hidráulica que inicia con el trabajo de gabinete, con ayuda del software AutoCAD Civil 3D se inició con establecer los límites para los sectores de los reservorios R1, R3 y R5 de la investigación, considerando en lo posible límites naturales (ríos, vías principales, entre otros).

De igual manera, definido los sectores hidráulicos se procede a establecer zonas de presión: zona alta, zona media y zona baja. La zonificación del sector hidráulico se realiza con ayuda de las curvas de nivel. Es necesario mencionar, que la División de Distribución y Recolección ya tiene los sectores definidos por lo que se procedió a verificar las fronteras y la hermeticidad de los sectores definidos.

En cuanto a sectorización hidráulica, se resalta que:

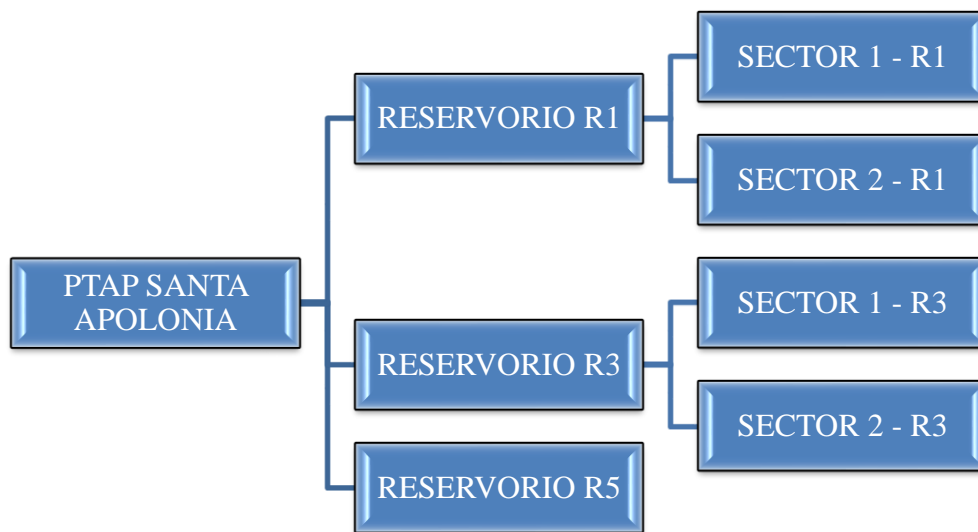
Los Reservorios R1, R3 y R5 son abastecidos por la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) Santa Apolonia, que tiene como fuente el Río Ronquillo, siendo la infraestructura encargada de captar el agua la Captación Río Ronquillo.

Los Reservorios R1, R3 y R5 forman parte de un sistema de almacenamiento en serie, ya que la PTAP Santa Apolonia abastece al Reservorio R1, donde se cuenta con una cámara de bombeo de agua potable denominada “Cámara de Bombeo R1-R3”, la cual abastece al Reservorio R3. Del mismo modo, en la infraestructura del Reservorio R3 se cuenta con una cámara de bombeo de agua potable denominada “Cámara de Bombeo R3-R5”; la cual abastece al Reservorio R5, finalizando en este reservorio el sistema de almacenamiento de agua potable en serie, para su posterior distribución a la población cajamarquina.

Los sectores hidráulicos por reservorio quedan conformados de la siguiente manera:

Figura 7

Sectores operacionales PTAP Santa Apolonia.



Nota: En el gráfico se muestra la distribución de los sectores operaciones que pertenecen a cada uno de los reservorios. Los reservorios mostrados en la imagen son abastecidos por la Planta de Tratamiento de Agua Potable “Santa Apolonia”.

Los límites de los sectores hidráulicos por Reservorio quedan definidos de la siguiente manera:

Tabla 2

Límites Sectores 1 y 2 del Reservorio R1.

RESERVORIO R1	
SECTOR	LÍMITES
	Norte Río San Lucas
SECTOR S1-R1	Sur Jr. Bolívar, Quebrada San Sebastián
	Este Jr. Huánuco
	Oeste Av. Perú, Av. Los Manantiales
	Norte Río San Lucas
SECTOR S2-R1	Sur Jr. Bolívar, Jr. Estrecho
	Este Jr. Amalia Puga
	Oeste Jr. Huánuco

Nota: Esta tabla muestra los nombres de las calles definidas como límites de los sectores del reservorio R1, obtenido del plano operacional de la EPS Sedacaj S.A.

Tabla 3

Límites sectores 1 y 2 del Reservorio R3.

RESERVORIO R3	
SECTOR	LÍMITES
	Norte Jr. Manuel Noriega
SECTOR S1-R3	Sur Calle La Victoria
	Este Jr. Piura, Av. Perú
	Oeste Jr. Ciro Alegría, Jr. Miguel de Cervantes, Av. Independencia
	Norte Jr. Ronquillo, Av. Perú
SECTOR S2-R3	Sur Jr. Jiménez Chávez, Jr. Calispuquio
	Este Av. Perú, Av. Los Manantiales
	Oeste Jr. Carlos Mariátegui, Jr. Piura, Av. Perú

Nota: Esta tabla muestra los nombres de las calles definidas como límites de los sectores del reservorio R3, obtenido del plano operacional de la EPS Sedacaj S.A.

Tabla 4

Límite sector 1 del Reservoirio R5.

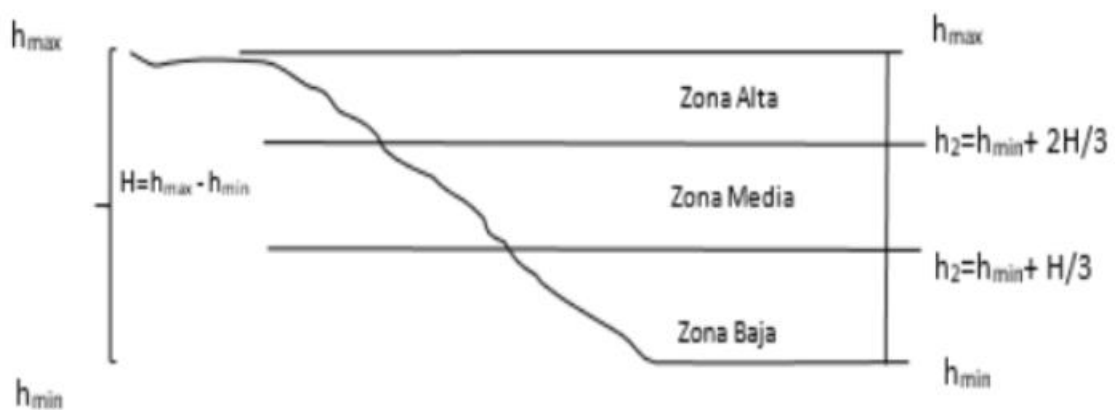
RESERVORIO R5	
SECTOR	LÍMITES
SECTOR S1-R5	Norte Jr. Revolución
	Sur Jr. Miguel de Cervantes
	Este Jr. Ciro Alegría, Jr. Miguel de Cervantes, Av. Independencia
	Oeste Carretera a Cumbe Mayo

Nota: Esta tabla muestra los nombres de las calles definidas como límites del sector del reservorio R5, obtenido del plano operacional de la EPS Sedacaj S.A.

Para determinar los puntos de muestreo, se debe comenzar por establecer los niveles de cada sector de abastecimiento. Esto se logra tomando como referencia la diferencia de altura entre la cota más alta y la más baja. Luego, se divide el sector en tres zonas: Zona Alta, Zona Media y Zona Baja (SUNASS, 2021).

Figura 8

Metodología para la zonificación de un sector



Nota: El gráfico muestra la metodología para el cálculo de la zonificación de un sector operacional en sus zonas alta, media y baja. Tomado de SUNASS, 2021.

Figura 9

Puntos de monitoreo de presión en zona de estudio.

PLANTA	R	SECTOR	ZONA	DIRECCIÓN	N° INSCRIPCIÓN
PTAP SANTA APOLONIA	RESERVORIO R-1	R1-S1	Zona Alta	PSJE. CRISTO REY N° 180	00224953
			Zona Media	JR. SAN PABLO N° 268	10169241
			Zona Baja	JR. GUILLERMO URRELO N° 450	10196857
		R1-S2	Zona Alta	JR. HUANUCO N° 1571	10120448
			Zona Media	JR. JUAN VILLANUEVA N° 406	10181430
			Zona Baja	JR. CINCO ESQUINAS N° 475	10200503
	RESERVORIO R-3	R3-S1	Zona Alta	JR. SANTOS CHOCANO N° 350	10042147
			Zona Media	JR. DANIEL ALCIDES CARRIÓN N° 235	00279674
			Zona Baja	JR. PIEDRA DEL GALLO S/N	01215114
		R3-S2	Zona Alta	JR. JOSÉ CARLOS MARIATEGUI N° 389	10114951
			Zona Media	JR. ILO N° 120	10040010
			Zona Baja	JR. ANTINSUYO MZ. C-9	10101741
	RES. R-5	R5-S1	Zona Alta	CAMARA DE MONITOREO R5-1	-
			Zona Media	CAMARA DE MONITOREO R5-2	-
			Zona Baja	JR. FLOR DEL CUMBE N° 101	10063040

Nota: El gráfico muestra las direcciones y numero de inscripción de los puntos de monitoreo de presión utilizados en el estudio. La zona alta y media del S1-R5 fueron monitoreados en cámaras existentes en la red de distribución, por lo que no cuenta con número de inscripción.

Periodo de registro: La EP realiza un registro utilizando un equipo de Data Logger instalado durante al menos 24 horas consecutivas en los puntos de control de presión de los sectores de abastecimiento de agua potable durante un mes específico (SUNASS, 2021).

Presión promedio en el punto de control de presión (punto de muestreo): La presión promedio en un punto de control "a" en una zona específica (alta, media o baja) de un sector de abastecimiento durante el mes "i" se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$P_a = \frac{\sum_{m=1}^M P_{ai}}{M} \quad (1)$$

Donde:

P_a : es la presión promedio registrada en un punto de control “a” en un determinado mes “i”.

P_{ai} : son los valores de presión registrados en un punto de control "a" a través del equipo Data Logger, con certificado de calibración vigente, cada 15 minutos durante un período mínimo de 24 horas continuas en una zona específica (alta, media o baja) durante un mes determinado "i", o cualquier otro intervalo de tiempo que se determine según las características propias de la zona o sector.

M : es la cantidad de registros realizados cada 15 minutos en el punto de control "a" durante un período mínimo de 24 horas continuas en una zona específica (alta, media o baja) durante un mes determinado "i"(SUNASS, 2021).

Presión promedio en las zonas (alta, media y baja): se refiere al cálculo de la presión promedio en la zona "z" de un sector de abastecimiento durante un mes específico. Esto se obtiene utilizando la siguiente fórmula:

$$P_z = \frac{\sum_{n=1}^N P_a}{N} \quad (2)$$

Donde:

P_z : la presión promedio en la zona "z" se refiere al promedio de presión en los puntos de control que corresponden a esa zona durante un mes específico "i" (SUNASS, 2021).

P_a : es la presión promedio es el valor medio de presión registrado en un punto de control específico "a" durante un mes determinado "i" (SUNASS, 2021).

N: e refiere a la cantidad de puntos de control existentes en esa zona durante un mes específico "i" (SUNASS, 2021).

Presión promedio en el sector de abastecimiento: la presión promedio en el sector de abastecimiento "j" durante un mes específico "i" se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$PP_{ij} = \frac{\sum_{z=1}^Z (P_z \times NCA_z)}{\sum_{z=1}^Z NCA_z} \quad (3)$$

Donde:

PP_{ij}: es la presión promedio en el sector de abastecimiento “j” en un determinado mes “i” (SUNASS, 2021).

P_z: la presión promedio en la zona "z" se refiere al valor medio de presión registrado en los puntos de control que pertenecen a esa zona durante un mes específico "i" (SUNASS, 2021).

NCA_z: es el número de conexiones activas en la zona “z” al finalizar el mes “i”.

Z; es el número de zonas que cuenta el sector de abastecimiento (SUNASS, 2021).

El registro de la continuidad será obtenido por la metodología del Data Logger:

Periodo de registro: el registro por parte de la EP a través de un equipo data logger, el equipo de monitoreo se instala durante al menos 24 horas consecutivas en los puntos de control de continuidad de los sectores de abastecimiento de agua potable (SUNASS, 2021).

Antes de su instalación, se debe programar el equipo de data logger para que registre la presión en intervalos de tiempo de 15 minutos, o cualquier otro intervalo determinado según las características específicas de la zona o sector (SUNASS, 2021).

Determinación de la continuidad en un punto de control: es el número de horas en las que la presión de agua potable en los puntos de control de la red de distribución es igual o mayor a 4 metros de columna de agua (mca) durante un mes específico "i" (SUNASS, 2021).

Continuidad promedio en las zonas (alta, media y baja): La continuidad promedio en la zona "z" de un sector de abastecimiento durante un mes específico se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$C_z = \frac{\sum_{n=1}^N C}{N} \quad (4)$$

Donde:

C_z : es el promedio de continuidad en los puntos de control que corresponden a esa zona durante un mes específico "i" (SUNASS, 2021).

C es la continuidad registrada en un punto de control "a" en un determinado mes "i" (SUNASS, 2021).

N es el número de puntos de control en la zona "z" en un determinado mes "i" (SUNASS, 2021).

Continuidad promedio en el sector de abastecimiento: La continuidad promedio en el sector de abastecimiento "j" durante un mes específico "i" se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$HAP_{ij} = \frac{\sum_{z=1}^Z C_z \times NCA_z}{\sum_{z=1}^Z NCA_z} \quad (5)$$

Donde:

HAPij: es la continuidad promedio en el sector de abastecimiento “j” en un determinado mes “i” (SUNASS, 2021).

Cz: es la continuidad promedio en la zona “z” de los puntos de control correspondientes a dicha zona en un determinado mes “i” (SUNASS, 2021).

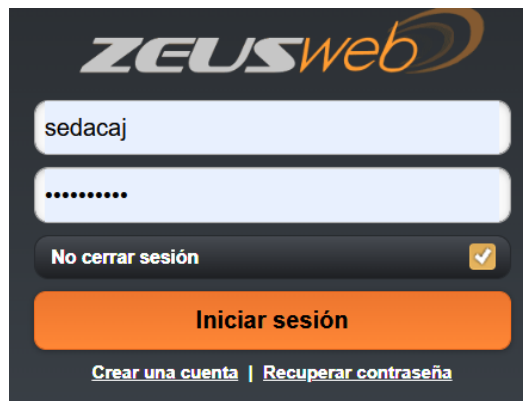
NCAz: es el número de conexiones acticas en la zona “z” al finalizar el mes “i”.

Z: es el número de zonas que cuenta el sector de abastecimiento (SUNASS, 2021).

En ese sentido, se procedió con la instalación de los equipos Data Logger en las diferentes zonas de presión del área de influencia en estudio. El equipo está configurado para registrar presiones cada diez (10) minutos 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 10

Servidor Zeus web para la descarga de datos de presión.



Nota: Servidor web que permitirá la descarga de los datos de presión almacenados en los datalogger. Usuario y cuenta a nombre de la EPS Sedacaj S.A.

Estos datos fueron vaciados en las fichas de recolección de datos para su procesamiento y cálculo de la continuidad horaria, usando Microsoft Excel.

Para determinar los segmentos críticos en la red de distribución, que producen la suspensión del servicio a un número mayor de usuarios. Se utilizará la herramienta “Análisis de Criticidad” del software WaterGems.

El análisis de criticidad del software WaterGems es una herramienta que permite evaluar y clasificar la importancia y el impacto de diferentes componentes y elementos de un sistema de distribución de agua potable. Este análisis ayuda a identificar las áreas críticas del sistema que requieren atención y priorización en términos de mantenimiento, reparación o mejora.

El análisis de criticidad en WaterGems proporciona una visión integral del sistema de distribución de agua potable y ayuda a los operadores y administradores a tomar decisiones informadas sobre la gestión y mantenimiento del sistema.

Para el empleo de la mencionada herramienta, Es importante indicar en las opciones de configuración del administrador de la herramienta que el modelo construido debe contar con las válvulas de corte (Insolation Valves) y sus respectivos tubos de referencia. Además, se debe asegurar que esté seleccionada la casilla para considerar las válvulas en el análisis. Es relevante destacar que, para el propósito de esta investigación, las válvulas de corte son el único tipo de válvulas que se utilizarán de manera constante (Herrera Rodríguez, 2017).

Una vez que se han configurado las opciones en el administrador, se procede a ejecutar la herramienta en el escenario base. Esta simulación consiste en suspender la tubería previamente seleccionada y muestra una lista de segmentos de la red que se han identificado en el análisis. La lista proporciona información sobre los elementos afectados, el número de tuberías sin servicio, los nodos aislados y los usuarios que se ven afectados por el cierre de

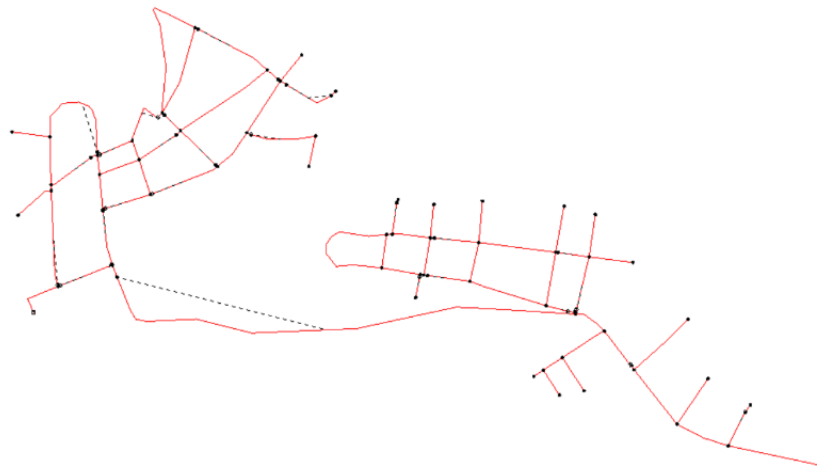
dicho segmento. Además, en la lista de nodos aislados se incluyen las válvulas de corte que deben ser cerradas para aislar el segmento durante la interrupción (Herrera Rodríguez, 2017).

Este análisis es crucial para identificar a los usuarios que se ven afectados por la suspensión del servicio debido a un daño en una tubería específica. Además, ayuda a determinar las válvulas de corte necesarias dentro de la red con el objetivo de asegurar la prestación adecuada del servicio (Herrera Rodríguez, 2017).

Se ha construido la red de tuberías para todos los reservorios de la presente investigación, la cual ya contiene las válvulas de aislamiento. Se deberá utilizar la información y ubicación de dichas válvulas para identificar los segmentos o mínimas porciones aislables del sistema. De esta manera, identificará las áreas problemáticas usando la información acerca de los segmentos y su impacto hidráulico en el sistema.

Figura 11

Topología del reservorio R5



Nota: El gráfico muestra la topología del reservorio R5, el cual contiene tuberías, nodos y válvulas. Fue realizado en el software WaterGems.

Se debe verificar que cada válvula de aislamiento tenga una tubería referenciada (referenced pipe), que debe ser la tubería en la cual se ubica la válvula. La tubería se mantiene asociada a la válvula incluso si el símbolo de elemento de válvula se mueve por fuera de la tubería.

Figura 12

Reporte de Válvulas en el modelo hidráulico R5

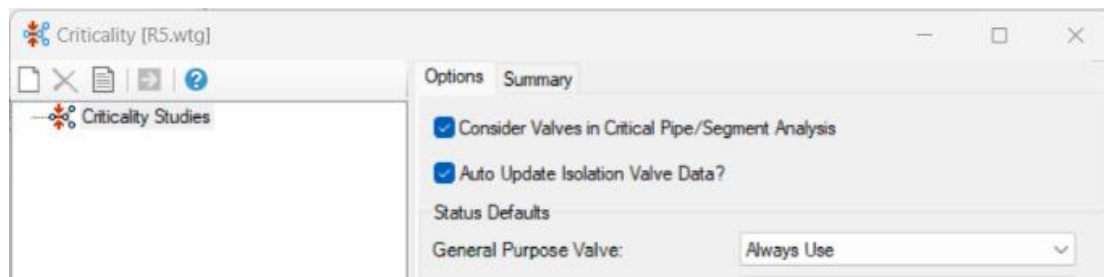
	ID	Label	Is Operable?	Diameter (Valve) (mm)	Elevation (m)	Referenced Pipe
171: ISO-1	171	ISO-1	✓	152.4	0.0	TRAMO-10
172: ISO-2	172	ISO-2	✓	152.4	0.0	TRAMO-2
173: ISO-3	173	ISO-3	✓	152.4	0.0	TRAMO-4(1)
174: ISO-4	174	ISO-4	✓	152.4	0.0	TRAMO-19
175: ISO-5	175	ISO-5	✓	152.4	0.0	TRAMO-13
176: ISO-6	176	ISO-6	✓	152.4	0.0	TRAMO-47
177: ISO-7	177	ISO-7	✓	152.4	0.0	TRAMO-16
178: ISO-8	178	ISO-8	✓	152.4	0.0	TRAMO-52
179: ISO-9	179	ISO-9	✓	152.4	0.0	TRAMO-49
180: ISO-10	180	ISO-10	✓	152.4	0.0	TRAMO-41

Nota: El gráfico muestra el reporte de las válvulas que cuenta las redes de distribución del reservorio R5, así como las tuberías que tienen asociadas.

Posteriormente, se deberá abrir el administrador de criticidad seleccionando Analysis > Criticality. Esto abrirá una nueva ventana llamada Criticality.

Figura 13

Administrador de criticidad en WaterGems

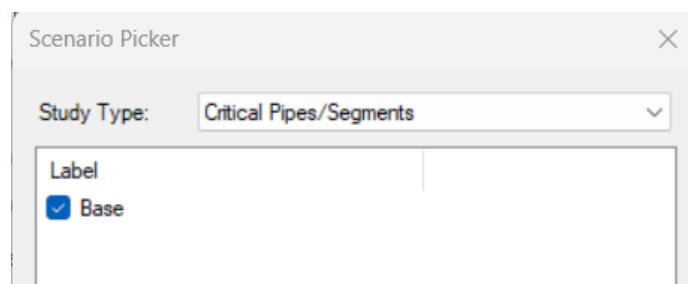


Nota: El gráfico muestra las opciones disponibles del administrador de criticidad en el software WaterGems.

Hacer clic en el botón New para crear un estudio de análisis de criticidad sobre la red. En el dialogo emergente Scenario Picker, seleccione el escenario base y para el campo superior Study Type, seleccione del menú desplegable la opción Critical Pipes/Segments y hacer clic en ok.

Figura 14

Ventana Scenario Picker - WaterGems

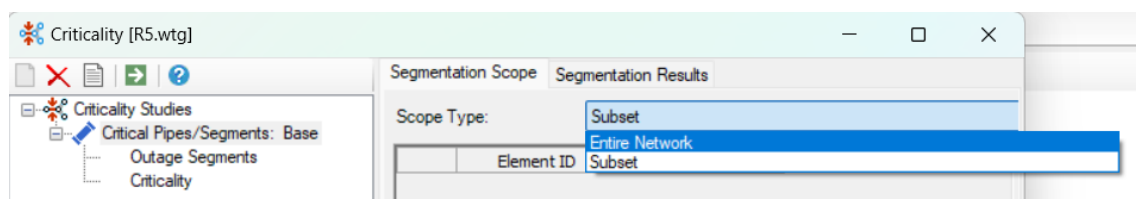


Nota: El gráfico muestra las opciones del Scenario Picker del software WaterGems, en el cual deberá seleccionar el tipo de estudio, así como el escenario en el cual se realizará el análisis.

Como se realizará el análisis para toda la red de distribución, en la pestaña Segmentation Scope, seleccionar la opción Entire Network del menú desplegable Scope Type.

Figura 15

Ventana Critical Pipes/Segments

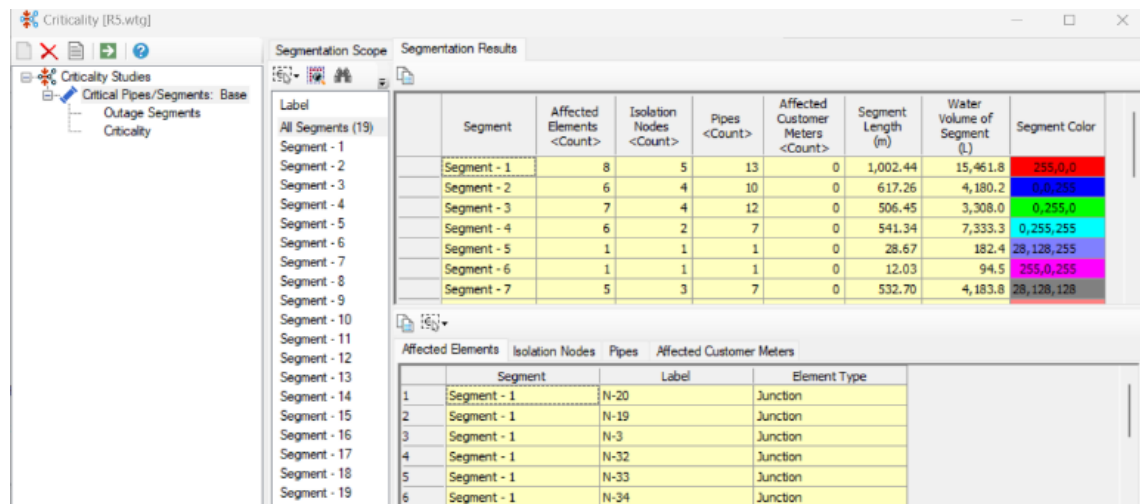


Nota: El gráfico muestra las opciones del Critical Pipes/Segments, en el cual deberá seleccionar la red de distribución que será analizada.

Se debe hacer clic en el botón Compute en el administrador de criticidad para iniciar la identificación de los segmentos del sistema.

Figura 16

Resultados de la segmentación



Segment	Affected Elements <Count>	Isolation Nodes <Count>	Pipes <Count>	Affected Customer Meters <Count>	Segment Length (m)	Water Volume of Segment (L)	Segment Color
Segment - 1	8	5	13	0	1,002.44	15,461.8	255,0,0
Segment - 2	6	4	10	0	617.26	4,180.2	0,0,255
Segment - 3	7	4	12	0	506.45	3,308.0	0,255,0
Segment - 4	6	2	7	0	541.34	7,333.3	0,255,255
Segment - 5	1	1	1	0	28.67	182.4	28,128,255
Segment - 6	1	1	1	0	12.03	94.5	255,0,255
Segment - 7	5	3	7	0	532.70	4,183.8	28,128,128

Affected Elements	Isolation Nodes	Pipes	Affected Customer Meters
Segment	Label	Element Type	
Segment - 1	N-20	Junction	
Segment - 1	N-19	Junction	
Segment - 1	N-3	Junction	
Segment - 1	N-32	Junction	
Segment - 1	N-33	Junction	
Segment - 1	N-34	Junction	

Nota: El gráfico muestra los resultados de la segmentación realizada en la red de distribución del reservorio R5. Muestra el número de válvulas, tuberías, longitud del segmento, y una codificación por color.

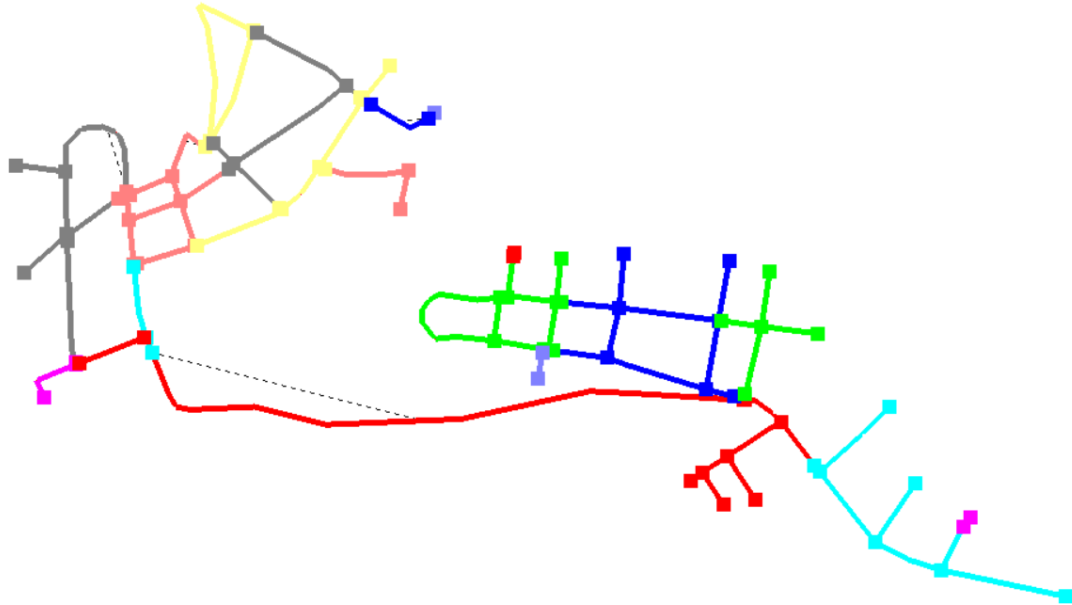
El cuadro muestra los segmentos identificados y da algunos valores de estos. Un segmento es la mínima porción aislable de un sistema de distribución mediante el cierre de válvulas de seccionamiento, no se debe confundir con el concepto “tramo”. Un segmento puede contener parcial o totalmente uno o varios tramos de tubería según las válvulas de seccionamiento existentes que conforman su frontera.

Para visualizar los segmentos, utilizaremos la codificación por colores que ofrece la herramienta, haciendo clic en el botón Highlight Segments en la parte superior del panel central en el administrador de criticidad (criticality manager). Minimice la ventana del

administrador de criticidad y (sin cerrar la ventana) arrástrala del área de dibujo, de modo que se pueda visualizar los segmentos.

Figura 17

Visualización de los segmentos del Reservoirio R5



Nota: El gráfico muestra la segmentación realizada a la red de distribución del reservorio R5, el cual para una mejor visualización se muestra en colores a través de la herramienta Highlight Segments.

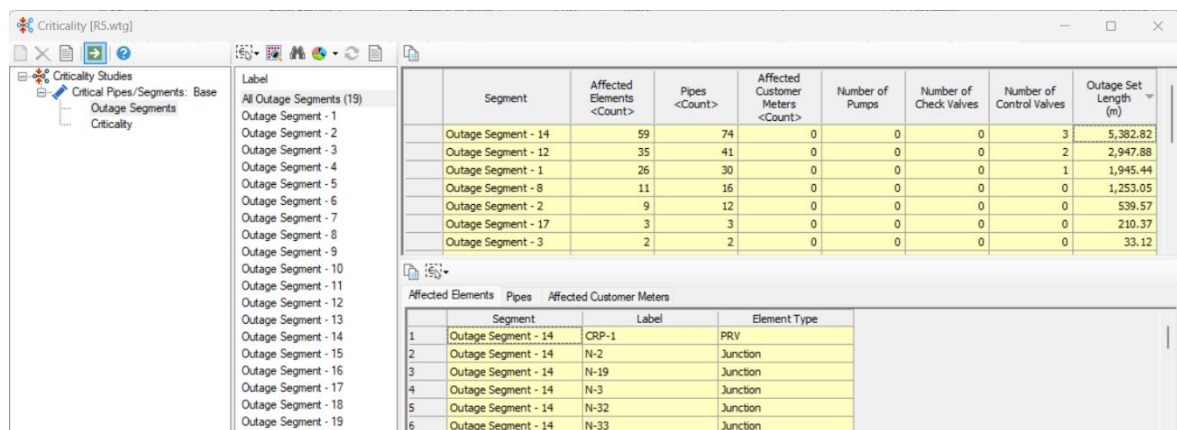
El color asignado a cada segmento no tiene ningún significado diferente a permitir una rápida visualización de los segmentos (colocar como nota al nombrar gráfico).

A continuación, se realizará la identificación de segmentos con corte de flujo de agua, los segmentos con corte de flujo (outage segments) representan a los elementos de la red que se quedan sin abastecimiento de agua cuando uno de los segmentos del sistema identificados en el análisis anterior se aísla.

En el panel izquierdo del administrado de criticidad, seleccione Outage Segments y haga clic en Compute. Si se le advierte hacer de la ubicación de válvulas, haga clic en Yes para actualizar los datos de válvulas de aislamiento. En el panel derecho, haga clic en el encabezado de la columna Outage Set Length que representa la extensión de la red que quedaría sin servicio de agua y ordenar de manera descendente (sort > Sort Descending).

Figura 18

Administrador de los segmentos con corte de flujo.



Segment	Affected Elements <Count>	Pipes <Count>	Affected Customer Meters <Count>	Number of Pumps	Number of Check Valves	Number of Control Valves	Outage Set Length (m)
Outage Segment - 14	59	74	0	0	0	3	5,382.82
Outage Segment - 12	35	41	0	0	0	2	2,947.88
Outage Segment - 1	26	30	0	0	0	1	1,945.44
Outage Segment - 8	11	16	0	0	0	0	1,253.05
Outage Segment - 2	9	12	0	0	0	0	539.57
Outage Segment - 17	3	3	0	0	0	0	210.37
Outage Segment - 3	2	2	0	0	0	0	33.12

Affected Elements	Pipes	Affected Customer Meters	
Segment	Label	Element Type	
1	Outage Segment - 14	CRP-1	PRV
2	Outage Segment - 14	N-2	Junction
3	Outage Segment - 14	N-19	Junction
4	Outage Segment - 14	N-3	Junction
5	Outage Segment - 14	N-32	Junction
6	Outage Segment - 14	N-33	Junction

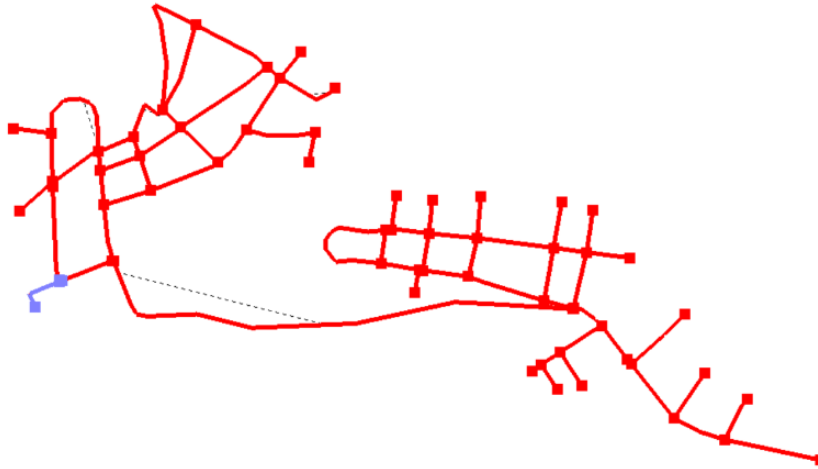
Nota: El gráfico muestra los segmentos con corte de flujo (Outage Segments), para este caso la rotura y/o mantenimiento preventivo/correctivo del segmento 14 (aducción del reservorio del R5) dejaría sin servicio de agua potable a 5382.82 m de red.

Se debe seleccionar el panel centra Label aquel segmento listado de primero con el corte de servicios más extensos Outage Set Length y hacer clic en él. Ahora haga clic en el botón Highlight Segment en la parte superior del panel Label para resaltarlo en el área de dibujo.

Desplace sin cerrar la ventana del administrado de criticidad a un lado y observe el resultado del análisis de “Outage Segments”.

Figura 19

Codificación por colores de los segmentos con corte de flujo - R5



Nota: Los tramos de tubería y elementos en color morado corresponden al segmento seleccionado, y los elementos resaltados en rojo son aquellos que se quedaría sin servicio de agua cuando el segmento sea aislado (también sin servicio) y que son un indicador de la interdependencia con el segmento en estudio.

Por último, en cuestión a los aspectos éticos, se tiene como primera consideración para el estudio la no manipulación de datos se garantiza que no se adulteró ni cambió ningún valor obtenido por los equipos Data Logger. Como segunda consideración, se citó a todo autor del que se tomó información para la realización de la presente investigación. Como tercera consideración, se garantiza la transparencia y veracidad de los resultados obtenidos, puesto que no se alteró los datos.

Finalmente, la confidencialidad, puesto que, los datos obtenidos en campo, la utilización de equipos de la EPS son propiedad exclusiva del autor y de la institución académica correspondiente. Asimismo, la información y los datos presentados en esta tesis son confidenciales y están destinados únicamente para fines académicos y de evaluación.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

Tabla 5

Monitoreo de Presiones Zona Alta – S1 – R1

Monitoreo de Presiones Reservoirio R1		
Sector 1 – Reservoirio R1		
Zona Alta		
Fecha Inicio: 18/10/2022 – 09:00 a.m.		
Fecha Final: 19/10/2022 – 08:00 a.m.		
Ubicación: Psje. Cristo Rey 180		
DÍA	TIEMPO	PRESIÓN (mca)
18/10/2022	9:00:00 a. m.	12.56
	10:00:00 a. m.	13.25
	11:00:00 a. m.	12.02
	12:00:00 p. m.	11.45
	1:00:00 p. m.	0
	2:00:00 p. m.	0
	3:00:00 p. m.	0
	4:00:00 p. m.	0
	5:00:00 p. m.	0
	6:00:00 p. m.	0
	7:00:00 p. m.	0
	8:00:00 p. m.	0
	9:00:00 p. m.	0
	10:00:00 p. m.	0
	11:00:00 p. m.	0
	12:00:00 a. m.	0
	1:00:00 a. m.	0
	2:00:00 a. m.	0
	3:00:00 a. m.	0
19/10/2022	4:00:00 a. m.	10.78
	5:00:00 a. m.	10.32
	6:00:00 a. m.	12.45
	7:00:00 a. m.	11.26
	8:00:00 a. m.	10.45

Nota: Esta tabla muestra los resultados de la presión registrada por el equipo data logger con una frecuencia horaria, en el punto de muestreo de la zona alta del sector 1 del Reservoirio R1.

Tabla 6

Monitoreo de Presiones Zona Media – S1 – R1

Monitoreo de Presiones Reservoirio R1		
Sector 1 – Reservoirio R1		
Zona Media		
Fecha Inicio: 18/10/2022 – 03:00 p.m.		
Fecha Final: 19/10/2022 – 02:00 p.m.		
Ubicación: Jr. Juan Villanueva 406		
DÍA	TIEMPO	PRESIÓN (mca)
18/10/2022	3:00:00 p. m.	14.23
	4:00:00 p. m.	13.48
	5:00:00 p. m.	0.00
	6:00:00 p. m.	0.00
	7:00:00 p. m.	0.00
	8:00:00 p. m.	0.00
	9:00:00 p. m.	0.00
	10:00:00 p. m.	0.00
	11:00:00 p. m.	0.00
	12:00:00 a. m.	0.00
	1:00:00 a. m.	0.00
	2:00:00 a. m.	0.00
	3:00:00 a. m.	0.00
	4:00:00 a. m.	15.23
	5:00:00 a. m.	12.54
	6:00:00 a. m.	12.64
	7:00:00 a. m.	10.24
	8:00:00 a. m.	10.38
	9:00:00 a. m.	11.26
	10:00:00 a. m.	10.47
11:00:00 a. m.	11.25	
12:00:00 p. m.	10.32	
1:00:00 p. m.	11.47	
19/10/2022	2:00:00 p. m.	10.26

Nota: Esta tabla muestra los resultados de la presión registrada por el equipo data logger con una frecuencia horaria, en el punto de muestreo de la zona media del sector 1 del Reservoirio R1.

Tabla 7

Monitoreo de Presiones Zona Baja – S1 – R1

Monitoreo de Presiones Reservoirio R1		
Sector 1 – Reservoirio R1		
Zona Baja		
Fecha Inicio: 22/10/2022 – 08:00 a.m.		
Fecha Final: 23/10/2022 – 07:00 a.m.		
Ubicación: Jr. Guillermo Urrelo 450		
DÍA	TIEMPO	PRESIÓN (mca)
22/10/2022	8:00:00 a. m.	24.12
	9:00:00 a. m.	25.32
	10:00:00 a. m.	24.15
	11:00:00 a. m.	20.45
	12:00:00 p. m.	21.36
	1:00:00 p. m.	20.15
	2:00:00 p. m.	21.25
	3:00:00 p. m.	18.56
	4:00:00 p. m.	17.52
	5:00:00 p. m.	0.00
	6:00:00 p. m.	0.00
	7:00:00 p. m.	0.00
	8:00:00 p. m.	0.00
	9:00:00 p. m.	0.00
	10:00:00 p. m.	0.00
	11:00:00 p. m.	0.00
	12:00:00 a. m.	0.00
	1:00:00 a. m.	0.00
	2:00:00 a. m.	15.45
3:00:00 a. m.	21.23	
4:00:00 a. m.	28.25	
5:00:00 a. m.	28.96	
6:00:00 a. m.	27.47	
23/10/2022	7:00:00 a. m.	25.34

Nota: Esta tabla muestra los resultados de la presión registrada por el equipo data logger con una frecuencia horaria, en el punto de muestreo de la zona baja del sector 1 del Reservoirio R1.

Tabla 8

Monitoreo de Presiones Zona Alta – S2 – R1

Monitoreo de Presiones Reservoirio R1		
Sector 2 – Reservoirio R1		
Zona Alta		
Fecha Inicio: 22/10/2022 – 02:00 p.m.		
Fecha Final: 23/10/2022 – 01:00 p.m.		
Ubicación: Jr. Huánuco 1571		
DÍA	TIEMPO	PRESIÓN (mca)
22/10/2022	2:00:00 p. m.	11.56
	3:00:00 p. m.	12.45
	4:00:00 p. m.	13.47
	5:00:00 p. m.	0.00
	6:00:00 p. m.	0.00
	7:00:00 p. m.	0.00
	8:00:00 p. m.	0.00
	9:00:00 p. m.	0.00
	10:00:00 p. m.	0.00
	11:00:00 p. m.	0.00
	12:00:00 a. m.	0.00
	1:00:00 a. m.	0.00
	2:00:00 a. m.	0.00
	3:00:00 a. m.	0.00
23/10/2022	4:00:00 a. m.	12.45
	5:00:00 a. m.	13.48
	6:00:00 a. m.	13.25
	7:00:00 a. m.	14.25
	8:00:00 a. m.	13.74
	9:00:00 a. m.	12.65
	10:00:00 a. m.	10.74
	11:00:00 a. m.	10.32
	12:00:00 p. m.	11.48
	1:00:00 p. m.	10.36

Nota: Esta tabla muestra los resultados de la presión registrada por el equipo data logger con una frecuencia horaria, en el punto de muestreo de la zona alta del sector 2 del Reservoirio R1.

Tabla 9

Monitoreo de Presiones Zona Media – S2 – R1

Monitoreo de Presiones Reservoirio R1		
Sector 2 – Reservoirio R1		
Zona Media		
Fecha Inicio: 22/10/2022 – 12:00 p.m.		
Fecha Final: 23/10/2022 – 11:00 a.m.		
Ubicación: Jr. Juan Villanueva 406		
DÍA	TIEMPO	PRESIÓN (mca)
22/10/2022	12:00:00 p. m.	16.48
	1:00:00 p. m.	15.23
	2:00:00 p. m.	14.25
	3:00:00 p. m.	12.25
	4:00:00 p. m.	0.00
	5:00:00 p. m.	0.00
	6:00:00 p. m.	0.00
	7:00:00 p. m.	0.00
	8:00:00 p. m.	0.00
	9:00:00 p. m.	0.00
	10:00:00 p. m.	0.00
	11:00:00 p. m.	0.00
	12:00:00 a. m.	0.00
	1:00:00 a. m.	0.00
23/10/2022	2:00:00 a. m.	0.00
	3:00:00 a. m.	20.15
	4:00:00 a. m.	21.25
	5:00:00 a. m.	22.25
	6:00:00 a. m.	21.26
	7:00:00 a. m.	19.54
	8:00:00 a. m.	20.14
	9:00:00 a. m.	19.56
	10:00:00 a. m.	18.52
	11:00:00 a. m.	17.56

Nota: Esta tabla muestra los resultados de la presión registrada por el equipo data logger con una frecuencia horaria, en el punto de muestreo de la zona media del sector 2 del Reservoirio R1.

Tabla 10

Monitoreo de Presiones Zona Baja – S2 – R1

Monitoreo de Presiones Reservoirio R1		
Sector 2 – Reservoirio R1		
Zona Baja		
Fecha Inicio: 25/10/2022 – 08:00 a.m.		
Fecha Final: 26/10/2022 – 07:00 a.m.		
Ubicación: Jr. Juan Villanueva 406		
DÍA	TIEMPO	PRESIÓN (mca)
25/10/2022	8:00:00 a. m.	23.54
	9:00:00 a. m.	24.23
	10:00:00 a. m.	12.45
	11:00:00 a. m.	15.23
	12:00:00 p. m.	14.89
	1:00:00 p. m.	0.00
	2:00:00 p. m.	0.00
	3:00:00 p. m.	0.00
	4:00:00 p. m.	0.00
	5:00:00 p. m.	0.00
	6:00:00 p. m.	0.00
	7:00:00 p. m.	0.00
	8:00:00 p. m.	0.00
	9:00:00 p. m.	15.45
10:00:00 p. m.	12.78	
11:00:00 p. m.	15.78	
12:00:00 a. m.	20.45	
26/10/2022	1:00:00 a. m.	21.03
	2:00:00 a. m.	21.54
	3:00:00 a. m.	21.63
	4:00:00 a. m.	23.21
	5:00:00 a. m.	23.45
	6:00:00 a. m.	25.12
	7:00:00 a. m.	25.47

Nota: Esta tabla muestra los resultados de la presión registrada por el equipo data logger con una frecuencia horaria, en el punto de muestreo de la zona baja del sector 2 del Reservoirio R1.

Tabla 11

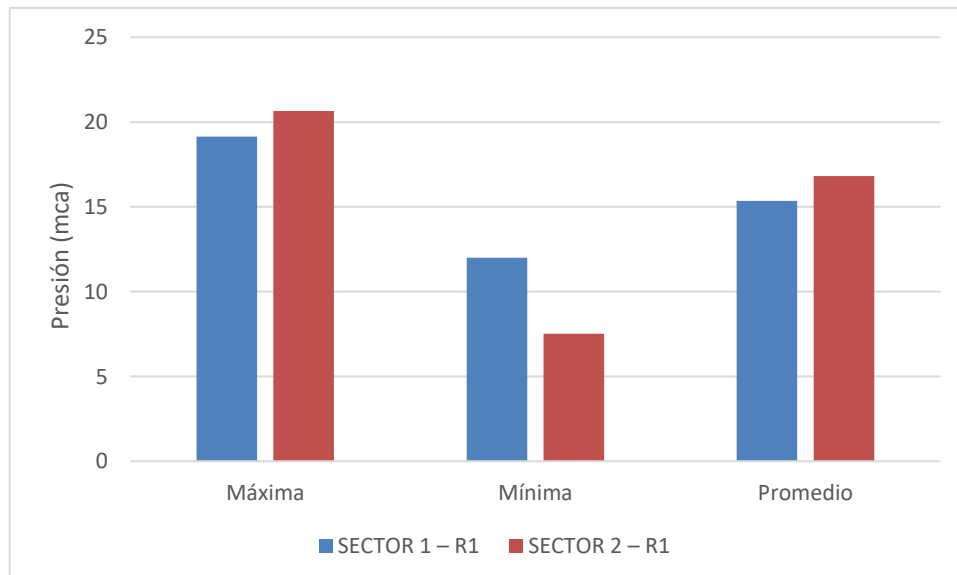
Presión máxima, mínima y promedio de los sectores operacionales del Reservoirio R1.

RESERVORIO R-1			
Sector	Presión (mca)		
	Máxima	Mínima	Promedio
SECTOR 1 – R1	19.15	12.00	15.36
SECTOR 2 – R1	20.66	7.52	16.81

Nota: Esta tabla muestra un resumen de los valores de presión de los sectores del reservorio R1, antes mostrados. Podemos visualizar los valores de presión máxima, mínima y promedio.

Figura 20

Presión de los sectores operacionales del reservorio R1.



Nota: Se muestra gráficamente los valores alcanzados por la presión máxima, mínima y promedio de los sectores operacionales del Reservoirio R1.

Tabla 12

Monitoreo de Presiones Zona Alta – S1 – R3

Monitoreo de Presiones Reservoirio R3		
Sector 1 – Reservoirio R3		
Zona Alta		
Fecha Inicio: 25/10/2022 – 08:00 a.m.		
Fecha Final: 26/10/2022 – 07:00 a.m.		
Ubicación: Jr. José Santos Chocano 350		
DÍA	TIEMPO	PRESIÓN (mca)
25/10/2022	8:00:00 a. m.	10.45
	9:00:00 a. m.	9.56
	10:00:00 a. m.	8.99
	11:00:00 a. m.	0.00
	12:00:00 p. m.	0.00
	1:00:00 p. m.	0.00
	2:00:00 p. m.	0.00
	3:00:00 p. m.	0.00
	4:00:00 p. m.	0.00
	5:00:00 p. m.	0.00
	6:00:00 p. m.	0.00
	7:00:00 p. m.	0.00
	8:00:00 p. m.	0.00
	9:00:00 p. m.	19.56
10:00:00 p. m.	18.56	
11:00:00 p. m.	17.56	
12:00:00 a. m.	17.54	
26/10/2022	1:00:00 a. m.	17.96
	2:00:00 a. m.	16.37
	3:00:00 a. m.	16.38
	4:00:00 a. m.	15.56
	5:00:00 a. m.	13.45
	6:00:00 a. m.	12.48
	7:00:00 a. m.	11.54

Nota: Esta tabla muestra los resultados de la presión registrada por el equipo data logger con una frecuencia horaria, en el punto de muestreo de la zona alta del sector 1 del Reservoirio R3.

Tabla 13

Monitoreo de Presiones Zona Media – S1 – R3

Monitoreo de Presiones Reservoirio R3		
Sector 1 – Reservoirio R3		
Zona Media		
Fecha Inicio: 25/10/2022 – 01:00 p.m.		
Fecha Final: 26/10/2022 – 12:00 p.m.		
Ubicación: Jr. Daniel Alcides Carrión 235		
DÍA	TIEMPO	PRESIÓN (mca)
25/10/2022	1:00:00 p. m.	0.00
	2:00:00 p. m.	0.00
	3:00:00 p. m.	0.00
	4:00:00 p. m.	0.00
	5:00:00 p. m.	0.00
	6:00:00 p. m.	0.00
	7:00:00 p. m.	0.00
	8:00:00 p. m.	15.78
	9:00:00 p. m.	21.23
	10:00:00 p. m.	22.12
	11:00:00 p. m.	26.45
	12:00:00 a. m.	26.45
	1:00:00 a. m.	29.35
	2:00:00 a. m.	29.47
26/10/2023	3:00:00 a. m.	28.26
	4:00:00 a. m.	31.45
	5:00:00 a. m.	29.12
	6:00:00 a. m.	31.45
	7:00:00 a. m.	28.74
	8:00:00 a. m.	26.54
	9:00:00 a. m.	0.00
	10:00:00 a. m.	0.00
	11:00:00 a. m.	0.00
	12:00:00 p. m.	0.00

Nota: Esta tabla muestra los resultados de la presión registrada por el equipo data logger con una frecuencia horaria, en el punto de muestreo de la zona media del sector 1 del Reservoirio R3.

Tabla 14

Monitoreo de Presiones Zona Baja – S1 – R3

Monitoreo de Presiones Reservoirio R3		
Sector 1 – Reservoirio R3		
Zona Baja		
Fecha Inicio: 25/10/2022 – 12:00 p.m.		
Fecha Final: 26/10/2022 – 11:00 a.m.		
Ubicación: Jr. Daniel Alcides Carrión 490		
DÍA	TIEMPO	PRESIÓN (mca)
25/10/2022	12:00:00 p. m.	0.00
	1:00:00 p. m.	0.00
	2:00:00 p. m.	0.00
	3:00:00 p. m.	0.00
	4:00:00 p. m.	0.00
	5:00:00 p. m.	0.00
	6:00:00 p. m.	0.00
	7:00:00 p. m.	0.00
	8:00:00 p. m.	0.00
	9:00:00 p. m.	14.78
	10:00:00 p. m.	15.23
	11:00:00 p. m.	20.14
	12:00:00 a. m.	22.14
	1:00:00 a. m.	23.47
2:00:00 a. m.	24.14	
3:00:00 a. m.	25.45	
4:00:00 a. m.	23.74	
5:00:00 a. m.	25.26	
6:00:00 a. m.	24.26	
7:00:00 a. m.	19.45	
8:00:00 a. m.	19.54	
9:00:00 a. m.	0.00	
10:00:00 a. m.	0.00	
26/10/2022	11:00:00 a. m.	0.00

Nota: Esta tabla muestra los resultados de la presión registrada por el equipo data logger con una frecuencia horaria, en el punto de muestreo de la zona baja del sector 1 del Reservoirio R3.

Tabla 15

Monitoreo de Presiones Zona Alta – S2 – R3

Monitoreo de Presiones Reservoirio R3		
Sector 2 – Reservoirio R3		
Zona Alta		
Fecha Inicio: 29/10/2022 – 04:00 p.m.		
Fecha Final: 30/10/2022 – 03:00 p.m.		
Ubicación: Jr. José Carlos Mariátegui 389		
DÍA	TIEMPO	PRESIÓN (mca)
29/10/2022	4:00:00 p. m.	0.00
	5:00:00 p. m.	0.00
	6:00:00 p. m.	0.00
	7:00:00 p. m.	0.00
	8:00:00 p. m.	0.00
	9:00:00 p. m.	12.45
	10:00:00 p. m.	12.45
	11:00:00 p. m.	10.23
	12:00:00 a. m.	12.47
	1:00:00 a. m.	11.74
	2:00:00 a. m.	11.26
	3:00:00 a. m.	10.74
	4:00:00 a. m.	11.56
	5:00:00 a. m.	11.74
	6:00:00 a. m.	10.74
	7:00:00 a. m.	12.63
	8:00:00 a. m.	12.74
	9:00:00 a. m.	12.47
	10:00:00 a. m.	11.89
	11:00:00 a. m.	0.00
12:00:00 p. m.	0.00	
30/10/2022	1:00:00 p. m.	0.00
	2:00:00 p. m.	0.00
	3:00:00 p. m.	0.00

Nota: Esta tabla muestra los resultados de la presión registrada por el equipo data logger con una frecuencia horaria, en el punto de muestreo de la zona alta del sector 2 del Reservoirio R3.

Tabla 16

Monitoreo de Presiones Zona Media – S2 – R3

Monitoreo de Presiones Reservoirio R3		
Sector 2 – Reservoirio R3		
Zona Media		
Fecha Inicio: 29/10/2022 – 02:00 p.m.		
Fecha Final: 30/10/2022 – 01:00 p.m.		
Ubicación: Jr. Ilo 120		
DÍA	TIEMPO	PRESIÓN (mca)
29/10/2022	2:00:00 p. m.	0.00
	3:00:00 p. m.	0.00
	4:00:00 p. m.	0.00
	5:00:00 p. m.	0.00
	6:00:00 p. m.	0.00
	7:00:00 p. m.	0.00
	8:00:00 p. m.	0.00
	9:00:00 p. m.	21.78
	10:00:00 p. m.	31.25
	11:00:00 p. m.	32.03
	12:00:00 a. m.	23.47
	1:00:00 a. m.	22.47
	2:00:00 a. m.	20.13
	3:00:00 a. m.	11.47
30/10/2022	4:00:00 a. m.	12.47
	5:00:00 a. m.	10.29
	6:00:00 a. m.	11.29
	7:00:00 a. m.	10.09
	8:00:00 a. m.	10.47
	9:00:00 a. m.	10.75
	10:00:00 a. m.	0.00
	11:00:00 a. m.	0.00
	12:00:00 p. m.	0.00
	1:00:00 p. m.	0.00

Nota: Esta tabla muestra los resultados de la presión registrada por el equipo data logger con una frecuencia horaria, en el punto de muestreo de la zona media del sector 2 del Reservoirio R3

Tabla 17

Monitoreo de Presiones Zona Baja – S2 – R3

Monitoreo de Presiones Reservoirio R3		
Sector 2 – Reservoirio R3		
Zona Baja		
Fecha Inicio: 29/10/2022 – 08:00 a.m.		
Fecha Final: 30/10/2022 – 07:00 a.m.		
Ubicación: Jr. Antisuyo Mz. C Lote 9		
DÍA	TIEMPO	PRESIÓN (mca)
29/10/2022	8:00:00 a. m.	27.26
	9:00:00 a. m.	0.00
	10:00:00 a. m.	0.00
	11:00:00 a. m.	0.00
	12:00:00 p. m.	0.00
	1:00:00 p. m.	0.00
	2:00:00 p. m.	0.00
	3:00:00 p. m.	0.00
	4:00:00 p. m.	0.00
	5:00:00 p. m.	0.00
	6:00:00 p. m.	0.00
	7:00:00 p. m.	0.00
	8:00:00 p. m.	0.00
	9:00:00 p. m.	15.23
	10:00:00 p. m.	25.45
	11:00:00 p. m.	29.75
12:00:00 a. m.	28.45	
30/10/2022	1:00:00 a. m.	27.47
	2:00:00 a. m.	29.84
	3:00:00 a. m.	30.25
	4:00:00 a. m.	33.48
	5:00:00 a. m.	32.74
	6:00:00 a. m.	31.41
	7:00:00 a. m.	30.78

Nota: Esta tabla muestra los resultados de la presión registrada por el equipo data logger con una frecuencia horaria, en el punto de muestreo de la zona baja del sector 2 del Reservoirio R3

Tabla 18

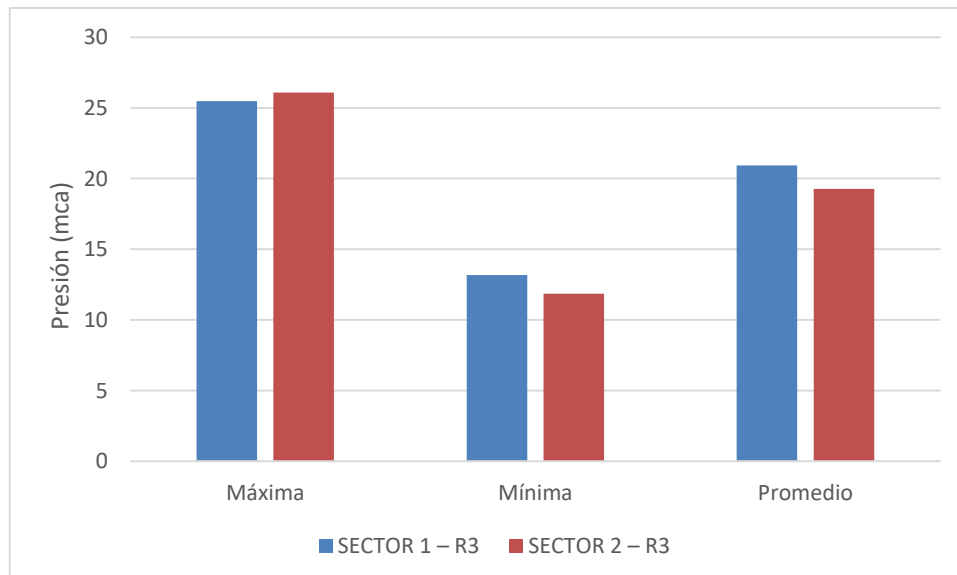
Presión máxima, mínima y promedio de los sectores operacionales del Reservorio R3.

RESERVORIO R-3			
Sector	Presión (mca)		
	Máxima	Mínima	Promedio
SECTOR 1 – R3	25.49	13.18	20.94
SECTOR 2 – R3	26.08	11.85	19.28

Nota: Esta tabla muestra un resumen de los valores de presión de los sectores del reservorio R3, antes mostrados. Podemos visualizar los valores de presión máxima, mínima y promedio.

Figura 21

Presión de los Sectores Operacionales del Reservorio R3



Nota: Se muestra gráficamente los valores alcanzados por la presión máxima, mínima y promedio de los sectores operacionales del Reservorio R3.

Tabla 19

Monitoreo de Presiones Zona Alta – R5

Monitoreo de Presiones Reservoirio R5		
Zona Alta		
Fecha Inicio: 29/10/2022 – 10:00 a.m.		
Fecha Final: 30/10/2022 – 09:00 a.m.		
Ubicación: Cámara de Monitoreo R5-1		
DÍA	TIEMPO	PRESIÓN (mca)
29/10/2022	10:00:00 a. m.	0.00
	11:00:00 a. m.	0.00
	12:00:00 p. m.	0.00
	1:00:00 p. m.	0.00
	2:00:00 p. m.	0.00
	3:00:00 p. m.	0.00
	4:00:00 p. m.	0.00
	5:00:00 p. m.	0.00
	6:00:00 p. m.	0.00
	7:00:00 p. m.	0.00
	8:00:00 p. m.	0.00
	9:00:00 p. m.	0.00
	10:00:00 p. m.	0.00
	11:00:00 p. m.	0.00
	12:00:00 a. m.	0.00
	1:00:00 a. m.	0.00
	2:00:00 a. m.	0.00
	3:00:00 a. m.	0.00
	4:00:00 a. m.	0.00
	5:00:00 a. m.	0.00
30/10/2023	6:00:00 a. m.	18.52
	7:00:00 a. m.	30.15
	8:00:00 a. m.	30.12
	9:00:00 a. m.	32.23

Nota: Esta tabla muestra los resultados de la presión registrada por el equipo data logger con una frecuencia horaria, en el punto de muestreo de la zona alta del Reservoirio R5.

Tabla 20

Monitoreo de Presiones Zona Media – R5

Monitoreo de Presiones Reservoirio R5		
Zona Media		
Fecha Inicio: 27/10/2022 – 10:00 a.m.		
Fecha Final: 28/10/2022 – 09:00 a.m.		
Ubicación: Cámara de Monitoreo R5-2		
DÍA	TIEMPO	PRESIÓN (mca)
27/10/2022	10:00:00 a. m.	12.73
	11:00:00 a. m.	13.96
	12:00:00 p. m.	14.94
	1:00:00 p. m.	18.85
	2:00:00 p. m.	20.57
	3:00:00 p. m.	19.59
	4:00:00 p. m.	21.55
	5:00:00 p. m.	23.99
	6:00:00 p. m.	24.97
	7:00:00 p. m.	24.48
	8:00:00 p. m.	22.28
	9:00:00 p. m.	24.24
	10:00:00 p. m.	28.16
	11:00:00 p. m.	28.40
	12:00:00 a. m.	25.22
	1:00:00 a. m.	28.40
	2:00:00 a. m.	25.46
	3:00:00 a. m.	26.20
	4:00:00 a. m.	27.42
5:00:00 a. m.	28.16	
28/10/2023	6:00:00 a. m.	0.00
	7:00:00 a. m.	0.00
	8:00:00 a. m.	0.00
	9:00:00 a. m.	50.76

Nota: Esta tabla muestra los resultados de la presión registrada por el equipo data logger con una frecuencia horaria, en el punto de muestreo de la zona media del Reservoirio R5.

Tabla 21

Monitoreo de Presiones Zona Baja – R5

Monitoreo de Presiones Reservorio R5		
Zona Baja		
Fecha Inicio: 12/09/2022 – 10:00 a.m.		
Fecha Final: 13/09/2022 – 09:00 a.m.		
Ubicación: Jr. Flor del Cumbe 101		
DÍA	TIEMPO	PRESIÓN (mca)
12/09/2022	10:00:00 a. m.	50.51
	11:00:00 a. m.	39.03
	12:00:00 p. m.	36.10
	1:00:00 p. m.	41.23
	2:00:00 p. m.	45.87
	3:00:00 p. m.	46.11
	4:00:00 p. m.	46.60
	5:00:00 p. m.	49.54
	6:00:00 p. m.	49.78
	7:00:00 p. m.	50.02
	8:00:00 p. m.	50.02
	9:00:00 p. m.	49.05
	10:00:00 p. m.	50.02
	11:00:00 p. m.	50.76
	12:00:00 a. m.	51.00
	1:00:00 a. m.	51.49
	2:00:00 a. m.	51.25
	3:00:00 a. m.	52.96
	4:00:00 a. m.	52.96
5:00:00 a. m.	57.11	
6:00:00 a. m.	55.89	
7:00:00 a. m.	89.86	
8:00:00 a. m.	80.08	
13/09/2023	9:00:00 a. m.	57.11

Nota: Esta tabla muestra los resultados de la presión registrada por el equipo data logger con una frecuencia horaria, en el punto de muestreo de la zona baja del Reservorio R5.

Tabla 22

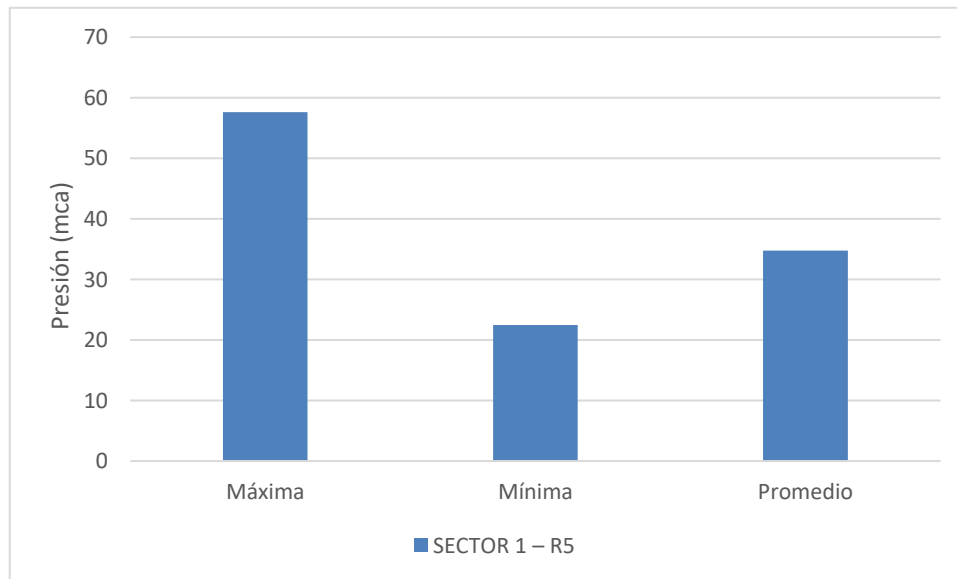
Presión máxima, mínima y promedio de los sectores operacionales del Reservoirio R5.

RESERVORIO R-5			
Sector	Presión (mca)		
	Máxima	Mínima	Promedio
SECTOR 1 – R5	57.62	22.45	34.77

Nota: Esta tabla muestra un resumen de los valores de presión del reservorio R5, antes mostrados. Podemos visualizar los valores de presión máxima, mínima y promedio.

Figura 22

Presión de la Zona de Influencia del Reservoirio R5



Nota: Se muestra gráficamente los valores alcanzados por la presión máxima, mínima y promedio del área de influencia del reservorio R5.

Tabla 23

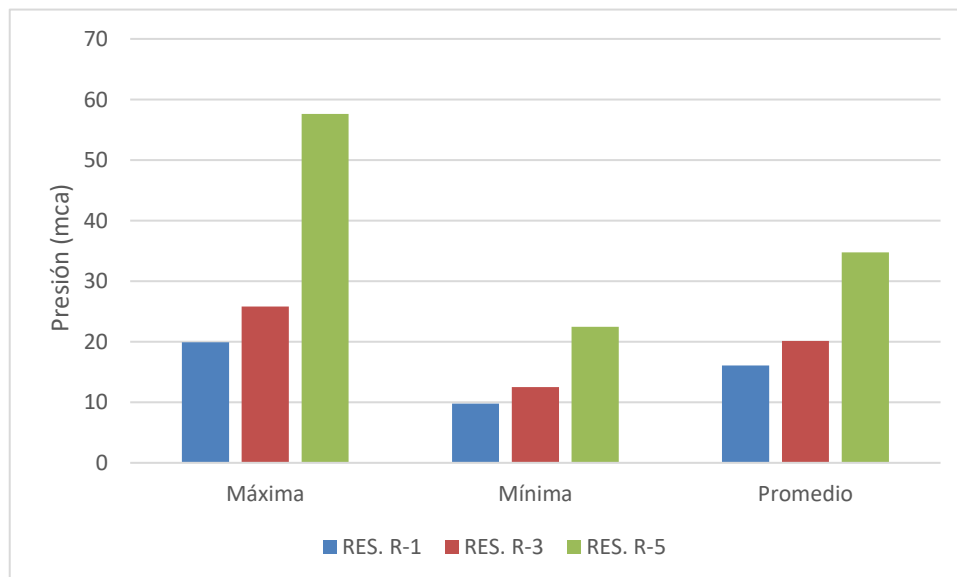
Presión máxima, mínima y promedio por reservorio.

PTAP SANTA APOLONIA			
Reservorio	Presión (mca)		
	Máxima	Mínima	Promedio
RES. R-1	19.90	9.76	16.09
RES. R-3	25.79	12.52	20.11
RES. R-5	57.62	22.45	34.77

Nota: Esta tabla muestra un resumen de los valores de presión de los reservorios R1, R3 y R5, antes mostrados. Se visualiza los valores de presión máxima, mínima y promedio.

Figura 23

Presión de los Reservorios R1, R3 y R5



Nota: Se muestra gráficamente los valores alcanzados por la presión máxima, mínima y promedio de los reservorios R1, R3 y R5.

Tabla 24

Número de conexiones activas por sector operacional y reservorio.

RESERVORIO	SECTOR	ZONA	CONEXIONES
			ACTIVAS
R-1	SECTOR 1	Z. ALTA	600
		Z. MEDIA	956
		Z. BAJA	1077
	SECTOR 2	Z. ALTA	919
		Z. MEDIA	1027
		Z. BAJA	1087
R-3	SECTOR 1	Z. ALTA	532
		Z. MEDIA	564
		Z. BAJA	625
	SECTOR 2	Z. ALTA	583
		Z. MEDIA	744
		Z. BAJA	918
R-5	SECTOR 1	Z. ALTA	192
		Z. MEDIA	193
		Z. BAJA	190
Total, Conexiones Activas			10207

Nota: La tabla muestra el número de conexiones activas con las que cuenta las zonas de cada uno de los reservorios. Esta información fue obtenida del catastro comercial de la EPS Sedacaj S.A.

Tabla 25

Cálculo de la presión promedio para la zona de estudio.

RESERVO RIO	SECTOR	ZONA	PRESIÓN PROMEDIO	CONEX. ACTIVA S	SUB TOTAL
R-1	SECTOR 1	Z. ALTA	11.62	600	6969
		Z. MEDIA	11.83	956	11308
		Z. BAJA	22.64	1077	24382
	SECTOR 2	Z. ALTA	12.32	919	11325
		Z. MEDIA	18.34	1027	18837
		Z. BAJA	19.77	1087	21485
R-3	SECTOR 1	Z. ALTA	14.71	532	7826
		Z. MEDIA	26.65	564	15029
		Z. BAJA	21.47	625	13417
	SECTOR 2	Z. ALTA	11.79	583	6876
		Z. MEDIA	17.54	744	13046
		Z. BAJA	28.51	918	26171
R-5	SECTOR 1	Z. ALTA	27.76	192	5329
		Z. MEDIA	24.30	193	4690
		Z. BAJA	52.26	190	9930
TOTAL				10207	196621
PRESIÓN PROMEDIO (mca)				19.26	

Nota: La tabla muestra el cálculo de la presión promedio para toda la zona de estudio. Los datos necesarios son la presión promedio por zona, así como las conexiones activas.

Tabla 26

Cálculo de la continuidad horaria para la zona de estudio.

RESERVORIO	SECTOR	ZONA	CONTINUIDAD PROMEDIO	CONEX. ACTIVAS	SUB TOTAL
R-1	1	Z. ALTA	9.00	600	5400
		Z. MEDIA	13.00	956	12428
		Z. BAJA	15.00	1077	16155
	2	Z. ALTA	13.00	919	11947
		Z. MEDIA	13.00	1027	13351
		Z. BAJA	16.00	1087	17392
R-3	1	Z. ALTA	14.00	532	7448
		Z. MEDIA	13.00	564	7332
		Z. BAJA	12.00	625	7500
	2	Z. ALTA	14.00	583	8162
		Z. MEDIA	13.00	744	9672
		Z. BAJA	12.00	918	11016
R-5	1	Z. ALTA	4.00	192	768
		Z. MEDIA	21.00	193	4053
		Z. BAJA	24.00	190	4560
TOTAL				10207	137184
CONTINUIDAD (h/día)				13.44	

Nota: La tabla muestra el cálculo de la continuidad horaria para toda la zona de estudio. Los datos necesarios son las horas de servicio por zona, así como las conexiones activas.

Tabla 27

Cálculo de la continuidad horaria para el Reservoirio R-1

RESERVORIO	SECTOR	ZONA	CONTINUIDAD PROMEDIO	CONEX. ACTIVAS	SUB TOTAL
R-1	1	Z. ALTA	9.00	600	5400
		Z. MEDIA	13.00	956	12428
		Z. BAJA	15.00	1077	16155
	2	Z. ALTA	13.00	919	11947
		Z. MEDIA	13.00	1027	13351
		Z. BAJA	16.00	1087	17392
TOTAL				5666	76673
CONTINUIDAD (h/día)				13.53	

Tabla 28

Cálculo de la continuidad horaria para el Reservoirio R-3

RESERVORIO	SECTOR	ZONA	CONTINUIDAD PROMEDIO	CONEX. ACTIVAS	SUB TOTAL
R-3	1	Z. ALTA	14.00	532	7448
		Z. MEDIA	13.00	564	7332
		Z. BAJA	12.00	625	7500
	2	Z. ALTA	14.00	583	8162
		Z. MEDIA	13.00	744	9672
		Z. BAJA	12.00	918	11016
TOTAL				3966	51130
CONTINUIDAD (h/día)				12.89	

Tabla 29

Cálculo de la continuidad horaria para el Reservoirio R-5

RESERVORIO	SECTOR	ZONA	CONTINUIDAD PROMEDIO	CONEX. ACTIVAS	SUB TOTAL
R-5	SECTOR 1	Z. ALTA	4.00	192	768
		Z. MEDIA	21.00	193	4053
		Z. BAJA	24.00	190	4560
TOTAL				575	9381
CONTINUIDAD (h/día)				16.31	

Tabla 30

Segmentación de las Redes de Distribución del Reservoirio R1

Segmento	Elementos Afectados (und)	Nodos de Aislamiento (und)	Tuberías (und)	Longitud del Segmento (m)
Segmento 1	3	8	10	187.41
Segmento 2	1	3	3	153.92
Segmento 3	1	4	4	359.78
Segmento 4	7	10	16	766.23
Segmento 5	4	5	8	283.37
Segmento 6	3	5	7	824.37
Segmento 7	1	1	1	214.4
Segmento 8	8	10	17	1,047.43

Segmentación de las Redes de Distribución del Reservorio R1 – Parte 2

Segmento	Elementos Afectados (und)	Nodos de Aislamiento (und)	Tuberías (und)	Longitud del Segmento (m)
Segmento 9	1	4	4	32.8
Segmento 10	4	3	6	376.11
Segmento 11	8	5	13	503.22
Segmento 12	4	2	5	302.04
Segmento 13	2	5	6	212.57
Segmento 14	2	4	5	201.99
Segmento 15	3	7	9	425.23
Segmento 16	4	2	5	197.54
Segmento 17	4	2	5	149.2
Segmento 18	2	4	5	73.84
Segmento 19	2	4	5	237.69
Segmento 20	3	5	7	217.03
Segmento 21	1	1	1	72.07
Segmento 22	2	4	5	134.5
Segmento 23	1	1	1	5.14
Segmento 24	1	1	1	50.16
Segmento 25	5	2	6	252.63

Segmentación de las Redes de Distribución del Reservorio R1 – Parte 3

Segmento	Elementos Afectados (und)	Nodos de Aislamiento (und)	Tuberías (und)	Longitud del Segmento (m)
Segmento 26	4	4	7	219.22
Segmento 27	1	2	2	10.89
Segmento 28	2	2	3	32.65
Segmento 29	4	4	7	332
Segmento 30	1	1	1	26.61
Segmento 31	1	3	3	96.58
Segmento 32	1	3	3	90.24
Segmento 33	3	6	8	193.72
Segmento 34	2	5	6	348.37
Segmento 35	4	5	8	273.39
Segmento 36	2	5	6	291.01
Segmento 37	9	12	22	1,008.56
Segmento 38	2	4	5	280.52
Segmento 39	17	14	31	1,624.40
Segmento 40	1	3	3	111.98
Segmento 41	2	5	6	348.81
Segmento 42	1	2	2	99.72

Segmentación de las Redes de Distribución del Reservorio R1 – Parte 4

Segmento	Elementos Afectados (und)	Nodos de Aislamiento (und)	Tuberías (und)	Longitud del Segmento (m)
Segmento 43	1	3	3	136.36
Segmento 44	3	4	6	327.24
Segmento 45	2	4	5	191.41
Segmento 46	1	3	3	231.27
Segmento 47	1	2	2	288.61
Segmento 48	2	4	5	533.01
Segmento 49	2	5	6	85.77
Segmento 50	1	3	3	199.93
Segmento 51	1	3	3	72.23
Segmento 52	1	3	3	124.35
Segmento 53	2	2	3	79.38
Segmento 54	1	2	2	165.89
Segmento 55	3	5	7	351.81
Segmento 56	1	2	2	11.73
Segmento 57	4	6	9	327.84
Segmento 58	2	4	5	83.9
Segmento 59	2	4	5	127.47

Segmentación de las Redes de Distribución del Reservorio R1 – Parte 5

Segmento	Elementos Afectados (und)	Nodos de Aislamiento (und)	Tuberías (und)	Longitud del Segmento (m)
Segmento 60	1	3	3	204.92
Segmento 61	1	3	3	137.26
Segmento 62	1	4	4	224.16
Segmento 63	1	4	4	345.5
Segmento 64	2	4	5	391.06
Segmento 65	2	5	6	362.57
Segmento 66	1	3	3	122.61
Segmento 67	2	4	5	358.09
Segmento 68	2	4	5	209.53
Segmento 69	3	6	8	239.76
Segmento 70	1	1	1	222.04
Segmento 71	2	2	3	244.46
Segmento 72	2	4	5	238.37
Segmento 73	2	1	2	282.46
Segmento 74	1	1	1	129.96
Segmento 75	4	7	10	858.83
Segmento 76	1	3	3	226.54

Segmentación de las Redes de Distribución del Reservorio R1 – Parte 6

Segmento	Elementos Afectados (und)	Nodos de Aislamiento (und)	Tuberías (und)	Longitud del Segmento (m)
Segmento 77	5	10	14	526.69
Segmento 78	1	3	3	135.94
Segmento 79	4	9	12	798.29
Segmento 80	3	6	8	709.19
Segmento 81	3	6	8	423.88
Segmento 82	1	1	1	18.38
Segmento 83	1	3	3	116.6
Segmento 84	1	2	2	51.29
Segmento 85	4	6	9	447.15
Segmento 86	3	5	7	436.36
Segmento 87	2	3	4	276.24
Segmento 88	1	3	3	213.23
Segmento 89	1	3	3	124.87
Segmento 90	3	7	9	183.56
Segmento 91	1	3	3	137.82
Segmento 92	2	6	7	263.33
Segmento 93	1	1	1	117.18

Segmentación de las Redes de Distribución del Reservorio R1 – Parte 7

Segmento	Elementos Afectados (und)	Nodos de Aislamiento (und)	Tuberías (und)	Longitud del Segmento (m)
Segmento 94	5	6	10	409.2
Segmento 95	4	4	7	327.23
Segmento 96	1	3	3	68.61
Segmento 97	2	5	6	131.54
Segmento 98	1	4	4	117.42
Segmento 99	1	3	3	263.91
Segmento 100	1	3	3	187.51
Segmento 101	1	3	3	187.46
Segmento 102	2	4	5	379.83
Segmento 103	1	1	1	494.86
Segmento 104	0	2	1	116.54
Segmento 105	0	2	1	57.82
Segmento 106	0	2	1	12.49
Segmento 107	0	2	1	133.54
Segmento 108	0	2	1	137.33
Segmento 109	0	2	1	9.42
Segmento 110	0	2	1	57.71

Segmentación de las Redes de Distribución del Reservorio R1 – Parte 8.

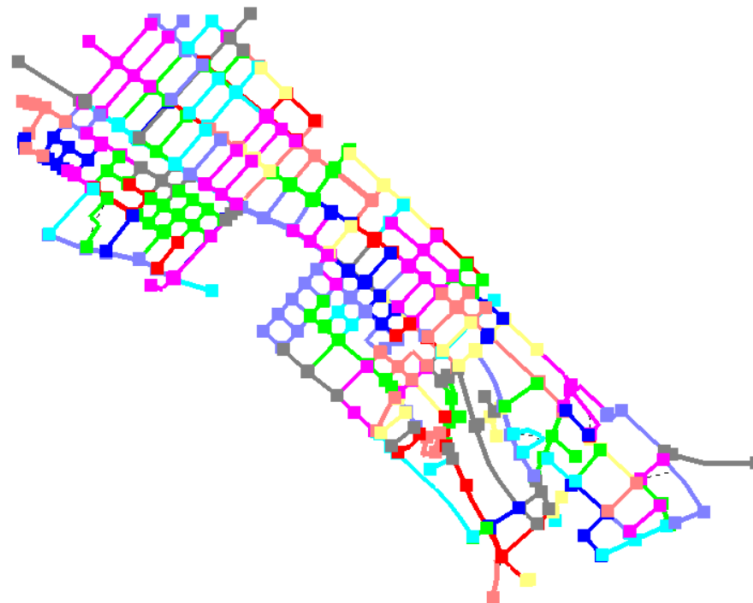
Segmento	Elementos Afectados (und)	Nodos de Aislamiento (und)	Tuberías (und)	Longitud del Segmento (m)
Segmento 111	0	2	1	99.99
Segmento 112	0	2	1	94.79
Segmento 113	0	2	1	133.24
Segmento 114	0	2	1	185.54
Segmento 115	0	2	1	192.06
Segmento 116	0	2	1	91.1
Segmento 117	0	2	1	51.62
Segmento 118	0	2	1	103.38
Segmento 119	0	2	1	107.56
Segmento 120	0	2	1	116.29
Segmento 121	0	2	1	173.98
Segmento 122	0	2	1	124.18
Segmento 123	0	2	1	37.73
Segmento 124	0	2	1	111.07
Segmento 125	0	2	1	96.17
Segmento 126	0	2	1	87.63
Segmento 127	0	2	1	96.89

Segmentación de las Redes de Distribución del Reservorio R1 – Parte 9.

Segmento	Elementos Afectados (und)	Nodos de Aislamiento (und)	Tuberías (und)	Longitud del Segmento (m)
Segmento 128	0	2	1	116.8
Segmento 129	0	2	1	113.14
Segmento 130	0	2	1	113.54
Segmento 131	0	2	1	85.21
Segmento 132	0	2	1	117.65

Figura 24

Codificación por colores de la segmentación del Reservorio R1



Nota: El gráfico muestra la segmentación realizada a la red de distribución del reservorio R1, el cual para una mejor visualización se muestra en colores a través de la herramienta Highlight Segments.

Tabla 31

Segmentos con corte de flujo del Reservoirio R1

Segmento	Elementos Afectados (und)	Tuberías (und)	Longitud del Conjunto de Corte (m)
Outage Segment - 95	245	352	31,000.39
Outage Segment - 29	14	18	2,032.88
Outage Segment - 128	14	18	1,802.95
Outage Segment - 129	14	18	1,919.74
Outage Segment - 26	10	14	1,583.73
Outage Segment - 75	7	7	455.68
Outage Segment - 80	5	5	199.36
Outage Segment - 33	4	5	302.04
Outage Segment - 48	4	4	526.91
Outage Segment - 4	2	2	709.26
Outage Segment - 44	2	2	126.33
Outage Segment - 71	2	2	282.46
Outage Segment - 13	1	1	5.14
Outage Segment - 16	1	1	109.8
Outage Segment - 17	1	1	50.16
Outage Segment - 39	1	3	137.26

Segmentos con corte de flujo del Reservoirio R1 – Parte 2

Segmento	Elementos Afectados (und)	Tuberías (und)	Longitud del Conjunto de Corte (m)
Outage Segment - 42	1	1	26.61
Outage Segment - 66	1	1	222.04
Outage Segment - 123	1	1	72.07

Tabla 32

Segmentación de las Redes de Distribución del Reservoirio R3

Segmento	Elementos Afectados (und)	Nodos de Aislamiento (und)	Tuberías (und)	Longitud del Segmento (m)
Segmento 1	1	3	3	120.86
Segmento 2	2	4	5	151.08
Segmento 3	3	3	5	144.63
Segmento 4	1	3	3	148.08
Segmento 5	1	3	3	147.35
Segmento 6	1	3	3	16.33
Segmento 7	3	5	7	372.54
Segmento 8	1	1	1	199.66

Segmentación de las Redes de Distribución del Reservorio R3 – Parte 2

Segmento	Elementos Afectados (und)	Nodos de Aislamiento (und)	Tuberías (und)	Longitud del Segmento (m)
Segmento 9	3	2	4	147.45
Segmento 10	4	5	8	327.18
Segmento 11	9	8	18	615.05
Segmento 12	1	1	1	17.22
Segmento 13	4	6	9	200.13
Segmento 14	5	2	7	345.52
Segmento 15	4	4	7	570.16
Segmento 16	2	4	5	162.83
Segmento 17	1	3	3	178.78
Segmento 18	13	12	25	1,158.89
Segmento 19	1	1	1	46.99
Segmento 20	1	1	1	13.61
Segmento 21	1	1	1	11.43
Segmento 22	8	3	12	706.57
Segmento 23	1	1	1	89.23
Segmento 24	1	3	3	276.21
Segmento 25	4	2	5	277.81

Segmentación de las Redes de Distribución del Reservorio R3 – Parte 3

Segmento	Elementos Afectados (und)	Nodos de Aislamiento (und)	Tuberías (und)	Longitud del Segmento (m)
Segmento 26	3	5	8	380.66
Segmento 27	1	1	1	143.2
Segmento 28	3	4	6	198.01
Segmento 29	7	5	11	455.67
Segmento 30	4	5	8	279.87
Segmento 31	1	2	2	27.06
Segmento 32	2	5	6	102.52
Segmento 33	4	5	8	396.15
Segmento 34	3	3	6	336.41
Segmento 35	3	1	3	329.03
Segmento 36	3	5	7	165.67
Segmento 37	1	3	3	90.31
Segmento 38	1	3	3	245.44
Segmento 39	1	3	3	185.33
Segmento 40	1	2	2	124.66
Segmento 41	3	4	6	194.32
Segmento 42	1	1	1	77.12

Segmentación de las Redes de Distribución del Reservorio R3 – Parte 4

Segmento	Elementos Afectados (und)	Nodos de Aislamiento (und)	Tuberías (und)	Longitud del Segmento (m)
Segmento 43	2	3	4	169.21
Segmento 44	1	1	1	59.54
Segmento 45	1	4	4	24.67
Segmento 46	1	1	1	147.42
Segmento 47	1	3	3	121.41
Segmento 48	4	6	9	221.87
Segmento 49	1	3	3	150.82
Segmento 50	2	3	4	13.81
Segmento 51	1	4	4	31.25
Segmento 52	1	2	2	120.75
Segmento 53	2	2	3	250.42
Segmento 54	2	2	3	237.94
Segmento 55	1	1	1	95.03
Segmento 56	4	2	5	145.25
Segmento 57	4	6	9	566.87
Segmento 58	1	1	1	83.17
Segmento 59	1	2	2	90.1

Segmentación de las Redes de Distribución del Reservorio R3 – Parte 5

Segmento	Elementos Afectados (und)	Nodos de Aislamiento (und)	Tuberías (und)	Longitud del Segmento (m)
Segmento 60	2	2	3	108.6
Segmento 61	1	3	3	56.97
Segmento 62	0	2	1	91.73
Segmento 63	0	2	1	91.29
Segmento 64	0	2	1	109.67
Segmento 65	0	2	1	77.31
Segmento 66	0	2	1	97.91
Segmento 67	0	2	1	132.78
Segmento 68	0	2	1	190.13
Segmento 69	0	2	1	128.49
Segmento 70	0	2	1	111.09
Segmento 71	0	2	1	89.24
Segmento 72	0	2	1	63.25
Segmento 73	0	2	1	80.22
Segmento 74	0	2	1	97.4
Segmento 75	0	2	1	28.8
Segmento 76	0	2	1	37.67

Segmentación de las Redes de Distribución del Reservorio R3 – Parte 6

Segmento	Elementos Afectados (und)	Nodos de Aislamiento (und)	Tuberías (und)	Longitud del Segmento (m)
Segmento 77	0	2	1	48.23
Segmento 78	0	2	1	57.88
Segmento 79	0	2	1	47.17
Segmento 80	0	2	1	207.82
Segmento 81	0	2	1	82.1
Segmento 82	0	2	1	79.58
Segmento 83	0	2	1	100.11
Segmento 84	0	2	1	49.27
Segmento 85	0	2	1	74.59

Figura 25

Codificación por colores de la segmentación del Reservorio R3



Nota: El gráfico muestra la segmentación realizada a la red de distribución del reservorio R3, el cual para una mejor visualización se muestra en colores a través de la herramienta Highlight Segments.

Tabla 33

Segmentos con corte de flujo del Reservorio R3

Segmento	Elementos Afectados (und)	Tuberías (und)	Longitud del Conjunto de Corte (m)
Outage Segment - 53	149	190	14,795.45
Outage Segment - 15	62	76	5,898.71
Outage Segment - 33	39	50	3,824.08

Segmentos con corte de flujo del Reservorio R3 – Parte 2

Segmento	Elementos Afectados (und)	Tuberías (und)	Longitud del Conjunto de Corte (m)
Outage Segment - 57	15	18	1,111.61
Outage Segment - 18	14	20	1,426.28
Outage Segment - 32	5	9	764.16
Outage Segment - 30	4	4	619.85
Outage Segment - 37	3	3	329.03
Outage Segment - 63	3	3	381.14
Outage Segment - 28	2	2	171.69
Outage Segment - 7	1	1	199.66
Outage Segment - 10	1	1	77.12
Outage Segment - 13	1	1	17.22
Outage Segment - 45	1	1	59.54
Outage Segment - 54	1	1	143.2
Outage Segment - 56	1	1	95.03
Outage Segment - 61	1	1	83.17
Outage Segment - 70	1	1	13.61
Outage Segment - 71	1	1	11.43

Tabla 34

Segmentación de las Redes de Distribución del Reservorio R5

Segmento	Elementos Afectados (und)	Nodos de Aislamiento (und)	Tuberías (und)	Longitud del Segmento (m)
Segmento 1	8	5	13	1,002.44
Segmento 2	6	4	10	617.26
Segmento 3	7	4	12	506.45
Segmento 4	6	2	7	541.34
Segmento 5	1	1	1	28.67
Segmento 6	1	1	1	12.03
Segmento 7	5	3	7	532.7
Segmento 8	6	8	15	479.44
Segmento 9	2	3	5	351.18
Segmento 10	1	1	1	4.45
Segmento 11	3	2	4	235.25
Segmento 12	1	3	3	95.77
Segmento 13	1	1	1	8.65

Segmentación de las Redes de Distribución del Reservorio R5 – Parte 2

Segmento	Elementos Afectados (und)	Nodos de Aislamiento (und)	Tuberías (und)	Longitud del Segmento (m)
Segmento 14	2	2	3	70.6
Segmento 15	2	5	6	381.05
Segmento 16	2	1	2	131.32
Segmento 17	4	5	8	310.45
Segmento 18	0	2	1	73.97
Segmento 19	0	2	1	70.4

Tabla 35

Segmentos con corte de flujo del Reservorio R5

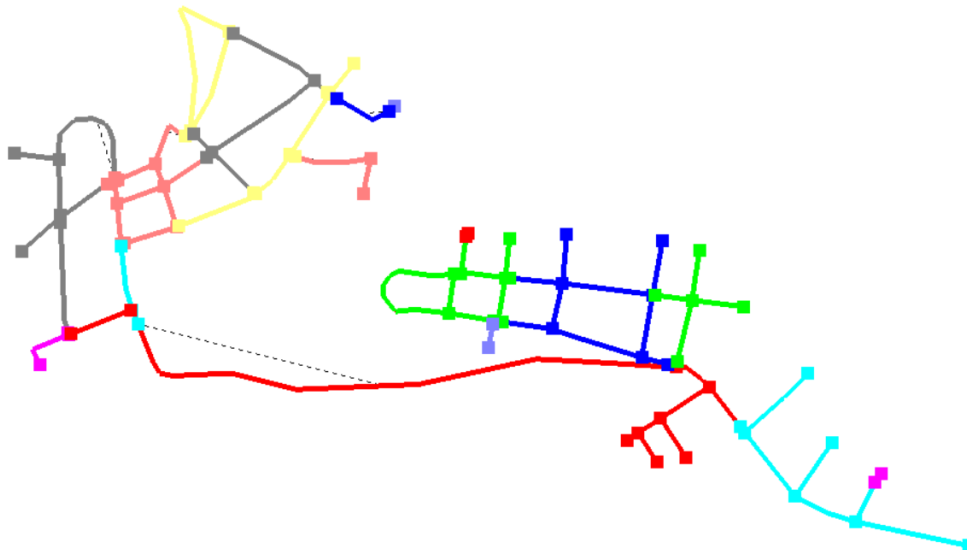
Segmento	Elementos Afectados (und)	Tuberías (und)	Longitud del Conjunto de Corte (m)
Outage Segment - 14	59	74	5,382.82
Outage Segment - 12	35	41	2,947.88
Outage Segment - 1	26	30	1,945.44
Outage Segment - 8	11	16	1,253.05

Segmentos con corte de flujo del Reservorio R5

Segmento	Elementos Afectados (und)	Tuberías (und)	Longitud del Conjunto de Corte (m)
Outage Segment - 2	9	12	539.57
Outage Segment - 17	3	3	210.37
Outage Segment - 3	2	2	33.12
Outage Segment - 4	1	1	12.03
Outage Segment - 19	1	1	8.65

Figura 26

Codificación por colores de la segmentación del Reservorio R5



Nota: El gráfico muestra la segmentación realizada a la red de distribución del reservorio R3, el cual para una mejor visualización se muestra en colores a través de la herramienta Highlight Segments.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados guardan relación con lo que sostienen Tito Humpiri y otros (2020), quienes señalan que la satisfacción de los usuarios se basa en varios criterios, como la presión del agua, la calidad de atención y el servicio proporcionado. Sin embargo, el crecimiento de la población ha llevado a que cada vez más usuarios se sientan insatisfechos con el servicio de agua potable.

Asimismo, con Ayala Minaya & García Pineda (2019), quienes señalan que los usuarios expresan su descontento debido a la falta de suministro constante de agua potable. La limitada cantidad de horas de servicio continuo representa un gran problema para la población, ya que esto afecta negativamente su calidad de vida, la cual tienen derecho a disfrutar.

En cuanto al análisis de criticidad, los resultados guardan relación con lo que sostiene Herrera Rodríguez (2017), que señala que un modelo preciso representa la topología de la red de manera detallada, incluyendo a los usuarios del sistema. Una vez que se identifica un daño en una tubería, es posible determinar qué segmento de la red se verá afectado y qué usuarios experimentarán una suspensión del servicio debido a un cierre específico.

Como se puede observar en la Tabla 11, Tabla 18 y Tabla 22, relacionado a la presión máxima, mínima y promedio de los sectores operaciones de los reservorios R1, R3 y R5, respectivamente. Se verificó que la mayoría de los valores de presión se encuentra dentro de los rangos establecidos por la norma OS.050 Redes de Distribución de Agua para Consumo Humano. A excepción, de 03 datos del S1-R3 que se encuentra por debajo de los 10 mca y 16 datos del S1-R5 que exceden los 50 mca. En ese sentido, se puede afirmar que la presión es eficiente y de calidad en las horas que se brinda el servicio.

En la Tabla 27, Tabla 28 y Tabla 29 podemos observar la continuidad horaria de los sectores operacionales de los reservorios R1, R3 y R5, respectivamente. Al respecto, se puede mencionar que los reservorios R1 y R3 muestran una continuidad horaria de 13.53 y 12.89 horas/día, evidenciando una variación con el reservorio R5, que tiene un valor de 16.31 horas/día. Por lo que, podemos decir que el suministro no es constante ni equitativo para los usuarios.

De la Tabla 30, Tabla 32, Tabla 34 y teniendo en cuenta la norma OS.050 Redes de Distribución de Agua para Consumo Humano: la red de distribución estará provista de válvulas de interrupción que permitan aislar sectores de redes no mayores de 500 m de longitud. Podemos decir que, como resultado del análisis de criticidad se encontraron segmentos en la red de distribución de los reservorios R1, R3 y R5 que exceden los 500 m de longitud, por lo que se estaría incumpliendo con la normativa OS.050. Dichos tramos requieren de la instalación de válvulas de control.

Asimismo, en la Tabla 30, Tabla 32 y Tabla 34 se puede verificar el número de válvulas necesarias para aislar los segmentos encontrados en el análisis de criticidad. Este análisis proporciona una visión integral del sistema de distribución de agua potable y ayuda a los operadores y administradores a tomar decisiones informadas sobre la gestión y mantenimiento del sistema.

En la Tabla 31, Tabla 33 y Tabla 35 se puede observar los segmentos críticos de los reservorios R1, R3 y R5, respectivamente. Como resultado del análisis de criticidad podemos identificar a aquellos segmentos críticos. De tal manera que cada “outage segment” indica el tramo de tubería que será aislado (ya sea por mantenimiento preventivo y/o correctivo) y por consecuencia la longitud del conjunto de corte que se quedaría sin servicio de agua

cuando el segmento afectado sea aislado. Este análisis nos permite planificar el sistema de redes de distribución en un sistema de agua potable, con la finalidad de buscar la redundancia en aquellas líneas de servicio (dentro de los sectores operacionales) que originen una mayor interrupción en el abastecimiento a la población.

Conclusiones:

Se acepta la hipótesis general que establece que la continuidad horaria del servicio de agua potable que se brinda a los usuarios del sistema de distribución de los reservorios R1, R3 y R5 tiene un valor de 13 horas por día. Así como la presión de abastecimiento del servicio de agua potable en la red de distribución de los reservorios R1, R3 y R5, sí cumple con la Norma Técnica O.S. 050 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

La continuidad horaria del servicio de agua potable en la red de distribución de los reservorios R1, R3 y R5, en el periodo de setiembre a octubre del 2022. Resultando un valor de 13.44 horas/día.

La presión promedio de abastecimiento del servicio de agua potable en la red de distribución de los reservorios R1, R3 y R5, en el periodo de setiembre a octubre del 2022. Resultando un valor de 19.26 mca.

La continuidad horaria del servicio de agua potable en la red de distribución del reservorio R1, en el periodo de setiembre a octubre del 2022. Resultando un valor de 13.53 horas/día.

La presión promedio de abastecimiento del servicio de agua potable en la red de distribución del reservorio R1, en el periodo de setiembre a octubre del 2022. Resultando un valor de 16.64 mca.

La continuidad horaria del servicio de agua potable en la red de distribución del reservorio R3, en el periodo de setiembre a octubre del 2022. Resultando un valor de 12.89 horas/día.

La presión promedio de abastecimiento del servicio de agua potable en la red de distribución del reservorio R3, en el periodo de setiembre a octubre del 2022. Resultando un valor de 20.77 mca.

La continuidad horaria del servicio de agua potable en la red de distribución del reservorio R5, en el periodo de setiembre a octubre del 2022. Resultando un valor de 16.31 horas/día.

La presión promedio de abastecimiento del servicio de agua potable en la red de distribución del reservorio R5, en el periodo de setiembre a octubre del 2022. Resultando un valor de 34.70 mca.

La cobertura del servicio de agua potable en la red de distribución de los reservorios R1, R3 y R5, en el periodo de setiembre a octubre del 2022. Resultando un valor de 10,207 conexiones activas.

REFERENCIAS

Ayala S. & García M. (2019). Análisis de cobertura y continuidad de la red de agua potable en el sector de Jaaapshan, Shancayan – Huaraz - 2018. Tesis de grado. Universidad Cesar Vallejo. Perú.

Bernal Castillo D. (2021). Estudio de la satisfacción del servicio de agua potable y su relación con la calidad de vida de los pobladores de Hualmay. Tesis de grado. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Huacho, Perú.

Calva (2009). Satisfacción de usuarios: la investigación sobre necesidades de información. UNAM. México.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2019). Diseño de redes de distribución de agua potable. México.

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua, México); SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos, México). 2016. Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: datos básicos para proyectos de agua potable y alcantarillado (en línea). Distrito Federal, México. 92 p. Disponible en <https://files.conagua.gob.mx/conagua/mapas/SGAPDS-1-15-Libro4.pdf>

Espinoza Montes, C. (2010). Metodología de la investigación tecnológica (1a. ed.).

Faraldo P. & Pateiro B. (2012). Estadística y metodología de la investigación. Universidad de Santiago de Compostela.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación (6a. ed.).

Herrera Rodríguez, D. (2017). Participación en el desarrollo de una metodología para el cálculo de continuidad del servicio en redes de distribución y cálculo del descuento a los usuarios. Tesis de grado. Universidad Pontificia Bolivariana. Bucaramanga.

MINSA, INSTITUTO NACIONAL DE SALUD & Colaboradores (2018) Vigilancia y control de la calidad del agua. ISBN: 978-612-310-105-3. Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2018-06056. Recuperado de <http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/4516.pdf>

Rubio, D. (2015). Calidad de vida en el Adulto Mayor. Universidad Pedagógica Enrique José Varona (61), 1-7.

SUNASS (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, Perú). 2021. Resolución N° 063-2021, derogó a la Resolución N° 010-2006-SUNASS-CD. Sistema de Indicadores e Índice de la Gestión de los Prestadores de los Servicios de Saneamiento. Disponible en: https://www.sunass.gob.pe/wp-content/uploads/2021/08/PNI-06-ProyectoNormativo_cc-1RRRRRRR.pdf

Tito-Humpiri, J.M., Quispe-Quispe, R., Contreras-Vargas, H.M., Casani-Cruz, M.R., Huayhua-Huamaní, E. & Zegarra-Cáceres, J. (2020). Nivel de satisfacción del servicio de agua potable en la ciudad de Juliaca, el caso de la urbanización Jorge Chávez. ÑAWPARISUN Revista de Investigación Científica, 3(1), 97-102.

Vallejos Díaz, YA. 2008. Forma de hacer un diagnóstico en la investigación científica: perspectiva holística (en línea) s. l. Teoría y praxis investigativa 5(3): 11-21. Disponible en: <https://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjQ4bHzw7fWAhXCLSYKHTKdAtsQFggkMAA&url=https%3A%2>

F%2Fdialognet.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F3700944.pdf&usg=AFQjCNGpQip
Y6jIg_GcObusa-IwkhTOv7Q

Vásquez Pérez S. (2018). Diagnóstico del consumo y demanda de agua potable en el campus de la UNALM y propuestas de cobertura. Tesis de grado. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.

ANEXOS

ANEXO N° 1. Puntos de Monitoreo de Presión.

PLANTA	R	SECTOR	ZONA	DIRECCIÓN	N° INSCRIPCIÓN
PTAP SANTA APOLONIA	RESERVORIO R-1	R1-S1	Zona Alta	PSJE. CRISTO REY N° 180	00224953
			Zona Media	JR. SAN PABLO N° 268	10169241
			Zona Baja	JR. GUILLERMO URRELO N° 450	10196857
		R1-S2	Zona Alta	JR. HUANUCO N° 1571	10120448
			Zona Media	JR. JUAN VILLANUEVA N° 406	10181430
			Zona Baja	JR. CINCO ESQUINAS N° 475	10200503
	RESERVORIO R-3	R3-S1	Zona Alta	JR. SANTOS CHOCANO N° 350	10042147
			Zona Media	JR. DANIEL ALCIDES CARRIÓN N° 235	00279674
			Zona Baja	JR. PIEDRA DEL GALLO S/N	01215114
		R3-S2	Zona Alta	JR. JOSÉ CARLOS MARIATEGUI N° 389	10114951
			Zona Media	JR. ILO N° 120	10040010
			Zona Baja	JR. ANTINSUYO MZ. C-9	10101741
	RES. R-5	R5-S1	Zona Alta	CAMARA DE MONITOREO R5-1	-
			Zona Media	CAMARA DE MONITOREO R5-2	-
			Zona Baja	JR. FLOR DEL CUMBE N° 101	10063040

ANEXO N° 2. Vistas fotográficas.



Vista N° 01: Instalación de data logger con personal técnico de la EPS.



Vista N° 02: Instalación de data logger con personal técnico de la EPS.



Vista N° 03: Equipo de trabajo, de izquierda a derecha: Braulio Gonzales, Jhony Chávez, Edwar Rodríguez, Isaac Chuquimango.



Vista N° 04: Manipulación de válvulas de control (sectorización hidráulica).