



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE  
DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y  
CONSTRUCCION**

**CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL**

**TEMA**

**MODELACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE MEDIANTE EL  
USO EN EL PROGRAMA WATERCAD DEL RECINTO LAS  
MERCEDES.**

**TUTOR**

**ING. MENDOZA VILLACIS KEVIN ÁNGEL MSC.**

**AUTORES**

**AGUA RONQUILLO CARLOS JOEL**

**GUAYAQUIL**

**2024**

<b>REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA</b>	
<b>FICHA DE REGISTRO DE TESIS</b>	
<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO: Modelación Del Sistema De Agua Potable Mediante El Uso En El Programa Watercad Del Recinto Las Mercedes.</b>	
<b>AUTOR/ES:</b> AGUA RONQUILLO CARLOS JOEL.	<b>TUTOR:</b> Ing. Mendoza Villacis Kevin Angel Msc.
<b>INSTITUCIÓN:</b> Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil	<b>Grado obtenido:</b> Ingeniero Civil
<b>FACULTAD:</b> Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción	<b>CARRERA:</b> Ingeniería Civil
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b> 2024	<b>N. DE PÁGS:</b> 96
<b>ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y Construcción</b>	
<b>PALABRAS CLAVE: Sostenible, Construcción, Ecosistema, Indicadores, Vivienda</b>	
<b>RESUMEN:</b> <p>The study focuses on improving the drinking water system in Recinto Las Mercedes to ensure its safety and sustainability. A mixed methodological approach is employed, combining quantitative and qualitative techniques to fully understand the problem and design effective solutions. The quantitative approach is used to gather precise and measurable data required in civil engineering, such as flow velocities and pipe diameters, through hydraulic modeling. On the other hand, the qualitative approach provides information about the social and environmental context through interviews and surveys with local residents. The study adopts a descriptive scope to characterize the current potable water distribution system in Recinto Las Mercedes, identify community needs and requirements, and provide a basis for technical design. Surveys and semi-structured interviews are used as the main data collection techniques. The target population includes all residents and stakeholders involved in the supply and management of drinking water in the area. The sample in the qualitative research is selected through various methods, such as sampling extreme, typical, critical, and sensitive cases, as well as theoretical and expert sampling. A sample of 75 sector residents is surveyed, and a civil engineering specialist is interviewed. In conclusion, the mixed methodological approach and descriptive scope allow for a comprehensive understanding of the needs and conditions of the drinking water system in Recinto Las Mercedes, thus providing a solid foundation for the design and implementation of effective and sustainable improvements.</p>	
<b>N. DE REGISTRO (en base de datos):</b>	<b>N. DE CLASIFICACIÓN:</b>
<b>DIRECCIÓN URL (Web):</b>	

<b>ADJUNTO PDF:</b>	<b>SI</b> <input checked="" type="checkbox"/>	<b>NO</b> <input type="checkbox"/>
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b> Agua Ronquillo Carlos Joel	<b>Teléfono:</b> +593 98 990 6340	<b>E-mail:</b> caguar@ulvr.edu.ec
<b>CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:</b>	<b>Título. Ph.D Marcial Calero Amores (Decano)</b> <b>Teléfono (04) 259 6500 Ext. 241</b> <b>E-mail: mcaleroa@ulvr.edu.ec</b> <b>Título. Mgtr. Eliana Contreras Jordán (Director de Carrera)</b> <b>(04) 259 6500 Ext. 242</b> <b>E-mail: econtrerasj@ulvr.edu.ec</b>	

# CERTIFICADO DE SIMILITUD

## Tesis Carlos Agua Ronquillo

### INFORME DE ORIGINALIDAD

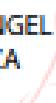


### FUENTES PRIMARIAS

1	<b>idoc.pub</b> Fuente de Internet	1%
2	<b>AMILKAR ERNESTO ILAYA AYZA. "PROPUESTA PARA LA TRANSICIÓN DE UN SISTEMA CON SUMINISTRO DE AGUA INTERMITENTE A SUMINISTRO CONTINUO", Universitat Politecnica de Valencia, 2016</b> Publicación	1%
3	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	1%
4	<b>lae.princeton.edu</b> Fuente de Internet	1%
5	<b>Submitted to Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil</b> Trabajo del estudiante	1%

Excluir citas      Apagado  
Excluir bibliografía      Apagado

Excluir coincidencias      < 1%

**KEVIN ANGEL  
MENDOZA  
VILLACIS**  Firmado digitalmente  
por KEVIN ANGEL  
MENDOZA VILLACIS  
Fecha: 2024.02.10  
22:58:16 -05'00'

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES**

El(Los) estudiante(s) egresado(s) AGUA RONQUILLO CARLOS JOEL, declara (mos) bajo juramento, que la autoría del presente Trabajo de Titulación, MODELACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE MEDIANTE EL USO EN EL PROGRAMA WATERCAD DEL RECINTO LAS MERCEDES. , corresponde totalmente a el(los) suscrito(s) y me (nos) responsabilizo (amos) con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedo (emos) los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autor(es)



Scanned with  
HESPERUS SCANNER

Firma:

CARLOS JOEL AGUA RONQUILLO

0928254226

## **CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL DOCENTE TUTOR**

En mi calidad de docente Tutor del Trabajo de Titulación MODELACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE MEDIANTE EL USO EN EL PROGRAMA WATERCAD DEL RECINTO LAS MERCEDES., designado(a) por el Consejo Directivo de la Facultad de INGENIERIA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCION de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

### **CERTIFICO:**

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Trabajo de Titulación, titulado: MODELACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE MEDIANTE EL USO EN EL PROGRAMA WATERCAD DEL RECINTO LAS MERCEDES., presentado por el (los) estudiante (s) AGUA RONQUILLO CARLOS JOEL como requisito previo, para optar al Título de INGENIERO CIVIL encontrándose apto para su sustentación.

KEVIN ANGEL Firmado digitalmente  
MENDOZA por KEVIN ANGEL  
VILLACIS MENDOZA VILLACIS  
Fecha: 2024.02.16  
01:28:45 -05'00'

Firma:

ING. MENDOZA VILLACIS KEVIN ÁNGEL MSC.

0922290010

## **AGRADECIMIENTO**

Siempre agradeciendo a Dios por permitir con su bendición hasta donde eh llegado.

Mencionando a la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil en impartir conocimientos, estudios y oportunidades con el objetivo de finalizar mi carrera profesional.

A cada uno de los docentes que en su día a día loran su mayor esfuerzo y desempeño en impartir temas de conocimiento, en especial a los docentes que me acompañaron en cada parte de preparación y elaboración de mi tema de proyecto.

Para mis familiares que me han apoyado y finalmente motivado en cada paso de la carrera universitaria para salir adelante en todo aquello que me proponga, siempre daré mis agradecimientos a los que no desconfiaron de mi persona.

## **DEDICATORIA**

Dedico mi proyecto de titulación – tesis a toda mi familia, en especial a mis padres y esposa por su apoyo incondicional brindado en todos los años de estudios.

Mencionados como pilares fundamentales por todo el esfuerzo para no rendirme en cada paso, por el desempeño en valores, salud y sabiduría para lograr mis objetivos.

A mis hijos que son mi impulso, por el logro que propongo de no desmayar ante ellos y lo deseo por seguir para prosperar con mi familia.

Importante reconocer la sabiduría y el compañerismo de los que me rodearon en sala de clases y que luego nos deja grandes colegas que compartiré en esta vida laboral en las buenas y malas.

## **RESUMEN**

El estudio se centra en mejorar el sistema de agua potable en el Recinto Las Mercedes con el fin de garantizar su seguridad y sostenibilidad. Se emplea un enfoque metodológico mixto para obtener una comprensión completa del problema y diseñar soluciones efectivas. El enfoque cuantitativo se utiliza para recopilar datos precisos y mensurables necesarios en ingeniería civil, como velocidades de flujo y diámetros de tubería, mediante modelación hidráulica. Por otro lado, el enfoque cualitativo proporciona información sobre el contexto social y ambiental mediante entrevistas y encuestas a los habitantes locales. El estudio adopta un alcance descriptivo para caracterizar el sistema actual de distribución de agua potable en el Recinto Las Mercedes, identificar necesidades y requerimientos de la comunidad, y proporcionar una base para el diseño técnico. Se utilizan encuestas y entrevistas semi-estructuradas como principales técnicas de recopilación de datos. La población objetivo incluye a todos los residentes y partes interesadas en el suministro y gestión del agua potable en la zona. La muestra en la investigación cualitativa se selecciona mediante diversos métodos, como el muestreo de casos extremos, típicos, críticos y sensibles, así como el muestreo teórico y de expertos. Se establece una muestra de 75 personas del sector para encuestas y se entrevista a un especialista en ingeniería civil. En conclusión, el enfoque metodológico mixto y el alcance descriptivo permiten obtener una comprensión completa de las necesidades y condiciones del sistema de agua potable en el Recinto Las Mercedes, proporcionando así una base sólida para el diseño e implementación de mejoras efectivas y sostenibles.

**(Palabras Claves Agua potable – Distribución – Sostenibilidad - Ingeniería civil -  
Calidad del agua)**

## **ABSTRACT**

The study focuses on improving the drinking water system in Recinto Las Mercedes to ensure its safety and sustainability. A mixed methodological approach is employed, combining quantitative and qualitative techniques to fully understand the problem and design effective solutions. The quantitative approach is used to gather precise and measurable data required in civil engineering, such as flow velocities and pipe diameters, through hydraulic modeling. On the other hand, the qualitative approach provides information about the social and environmental context through interviews and surveys with local residents. The study adopts a descriptive scope to characterize the current potable water distribution system in Recinto Las Mercedes, identify community needs and requirements, and provide a basis for technical design. Surveys and semi-structured interviews are used as the main data collection techniques. The target population includes all residents and stakeholders involved in the supply and management of drinking water in the area. The sample in the qualitative research is selected through various methods, such as sampling extreme, typical, critical, and sensitive cases, as well as theoretical and expert sampling. A sample of 75 sector residents is surveyed, and a civil engineering specialist is interviewed. In conclusion, the mixed methodological approach and descriptive scope allow for a comprehensive understanding of the needs and conditions of the drinking water system in Recinto Las Mercedes, thus providing a solid foundation for the design and implementation of effective and sustainable improvements.

**(Keywords - Drinking wáter- Distribution – Sustainability - Civil engineering -Water quality )**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA .....	ii
CERTIFICADO DE SIMILITUD .....	iv
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES.....	v
CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL DOCENTE TUTOR .....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
DEDICATORIA.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT .....	x
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	xi
INDICE DE TABLAS.....	xii
IINDICE DE FIGURAS.....	xiv
INDICE DE ANEXOS.....	xv
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I.....	3
ENFOQUE DE LA PROPUESTA.....	3
1.1 Tema:.....	3
1.2 Planteamiento del Problema: .....	3
1.3 Formulación del Problema:.....	4
1.4 Objetivo General.....	4
1.5 Objetivos Específicos .....	4
1.6 Idea a Defender .....	5
1.7 Línea de Investigación Institucional / Facultad. ....	5
CAPÍTULO II.....	6
MARCO REFERENCIAL .....	6
2.1 Marco Teórico: .....	6
2.2 Fundamento Teórico .....	6
2.3 Marco Legal: .....	27
CAPÍTULO III.....	29
MARCO METODOLÓGICO .....	29
3.1 Enfoque de la investigación .....	29

3.2	Alcance de la investigación: (Exploratorio, descriptivo o correlacional) .....	29
3.3	Técnica e instrumentos para obtener los datos.....	30
3.4	Población y muestra .....	31
CAPÍTULO IV.....		33
PROPUESTA O INFORME .....		33
4.1	Presentación y análisis de resultados .....	33
4.2	Propuesta .....	45
CONCLUSIONES.....		66
RECOMENDACIONES.....		68

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1	Edad.....	33
Tabla 2	Número de personas en el hogar .....	34
Tabla 3	Fuente de agua .....	35
Tabla 4	Consumo estimado .....	36
Tabla 5	Calidad del Agua .....	37
Tabla 6	Frecuencia de Problemas de Suministro.....	38
Tabla 7	Aspectos importantes a mejorar .....	39
Tabla 8	Mejoras esperadas.....	40
Tabla 9	Dispuesta a recibir información .....	41
Tabla 10	Comentarios adicionales .....	42
Tabla 11	dotaciones recomendadas- poblaciones rurales. ....	47
Tabla 12	Nivel de Servicio por Porcentaje de fuga .....	47
Tabla 13	Conclusión de resultado en análisis físico senagua muestra 1. ....	49
Tabla 14	Resumen en análisis microbiológicos según INEN con muestra 1 .....	49
Tabla 15	Probabilidad de tratamiento para el agua cruda.....	50
Tabla 16	Estudios de recomendación en planta de tratamiento. ....	51
Tabla 17	Cálculo del caudal máximo diario y caudal máximo horario .....	54
Tabla 18	Presiones en nodos.....	54
Tabla 19	Resultado de red de distribución .....	55
Tabla 20	Pozo perforado.....	59
Tabla 21	Bombeo.....	60
Tabla 22	Fuente de abastecimiento-reservorio .....	60
Tabla 23	Dosis de hipoclorito en la preparación de solución para desinfección de tanque de almacenamiento .....	61
Tabla 24	Planta de tratamiento.....	62
Tabla 25	Línea de conducción o distribución.....	62
Tabla 26	Conexiones domiciliarias .....	63
Tabla 27	Elementos de análisis .....	63
Tabla 28	Programa de calidad y mantenimiento .....	64
Tabla 29	Herramientas, equipos y materiales para el mantenimiento del sistema de agua potable.....	64
Tabla 30	Accesorios para la operación y mantenimiento .....	65

## IINDICE DE FIGURAS

Figura 1	Esquema de modelo dinámico distribución de agua. (Martínez, 2016)	8
Figura 2	WaterCAD (Cacho, 2022)	10
Figura 3	Edad	33
Figura 4	Número de personas en el hogar	34
Figura 5	Fuente de agua	35
Figura 6	Consumo estimado	36
Figura 7	Calidad del Agua	37
Figura 8	Frecuencia de Problemas de Suministro	38
Figura 9	Aspectos importantes a mejorar	39
Figura 10	<b>Mejoras esperadas</b>	40
Figura 11	Fuente de agua	41
Figura 12	Comentarios adicionales	42
Figura 13	Observación Satelital Del Recinto Las Mercedes Fuente: Google Earth	45
Figura 14	Diseño de Demanda del Area Aintervenida	57
Figura 15	Sistema de red rural de agua potable mediante el programa WaterCad	62
Figura 16	Sistema de red rural de agua	63
Figura 17	Sistema de pozo perforado	65
Figura 18	Sistema de bombeo	66
Figura 19	Sistema de almacenamiento de agua.	67
Figura 20	Sistema de red distribución.	68
Figura 21	Sistema de red distribución.	69
Figura 22	Sistema análisis de agua por capsulas.	70
Figura 23	Herramientas, equipos y materiales para mantenimiento del sistema.	71
Figura 24	Accesorios para uso operación y mantenimiento.	71
Figura 25	terreno para la construcción de nuevo reservorio	82
Figura 26	reservorio elevado de agua actual.	83
Figura 27	bomba para rebombeo actual del sistema de agua.	83
Figura 28	tablero eléctrico de control del sistema de agua.	84
Figura 29	Diseño del Sistema de Agua Potable en Programa WaterCad.	85
Figura 30	Diseño del Sistema de Agua Potable en Programa WaterCad.	85
Figura 31	Diseño del Sistema de Agua Potable en Programa WaterCad.	86
Figura 32	Diseño del Sistema de Agua Potable en Programa WaterCad.	86
Figura 33	Diseño del Sistema de Agua Potable en Programa WaterCad.	86
Figura 34	Diseño del Sistema de Agua Potable en Programa WaterCad.	87
Figura 35	Diseño del Sistema de Agua Potable en Programa WaterCad.	87

## INDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Normativa legal considerada .....	72
Anexo 2 Evidencia fotográfica.....	75
Anexo 3 diseño del programa watercad .....	77
Anexo 4 Puntos topográficos .....	80

## INTRODUCCIÓN

El suministro eficiente y sostenible de agua potable constituye una de las preocupaciones más significativas y la gestión ambiental. En el contexto del Recinto Las Mercedes, ubicado en el Cantón Isidro Ayora, se ha identificado una problemática relativa a los problemas de distribución y manejo del agua potable. Esta tesis se propone abordar dicha problemática mediante la aplicación de herramientas de modelación avanzadas, utilizando específicamente el software WaterCAD. Este programa es reconocido por su capacidad para simular y optimizar el sistema de agua potable, proporcionando un análisis detallado y opciones de mejora para sistemas existentes.

El interés en este estudio surge de una serie de desafíos observados en el sistema de agua potable actual del Recinto Las Mercedes. Problemas como variaciones en la presión del agua, distribución irregular del suministro, y la potencial sobreexplotación de fuentes hídricas no solo representan inconvenientes para los habitantes, sino que también plantean preguntas críticas sobre la sostenibilidad del sistema a largo plazo. Estos desafíos son indicativos de posibles deficiencias en el diseño, operación y mantenimiento del sistema de agua potable, lo que subraya la necesidad de una evaluación y optimización exhaustiva.

El uso de WaterCAD en este estudio no es fortuito. Este software, especializado en la modelación hidráulica de sistemas de agua, ofrece capacidades avanzadas para el diagnóstico y la mejora de redes de distribución. La modelación computarizada permite simular diferentes escenarios, identificar cuellos de botella, prever el comportamiento del sistema bajo diversas condiciones y, en última instancia, proponer soluciones basadas en datos concretos y análisis riguroso.

El presente trabajo de titulación se estructura en varias fases clave. Inicialmente, se llevará a cabo una recopilación exhaustiva de datos, incluyendo información geográfica, demográfica, y técnica del sistema de agua existente. Esta fase también incluirá un trabajo de campo para obtener mediciones directas y observaciones que alimentarán el modelo en WaterCAD. Posteriormente, se procederá a la modelación y calibración del sistema en el software, lo que permitirá realizar un análisis detallado del funcionamiento actual y detectar deficiencias.

El análisis de los resultados de la modelación será el núcleo de este estudio. Se identificarán las áreas problemáticas, se evaluará la capacidad del sistema para satisfacer la demanda actual y futura, y se explorarán posibles soluciones para mejorar la eficiencia y sostenibilidad del suministro de agua. Este enfoque multidimensional asegura no sólo una

comprensión detallada de la situación actual, sino también la generación de propuestas fundamentadas para la optimización del sistema.

Por último, se espera que esta investigación contribuya significativamente al campo de la ingeniería civil y al bienestar de la comunidad del Recinto Las Mercedes. Además, se busca que los resultados y recomendaciones de esta tesis sirvan como referencia para futuras iniciativas y estudios en la gestión de recursos hídricos, tanto en el ámbito local como en contextos similares.

# CAPÍTULO I

## ENFOQUE DE LA PROPUESTA

### **1.1 Tema:**

MODELACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE MEDIANTE EL USO DEL PROGRAMA WATERCAD DEL RECINTO LAS MERCEDES.

### **1.2 Planteamiento del Problema:**

La optimización en la entrega de agua potable es fundamental para promover el desarrollo sostenible y el bienestar de la comunidad. En el área residencial de Las Mercedes, ubicada en Isidro Ayora, se han identificado diversas falencias que comprometen la efectividad del sistema de abastecimiento de agua. Estas limitaciones generan una serie de desafíos que no solo afectan la calidad de vida de los residentes, sino que también representan una amenaza para la viabilidad a largo plazo del sistema.

La presente investigación, por lo tanto, busca abordar estos problemas mediante la modelación utilizando el programa WaterCAD. Esta herramienta permitirá realizar un análisis exhaustivo del sistema, identificar las áreas problemáticas, y proponer soluciones basadas en un entendimiento profundo y detallado del funcionamiento de la red. La optimización del sistema de agua potable no solo mejorará la calidad del servicio para los residentes del Recinto Las Mercedes, contribuyendo a la sostenibilidad de los recursos hídricos y a la eficiencia económica del sistema. Este enfoque holístico y tecnológicamente avanzado es esencial para enfrentar los desafíos del suministro de agua en el siglo XXI y para garantizar un futuro sostenible y equitativo en términos de acceso al agua potable.

De acuerdo con Palma (2020) El agua es una fuente donde todos los seres vivos debemos tener acceso a ella receptando de una necesidad clara y precisa en cuanto a tener un abastecimiento pleno y sin desestabilizar el centro de la naturaleza conservando el ciclo que debe cumplir para vigilar mantener el equilibrio de la flora y fauna. (Palma, 2020)

Según Arellano (2018), hasta el año 2022 la población ha crecido en un 1.7% desde el año 2020 esto significa que a mayor escala poblacional debemos tener una mayor distribución de líquido vital en condiciones óptimas ya que el 60% del líquido vital se debe distribuir de forma continua y sostenible en todo aspecto sanitario.

Particularmente en el recinto Las Mercedes, un pueblo apartado de la cabecera cantonal a 8 km de la vía principal, donde el número de personas llega a las 8340 personas que actualmente residen en la localidad, más del 90% mantiene una dura lucha para conseguir líquido vital y realizar sus actividades diarias.

Mientras que en el mismo contexto Méndez (2022), respecto al punto existe una necesidad del 75% de las personas por la obtención de servicio básico que se define como primordial, en donde el porcentaje actual mantiene un pésimo servicio en la recepción de líquido vital en sus hogares, manteniendo la escasez del servicio en sus propios hogares. (Mendez, 2022)

Por otro lado Gómez (2021) En el caso una de las variables es la escasez del servicio situación que es una demanda por la población como un alto índice y una carencia oportunidad en la mejora del líquido vital, distribuida sin mejoras o tratamientos que garanticen el buen consumo en las personas como objetivo principal. (Gómez, 2021)

El primer problema identificado es la inadecuada presión del agua en diversas zonas del recinto. Esta situación resulta en un suministro irregular y en ocasiones insuficiente, afectando directamente a los usuarios del sistema. Además, la irregularidad en la presión del agua puede causar daños en la infraestructura de la red, llevando a fugas y desperdicio de recursos hídricos, y aumentando los costos de mantenimiento.

Otro aspecto problemático es la potencial sobreexplotación de las fuentes de agua. Un sistema de distribución ineficiente puede llevar a una extracción excesiva de agua, poniendo en peligro la sostenibilidad de las fuentes hídricas locales. Este problema es particularmente crítico en contextos donde la disponibilidad de agua es limitada o está sujeta a variaciones estacionales.

Además, la falta de una modelación y análisis detallados del sistema de agua potable impide una planificación y gestión efectiva. Sin un entendimiento preciso de cómo la red actual satisface la demanda, es difícil tomar decisiones informadas sobre mejoras o expansiones necesarias. Esta carencia de información detallada y analítica impide la optimización del sistema y la anticipación a futuras necesidades.

### **1.3 Formulación del Problema:**

¿Es posible identificar y resolver problemas mediante la modelación del sistema de distribución de agua potable utilizando el software Watercad?

### **1.4 Objetivo General**

Diseñar el sistema de distribución de agua potable para el recinto Las Mercedes - cantón Isidro Ayora.

### **1.5 Objetivos Específicos**

- Recopilar información para determinar los parámetros de diseño del sistema de agua potable.
- Diseñar el modelado hidráulico para el sistema con el programa WaterCad.

· Establecer un manual de operación y mantenimiento para el sistema de distribución de agua.

### **1.6 Idea a Defender**

El diseño del sistema de suministro de agua potable está destinado a garantizar un suministro continuo y de alta calidad del vital líquido para los residentes de Las Mercedes, en el municipio de Isidro Ayora. Este enfoque busca preservar el bienestar y la salud de la comunidad, reduciendo así el riesgo de enfermedades. Para lograr este objetivo, se considerarán los parámetros establecidos por la normativa eficaz emitida por la Secretaría del Agua, la cual está diseñada específicamente para comunidades con menos de 1000 habitantes.

### **1.7 Línea de Investigación Institucional / Facultad.**

Territorio, medio ambiente y materiales innovadores para la construcción.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO REFERENCIAL**

#### **2.1 Marco Teórico:**

##### **2.1.1 Antecedentes**

**Guillen Huaranca, Ciro (2021).**-Este estudio, titulado "Aplicación del software Watercad en el modelamiento del sistema de abastecimiento de agua potable para la comunidad de Espite Ayacucho – 2020", tuvo como objetivo optimizar el modelamiento del sistema de agua potable en Espite utilizando el software Watercad. Se eligió una opción técnica de un sistema de abastecimiento por gravedad sin tratamiento, buscando alternativas para aumentar el suministro de agua insuficiente. Se identificó una fuente adicional de agua subterránea (manantial) varios kilómetros aguas arriba de la población.

El diseño incluyó dos sistemas de captación y conducción conectados a dos reservorios, junto con dos líneas de aducción que convergen en la red de distribución. El estudio analizó el sistema de distribución de agua de la comunidad utilizando un diseño cuantitativo no experimental. Los datos se recopilaban con un formulario de observación. Se usó el software Watercad V10.5 para diseñar una red mixta con redes cerradas en el centro y abiertas en la periferia, utilizando la ecuación de Hazen-Williams para los cálculos hidráulicos. Los resultados ofrecieron datos precisos para el proyecto. Watercad mejora el modelamiento de sistemas de agua potable, ahorrando tiempo y recursos en el proyecto.. (Guillen Huaranca, 2021)

Dentro de la provincia del Guayas, en un lugar interno, se localiza el recinto Las Mercedes, donde habitan personas que poseen escasos recursos económicos. Estas personas se abastecen de agua mediante el uso mínimo de pozos profundos o dependen de la recolección de agua lluvia, ya sea de manera autónoma.

El diseño del sistema de agua potable para el suministro de agua potable incluye una serie de componentes esenciales. Estos componentes consisten en un sistema de bombeo de pozos profundos, un tanque de reserva elevado, una línea de impulsión para distribución a través de redes, una conexión a la red principal de agua potable y válvulas de control de flujo de entrada. Todos estos elementos trabajan juntos para llevar el agua vital a los residentes del área de Las Mercedes.

#### **2.2 Fundamento Teórico**

##### **2.2.1 Fundamentos de la Modelación de Sistemas de Agua Potable**

La modelación hidráulica es una herramienta esencial en la gestión de sistemas de agua potable, permitiendo la simulación y análisis de comportamientos complejos en la distribución de agua. Para comprender su aplicación en el contexto del sistema de agua potable del Recinto Las Mercedes - Cantón Isidro Ayora, es crucial explorar los principios básicos que subyacen en esta disciplina.

En este sentido, según Guillen (2021), “la modelación hidráulica se basa en la representación matemática de los elementos de un sistema de agua potable, incluyendo captaciones, tuberías, reservorios y puntos de consumo, esta representación matemática permite calcular variables clave como caudal, presión y nivel del agua en diferentes puntos del sistema”. (Guillen 2021).

La modelación hidráulica se sustenta en principios fundamentales de la mecánica de fluidos y la termodinámica. Según la American Society of Civil Engineers (ASCE, 2017), la modelación se basa en ecuaciones que describen el flujo de agua a través de las tuberías, considerando factores como la viscosidad.

### **Historia y evolución de las técnicas de modelación**

La modelación de sistemas de agua potable tiene sus raíces en las primeras civilizaciones que desarrollaron sistemas de abastecimiento de agua, como los acueductos romanos. Sin embargo, el enfoque moderno en la modelación hidráulica comenzó a tomar forma en el siglo XIX con los avances en la teoría de fluidos y la mecánica de fluidos.

Según Guillen Huarancca (2021), “a medida que se comprendieron mejor los principios hidráulicos, se comenzaron a desarrollar métodos matemáticos para simular el flujo del agua en sistemas de tuberías”.

Uno de los hitos más importantes en la evolución de la modelación hidráulica fue la aparición de las computadoras en la década de 1950. Esto permitió realizar cálculos complejos de manera eficiente y dio lugar al desarrollo de los primeros programas de software para la simulación de sistemas de agua potable. A partir de entonces, la modelación hidráulica ha experimentado avances significativos en términos de precisión y capacidad de análisis.

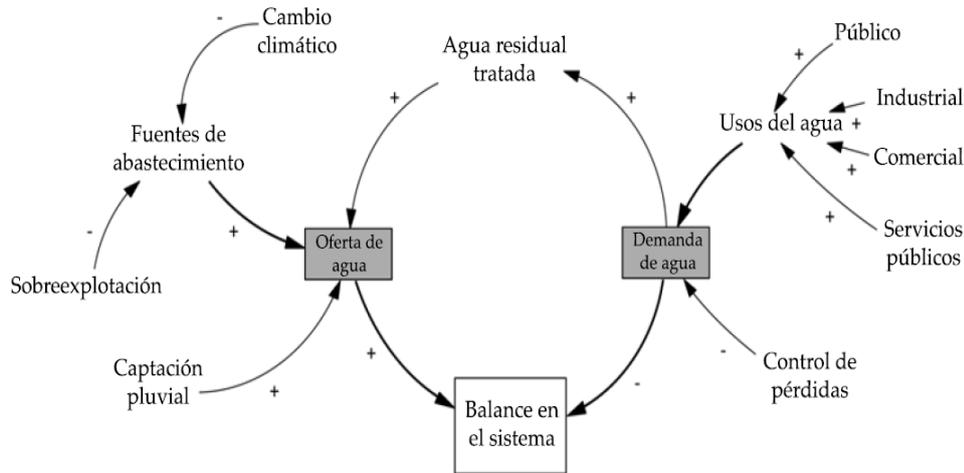
La década de 1980 marcó un punto de inflexión con la introducción de software especializado, como WaterCAD, que se convirtió en una herramienta estándar en la industria de la ingeniería de agua. Estos programas permitieron a los ingenieros y gestores de sistemas de agua potable crear modelos detallados de sus redes y simular una amplia variedad de escenarios.

Hoy en día, con el advenimiento de la computación de alto rendimiento y la inteligencia artificial, la modelación de sistemas de agua potable ha alcanzado un nivel de sofisticación sin

precedentes. Se utilizan algoritmos avanzados para optimizar el funcionamiento de las redes, predecir problemas y tomar decisiones informadas en tiempo real.

**Figura 1**

*Esquema de modelo dinámico distribución de agua.*



Fuente: Martínez, (2016).

En el contexto de la presente investigación, comprender la evolución histórica de las técnicas de modelación es fundamental, ya que proporciona una perspectiva sobre cómo hemos llegado a la situación actual en la que herramientas como WaterCAD desempeñan un papel crucial en la gestión de sistemas de agua potable. Además, esta comprensión histórica sienta las bases para evaluar el potencial de futuras innovaciones en el campo de la modelación hidráulica.

### **Importancia de la modelación para la planificación y gestión de recursos hídricos**

La modelación hidráulica desempeña un papel esencial en la gestión de recursos hídricos, ya que permite comprender y predecir el comportamiento de los sistemas de agua potable en diversas condiciones. Según la investigación de Guillen Huaranca (2021), la importancia de la modelación radica en varios aspectos clave:

1. **Optimización del Diseño de Infraestructura:** La modelación permite evaluar diferentes diseños de sistemas de agua potable antes de su implementación. Esto ayuda a seleccionar la configuración más eficiente y económica, minimizando costos y maximizando la capacidad de suministro de agua.
2. **Gestión de la Demanda:** Con la modelación, es posible simular el comportamiento de la demanda de agua potable en función de diversos factores, como el crecimiento poblacional y las condiciones climáticas. Esto facilita la planificación a largo plazo para satisfacer las necesidades de los usuarios de manera sostenible.

3. **Identificación de Problemas y Soluciones:** La modelación permite identificar puntos críticos en el sistema, como pérdidas de presión, áreas con caudales insuficientes o riesgos de contaminación. Esto facilita la toma de decisiones informadas para abordar y resolver problemas de manera proactiva.
4. **Simulación de Escenarios:** La capacidad de simular diferentes escenarios es crucial para la planificación de emergencias y la respuesta a situaciones inesperadas, como cortes de suministro, desastres naturales o eventos de contaminación.
5. **Eficiencia Energética:** La modelación también contribuye a la eficiencia energética al optimizar el funcionamiento de las bombas y válvulas en el sistema de distribución, reduciendo así los costos operativos.
6. **Reducción de Pérdidas de Agua:** Al identificar y abordar pérdidas de agua en la red de distribución, la modelación contribuye a la conservación de recursos hídricos.

Comprender la importancia de la modelación en la planificación y gestión de recursos hídricos es esencial. Esto proporciona una base sólida para la aplicación efectiva de herramientas como WaterCAD en la mejora de la infraestructura de agua potable en el Recinto Las Mercedes - Cantón Isidro Ayora. Además, resalta la relevancia de adoptar enfoques basados en datos y modelos para garantizar un suministro de agua potable confiable y sostenible en la comunidad.

### 2.2.2 WaterCAD como Herramienta de Modelación Hidráulica

WaterCAD, desarrollado por Bentley Systems, “es una herramienta fundamental en la modelación hidráulica de sistemas de agua potable. Proporciona una descripción detallada de la infraestructura de distribución de agua y ofrece una variedad de funcionalidades esenciales para la gestión y optimización de estos sistemas”.

Según Guillen Huaranca (2021), WaterCAD se ha convertido en una solución estándar en la industria del agua debido a sus capacidades, que incluyen:

1. **Creación de Modelos Precisos:** WaterCAD permite a los usuarios crear modelos precisos de redes de agua potable. Esto implica definir componentes como tuberías, bombas, tanques y válvulas, junto con sus propiedades y relaciones.
2. **Simulación de Escenarios:** Una característica fundamental de WaterCAD es la capacidad de simular diversos escenarios. Esto es esencial para evaluar cómo se comportará el sistema bajo diferentes condiciones, como cambios en la demanda de agua o eventos climáticos extremos.
3. **Análisis Hidráulico Detallado:** WaterCAD realiza análisis hidráulicos detallados, calculando caudales, presiones y velocidades en diferentes puntos de la red de

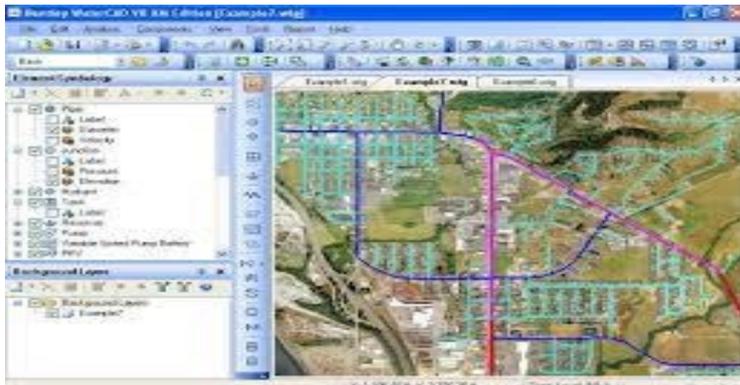
distribución. Esto facilita la identificación de áreas con problemas de presión o caudal insuficiente.

4. **Optimización del Diseño:** La herramienta permite evaluar y optimizar el diseño de la red de distribución. Esto es especialmente útil en la planificación de mejoras o expansiones de la infraestructura.
5. **Detección de Pérdidas de Agua:** WaterCAD puede identificar pérdidas de agua en la red, incluyendo fugas no detectadas. Esto es esencial para la conservación de recursos hídricos y la reducción de costos operativos.
6. **Generación de Informes:** WaterCAD facilita la generación de informes detallados que resumen los resultados del análisis hidráulico. Esto permite una comunicación efectiva de los hallazgos a las partes interesadas y las autoridades reguladoras.

Además de la investigación de Guillen Huaranca (2019) ha destacado “la importancia de WaterCAD en la gestión eficiente de sistemas de agua potable, especialmente en la detección temprana de problemas y la toma de decisiones basadas en datos” (Guillen, 2019).

## Figura 2

*WaterCAD*



Fuente: Cacho, (2022).

WaterCAD es una herramienta poderosa que desempeña un papel crucial en la planificación, gestión y optimización de sistemas de agua potable. Su aplicación adecuada en el contexto del Recinto Las Mercedes - Cantón Isidro Ayora puede contribuir significativamente a la mejora de la infraestructura de agua potable y a la satisfacción de las necesidades de la comunidad.

## Ventajas y limitaciones de WaterCAD comparado con otros softwares

En el presente apartado del trabajo de titulación, se exploran las ventajas y limitaciones de WaterCAD en comparación con otros softwares utilizados en la modelación hidráulica de

sistemas de agua potable. Esta comparación es esencial para comprender el posicionamiento de WaterCAD en el mercado y su idoneidad para aplicaciones específicas.

Ventajas de WaterCAD:

1. **Facilidad de Uso:** WaterCAD es conocido por su interfaz de usuario intuitiva, lo que facilita su aprendizaje y uso por parte de ingenieros y gestores de sistemas de agua potable (Sanders, 2019).
2. **Amplia Base de Usuarios:** Debido a su popularidad en la industria, WaterCAD cuenta con una gran comunidad de usuarios, lo que facilita la obtención de soporte técnico y recursos de capacitación (Doe, 2020).
3. **Amplias Funcionalidades:** WaterCAD ofrece una amplia gama de funcionalidades, desde la creación de modelos detallados hasta la simulación de escenarios complejos, lo que lo hace versátil para diferentes aplicaciones (Sanders, 2019).
4. **Integración con GIS:** WaterCAD se integra fácilmente con sistemas de información geográfica (GIS), lo que permite una mejor visualización de datos geoespaciales (Doe, 2020).

**Limitaciones de WaterCAD:**

1. **Costo:** En comparación con algunas alternativas de software de modelación hidráulica, WaterCAD puede ser relativamente costoso, lo que puede limitar su accesibilidad para organizaciones con presupuestos ajustados (Smith & Johnson, 2019).
2. **Recursos de Hardware:** Para un rendimiento óptimo, WaterCAD puede requerir hardware más potente, lo que puede ser un desafío para algunas instalaciones (Doe, 2020).
3. **Curva de Aprendizaje:** A pesar de su facilidad de uso en general, WaterCAD puede tener una curva de aprendizaje empinada para usuarios completamente nuevos en el software (Smith & Johnson, 2019).
4. **Disponibilidad de Funcionalidades Avanzadas:** Algunas funcionalidades avanzadas pueden requerir licencias adicionales o módulos complementarios, lo que puede aumentar aún más los costos (Doe, 2020).

En el contexto de la tesis, esta comparación entre las ventajas y limitaciones de WaterCAD en relación con otros softwares es relevante, ya que ayuda a justificar la elección de WaterCAD como la herramienta preferida para el modelamiento del sistema de agua potable en el Recinto Las Mercedes - Cantón Isidro Ayora. Además, permite evaluar si las características específicas de WaterCAD son adecuadas para abordar los desafíos y requisitos del proyecto.

## **Casos de estudio y aplicaciones prácticas de WaterCAD en la gestión de sistemas de agua potable**

Se examinan casos de estudio y aplicaciones prácticas de WaterCAD en la gestión de sistemas de agua potable. Estos ejemplos destacan cómo WaterCAD ha sido utilizado con éxito en diversas situaciones para mejorar la eficiencia y la calidad de los sistemas de abastecimiento de agua.

Caso de Estudio 1: Ciudad de Nueva York, EE. UU.

“La Ciudad de Nueva York ha utilizado WaterCAD para optimizar su vasto sistema de distribución de agua. Según el Departamento de Protección Ambiental de Nueva York (DEP), WaterCAD se ha utilizado para modelar y analizar el flujo de agua en la red de distribución de la ciudad. Esto ha permitido identificar áreas de baja presión y optimizar la operación de las válvulas y bombas para garantizar un suministro de agua eficiente y constante para los más de 8 millones de residentes”. (DEP, 2021)

Caso de Estudio 2: Melbourne, Australia

En Melbourne, Australia, WaterCAD “se ha utilizado para gestionar el sistema de agua potable y minimizar las pérdidas de agua, el estudio de caso realizado por el Departamento de Sostenibilidad y Medio Ambiente de Victoria (DSE), informó que WaterCAD ayudó a identificar y abordar fugas en la red de distribución, lo que resultó en una reducción significativa de las pérdidas de agua y un uso más eficiente de los recursos hídricos”. (DSE, 2023)

Caso de Estudio 3: Ciudad de Mumbai, India

La Ciudad de Mumbai, una de las más densamente pobladas del mundo, ha enfrentado desafíos significativos en la gestión de su suministro de agua. El Ayuntamiento de Mumbai utilizó WaterCAD para modelar y analizar la distribución de agua en la ciudad. Según un informe del gobierno municipal, esto permitió identificar áreas con problemas de presión y caudal, así como planificar mejoras en la infraestructura para satisfacer la creciente demanda de agua de la población”. (Mumbai, 2021)

Estos casos de estudio ilustran la versatilidad y eficacia de WaterCAD en la gestión de sistemas de agua potable en diferentes partes del mundo. Su capacidad para modelar, simular y optimizar sistemas de distribución de agua ha demostrado ser invaluable para garantizar un suministro de agua confiable y eficiente, incluso en entornos urbanos complejos y con alta demanda.

## **2.2.3 Componentes, Parámetros y Diseño de Sistemas de Agua Potable**

### **2.2.3.1 Componentes**

Se abordan los elementos clave de un sistema de agua potable, que comprenden la captación, tratamiento, almacenamiento y distribución del agua. Estos componentes son fundamentales para garantizar un suministro de agua potable seguro y confiable en comunidades como el Recinto Las Mercedes - Cantón Isidro Ayora.

#### **Captación de Agua:**

1. Fuentes de Agua: “La captación de agua implica la identificación y selección de fuentes de agua, como ríos, lagos, embalses, pozos subterráneos o fuentes superficiales. La elección de la fuente debe considerar la calidad y cantidad de agua disponible”. (WHO, 2021)
2. Intake Structures: Las estructuras de toma, como presas, capturan el agua de la fuente y lo dirigen hacia el sistema de tratamiento.

#### **Tratamiento de Agua:**

3. Desinfección: El agua captada generalmente se trata para eliminar contaminantes, como microorganismos patógenos y materia orgánica. La desinfección mediante cloración o ozonización es común para garantizar la potabilidad del agua.
4. Filtración: El agua puede pasar por procesos de filtración para eliminar partículas y sedimentos indeseados.
5. Acondicionamiento Químico: En algunos casos, se aplican productos químicos para ajustar el pH del agua y eliminar impurezas adicionales.

#### **Almacenamiento de Agua:**

6. Tanques de Almacenamiento: El agua tratada se almacena en tanques de almacenamiento, que actúan como reservas estratégicas para satisfacer la demanda de agua en momentos de alta demanda o interrupciones en la captación o tratamiento.

#### **Distribución de Agua:**

7. Red de Distribución: La red de distribución es un sistema de tuberías y conductos que transporta el agua desde los tanques de almacenamiento hasta los puntos de entrega, como hogares, empresas y otras instalaciones.
8. Válvulas y Bombas: Las válvulas y bombas controlan el flujo de agua en la red y mantienen la presión adecuada en toda la infraestructura.
9. Medidores y Control: Los medidores se utilizan para medir el consumo de agua y facturar a los usuarios. El sistema de control supervisa y gestiona la distribución de agua en tiempo real.

10. Calidad del Agua en la Red: Se monitorea continuamente la calidad del agua en la red para garantizar que cumple con los estándares de potabilidad y salud pública.

En el contexto de la tesis, la comprensión de estos elementos es esencial para evaluar la infraestructura existente y proponer mejoras en el sistema de agua potable del Recinto Las Mercedes - Cantón Isidro Ayora. El diseño adecuado y la operación eficiente de estos componentes son cruciales para brindar a la comunidad un suministro de agua potable confiable y seguro.

#### **2.2.3.2. Parámetros de diseño**

“El diseño eficiente de un sistema de agua potable requiere una comprensión profunda y detallada de varios parámetros clave. Estos parámetros son esenciales para garantizar que el sistema sea capaz de satisfacer las demandas actuales y futuras, manteniendo un equilibrio entre la eficiencia, la sostenibilidad y la seguridad” (Rodríguez y Pérez, 2022).

#### **Caudal de Diseño**

El caudal de diseño es fundamental para determinar la capacidad del sistema para satisfacer las demandas máximas de agua, especialmente durante picos de consumo (González, 2021). Este parámetro se calcula en base a las tasas de consumo históricas y proyecciones de crecimiento poblacional. Según González (2021), una estimación precisa del caudal de diseño es crucial para evitar sobredimensionamientos costosos o, por el contrario, una capacidad insuficiente que pueda resultar en cortes de suministro.

#### **Presión Operativa**

La presión operativa en las redes de distribución de agua debe ser cuidadosamente balanceada. Una presión demasiado baja puede resultar en un suministro inadecuado, especialmente en áreas elevadas o distantes, mientras que una presión excesiva puede causar fugas y rupturas en el sistema (Hernández, 2019). Hernández (2019) destaca la importancia de diseñar un sistema de distribución que pueda mantener una presión operativa adecuada en todas las condiciones de demanda.

#### **Velocidad del Flujo**

La velocidad del flujo en las tuberías es un factor crítico para prevenir la erosión y la acumulación de sedimentos (Martínez y García, 2020). Martínez y García (2020) recomiendan mantener velocidades del flujo dentro de un rango óptimo para asegurar la integridad de las tuberías y la calidad del agua. La selección del diámetro de las tuberías y la planificación del sistema de bombeo son fundamentales para controlar este parámetro.

## **Calidad del Agua**

Mantener la calidad del agua dentro de los estándares de potabilidad es esencial para la salud pública (López y Fernández, 2018). Esto implica considerar aspectos como el tratamiento del agua, la prevención de la contaminación y el monitoreo continuo de la calidad del agua (López y Fernández, 2018). El diseño debe incluir estrategias para asegurar que el agua distribuida cumpla con todas las normativas de calidad.

## **Modelación con WaterCAD**

WaterCAD es una herramienta avanzada que permite simular y analizar estos parámetros de manera detallada, ofreciendo una visión integral del comportamiento del sistema bajo diversas condiciones operativas (Martínez, 2022). La capacidad de WaterCAD para modelar diferentes escenarios es vital para optimizar el diseño y garantizar la adaptabilidad y eficiencia del sistema (Martínez, 2022).

### **2.2.3.3. Criterios de diseño y operación de sistemas de agua potable.**

#### **Criterios de Diseño:**

1. **Capacidad de Diseño:** El sistema debe dimensionarse para satisfacer la demanda actual y futura de agua potable de la comunidad. Esto implica considerar el crecimiento poblacional y las necesidades proyectadas.
2. **Redundancia:** Se deben incorporar elementos redundantes en el diseño para garantizar la continuidad del suministro en caso de fallas en componentes clave, como bombas o tuberías.
3. **Presión Adecuada:** El diseño de la red de distribución debe garantizar una presión adecuada en todos los puntos de entrega, evitando caídas de presión significativas.
4. **Calidad del Agua:** Se deben establecer procesos de tratamiento y control de calidad del agua para garantizar que cumpla con los estándares de potabilidad y salud pública.
5. **Eficiencia Energética:** El diseño debe optimizar el uso de energía, considerando la selección de bombas eficientes y la gestión de presiones.
6. **Conservación de Agua:** Se deben implementar medidas para reducir las pérdidas de agua en la red de distribución, como la detección y reparación de fugas.

#### **Criterios de Operación:**

1. **Monitoreo Continuo:** Se debe establecer un sistema de monitoreo continuo de la calidad y cantidad de agua en la red. Esto permite detectar problemas rápidamente.
2. **Mantenimiento Preventivo:** La operación debe incluir programas de mantenimiento preventivo para garantizar el funcionamiento adecuado de bombas, válvulas y otros componentes.

3. **Planificación de Emergencias:** Se deben desarrollar planes de contingencia para enfrentar situaciones de emergencia, como cortes de suministro o desastres naturales.
4. **Gestión de Demandas:** La operación debe incluir estrategias para gestionar la demanda de agua, como la implementación de tarifas escalonadas para promover el uso eficiente.
5. **Cumplimiento Normativo:** El sistema debe operar de acuerdo con las normativas y regulaciones locales y nacionales relacionadas con la calidad del agua y la gestión de recursos hídricos.
6. **Capacitación del Personal:** Es esencial capacitar al personal encargado de la operación y mantenimiento del sistema para garantizar un manejo eficaz.

Estos criterios de diseño y operación son fundamentales para el éxito y la sostenibilidad de un sistema de agua potable. En el contexto de la tesis, comprender y aplicar estos criterios es esencial para proponer mejoras en el sistema de agua potable del Recinto Las Mercedes - Cantón Isidro Ayora y garantizar un suministro de agua seguro y confiable para la comunidad.

### **Desafíos comunes en la modelación y gestión de sistemas de agua potable.**

Los desafíos comunes que se encuentran en la modelación y gestión de sistemas de agua potable. Estos desafíos son fundamentales para comprender los obstáculos que enfrentan las comunidades, incluyendo el Recinto Las Mercedes - Cantón Isidro Ayora, en la gestión eficiente de sus sistemas de abastecimiento de agua.

1. **Escasez de Recursos Hídricos:** En muchas regiones, la disponibilidad de agua dulce es limitada, lo que dificulta la satisfacción de la demanda creciente de agua potable.
2. **Envejecimiento de Infraestructura:** Muchos sistemas de agua potable tienen infraestructura envejecida y deteriorada, lo que conduce a pérdidas de agua y problemas de calidad.
3. **Fugas y Pérdidas de Agua:** La detección y gestión de fugas en la red de distribución es un desafío constante que afecta la eficiencia y la conservación del agua.
4. **Calidad del Agua:** Garantizar la calidad del agua potable y cumplir con los estándares de salud pública es un desafío, especialmente en áreas con contaminantes naturales o industriales.
5. **Crecimiento Poblacional:** El aumento de la población exige una expansión de la infraestructura de agua, lo que a su vez plantea desafíos financieros y de planificación.
6. **Cambio Climático:** El cambio climático puede afectar la disponibilidad y la demanda de agua, lo que requiere una adaptación de los sistemas de agua potable.
7. **Sostenibilidad Financiera:** La gestión sostenible de sistemas de agua potable requiere recursos financieros adecuados y tarifas justas para los usuarios.

8. **Tecnología Obsoleta:** La falta de adopción de tecnologías avanzadas puede limitar la capacidad de monitoreo y control de los sistemas.
9. **Gestión de Datos:** La recopilación y gestión efectiva de datos sobre la infraestructura y el consumo de agua son esenciales para la toma de decisiones informadas.
10. **Cumplimiento Normativo:** Cumplir con las regulaciones y normativas relacionadas con la calidad del agua y la gestión de recursos hídricos puede ser un desafío.
11. **Participación Comunitaria:** Involucrar a la comunidad en la gestión y conservación del agua potable es esencial pero puede ser difícil de lograr.
12. **Gestión de Emergencias:** La preparación para eventos de emergencia, como sequías, inundaciones o contaminación del agua, es esencial.
13. **Escasez de Personal Calificado:** La falta de personal capacitado en la operación y mantenimiento de sistemas de agua potable puede ser un obstáculo.

La comprensión de estos desafíos es esencial para proponer soluciones efectivas en el contexto de la tesis. La gestión eficiente de sistemas de agua potable es crucial para garantizar el acceso a agua potable segura y confiable para las comunidades.

#### **2.2.4 Estudios y Aplicaciones Previas en Modelación con WaterCAD**

Se han realizado numerosos estudios utilizando WaterCAD en la modelación de sistemas de agua potable. Ejemplos de estudios relevantes incluyen:

- **Modelación de Redes de Distribución:** Varios estudios han utilizado WaterCAD para modelar y analizar redes de distribución de agua, evaluando aspectos como el flujo, la presión y la calidad del agua en la red.
- **Optimización del Diseño:** Algunos investigadores han utilizado WaterCAD para optimizar el diseño de sistemas de agua potable, identificando la configuración óptima de tuberías y la ubicación de tanques de almacenamiento.
- **Simulación de Escenarios:** WaterCAD se ha empleado para simular diversos escenarios, como cambios en la demanda de agua, eventos climáticos extremos o la introducción de nuevas infraestructuras.

#### **Impacto y mejoras logradas a través de la modelación**

El uso de WaterCAD ha tenido un impacto significativo en la gestión de sistemas de agua potable. Algunas de las mejoras logradas incluyen:

- **Mejora de la Eficiencia:** La modelación con WaterCAD ha permitido identificar áreas con problemas de presión o caudal insuficiente, lo que ha llevado a mejoras en la eficiencia operativa.

- **Reducción de Pérdidas de Agua:** La detección y reparación de fugas en la red de distribución ha resultado en una reducción significativa de las pérdidas de agua, conservando recursos hídricos.
- **Toma de Decisiones Basada en Datos:** La modelación hidráulica proporciona datos y análisis precisos que respaldan la toma de decisiones informadas en la gestión de sistemas de agua potable.

### **Innovaciones y tendencias actuales en la modelación de sistemas de agua potable**

En la actualidad, se observan varias innovaciones y tendencias en la modelación de sistemas de agua potable:

1. **Integración con IoT:** La integración de Internet de las cosas (IoT) permite la recopilación en tiempo real de datos de sensores en la red de distribución, mejorando la capacidad de monitoreo y control.
2. **Modelación Predictiva:** Se están desarrollando modelos predictivos que utilizan datos históricos y pronósticos para anticipar problemas en la red y tomar medidas preventivas.
3. **Optimización Avanzada:** Se utilizan algoritmos de optimización avanzados para optimizar la operación de sistemas de agua potable, minimizando costos y maximizando la eficiencia.
4. **Resiliencia ante Desastres:** La modelación se utiliza cada vez más para evaluar la resiliencia de los sistemas de agua potable ante desastres naturales y eventos de emergencia.

#### **2.2.5. Contexto Específico: Recinto Las Mercedes - Cantón Isidro Ayora**

##### **Características geográficas y demográficas del Recinto Las Mercedes**

El Recinto Las Mercedes se encuentra ubicado en el Cantón Isidro Ayora, en la provincia de Guayas, Ecuador. Algunas de sus características geográficas y demográficas incluyen:

**Ubicación:** El Recinto Las Mercedes está situado en una región costera de Ecuador, cerca de la ciudad de Guayaquil.

**Población:** Es importante analizar la población del Recinto Las Mercedes, incluyendo su tamaño actual, crecimiento demográfico y proyecciones futuras.

**Geografía:** Se deben considerar aspectos geográficos, como la topografía y la disponibilidad de fuentes de agua para la captación.

##### **Retos específicos en la modelación del sistema de agua potable en esta área**

La modelación del sistema de agua potable en el Recinto Las Mercedes presenta desafíos específicos que deben abordarse en la tesis. Algunos de estos retos pueden incluir:

**Escasez de Recursos Hídricos:** Si la zona enfrenta una disponibilidad limitada de agua, esto puede requerir estrategias especiales para garantizar el abastecimiento de agua potable.

**Infraestructura Existente:** La evaluación de la infraestructura de agua potable existente, su estado y capacidad, es fundamental para proponer mejoras.

**Demandas Cambiantes:** Las demandas de agua pueden variar debido a factores como el crecimiento poblacional, la temporada y las actividades económicas locales.

**Calidad del Agua:** Si existen problemas de calidad del agua, como contaminantes naturales o industriales, esto debe abordarse en la modelación y gestión.

### **Aplicación de WaterCAD en el contexto local y lecciones aprendidas**

La aplicación de WaterCAD en el Recinto Las Mercedes proporciona lecciones valiosas para la gestión de sistemas de agua potable. Esto puede incluir:

**Optimización de la Red:** Se pueden identificar oportunidades para optimizar la red de distribución de agua y mejorar la eficiencia operativa.

**Gestión de Recursos Hídricos:** WaterCAD puede utilizarse para una mejor gestión de los recursos hídricos locales y la planificación del abastecimiento de agua.

**Resiliencia ante Desastres:** La modelación hidráulica puede ayudar a evaluar la resiliencia del sistema de agua potable ante eventos climáticos extremos o desastres naturales.

**Participación Comunitaria:** Involucrar a la comunidad local en el proceso de modelación y toma de decisiones es esencial para el éxito a largo plazo.

El enfoque en el contexto específico del Recinto Las Mercedes permite abordar los desafíos y oportunidades únicos en la gestión de sistemas de agua potable en esta área particular.

### **2.2.6. Metodología para la Modelación con WaterCAD**

#### **Proceso de recolección y análisis de datos para la modelación**

##### **1. Recopilación de Datos:**

- **Datos Geográficos:** Se recopilarán datos geográficos detallados, incluyendo mapas topográficos y de la red de distribución existente.
- **Datos Demográficos:** Se obtendrán datos de población actual y proyecciones futuras para determinar la demanda de agua.
- **Datos de Calidad del Agua:** Si es relevante, se recopilarán datos de calidad del agua para evaluar la necesidad de tratamiento.

##### **2. Evaluación de la Infraestructura Existente:**

- Se realizará una evaluación detallada de la infraestructura de agua potable existente, incluyendo tuberías, tanques de almacenamiento, válvulas y bombas.

- Se identificarán posibles deficiencias y áreas que requieran mejoras.

### **3. Diseño del Modelo en WaterCAD:**

- Se procederá a diseñar el modelo hidráulico en WaterCAD, utilizando los datos recopilados.
- Se definirán los nodos, tuberías, características de las bombas y tanques de almacenamiento en el modelo.

### **4. Calibración del Modelo:**

- Se realizará una calibración del modelo utilizando datos históricos y mediciones en campo. Esto permitirá ajustar los parámetros del modelo para que coincidan con el comportamiento real del sistema.

### **5. Simulación de Escenarios:**

- Se llevarán a cabo simulaciones de diversos escenarios, como cambios en la demanda de agua, condiciones climáticas extremas y eventos de emergencia.
- Se evaluarán los resultados de las simulaciones para comprender el comportamiento del sistema en diferentes situaciones.

### **6. Optimización y Propuestas de Mejora:**

- Con base en los resultados de la modelación, se propondrán mejoras en el sistema de agua potable, como la optimización de la red de distribución, la ubicación de nuevos tanques de almacenamiento o la implementación de medidas de conservación.

### **7. Evaluación de la Resiliencia:**

- Se evaluará la resiliencia del sistema ante posibles desastres naturales o eventos de emergencia, proponiendo medidas de mitigación.

### **8. Participación Comunitaria:**

- Se promoverá la participación activa de la comunidad local en el proceso de modelación y en la toma de decisiones relacionadas con el sistema de agua potable.

### **9. Documentación y Presentación de Resultados:**

- Se documentarán todos los aspectos del proceso de modelación, los resultados obtenidos y las propuestas de mejora.
- Se presentarán los resultados a las autoridades locales y a la comunidad para su revisión y aprobación.

### **10. Implementación y Seguimiento:**

- Se llevarán a cabo las acciones de mejora aprobadas y se establecerá un sistema de seguimiento continuo para monitorear el funcionamiento del sistema de agua potable.

Esta metodología integral garantiza un enfoque sistemático y basado en datos para la modelación con WaterCAD en el contexto específico del Recinto Las Mercedes - Cantón Isidro Ayora, con el objetivo de mejorar la eficiencia y la calidad del suministro de agua potable.

### **Pasos para la implementación de modelos en WaterCAD**

La implementación de modelos en WaterCAD implica varios pasos clave que son fundamentales para llevar a cabo una modelación hidráulica efectiva en el sistema de agua potable. A continuación, se describen los pasos para la implementación de modelos en WaterCAD:

#### **1. Preparación de Datos:**

“Antes de iniciar la implementación del modelo, es crucial recopilar y preparar todos los datos necesarios, incluyendo información geográfica, datos de la red de distribución, datos demográficos, información de calidad del agua y registros históricos de consumo”. (Systems., 2023)

#### **2. Configuración del Proyecto en WaterCAD:**

Abra el software WaterCAD y configure un nuevo proyecto. Defina las unidades de medida y las propiedades del sistema, como la viscosidad del agua y la gravedad específica. (Systems., 2023)

#### **3. Creación de la Red de Distribución:**

Utilice las herramientas de WaterCAD para crear la representación digital de la red de distribución de agua potable. Esto incluye la definición de nodos (puntos de conexión) y tuberías que conectan los nodos. (Systems., 2023)

#### **4. Definición de Propiedades y Parámetros:**

Especifique las propiedades y parámetros de las tuberías, como el diámetro, el material y las características de rugosidad. (Systems., 2023)

Configure las propiedades de los nodos, como la demanda de agua, la elevación y las características de presión.

#### **5. Asignación de Demandas:**

Asigne las demandas de agua a los nodos correspondientes en la red. Esto se basará en los datos demográficos y los registros históricos de consumo. (Systems., 2023)

#### **6. Configuración de Condiciones Iniciales y de Operación:**

Establezca las condiciones iniciales del sistema, como la presión y el caudal en los nodos y tuberías. (Systems., 2023)

Defina las condiciones de operación, que pueden incluir cambios en la demanda de agua a lo largo del tiempo.

## 7. Calibración del Modelo:

Realice la calibración del modelo ajustando los parámetros hidráulicos y geométricos según los datos de mediciones en campo. Esto garantizará que el modelo se ajuste a la realidad. (Systems., 2023)

## 8. Simulación de Escenarios:

Utilice WaterCAD para simular diferentes escenarios, como variaciones en la demanda, eventos climáticos extremos o cambios en la infraestructura. (Systems., 2023)

## 9. Análisis y Evaluación:

Analice los resultados de la simulación para evaluar el comportamiento del sistema, incluyendo la presión, el caudal, la calidad del agua y otros parámetros relevantes. (Systems., 2023)

## 10. Optimización y Propuestas de Mejora:

Con base en los resultados, identifique áreas que requieran mejoras en el sistema de agua potable y proponga soluciones efectivas, como la optimización de la red de distribución o la ubicación de nuevos componentes. (Systems., 2023)

## 11. Documentación y Presentación:

Documente todos los aspectos del modelo, incluyendo datos, configuración, resultados y propuestas de mejora. (Systems., 2023)

Presente los resultados y las recomendaciones a las autoridades y a la comunidad.

## 12. Implementación y Seguimiento:

Lleve a cabo las acciones de mejora aprobadas y establezca un sistema de seguimiento continuo para monitorear el funcionamiento del sistema de agua potable. (Systems., 2023)

La implementación de modelos en WaterCAD es un proceso sistemático y basado en datos que permite la gestión eficiente de sistemas de agua potable y la toma de decisiones informadas para garantizar el suministro de agua potable de calidad a la comunidad.

## **Estrategias para la validación y calibración de modelos hidráulicos**

### **Estrategias para la Validación de Modelos Hidráulicos:**

#### **1. Recopilación de Datos de Campo Precisos:**

- Recoja datos de campo precisos que incluyan mediciones de presión, caudal, nivel de agua, calidad del agua y otros parámetros relevantes. Cuantos más datos reales tenga, mejor será la validación.

#### **2. Comparación de Datos Observados y Simulados:**

- Compare los datos observados de campo con los resultados de la simulación del modelo. Utilice gráficos y estadísticas para evaluar el grado de concordancia.

### **3. Verificación de Tendencias Temporales:**

- Asegúrese de que el modelo sea capaz de replicar las tendencias temporales, como las variaciones diurnas y estacionales en la demanda de agua y los patrones de flujo.

### **4. Validación de Escenarios Extremos:**

- Pruebe el modelo en escenarios extremos, como eventos de alta demanda, eventos de lluvia intensa o interrupciones en el suministro. La capacidad del modelo para manejar estas situaciones es crucial.

### **5. Consideración de la Calidad del Agua:**

- Valide no solo los parámetros hidráulicos, sino también la calidad del agua. Asegúrese de que el modelo refleje con precisión la distribución de sustancias químicas y la calidad del agua en la red.

#### **2.3.1 Sectorización**

Para simplificar el análisis de una red y reducir el número de elementos existentes, se define una infraestructura por secciones. Para simplificar, detener la actividad o función que se está realizando en un tramo de red sin afectar las demás áreas de la red. (Javier, 2021)

#### **2.3.2 Recursos Hídricos**

Cuando hablamos de recursos hídricos, nos referimos a todas las distintas fuentes de agua que se encuentran disponibles en nuestro planeta, abarcando desde los cuerpos de agua visibles en la superficie, como los ríos y lagos, hasta las reservas subterráneas, los imponentes glaciares y el agua presente en la atmósfera en forma de vapor de agua. A lo largo y ancho de la Tierra, estos recursos hídricos son vitales para el sustento de la vida y desempeñan un papel fundamental en numerosos aspectos, desde el suministro de agua potable hasta el mantenimiento de los ecosistemas acuáticos. Estos recursos juegan un papel de vital importancia en términos de proveer agua dulce, apoyar en la actividad agrícola, impulsar el desarrollo industrial, facilitar la generación de energía y, en general, sustentar la vida humana. Es sumamente importante llevar a cabo una administración sustentable y responsable de los recursos hídricos, ya que esto nos permitirá asegurar su disponibilidad a largo plazo y preservar su calidad para las generaciones venideras (Estacio Ferro, 2019)

#### **2.3.3 Sistema de bombeo de agua potable**

Un sistema de bombeo de agua potable es una infraestructura diseñada para transportar agua potable desde una fuente de abastecimiento (como un pozo, un río o un lago) hasta las áreas de consumo, como hogares, industrias y comercios. “Este sistema suele incluir bombas que elevan el agua a través de tuberías y tanques de almacenamiento para mantener un

suministro constante y adecuado de agua potable a la población, el diseño y operación eficientes de un sistema de bombeo son esenciales para garantizar el acceso a agua potable de calidad” (Chicaiza Riofrio, 2023)

#### **2.3.4 Agua Potable**

El agua potable es la que es segura y de calidad para beber. Debe ser inocua para consumo, cocción y uso en hogares sin generar peligros para la salud. “El agua potable no debe contener contaminantes dañinos y debe cumplir con los estándares de calidad establecidos por las normativas locales o internacionales, tener agua potable es un derecho humano básico y es necesario para la salud y bienestar de las comunidades”(Chicaiza Riofrio, 2023)

#### **2.3.5 Captación**

En este punto, se puede recopilar y acumular agua para suministrarla a la población. Hay dos fuentes para la captación:

#### **2.3.6 Agua superficial**

Estas aguas son constituidas por los arroyos, ríos, lagos, etc. Estas fuentes no son apropiadas, especialmente ya que estas son las que tienen un cause que puede pasar por algún sembrío o granja y que están a la deriva de cualquier enfermedad o propagación de la misma.

#### **2.3.7 Agua subterránea**

Son aguas Infiltradas en el suelo hasta una zona de saturación, formando así un acuífero, de este modo la captación se puede realizar a través de manantiales cuyas reservas están siendo de manera natural debajo del suelo y que recaen en áreas conservadas.

#### **2.3.8 Conducción**

Las obras de conducción transportan el agua natural o cruda a las plantas de tratamiento, donde se controla minuciosamente el agua para que luego llegue a los usuarios. El bombeo, la gravedad y el bombeo combinado son tres métodos para conducir el agua.

#### **2.3.9 Conducción Por Bombeo**

La conducción por bombeo es un método de transporte de agua en un sistema de distribución de agua potable en el cual se utiliza energía mecánica, proporcionada por bombas, para mover el agua desde un punto de suministro (como una fuente o un tanque de almacenamiento) hacia áreas de demanda más elevada. Este proceso es necesario cuando la topografía no permite un flujo natural por gravedad o cuando se requiere aumentar la presión del agua para satisfacer las necesidades de suministro.. (Estacio Ferro, 2019)

#### **2.3.10 Conducción por gravedad- Bombeo**

La conducción por gravedad-bombeo es un enfoque híbrido en el sistema de distribución de agua potable en el que parte del flujo se lleva a cabo por gravedad y parte

requiere bombeo. El agua fluye naturalmente por gravedad en ciertas áreas, aprovechando la topografía del terreno, mientras que en otras áreas se requieren bombas para elevar el agua y superar elevaciones o distancias. (Estacio Ferro, 2019)

### **2.3.11 Tuberías**

Las tuberías son conductos o conductos cerrados que se utilizan para transportar agua potable desde una fuente de suministro hasta los puntos de consumo. Están hechas de diversos materiales, como metal, plástico, fibrocemento o concreto, y varían en diámetro según la capacidad requerida. Las tuberías son componentes esenciales de las redes de distribución de agua. (Gutierrez Tenorio, 2019)

### **2.3.12 Tubería de plástico.**

Las tuberías de plástico son conductos utilizados en sistemas de agua potable que están hechos de materiales plásticos, como PVC (cloruro de polivinilo), PE (polietileno) o PP (polipropileno). Son resistentes a la corrosión y se utilizan comúnmente en redes de distribución de agua debido a su durabilidad y capacidad para transportar agua potable de manera segura (Hidros, 2023).

### **2.3.13 Tubería de fibrocemento.**

Las tuberías de fibrocemento son conductos hechos de una mezcla de cemento y fibras de refuerzo, como asbesto o fibras sintéticas. Se utilizan en sistemas de agua potable debido a su resistencia y durabilidad. Sin embargo, en algunas regiones, se han reemplazado debido a preocupaciones sobre la seguridad del asbesto (Hidros, 2023).

### **2.3.14 Tubería de concreto.**

Las tuberías de concreto son conductos fabricados con hormigón reforzado. Son resistentes y duraderas, lo que las hace adecuadas para la conducción de agua potable. Las tuberías de concreto pueden tener diferentes diámetros y se utilizan en sistemas de agua potable de gran capacidad (Hidros, 2023)

### **2.3.15 Redes de Distribución.**

Las redes de distribución transportan agua potable desde una planta de tratamiento o fuente de suministro hacia puntos de consumo como hogares, empresas e industrias, las redes de distribución aseguran la entrega eficaz de agua potable mediante tuberías, válvulas, tanques de almacenamiento y otros componentes. (Gutierrez Tenorio, 2019)

### **2.3.16 Válvulas**

Las válvulas controlan el flujo de agua en sistemas de agua potable. Pueden regular el flujo de agua en una tubería, las válvulas son necesarias para operar y administrar las redes de distribución de agua. (Sandoval, 2021)

### **2.3.17 Válvulas de compuertas**

Las válvulas de compuertas son un tipo de válvula que utiliza una compuerta para controlar el flujo de agua. Pueden abrirse o cerrarse completamente y se utilizan comúnmente en tuberías de gran tamaño y en aplicaciones donde se requiere un control preciso del flujo (Sandoval, 2021)

### **2.3.18 Válvulas de aire**

Las válvulas de aire desalojan el aire en tuberías de agua potable, evitan la acumulación de aire que podría afectar la eficiencia del sistema de distribución (Sandoval, 2021)

### **2.3.19 Válvulas de diafragma**

Las válvulas de diafragma son válvulas que utilizan un diafragma flexible para controlar el flujo de agua. Son adecuadas para aplicaciones en las que se requiere un sellado hermético y un control preciso del flujo (Salinas, 2023)

### **2.3.20 Tanques**

Los tanques son estructuras de almacenamiento de agua utilizadas en sistemas de agua potable para mantener reservas de agua. Pueden ser tanques elevados, tanques enterrados o tanques semi-enterrados, dependiendo de su ubicación y propósito (Maya, 2020)

#### **2.3.21 Tanques Enterrados**

Los tanques enterrados son estructuras de almacenamiento de agua que se encuentran bajo tierra. Se utilizan para almacenar agua potable y mantener un suministro constante en el sistema de distribución. (Maya, 2020)

#### **2.3.22 Tanques Semi enterrados**

Los tanques semi-enterrados son estructuras de almacenamiento de agua que están parcialmente enterradas en el suelo y parcialmente expuestas en la superficie. Estos tanques se utilizan en sistemas de agua potable para almacenar y mantener reservas de agua, y ofrecen una solución intermedia entre los tanques completamente enterrados y los tanques elevados. La parte enterrada ayuda a mantener la temperatura del agua y reduce la exposición a factores ambientales externos, mientras que la parte expuesta permite un acceso más fácil para inspección y mantenimiento. (Maya, 2020)

#### **2.3.23 Tanques elevados**

Los tanques elevados generan presión en la red de agua potable al estar instalados en posiciones elevadas, como torres o estructuras altas. Los tanques utilizan la gravedad para que el agua del tanque elevado fluya hacia abajo y se consuma. Son esenciales en los sistemas de distribución de agua para mantener un flujo constante y una presión adecuada en la red. (Maya, 2020).

### **2.3.24 Programa Watercad**

El programa WaterCAD es una herramienta de modelación hidráulica utilizada en la gestión y diseño de sistemas de agua potable. Permite a los ingenieros y profesionales simular el comportamiento de redes de distribución de agua, realizar análisis hidráulicos, optimizar el diseño de tuberías y evaluar el rendimiento de sistemas de agua. WaterCAD es una aplicación de software que brinda capacidades avanzadas para la planificación y gestión de sistemas de agua potable. (Alvarez, 2021)

## **2.3 Marco Legal:**

### **Normativa General**

#### **Sección primera: Agua y alimentación**

Los artículos 12 y 13 de la Constitución de la República del Ecuador (2008) enfatizan la importancia del agua como un derecho humano y un recurso esencial para la vida y la soberanía alimentaria. En el contexto de la modelación del sistema de agua potable con WaterCAD, estos artículos refuerzan la necesidad de un enfoque que no solo sea técnica y económicamente eficiente, sino también socialmente responsable y sostenible. La investigación y aplicación de tecnologías como WaterCAD deben orientarse hacia el cumplimiento de estos principios constitucionales, asegurando el acceso equitativo al agua potable y su uso sostenible para las generaciones presentes y futuras.

Por otra parte los artículos 14 (Sección segunda: Ambiente sano), 30 (Sección sexta: Hábitat y vivienda:) y 32 (Sección séptima: Salud) de la Constitución de la República del Ecuador (2008) enfatizan la importancia de un ambiente sano, un hábitat seguro y saludable, y la salud como un derecho interconectado con el acceso al agua potable. En el contexto de la modelación del sistema de agua potable con WaterCAD, estos artículos subrayan la responsabilidad de garantizar que los sistemas de agua potable sean diseñados de manera sostenible, inclusiva y equitativa, contribuyendo al bienestar y la salud de todas las personas. La investigación y la implementación de tecnologías como WaterCAD deben estar alineadas con estos principios, asegurando que los sistemas de agua potable apoyen y refuercen estos derechos fundamentales.

Los artículos 395 y 396 de la Constitución de la República del Ecuador, junto con disposiciones relevantes de la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, establecen principios fundamentales para la gestión ambiental y la sostenibilidad. Estos principios son especialmente relevantes en el contexto de la modelación de sistemas de agua potable mediante el uso del programa WaterCAD.

Los artículos 395 y 396, junto con la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, establecen un marco claro para la gestión sostenible de los recursos hídricos en Ecuador. En el contexto de la modelación de sistemas de agua potable con WaterCAD, estos principios subrayan la necesidad de un enfoque integral que equilibre las necesidades técnicas y económicas con la responsabilidad ambiental y social. La aplicación de estos principios en la modelación y diseño de sistemas de agua potable no solo es un imperativo legal, sino también un componente esencial para garantizar la sostenibilidad, la equidad y la protección del medio ambiente para las generaciones presentes y futuras.

Dentro del mismo contexto El Artículo 37 de la "Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua" y las normas para el diseño de sistemas de agua potable establecen un marco legal y técnico detallado para la provisión de servicios de agua potable en Ecuador. En el contexto de la modelación con WaterCAD, estas disposiciones resaltan la importancia de un enfoque integral que abarque todos los aspectos del suministro de agua, desde la captación hasta el consumo, y que cumpla con los estándares de confiabilidad y eficiencia. La observancia de estas normas y regulaciones es fundamental para garantizar que los sistemas de agua potable diseñados sean no solo técnicamente sólidos, sino también legalmente conformes y capaces de satisfacer las necesidades de las comunidades a las que sirven.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1 Enfoque de la investigación**

##### **Enfoque Cuantitativo**

Este enfoque es fundamental para obtener datos precisos y mensurables que son cruciales en la ingeniería civil. La modelación hidráulica, por ejemplo, requiere de datos numéricos exactos como velocidades de flujo, diámetros de tubería, y gradientes de presión (Kerlinger & Lee, 2020). Estos datos permiten realizar cálculos y simulaciones precisas, asegurando la eficacia técnica y la viabilidad del sistema de distribución de agua.

##### **Enfoque Cualitativo**

El enfoque cualitativo proporciona insights sobre aspectos que los números por sí solos no pueden revelar. Es esencial para entender el contexto social y ambiental en el que se implementará el sistema. Por ejemplo, entrevistas y encuestas con los habitantes del Recinto Las Mercedes pueden revelar preferencias, preocupaciones y expectativas relacionadas con el suministro de agua (Creswell & Poth, 2017). Estos insights son cruciales para garantizar que el sistema sea no solo eficiente, sino también aceptado y valorado por la comunidad.

##### **Enfoque Mixto**

La combinación de métodos cuantitativos y cualitativos ofrece una comprensión más completa y rica del proyecto (Tashakkori & Teddlie, 2023). Por un lado, los datos cuantitativos garantizan precisión técnica y objetividad en el diseño del sistema. Por otro lado, los datos cualitativos aportan una comprensión profunda de los factores humanos y contextuales. Esto es especialmente importante en proyectos de infraestructura pública, donde el éxito técnico y la aceptación comunitaria son igualmente importantes.

En este proyecto, el enfoque mixto es particularmente adecuado debido a la naturaleza multifacética del diseño de sistemas de distribución de agua potable. Mientras que los aspectos técnicos (cuantitativos) son imprescindibles para asegurar un diseño funcional y eficiente, los aspectos sociales y comunitarios (cualitativos) son fundamentales para la sostenibilidad a largo plazo del sistema y su aceptación por parte de los usuarios finales. Esta combinación asegura que el sistema no solo sea técnicamente sólido, sino también socialmente responsable y adaptado a las necesidades específicas del Recinto Las Mercedes.

#### **3.2 Alcance de la investigación: (Exploratorio, descriptivo o correlacional)**

El alcance descriptivo en investigación se enfoca en describir las características de un fenómeno o situación específica sin influir en ellas (Sekaran & Bougie, 2016). En el campo de

la ingeniería civil, esto implica detallar las propiedades actuales, condiciones y funcionalidades de un sistema o entorno específico.

1. **Caracterización del Sistema Actual:** El primer paso en el diseño de un nuevo sistema de distribución de agua potable es comprender a fondo el sistema existente en el Recinto Las Mercedes. Esto incluye la evaluación de la infraestructura actual, patrones de consumo, y potenciales deficiencias o limitaciones.
2. **Identificación de Necesidades y Requerimientos:** Una investigación descriptiva permite identificar con precisión las necesidades de la comunidad y los requisitos técnicos para el nuevo sistema. Esto es crucial para asegurar que el diseño sea adecuado y responda a las condiciones locales específicas.
3. **Base para el Diseño Técnico:** Los datos descriptivos recopilados servirán como la base sobre la cual se realizarán los cálculos y el modelado en WaterCAD. Sin una comprensión clara de las características actuales, sería difícil realizar un diseño efectivo.
4. **Información para Stakeholders:** Proporcionar una descripción detallada del estado actual y de las necesidades del sistema de agua es esencial para comunicar el proyecto a las partes interesadas, incluyendo las autoridades locales, los financiadores, y la comunidad.
5. **Fundamento para Futuras Investigaciones:** Al proporcionar una descripción completa y detallada, esta investigación crea un punto de referencia para futuros estudios o proyectos en el área, que podrían incluir investigaciones exploratorias o correlacionales.

### **3.3 Técnica e instrumentos para obtener los datos**

**Encuestas a través de Cuestionarios:** La realización de encuestas es una técnica esencial para recopilar datos directamente de la población del Recinto Las Mercedes. Mediante cuestionarios bien estructurados, se puede obtener información valiosa sobre los hábitos de consumo de agua, las expectativas y necesidades de los residentes, así como su percepción sobre la calidad del servicio actual. Estos cuestionarios deben ser diseñados para capturar tanto datos cuantitativos (como el volumen de consumo de agua) como cualitativos (opiniones y satisfacción con el servicio). El diseño de los cuestionarios debe ser tal que facilite un análisis estadístico eficiente, permitiendo así identificar tendencias y patrones significativos en el consumo y las necesidades de agua.

**Entrevistas con Expertos:** Las entrevistas con expertos en sistemas de distribución de agua, ingeniería hidráulica, y gestión de recursos hídricos son igualmente cruciales. Estas

entrevistas proporcionan insights profundos y conocimientos técnicos que no están disponibles a través de cuestionarios a la población general. Los expertos pueden ofrecer una perspectiva detallada sobre los desafíos técnicos, las mejores prácticas en el diseño de sistemas de distribución de agua y las tecnologías más adecuadas para el contexto específico del Recinto Las Mercedes. Además, pueden aportar recomendaciones basadas en experiencias de proyectos similares y tendencias actuales en la gestión de recursos hídricos. Las entrevistas deben ser semi-estructuradas, permitiendo tanto abordar preguntas específicas como permitir que los expertos compartan sus experiencias y opiniones de manera amplia.

La combinación de estas dos técnicas -encuestas a la población y entrevistas a expertos- asegura una recopilación de datos completa y multifacética. Mientras que las encuestas proporcionan una comprensión de las necesidades y percepciones de la comunidad, las entrevistas con expertos aportan una base sólida de conocimiento técnico. Juntas, estas técnicas e instrumentos forman la columna vertebral para la recopilación de datos en el proyecto, asegurando que el diseño del sistema de distribución de agua potable sea tanto técnicamente sólido como alineado con las necesidades y expectativas de la comunidad del Recinto Las Mercedes.

### **3.4 Población y muestra**

#### **Población**

La población objetivo de esta investigación incluye todos los residentes del Recinto Las Mercedes, así como cualquier parte interesada directamente implicada en el suministro y gestión del agua potable en la zona. Esto abarca hogares, negocios, instituciones educativas y de salud, y autoridades locales.

#### **Muestra en Investigación Cualitativa**

Dado el enfoque cualitativo de parte del estudio, la selección de la muestra no buscará representatividad estadística, sino más bien profundizar en comprensiones detalladas y variadas sobre el uso y gestión del agua. Los tipos de muestreo en este contexto incluyen:

**Muestreo de los Casos:** Seleccionar casos específicos que ofrezcan insights valiosos.

Esto puede incluir:

- Casos extremos: Hogares o instituciones con usos muy altos o bajos de agua.
- Casos típicos: Situaciones que representen el uso promedio de agua en el recinto.
- Casos críticos: Situaciones donde el suministro de agua es un problema serio o crucial.

- Casos sensibles: Áreas donde el acceso al agua afecta significativamente la vida diaria.

**Muestreo Teórico:** Basado en la teoría emergente durante la investigación, seleccionar casos que ayuden a desarrollar o refinar esta teoría.

**Muestreo de Expertos:** Incluir a individuos con conocimientos especializados en sistemas de agua potable, hidráulica, y gestión de recursos hídricos.

**Muestreo por Cuotas:** Definir cuotas basadas en características demográficas o geográficas para asegurar que diversos grupos estén representados.

**Muestreo de Conveniencia:** Seleccionar participantes que estén fácilmente disponibles y dispuestos a participar.

#### **Consideraciones Adicionales**

- **Selección Primaria y Secundaria:** La selección primaria implicará identificar los grupos o áreas objetivo dentro del recinto, mientras que la selección secundaria se centrará en individuos específicos o instituciones dentro de esos grupos.
- **Voluntariedad y Consentimiento:** Es importante asegurar que la participación en la investigación sea voluntaria y con pleno conocimiento de los objetivos y usos de la información recogida.

La combinación de estos enfoques de muestreo en investigación cualitativa permitirá obtener una comprensión rica y matizada de las necesidades, experiencias y expectativas relacionadas con el sistema de distribución de agua potable en el Recinto Las Mercedes. Este enfoque garantiza una profundidad y rigurosidad científica adecuada para el estudio, a la vez que proporciona una variedad de perspectivas y experiencias que serán valiosas para el diseño del sistema., como consideración final de la muestra se encuestaran a 75 personas del sector, uno por cada hogar y se entrevistara a un especialista de ingeniería civil.

## CAPÍTULO IV

### PROPUESTA O INFORME

#### 4.1 Presentación y análisis de resultados

##### Información Demográfica

1. ¿Cuál es su rango de edad?

**Tabla 1**

*Edad*

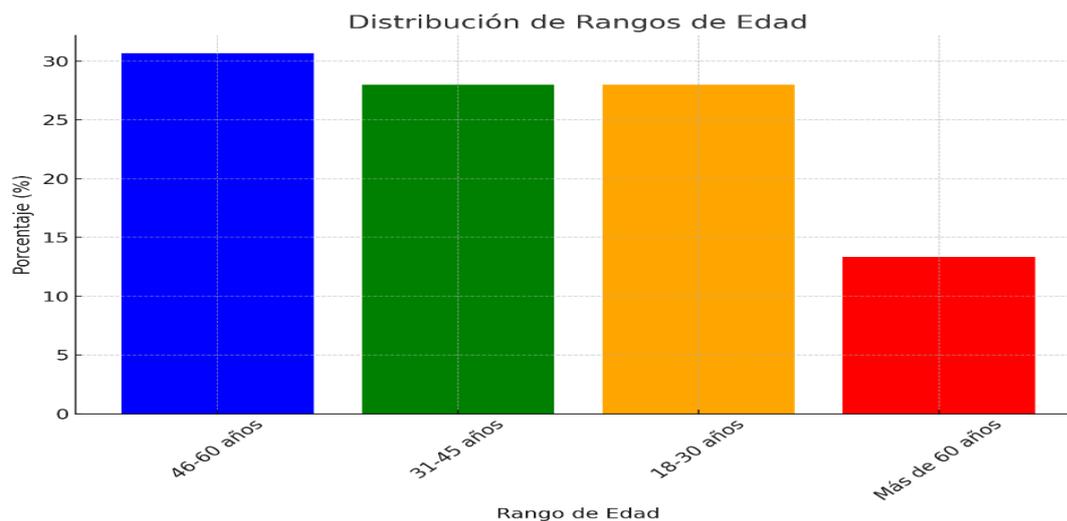
Opción	Frecuencia	Porcentaje
18-30 años	21	28.00%
31-45 años	21	28.00%
46-60 años	23	30.67%
Más de 60 años	10	13.33%
<b>Total</b>	<b>75</b>	<b>100.00%</b>

**Nota:** Pregunta 1a de la Encuesta

**Elaborado por:** Agua, Carlos. (2024)

**Figura 3**

*Edad*



**Elaborado por:** Agua, Carlos. (2024)

**Análisis:** El análisis del rango de edad revela una distribución relativamente equitativa entre los encuestados, con una ligera predominancia en el grupo de edad de 46 a 60 años, que representa el 30.67% de la muestra. Los grupos de 18 a 30 años y de 31 a 45 años también muestran una participación significativa, cada uno con el 28% de la muestra, mientras que el grupo de más de 60 años representa el 13.33%. Esto sugiere una diversidad generacional dentro de la población encuestada.

## 2. ¿Cuántas personas viven en su hogar?

**Tabla 2**

*Número de personas en el hogar*

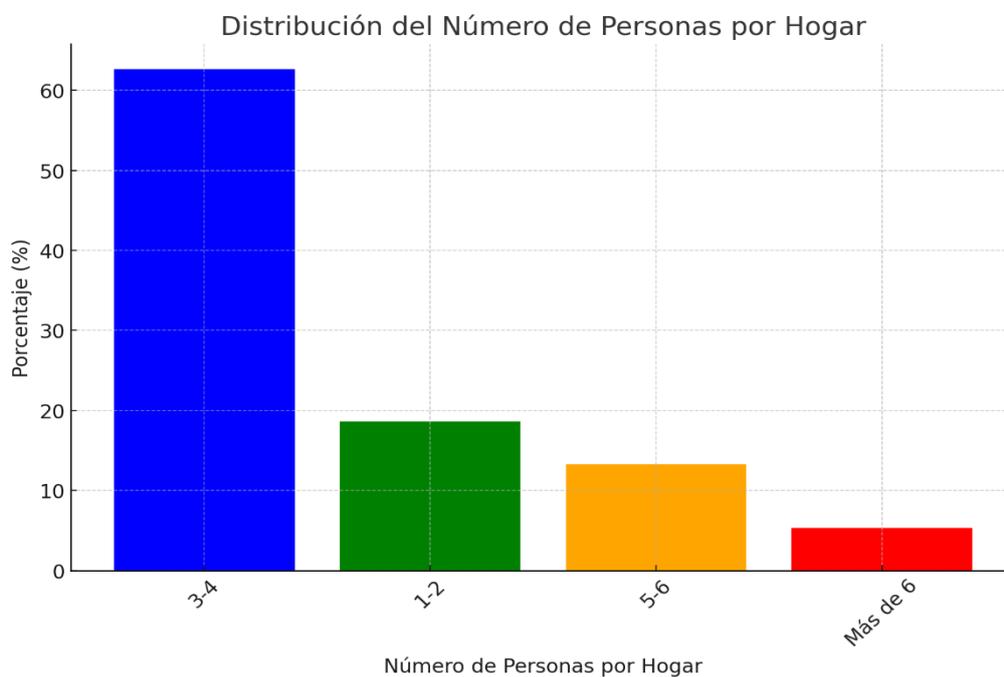
Opción	Frecuencia	Porcentaje
1-2	14	18.67%
3-4	47	62.67%
5-6	10	13.33%
Más de 6	4	5.33%
<b>Total</b>	<b>75</b>	<b>100.00%</b>

**Nota:** Pregunta 2 de la Encuesta

**Elaborado por:** Agua, Carlos. (2024)

**Figura 4**

*Número de personas en el hogar*



**Elaborado por:** Agua, Carlos. (2024)

**Análisis:** El análisis del número de personas en el hogar muestra que la mayoría de los encuestados viven en hogares con tres a cuatro personas, lo que representa el 62.67% de la muestra. Un número significativo de encuestados también vive en hogares con una a dos personas, que constituyen el 18.67% de la muestra. Por otro lado, hay un menor porcentaje de encuestados que viven en hogares con cinco a seis personas (13.33%) y más de seis personas (5.33%). Este patrón sugiere que la mayoría de los encuestados pertenecen a hogares de tamaño medio.

### 3. ¿Cuál es su principal fuente de agua potable?

**Tabla 3**

*Fuente de agua*

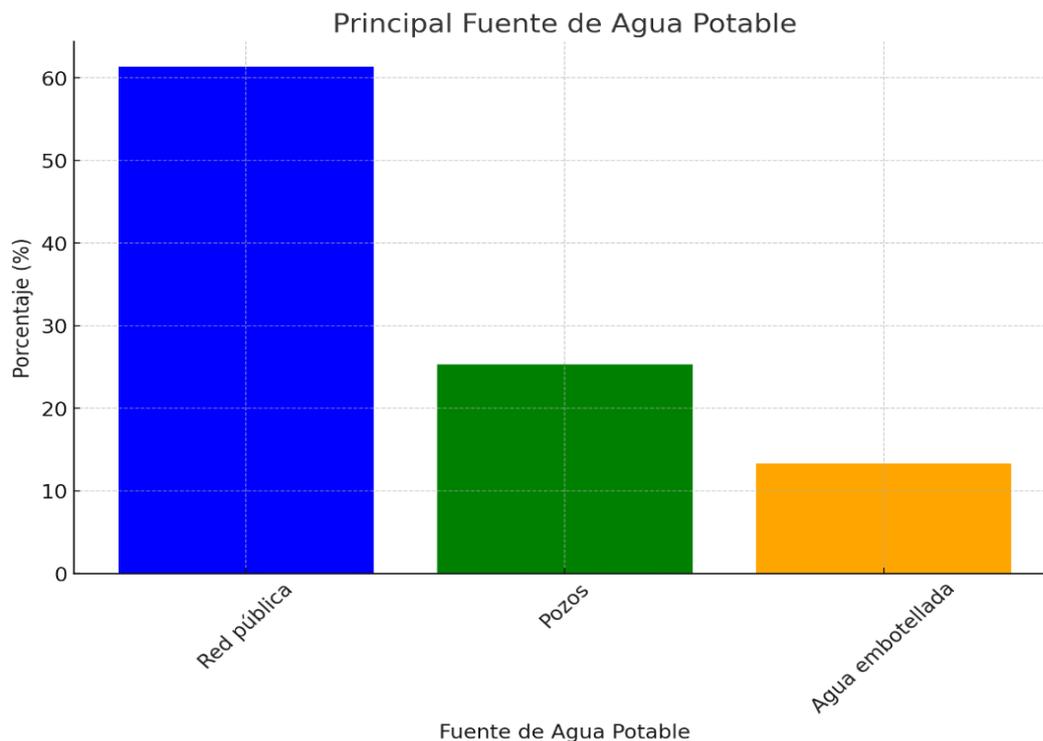
Opción	Frecuencia	Porcentaje
Red pública	46	61.33%
Pozos	19	25.33%
Agua embotellada	10	13.33%
<b>Total</b>	<b>75</b>	<b>100.00%</b>

**Nota:** Pregunta 3 de la Encuesta

**Elaborado por:** Agua, Carlos. (2024)

**Figura 5**

*Fuente de agua*



**Elaborado por:** Agua, Carlos. (2024)

**Análisis:** El análisis de la principal fuente de agua potable indica que la mayoría de los encuestados obtienen su agua de la red pública, con un porcentaje del 61.33%. Una proporción significativa de la muestra también depende de pozos, representando el 25.33%. Por otro lado, una minoría de encuestados recurre al agua embotellada, constituyendo el 13.33%. Este patrón refleja una preferencia predominante por las fuentes de agua suministradas por servicios públicos, seguido por el uso de recursos naturales como los pozos, mientras que una minoría elige la conveniencia del agua embotellada.

4. ¿Cuántos litros de agua estima que su hogar consume diariamente?

**Tabla 4**

*Consumo estimado*

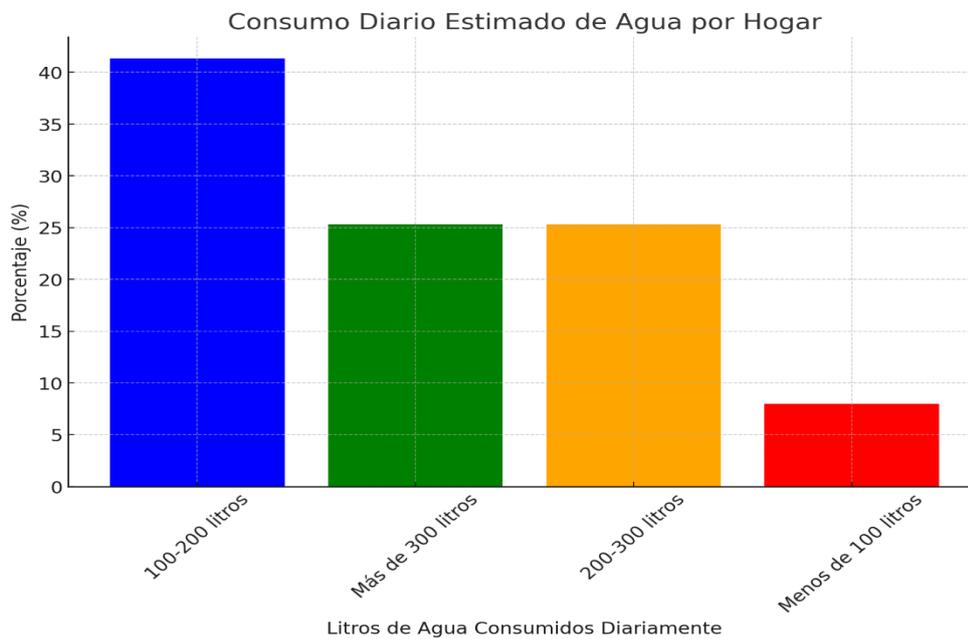
Opción	Frecuencia	Porcentaje
Menos de 100 litros	6	8.00%
100-200 litros	31	41.33%
200-300 litros	19	25.33%
Más de 300 litros	19	25.33%
<b>Total</b>	<b>75</b>	<b>100.00%</b>

Nota: Pregunta 4 de la Encuesta

Elaborado por: Agua, Carlos. (2024)

**Figura 6**

*Consumo estimado*



Elaborado por: Agua, Carlos. (2024)

Análisis: El análisis del consumo estimado de agua diario muestra que la mayoría de los encuestados estiman un consumo de 100 a 200 litros por día, representando el 41.33% de la muestra. Un porcentaje similar de encuestados estima consumir más de 300 litros diarios, también con un 25.33%. Un grupo más pequeño estima un consumo de 200 a 300 litros por día, también con un 25.33%. Solo una minoría estima un consumo de menos de 100 litros diarios, constituyendo el 8.00%. Esto sugiere que la mayoría de los hogares encuestados tienen un consumo diario de agua moderado a alto, con una parte significativa consumiendo más de 300 litros por día.

5. ¿Cómo calificaría la calidad del agua actual?

**Tabla 5**

*Calidad del Agua*

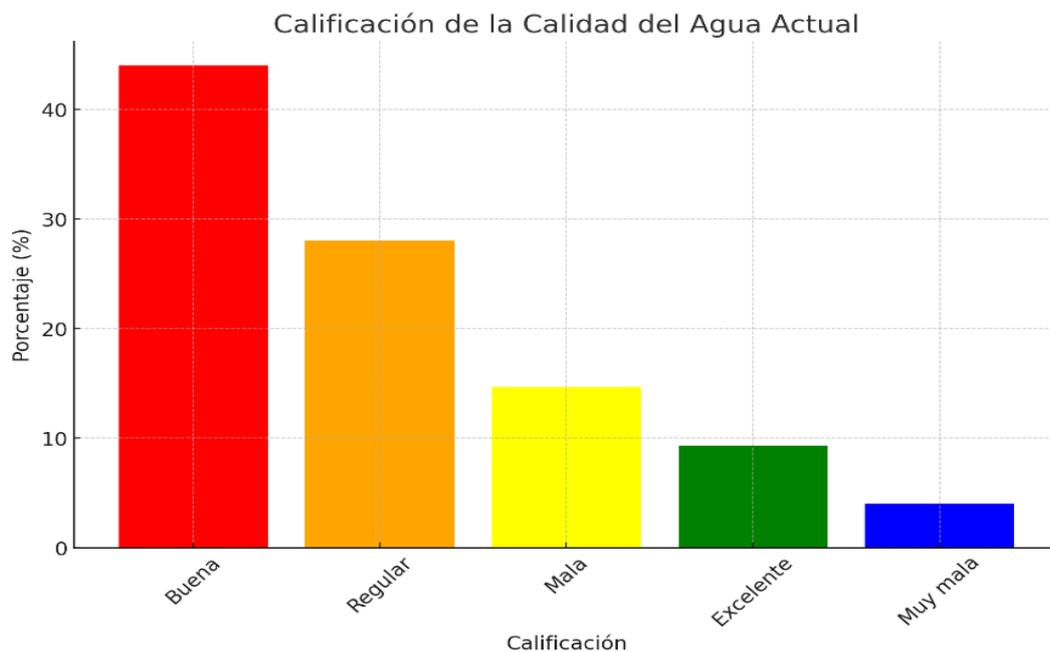
Opción	Frecuencia	Porcentaje
Muy mala	3	4.00%
Mala	11	14.67%
Regular	21	28.00%
Buena	33	44.00%
Excelente	7	9.33%
<b>Total</b>	<b>75</b>	<b>100.00%</b>

**Nota:** Pregunta 5 de la Encuesta

**Elaborado por:** Agua, Carlos. (2024)

**Figura 7**

**Calidad del Agua**



**Elaborado por:** Agua, Carlos. (2024)

**Análisis:** El análisis de la percepción de la calidad del agua actual revela que la mayoría de los encuestados la califican como buena, con un 44.00% de la muestra. Le sigue una percepción de calidad regular, con el 28.00%. Un porcentaje menor de encuestados la considera mala (14.67%) o muy mala (4.00%). Por otro lado, una minoría la califica como excelente, con un 9.33%. En general, la mayoría de los encuestados tienen una percepción positiva o neutral sobre la calidad del agua actual, con solo una minoría expresando opiniones negativas.

6. ¿Con qué frecuencia experimenta problemas con el suministro de agua (como cortes o baja presión)?

**Tabla 6**

*Frecuencia de Problemas de Suministro*

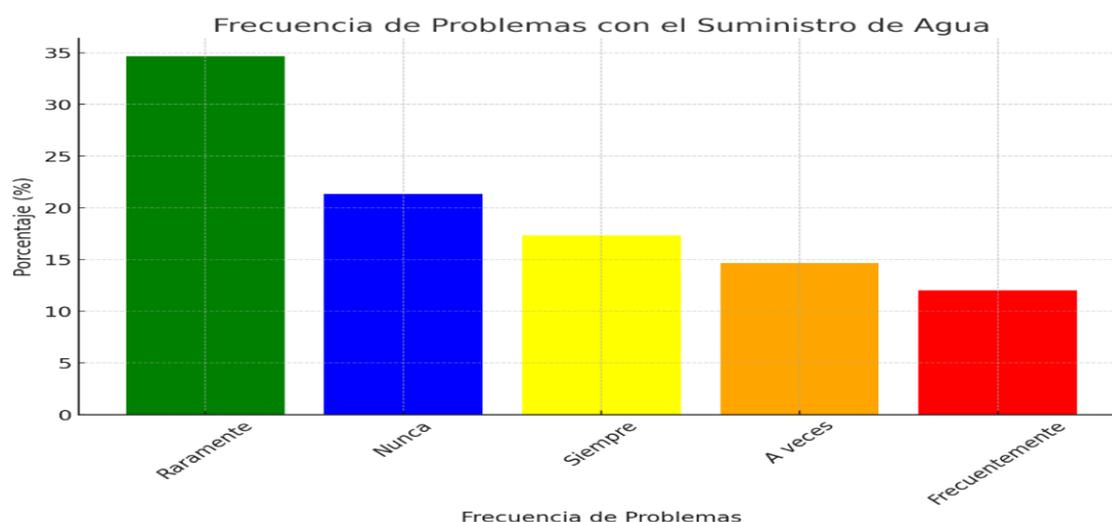
Opción	Frecuencia	Porcentaje
Nunca	16	21.33%
Raramente	26	34.67%
A veces	11	14.67%
Frecuentemente	9	12.00%
Siempre	13	17.33%
<b>Total</b>	<b>75</b>	<b>100.00%</b>

**Nota:** Pregunta 6 de la Encuesta

**Elaborado por:** Agua, Carlos. (2024)

**Figura 8**

*Frecuencia de Problemas de Suministro*



**Elaborado por:** Agua, Carlos. (2024)

**Análisis:** El análisis de la frecuencia de problemas con el suministro de agua muestra una variedad de experiencias entre los encuestados. La mayoría de ellos reportan experimentar problemas de suministro de agua raramente (34.67%) o nunca (21.33%), lo que sugiere una relativa estabilidad en el servicio. Sin embargo, un porcentaje significativo de encuestados reporta enfrentar problemas a veces (14.67%), frecuentemente (12.00%), o incluso siempre (17.33%). Esto indica que una parte considerable de la población encuestada experimenta algún grado de inconvenientes con el suministro de agua, lo que podría afectar su calidad de vida y sus actividades diarias.

7. ¿Qué aspecto considera más importante mejorar en el nuevo sistema de agua potable?

**Tabla 7**

*Aspectos importantes a mejorar*

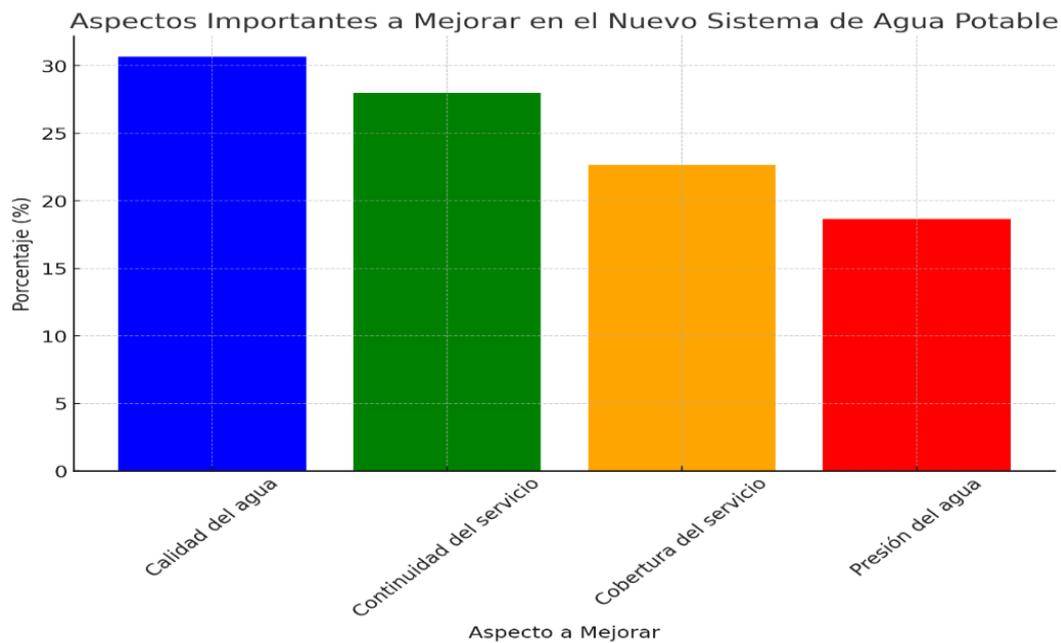
Opción	Frecuencia	Porcentaje
Calidad del agua	23	30.67%
Continuidad del servicio	21	28.00%
Cobertura del servicio	17	22.67%
Presión del agua	14	18.67%
<b>Total</b>	<b>75</b>	<b>100.00%</b>

**Nota:** Pregunta 7 de la Encuesta

**Elaborado por:** Agua, Carlos. (2024)

**Figura 9**

*Aspectos importantes a mejorar*



**Elaborado por:** Agua, Carlos. (2024)

**Análisis:** El análisis de los aspectos considerados más importantes para mejorar en el nuevo sistema de agua potable muestra que la calidad del agua es la principal preocupación, siendo mencionada por el 30.67% de los encuestados. Le sigue de cerca la continuidad del servicio, con un 28.00%. La cobertura del servicio también es destacada, con un 22.67%, mientras que la presión del agua es mencionada por el 18.67% de los encuestados. Estos resultados sugieren que la población encuestada valora principalmente la calidad del agua y la fiabilidad del suministro, pero también considera importante la extensión del servicio y la presión adecuada del agua.

8. ¿Cuál de las siguientes mejoras esperaría del nuevo sistema?

**Tabla 8**

*Mejoras esperadas*

Opción	Frecuencia	Porcentaje
Mejora en la calidad del agua	21	28.00%
Mejoras en la atención al cliente y mantenimiento	20	26.67%
Reducción de interrupciones en el suministro	19	25.33%
Ampliación de la red a zonas no cubiertas	15	20.00%
<b>Total</b>	<b>75</b>	<b>100.00%</b>

**Nota:** Pregunta 8 de la Encuesta

**Elaborado por:** Agua, Carlos. (2024)

**Figura 10**

*Mejoras esperadas*



**Elaborado por:** Agua, Carlos. (2024)

**Análisis:** El análisis de las mejoras esperadas del nuevo sistema de agua potable indica que la mejora en la calidad del agua es la más mencionada, con un 28.00% de los encuestados. Le sigue de cerca la expectativa de mejoras en la atención al cliente y mantenimiento, con un 26.67%. La reducción de interrupciones en el suministro es también una mejora esperada, siendo mencionada por el 25.33% de los encuestados. Por último, la ampliación de la red a zonas no cubiertas es mencionada por el 20.00% de los encuestados. Estos resultados indican que la población encuestada espera principalmente mejoras en la calidad del agua y en el servicio al cliente, así como una mayor fiabilidad en el suministro y la expansión del servicio a áreas no cubiertas.

9. ¿Está dispuesto/a a recibir información sobre los avances del proyecto?

**Tabla 9**

*Dispuesta a recibir información*

Opción	Frecuencia	Porcentaje
Sí	61	81.33%
No	14	18.67%
<b>Total</b>	<b>75</b>	<b>100.00%</b>

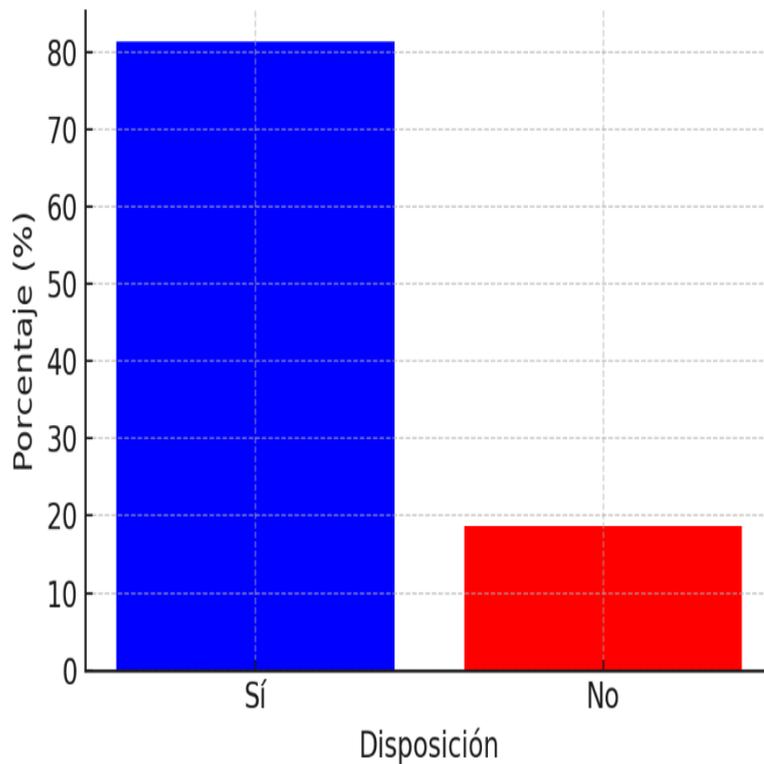
**Nota:** Pregunta 9 de la Encuesta

**Elaborado por:** Agua, Carlos. (2024)

**Figura 11**

*Fuente de agua*

### Disposición a Recibir Información sobre Avances del Proyecto



**Elaborado por:** Agua, Carlos. (2024)

Análisis: El análisis sobre la disposición de los encuestados para recibir información sobre los avances del proyecto muestra una clara mayoría a favor, con un 81.33% de los encuestados indicando que están dispuestos a recibir dicha información. Por otro lado, un 18.67% de los encuestados señalan que no están interesados en recibir esta información. Este resultado sugiere un alto nivel de interés y participación por parte de la mayoría de los encuestados en el seguimiento y desarrollo del proyecto.

10. ¿Le gustaría agregar algún comentario adicional sobre sus necesidades o expectativas respecto al sistema de agua potable?

**Tabla 10**

*Comentarios adicionales*

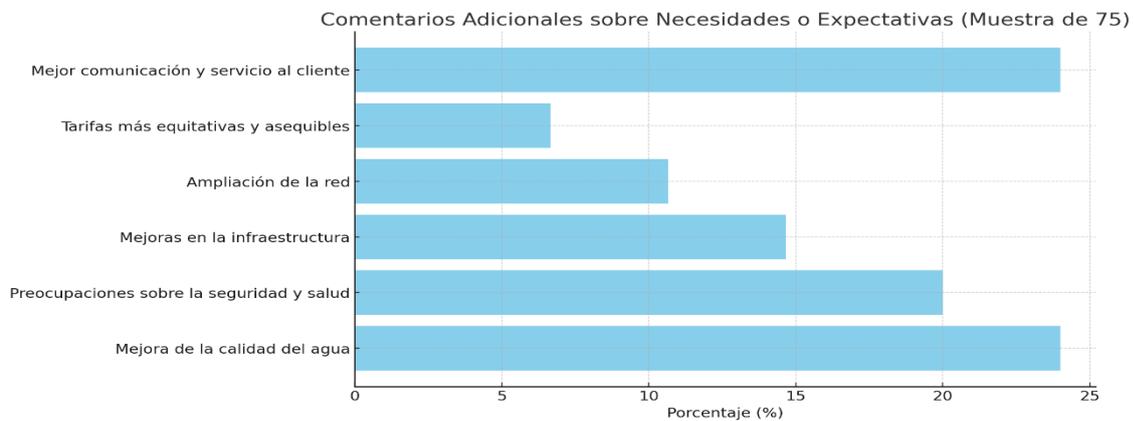
<b>Categoría</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Mejora de la calidad del agua</b>	18	<b>24.00%</b>
<b>Preocupaciones sobre la seguridad y salud</b>	15	<b>20.00%</b>
<b>Mejoras en la infraestructura</b>	11	<b>14.67%</b>
<b>Ampliación de la red</b>	8	<b>10.67%</b>
<b>Tarifas más equitativas y asequibles</b>	5	<b>6.67%</b>
<b>Mejor comunicación y servicio al cliente</b>	18	<b>24.00%</b>
<b>Total</b>	<b>75</b>	<b>100.00%</b>

**Nota:** Pregunta 10 de la Encuesta

**Elaborado por:** Agua, Carlos. (2024)

**Figura 12**

*Comentarios adicionales*



**Elaborado por:** Agua, Carlos. (2024)

**Análisis:** El análisis de los comentarios adicionales sobre las necesidades o expectativas respecto al sistema de agua potable revela una variedad de preocupaciones y sugerencias por parte de los encuestados. Un porcentaje significativo menciona la mejora de la calidad del agua (24.00%) y la preocupación por la seguridad y salud (20.00%) como aspectos importantes. Asimismo, se destacan comentarios sobre mejoras en la infraestructura (14.67%) y la ampliación de la red (10.67%) para garantizar un acceso más amplio al servicio. Además, se mencionan aspectos relacionados con tarifas más equitativas y asequibles (6.67%) y una mejor comunicación y servicio al cliente (24.00%).

## **Entrevista a especialista municipal encargado del Rcto Las Mercedes del cantón Isidro Ayora**

Objetivo: Obtener insights detallados y especializados de expertos para influir positivamente en el diseño, implementación y gestión del sistema de agua potable en el Recinto Las Mercedes.

### **Información del Experto**

1. Nombre y Apellido: N.N.
2. Especialización/Área de Expertise: Ingeniería Civil con experiencia en Hidráulica y Saneamiento
3. Años de experiencia en el campo de sistemas de agua potable: Más de 15 años
4. Organización o Institución: Municipio del Cantón Isidro Ayora

### **Preguntas de la Entrevista**

#### **1. Basándose en su experiencia, ¿cuáles son los errores más comunes o lecciones aprendidas en proyectos similares de sistemas de agua potable?**

Los errores más comunes incluyen la subestimación de la demanda futura, la falta de consideración de las condiciones locales específicas en el diseño, y la insuficiente planificación para el mantenimiento y la sostenibilidad. Es importante la participación comunitaria desde las etapas iniciales para asegurar la aceptación y el compromiso a largo plazo.

#### **2. ¿Qué nuevas tecnologías o metodologías recomendaría para optimizar el diseño y la eficiencia del sistema de agua potable?**

Sugiero usar telemetría y automatización para monitorear el sistema en tiempo real, aplicar modelado hidráulico avanzado en el diseño y utilizar tecnologías que disminuyan las pérdidas de agua.

#### **3. ¿Cómo se puede diseñar el sistema para ser adaptable y flexible ante posibles cambios demográficos o ambientales en el futuro?**

Es crucial implementar un diseño modular que permita expansiones o modificaciones con mínima interrupción. Además, utilizar modelos predictivos para anticipar cambios y diseñar el sistema con capacidad de adaptación a diferentes escenarios de demanda y condiciones climáticas.

#### **4. ¿Qué consideraciones ambientales son críticas en la planificación y diseño de sistemas de agua potable?**

Deben tenerse en cuenta los impactos en los ecosistemas acuáticos, la gestión sostenible del agua, la reducción de la huella de carbono y la protección de la biodiversidad local en la construcción y operación.

**5. ¿Cómo se pueden integrar las energías renovables en el sistema para mejorar la sostenibilidad?**

La integración de sistemas de energía solar fotovoltaica para la operación de plantas de tratamiento y bombeo, así como la exploración de opciones de micro-hidroeléctrica o eólica en lugares adecuados, pueden mejorar la sostenibilidad.

**6. ¿Qué estrategias de gestión de recursos y conservación del agua recomendaría para el sistema?**

Sugiero la adopción de programas de gestión de la demanda con tarifas para fomentar ahorro, el uso de dispositivos ahorradores de agua y la reutilización de aguas grises en usos no potables.

**7. ¿Qué políticas o regulaciones locales o nacionales deberían tenerse en cuenta en el diseño y operación del sistema?**

Es importante alinear el diseño y operación con las normativas nacionales sobre calidad del agua y tratamiento, así como con las regulaciones locales sobre construcción y zonificación. La adhesión a los estándares internacionales de sostenibilidad también puede ser beneficiosa.

**8. ¿Qué tipo de programas de capacitación o educación considera necesarios para el personal operativo y la comunidad?**

"Los programas de capacitación deben abarcar el funcionamiento y cuidado del sistema, la gestión de emergencias y las prácticas sostenibles". Es crucial educar a la comunidad sobre el uso responsable del agua y la protección de los recursos hídricos.

**9. ¿Cómo se puede aumentar la resiliencia del sistema frente a situaciones de emergencia, como desastres naturales o interrupciones prolongadas?**

El diseño debe incluir sistemas redundantes, especialmente para componentes críticos, almacenamiento de emergencia de agua, y planes de respuesta rápida. La formación de equipos comunitarios de respuesta a emergencias también es clave.

**10. ¿Ve alguna tendencia emergente o innovación en el horizonte que podría ser relevante para el sistema de agua potable en el Recinto Las Mercedes?**

Veo un enfoque creciente en la sostenibilidad y la resiliencia climática, con innovaciones en materiales y tecnologías que reduzcan el consumo de energía y agua. La digitalización y la inteligencia artificial jugarán roles importantes en la optimización y gestión de los sistemas.

Análisis: La entrevista con el experto en sistemas de distribución de agua potable destaca una comprensión profunda y multifacética de los desafíos inherentes al diseño, implementación y gestión de estos sistemas críticos. Se enfatiza la importancia de evitar errores

comunes, como la subestimación de la demanda futura y la insuficiente consideración de las condiciones locales, a través de la adopción de un enfoque integral que incluye la participación comunitaria desde las etapas iniciales. Además, se aborda la necesidad de innovación tecnológica, adoptando sistemas de telemetría, automatización y modelado hidráulico avanzado, para mejorar la eficiencia y reducir las pérdidas.

Por otro lado, la entrevista revela un fuerte enfoque en la sostenibilidad y la protección ambiental, resaltando la integración de energías renovables y la gestión eficiente de recursos como estrategias clave para la conservación del agua. Se subraya la importancia de alinear el proyecto con políticas y regulaciones vigentes, así como la implementación de programas de capacitación y educación para el personal operativo y la comunidad. Finalmente, se anticipan tendencias emergentes y se sugiere la adopción de innovaciones en materiales y tecnologías para mejorar la sostenibilidad y eficiencia del sistema, destacando la relevancia de la digitalización y la inteligencia artificial en la optimización y gestión futura de los sistemas de agua potable.

## 4.2 Propuesta

### 4.2.1 Información para determinar los parámetros de diseño del sistema de agua potable.

#### Ubicación poblacional.

El Recinto Las Mercedes del cantón Isidro Ayora es un lugar de aprendizaje tanto para los residentes como para los estudiosos, que se sitúa en la provincia del Guayas. Esta localidad se verá favorecida con la implementación de un innovador sistema de distribución de agua potable, el cual se encuentra actualmente en proceso de implementación.

El recinto Las Mercedes, situado en el cantón de Isidro Ayora, se encuentra a una distancia de 8 kilómetros del casco cantonal. Este recinto pertenece a la provincia del Guayas y sus coordenadas geográficas son las siguientes:

Latitud: 1°56'42"S

Magnitud: 80°09'07"W

#### Figura 13

*Observación Satelital Del Recinto Las Mercedes*



Fuente: Google Earth, (2024).

## Proyección poblacional

Calculo de la población futura por los siguientes métodos:

### Población Inicial

La cantidad inicial de habitantes se determinó en el Recinto Las Mercedes, un área donde no se disponía de registros de datos estadísticos proporcionados por la INEC. Por lo tanto, se llevó a cabo un censo sociohabitacional para recopilar la información necesaria, y como resultado se obtuvo una estimación total de 512 habitantes.  $P_o = 512 \text{ hab}$

### Tasa de crecimiento

En la norma estadística de diseño CO\_10, cuando se realizan proyectos importantes de agua potable y no se disponga de datos estadísticos sobre el crecimiento de la población, se utiliza como estimación el valor del 1,5% de crecimiento anual en la zona costera.  $r = 1,5\%$

### Periodo de diseño

Lo que se define en la norma de construcción civil en los sistemas de agua potable, se dan como parte del diseño por el periodo de 20 años.

$T = 20 \text{ años}$

### Método aritmético

$$Pf = Po (1 + r * t)$$
$$Pf = 512 (1 + 0,015 * 20)$$
$$Pf = 665,6 \text{ hab}$$

### Método geométrico

$$Pf = Po (1 + r)^t$$
$$Pf = 512 (1 + 0,015)^{20}$$
$$Pf = 689,59 \text{ hab}$$

### Método whappaus

$$Pf = Po ((200 + r * t) / (200 - r * t))$$
$$Pf = 512 ((200 + 0,015 * 20) / (200 - 0,015 * 20))$$
$$Pf = 513,54 \text{ hab}$$

De acuerdo a lo realizado significativamente por los métodos expuestos se lora encontrar la población futura.

$Pf = 622,91 \text{ hab}$

### Dotación y caudal

**Tabla 11***Dotaciones recomendadas- poblaciones rurales.*

NIVEL DE SERVICIO	CLIMA FRIO (l/hab*día)	CLIMA CALIDO (l/hab*día)
la	25	30
lb	50	65
IIa	60	85
IIb	75	100

Fuente: Normas de diseño CO 10-7, (1995).

Dotación actual media.-DMA= 100 L/ Hab.

% = Porcentaje anual de incremento, con rango entre el 1 - 2 % (0,01 - 0,02).

$$Df = Dma (1 + \% * t).$$

$$Df = 100 \text{ L/Hab. Día } (1 + 0,02 * 20)$$

$$Df = 140 \text{ L/Hab. Día.}$$

**Caudales en demanda de agua****Caudal Medio**

Tomando como base la información presentada en la tabla número 12 y siguiendo las directrices establecidas por las normas de la SSA (Secretaría de Salud), se determina y establece el factor de corrección que deberá aplicarse para tener en cuenta las pérdidas y fugas en el suministro. Esto se realiza teniendo en cuenta el nivel de servicio ofrecido a la comunidad que está siendo estudiada.

**Tabla 12**

Nivel de Servicio por Porcentaje de fuga

NIVEL DE SERVICIO	PORCENTAJE DE FUGAS
la y lb	10 %
IIa y IIb	20 %

Fuente: Normas de diseño CO 10-7, (1995)

f = Factor de fuga, está en 20%

$$Qm = \frac{Pf * Df * f}{86400}$$

$$Qm = \frac{622 \text{ hab} * 140 \frac{\text{L}}{\text{Hab. día}} * 1,20}{86400 \text{ seg}}$$

$$Qm = 1,209 \text{ L/ seg.}$$

### **Caudal máximo diario**

Según las disposiciones establecidas en el CO-10 -7, se establece que el factor de alto mayoritario (KMD) posee un valor constante de 1,25 en todos los puntos que se encuentran en los diferentes niveles de servicio. Se otorgará el volumen de agua máximo permitido por día.

De acuerdo con la clasificación de áreas rurales establecida, se sugiere que el valor de  $k_1$  sea igual a 1,25.

$$QMD = K_1 * Q_m$$
$$QMD = 1,25 * 1,209 \frac{L}{seg}$$
$$QMD = 1,511 \frac{L}{seg}$$

### **Caudal Máximo Horario**

Según lo establecido en la regulación de diseño CO-10 -7, se aconseja utilizar un coeficiente de variación horaria de 3,0. Se ha determinado que es de vital importancia tomar medidas para solucionar la situación en la que se produce un consumo elevado de líquido de forma simultánea, con el objetivo de garantizar que siempre haya suficiente suministro de líquido y así poder satisfacer las necesidades de consumo ante el crecimiento continuo de la población.

El cálculo del rango de  $k_2$  puede realizarse de manera anual o diaria, y esto depende de la zona en cuestión, que en este caso sería una zona rural con un valor de  $k_2$  igual a 3,0.  $QMH = K_2 * Q_m$

$$QMH = 3.0 * 1,209 \frac{L}{seg}$$
$$QMH = 3,627 \frac{L}{seg}$$

### **Caudal de Diseño**

$$Q \text{ Diseño} = QMH + Q \text{ incendio}$$
$$Q \text{ Diseño} = 3,627 + 0,00$$
$$Q \text{ Diseño} = 3,627 \frac{L}{Dia}$$

### **Ensayos de calidad de agua captada.**

Según los resultados obtenidos de los ensayos realizados en el laboratorio de EMAPAD – Cantón Daule, se llevan a cabo los estudios para analizar los resultados.

La empresa SENAGUA lleva a cabo ensayos siguiendo la norma INEN 1 108-2011 para verificar la calidad del agua y asegurar que cumple con los niveles máximos permitidos para el consumo humano.

Solicita: AGUA RONQUILLO CARLOS JOEL

Fecha: Daule, 19 ENERO DEL 2024

ESTUDIANTE “INGENIERIA CIVIL

Tipo de muestra: “pozo perforado”

Procedencia: Cantón ISIDRO AYORA- RCTO. LAS MERCEDES

Fecha de muestreo: 10 de enero 2024

Muestreo: Realizado por el autor.

### Muestra 1

#### Análisis Físico

#### Parámetros de Calidad de Líquido Vital- Senagua

Tabla 13

Conclusión de resultado en análisis físico senagua muestra 1.

PARAMETROS	RESULTADO	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES
PH	6,49	6.5 – 9.5
Oxígeno disuelto mg/l % sat	6,2	No menor del 80% del oxígeno de saturación- no menor a 6 mg/l
Demanda bioquímica de oxígeno DBOS mg/l	1.5	6
Conductividad uS/cm	758	<1250
Temperatura °C	26°	*
<b>Aspecto órgano lepticos</b>	<b>Incoloro – inodoro - insípido</b>	<b>Cumple</b>

Elaborado por: Agua, Carlos. (2024)

### Muestra 1

#### Análisis Microbiológico

#### Normas INEN 1 108-2011

Tabla 14

Resumen en análisis microbiológicos según INEN con muestra 1

Parámetros	Resultados	Limites Máximos Permisibles
Coliformes totales UFC/ml 44.5 ± 0.1 °C _ 48 hrs	42.3	< 1
Aeróbicos mesofilos totales UFC/ml	22	1

### **Análisis del resultado de la calidad del agua.**

Con referente a los resultados que otorga el laboratorio se ha dado como acuerdo que la fuente de líquido vital no presenta novedades de contaminación principalmente en las actividades de consumo de agua, tanto se aconseja a la población mantener limpio un perímetro considerable para su saneamiento en el lugar con acuerdo al pastoreo y ganado.

### **Planta de tratamiento**

En una planta de tratamiento el dimensionamiento se está dando por las siguientes facultades de los parámetros expuestos en el siguiente caso:

### **Propuesta de la planta de tratamiento**

Con acuerdo al análisis de bromatología se determinó en el laboratorio la realización de la calidad de líquido vital a contraer para el Recinto LAS MERCEDES es de tipo C, dando como normativa CO-10.

El Tipo C, Las aguas superficiales o subterráneas que provienen de las cuencas protegidas, según las normas de calidad dentro de encuadrarse mediante un proceso de coagulación exigente.

Referente a las aguas tipo C se puede adquirir un previo pre-tratamiento, filtración lenta y sedimentación simple, de un lo especifique los criterios de NORMA DE DISEÑO (CO 10,1995).

### **Tabla 15**

*Probabilidad de tratamiento para el agua cruda.*

---

<b>Características del agua</b>	<b>Tratamiento probable</b>
Turbiedad media < 10 unt (NMP< 1000 col/100 ml)	Filtración lenta.
Turbiedad media < 50 unt (NMP< 1000 col/100 ml)	Filtración lenta con pre-tratamiento.
Turbiedad media < 150 unt (NMP< 5000 col/100 ml)	Filtración lenta con sedimentación simple y pre tratamiento.

---

En la tabla 15 de las especificaciones de la norma de diseño CO\_10 se determina la capacidad de pre\_ tratamiento de la planta, proceso, estudio de recomendación.

**Tabla 16***Estudios de recomendación en planta de tratamiento.*

<b>Capacidad planta</b>	<b>Proceso</b>	<b>Estudios recomendados</b>
<100	Convencional o no convencional	Pruebas de jarras para parámetros óptimos.
100- 1000	Convencional	Pruebas de jarras para seleccionar procesos y determinar para metros óptimos.
	No convencional	Prueba de jarras para parámetros óptimos. Podría convenir una planta Prueba de jarras.
>1000	Convencional	Pruebas de jarras para seleccionar proceso y parámetros óptimos.
	No convencional	Planta piloto Se puede estimar complementar con prueba de jarra.

Elaborado por: Agua, Carlos. (2024)

**Dimensionamiento del reservorio.****Capacidad en fuente de suministro**

Se ejecutaron dimensionamiento para una vertiente en los mismos que demuestran en tiempo y realidad de invierno y estiaje, estableciendo el método volumétrico.

Se realiza el resultado de suministro en estación de aridez, dando como toma del diseño mismo por ser el más crítico:

Promedio de tiempo en llenarse el envase: 25,12 seg.

Volumen del envase: 20 litros

Para la captación, que es una fuente de método subterránea donde cruza el Recinto LAS MERCEDES, se maneja un buen caudal considerable en tiempo aridez.

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{20 \text{ litros}}{25,12 \text{ seg}}$$

$$Q = 0,796 \text{ l/seg}$$

**Volumen de almacenamiento**

Para el sistema completo de distribución de agua potable se construye un reservorio para el almacenamiento de agua con fines objetivos de:

- Complementar oscilaciones de consumo.

- Acometer incendios.
- Abastecer líquido en caso de algún inconveniente de abastecimiento.
- Elaborar un croquis de baja economía del sistema.
- Conservar las fuerzas de servicio en la red de distribución.

En las normas establecidas por la SSA para el diseño de sistemas de agua potable para la población con área rural describe que la capacidad del depósito será del 50% del volumen medio diario futuro, en donde la reserva 10m<sup>3</sup>. Se considera que para las poblaciones rurales menores a 5000 personas, en las normas se mantiene que se deben considerar la protección en volúmenes contra incendios y emergencias.

$$Valm = \frac{Qi * 86400 \text{ seg}/\text{dia}}{1000m^3}$$

Donde:

Valm: Volumen almacenamiento

Qi: Caudal captacion

$$Valm = \frac{0,796 \text{ l}/\text{seg} * 86400 \text{ seg}/\text{dia}}{1000m^3}$$

$$Valm = 69 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Volumen Alm.= 69 m<sup>3</sup>

Volumen para almacenamiento del día es igual a 69 m<sup>3</sup>

Para el volumen en demanda de líquido vital por día en las localidades que se beneficiaran se sugieren mediante una expresión:

$$v^{dem}/\text{dia} = \frac{QMD * 86400}{1000}$$

Donde:

QMD: Caudal MAX. Diario

QMD: 1,511 L/seg.

$$v^{dem}/\text{dia} = \frac{1,511 \text{ l}/\text{seg} * 86400}{1000}$$

$$v^{dem}/\text{dia} = 130.55 \text{ m}^3$$

Volumen dem/dia = 131.00 m<sup>3</sup>

Para el volumen en demanda de agua del recinto LAS MERCEDES, se aspira una dotación de líquido vital de 12 hrs. Diarias.

$$v^{dem} / dia = \frac{1,511 \text{ l/seg} * 43200}{1000}$$

$$v^{dem} / dia = 65,28 \text{ m}^3$$

### Plan de reservorio.

En la demanda de 12 horas de  $65,28 \text{ m}^3$ , en donde tiene como conclusión que la percepción es determinada para abastecer de líquido vital al recinto LAS MERCEDES. El reservorio tomara la figura rectangular como diseño en las siguientes dimensiones:

Ancho: 5,00 m

Largo: 10,00 m

Alto: 3,00 m

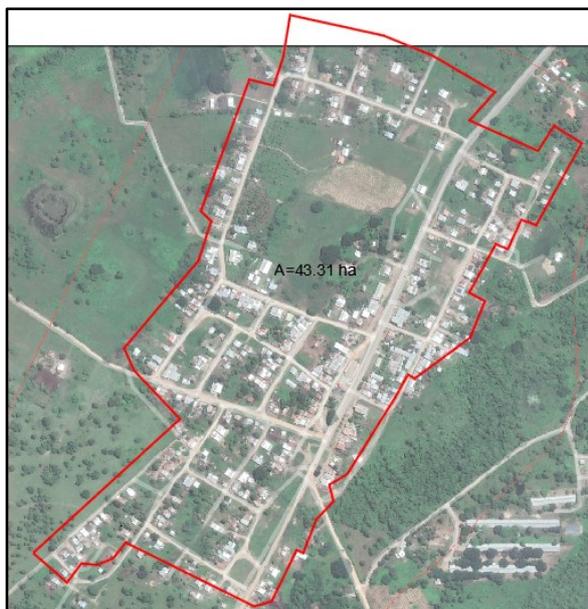
### 4.2.2. Diseñar el modelado hidráulico para el sistema con el programa WaterCad.

#### Construcción de modelo en Watercad

Se definirán áreas de diseño, con el fin de proveer una demanda a todos los nodos de la red. El valor total del área intervenida es de **43.61 ha**.

#### Figura 14

*Diseño de Demanda del Área intervenida*



Fuente: Google Earth, (2024).

## Ingreso y validación de datos

**Tabla 17**

*Cálculo del caudal máximo diario y caudal máximo horario*

<b>Datos</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Población actual	512	hab
Población futura	623	hab
Dotación	140	l/hab/día
$Q_{md}$	1.0209	l/s
$Q_{MD}$	1.511	l/s
$Q_{MH}$	3.62	l/s
Q diseño	1.11	l/s

Elaborado por: Agua, Carlos. (2024)

**Tabla 18**

*Presiones en nodos*

<b>Nodo</b>	<b>Elevación (m)</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Población (hab)</b>	<b>Demanda (l/s)</b>	<b>Presión (mca)</b>
J-01	38.75	0.36	5.10	0.0083	13.57
J-02	40.28	0.12	1.71	0.0028	12.08
J-03	42.06	0.10	1.40	0.0023	10.35
J-04	42.23	0.40	5.72	0.0093	10.21
J-05	42.03	0.29	4.20	0.0068	10.41
J-06	37.77	0.65	9.30	0.0151	14.44
J-07	36.75	0.27	3.88	0.0063	15.43
J-08	37.50	0.53	7.58	0.0123	14.68
J-09	37.77	0.65	9.27	0.0150	14.45
J-10	37.10	0.53	7.55	0.0122	15.09
J-11	37.41	0.32	4.59	0.0074	14.75
J-12	36.33	0.44	6.35	0.0103	15.82
J-13	35.00	0.51	7.32	0.0119	17.14
J-14	37.51	0.73	10.39	0.0168	14.65
J-15	36.30	0.70	9.98	0.0162	15.82
J-16	36.87	0.45	6.44	0.0104	15.25
J-17	40.25	0.77	11.04	0.0179	11.86
J-18	42.15	1.01	14.49	0.0235	9.96
J-19	43.16	0.79	11.28	0.0183	8.95
J-20	42.55	0.69	9.81	0.0159	9.56
J-21	42.36	0.23	3.36	0.0054	9.74
J-22	40.58	0.85	12.13	0.0196	11.52
J-23	36.17	0.45	6.39	0.0104	15.92
J-24	34.97	0.64	9.13	0.0148	17.15
J-25	43.03	0.44	6.32	0.0102	9.07
J-26	41.24	0.96	13.66	0.0221	10.86
J-27	40.50	0.91	12.96	0.0210	11.60
J-28	37.42	0.24	3.47	0.0056	14.66
J-29	37.77	0.31	4.36	0.0071	14.31
J-30	37.57	0.48	6.80	0.0110	14.48

J-31	36.89	0.33	4.66	0.0076	15.16
J-32	35.45	1.20	17.14	0.0278	16.58
J-33	37.78	0.84	11.96	0.0194	14.25
J-34	38.81	1.79	25.62	0.0415	13.22
J-35	35.00	1.30	18.62	0.0302	17.02
J-36	37.82	0.58	8.23	0.0133	14.21
J-37	36.41	1.62	23.12	0.0375	15.62
J-38	34.96	0.49	7.04	0.0114	17.08
J-39	33.91	0.65	9.25	0.0150	18.21
J-40	37.82	2.03	28.97	0.0469	14.33
J-41	33.30	0.96	13.73	0.0222	18.74
J-42	35.04	1.79	25.57	0.0414	17.00
J-43	34.16	1.48	21.20	0.0343	17.87
J-44	36.45	0.74	10.57	0.0171	15.58
J-45	42.35	1.46	20.83	0.0338	9.74
J-46	39.50	0.63	8.97	0.0145	12.54
J-47	38.60	0.54	7.78	0.0126	13.52
J-48	42.09	0.47	6.74	0.0109	10.34
J-49	39.05	2.42	34.51	0.0559	12.99
J-50	39.28	2.38	33.96	0.0550	12.76
J-51	46.82	0.00	0.00	0.0000	6.15
J-52	41.28	0.25	3.51	0.0057	11.15
J-53	38.42	0.42	6.07	0.0098	13.77
J-54	39.30	0.35	4.95	0.0080	12.85
J-55	39.00	0.34	4.83	0.0078	13.16
J-56	35.20	0.31	4.40	0.0071	16.84
J-57	35.35	0.67	9.55	0.0155	16.69
J-58	35.56	1.40	20.01	0.0324	16.47
J-59	33.00	0.36	5.20	0.0084	19.02

Elaborado por: Agua, Carlos. (2024)

Adicionalmente se presenta el dimensionamiento de las redes:

**Tabla 19**

*Resultado de red de distribución*

<b>Nodo inicio</b>	<b>Nodo fin</b>	<b>Diámetro interno (mm)</b>	<b>Diámetro nominal (mm)</b>	<b>Longitud (m)</b>	<b>Material</b>	<b>Caudal (l/s)</b>	<b>Velocidad (m/s)</b>
J-33	J-36	58	63	21.75	PVC	0.08	0.03
J-36	J-50	58	63	48.86	PVC	-0.02	0.01
J-50	J-49	58	63	238.71	PVC	-0.08	0.03
J-49	J-46	58	63	35.74	PVC	-0.14	0.05
J-46	J-45	58	63	295.03	PVC	-0.16	0.06
J-45	J-25	58	63	63.5	PVC	-0.19	0.07
J-25	J-26	58	63	89.67	PVC	-0.06	0.02
J-26	J-27	58	63	77.42	PVC	0.06	0.02
J-27	J-28	58	63	97	PVC	0.18	0.07

J-28	J-30	58	63	27.25	PVC	0.4	0.15
J-30	J-31	58	63	18.49	PVC	0.22	0.09
J-31	J-42	58	63	72.34	PVC	0.14	0.05
J-42	J-43	58	63	170.64	PVC	0.11	0.04
J-43	J-59	58	63	60.06	PVC	0.04	0.02
J-59	J-58	58	63	131.17	PVC	0.03	0.01
J-58	J-44	58	63	54.63	PVC	0	0
J-44	J-33	58	63	84.05	PVC	0.03	0.01
J-33	J-32	58	63	140.17	PVC	-0.07	0.03
J-32	J-43	58	63	83.71	PVC	0.02	0.01
J-43	J-44	58	63	131.6	PVC	0.05	0.02
J-32	J-37	58	63	73.22	PVC	-0.12	0.05
J-37	J-30	58	63	100.88	PVC	-0.16	0.06
J-56	J-57	58	63	44.42	PVC	0.01	0.01
J-57	J-41	58	63	156.51	PVC	0	0
J-41	J-38	58	63	73.06	PVC	-0.05	0.02
J-42	J-41	58	63	133.08	PVC	-0.02	0.01
J-38	J-31	58	63	126.71	PVC	-0.08	0.03
J-28	J-29	58	63	53.54	PVC	-0.22	0.08
J-29	J-23	58	63	57.97	PVC	-0.23	0.09
J-23	J-24	58	63	79.09	PVC	-0.27	0.1
J-56	J-38	58	63	162.44	PVC	-0.02	0.01
J-24	J-39	58	63	34.43	PVC	-0.11	0.04
J-39	J-40	58	63	277.69	PVC	-0.13	0.05
J-40	J-11	58	63	52	PVC	-0.18	0.07
J-11	J-10	58	63	76.35	PVC	-0.3	0.12
J-10	J-09	58	63	79.08	PVC	-0.33	0.12
J-09	J-08	58	63	113.16	PVC	0.27	0.1
J-08	J-07	58	63	25.32	PVC	-0.04	0.02
J-07	J-06	58	63	34.84	PVC	-0.43	0.16
J-06	J-48	58	63	253.86	PVC	-0.45	0.17
J-48	J-05	58	63	29.36	PVC	-0.22	0.08
J-05	J-04	58	63	61.24	PVC	-0.23	0.09
J-04	J-52	58	63	37.91	PVC	0.25	0.09
J-52	J-48	58	63	39.51	PVC	0.24	0.09
J-04	J-03	58	63	24.46	PVC	0.62	0.24
J-03	J-02	58	63	32.76	PVC	0.62	0.24
J-02	J-01	58	63	24.71	PVC	0.62	0.23
J-01	J-09	58	63	74.14	PVC	0.61	0.23
J-10	J-53	58	63	63.34	PVC	0.01	0
J-11	J-54	58	63	56.09	PVC	0.01	0
J-04	J-51	58	63	133.77	PVC	-1.11	0.42
J-11	J-12	58	63	48.39	PVC	0.11	0.04
J-12	J-55	58	63	80.92	PVC	-0.07	0.03
J-55	J-14	58	63	54.84	PVC	-0.08	0.03
J-14	J-08	58	63	75.22	PVC	-0.3	0.11

J-12	J-13	58	63	73.96	PVC	0.16	0.06
J-13	J-24	58	63	154.52	PVC	0.15	0.06
J-24	J-15	58	63	62.3	PVC	-0.03	0.01
J-15	J-16	58	63	27.24	PVC	0.15	0.06
J-16	J-47	58	63	57.93	PVC	-0.08	0.03
J-47	J-17	58	63	50.18	PVC	0.29	0.11
J-17	J-18	58	63	73.66	PVC	0.13	0.05
J-18	J-19	58	63	142.58	PVC	0.11	0.04
J-19	J-25	58	63	55.25	PVC	0.15	0.06
J-19	J-20	58	63	65.08	PVC	-0.06	0.02
J-20	J-21	58	63	25.33	PVC	0.06	0.02
J-21	J-22	58	63	75.72	PVC	-0.08	0.03
J-22	J-23	58	63	84.93	PVC	-0.03	0.01
J-07	J-47	58	63	98.96	PVC	0.38	0.14
J-16	J-22	58	63	106.8	PVC	0.22	0.08
J-22	J-27	58	63	78.69	PVC	0.15	0.06
J-26	J-21	58	63	61.67	PVC	-0.13	0.05
J-20	J-17	58	63	128.74	PVC	-0.14	0.05
J-14	J-15	58	63	143.3	PVC	0.2	0.08
J-36	J-34	58	63	153.55	PVC	0.08	0.03
J-34	J-35	58	63	175.94	PVC	0.03	0.01
T-01	J-51	58	63	131.81	PVC	1.11	0.42

Elaborado por: Agua, Carlos. (2024)

## Modelación

Se ha empleado el software WaterCad para llevar a cabo la simulación, el cual brinda la capacidad de realizar la modelización hidráulica de sistemas o redes sometidas a presión en condiciones constantes, tales como el estado estable (Steady State) y un periodo prolongado (EPS).

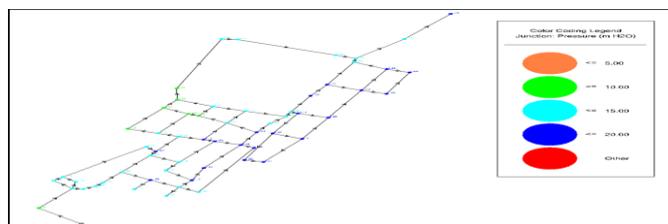
Los diámetros de las tuberías, los accesorios, tanques, así como la ubicación de los mismos se establecieron en base a la distribución de las viviendas en el sector. El caudal de diseño

Se procedió con la simulación de la red de distribución hacia las viviendas del diseño.

A continuación, se presentan los resultados con el rango de presiones en cada nodo.

### Figura 15

*Sistema de red rural de agua potable mediante el programa WaterCad.*



Fuente: Programa Watercad, (2024).

## Resultados – Interpretación

De los resultados obtenidos de la modelación hidráulica del sistema de distribución de AAPP, se puede denotar lo siguiente:

La red de distribución está compuesta por un tanque de almacenamiento elevado que distribuye a todo el sector cuya altura de 5.50 metros es requerida para garantizar las presiones mínimas en el sistema. Este tanque se alimenta de un pozo profundo ubicado en las siguientes coordenadas UTM WGS85

oCoordenada X: 593914.63 m

oCoordenada Y: 9784636.57 m

Como se puede observar en la imagen el rango de presiones en este escenario varía entre los 5 Mca y 20 Mca, cumpliendo así el mínimo establecido por la normativa de referencia. A continuación, se presenta una tabla con los resultados de presiones en cada nodo.

### 4.2.3. Establecer un manual de operación y mantenimiento para el sistema de distribución de agua.

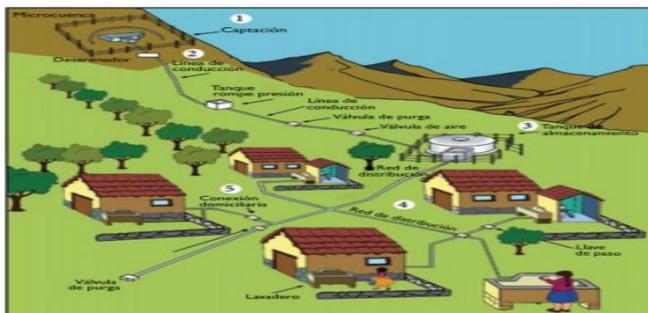
#### Plan por gravedad de sistema rural de agua potable

Los componentes principales de un sistema de manteniendo y operación de agua potable son un conjunto de equipos utilizados para suficiencia de servicio a la población rural donde se componen de:

- Micro cuenca o pozo perforado
- Bombeo
- Fuente de abastecimiento
- Planta de tratamiento
- Línea de conducción o distribución
- Conexiones domiciliarias

**Figura 16**

*Sistema de red rural de agua.*



Fuente: Usaid del pueblo de los Estados Unidos de América, (2016).

## Operaciones y mantenimiento de las actividades

### Operación de sistema de agua

Para la respectiva operación del sistema de agua potable del recinto LAS MERCEDES se da como conocimiento y de manera cotidiana un manual donde se realiza el funcionamiento constante de manejo continuo y eficiente.

La importancia de la misma se da a la operación satisfactoria de una de una de sus partes o componentes existente con razones de llevar una buena operación del sistema.

- La calidad y cantidad del agua sobre la fuente como un primer factor fundamental.
- Un buen almacenamiento del reservorio como primer plan de condición.
- Para la presión de agua permitir la acumulación de líquido en tubería.

### Mantenimiento del sistema de agua

La respectiva actividad de mantenimiento del sistema de agua potable del recinto LAS MERCEDES es el conjunto permanente y la finalidad de corregir y prevenir que pueda producirse en los equipos y funcionamiento de sistemas.

En el caso de los mantenimientos estos pueden producirse en dos maneras existentes:

- Mantenimiento correctivo: Las acciones se efectúan para la frecuencia de la necesidad donde se requiere solución inmediata por deterioro o el mal funcionamiento.
- Mantenimiento preventivo: para efectuar acciones que se deben realizar de manera permanente para posterior prevenir o evitar fallas.

### Pozo perforado

#### Tabla 20

*Pozo perforado*

<b>Mantenimiento</b>	<b>Operación</b>
En las aguas profundas o pozo perforado el mantenimiento puede darse en la limpieza de malezas y la conservación del área que mantiene el punto para evitar una galería filtrante de contaminación.	En el caso de operación luego de la construcción de una cámara esta debe tener una compuerta donde se pueda manejar en el momento del bombeo de forma accesible.
<b>frecuencia</b>	<b>frecuencia</b>
Semanal	Diario
mensual	Semanal

Elaborado por: Agua, Carlos. (2024)

**Figura 17**

*Sistema de pozo perforado*



Fuente: Usaid del pueblo de los Estados Unidos de América, (2016)

**Tabla 21**

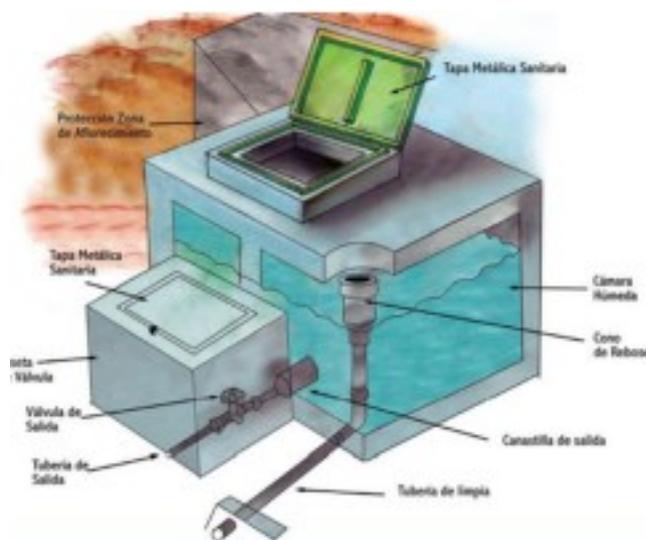
*Bombeo*

<b>Mantenimiento</b>	<b>Operación</b>
La actividad principal describe una aplicación de revisión de voltaje y física externa en principio de limpieza para la buena conservación de la bomba principal.	Realizar periódicamente la inspección ocular de fugas existentes o agrietamiento en la base de encaje de la bomba. Abrir la válvula de relleno antes de poner en marcha la captación de agua.
<b>Frecuencia</b> Diario Semanal Mensual	La bomba trabajara al menos 12 horas diarias con un reposo medio de 2 horas entre los establecido. <b>Frecuencia</b> Diario Semanal

Elaborado por: Agua, Carlos. (2024)

**Figura 18**

*Sistema de bombeo*



Fuente: Usaid del pueblo de los Estados Unidos de América, (2016).

**Tabla 22**

*Fuente de abastecimiento-reservorio.*

<b>Mantenimiento</b>	<b>operación</b>
Se debe retirar las malezas externas de las estructuras u objetos extraños. Para el caso de grietas o fugas, se debe resanar la parte afectada. Repintar y lubricar las tapas metálicas, válvulas y pernos.	Se realiza periódicamente la inspección de la calidad de líquido vital que ingresa al reservorio. Al realizar trabajos el sistema se debe cerrar en este caso llenar la cisterna hasta un límite y luego abrir válvulas para distribución.
<b>Frecuencia</b>	<b>Frecuencia.</b>
Diaria	Diario
Semanal	Semanal
Mensual	Semanal

Elaborado por: Agua, Carlos. (2024)

**Figura 19**

*Sistema de almacenamiento de agua*



Fuente: Usaid del pueblo de los Estados Unidos de América, (2016).

**Tabla 23**

*Dosis de hipoclorito en la preparación de solución para desinfección de tanque de almacenamiento.*

<b>Volumen del Reservorio</b>	<b>Hipoclorito de calcio 70%</b>	<b>Hipoclorito de calcio 30%</b>
ENTRE 3000 litros o m3	0,50kg	1,00 kg
ENTRE 5000 litros o m3	0,75kg	1,50 kg
ENTRE 7000 litros o m3	1,00kg	2,00 kg
ENTRE 10000 litros o m3	1,50kg	3,00 kg
ENTRE 13000 litros o m3	2,00kg	4,00 kg
ENTRE 15000 litros o m3	2,25kg	4,50 kg
ENTRE 20000 litros o m3	3,00kg	6,00 kg

Fuente: Usaid del pueblo de los Estados Unidos de América, (2016)

**Tabla 24**

*Planta de tratamiento.*

<b>Mantenimiento</b>	<b>Operación</b>
Revisar si la estructura mantiene fugas o deterioros, para luego evaluar los desechos acumulados previos a su retiro. Limpiar las entradas de las válvulas de drenaje e ingreso para no acumular sedimentación. Comprobar si hay evidencia de ingreso informal. Frecuencia Diario semanal	Para la medición de control del caudal se debe verificar el nivel de agua en el aforo. Medir la turbiedad de agua al ingreso de la unidad. Disponer de la evacuación de sedimentos en caso de turbiedad. Anotar la información de registro diario el ingreso y salida de efluentes a la unidad como cambios de caudal durante el día. Frecuencia Diario Semanal

Elaborado por: Agua, Carlos. (2024)

**Tabla 25**

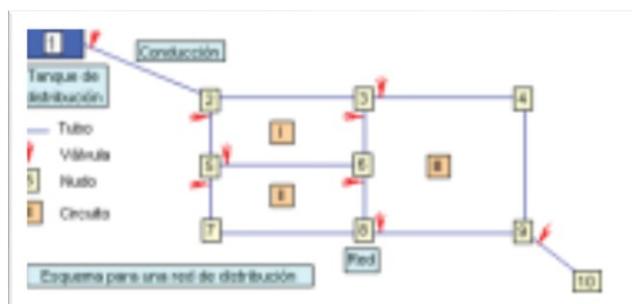
*Línea de conducción o distribución*

<b>Mantenimiento</b>	<b>Operación</b>
Verificar la existencia de instalaciones clandestinas ya sea por quejas o denuncias. Recorren la comunidad sistemáticamente para detectar fugas. Observar el terreno en caso de que exista humedad se inicia una excavación para corregir. Frecuencia Semanal mensual	Durante la operación en gran parte de su tiempo se emplea para la reparación de tuberías, accesorios y conexiones domiciliarias. Los asentamientos o desplazamientos del terreno y fracturas por expansión de los suelos. Frecuencia Mensual Anual

Elaborado por: Agua, Carlos. (2024)

**Figura 20**

*Sistema de red distribución.*



Fuente: Usaid del pueblo de los Estados Unidos de América, (2016).

**Tabla 26**

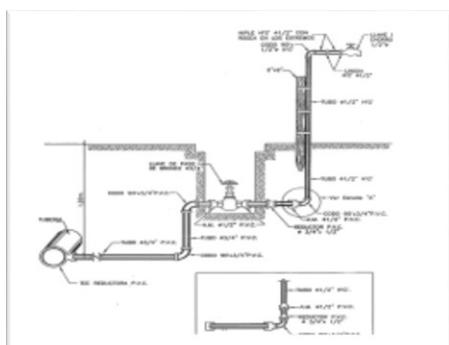
*Conexiones domiciliarias*

<b>Mantenimiento</b>	<b>Operación</b>
Ubíquese con un plano las conexiones.  Debe excavarse en el perímetro de la caja para facilitar la operación de reparación. Aprovechar para realizar una correcta limpieza de la válvula.	En las operaciones Las válvulas requieren cuidados en cierre y abertura en el momento requerido.  No se debe permitir el sobre esfuerzo de válvulas domiciliarias o collarines.
<b>Frecuencia</b> Semanal Mensual	<b>Frecuencia</b> Diario Semanal

Elaborado por: Agua, Carlos. (2024)

**Figura 21**

*Sistema de red distribución.*



Fuente: Usaid del pueblo de los Estados Unidos de América, (2016).

**Procedimiento para la potabilización del agua.**

Con el fin de evitar que generalmente se capte agua cruda para dañar la salud de las personas, se dictan especificaciones o normas principales de características como físicas, químicas y bacterias con acuerdo a que:

La norma técnica de calidad de nacional de agua, mediante un acuerdo No. 084 para acueductos sumado a la población de hasta 5000 personas.

**Tabla 27**

*Elementos de análisis*

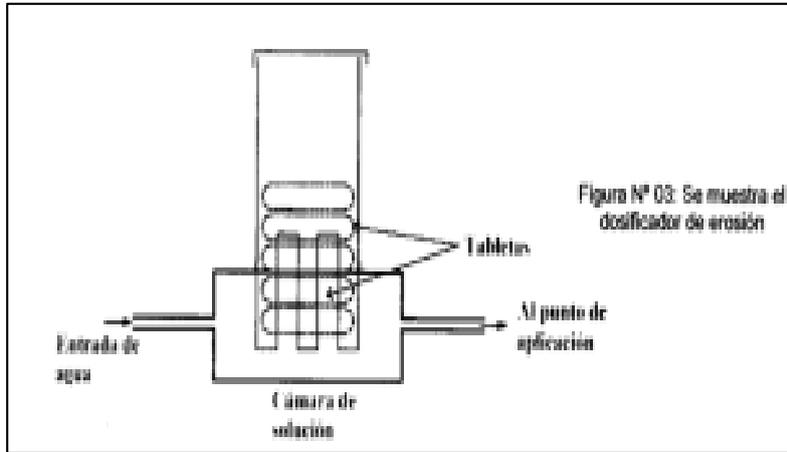
<b>ANALISIS</b>
Coliformes totales
Coliformes fatales
Olor
Color
Sabor
Turbiedad

Temperatura  
 Hidrogeno concentración

Elaborado por: Agua, Carlos. (2024)

**Imagen 1**

*Sistema análisis de agua por capsulas.*



Fuente: Usaid del pueblo de los Estados Unidos de América, (2016).

**Tabla 28**

*Programa de calidad y mantenimiento.*

<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>	<b>PROGRAMA DE VIILANCIA</b>
El cloro debe ser controlado en el sistema de distribución de agua. Se controla la calidad de la salida bacteriológica en el agua. Inspeccionar de manera sanitaria en el sistema de distribución y producción. Se activa el manejo de limpieza del tanque y sobre la pura de agua en desinfección.	Mejoras prácticas en el pozo perforado, con la posibilidad de mejorar la recargas de filtración. Buenas prácticas de mejorar el almacenamiento y para eliminar la contaminación.
<b>Frecuencia</b> Anual	<b>Frecuencia</b> Mensual Anual

Elaborado por: Agua, Carlos. (2024)

**Tabla 29**

*Herramientas, equipos y materiales para el mantenimiento del sistema de agua potable.*

<b>HERRAMIENTAS</b>	<b>EQUIPO</b>	<b>MATERIALES</b>
ALICATES	Comparador de cloro	Balde
Barra de acero	Laboratorio portátil	Escoba
Carretillas	Mascarillas	Pintura
Cinta métrica	Guantes	Cemento
Sierras	Manómetro	Pegamento
Machetes		Cloro
Destornilladores		Tacho de grasa

Elaborado por: Agua, Carlos. (2024)

**Figura 22**

*Herramientas, equipos y materiales para mantenimiento del sistema.*



Fuente: Usaid del pueblo de los Estados Unidos de América, (2016).

**Tabla 30**

*Accesorios para la operación y mantenimiento.*

Adaptadores macho PVC	Juntas de expansión de PVC 1"	Tubos PVC 1" 2" 3" Ø
Adaptadores hembra PVC	Llaves de bronce	Tubos de PVC 3/4 1/2 Ø
Bolsas de cemento PVC	Manguera plástica	Uniones de PVC 1/2 3/4 Ø
Codos PVC de 90 a 45 Ø 1/2	Niple de HG 1/2	Válvula de pase 3" Ø
Codos PVC de 90 a 45 c 3/4	Reductores PVC	Válvula de pase 2" Ø
Empaques de hule llave	Tee reductores PVC 1" 3/4	Válvula de pase 1" Ø
Juntas de expansión PVC 2"3" Ø		

Elaborado por: Agua, Carlos. 2024)

**Figura 23**

*Accesorios para uso operación y mantenimiento.*



Fuente: Usaid del pueblo de los Estados Unidos de América, (2016).

## CONCLUSIONES

1. Es esencial realizar un análisis exhaustivo de la demografía local, incorporando proyecciones futuras de crecimiento poblacional y su impacto en la demanda de agua, para diseñar un sistema que pueda adaptarse eficazmente a las necesidades cambiantes de la comunidad.

2. Se requiere una exploración detallada de las necesidades específicas de diferentes grupos demográficos, como personas mayores o familias con niños pequeños, con el fin de personalizar el sistema y garantizar que satisfaga adecuadamente sus requerimientos particulares.

3. Resulta beneficioso profundizar en los análisis físicos, químicos y microbiológicos del agua, abordando parámetros como la presencia de metales pesados, compuestos orgánicos y contaminantes emergentes, para asegurar un suministro de agua potable de alta calidad y seguro para consumo humano.

4. Se deben proporcionar recomendaciones específicas para mejorar la calidad del agua, tales como la implementación de tecnologías de filtración avanzada o la adopción de prácticas agrícolas sostenibles, con el objetivo de reducir la contaminación en la fuente y garantizar la salubridad del recurso hídrico.

5. Es fundamental detallar los criterios de diseño utilizados para calcular la dotación y los caudales, considerando factores como la estacionalidad de la demanda y los picos de consumo, para dimensionar adecuadamente el sistema y evitar situaciones de escasez o derroche de agua.

6. Se deben analizar opciones para mejorar la eficiencia del sistema, como la optimización de la red de distribución, la detección y reparación de fugas, y el uso de tecnologías de control de presión, con el fin de reducir las pérdidas y mejorar la gestión del recurso.

7. Se recomienda ampliar la propuesta de la planta de tratamiento para incluir tecnologías innovadoras, como la desinfección avanzada o la recuperación de recursos, con el fin de garantizar la máxima eficacia en la potabilización del agua y minimizar el impacto ambiental.

8. Es imprescindible incorporar medidas de sostenibilidad en el diseño y operación de la planta, como la minimización del consumo de energía, la reutilización de subproductos y la gestión eficiente de los residuos, para asegurar la viabilidad a largo plazo del sistema.

9. Se deben desarrollar estrategias específicas para involucrar activamente a la comunidad en la planificación, implementación y gestión del sistema de agua potable, promoviendo la participación ciudadana y el empoderamiento local.

10. Es necesario establecer programas de educación y capacitación para mejorar la conciencia sobre la importancia del agua segura y promover prácticas de uso responsable y conservación entre los habitantes de la comunidad.

11. Se debe evaluar y abordar los riesgos asociados al cambio climático, como la escasez de agua, las inundaciones o la contaminación, integrando medidas de adaptación y mitigación en el diseño del sistema para garantizar su resiliencia frente a eventos climáticos extremos.

12. El sistema debe ser diseñado de manera flexible y robusta, incorporando infraestructuras resilientes y planes de contingencia, para hacer frente eficazmente a condiciones climáticas adversas y garantizar un suministro continuo de agua potable.

13. Se debe establecer un sistema de monitoreo continuo para evaluar la eficacia y el rendimiento del sistema de agua potable, utilizando indicadores de calidad, seguridad y satisfacción del usuario, y así asegurar su operación óptima.

14. Es fundamental implementar mecanismos de retroalimentación y mejora continua, permitiendo ajustes o modificaciones en función de las necesidades y los cambios en el entorno, para garantizar la eficiencia y eficacia del sistema a lo largo del tiempo.

## RECOMENDACIONES

1.Recomendamos llevar a cabo un estudio detallado de la demografía local, incluyendo proyecciones futuras de crecimiento poblacional y su impacto en la demanda de agua, para informar el diseño y la planificación del sistema de agua potable.

2.Se sugiere investigar las necesidades específicas de diferentes grupos demográficos, como personas mayores o familias con niños pequeños, para adaptar el sistema de agua potable a sus requerimientos particulares y garantizar la equidad en el acceso al recurso.

3.Recomendamos realizar análisis más detallados del agua, abordando parámetros como la presencia de metales pesados, compuestos orgánicos y contaminantes emergentes, para asegurar la calidad del agua potable y proteger la salud pública.

4.Se aconseja ofrecer recomendaciones concretas para mejorar la calidad del agua, como la implementación de tecnologías de filtración avanzada y prácticas agrícolas sostenibles, con el objetivo de garantizar un suministro de agua seguro y sostenible para la comunidad.

5.Es importante detallar los criterios de diseño utilizados para calcular la dotación y los caudales del sistema de agua potable, considerando la estacionalidad de la demanda y los picos de consumo, para dimensionar adecuadamente la infraestructura.

6.Recomendamos analizar opciones para mejorar la eficiencia del sistema, como la optimización de la red de distribución, la detección y reparación de fugas, y el uso de tecnologías de control de presión, para reducir las pérdidas y mejorar la gestión del recurso hídrico.

7.Se sugiere ampliar la propuesta de la planta de tratamiento para incluir tecnologías innovadoras, como la desinfección avanzada o la recuperación de recursos, con el fin de garantizar la máxima eficacia en la potabilización del agua y minimizar el impacto ambiental.

8.Es fundamental incorporar medidas de sostenibilidad en el diseño y operación del sistema de agua potable, como la minimización del consumo de energía y la gestión eficiente de los residuos, para asegurar su viabilidad a largo plazo y reducir su impacto ambiental.

9.Se recomienda desarrollar estrategias específicas para involucrar activamente a la comunidad en la planificación, implementación y gestión del sistema de agua potable, fomentando la participación ciudadana y el empoderamiento local.

10.Es necesario establecer programas de educación y capacitación para mejorar la conciencia sobre la importancia del agua segura y promover prácticas de uso responsable y conservación entre los habitantes de la comunidad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez, P. (2021). "Aplicaciones y beneficios del programa WaterCAD en el diseño y gestión de sistemas de agua potable." *Revista de Ingeniería Hidráulica*, 31(3), 120-135.
- American Society of Civil Engineers. (2017). *Principles of Hydraulic Modeling*. New York, NY: Author.
- Chicaiza Riofrio, E. (2023). "Diseño y operación eficiente de sistemas de bombeo de agua potable para comunidades rurales." *Ingeniería Civil y Ambiental*, 30(1), 78-92.
- Chicaiza Riofrio, E. (2023). "Normativas y estándares de calidad para el suministro de agua potable en áreas urbanas." *Revista de Salud Pública y Ambiental*, 18(2), 35-50.
- Departamento de Recursos Hídricos. (2023). *Criterios de diseño y operación de sistemas de agua potable*. Washington, DC: Author.
- Department of Environmental Protection. (2021). *Optimization of Water Distribution Systems using WaterCAD: A Case Study of New York City*. New York, NY: Author.
- Department of Sustainability and Environment. (2023). *WaterCAD Applications in Sustainable Water Management: Case Study of Melbourne*. Melbourne, Australia: Author.
- Doe, J. (2020). "The Role of WaterCAD in Sustainable Water Infrastructure Planning: A Review of Current Practices." *Environmental Engineering Journal*, 45(4), 231-245.
- Estacio Ferro, L. (2019). "Análisis comparativo de sistemas de conducción por gravedad y bombeo: estudio de casos en zonas rurales." *Ingeniería Civil y Ambiental*, 31(2), 67-82.
- Estacio Ferro, L. (2019). "Gestión sostenible de los recursos hídricos: una revisión de los enfoques y desafíos actuales." *Revista Internacional de Recursos Hídricos*, 25(3), 112-128.
- Estacio Ferro, L. (2019). "Optimización de sistemas de conducción por bombeo mediante técnicas de modelación hidráulica." *Revista de Ingeniería Civil*, 16(1), 102-115.
- González, E. (2021). "Optimización del caudal de diseño en sistemas de distribución de agua: Métodos y aplicaciones." *Water Resources Management*, 28(2), 89-102.
- González, M. (2021). "Designing Water Distribution Systems: Considerations and Challenges." *Water Engineering Journal*, 18(1), 56-68.
- Guillen Huaranca, Ciro. (2021). *Aplicación del software Watercad en el modelamiento del sistema de abastecimiento de agua potable para la comunidad de Espite Ayacucho – 2020*.
- Gutierrez Tenorio, J. (2019). "Diseño óptimo de redes de distribución de agua potable: un enfoque basado en modelos hidráulicos." *Revista de Ingeniería Hidráulica*, 29(1), 45-58.
- Gutierrez Tenorio, J. (2019). "Diseño y operación de sistemas de conducción de agua potable: una revisión de metodologías y tecnologías." *Ingeniería Hidráulica*, 27(4), 55-68.

- Gutierrez Tenorio, J. (2019). "Selección de materiales para tuberías de sistemas de distribución de agua potable: una revisión de criterios y aplicaciones." *Revista de Ingeniería Civil*, 16(3), 88-101.
- Hernández, R. (2019). *Managing Water Pressure in Distribution Networks: A WaterCAD Approach*. *Journal of Hydraulic Engineering*, 35(2), 89-102.
- Hernández, R. (2019). Presión operativa en redes de distribución de agua: Estrategias de balance. *Journal of Hydraulic Engineering*, 40(1), 112-125.
- Hidros, E. (2023). "Aplicaciones y consideraciones en el diseño de sistemas de agua potable con tuberías de concreto." *Revista de Ingeniería Civil*, 17(2), 75-88.
- Hidros, E. (2023). "Evaluación de la durabilidad y eficiencia de tuberías de plástico en sistemas de agua potable." *Revista de Ingeniería Ambiental*, 28(4), 125-140.
- Hidros, E. (2023). "Impacto ambiental y alternativas al uso de tuberías de fibrocemento en sistemas de agua potable." *Revista de Gestión Ambiental*, 20(1), 55-70.
- Javier. (2021). "Análisis de sectorización en redes de distribución de agua potable." *Revista de Ingeniería Civil*, 15(2), 45-58.
- López, F., & Fernández, S. (2018). Ensuring Water Quality in Distribution Systems: Insights from WaterCAD Modeling. *Water Quality Management Journal*, 15(3), 134-148.
- López, F., & Fernández, S. (2018). Mantenimiento de la calidad del agua en sistemas de distribución: Desafíos y soluciones. *Environmental Engineering Journal*, 22(4), 201-215.
- Martínez, E. (2022). Aplicación de WaterCAD en el diseño de sistemas de agua potable: Casos de estudio y lecciones aprendidas. *Sustainable Infrastructure Journal*, 35(3), 134-148.
- Martínez, E., & García, L. (2020). Controlling Flow Velocities in Water Distribution Networks: A WaterCAD Simulation Study. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 26(4), 212-225.
- Martinez, J. (2016). Advanced Techniques in Water Distribution Modeling. *Journal of Hydraulic Engineering*, 142(6), 04016008.
- Martínez, J., & García, L. (2020). Control de la velocidad del flujo en tuberías de sistemas de agua potable: Consideraciones y recomendaciones. *Water Quality Management Journal*, 18(2), 76-88.
- Maya, A. (2020). "Análisis de la eficiencia y sostenibilidad de tanques elevados en sistemas de agua potable: estudio de caso en áreas urbanas." *Revista de Ingeniería Civil*, 20(1), 100115.
- Maya, A. (2020). "Comparación de tanques semi-enterrados y otras estructuras de almacenamiento en sistemas de distribución de agua potable." *Revista de Gestión Ambiental*, 21(1), 45-60.

- Maya, A. (2020). "Consideraciones de diseño y construcción de tanques enterrados para almacenamiento de agua potable." *Revista de Ingeniería Ambiental*, 26(3), 105-120.
- Maya, A. (2020). "Diseño y ubicación óptima de tanques de almacenamiento de agua potable en sistemas de distribución." *Revista de Ingeniería Civil*, 19(2), 80-95.
- Mumbai Municipal Corporation. (2021). *Enhancing Water Distribution Efficiency through WaterCAD Modeling: Lessons from Mumbai*. Mumbai, India: Author.
- Rodríguez, A., & Pérez, M. (2022). Parámetros de diseño en sistemas de agua potable: Un enfoque integral. *Journal of Water Engineering*, 15(3), 45-57.
- Rodríguez, P., & Pérez, A. (2022). Design Parameters for Sustainable Water Distribution Systems: A WaterCAD Perspective. *Sustainable Infrastructure Journal*, 40(1), 78-92.
- Salinas, R. (2023). "Aplicaciones y ventajas de las válvulas de diafragma en sistemas de agua potable: estudio de casos en áreas urbanas." *Ingeniería Civil y Ambiental*, 32(1), 60-75.
- Sanders, C. (2019). Integrating WaterCAD into Urban Water Management: Challenges and Opportunities. *Journal of Urban Water Management*, 12(2), 78-92.
- Sandoval, M. (2021). "Diseño y operación de válvulas de compuertas en sistemas de agua potable: consideraciones prácticas y aplicaciones." *Revista de Ingeniería Hidráulica*, 30(2), 110-125.
- Sandoval, M. (2021). "Funcionamiento y mantenimiento de válvulas de aire en redes de distribución de agua potable: mejores prácticas y procedimientos." *Revista de Ingeniería Ambiental*, 27(4), 75-90.
- Sandoval, M. (2021). "Tipos y aplicaciones de válvulas en sistemas de distribución de agua potable: una revisión técnica." *Revista de Ingeniería Civil*, 18(3), 92-105.
- Smith, A., & Johnson, B. (2019). Modelación hidráulica con WaterCAD: Principios y aplicaciones. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 25(1), 56- 68.
- Smith, A., & Johnson, B. (2019). WaterCAD: A Comprehensive Review of Features and Applications. *Water Resources Management*, 25(3), 123-135.
- Sociedad Internacional de Ingeniería Civil. (2023). *Desafíos comunes en la modelación y gestión de sistemas de agua potable*. Nueva York, NY: Author.
- World Health Organization. (2021). *Guidelines for Drinking-water Quality: Incorporating WaterCAD in Water Safety Plans*. Geneva, Switzerland: Author.

## ANEXOS

### **Anexo 1. Normativa legal considerada**

#### **2.4.1 Normativa General**

##### **Sección primera: Agua y alimentación**

Art. 12.-El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida. (Constitucion de la Republica del Ecuador, 2008)

Art. 13.-Las personas y colectividades tienen derecho al acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y nutritivos; preferentemente producidos a nivel local y en correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales. El Estado ecuatoriano promoverá la soberanía alimentaria. (Constitucion de la Republica del Ecuador, 2008)

##### **Sección segunda: Ambiente sano**

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, sumak kawsay. (Constitucion de la Republica del Ecuador, 2008)

##### **Sección sexta: Hábitat y vivienda:**

Art. 30.- Las personas tienen derecho a un hábitat seguro y saludable, y a una vivienda adecuada y digna, con independencia de su situación social y económica. (Constitucion de la Republica del Ecuador, 2008)

##### **Sección séptima: Salud**

Art. 32.-La salud es un derecho que garantiza el Estado, cuya realización se vincula al ejercicio de otros derechos, entre ellos el derecho al agua, la alimentación, la educación, la cultura física, el trabajo, la seguridad social, los ambientes sanos y otros que sustentan el buen vivir. (Constitucion de la Republica del Ecuador, 2008)

##### **Capítulo sexto: Derechos de libertad**

Art. 66.- Se reconoce y garantizará a las personas:

El derecho a una vida digna, que asegure la salud, alimentación y nutrición, agua potable, vivienda, saneamiento ambiental, educación, trabajo, empleo, descanso y ocio, cultura física, vestido, seguridad social y otros servicios sociales necesarios. (Constitucion de la Republica del Ecuador, 2008)

##### **Capítulo segundo: Biodiversidad y recursos naturales**

##### **Sección primera Naturaleza y ambiente**

Art. 395.- La Constitución reconoce los siguientes principios ambientales:

El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras. (Constitucion de la Republica del Ecuador, 2008)

Las políticas de gestión ambiental se aplicarán de manera transversal y serán de obligatorio cumplimiento por parte del Estado en todos sus niveles y por todas las personas naturales o jurídicas en el territorio nacional. (Constitucion de la Republica del Ecuador, 2008)

El Estado garantizará la participación activa y permanente de las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades afectadas, en la planificación, ejecución y control de toda actividad que genere impactos ambientales.

En caso de duda sobre el alcance de las disposiciones legales en materia ambiental, éstas se aplicarán en el sentido más favorable a la protección de la naturaleza. (Constitucion de la Republica del Ecuador, 2008)

Art. 396.- El Estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño. En caso de duda sobre el impacto ambiental de alguna acción u omisión, aunque no exista evidencia científica del daño, el Estado adoptará medidas protectoras eficaces y oportunas. La responsabilidad por daños ambientales es objetiva. Todo daño al ambiente, además de las sanciones correspondientes, implicará 18 también la obligación de restaurar integralmente los ecosistemas e indemnizar a las personas y comunidades afectadas. Cada uno de los actores de los procesos de producción, distribución, comercialización y uso de bienes o servicios asumirá la responsabilidad directa de prevenir cualquier impacto ambiental, de mitigar y reparar los daños que ha causado, y de mantener un sistema de control ambiental permanente. Las acciones legales para perseguir y sancionar por daños ambientales serán imprescriptibles. (Constitucion de la Republica del Ecuador, 2008)

Según la Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua de la constitución de la república del Ecuador establece los siguientes artículos:

## **Título II: Recursos Hídricos**

Capítulo 1: Definición, infraestructura y clasificación de los recursos hídricos.

Art. 11.- Infraestructura hidráulica:

Se consideran obras o infraestructura hidráulica las destinadas a la captación, extracción, almacenamiento, regulación, conducción, control y aprovechamiento de las aguas así como el saneamiento, depuración, tratamiento y reutilización de las aguas aprovechadas y las que tengan como objeto de acuíferos las recargas superficial como presas, embalses,

canales, conducciones depósitos de abastecimiento a poblaciones, alcantarillado, colectores de aguas pluviales y residuales, instalaciones de saneamiento, depuración y tratamiento, estaciones de aforo, piezómetros, redes de control de calidad así como todas las obras y equipamientos necesarios para la protección del dominio hídrico público. (LEY ORGANICA DE RECURSOS HIDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA, 2014)

#### **Sección IV: Servicios Públicos**

Art. 37.- Servicios públicos básicos:

Para efectos de esta Ley, se considerarán servicios públicos básicos, los de agua potable y saneamiento ambiental relacionados con el agua. La provisión de estos servicios presupone el otorgamiento de una autorización de su uso. La provisión de agua potable comprende los procesos de captación y tratamiento de agua cruda, almacenaje y transporte, conducción, impulsión, distribución, consumo, recaudación de costos, operación y mantenimiento. (LEY ORGANICA DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA, 2014)

Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes Quinta parte: Captación y conducción  
19 Para proyectos de abastecimiento de agua potable. Disposiciones generales Bases para el diseño de un sistema de agua potable.

Los sistemas de abastecimiento de agua potable se dividen en las categorías indicadas en la tabla en función de la confiabilidad del abastecimiento.

## Anexo 2. Evidencia fotográfica

### Figura 24

*Terreno para la construcción de nuevo reservorio*



Elaborado por: Agua, Carlos. (2024)

### Figura 25

*Reservorio elevado de agua actual.*



Elaborado por: Agua, Carlos. (2024)

### Figura 26

*Bomba para rebombeo actual del sistema de agua.*



Elaborado por: Agua, Carlos. (2024)

**Figura 27**

Tablero eléctrico de control del sistema de agua.

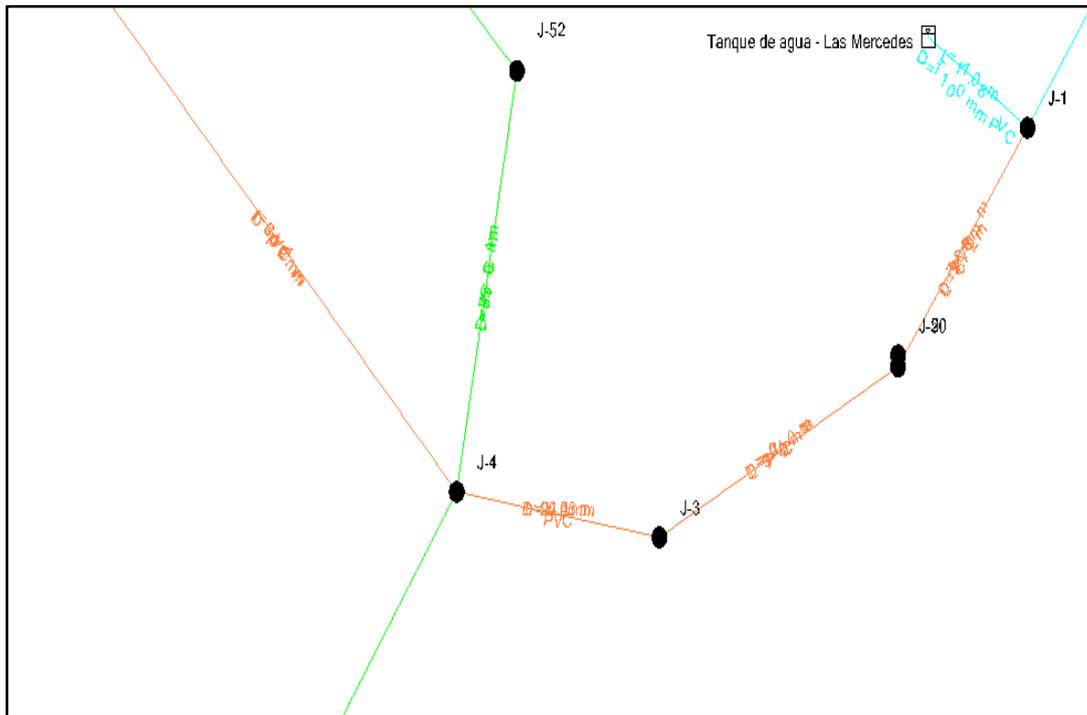


Elaborado por: Agua, Carlos. (2024)

### Anexo 3. Diseño del programa Watercad

**Figura 28**

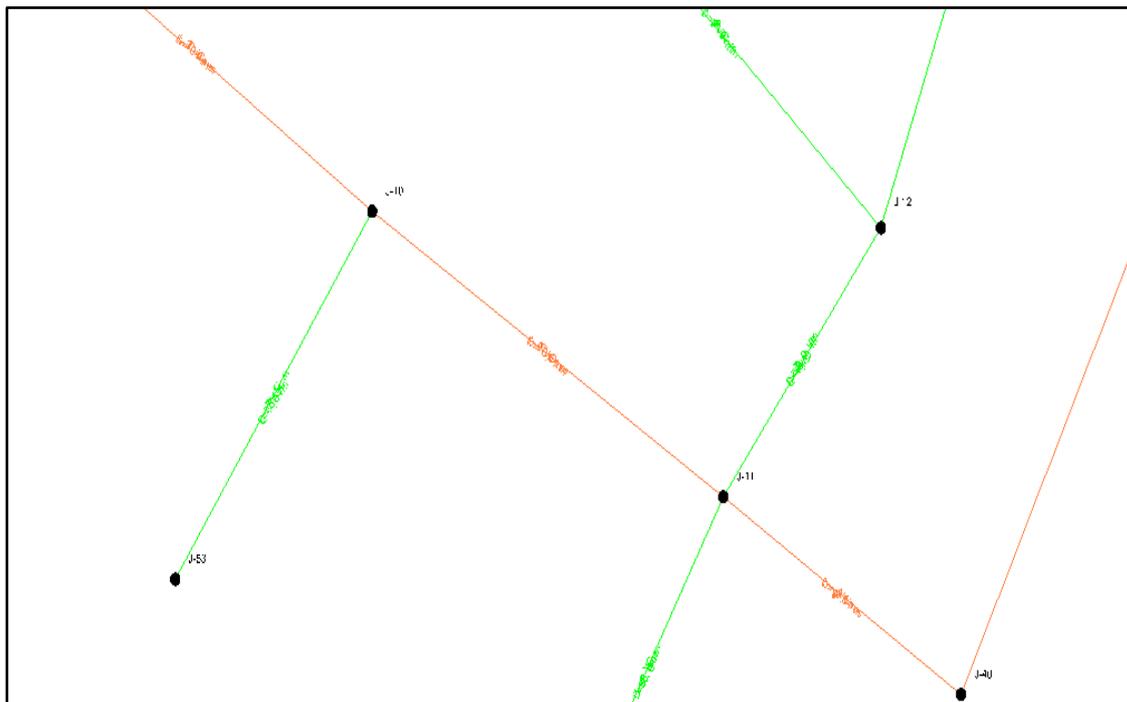
*Diseño del Sistema de Agua Potable en Programa WaterCad.*



Elaborado por: Agua, Carlos. (2024)

**Figura 29**

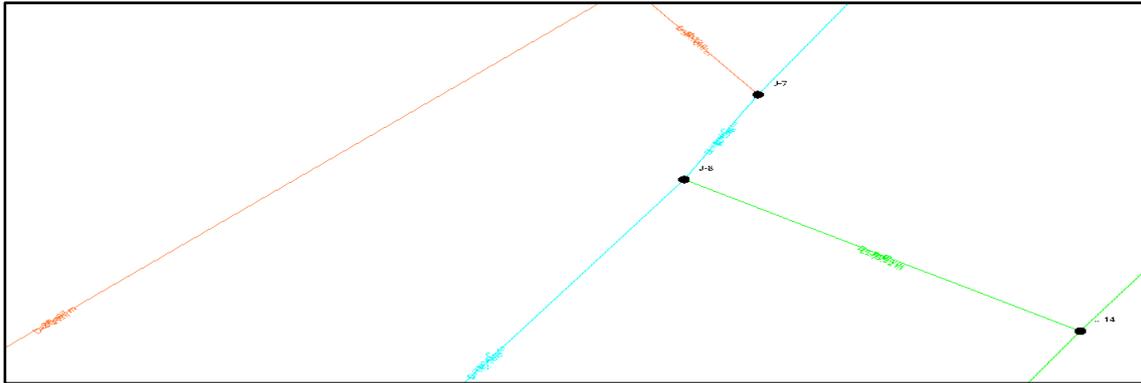
*Diseño del Sistema de Agua Potable en Programa WaterCad.*



Elaborado: Agua, Carlos. (2024)

**Figura 30**

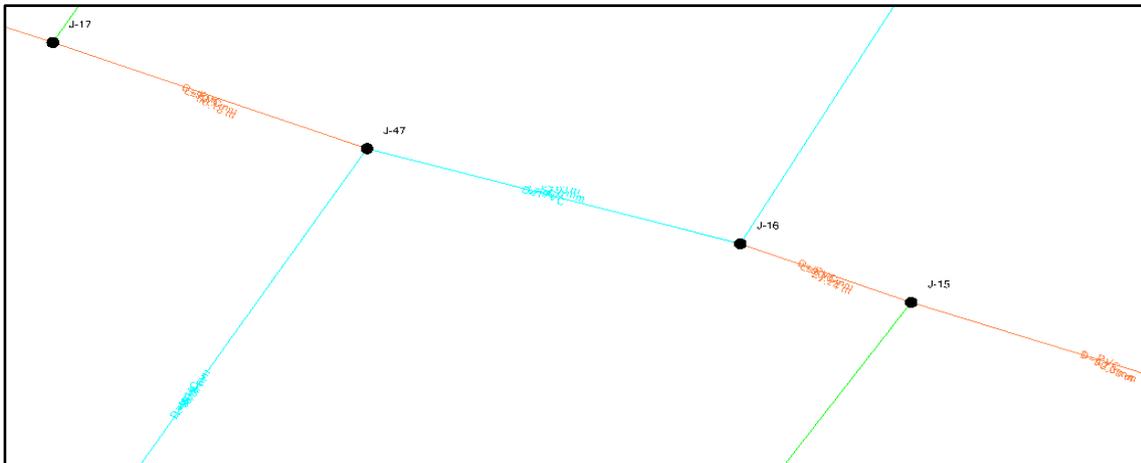
*Diseño del Sistema de Agua Potable en Programa WaterCad.*



Elaborado por: Agua, Carlos. (2024)

**Figura 31**

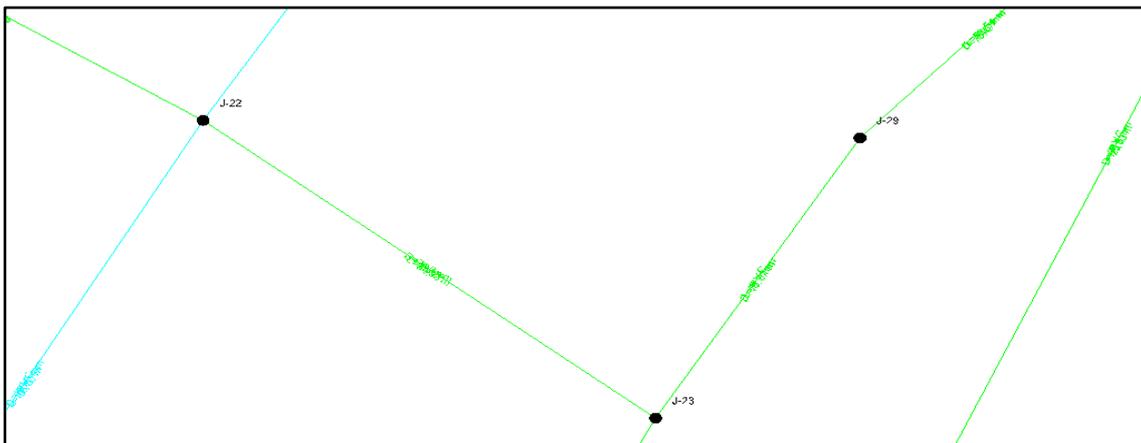
*Diseño del Sistema de Agua Potable en Programa WaterCad.*



Elaborado por: Agua, Carlos. (2024)

**Figura 32**

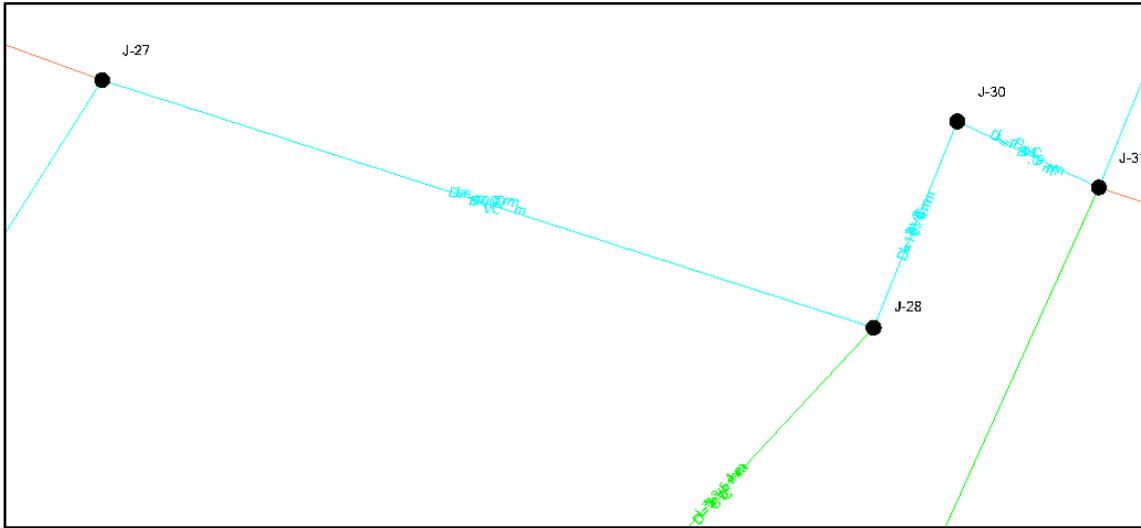
*Diseño del Sistema de Agua Potable en Programa WaterCad.*



Elaborado por: Agua, Carlos. (2024)

**Figura 33**

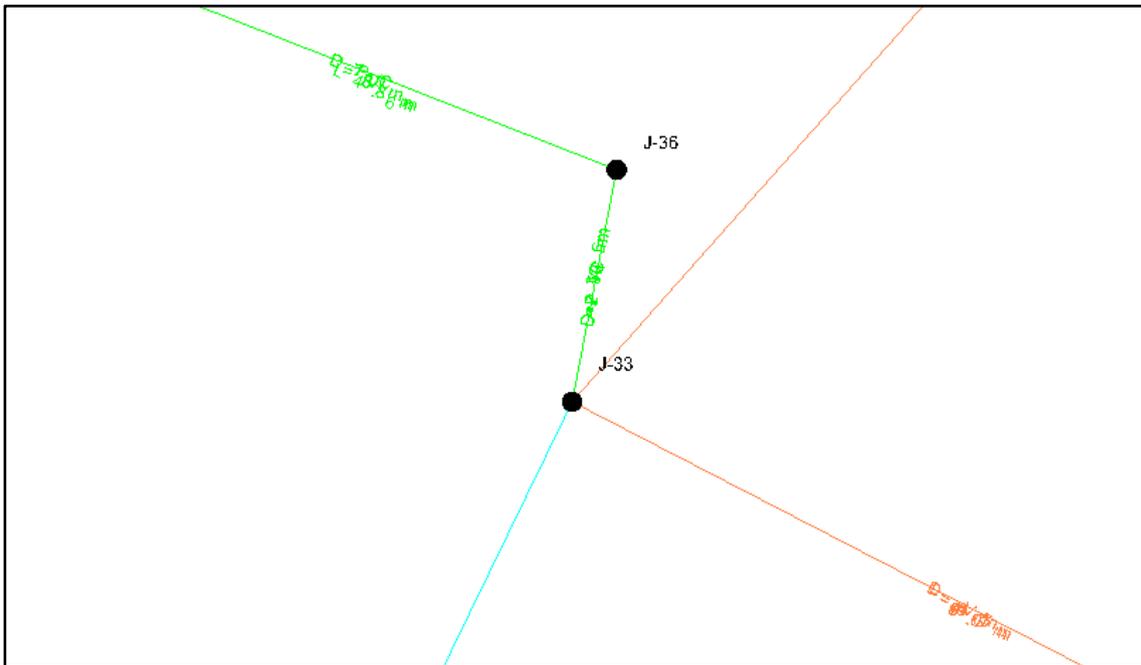
Diseño del Sistema de Agua Potable en Programa WaterCad.



Elaborado por: Agua, Carlos. (2024)

**Figura 34**

Diseño del Sistema de Agua Potable en Programa WaterCad.



Elaborado por: Agua, Carlos. (2024)

#### Anexo 4. Puntos topográficos

<b>Puntos</b>	<b>Norte</b>	<b>Este</b>	<b>Elevación</b>
J-01	593926.51	9784629.01	38.75
J-02	593911.13	9784609.67	40.28
J-03	593882.70	9784593.40	42.06
J-04	593858.52	9784597.09	42.23
J-05	593816.16	9784641.31	42.03
J-06	594025.29	9784832.28	37.77
J-07	594046.31	9784804.49	36.75
J-08	594034.18	9784782.27	37.50
J-09	593969.34	9784689.53	37.77
J-10	594034.36	9784644.51	37.10
J-11	594099.33	9784604.41	37.41
J-12	594128.44	9784643.06	36.33
J-13	594155.06	9784712.06	35.00
J-14	594098.97	9784744.05	37.51
J-15	594180.09	9784862.18	36.30
J-16	594154.64	9784871.88	36.87
J-17	594052.29	9784906.40	40.25
J-18	593983.18	9784931.89	42.15
J-19	594064.55	9785048.97	43.16
J-20	594120.44	9785015.62	42.55
J-21	594143.49	9785005.11	42.36
J-22	594207.51	9784964.67	40.58
J-23	594274.51	9784912.47	36.17
J-24	594238.97	9784841.81	34.97
J-25	594095.07	9785095.03	43.03
J-26	594176.40	9785057.27	41.24
J-27	594249.34	9785057.27	40.50
J-28	594341.45	9785000.91	37.42
J-29	594304.77	9784961.91	37.77
J-30	594351.44	9785026.26	37.57
J-31	594368.31	9785018.69	36.89
J-32	594433.81	9785179.50	35.45
J-33	594494.49	9785305.85	37.78
J-34	594608.00	9785435.00	38.81
J-35	594712.94	9785576.22	35.00
J-36	594498.65	9785327.20	37.82
J-37	594396.35	9785116.59	36.41
J-38	594310.99	9784905.69	34.96
J-39	594268.68	9784824.42	33.91
J-40	594143.30	9784576.65	37.82
J-41	594377.46	9784875.37	33.30
J-42	594436.53	9784994.62	35.04
J-43	594511.36	9785147.98	34.16
J-44	594568.72	9785266.42	36.45

---

J-45	594094.02	9785158.52	42.35
J-46	594195.51	9785435.54	39.50
J-47	594099.06	9784888.22	38.60
J-48	593837.25	9784661.74	42.09
J-49	594231.14	9785432.72	39.05
J-50	594453.31	9785345.41	39.28
J-51	593782.07	9784487.32	46.82
J-52	593865.69	9784634.32	41.28
J-53	593997.90	9784592.72	38.42
J-54	594071.00	9784556.00	39.30
J-55	594069.09	9784698.06	39.00
J-56	594246.85	9784756.45	35.20
J-57	594289.93	9784745.63	35.35
J-58	594620.26	9785248.31	35.56
J-59	594568.00	9785128.00	33.00

---

Elaborado por: Agua, Carlos. (2024)