

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA MADRE Y MAESTRA
VICERRECTORÍA ACADÉMICA
DECANATO DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN GESTIÓN SOSTENIBLE DEL AGUA



PROYECTO DE INVESTIGACIÓN FINAL PARA OPTAR POR EL TÍTULO
DE MAGÍSTER EN GESTIÓN SOSTENIBLE DEL AGUA

**SECTORIZACIÓN DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN EL
ACUEDUCTO DE CORAASAN UTILIZANDO LA HERRAMIENTA EPANET. CASO
DE ESTUDIO: MUNICIPIO TAMBORIL (PARTE ALTA).**

SUSTENTANTES:

Lis Marie De León

Soleidy Libertad Santiago

ASESORES:

Ing. Juan Tavares M.A.

Lic. Rosa Bertilia Rivero M.A.

República Dominicana,
Santiago de los Caballeros,

Diciembre, 2021

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA MADRE Y MAESTRA
VICERRECTORÍA ACADÉMICA
DECANATO DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN GESTIÓN SOSTENIBLE DEL AGUA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN FINAL PARA OPTAR POR EL TÍTULO
DE MAGÍSTER EN GESTIÓN SOSTENIBLE DEL AGUA

SECTORIZACIÓN DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN EL
ACUEDUCTO DE CORAASAN UTILIZANDO LA HERRAMIENTA EPANET. CASO
DE ESTUDIO: MUNICIPIO TAMBORIL (PARTE ALTA).

SUSTENTANTES:

Lis Marie De León	1009-2399
Soleidy Libertad Santiago	1014-0678

ASESORES:

Ing. Juan Tavares M.A.
Lic. Rosa Bertilia Rivero M.A.

República Dominicana,
Santiago de los Caballeros,
Diciembre, 2021

SECTORIZACIÓN DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN EL ACUEDUCTO DE CORAASAN UTILIZANDO LA HERRAMIENTA EPANET. CASO DE ESTUDIO: MUNICIPIO TAMBORIL (PARTE ALTA).

INDICE GENERAL

RESUMEN.....	10
INTRODUCCIÓN	12
CAPÍTULO I: ASPECTOS INTRODUCTORIOS	16
1.1 Antecedentes de la Investigación	17
1.1.1 Antecedentes del Estudio	17
1.1.2 Antecedentes del Problema	20
1.2 Planteamiento del Problema	21
1.3 Preguntas de Investigación	23
1.4. Objetivos	23
1.4.1. Objetivo General:.....	23
1.4.2. Objetivos Específicos:	23
1.5. Justificación de la Investigación	24
1.6. Limitaciones y Delimitaciones de la Investigación.....	26
1.6.1. Temática.....	26
1.6.2. Espacio.....	26
1.6.3. Tiempo	26
1.6.4. Población.....	27
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	28
2.1 Aspectos introductorios de un Acueducto y sus componentes	28
2.1.1 Fuente de Abastecimiento.....	29
2.1.2 Obras de Captación	29
2.1.3 Obras de Conducción	30
2.1.4 Tratamiento del Agua	30
2.1.5 Almacenamiento	30
2.1.6 Redes de Distribución	30
2.2 Sectorización.....	31
2.3 Distritos Hidrométricos.....	32
2.4 Catastro de Redes.....	32
2.5 Catastro de suscriptores o usuarios	33
2.6 Mediciones en los sistemas de abastecimiento de agua.....	33

2.7	Medidores de Caudal	34
2.8	Métodos de Cálculo de Caudal	35
2.8.1	Fórmula de Hazen-Williams para el flujo de agua	35
2.8.2	Medidores de Presión.....	36
2.8.3	Demanda	37
2.8.4	Caudal medio diario	37
2.8.5	Caudal máximo diario.....	37
2.8.6	Caudal máximo horario.....	38
2.8.7	Fricción	39
2.8.8	Línea piezométrica o de Gradiente Hidráulico	39
2.8.9	Rugosidad	40
2.8.10	Pérdida de Carga.....	40
2.8.11	Pérdida por Fricción Laminares.....	41
2.8.12	Pérdida por Fricción Turbulento.....	41
2.8.13	Número de Reynolds.....	41
2.9	Calibración de Redes	42
2.10	Herramientas tecnológicas	43
2.10.1	Epanet	43
2.10.2	Qgis.....	45
2.10.3	OruxMaps	47
2.11	Información general del municipio de Tamboril.....	47
2.12	Contexto actual del suministro de agua potable en el municipio de Tamboril	50
2.12.1	Usos principales del agua en el municipio.....	50
2.12.2	Conflictos de usos y/o principales problemas del municipio relacionados con el agua.	50
2.12.3	Descripción de los sistemas de acueductos y saneamiento del municipio.....	52
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		54
3.1	Enfoque y Alcance o Tipo de Investigación.....	55
3.2	Fuentes de información.....	55
3.2.1	Fuentes de información primarias.....	56
3.2.2	Fuentes de información secundarias	57
3.3	Técnicas de recolección de los Datos.	57

3.3.1	Obtención de informaciones relativas a las condiciones operativas y físicas a través de observaciones al sistema de las redes de distribución de agua potable del Municipio de Tamboril.	58
3.3.2	Obtención del catastro de redes y usuarios y verificación del catastro de redes. ...	61
3.3.3	Medición de caudal, medición de presión y nivel del tanque.	62
3.4	Población y Muestra.	64
3.5	Procedimiento metodológico para alcanzar los objetivos.....	64
3.6	Cuadro de operacionalización de las variables	66
CAPÍTULO IV: ANALISIS DE DATOS.....		69
4.1.	Descripción de los datos.....	70
4.2.	Análisis de datos para objetivo específico No. 1	70
4.3.	Análisis de datos para objetivo específico No. 2	77
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		87
5.1	Conclusiones	88
5.2	Recomendaciones.....	91
BIBLIOGRAFÍA		94

INDICE DE ANEXOS

ANEXO A- Levantamientos de las principales infraestructuras que conforman el sistema de distribución de agua potable del municipio de Tamboril.....	102
ANEXO B -Registro del nivel del tanque de almacenamiento del municipio de Tamboril.....	105
ANEXO C- Registro de las mediciones de presión realizadas en el municipio de Tamboril	106
ANEXO D - Tipos de tuberías y sus características en el municipio de Tamboril	107
ANEXO E - Distribución de agua potable municipio de Tamboril.....	108
ANEXO F- Registro de las mediciones de caudal.....	109
ANEXO G- Mapa del esquema general de l sistema de distribucion de agua potable del municipio de Tamboril.....	110
ANEXO H- Instalación del caudalimetro.	111
ANEXO I- Fotos recorrido para apertura y cierre de válvulas para la sectorización del sistema de distribución de agua potable del municipio de Tamboril.....	113
ANEXO J- Equipo utilizado para medir presiones en campo.	114
ANEXO K- Mapa componentes de la red de distribución de agua potable del municipio de Tamboril.....	115
ANEXO L- Modelo de la sectorización de la parte alta del municipio de Tamboril con variación en la dotación.	119

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coeficiente de rugosidad	40
Tabla 2. Características de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Tamboril.....	53
Tabla 3 Objetivo específico No.1	67
Tabla 4 Objetivo específico No.2	68
Tabla 5 Características de las Tuberías del Municipio de Tamboril.	71
Tabla 6 Características de las Tuberías Municipio Tamboril (parte alta).....	72
Tabla 7 Piezas especiales del Municipio de Tamboril.....	72
Tabla 8 Piezas especiales del Municipio de Tamboril (parte alta).	73
Tabla 9 Características de las redes del modelo de la sectorización de la parte alta del Municipio de Tamboril	77

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema componentes físicos del sistema en Epanet	43
Figura 2. Ubicación Municipio de Tamboril	48
Figura 3. División Territorial Municipio de Tamboril.....	49
Figura 4. Esquemas de sectorización del Municipio	51
Figura 5. Esquema de Abastecimiento de agua potable del sistema de Tamboril	52
Figura 6. Ruta recorrido válvulas de la parte alta del Municipio de Tamboril.....	59
Figura 7. Ruta recorrido válvulas de la baja del Municipio de Tamboril.....	60
Figura 8. Tuberías Parte Alta Tamboril	74
Figura 9. Piezas Especiales Parte Alta Tamboril	75
Figura 10. Puntos De Servicio ó Usuarios Parte Alta Tamboril	76
Figura 11. Modelo de las presiones en la sectorización de la parte alta del Municipio de Tamboril.....	84
Figura 12. Modelo de las velocidades en la sectorización de la parte alta del Municipio de Tamboril.....	85

RESUMEN

El objetivo del presente estudio es conocer la sectorización existente de las redes de distribución de agua potable manejadas por la Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santiago (CORAASAN) utilizando la herramienta Epanet, tomando como caso de estudio el Municipio de Tamboril (Parte Alta). Esta investigación resulta de gran utilidad para CORAASAN, como empresa responsable de la distribución de agua en la Provincia de Santiago, ya que ofrece información valiosa para diseñar estrategias convenientes en el área de la distribución del agua que permitan mejorar el servicio del suministro de tan preciado recurso en las comunidades.

La investigación que se ha desarrollado es cuantitativa, con diseño no experimental, realizada con dos universos las redes de distribución y los usuarios registrados, para la misma no se tomaron muestras, para realizar el análisis se utilizó como parámetro las bases de datos existentes de los catastros de usuarios y redes de agua potables con sus componentes suministrados por CORAASAN y rectificadas en campo.

Para establecer la sectorización existente de la zona de estudio fue necesario conocer las características de las redes de distribución de agua potable a través del catastro actualizado y realizar un modelo calibrado actualizado de los sectores hidrométricos que conforman el sistema de distribución de agua potable del municipio de Tamboril (parte alta) a través de la herramienta digital Epanet.

A través de las acciones realizadas se presentan las condiciones encontradas en el sistema de distribución de agua potable del municipio de Tamboril el cual cuenta con 18,216 usuarios y 160.6 km de tubería, lo que implica alta demanda de suministro de agua potable, de los cuales 8,377 usuarios y 58.45 km de tubería pertenecen a la parte alta.

Al finalizar esta investigación fue posible conocer la situación actual de las redes de distribución de agua potable del municipio de Tamboril en su parte alta a través del modelo calibrado, a partir del cual fue posible determinar que en el 27.45% de la red no llega caudal, es decir, no les llega el suministro de agua, el 27.68% de la red presenta una velocidad mayor al 1.5 m/s y un 13.11% presenta pérdida de carga mayor 1%, demostrando así que la red trabaja bajo condiciones no favorables y fuera de los estándares de diseños establecidos.

Además, se estimó que los puntos que recibían caudal al momento del análisis presentaron una dotación de 725.76 litros/habitante/día, lo cual resulta una dotación sumamente alta, ya que la dotación del consumo de agua por habitante por día según los estándares locales ronda entre los 275 a 350 y 50 – 100 litros según la ONU.

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso indispensable para la vida por tal razón el “Estado Dominicano reconoce el agua y el saneamiento como ejes estratégicos del desarrollo nacional, valorando el agua como recurso en su justa dimensión y un bien económico” (Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo (MEPyd), 2018, p. 20), este recurso es fundamental para garantizar el bienestar de todos los dominicanos. Para lograr que el agua pueda llegar a todos los ciudadanos de una manera eficiente y en cantidades adecuadas es necesario gestionar (Global Water Partnership, 2008) este recurso a través de un modelo de gestión integral.

La Asociación Mundial para el Agua (Global Water Partnership, 2011) define la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) como un proceso que procura el manejo coordinado del agua, la tierra y otros recursos, con la finalidad de potencializar el bienestar económico y social de manera equitativa, preservando los ecosistemas. El enfoque de la GIRH es el nuevo camino que deben emprender los gobiernos para gestionar los recursos hídricos y así garantizar la sostenibilidad y conservación de los mismos al mismo tiempo que son aprovechados para el adecuado desarrollo de las actividades del ser humano.

Para lograr una GIRH es necesario realizar una planificación hídrica apropiada, esto se alcanza mediante la adecuada combinación “de acciones estructurales (construcción de infraestructuras) y de medidas no estructurales (medidas de gestión y tecnológicas)” (Global Water Partnership, 2008, p. 8). Con esto se evidencia que la creación de infraestructuras para mejorar la gestión del recurso agua no es suficiente ya que se deben implementar tecnologías y herramientas innovadoras que complementen e incluso puedan sustituir procesos tradicionales y obsoletos.

Una de las grandes problemáticas que enfrenta el país en materia de agua es precisamente la falta de implementación de tecnologías en la gestión del recurso que ayuden a optimizar esos procesos

tradicionales que solo ralentizan la gestión, es primordial sobre todo insertar este tipo de herramientas en las operaciones de los sistemas de agua potable para lograr mejores resultados en la distribución del agua.

Tal es el caso de los esquemas de sectorización del sistema de distribución de agua potable, estos son necesarios para poder suplir la demanda de agua en aquellos lugares de áreas considerables donde el caudal no es suficiente para ofrecer el servicio a todos los usuarios al mismo tiempo, pero dicha sectorización se realiza a través de procesos rudimentarios basados en la experiencia de los gestores del sistema.

En este trabajo de investigación se pretende conocer la sectorización de redes de distribución de agua potable del Municipio Tamboril, específicamente de la parte alta de este municipio, perteneciente a la Provincia de Santiago de los Caballeros a través de herramientas digitales. Esto se pretende lograr actualizando el catastro de las redes de distribución de agua potable del Municipio y recolectando la información en campo requerida para calibrar y modelar la red o líneas de distribución utilizando los softwares QGIS y EPANET, a través de los cuales será posible conocer y analizar el comportamiento de la red luego de estar calibrada.

La investigación se presenta en este documento organizado de la siguiente manera:

Primer capítulo, desarrollo aspectos introductorios del trabajo de investigación, en donde se presenta el tema, los antecedentes del estudio y de la problemática, descripción del problema a investigar, las preguntas de investigación, los objetivos, la justificación y delimitación del tema.

El segundo capítulo, desarrolla el marco teórico donde se presentan los conceptos y términos relacionados con el tema de investigación y establece el marco contextual del problema de investigación. Tercer capítulo, establece la metodología de la investigación desde su enfoque,

alcance y hasta los procedimientos para lograr los objetivos. El cuarto capítulo, presenta las tablas y figuras con los resultados obtenidos, así como el análisis e interpretación de esas informaciones.

En el quinto y último capítulo, se presentan las conclusiones resultantes de la evaluación e interpretación de los datos obtenidos en el capítulo anterior para cada objetivo planteado, así como se proponen sugerencias y recomendaciones según los hallazgos encontrados.

CAPÍTULO I: ASPECTOS INTRODUCTORIOS

1.1 Antecedentes de la Investigación

A continuación, se presentan los antecedentes del estudio donde se describen las teorías e investigaciones de varios autores referentes a la evolución de la sectorización de redes de distribución de agua potable a través de softwares especializados y de igual forma se presentan los antecedentes de la problemática en donde se explica cómo surge y en qué contexto se ha desarrollado.

1.1.1 Antecedentes del Estudio

Gutiérrez-Pérez, Herrera, Izquierdo, & Pérez-García, (2013) establece que el concepto de la gestión de redes de abastecimiento de agua basado en distritos métricos (DMAs, District Metered Areas), utilizando la división de las redes de agua potable en sectores, fue una propuesta novedosa que se introdujo para la detección y control de fugas. Este método surgió a principios de la década de 1980 en el sector del agua de Reino Unido llevado a cabo por el Departamento de Medio Ambiente y el Consejo Nacional del Agua.

Ayala (2013) indicó que el crecimiento de las herramientas digitales hace notoria la necesidad de simular matemáticamente el comportamiento de las redes de distribución destacando la importancia del desarrollo de programas de simulación. Además, describió que los esfuerzos al pasar de los años por medio de la experiencia demostraron que la problemática de los modelos no se enfocaba en la simulación de éstos, sino en la existencia y forma de manejar los datos de partida, y en la depuración y verificación de los mismos.

En Colombia por medio del estudio realizado por Orellena en el 2018 se establece que un modelo de una red de distribución es una representación matemática que permite reproducir su comportamiento para simular distintos escenarios y anticipar soluciones a problemas futuros, siendo una de las herramientas digitales más utilizada el software EPANET.

Rossmann (2002) expone que la herramienta EPANET es un software de ordenador que permite realizar simulaciones en intervalos de tiempo prolongados de cómo se comporta de manera hidráulica y cuál es la calidad del agua en las redes de distribución de agua potable sometidas a presión.

Tellez y Santos en agosto del año 2019 describieron como los sistemas utilizados para obtener información geográfica (SIG) juegan un rol de gran valor en lo correspondiente al manejo de la información relacionada con la explotación de las líneas que son utilizadas para distribuir el agua apta para consumo; Al realizar la combinación de simulaciones matemáticas con los datos geográficos en un SIG permite realizar un sin fin de actividades aplicadas al área en cuestión, las cuales abarcan el catastro de líneas y usuarios, gestión de averías, gestión de la demanda, actuaciones de mantenimiento, etc.

Así como los modelos hidráulicos son cada vez más necesarios y utilizados para la toma de decisiones por parte de las compañías que explotan los servicios de suministro de agua potable. Las redes de transporte y distribución del agua de muchas ciudades se han convertido en sistemas complejos de gestionar, al tener que adaptarse a los múltiples problemas que pueden presentar estas.

Por medio de la implementación de modelos hidráulicos de la red desde el sistema de información geográfico (SIG), se puede determinar el éxito y la eficacia de un SIG a través de la medición del tipo, calidad y vigencia de los datos con los que opera. En la mayoría de los sectores, los SIG pueden ser utilizados como una herramienta de ayuda a la gestión y toma de decisiones.

En el año 2020 GUZMÁN BÁEZ, realizó un estudio que establece la elaboración del esquema matemático de la red de abastecimiento en lo correspondiente a la distribución tomando como caso de estudio el Distrito Nacional en la Provincia de Santo Domingo, en el cual se destaca el gran desafío que representa la elaboración del mismo debido a la baja confiabilidad en las informaciones disponibles; concluyendo que dicho análisis conduciría a un diagnóstico de la red de distribución, el cual se compara con la información disponible para garantizar la credibilidad del modelo.

La Corporación De Acueducto Y Alcantarillado De Santiago (CORAASAN) para finales del año 2020 dentro del programa de mejoramiento de los servicios de saneamiento y agua potable en la provincia de Santiago (PROMESSAPS) con el préstamo del Banco Interamericano de Desarrollo 2845/OC-DR crea el estudio de factibilidad técnica sistemas de agua potable periféricos de la provincia, en el que se plantea realizar los estudios necesarios para elaborar para la provincia de Santiago el estudio y definición del Plan de Obras para los Sistemas de Agua Potable denominados Periféricos, correspondientes a los municipios de Santiago, San José De Las Matas, Sabana Iglesia, Janico, Villa González Y Villa Bisonó. El objetivo principal del Plan es constituir una guía u hoja de ruta para el desarrollo sustentable de dichos sistemas de abastecimiento de agua potable.

1.1.2 Antecedentes del Problema

En el año 2018 La Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santiago (CORAASAN) expone que la misma es la entidad pública la cual está dedicada a la administración, operación y mantenimiento de los Acueductos y Alcantarillados de todos los municipios que integran la provincia de Santiago exceptuando aquellos que se encuentra bajo la influencia del Instituto Nacional de Aguas Potable y Alcantarillado (INAPA).

En el año 2020 la entidad prestadora de servicio de acueductos y alcantarillados de la provincia de Santiago indica que al momento son muchos los retos a los que esta prestadora de servicio se enfrenta debido a las precariedades en el sistema de agua potable y alcantarillado, la problemática principal radica en que existe un el déficit de 44, 850,00 galones diarios en la producción de agua potable a causa de distintos problemas en el sistema.

Esta investigación se centra en el caso estudio Municipio de Tamboril, esta zona en particular presenta, además del déficit de caudal, otras debilidades en el sistema de abastecimiento, debido principalmente a diversas fugas presentadas en el tanque, así como deficiencias en las estaciones de bombeo y la existencia de un consumo sin control de dicho líquido (El Nuevo Diario 2021). Esta situación genera poco caudal o escases en esta zona, puesto que no se tiene programado el suministro de agua necesario.

Ese sentido, se hace necesario conocer las características de las redes de agua potable del Municipio de Tamboril, con la finalidad de identificar de qué manera puede mejorarse el sistema de abastecimiento.

Del mismo modo, para poder enfrentar la situación de escasez o poco caudal en el Municipio de Tamboril, el Departamento de Operaciones de CORAASAN se ha visto en la necesidad de realizar esquemas de sectorización para suplir el agua en las distintas zonas de este municipio, esta sectorización contempla dos esquemas el de la parte alta y el de la parte baja del Municipio. La sectorización se realiza en base a la experiencia de los encargados del área a través del cierre y apertura de válvulas, sin la utilización de herramientas ni modelamientos digitales que contribuyan a la toma de decisiones referentes a la red, su operación y mantenimiento.

Debido a lo planteado con respecto a la situación de abastecimiento en Tamboril y el manejo del sistema, con este trabajo se pretende llevar a cabo un modelo calibrado actualizado de la sectorización de las redes de distribución del Municipio de tamboril a través de la herramienta digital Epanet, para fines de evaluar el modelo de sectorización existente, específicamente la sectorización de la parte alta del Municipio y así conocer y evaluar el comportamiento del sistema.

1.2 Planteamiento del Problema

Ayala & Martinez (2013) describieron cuál era la estrategia que actualmente resulta más favorable para gestionar adecuadamente las líneas que constituyen un acueducto en su sistema de distribución para abastecimiento del recurso agua potable:

La solución más extendida hoy en día para mejorar la gestión de la red con el objetivo principal de aumentar su rendimiento hídrico es la sectorización. La elaboración de un modelo matemático de la red de abastecimiento capaz de simular el comportamiento de la red sectorizada bajo diversas hipótesis de funcionamiento facilita enormemente el proceso de diseño de la sectorización en su etapa de gabinete y ahorra muchos costes en la etapa de implantación y ejecución posterior de los sectores. P.20

Ayala & Martínez (2013) explican también que los sectores no resultan de una decisión al azar, sino que conviene disponer de herramientas tecnológicas que asistan en el diseño de los mismos, por lo que es necesario utilizar un esquema o simulación matemáticos a través de un modelo de las redes para el abastecimiento del agua como mecanismo de apoyo en el estudio de las redes para lograr sectorizaciones apropiadas.

Ellos enfatizan que una gran ventaja que ofrece el modelado de la red es la capacidad de análisis que proporciona diversas hipótesis del estado de la red, es decir, el esquema o simulación matemáticos a través de un modelo de las redes para el abastecimiento del agua son de gran utilidad para tomar decisiones entorno a la planificación, gestión y operación de las redes de distribución del día a día.

Por lo que partiendo de lo establecido por Ayala & Martínez, sobre la forma correcta de sectorizar, se puede verificar que en CORAASAN no se utilizan dichos parámetros ni modelado de la red, y si a eso se le suma la problemática del suministro de agua debido a la falta de caudal, los sistemas de bombeos obsoletos y un tanque de almacenamiento con una cantidad considerable de fugas y filtraciones encontrar oportunidades de mejoras en la forma de operar la red se hace imprescindible a través de acciones que contribuyan a potencializar y mejorar el servicio de agua.

Por lo que, a partir de lo expuesto, en esta investigación se pretende evaluar y analizar la sectorización existente en la parte alta del Municipio de Tamboril y determinar la importancia de la implementación de herramientas tecnológicas en el manejo adecuado de las redes de distribución de un sistema de agua potable y cómo estas podrían influenciar la manera de operar el sistema, el cual actualmente se encuentra bajo condiciones precarias.

1.3 Preguntas de Investigación

1.3.1 Pregunta General:

Para responder la problemática expuesta anteriormente, es necesario realizar la siguiente pregunta general de investigación: ¿Cuál es la situación actual de la sectorización de redes de distribución de agua potable en el acueducto de CORAASAN utilizando la herramienta Epanet en la parte alta del Municipio de Tamboril?

1.3.2 Preguntas Específicas:

1. ¿Cuáles son las características de las redes de distribución de agua potable del municipio de Tamboril?
2. ¿Cómo se realiza un modelo calibrado actualizado de las redes de distribución a través de la herramienta digital Epanet?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General:

Conocer la sectorización de redes de distribución de agua potable en el acueducto de CORAASAN utilizando la herramienta Epanet. Caso de estudio: Municipio Tamboril (Parte alta).

1.4.2. Objetivos Específicos:

1. Conocer las características de las redes de distribución de agua potable del Municipio de Tamboril a través del catastro actualizado.
2. Realizar un modelo calibrado actualizado de la sectorización de las redes de distribución del municipio de Tamboril (parte alta) a través de la herramienta digital Epanet.

1.5. Justificación de la Investigación

El municipio de Tamboril cuenta con una población creciente y de gran amplitud territorial, además de poseer un gran número de zonas francas lo cual representa un gran valor económico para la provincia de Santiago de los Caballeros por lo que es un municipio con una alta demanda de los servicios básicos, como el adecuado abastecimiento de agua potable, el cual resulta indispensable para mejorar la calidad de vida de sus habitantes, así como eficientizar las actividades económicas propias de dicho municipio.

En esta investigación se podrán obtener informaciones relevantes acerca del funcionamiento general del sistema de distribución de agua potable del acueducto de CORAASAN en lo correspondiente al distrito hidrométrico que abarca el municipio de Tamboril y las comunidades que lo conforman. Ofrece la oportunidad de conocer las diferentes características del sistema de una manera técnica que pueda ser utilizada para la implementación de futuras mejoras al servicio.

El abastecimiento de agua potable en el municipio de Tamboril es responsabilidad de CORAASAN. En la mayoría de los sectores el servicio no es continuo, muchos de estos llegan a presentar cortes en el suministro por horas o hasta días, e incluso, áreas donde el agua es suministrada únicamente a través de camiones cisterna.

La problemática existente de abastecimiento de agua potable se ha tratado en países con características similares a la República Dominicana a través de la sectorización, siendo esta una de las medidas más aceptadas para dar solución a la misma, sin embargo, está a su vez trae a relucir una nueva gama de temas a ser tratados.

Según González (2013) es notable cómo en un proyecto de sectorización de redes de agua potable suele ser trabajado sin seguir un proceso riguroso de valor científico-técnico, suele implementarse el método de aproximaciones a través de un proceso de prueba y error.

La sectorización actual del municipio de Tamboril con grandes problemas de abastecimiento se suma a la implementación de una sectorización realizada en función a la experiencia del personal operativo de la prestadora de servicio, es decir, de la Corporación de Acueducto y Alcantarillado de Santiago (CORAASAN). Tales motivos hacen necesarios conocer todo lo pertinente a la sectorización que ayude identificar de manera eficiente y con mayor grado de rigor científico técnico no solo como eje central la experiencia de los operadores, para los cuales se plantea la implementación la herramienta digital Epanet, con información digital mediante las fuentes de información que representan los sistemas de información geográfica.

Los resultados obtenidos en esta investigación darán apertura a conocer nuevas herramientas que permitan implementar mejoras en la distribución del agua en la provincia de Santiago principalmente entender la necesidad de que contar con herramientas de este tipo son necesarias para lograr resultados más precisos en cualquier aspecto de la operatividad de un acueducto.

Igualmente, la información presentada ayudará a profesionales de la ingeniería, profesores y estudiantes a conocer el funcionamiento del sistema de distribución de agua en la zona de Tamboril, así como conocer las deficiencias que presenta dicho sistema, de forma que puedan utilizar esta investigación en su área laboral o para fines de contribuir a buscar las soluciones más efectivas para erradicar esta problemática, lo cual serviría como referencia para otras áreas del país donde se presenten las mismas condiciones de escasos o poco caudal.

1.6. Limitaciones y Delimitaciones de la Investigación.

1.6.1. Temática

La sectorización es un método de operación que utilizan los gestores de las redes de distribución de agua potable en zonas donde requiere un control de dotación. Conocer la sectorización de redes de distribución de agua potable en el acueducto de CORAASAN, tomando como caso de estudio el Municipio Tamboril (Parte Alta), supone la implementación de herramientas digitales para lo que se propone que sea el software de uso libre Epanet, utilizando informaciones obtenidas en campo y con el uso de los softwares de uso libre QGIS y ORUXMAPS como fuente de información.

1.6.2. Espacio

Para la presente investigación se tomó como caso de estudio el municipio de Tamboril de la provincia de Santiago, República Dominicana, el cual cuenta con un área 70.6 km², compuesto por el distrito municipal de Tamboril y el distrito municipal Canca La Piedra. (ONE, 2016). Específicamente se trabajó con la zona de la parte alte de Tamboril la cual posee un área de 11.00 km². Ver Anexo E para comunidades que componen dicha zona.

1.6.3. Tiempo

La investigación se desarrolló en un periodo correspondiente a seis meses, comprendidos de enero 2021 a julio 2021, pertenecientes al período 2 2020-2021 y período 3 2020-2021.

1.6.4. Población

Se contempla dos universos dentro de la investigación:

1. El catastro de usuarios del Municipio de Tamboril conformado por una población de 18,216 usuarios registrados, de estos 8,377 usuarios corresponden a la parta alta del Municipio.
2. Las redes de distribución de agua potable de 160.60 km de tubería en diferentes diámetros, de estas 58.45 km corresponden a la parta alta del Municipio.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Aspectos introductorios de un Acueducto y sus componentes

El agua es un recurso indispensable para el desarrollo de cualquier comunidad, por lo que “cualquier población por pequeña que sea, debería contar como mínimo con los servicios de acueducto y alcantarillado, si se espera de ella un desarrollo social y económico” (López Cualla, 2000, p. 19).

López Cualla (2000) explica que cualquier sistema de abastecimiento de agua potable de una comunidad debe constar de los siguientes elementos: fuentes de abastecimiento, obras de captación, obras de conducción, tratamiento del agua, almacenamiento y distribución. (p. 22)

2.1.1 Fuente de Abastecimiento

Las fuentes de abastecimiento de agua, López Cualla (2000) indica que pueden ser superficiales o ser subterráneas.

Las fuentes superficiales son los cursos naturales de aguas, y como explica Palacios (2008) estas tienen la ventaja de que pueden abastecer a la comunidad por gravedad lo cual facilita la operación y mantenimiento del sistema además de ser preferibles cuando el caudal requerido es considerable.

En el caso de las fuentes subterráneas, Palacios (2008) expone que estas por lo general tienden a ser de mejor calidad que la superficial por lo que requieren de tratamientos sencillos, además que estas fuentes suelen estar ubicadas en terrenos cerca de la comunidad lo que reduce la cantidad de infraestructuras a construir para la conducción del agua.

2.1.2 Obras de Captación

En el año 2000 López Cualla expone que la infraestructura usada para la captación del agua depende en primera instancia de la de fuente de abastecimiento a usar, en casos como en la de captación superficial se plantea bocatomas, mientras que en la captación de aguas subterráneas se contempla la implementación de pozos.

2.1.3 Obras de Conducción

“La obra de conducción es aquella instalación, cuya finalidad es transportar el agua desde el sitio de captación hasta el centro de consumo” (Palacios, 2008). En la generalidad de los casos el agua es conducida por tuberías a presión, bien sea por gravedad o mediante bombeo, tal y como expone Palacios (2008).

2.1.4 Tratamiento del Agua

El agua es necesaria tratarla ya que en su estado natural no es apta para consumo humano, de acuerdo a López Cualla (2000), por lo que siempre será obligatorio tratarla con al menos un tratamiento mínimo de cloración.

2.1.5 Almacenamiento

El almacenamiento del agua es un componente necesario, ya que tal y como explica López Cualla (2000), tanto el caudal de captación como el caudal demandado no son constantes, por lo que se hace imprescindible almacenar agua en un tanque en los períodos en que la demanda es menor que el abastecimiento y utilizarla en los horarios de alta demanda.

2.1.6 Redes de Distribución

La red de distribución, Ochoa & Bourguett (2001) expresa que se define de esta manera al grupo de componentes en el cual su finalidad es trasladar el agua desde el inicio donde se produce o almacena hasta los nudos de consumo tales como las viviendas, comercios, industria, entre otros.

Ochoa & Bourguett (2001) también explican que la operación de una red de distribución es sumamente compleja debido a la gran cantidad de elementos que la componen y en muchas ocasiones el diseño de la red no incluye ciertas facilidades que contribuyen a agilizar los trabajos de operación, mantenimiento y control como:

- Reparación de fugas con mínima afectación a usuarios.
- Sustitución de tramos averiados o que han llegado a su vida útil, sin la interrupción del servicio en grandes zonas.
- Registros en la red que permitan la elaboración de diagnósticos y controlar las fugas.

2.2 Sectorización.

“La sectorización de las redes de agua potable se puede describir como una técnica orientada a mejorar el control operativo de las mismas, incluyendo gestión de fugas, presiones, y monitoreo de la calidad del agua. La misma consiste en demarcar zonas que queden parcialmente aisladas del resto de la red.” (Delgado-Galván, Rodríguez, & Medel, 2015)

Delgado-Galván, Rodríguez, & Medel, (2015) también explican el aislamiento de las redes para crear los sectores se hace, ya sea, mediante la instalación de válvulas, o mediante el corte de tuberías. Se continúa alimentando cada sector por líneas equipadas con un caudalímetro que permite el monitoreo permanente del caudal entrante.

2.3 Distritos Hidrométricos

Fragoso, Ruiz, & López, (2016) establecen que un distrito hidrométrico es una zona de la red de distribución de agua potable, se enmarca a la perfección mediante la implementación de válvulas reguladoras, adecuadamente equipadas para aforar el caudal de entrada, para medir y controlar la presión.

Contar con distritos hidrométricos dentro de una red de distribución presenta múltiples ventajas, tal y como explica Ochoa & Bourguett (2001), ya que este proporciona información sobre los volúmenes de fugas que se tienen en líneas principales y secundarias, consumos unitarios de usuarios y usos no autorizados, además que se encuentra totalmente independiente de otros sectores.

2.4 Catastro de Redes

Dirección General de Agua Potable y Saneamiento Básico del Ministerio de Desarrollo Económico, (2002) conceptualiza el catastro de la red de distribución de agua potable como una fuente de información que contiene datos técnicos estandarizados y relacionados con todos los componentes del sistema tales como ubicación de tuberías, diámetros, válvulas y complementos importantes que se tenga incorporado o sea parte de las redes.

De igual forma se puede definir el catastro de redes de la siguiente manera: “Registro del conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua desde el tanque de almacenamiento o planta de tratamiento hasta los puntos de consumo” (Espinoza, 2012)

El catastro de redes es un recurso imprescindible para una eficiente operación del sistema de abastecimiento de agua potable ya que permite ubicar con precisión los componentes del sistema, contribuye a la rápida detección de fugas y sirve como apoyo al momento de establecer planes para ampliaciones y proyectos de inversión.

2.5 Catastro de suscriptores o usuarios

“El catastro de suscriptores se puede definir como el conjunto de registros y procedimientos que permiten identificar, caracterizar y localizar los usuarios de los servicios y sus acometidas”. (Dirección General de Agua Potable y Saneamiento Básico del Ministerio de Desarrollo Económico, 2001).

De igual forma se puede definir el catastro de suscriptores de la siguiente manera: “El conjunto de registros y procedimientos que permiten identificar, caracterizar y localizar a los usuarios de los servicios y a sus acometidas” (Reyes, 2018)

El catastro de usuarios es un elemento vital dentro de cualquier empresa prestadora del servicio de agua potable pues este registro permite identificar los usuarios reales y las acometidas y permite categorizar los usuarios y el servicio.

2.6 Mediciones en los sistemas de abastecimiento de agua

Tal y como explica Ochoa & Bourguett (2001), es fundamental conocer el funcionamiento de las instalaciones del sistema de abastecimiento ya que esto es determinante a la hora de verificar el correcto desempeño de los elementos que forman el sistema. Las mediciones de las variables

hidráulicas: presión, caudal y nivel, resultan imprescindibles para corroborar que el sistema esté funcionando adecuadamente.

2.7 Medidores de Caudal

Existen muchos sistemas propuestos para la medición de caudal, y estos son parte fundamental en los sistemas de distribución de agua, según Ochoa & Bourguett (2001), cabe mencionar los siguientes métodos:

1. Medidor de placa de orificio: estos son capaces de medir el caudal detectando la presión diferencial entre dos puntos.
2. Rotámetros: estos se conocen como flotadores de sección variable. En general, los rotámetros son instrumentos limitados a bajos caudales cuyo montaje debe realizarse verticalmente y para aplicaciones en las que se requiera una medición sin excesiva precisión.
3. Medidor de caudal ultrasónico: el funcionamiento de estos se basa en el principio físico mediante el cual la velocidad del sonido al propagarse por un medio en movimiento experimenta una ligera variación respecto a si el medio estuviese en reposo.
4. Caudalímetro de efecto Doppler: el principio de funcionamiento de estos es la variación que experimenta la frecuencia de un haz de sonido al ser emitida desde un objeto móvil y ser observada esta desde un receptor que se encuentra fijo.

5. Caudalímetro de tiempo de tránsito: estos miden la diferencia de tiempos que tarda una misma onda sonora en recorrer la distancia entre dos electrodos colocados perpendicularmente a la tubería.
6. Pitot modificado de tipo Annubar: este medidor utiliza el principio de medición del tubo pitot. Este proporciona diferenciales de presión que son fácilmente transformados a sus equivalentes de caudales.
7. Medidores deprimógenos: su principio de funcionamiento se basa en proporcionar diferenciales de presión debido al estrangulamiento del medidor.
8. Medidores magnéticos: estos son equipos de alto costo, excelente precisión, alta flexibilidad en el ajuste del rango, tecnología compleja, cuya aplicación debe estar condicionada a la existencia de repuestos, excelente mano de obra y asistencia técnica eficaz.

2.8 Métodos de Cálculo de Caudal

2.8.1 Fórmula de Hazen-Williams para el flujo de agua

La fórmula de Hazen-Williams, Mott & Untener (2015) establece que es una de las fórmulas más famosas utilizadas para diseñar y analizar sistemas de agua. Indicando a su vez que su aplicación se limita al flujo de agua en tuberías con diámetros más grandes que 2 pulgadas y menores de 6 pies.

A continuación, Mott & Untener (2015) presentan la fórmula de Hanzen-Williams:

$$v = 0.85C_h R^{0.63} S^{0.54}$$

- v = Velocidad promedio del flujo (m/s)
- Ch = Coeficiente de Hazen – Williams (adimensional)
- R = Radio hidráulico del conducto de flujo (m)
- S = Relación hL/L: pérdida de energía/longitud del conducto (m/m)

(Coporacion del Acueducto y el Alcantarillado de Santiago CORAASAN, 2020) explica que en los tramos de tuberías se considera que las tuberías modelizadas están trabajando exigidas si presentan velocidades mayores a 1.5 m/s.

2.8.2 Medidores de Presión

Ochoa & Bourguett (2001) explican que existen un sin número de métodos para la medición de presión, pero el más común es el basado en elemento primario elástico:

1. Manómetro tipo Bourdon: este consiste en un tubo cerrado de sección elíptica, que forma un anillo casi completo cerrado por un extremo y en cuyo interior se encuentra el fluido cuya presión es la variable a medir. Al variar la presión del tubo, éste tiende a una nueva posición debido a su naturaleza elástica. El movimiento del extremo del tubo es transmitido mecánicamente mediante unos engranajes a la aguja indicadora. A través de esta, sobre una esfera graduada, se puede visualizar la presión media.

La Corporación del Acueducto y el Alcantarillado de Santiago, (CORAASAN, 2020) se establecen los criterios de diseño sobre presiones mínima y máxima de la siguiente manera:

1. Presión mínima: se consideró una presión mínima del orden de los 10 MCA.

2. Presión máxima: se consideró no superar los 40 MCA, en el caso de redes de distribución (que tienen acometidas domiciliarias).

2.8.3 Demanda

López Cualla (2000) explica que la determinación de la cantidad de agua que debe ser suministrada por un sistema de abastecimiento de agua es la base para el diseño de este sistema, por lo que todas las infraestructuras que lo conformen deberán satisfacer las necesidades de la población durante un periodo considerable.

2.8.4 Caudal medio diario

El Reglamento técnico dirigido al diseño de instalaciones hidrosanitarias del INAPA (2018 p.35) explica que el caudal medio diario Q_{med} es el caudal medio calculado para la población proyectada, teniendo en cuenta la dotación bruta asignada. Corresponde al promedio de los consumos diarios en un período de un año y se calcula de la siguiente manera:

$$Q_{med} = \frac{Población * D_{bruta}}{86,400}$$

D bruta = dotación bruta

Q med = caudal medio diario

2.8.5 Caudal máximo diario

El Reglamento técnico para diseño de obras e instalaciones hidrosanitarias del INAPA (2018 p.35) explica que el caudal medio diario $Q_{max/d}$ es corresponde al consumo máximo registrado durante

24 horas. Se calcula multiplicando el caudal medio diario por el coeficiente de consumo máximo diario, k1. Este valor se calcula de la siguiente manera:

$$Q_{max/d} = Q_{med} * K1$$

Q med = caudal medio diario

Q max/d = caudal máximo diario

K1 = coeficiente de consumo máximo

2.8.6 Caudal máximo horario

El Reglamento técnico para diseño de obras e instalaciones hidrosanitarias del INAPA (2018 p.35) explica que el caudal medio diario $Q_{max/h}$ es corresponde al consumo máximo registrado en una hora en un período de un año sin tener en cuenta el caudal de incendio. Se calcula multiplicando el caudal máximo diario por el coeficiente de consumo máximo horario, k2. Este valor se calcula de la siguiente manera:

$$Q_{max/h} = Q_{med} * K2$$

Q med = caudal medio diario

Q max/h = caudal máximo horario

K2 = coeficiente de consumo máximo

2.8.7 Fricción

“La fricción, en el caso del flujo en tuberías y tubos, es proporcional a la carga de velocidad del flujo y a la relación de la longitud sobre el diámetro de la corriente del flujo” (Mott & Untener, 2015, p. 183)

A continuación, Mott & Untener (2015) presentan la Ecuación de Darcy:

$$h_L = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

donde:

h_L = Pérdida de energía debida a la fricción (N*m/N, lb/ft/lb o ft)

L = Longitud de la corriente de flujo (m o ft)

D = Diámetro de la tubería (m o ft)

v = velocidad de flujo promedio (m/s o ft/s)

f = factor de fricción (adimensional)

“La ecuación de Darcy puede utilizarse para calcular la pérdida de energía debido a la fricción en las secciones rectas y largas de tubería redonda, tanto para flujo laminar como para el turbulento”. (Mott & Untener, 2015, p. 183)

2.8.8 Línea piezométrica o de Gradiente Hidráulico

La línea piezométrica, (Luszczewski, 2004) indica que es la gráfica de las presiones respectivas a lo largo del conducto, explicando cómo presión respectiva a la relación de la presión del líquido menos la presión atmosférica y esa característica es el medido a lo largo de todo el conducto.

“Si la presión relativa se expresa en altura de una columna de un líquido, es necesario dividirla entre el peso específico del líquido de la columna manométrica.” (Luszczewski, 2004)

2.8.9 Rugosidad

“La rugosidad de la tubería es un dato que depende del material y la antigüedad de cada tubería. Además, depende también de la ecuación empleada para calcular las pérdidas de carga en el modelo.” (Corporación del Acueducto y el Alcantarillado de Santiago CORAASAN, 2020)

Tabla 1. Coeficiente de rugosidad

Material	COEFICIENTE C	
	TUBERIAS NUEVAS	TUBERIAS EN USO
PVC	150	150-140
ASBESTO CEMENTO	135	135-130
HIERRO FUNDIO	130	130-90

Fuente: Estudios de factibilidad técnica. Sistemas de agua potable periféricos de la Provincia. (PROMESSAPS).

Además, CORAASAN establece que en el caso de las tuberías de material PVC en condición de antigüedad crítica se debe considerar un coeficiente de rugosidad de 130.

2.8.10 Pérdida de Carga

“La pérdida de carga es la disminución de la energía de un fluido debido a la resistencia que encuentra a su paso.” (Dirección de Ingeniería INAPA, 2018)

Robert Mott y Joseph Untener en el libro Mecánica de Fluidos (2015 p.178) explican que en cualquier sistema de tuberías existen pérdida de energía debido a la fricción que se produce dentro del fluido que fluye, esta se ve afectada por el tipo de fluido, la velocidad del flujo y la naturaleza de la superficie de la pared de la tubería estacionaria. Así mismo se establece que en el cálculo de

las pérdidas por fricción, como primer paso se debe distinguir las características del flujo es laminar o turbulento.

(Corporación del Acueducto y el Alcantarillado de Santiago CORAASAN, 2020) explica que en los tramos de tuberías se considera que las tuberías modelizadas están trabajando exigidas si presentan pérdidas de carga mayores del 1%.

2.8.11 Pérdida por Fricción Laminares

“Los flujos con números de Reynolds bajos fluyen lenta y suavemente y se llaman laminares.”
(Mott & Untener, 2015)

2.8.12 Pérdida por Fricción Turbulento

Mott & Untener (2015) indica que una pérdida de carga se denomina turbulento cuando en estos flujos se encuentra números de Reynolds altos lo que indica que estos flujos son por su naturaleza rápidos, caóticos y desiguales.

2.8.13 Número de Reynolds

Robert Mott y Joseph Untener en el libro Mecánica de Fluidos (2015 p.181) explican que el número de Reynolds es el medio adecuado que se requiere para predecir el tipo de flujo sin tener que observar, ya que la observación directa es imposible de realizar en fluidos que fluyen por tuberías opacas. Además, se destaca que el número de Reynolds es uno de varios números adimensionales que son útiles en el estudio de la mecánica de fluidos y de la transferencia de calor.

2.9 Calibración de Redes

El Reglamento técnico de INAPA para diseño de obras hidrosanitarias (2018 p.7) define calibración como la determinación, verificación o rectificación de la graduación de cualquier instrumento que proporcione medidas cuantitativas. Por lo que se puede establecer que la calibración de redes es la verificación del funcionamiento de las redes de distribución de agua potable mediante la implementación de diferentes medios y herramientas de medición.

“Para algunos tipos de medidores de flujo es necesario hacer una calibración. Varios fabricantes proporcionan una calibración en la forma de una gráfica o un diagrama de flujo real contra la lectura del indicador.” (Mott & Untener, 2015)

El manual de usuario de Epanet (Rossman, 2002) explica el modelo de simulación hidráulica realizada a través de dicha herramienta calcula las alturas piezométricas en nodos y caudales en las tuberías, conociendo los niveles iniciales en los componentes físicos del sistema; calibrando los niveles considerando los nuevos cálculos de caudales y las demandas, por la cual se obtienen las alturas y caudales en un determinado momento en todos los tramos del sistema evaluado.

A dicho proceso se le conoce como equilibrio hidráulico.

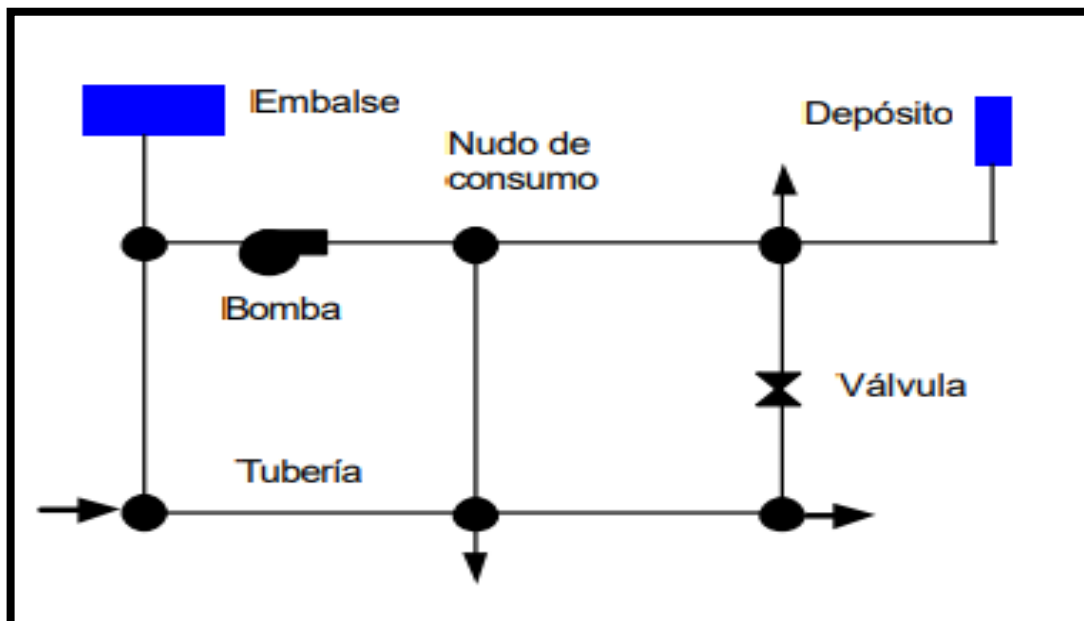
Establece además que este proceso de calibración para obtener un equilibrio hidráulico se basa en los componentes de calidad de agua el cual establece intervalos de tiempo más cortos en relación a la presentación del modelo inicial. Dicho proceso va actualizando cada paso de los segmentos de agua que recorren las tuberías sometidas a las reacciones pertinentes y comparados con los estándares permitidos.

2.10 Herramientas tecnológicas

2.10.1 Epanet

En el manual en español para epanet, Rossman (2002) establece como concepto que la herramienta digital EPANET es un programa o software, el cual es instalado en la computadora, que permite la ejecución de simulaciones matemáticas en un tiempo establecido y de esta forma obtener la condición del agua potable en las líneas o redes de un acueducto que trabajen a presión. Además, explica que dicho software analiza como un modelo los sistemas de distribución de agua potable como líneas conectadas a nudos, dichos modelos cuentan con componentes físico, como los descritos en la figura 2.6, y componentes no físicos.

Figura 1. Esquema componentes físicos del sistema en Epanet



Fuente: Imagen obtenida de (Mott & Untener, 2015)

Los componentes físicos del sistema se describen a continuación:

- Nudos de caudal, descritos como puntos donde concluyen las tuberías a los cuales se les provee de informaciones como demanda y cotas.
- Embalses, los cuales representan la fuente de alimentación externa.
- Depósitos, refiriéndose a los puntos de almacenamiento de agua potable, también provistos de la información de sus características.
- Emisores, permiten modelizar el flujo de salida.
- Tuberías, las cuales se representan como líneas provistas de la información de sus características.
- Componentes como válvulas y bombas encontradas en el sistema identificadas según su propósito y con la información correspondiente.

Los componentes físicos del sistema establecidos en el manual como 3 curvas que describen aspectos sobre el comportamiento y la forma en la que opera el sistema.

Además, En el manual en español para epanet, Rossman (2002) indica que para la confección de un modelo hidráulico con garantía de calidad en Epanet los dos requicitos primordiales son las prestaciones y la precision del modelo utilizado.

Epanet ofrese las prestaciones siguientes:

- No establece limite de tamano del modelo a procesar.
- La pérdida de carga o pérdida de energia pueden carcularse por tres formulas Hazen – Willians, Darcy Weisbach o Chezy-Manning, siendo utilizado en republica dominicana Hazen –Willians.
- Contempla pérdidas menores.

- Permite modelizar diferentes tipos de valvulas.
- Depositos de geometria variable.
- Permite bombas fijas o variable.

Rossman (2002) continúa explicando en el manual el concepto de modelo de simulación hidráulico utilizado por Epanet, indicando que este calcula las alturas piezométricas en los nodos y los caudales en las líneas, dados los niveles iniciales en los embalses y depósitos, y la sucesión de tiempo de la demanda aplicada en los nodos. Expone que los niveles en los depósitos se actualizan en un instante conforme calculados en interfieren en el mismo.

La aplicación de la herramienta Epanet resulta de gran conveniencia, ya que esta es una herramienta digital para modelizar las redes de distribución de agua potable de las más completas, que a su vez es de uso libre, fácil manejo y compatible con las herramientas de información geográficas.

2.10.2 Qgis

Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica a la gestión técnica de redes de distribución de agua potable (Solano, 2002), Define de la siguiente manera el concepto de sistemas de información geográfica o SIG:

Un SIG es un sistema gestor de bases de datos, y como tal, debe tener todas las herramientas que poseen las bases de datos convencionales. Pero además de aquellas, debe poseer igualmente herramientas específicas de gestión de base de datos ordenadas geográficamente (es decir, georreferenciadas). Además, este relaciona dichos datos con datos temáticos (atributos alfanuméricos) distribuidos en capas o coberturas. P.24

“QGIS es una aplicación profesional de SIG que está construida sobre, y orgullosa de ser, Software Libre y de Código Abierto (FOSS). Puede visualizar, gestionar, editar y analizar datos, y diseñar mapas imprimibles. Obtenga una primera impresión con una lista más detallada de características”. (QGIS Development Team, 2004-2020).

Una ventaja de utilizar este software, tal y como lo explica el manual de usuarios de QGIS, es que este cuenta con una serie de complementos que permiten añadir de manera fácil muchas características y funciones a la aplicación. Como es el caso de Qwater un complemento que permite diseñar y analizar redes de abastecimiento y ejecutar simulaciones de EPANET desde QGIS, y exportarlas en formato INP a EPANET.

Además, los sistemas de información geográfica (SIG), como QGIS resultan de gran importancia en la gestión de la información relacionada con de las Redes de Distribución de Agua Potable ya que mediante su implementación permite llevar a cabo un sinnúmero de aplicaciones que van desde las tareas de inventario, a la obtención de planos, gestión de averías, gestión de la demanda, actuaciones de mantenimiento, etc. Destacando la elaboración de modelos hidráulicos de la red desde el SIG. Resulta innegable que los datos son el principal valor de cualquier sistema de información ya que los SIG pueden ser utilizados como una herramienta de ayuda a la gestión y toma de decisiones.

“Los modelos hidráulicos son cada vez más necesarios y utilizados para la toma de decisiones por parte de las compañías que explotan los servicios de suministro de agua potable. Las redes de transporte y distribución del agua de muchas ciudades se han convertido en sistemas complejos de gestionar, al tener que adaptarse a los problemas de crecimiento de la población, envejecimiento

de las infraestructuras, optimización de la operación diaria de la red, escasez de recursos, etc. ”
(Tellez, 2019)

2.10.3 OruxMaps

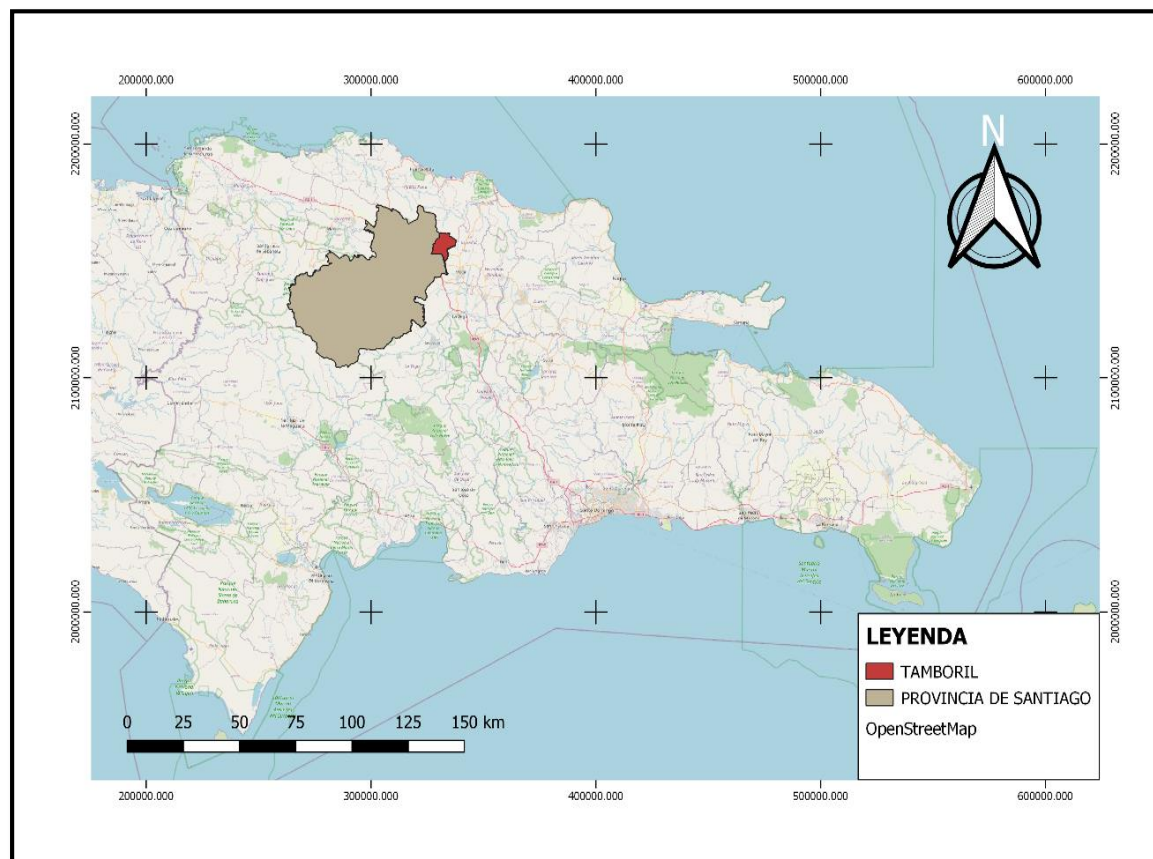
En el año 2013 Moya expone que OruxMaps es un visor de mapas desarrollado por José Vázquez para dispositivos móviles cual permite georreferenciar puntos de interés, es un software de uso libre. Además, explica que es posible copiar los mapas en formato KML, que previamente sea descargado o creado, al teléfono, también es posible obtener el archivo de múltiples formas, por ejemplo, conectando el smartphone al PC por cable USB para copiar los archivos o directamente desde el teléfono.

2.11 Información general del municipio de Tamboril

El municipio de Tamboril está ubicado en la parte noreste de la provincia de Santiago, al pie de la Cordillera Septentrional y a 230 metros sobre el nivel del mar. Tiene una extensión territorial de 70.6 km² y limita al norte con la provincia de Puerto Plata; al sur con el Municipio de Licey; al este con la provincia Espaillat; y al oeste con el municipio de Santiago.

Este municipio posee una densidad poblacional de 732 hab/km². El municipio fue creado bajo la Ley 4803C del 9-9-1907. Actualmente el municipio cuenta con el Distrito Municipal Canca La Piedra.

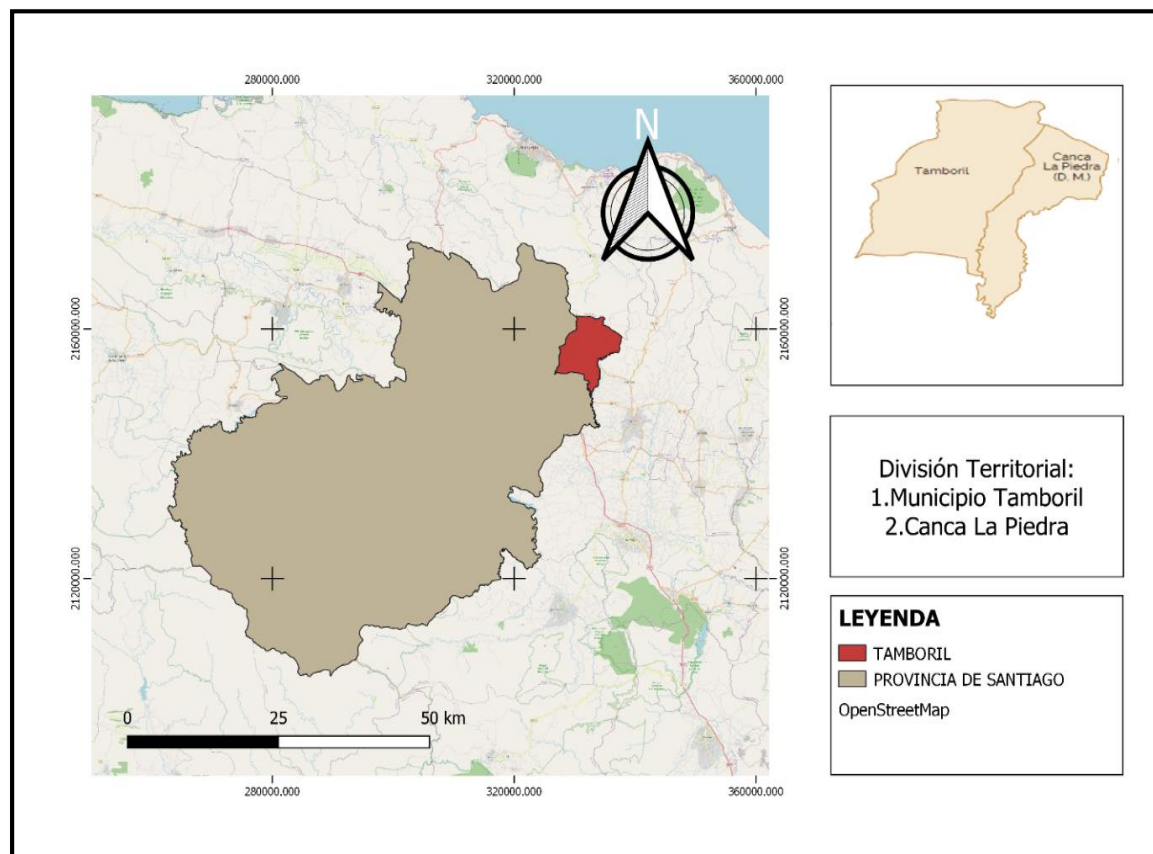
Figura 2. Ubicación Municipio de Tamboril



Fuente: Imagen de elaboración propia, QGIS.

En la figura 2 se presenta la ubicación a través de un polígono del municipio de Tamboril dentro de la provincia de Santiago pertenecientes a la República Dominicana.

Figura 3. División Territorial Municipio de Tamboril



Fuente: *Imagen de elaboración propia, QGIS e Imagen* obtenida del Departamento de Coordinación Estadística de la Oficina Nacional de Estadística (ONE). *Tu Municipio en Cifras* (septiembre, 2020).

En la figura 3 se presenta la ubicación a través de un polígono la división territorial del municipio de Tamboril dentro de la provincia de Santiago pertenecientes a la República Dominicana.

2.12 Contexto actual del suministro de agua potable en el municipio de Tamboril

2.12.1 Usos principales del agua en el municipio

El principal uso de agua potable en el municipio de tamboril está destinado a la industria (parques industriales y fabricación artesanal de cigarros), agricultura, ya que este municipio es uno de los pilares de la producción de plátano, yuca, batata y maíz que abastecen los mercados locales de la provincia y uso doméstico.

2.12.2 Conflictos de usos y/o principales problemas del municipio relacionados con el agua.

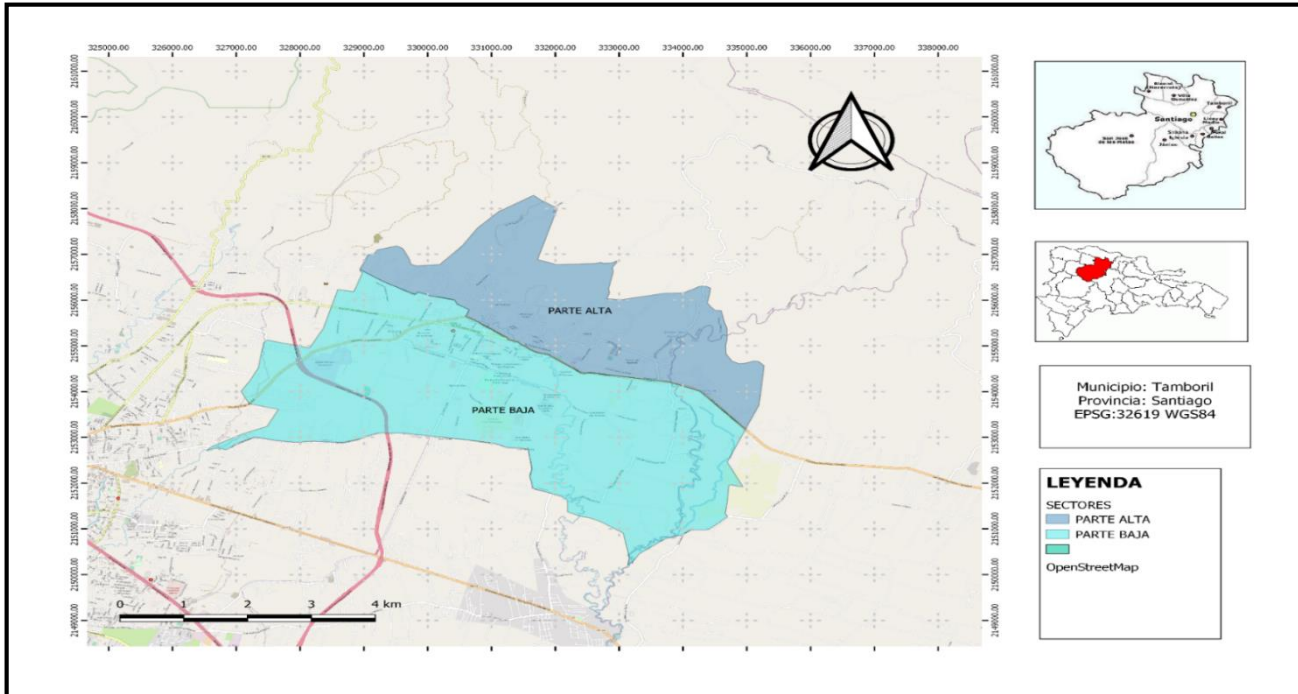
Los principales problemas del municipio de Tamboril relacionadas con el agua potable recaen en la continuidad del servicio, ya que muchos de los sectores de este municipio apenas reciben el servicio algunas horas a la semana, por lo que la población debe buscar formas de almacenar el agua, ya sea en tanques, cisternas o tinacos, la baja continuidad se debe a que la misma tubería que abastece a Tamboril es la responsable de suministrar agua a otros municipios, por lo que mientras le suministran agua a otros municipios Tamboril no recibe agua.

Otra problemática radica en el caudal que llega al municipio (a pesar que cuando el agua es enviada a Tamboril se le cierra el suministro a Puñal), el cual no es suficiente para mantener la presión adecuada por lo que no logra llegar suficiente agua a los lugares más lejanos, y si a esto se le suma el hecho de que parte del territorio se encuentra en zona montañosa, aún más difícil se hace el acceso al agua, por lo que según lo expresado por el personal operativo del área, un 80% de la población con acceso al agua potable en la vivienda requiere el uso de bombas.

Por último, cabe destacar que las bombas de la reforzadora de Don Pedro que envían el agua a Tamboril trabajan con baja eficiencia y rendimiento pues fueron adquiridas hace aproximadamente 20 años.

Las razones planteadas anteriormente llevan al personal de CORAASAN a establecer esquemas de sectorización por día para poder llevar el agua a todos los sectores del Municipio. Actualmente se manejan dos esquemas uno correspondiente a la zona de la parte alta y otro a la zona de la parte baja del Municipio. En la figura 4 se presenta los dos sectores actuales con los que cuenta el municipio de Tamboril para lo que es la sectorización de las redes de agua potable. En el anexo E es posible visualizar las comunidades que conforman cada zona y los días que le corresponden el suministro de agua.

Figura 4. Esquemas de sectorización del Municipio



Fuente: Elaboración propia con datos del catastro de redes de distribución CORAASAN

En cuanto al alcantarillado sanitario, en la actualidad la población del municipio rebasa lo contemplado para el diseño de la planta de tratamiento, por lo que existe un déficit de cobertura, por otro lado, se destaca la gran cantidad de usuarios clandestino en las zonas que cuentan con el servicio.

2.12.3 Descripción de los sistemas de acueductos y saneamiento del municipio

2.12.3.1 Descripción de los sistemas de acueductos

El Acueducto Cibao Central nace de una ampliación realizada al Acueducto de Santiago en el 1994 ante la precariedad en el suministro de agua en la provincia, con una capacidad para suministrar 125 MGD, para Santiago, Licey, Moca, Tamboril y zonas circundantes. Esta ampliación contó con una obra de toma por gravedad en la presa de Bao y otra por bombeo en el embalse de López que suministra el agua a una planta de tratamiento ubicada en La Noriega con capacidad de 91 MGD.

La planta de tratamiento de agua potable, La Noriega, abastece específicamente los sectores de Tamboril: Pontezuela, Zona céntrica, Canca Abajo, Ceiba de Madera, La Flores, mientras que otros sectores reciben agua de un pozo ubicado en las oficinas de CORAASAN en Tamboril, como Los Polancos, Teleférico entre otros.

Figura 5. Esquema de Abastecimiento de agua potable del sistema de Tamboril



Fuente: Imagen de elaboración propia.

Conjuntamente con las ampliaciones realizadas durante la década de 1990 en el suministro de agua potable, CORAASAN realiza casi a la par la instalación de un alcantarillado sanitario moderno y cuenta con plantas de tratamiento de aguas residuales en Rafey y plantas periféricas en La Lotería, Cienfuegos, Los Salados, El Embrujo y Tamboril, que permiten darles tratamiento a más de 40 MGD de las aguas residuales, lo que ayuda a mejorar la potabilidad de las aguas del río Yaque del Norte.

2.12.3.2 Características Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Tamboril

Tabla 2. Características de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Tamboril

Tecnología empleada p/tratamiento	Lodos activados con Aireación Extendida
Población de diseño	29,376 habitantes
Población atendida	7,603 habitantes
Volumen anual tratado	932,940 m ³ Representa el 5% del volumen total tratado entro todas las PTAR de la provincia
Capacidad de diseño	➤ 7,344 m ³ /día ➤ 85 Lt/seg
Caudal tratado	➤ 2,556 m ³ /día ➤ 30 Lt/seg
Por ciento tratado de la capacidad	34.80%
Eficiencia de remoción	➤ Sólidos suspendidos: 94 % ➤ DQO: 97% ➤ DBO: 98%

Fuente: Elaboración propia, Presentación Ing. Celeste Suazo marzo 2019

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Introducción

En este capítulo se muestran los aspectos relacionados con los métodos desarrollados para llevar a cabo el análisis de la sectorización de redes de distribución de agua potable en el acueducto de CORAASAN utilizando la herramienta Epanet, caso de estudio: Municipio Tamboril (Parte Alta).

En esta sección se detallan los siguientes aspectos: el enfoque y alcance de la investigación, población y muestra, instrumentos de recolección, medición y análisis de datos, se especifican los procedimientos para conseguir los objetivos, de igual forma se muestran los cuadros de operacionalización de las distintas variables y un flujograma que muestra la línea de actividades a seguir para obtener los objetivos.

3.1 Enfoque y Alcance o Tipo de Investigación.

Esta investigación presenta un enfoque cuantitativo, ya que “utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías”. (Sampieri, 2014, pág. 4)

En cuanto al diseño de la investigación es del tipo no experimental puesto que “se realiza sin manipular deliberadamente variables. En un estudio no experimental no se genera ninguna situación, sino que se observan situaciones ya existentes, no provocadas intencionalmente en la investigación por quien la realiza.” (Sampieri, 2014, pág. 92)

3.2 Fuentes de información

Las fuentes de información se dividen en primarias y secundarias, las cuales se presentan a continuación:

3.2.1 Fuentes de información primarias

- Observaciones y levantamientos en campo.
 - Las observaciones y levantamientos obtenidos de las visitas realizadas a campo, específicamente al Tanque de almacenamiento de Tamboril y a la oficina periférica de CORAASAN, serán tabuladas en un formato con la finalidad de establecer los datos observados, el formato consta de dos tablas, una que contiene informaciones generales y otra que establece las observaciones obtenidas de la estructura. Para cada estructura se completará un formato. Ver Anexo A.
 - Observaciones realizadas a los distintos componentes de la red de distribución de agua potable (tuberías y válvulas). Estas observaciones serán plasmadas en un mapa con la finalidad de verificar y actualizar lo observado en campo versus lo establecido en el catastro de redes de CORAASA. Ver Anexo K
- Mediciones en campo
 - Las mediciones de caudal se realizarán el día que le corresponde a la parte alta de Tamboril, estas mediciones serán obtenidas del caudalímetro instalado, caudalímetro compacto de tiempo de tránsito, PrimeFlo-T en la tubería en la salida del Tanque del almacenamiento de Tamboril se registrarán en una tabla, la cual constará de tres columnas, la primera columna contendrá la fecha de la medición, la segunda la hora y la tercera

el dato de caudal registrado en ese instante en Litros/segundos. Ver Anexo F.

- Las mediciones de presión en diferentes puntos de la red se tomarán en la zona denominada parte alta de Tamboril, dichas mediciones se registrarán en una tabla que contendrá: dato de la presión tomada en PSI, hora de la medición, la calle del punto donde se tome la presión y coordenadas de ese punto. De estas se utilizará solo una medición ya que el análisis de la red será estático, es decir por un instante. Ver anexo C.

3.2.2 Fuentes de información secundarias

- Shapefile de datos del catastro de usuarios de CORAASAN.
- Publicaciones y documentos relacionados con el tema.

3.3 Técnicas de recolección de los Datos.

En esta investigación se acuden a técnicas específicas en la recolección de información como se explica a continuación:

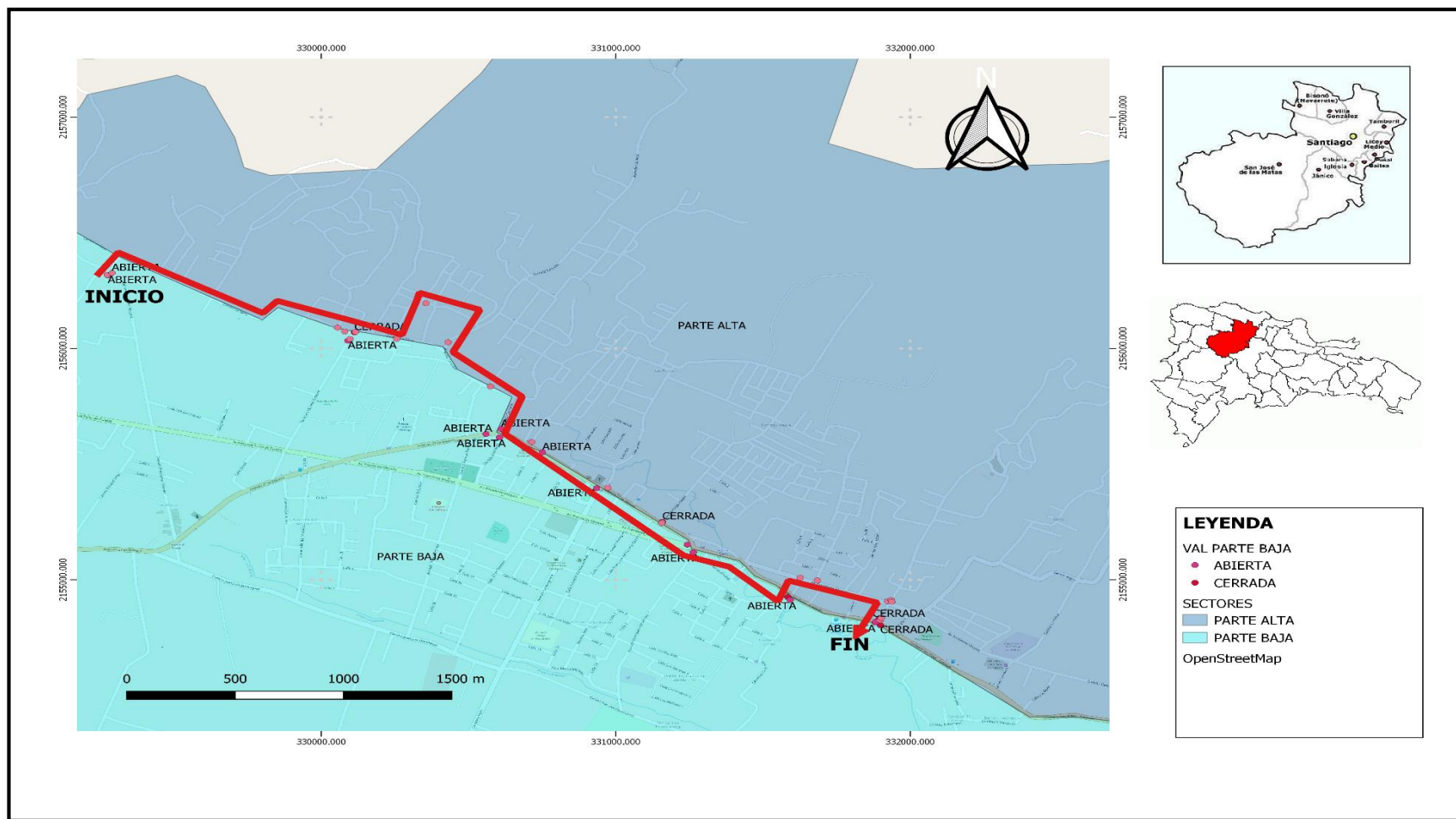
3.3.1 Obtención de informaciones relativas a las condiciones operativas y físicas a través de observaciones al sistema de las redes de distribución de agua potable del Municipio de Tamboril.

A través de observaciones in situ del sistema de abastecimiento de agua potable del Municipio de Tamboril se obtendrán informaciones de las condiciones tanto físicas como operativas del mismo, para esto se realizarán las siguientes actividades:

- Visitar a las principales infraestructuras que conforman el sistema de abastecimiento de agua potable de Tamboril como el Tanque de hormigón armado y la periférica de Tamboril con la finalidad de comprobar sus condiciones y físicas y operativas. Ver anexo A.
- Realizar el recorrido con personal técnico de CORAASAN en donde se realizan los cierres y aperturas de válvulas para lograr las sectorizaciones que se realizan en los distintos días de la semana y así conocer la operación y manejo de la sectorización, en las semanas del 15 al 29 de junio del 2021(Ver anexos E y I).

A continuación, se presentan la figura 6 y la figura 7 la cual muestran los mapas donde se presenta el recorrido considerado para los sectores del municipio de tamboril el primero correspondiente a la parte alta y el segundo a la parte baja:

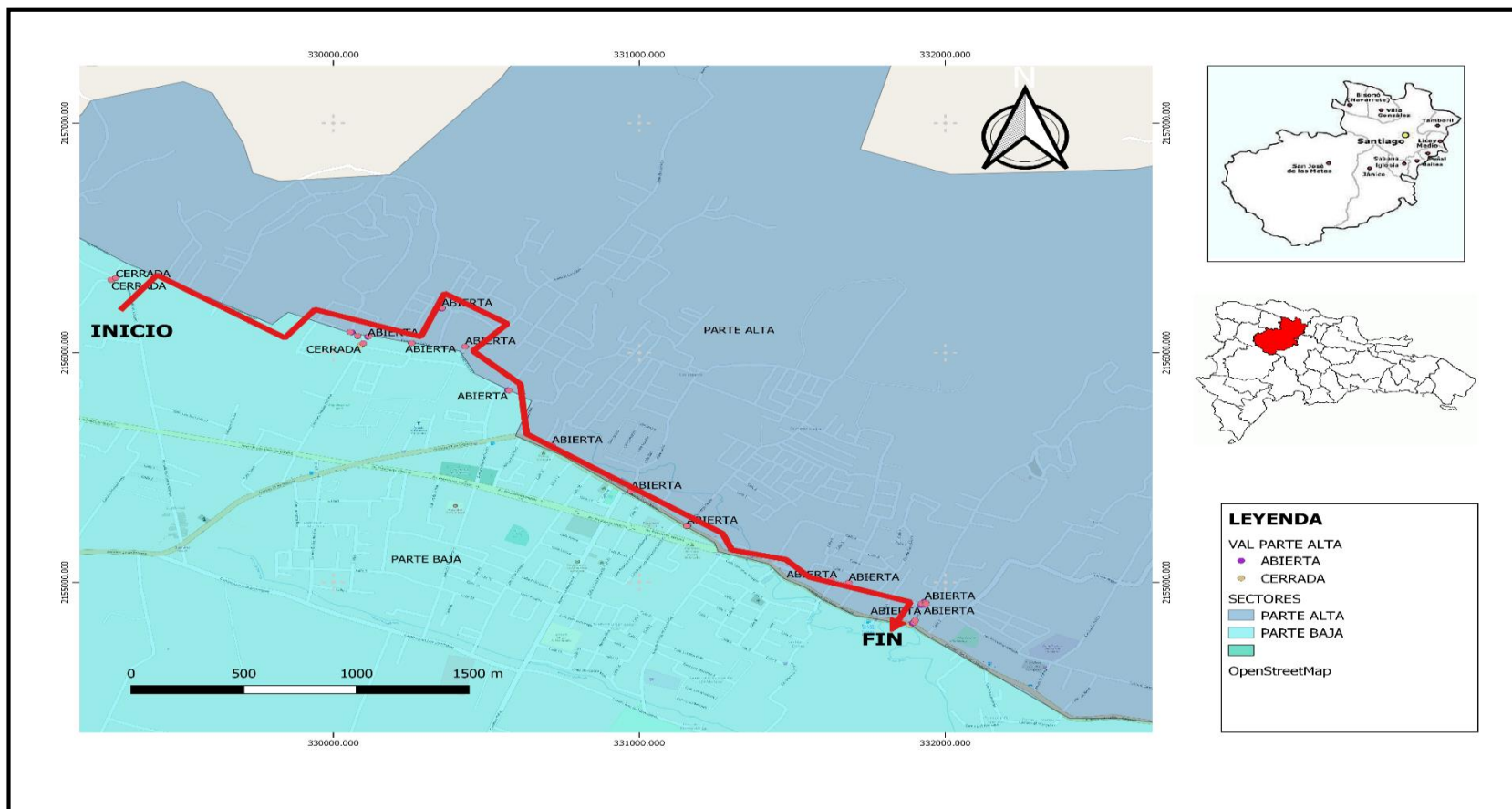
Figura 6. Ruta recorrido válvulas de la parte alta del Municipio de Tamboril



Fuente: Imagen de elaboración propia.

Figura 7. Ruta recorrido válvulas de la baja del Municipio de Tamboril

Fuente: Imagen de elaboración propia



3.3.2 *Obtención del catastro de redes y usuarios y verificación del catastro de redes.*

Los datos de las redes y usuarios del Municipio de Tamboril fueron solicitados al departamento correspondiente en CORAASAN, dichos datos se encuentran en los catastros de redes y usuarios en formato digital específicamente en archivos tipo shapefile. En el caso del catastro de redes, este será sometido a revisión y análisis, con la finalidad de verificar que las redes especificadas en dicho archivo coincidan con las redes instaladas en campo, para esto será necesario el acompañamiento de personal técnico de CORAASAN y la utilización de la aplicación Oruxmaps.

Para la revisión y análisis se procederá de la manera siguiente:

- Obtención y revisión de los datos del catastro de redes de CORAASAN.
- Realizar visita a la zona para reconocimiento del terreno
- Instalar y verificar el funcionamiento de la herramienta GPS Oruxmaps.
- Tomar los puntos de las válvulas de regulación de flujo del sistema.
- Una vez terminado el recorrido se procederá a pasar la información al computador, para proceder a comparar los datos levantados con los suministrado por CORAASAN en el catastro de redes.
- Establecer diferencias y similitudes
- Preparar mapas y Tablas de resultados según corresponda para cada componente
Ver anexo K para mapas de tuberías, válvulas y otros componentes.

3.3.3 Medición de caudal, medición de presión y nivel del tanque.

Después de haber obtenido los puntos georreferenciados de las válvulas, se procederá a realizar una visita a campo con la finalidad de verificar las condiciones para la realización de las mediciones de caudal y presiones de la red, con la finalidad de definir los lugares adecuados para la realización de dichas mediciones. A continuación, se describe los procedimientos para cada caso:

3.3.3.1 Mediciones de caudal

Las mediciones de caudal se realizarán con un caudalímetro compacto de tiempo de tránsito sobre la tubería de salida del tanque de Ø20". Es importante destacar que el caudal será medido solo para la sectorización correspondiente a la parte alta del Municipio. El procedimiento a seguir se presenta a continuación:

- Solicitud a CORAASAN de los permisos para utilizar las instalaciones y el equipo correspondiente.
- Con la ayuda del personal el técnico se procedió a colocar el equipo en la tubería indicada anteriormente, en momentos donde el sistema estuviera distribuyendo agua potable hacia la parte alta, dicho equipo se instaló siguiendo los parámetros del manual de uso, Caudalímetro compacto de tiempo de tránsito, PrimeFlo-T. En el anexo H- instalación del caudalímetro se muestran imágenes del equipo usado durante su instalación. El equipo se mantendría instalado por ese día hasta que el nivel de tanque llegara a cero.

- El equipo cuenta con un sistema de almacenamiento de información que registró los datos de caudal en litros por segundos LPS cada 5 minutos. Estos datos fueron registrados en una hoja digital en Excel. En el anexo C se muestra la tabla de dichos datos obtenidos.

3.3.3.2 Mediciones de presión

En el caso de las presiones estas serán tomadas con un manómetro al mismo tiempo que se realice la medición de caudal de la parte alta, en los grifos de agua potable en diferentes puntos que formen parte de la red que abastece esa parte de la población.

En el anexo C se muestra la tabla de registro de las mediciones con sus coordenadas GPS. Cabe destacar que solo se utilizará una de las mediciones de presión tomadas ya que el análisis a realizar es estático.

3.3.3.3 Nivel del tanque

Para las mediciones del nivel de tanque se creó un formato en el cual se registrarán los niveles del tanque en distintos momentos a partir de la apertura de la válvula en la tubería en la salida del tanque. Se tomarán los niveles a la hora de la apertura, y luego cada hora hasta llegar al momento del cierre, estas medidas serán tomadas por el operario del tanque según instrucciones suministradas. La unidad de la medición será en metros de columna de agua (M.C.A.).

Para visualizar el nivel del tanque se procede a verificar de manera visual el valor en la regla numerada en la parte exterior del tanque los valores correspondientes a lo anteriormente indicado.

Ver anexo B.

3.4 Población y Muestra.

Universo:

Se contempla dos universos dentro de la investigación:

1. El catastro de usuarios de la parte alta del Municipio de Tamboril conformado por una población de 8,377 usuarios registrados.
2. Las redes de distribución de agua potable de 160.60 km de tubería en diferentes diámetros, de estas 58.45 km corresponden a la parte alta del Municipio.

Muestra:

En la investigación no se tomaron muestras, para realizar el análisis se utilizó como parámetro las bases de datos existentes de los catastros de usuarios y redes de agua potables con sus componentes suministrados por CORAASAN y rectificadas en campo.

3.5 Procedimiento metodológico para alcanzar los objetivos

La metodología utilizada contempla la implementación de un modelo estático no dinámico, es decir, que el modelo establece el comportamiento de una red en un instante no de manera continua y variable en tiempo real. Para los 2 objetivos específicos definidos en la investigación se describe a continuación el procedimiento para el alcance de estos:

Objetivo específico No. 1: “Conocer las características de las redes de distribución de agua potable del Municipio de Tamboril a través del catastro actualizado.”

1. Se procedió a solicitar el catastro de redes del municipio de Tamboril al departamento de Catastro de Redes en CORAASAN.
2. Se realizaron visitas a campo con personal técnico de la periférica de Tamboril en donde se verificaron los distintos componentes de las redes de distribución (tuberías y piezas especiales) que el catastro mostraba.
3. Se procedió a actualizar el catastro de redes según las variaciones encontradas (longitudes de tuberías, ubicación y tipo de piezas especiales) en campo. Dichas actualizaciones se plasmaron en un mapa. Ver anexos A G y K

Objetivo específico No. 2: “Realizar un modelo calibrado actualizado de la sectorización de las redes de distribución de agua potable del Municipio Tamboril (Parte alta) a través de la herramienta digital Epanet”

- Modelado de la sectorización correspondiente a la parte alta de Tamboril:
 1. Con el catastro actualizado de tuberías correspondiente a la parte alta de Tamboril se procedió a realizar el trazado de las tuberías y nodos con la implementación del complemento de Qgis (Qwater) que simula las funciones de Epanet para facilitar la toma de datos desde de datos georreferenciados.
 2. Una vez realizado el tratado se procedió a exportar el mismo en formato “INP” al software Epanet para realizar la calibración del funcionamiento del sistema actual.
 3. Se procedió a ingresar los siguientes datos correspondientes en un momento estático del funcionamiento de las redes de distribución:

- El caudal del anexo F, el cual se repartió entre los usuarios contemplados al sector parte alta y estos a su vez se distribuyeron tributariamente a los notos indicados.
 - La rugosidad de las tuberías según su material y estado acogiendo los parámetros utilizados por CORAASAN en (Coporacion del Acueducto y el Alcantarillado de Santiago CORAASAN, 2020).
 - Niveles del Tanque del Anexo B.
4. Luego de ingresar los datos se procedió a realizar el análisis a través función correr.
 5. Se precedió a comparar las presiones resultantes con las presiones obtenidas en campo en el Anexo C para verificar que el modelo de las redes está funcionando según los valores reales obtenidos. Con estas verificaciones se establece si el sistema esta calibrado
 6. Por último, se realizó un análisis del comportamiento del mismo.

3.6 Cuadro de operacionalización de las variables

Para el logro de cada uno de los objetivos específicos se construyeron los cuadros de Operacionalización de variable con la estructura detallada a continuación:

Objetivo general: Conocer la sectorización de redes de distribución de agua potable en el acueducto de CORAASAN utilizando la herramienta Epanet. Caso de estudio: Municipio Tamboril.

Tabla 3 Objetivo específico No.1

Objetivo.	VARIABLES.	Definición de la variable.	Indicador.	Objeto del Indicador.	Fuente del Indicador.	Instrumentos.
1. Conocer las características de las redes de distribución agua potable del municipio de Tamboril a través del catastro actualizado.	Características de las redes de agua potable del municipio de Tamboril.	Propiedades del conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua desde el tanque de almacenamiento o planta de tratamiento hasta los puntos de consumo.	Diámetros de tuberías	Verificar en campo los diámetros de las tuberías indicados en el catastro de redes.	Catastro de redes de distribución de agua potable de CORAASAN del Municipio de Tamboril en formato digital, obtenido del Departamento de Catastro de redes.	Tabla de tuberías y sus características y mapa esquema de del sistema de distribución. Ver Anexos A, G y K
			Válvulas	Verificar en campo las válvulas indicadas en el catastro de redes.	Catastro de redes de distribución de agua potable de CORAASAN del Municipio de Tamboril en formato digital, obtenido del Departamento de Catastro de redes.	Mapa esquema de del sistema de distribución. Ver Anexo G y K

Fuente: Espinoza, H. T. (Julio de 2012). *Sistema de Información Geográfica aplicado al Catastro de Agua Potable del Cantón Paute, Ecuador*. Obtenido de <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/2013/1/105966.pdf>

Tabla 4 Objetivo específico No.2

Objetivo.	VARIABLES.	Definición de la variable.	Indicador.	Objeto del Indicador.	Fuente del Indicador.	Instrumentos.
2. Realizar un modelo calibrado actualizado de la sectorización de las redes de distribución de agua potable del Municipio Tamboril a través de la herramienta digital Epanet.	Modelo calibrado actualizado de la sectorización de las redes de distribución de agua potable del Municipio de Tamboril en Epanet.	Simulación del comportamiento real de la red en el software Epanet.	Caudal	Medir el caudal existente en la tubería principal del sistema.	Equipo a utilizar para la medición: Caudalímetro ultrasónico portátil.	Tabla de registro de acúdales, Imágenes de instalación del Caudalímetro y Equipo utilizado. Ver Anexos F, I y H.
			Presiones	Medir las presiones existentes en los puntos de servicios.	Equipo a utilizar para la medición: manómetro.	Tablas registro de presiones, Nivel del Tanque y Equipo utilizado. Ver Anexos B, C y J.

Fuente: Software para el análisis de redes hidráulicas. El programa Epanet (Martínez, 2005)

CAPÍTULO IV: ANALISIS DE DATOS

Introducción

En este capítulo se muestran los resultados del procedimiento metodológico llevado a cabo para cada objetivo, el cual fue establecido en el capítulo anterior y que a través de los datos obtenidos del procedimiento se conocerá la sectorización de las redes de distribución de agua potable en el acueducto de CORAASAN utilizando la herramienta Epanet. Caso de estudio: Tamboril (Parte alta).

4.1. Descripción de los datos

El objetivo general de la investigación es conocer de sectorización de las redes de distribución de agua potable en el acueducto de CORAASAN utilizando la herramienta Epanet. Caso de estudio: Municipio Tamboril (Parte alta). Se verificaron para la investigación todas las tuberías y piezas especiales del catastro de redes, así como las delimitaciones de los distritos hidrométricos existentes, correspondientes al acueducto de CORAASAN en el municipio de Tamboril (parte alta).

Los datos utilizados para la calibración del modelo fueron obtenidos del catastro de redes actualizado y el catastro de usuarios de CORAASAN y de los levantamientos y mediciones realizadas en campo, estos datos se procesaron a través de los softwares Epanet y QGIS. Para este análisis se consideraron los tipos de tubería, sus diámetros y longitudes, además las zonas de distribución existentes, así como los horarios de distribución de agua potable, caudales, presiones y válvulas, correspondientes a la zona alta de Tamboril.

4.2. Análisis de datos para objetivo específico No. 1

Objetivo No. 1: “Conocer las características de las redes de distribución de agua potable del Municipio de Tamboril a través del catastro actualizado.”

En este objetivo se tiene como variable las características de las redes de distribución de agua potable del Municipio de Tamboril. Las características de las redes de distribución vienen dadas por los indicadores: diámetros de las tuberías y las válvulas, las cuales fueron verificadas a través del Catastro de Redes de CORAASAN y los levantamientos e inspecciones realizadas en campo. Los datos de los diámetros de las tuberías se verificaron y se tabularon con sus respectivas longitudes y tipo de material, y se realizó un mapa con la ubicación de las tuberías y válvulas en la red, tal y como se muestra a continuación:

Tabla 5 Características de las Tuberías del Municipio de Tamboril.

Diámetro (pulgadas)	Material	Función	Longitud (metros)
1.5	ACE	GRA	231.02
2	PVC	GRA	26,815.26
3	PVC	GRA	47,498.47
4	PVC	GRA	42,122.55
6	PVC	GRA	20,789.05
6	PVC	BOM	2,217.21
8	PVC	GRA	6,167.48
8	PVC	BOM	936.04
12	PVC	GRA	7,026.43
16	PVC	GRA	1,891.73
20	LJO	BOM	4,871.2
20	LJO	GRA	2.00
20	HIF	GRA	31.84
Total de Tuberías en metros (Mts)			160,600.28

Fuente: Elaboración propia con datos del catastro de redes de distribución CORAASAN

En la tabla 5 se presentan las tuberías del sistema de redes de agua potable del Municipio de tamboril completo, indicando diámetro, las longitudes correspondientes y el material del que está compuesto, si es Acero (ACE), P.V.C., hierro fundido (HIF) ó Low Join, así como su función si es línea de impulsión por Bombeo (BOM) ó línea de distribución para uso general (GRA).

Tabla 6 Características de las Tuberías Municipio Tamboril (parte alta).

Diámetro (pulgadas)	Material	Función	Longitud (metros)
1.5	ACE	GRA	231.02
2	PVC	GRA	10169.8
3	PVC	GRA	15,117.54
4	PVC	GRA	12,063.43
6	PVC	GRA	8,803.44
6	PVC	BOM	2,215.37
8	PVC	GRA	3,037.79
8	PVC	BOM	858.2
12	PVC	GRA	4,020.4
16	PVC	GRA	1,515.44
20	HIF	GRA	31.84
20	LJO	GRA	2.00
20	LJO	BOM	385.75
Total de Tuberías en metros (Mts)			58,452.02

Fuente: Elaboración propia con datos del catastro de redes de distribución CORAASAN

En la tabla 6 se presentan las tuberías del sistema de redes de agua potable del Municipio de tamboril en su parte alta, indicando diámetro, las longitudes correspondientes y el material del que está compuesto, si es Acero (ACE), P.V.C., hierro fundido (HIF) ó Low Join, así como su función si es línea de impulsión por Bombeo (BOM) ó línea de distribución para uso general (GRA), obtenidos del catastro de redes de CORAASAN y verificadas en campo.

Tabla 7 Piezas especiales del Municipio de Tamboril.

Tipo	Pieza	Cantidad
COD	Codo	2.00
CUR	Curva	2.00
RED	Reducción	1.00
TAP	Tapón	312.00
TEE	Tee	4.00
VAL	Válvula	109.00
Total UD		430.00

Fuente: Elaboración propia con datos del catastro de redes de distribución CORAASAN

En la tabla 7 se presentan las piezas especiales del sistema de redes de agua potable del Municipio de tamboril completo, la cantidad de piezas especiales correspondientes y el tipo de pieza especial y el nombre de la pieza especial, obtenidos del catastro de redes de CORAASAN y verificadas en campo.

Tabla 8 Piezas especiales del Municipio de Tamboril (parte alta).

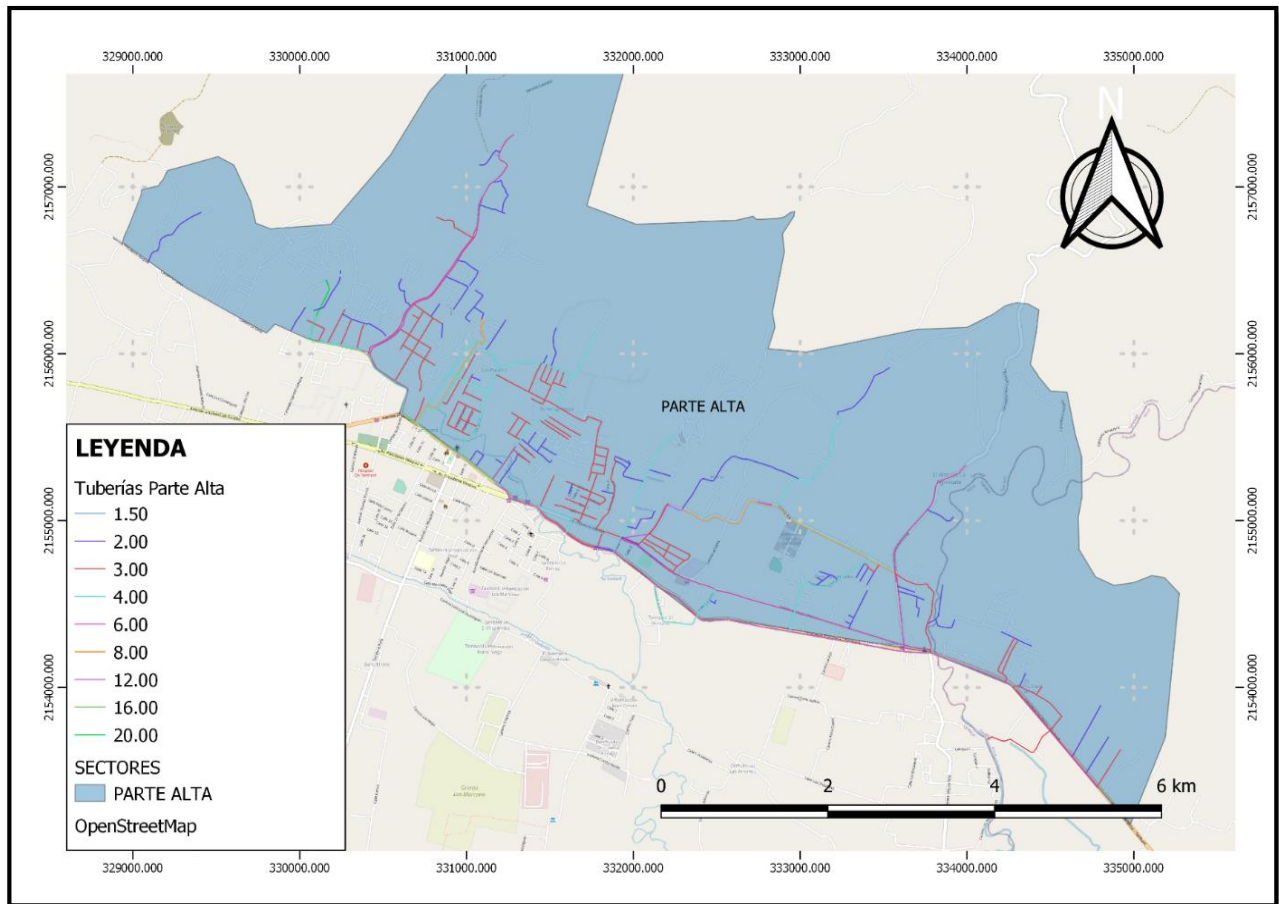
Tipo	Pieza	Cantidad
TAP	Tapón	312.00
VAL	Válvula	109.00
Total UD		430.00

Fuente: Elaboración propia con datos del catastro de redes de distribución CORAASAN

En la tabla 8 se presentan las piezas especiales del sistema de redes de agua potable del Municipio de tamboril correspondientes a la parte alta, la cantidad de piezas especiales correspondientes y el tipo de pieza especial y el nombre de la pieza especial, obtenidos del catastro de redes de CORAASAN y verificadas en campo.

A continuación, se presentan la figura 8, la figura 9 y la figura 10 en las cuales se muestran los mapas donde se indica con una gráfica de colores las tuberías según su diámetro ubicadas en las calles correspondiente a la parte alta del municipio de tamboril y las piezas especiales correspondiente a la parte alta del municipio de tamboril, así como puntos de servicio ó usuarios equivalentes a un factor de 5 habitante por punto de lo que correspondiente a la parte alta del municipio de tamboril, obtenidos del catastro de redes de CORAASAN y verificadas en campo, respectivamente:

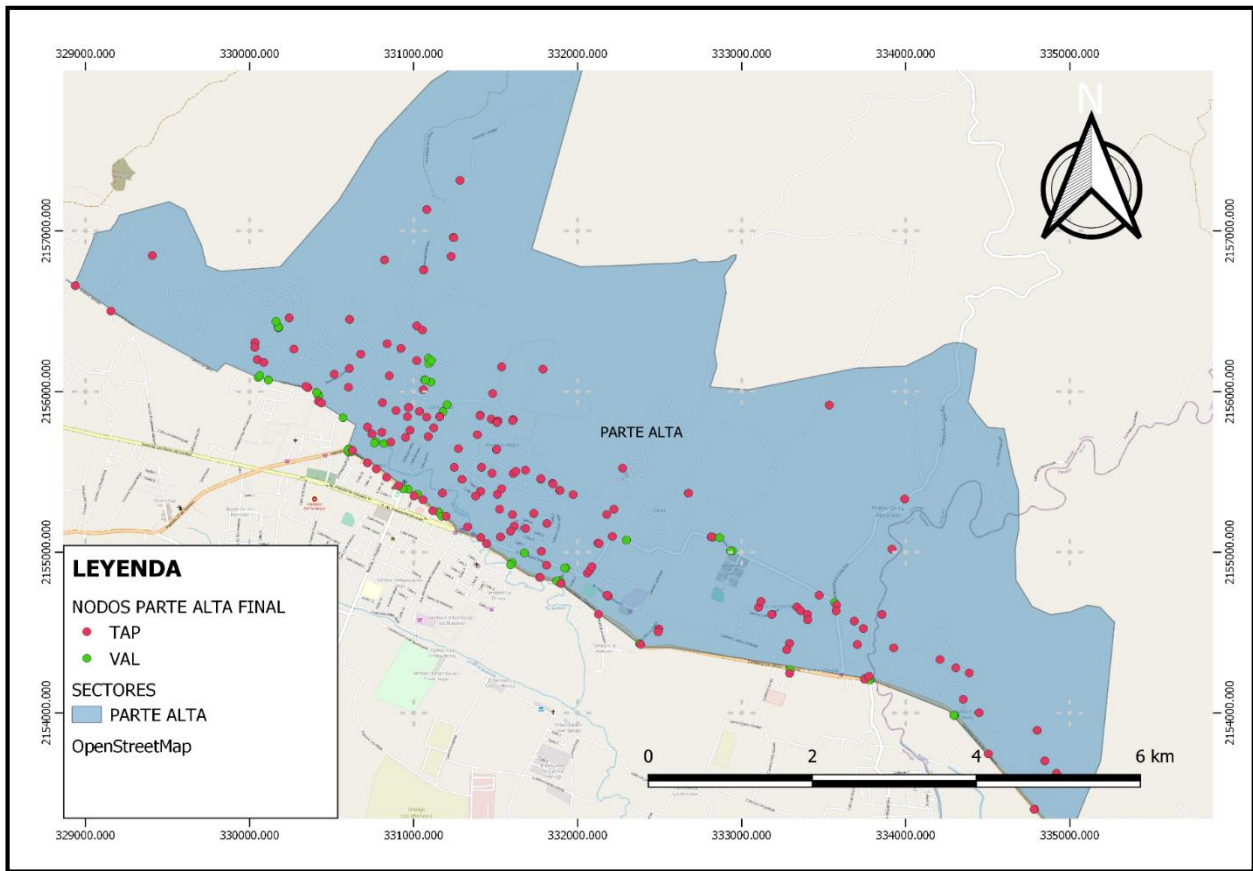
Figura 8. Tuberías Parte Alta Tamboril



Fuente: Imagen de elaboración propia, QGIS.

En la figura 8 se presenta el mapa donde se indica con una gráfica de colores las tuberías según su diámetro que van desde 1.50 pulgadas a 20 pulgadas en los materiales y longitudes indicadas en la tabla 6 presentadas es su ubicación representando las redes de distribución de agua potable del municipio de Tamboril en el sector de estudio de la sectorización correspondiente a la parte alta, obtenidos del catastro de redes de CORAASAN y verificadas en campo.

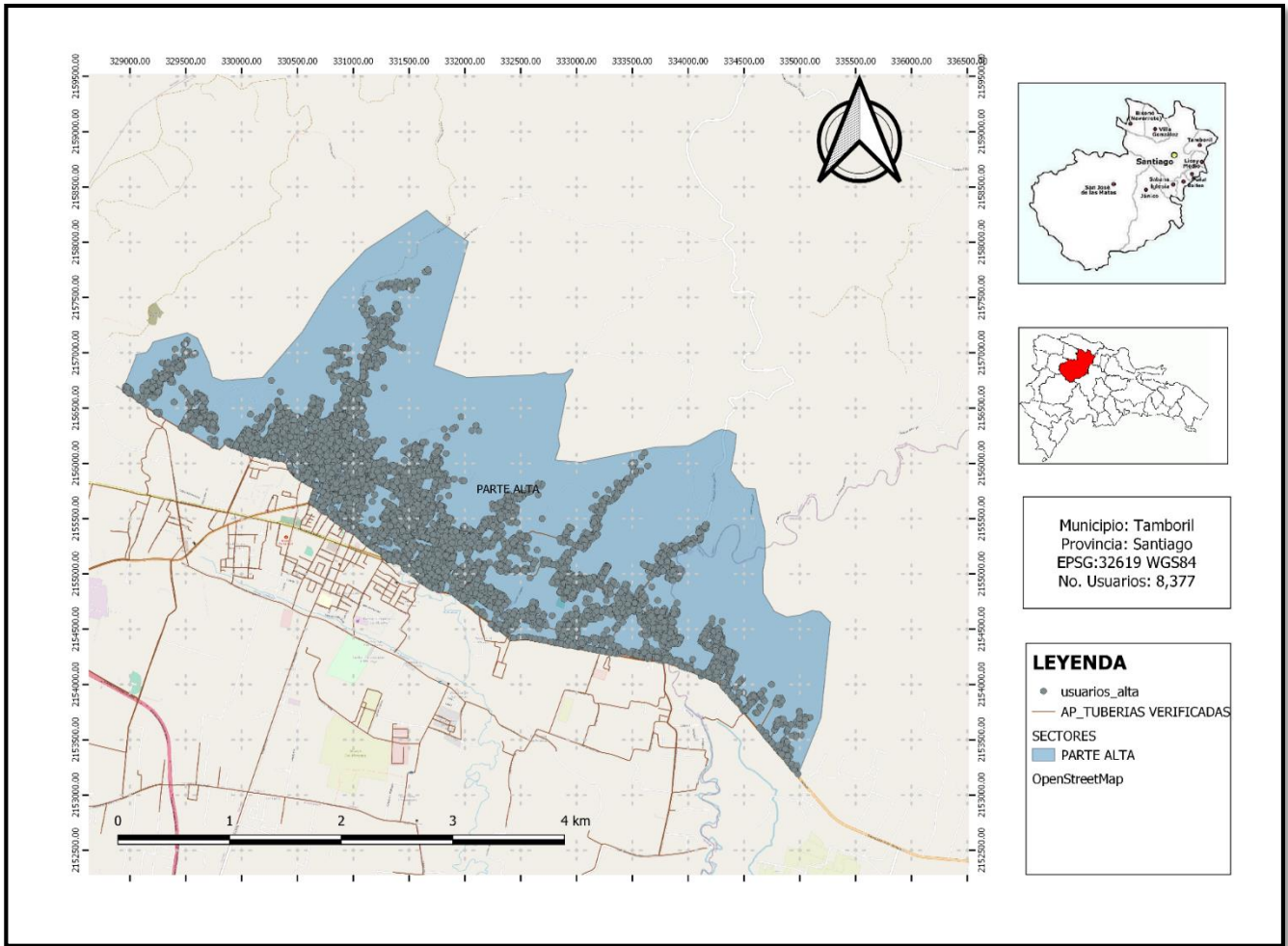
Figura 9. Piezas Especiales Parte Alta Tamboril



Fuente: Imagen de elaboración propia, QGIS.

En la figura 9 se presenta el mapa donde se indica con una gráfica de colores las piezas especiales clasificadas en color rojo las correspondiente a los Tapon (TAP), en color verde las válvulas (VAL) y el polígono en tono azul claro correspondiente al sector, siendo indicadas sus cantidades en la tabla 7 presentadas en su ubicación real como parte de las redes de distribución de agua potable del municipio de tamboril en el sector de estudio de la sectorización correspondiente a la parte alta, obtenidos del catastro de redes de CORAASAN y verificadas en campo.

Figura 10. Puntos De Servicio ó Usuarios Parte Alta Tamboril



Fuente: Imagen de elaboración propia, QGIS.

En la figura 9 se presenta el mapa donde se indica puntos de servicio ó usuarios equivalentes a un factor de 5 habitante según los parámetros recomendados, presentados en su ubicación real como parte del sistema de distribución de agua potable del municipio de tamboril en el sector de estudio de la sectorización correspondiente a la parte alta, obtenidos del catastro de redes de CORAASAN, los cuales son requeridos para estimar la demanda del modelo para dar a conocer el comportamiento de sector de estudio destacado.

4.3. Análisis de datos para objetivo específico No. 2

Objetivo No. 2: “Realizar un modelo calibrado actualizado de la sectorización de las redes de distribución de agua potable del Municipio Tamboril (Parte alta) a través de la herramienta digital Epanet”

En este objetivo se tiene como variable el modelo calibrado actualizado de la sectorización de las redes de distribución de agua potable del Municipio de Tamboril (parte alta) en Epanet. Para lograr la calibración del modelo, inicialmente se realizaron las mediciones de presión y caudal en campo el día que le correspondía abastecimiento a la parte alta de Tamboril, sumado a esto se tomaron los niveles del tanque durante ese mismo periodo de abastecimiento. Todos los datos mencionados anteriormente en conjunto con informaciones obtenidas de los catastros de usuarios y redes sirvieron para poder completar los campos necesarios en Qwater para poder correr el modelo y comprobar la calibración del mismo.

Comprobando que la presión tomada en el campo era la misma indicada que en el modelo se hizo evidente la calibración. El modelo luego de calibrado se exportó a EPANET, en donde fue posible analizar y verificar el comportamiento de la red. A continuación, se muestran los resultados obtenidos del modelo:

Tabla 9 Características de las redes del modelo de la sectorización de la parte alta del Municipio de Tamboril

Tabla de Red - Líneas				
	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.	Factor de Fricción
ID Línea	LPS	m/s	m/km	
Tubería 91	18.06	0.57	1.95	0.023
Tubería 153	-5.5	0.7	6.3	0.025
Tubería 187	18.06	0.57	1.95	0.023
Tubería 189	0	0	0	0
Tubería 200	6.24	0.35	1.1	0.026

Fuente: Elaboración propia con datos extraídos del modelo de EPANET

Tabla de Red - Líneas				
	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.	Factor de Fricción
ID Línea	LPS	m/s	m/km	
Tubería 217	149.12	2.11	13.47	0.018
Tubería 224	345.11	2.75	15.69	0.016
Tubería 242	327.05	2.6	14.2	0.016
Tubería 275	3.88	0.49	3.31	0.027
Tubería 278	0	0	0	0
Tubería 290	3.67	1.87	87.33	0.024
Tubería 293	351.83	1.79	5.48	0.017
Tubería 296	0.06	0.03	0.05	0.044
Tubería 302	0.1	0.02	0.02	0.045
Tubería 311	0.08	0.04	0.08	0.043
Tubería 314	0.27	0.06	0.1	0.038
Tubería 323	0.4	0.09	0.2	0.036
Tubería 336	-0.27	0.06	0.1	0.038
Tubería 348	-12.33	2.79	113.99	0.022
Tubería 369	0.34	0.17	1.04	0.035
Tubería 378	7.56	3.85	332.16	0.022
Tubería 387	0.63	0.32	3.33	0.032
Tubería 396	0.08	0.02	0.01	0.045
Tubería 405	0	0	0	0
Tubería 408	0.29	0.15	0.81	0.036
Tubería 451	0.87	0.2	0.83	0.032
Tubería 460	0.44	0.22	1.72	0.033
Tubería 463	-0.54	0.12	0.35	0.034
Tubería 466	0.38	0.09	0.18	0.036
Tubería 480	-17.91	2.28	56.09	0.021
Tubería 487	0.4	0.2	1.44	0.034
Tubería 490	2.77	1.41	51.81	0.026
Tubería 496	0.19	0.04	0.05	0.04
Tubería 517	0.69	0.35	3.98	0.031
Tubería 562	-1.74	0.89	21.94	0.027
Tubería 587	0	0	0	0
Tubería 590	-0.4	0.2	1.45	0.034
Tubería 607	1.45	0.74	15.58	0.028
Tubería 622	0.31	0.28	3.51	0.034
Tubería 640	4.68	1.06	18.95	0.025
Tubería 643	6.24	1.41	32.28	0.024
Tubería 649	0.57	0.13	0.38	0.034
Tubería 658	0.46	0.1	0.26	0.035
Tubería 676	-0.89	0.2	0.87	0.032
Tubería 694	0.5	0.44	8.39	0.032
Tubería 711	0.48	0.11	0.28	0.035

Fuente: Elaboración propia con datos extraídos del modelo de EPANET

Tabla de Red - Líneas				
	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.	Factor de Fricción
ID Línea	LPS	m/s	m/km	
Tubería 740	0.8	0.18	0.72	0.032
Tubería 752	0.67	0.34	3.76	0.031
Tubería 781	57.67	1.84	16.71	0.019
Tubería 794	0.46	0.1	0.26	0.035
Tubería 808	-1.54	0.35	2.42	0.029
Tubería 817	-0.25	0.06	0.08	0.038
Tubería 825	0.27	0.06	0.1	0.038
Tubería 834	0.99	0.5	7.65	0.03
Tubería 869	6.58	1.49	35.65	0.024
Tubería 878	0.44	0.1	0.24	0.035
Tubería 884	3.74	1.9	90.13	0.024
Tubería 890	0.69	0.16	0.55	0.033
Tubería 914	0.88	0.2	0.86	0.032
Tubería 917	0.38	0.19	1.29	0.034
Tubería 919	-6.59	1.49	35.78	0.024
Tubería 932	0.8	0.41	5.16	0.031
Tubería 935	1.43	0.32	2.1	0.03
Tubería 964	-1.57	0.36	2.52	0.029
Tubería 979	0.57	0.29	2.74	0.032
Tubería 1009	3.97	0.9	13.97	0.025
Tubería 1012	-7.73	3.94	345.96	0.022
Tubería 1042	1.66	0.21	0.68	0.03
Tubería 1047	0	0	0	0
Tubería 1082	1.57	0.8	18.18	0.028
Tubería 1108	0.59	0.13	0.41	0.034
Tubería 1156	0.46	0.24	1.88	0.033
Tubería 1176	351.16	2.79	16.21	0.016
Tubería 1182	-0.44	0.22	1.72	0.033
Tubería 1188	0.74	0.17	0.62	0.033
Tubería 1199	57.9	1.84	16.83	0.019
Tubería 1260	1.45	0.74	15.58	0.028
Tubería 1284	3.38	1.72	74.84	0.025
Tubería 1366	14.76	1.88	39.2	0.022
Tubería 1467	3.82	0.49	3.21	0.027
Tubería 1468	0.31	0.04	0.03	0.038
Tubería 1469	-3.99	0.51	3.48	0.026
Tubería 1470	-5.19	0.66	5.65	0.025
Tubería 1473	327.03	2.6	14.2	0.016
Tubería 1474	327.01	2.6	14.19	0.016
Tubería 1475	17.83	0.57	1.9	0.023
Tubería 1476	11.74	0.37	0.88	0.025

Fuente: Elaboración propia con datos extraídos del modelo de EPANET

Tabla de Red - Líneas				
	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.	Factor de Fricción
ID Línea	LPS	m/s	m/km	
Tubería 1502	5.47	1.24	25.29	0.024
Tubería 1503	-0.4	0.09	0.2	0.036
Tubería 1505	-0.29	0.07	0.11	0.037
Tubería 1508	-0.29	0.07	0.11	0.037
Tubería 1510	9.41	2.13	69.18	0.022
Tubería 1511	7.17	1.62	41.76	0.023
Tubería 1514	7.24	1.64	42.52	0.023
Tubería 1515	0.15	0.03	0.03	0.042
Tubería 1518	4.91	1.11	20.75	0.025
Tubería 1519	2.12	0.48	4.38	0.028
Tubería 1521	-10.57	2.39	85.72	0.022
Tubería 1522	1.89	0.43	3.54	0.028
Tubería 1523	31.08	7.04	631.92	0.019
Tubería 1524	14.42	3.26	152.43	0.021
Tubería 1525	0	0	0	0
Tubería 1526	0	0	0	0
Tubería 1527	0	0	0	0
Tubería 1598	0.15	0.03	0.03	0.041
Tubería 1599	-0.29	0.07	0.11	0.038
Tubería 1601	18.31	2.33	58.42	0.021
Tubería 1604	0.31	0.04	0.03	0.039
Tubería 1605	25.2	3.21	105.54	0.02
Tubería 1606	22.55	2.87	85.94	0.02
Tubería 1608	8.27	1.05	13.42	0.024
Tubería 1610	24.89	3.17	103.11	0.02
Tubería 1612	27.07	3.45	120.49	0.02
Tubería 1614	30.05	3.83	146.22	0.02
Tubería 1615	-9.07	2.05	64.55	0.023
Tubería 1617	-3.25	0.74	9.65	0.026
Tubería 1618	0.52	0.12	0.33	0.034
Tubería 1620	0.02	0	0	0
Tubería 1621	11.46	2.59	99.61	0.022
Tubería 1622	4.93	1.12	20.88	0.025
Tubería 1624	21.4	2.73	77.99	0.021
Tubería 1626	30.22	3.85	147.78	0.02
Tubería 1627	43.37	5.52	288.4	0.019
Tubería 1628	41.75	5.32	268.8	0.019
Tubería 1629	-43.41	2.46	40.09	0.02
Tubería 1630	-46.39	2.63	45.34	0.019
Tubería 1631	2.52	0.57	6.03	0.027
Tubería 1632	0.61	0.14	0.43	0.034

Fuente: Elaboración propia con datos extraídos del modelo de EPANET

Tabla de Red - Líneas				
	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.	Factor de Fricción
ID Línea	LPS	m/s	m/km	
Tubería 1633	8.42	4.29	405.6	0.022
Tubería 1635	6.72	3.42	267.06	0.022
Tubería 1636	0.99	0.5	7.65	0.03
Tubería 1637	4.37	2.22	120.26	0.024
Tubería 1638	0.65	0.33	3.54	0.032
Tubería 1640	-11.32	1.44	23.97	0.023
Tubería 1642	-3.68	0.83	12.16	0.026
Tubería 1643	-0.77	0.17	0.66	0.033
Tubería 1644	-1.76	0.4	3.11	0.029
Tubería 1645	-1.15	0.26	1.41	0.031
Tubería 1646	-0.47	0.11	0.27	0.035
Tubería 1648	-7.18	0.91	10.31	0.024
Tubería 1649	-4.24	0.54	3.89	0.026
Tubería 1650	-6.06	0.77	7.53	0.025
Tubería 1651	-2.57	0.58	6.27	0.027
Tubería 1653	-1.26	0.29	1.68	0.03
Tubería 1654	-0.37	0.08	0.17	0.036
Tubería 1663	103.66	1.47	6.87	0.019
Tubería 1666	0.11	0	0	0
Tubería 1668	103.87	1.47	6.89	0.019
Tubería 1669	57.52	1.83	16.63	0.019
Tubería 1672	-11.03	0.62	3.17	0.024
Tubería 1673	8	1.02	12.61	0.024
Tubería 1674	4.85	0.62	4.99	0.026
Tubería 1677	24	3.06	96.44	0.02
Tubería 1678	16.38	2.08	47.5	0.021
Tubería 1679	103.15	1.46	6.81	0.019
Tubería 1680	58.23	0.82	2.36	0.02
Tubería 1681	5.38	1.22	24.56	0.024
Tubería 1683	2.42	0.55	5.59	0.027
Tubería 1684	0.82	0.19	0.76	0.032
Tubería 1686	0.21	0.11	0.44	0.037
Tubería 1687	0.71	0.36	4.15	0.031
Tubería 1688	0.42	0.21	1.55	0.034
Tubería 1691	9.62	1.22	17.73	0.023
Tubería 1693	8.82	1.12	15.1	0.024
Tubería 1694	3.65	0.47	2.95	0.027
Tubería 1696	10.87	1.38	22.25	0.023
Tubería 1697	14.82	1.89	39.49	0.022
Tubería 1698	12.62	1.61	29.3	0.022
Tubería 1699	-0.02	0.01	0.01	0.048

Fuente: Elaboración propia con datos extraídos del modelo de EPANET

Tabla de Red - Líneas				
	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.	Factor de Fricción
ID Línea	LPS	m/s	m/km	
Tubería 1700	-0.42	0.21	1.57	0.034
Tubería 1703	12.85	1.64	30.33	0.022
Tubería 1704	12.58	1.6	29.14	0.022
Tubería 1706	0.23	0.05	0.07	0.039
Tubería 1708	-10.63	2.41	86.58	0.022
Tubería 1709	-2.25	0.51	4.88	0.028
Tubería 1711	-0.06	0.01	0.01	0.047
Tubería 1713	1.83	0.41	3.32	0.029
Tubería 1715	1.53	0.35	2.4	0.029
Tubería 1717	1.32	0.3	1.81	0.03
Tubería 1719	1.06	0.24	1.2	0.031
Tubería 1720	0.02	0	0	0.053
Tubería 1721	1.62	0.37	2.65	0.029
Tubería 1722	0.31	0.07	0.13	0.037
Tubería 1725	0.27	0.06	0.1	0.038
Tubería 1727	-9.41	2.13	69.1	0.022
Tubería 1729	-1.7	0.39	2.91	0.029
Tubería 1730	-2.38	0.54	5.4	0.028
Tubería 1731	-4.62	1.05	18.51	0.025
Tubería 1732	-5.58	1.26	26.29	0.024
Tubería 1733	-0.13	0.02	0.01	0.044
Tubería 1734	-4.01	0.51	3.51	0.026
Tubería 1735	197.8	1.57	5.6	0.018
Tubería 1737	195.8	1.56	5.49	0.018
Tubería 1738	149.14	1.19	3.32	0.018
Tubería 1741	210.29	1.67	6.27	0.018
Tubería 1747	236.88	1.89	7.82	0.017
Tubería 1752	1.97	1.01	27.63	0.027
Tubería 1754	345.11	2.75	15.69	0.016
Tubería 1757	6.03	1.36	30.29	0.024
Tubería 1758	4.23	0.96	15.71	0.025
Tubería 1759	0.49	0.11	0.29	0.035
Tubería 1760	271.99	2.16	10.1	0.017
Tubería 1762	45.76	1.46	10.89	0.02
Tubería 1764	237.99	1.89	7.88	0.017
Tubería 1767	2.02	1.03	28.72	0.027
Tubería 1768	1.92	0.98	26.34	0.027
Tubería 1769	5.78	2.94	201.71	0.023
Tubería 1770	5.79	1.31	28.1	0.024
Tubería 1771	1.24	0.28	1.62	0.03
Tubería 1773	0.38	0.05	0.04	0.037

Fuente: Elaboración propia con datos extraídos del modelo de EPANET

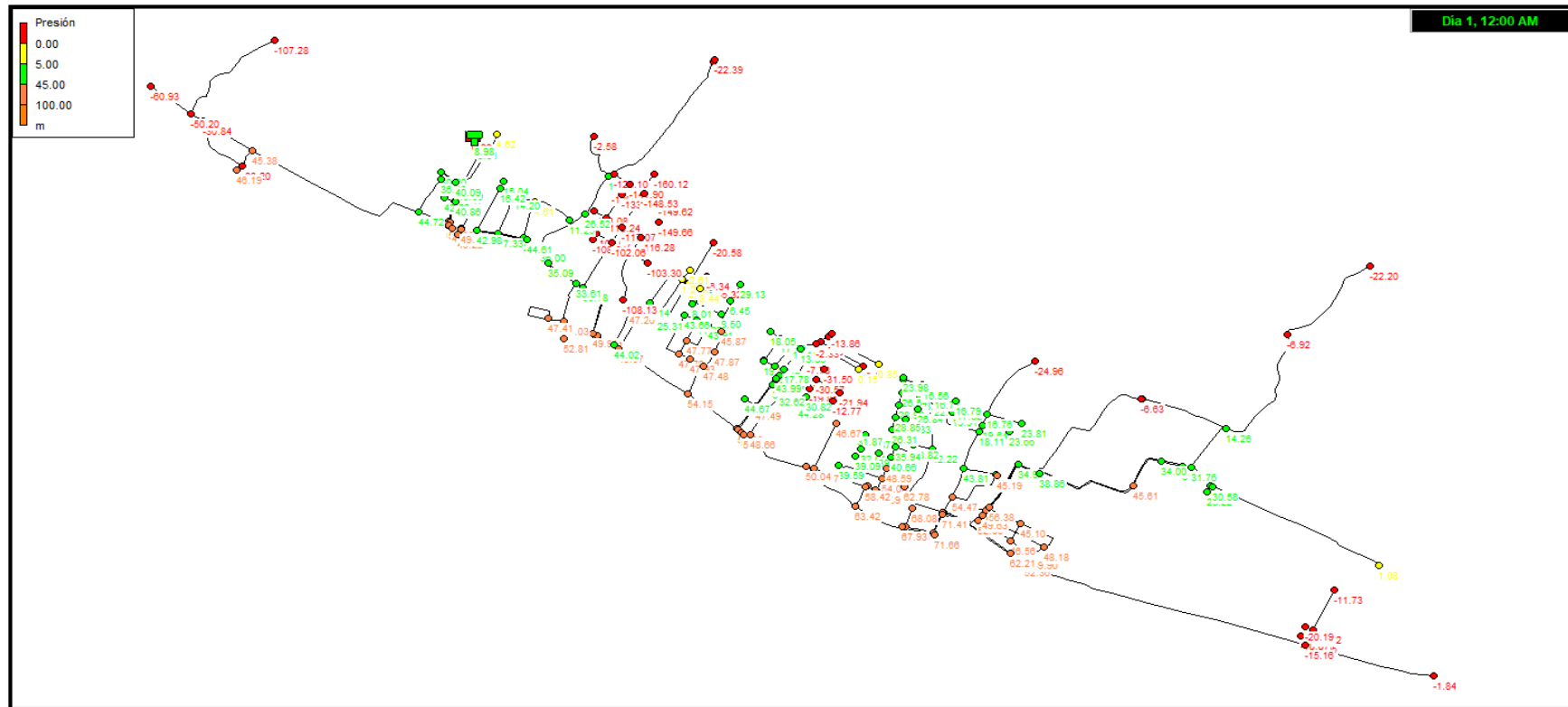
Tabla de Red - Líneas				
	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.	Factor de Fricción
ID Línea	LPS	m/s	m/km	
Tubería 1774	15.31	1.95	41.93	0.022
Tubería 1775	8.47	1.08	14.01	0.024
Tubería 1776	325.88	2.59	14.12	0.016
Tubería 1777	310.55	2.47	12.91	0.017
Tubería 1778	148.07	2.09	13.29	0.018
Tubería 1779	128.33	1.82	10.2	0.018
Tubería 1780	0	0	0	0
Tubería 1781	-6.47	0.37	1.18	0.026
Tubería 1782	-0.25	0.06	0.09	0.038
Tubería 1784	0.19	0.04	0.05	0.04
Tubería 1786	-1.84	0.42	3.38	0.029
Tubería 1787	-5.84	1.32	28.56	0.024
Tubería 1788	37.3	2.11	30.27	0.02
Tubería 1789	13.67	0.77	4.72	0.023
Tubería 1790	2.54	1.29	44.1	0.026
Tubería 1792	2.35	1.2	38.21	0.026
Tubería 1793	1.07	0.55	8.9	0.029
Tubería 1797	18.92	1.07	8.61	0.022
Tubería 1799	40230.68	35.57	499.98	0.009
Tubería 1800	0	0	0	0
Tubería 1801	-1.07	0.24	1.24	0.031
Tubería 1802	-2.54	0.58	6.13	0.027
Tubería 1804	-2.02	0.46	3.99	0.028
Tubería 1805	1.43	0.32	2.1	0.03
Tubería 1806	5	0.64	5.27	0.026
Tubería 1807	0.52	0.07	0.08	0.036
Tubería 1808	1.28	0.16	0.42	0.031
Tubería 1809	0.19	0.02	0.01	0.042
Tubería 1810	37.15	1.18	7.4	0.021
Tubería 1811	29.55	0.94	4.84	0.021
Tubería 1812	237.59	1.89	7.86	0.017
Tubería 1813	237.51	1.89	7.85	0.017
Tubería 1817	35.32	2	27.37	0.02
Tubería 1818	35.32	2	27.37	0.02

Fuente: Elaboración propia con datos extraídos del modelo de EPANET

En la tabla anterior se visualizan los valores de caudal, velocidad y pérdida de carga en las tuberías del modelo. Las tuberías trabajan de una manera adecuada con velocidades menores a 1.5 m/s y pérdidas de carga menores de 1% (10 m / 1 km). En la tabla se pueden visualizar valores fuera de estos rangos.

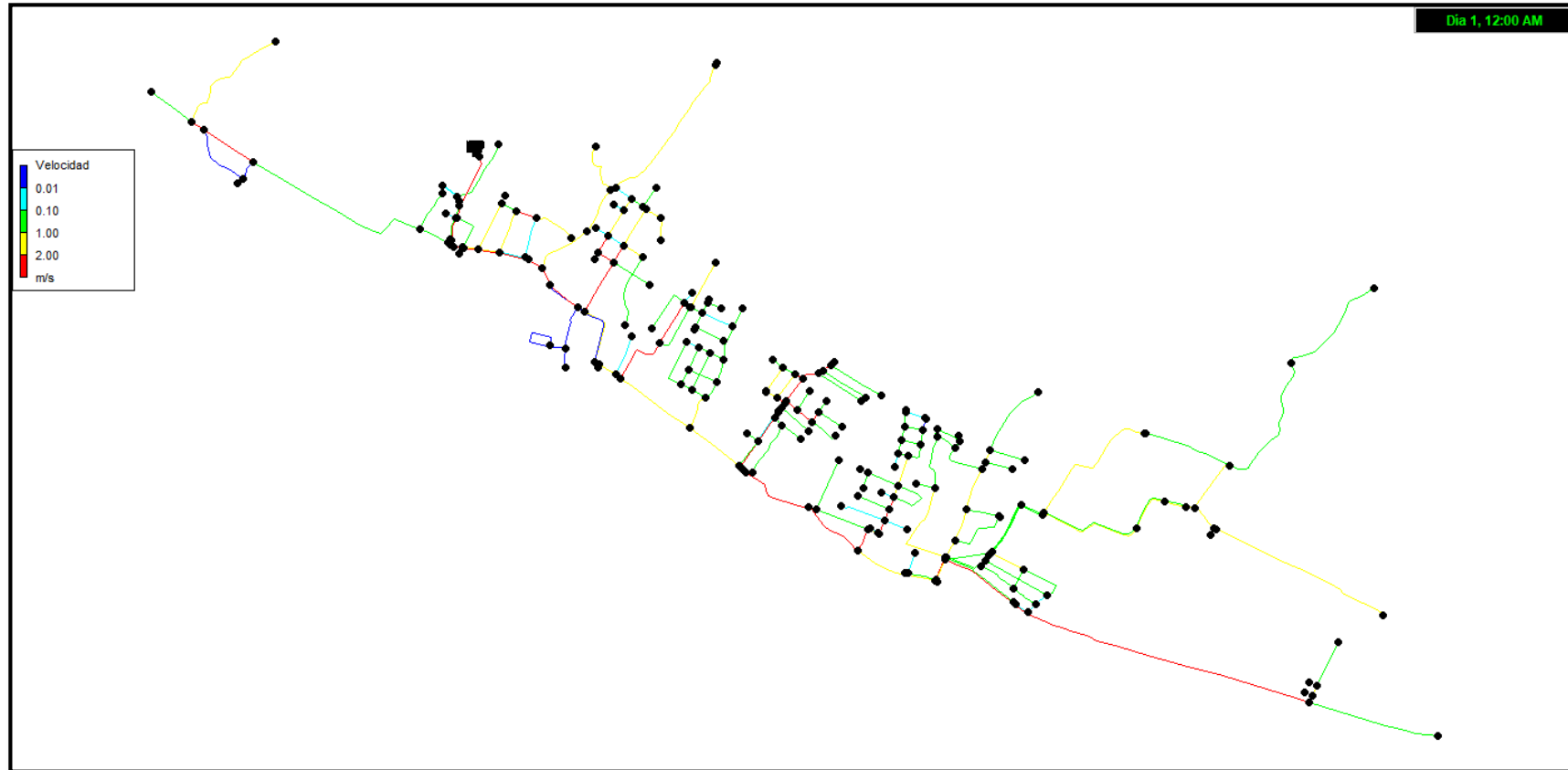
A continuación, vemos la figura 11 y la figura 12, el trazado de las redes de distribución que presentó el modelo de sectorización realizado en Epanet con un diagrama de colores los rangos de presiones y velocidades respectivamente:

Figura 11. Modelo de las presiones en la sectorización de la parte alta del Municipio de Tamboril



Fuente: Imagen de elaboración propia.

Figura 12. Modelo de las velocidades en la sectorización de la parte alta del Municipio de Tamboril



Fuente: Imagen de elaboración propia.

En la figura 11 se muestra el trazado de las redes de distribución evaluado en la herramienta digital Epanet el cual representa el modelo de sectorización correspondiente al caso de estudio el cual indica con un diagrama de colores los rangos de presiones que presenta el sistema, los cuales van de 0 a 200 en la unidad de medida de metros columna de agua (MCA).

En la variante de presión influyen las características los cambios de elevación en los que los aumentos y disminuciones en la elevación causan pérdidas y ganancias de presión del sistema, respectivamente. Es importante comprender el efecto neto de los cambios de elevación en la presión del sistema.

Además a lo largo de las tuberías se encuentran accesorios, curvas, válvulas y juntas de expansión, entre otros, los cuales sumados cambio en la dirección generará fricción y provocará la pérdida de presión. Así como, es de considerar como rasgó el tamaño o el diámetro de la tubería, el cual tiene un efecto inverso sobre la presión.

Por otro lado, la figura 12 presenta el trazado de las redes de distribución evaluado en la herramienta digital Epanet el cual representa el modelo de sectorización correspondiente al caso de estudio el cual indica con un diagrama de colores los rangos velocidades presenta el sistema, los cuales van de 0.00 a 3.00 en la unidad de medida de metros por segundo (M/S).

Este parámetro se visualiza variante, ya la velocidad es una magnitud física que implica relación entre el desplazamiento o recorrido en este caso del flujo del agua y el tiempo que tarda en realizar este cambio de posición, y está toma en cuenta que entre sus características se encuentran que posee módulo, longitud y dirección, dado que es un vector y en este caso el diámetro y cambio de diámetro de las tuberías así como su rugosidad en función de tipo de material y estado físico de la misma.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Al finalizar con esta investigación, titulada: “Conocer la sectorización de las redes de distribución de agua potable en el Acueducto de CORAASAN utilizando la herramienta EPANET. Caso de estudio: Municipio de Tamboril (Parte Alta)”, se llegaron a las siguientes conclusiones:

“Conocer las características de las redes de distribución de agua potable del Municipio de Tamboril a través del catastro actualizado.”

- Con las informaciones obtenidas del levantamiento realizado en campo para la verificación de los componentes de la red de distribución de agua potable del Municipio de Tamboril se procedió a actualizar el Catastro de Redes de CORAASAN, resultando: las líneas de las tuberías y los diámetros resultaron igual en campo como en el catastro, pero en el caso de las válvulas, si se encontraron 18 válvulas nuevas que no estaban indicadas en el catastro que contaba con 91 válvulas registradas, por lo que se procedió a incluirlas en la actualización para obtener un total de 109 válvulas. Ver Anexo K
- En el proceso de los levantamientos de los datos para la realización del modelo fue posible apreciar las condiciones físicas y operativas de las infraestructuras del sistema de distribución de agua potable. En reiteradas ocasiones las bombas de la reforzadora de Don Pedro y las que se encuentran en la Periférica salían fuera de servicio debido a la antigüedad de las mismas presentan fallas mecánicas piezas oxidadas y rotas, también fue posible observar filtraciones en el tanque de almacenamiento y la flota para medir el nivel del mismo dañada los cuales se describen y muestran imágenes en el anexo A.

“Realizar un modelo calibrado actualizado de la sectorización de las redes de distribución del municipio de Tamboril (parte alta) a través de la herramienta digital Epanet”

– Del modelo calibrado realizado en EPANET de la red de distribución de agua potable del Municipio de Tamboril (parte alta) se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- Se encontraron 244 líneas y 230 nodos en la red.
- Se encontraron 67 de 244 líneas en la red donde el caudal no llega, lo que indica que un 27.45% de la red correspondiente a la parte alta en sectores tales como Nigua y Guazumal, no tenía caudal al momento del análisis; Lo que no indica una certeza de que con las condiciones apropiadas el agua no llegue, no se sabe, depende del nivel del tanque. Las tuberías antes de llegar a esos sectores están muy comprometida, es decir, que en ella inciden factores como deterioro físico de las tuberías, intervención del factor humano a través del consumo inapropiado o intervención en las físicas de la mismas y así como, la pérdida de energía son tan grandes que no permite que llegue, a la medida que las personas van disminuyendo el consumo va permitir que el agua llegue a esas personas que van delante donde no, aunque no se refleja al instante del análisis.
- Se encontraron 68 de 244 líneas en la red donde la velocidad supera los 1.5 m/s, lo que indica que un 27.86% de la red correspondiente a la parte alta en sectores tales como Nigua y Guazumal, está por encima de los parámetros de velocidad recomendables al momento del análisis.
- Se encontraron 32 de 244 líneas en la red donde la pérdida de carga es mayor al 1%, lo que indica que un 13.11% de la red ha perdido presión

debido a la fricción por encima de los parámetros recomendables al momento del análisis.

- Se encontraron 70 de 230 nodos en la red donde la presión se encuentra encima de los 40 MCA y por debajo de 10 MCA, lo que indica que un 30.43% de los nodos de la red correspondiente a la parte alta en sectores tales como Nigua y Guazumal no cumple con los parámetros recomendables al momento del análisis.

“Conocer la sectorización de las redes de distribución de agua potable en el Acueducto de CORAASAN utilizando la herramienta EPANET. Caso de estudio: Municipio de Tamboril (Parte Alta)”

- El esquema de sectorización de las redes de distribución correspondiente a la parte alta del Municipio de Tamboril presenta líneas de tuberías donde no llega el caudal, las velocidades sobrepasan el límite recomendado y hay pérdida de presión, por lo que la red no está funcionando de la manera adecuada.
- La sectorización de las redes de distribución de agua potable en CORAASAN es realizada basada en la experiencia de los encargados de la operación del acueducto, sin realizar modelos de la red en programas destinados para este tipo. La utilización de estos programas sería una gran herramienta para lograr mejoras sustanciales en la operación y mantenimiento de las redes.
- El caudal medido consumido en un instante por la parte alta de Tamboril y considerado en el modelo fue de 347 LPS, el cual dividido entre la cantidad de usuarios de esa zona, 8,377 según el catastro, resulta un consumo de 0.042 LPS por usuario o punto de servicio, lo que equivale a 3,628.8 litros/día. Si se asume que en cada punto de servicio hay 5 habitantes, se tiene una dotación de 725.76

litros/habitante/día en los puntos de servicios que estaban recibiendo caudal al momento del análisis, lo cual resulta una dotación sumamente alta, ya que la dotación del consumo de agua por habitante por día ronda entre los 50 – 100 litros según la ONU. Cabe destacar que este consumo se ve afectado por la intermitencia del servicio, lo que lleva a los usuarios a almacenar toda el agua posible los días que llegan a recibirla, utilizando bombas y cualquier otro medio para obtenerla, lo cual crea inequidad y conflictos en la comunidad, ya que no todos llegan a recibir la misma cantidad de agua.

5.2 Recomendaciones

“Conocer las características de las redes de distribución de agua potable del Municipio de Tamboril a través del catastro actualizado.”

- Se recomienda actualizar de manera continua el sistema revisión de los elementos instalados en campo de manera, así como tomar medidas para que dicha actualización realice de manera más efectiva.
- Se recomienda ampliar los campos de información que contiene el catastro de redes, con informaciones como tipo de acometida, entre otras.
- Se recomiendan solicitar al ejecutor o contratista de los proyectos de ampliación y/o mejora de los sistemas a ser ejecutado conjunto con el plano AS-BUILT un archivo el levantamiento georreferenciado acorde a los estándares de precisión de sugeridos por el departamento correspondiente de CORAASAN.

“Realizar un modelo calibrado actualizado de la sectorización de las redes de distribución del municipio de Tamboril (parte alta) a través de la herramienta digital Epanet”

- Se deben implementar en el manejo y operación de las redes de distribución de agua potable la realización de modelos para evaluar el comportamiento de las redes, ya que es una herramienta que podría aportar de manera positiva a la evaluación y mejora de los sistemas de distribución. Para llevar a cabo estos modelos es necesario utilizar softwares destinados para estos fines como es el caso de Epanet, un programa para analizar sistemas de distribución de agua y lo más importante es que es de uso libre, por lo cual todos pueden tener acceso al mismo.

“Conocer la sectorización de las redes de distribución de agua potable en el Acueducto de CORAASAN utilizando la herramienta EPANET. Caso de estudio: Municipio de Tamboril (Parte Alta)”

- Se deben de implementar medidas para disminuir la dotación de consumo de agua en Tamboril. Realizando un ejercicio en el modelo, en donde se colocó la mitad de la dotación, alrededor de 362.88 LPS/usuario, es posible verificar como muchos puntos y tramos de la red trabajan bajo mejores condiciones. Ver anexo L.
- Este modelo calibrado de la sectorización correspondiente a la parte alta de Tamboril puede ser utilizado para poder evaluar posibles escenarios en donde se hagan mejoras al sistema en aquellos puntos en donde los parámetros hidráulicos no estén cumpliendo y así poder eficientizar el sistema de distribución y lograr que el caudal pueda llegar a más puntos de servicios y los valores de presiones y velocidades mejoren. De igual forma a través del modelo calibrado es posible evaluar otras sectorizaciones y frecuencias de distribución con la finalidad de identificar cual sería la mejor opción para el sistema y los usuarios en ese sentido.

- Se recomienda realizar campañas de concientización en las comunidades sobre el consumo racional del agua.
- Se sugiere como una segunda etapa de esta investigación, realizar un análisis de todo el sistema de distribución del Municipio de Tamboril, que incluya la sectorización de la parte baja del mismo y así poder evaluar y conocer el funcionamiento de todo el sistema de una manera global e integral.
- Se recomienda realizar mejoras en las infraestructuras y equipos que conforman el sistema de distribución, tal es el caso del tanque de almacenamiento, la oficina periférica y los sistemas de bombeos ya que las condiciones en las que se encuentran estos componentes no son las adecuadas lo cual ocasiona que disminuya la eficiencia del funcionamiento del sistema provocando en muchos casos la salida del mismo.

BIBLIOGRAFÍA

- Arbona, L. F. (Julio de 2016). Análisis y proyecto de sectorización de la red de abastecimiento de agua potable de las urbanizaciones del plantío y la cañada. sector sur. Valencia, España.
- Ayala, D. H. (octubre de 2013). Confección de modelos de redes de distribución de agua desde un SIG y desarrollo de herramientas de apoyo a la toma de decisiones. valencia.
- Bello, M., & Pino, M. (2000). Medición de Presión y Caudal. Obtenido de <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR25635.pdf>
- Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santiago (CORAASAN). (2018). Carta Compromiso CORAASAN. Obtenido de <file:///C:/Users/lisma/AppData/Local/Temp/Carta%20Compromiso.pdf>
- Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santiago (CORAASAN). (2020). Revista Redes. Nueva administración de CORAASAN hereda gran deficit en producción de agua potable. Santiago de los Caballeros. Obtenido de https://isu.com/coraasan/docs/bolet_n_redes_septiembre_2020_curvas
- Delgado-Galván, X., Rodríguez, J. M., & Medel, J. O. (2015). *los servicios de agua y drenaje con una visión integral*. Guanajuato, Gto. México: Lascurain de Retana 5, Zona Centro.
- Dirección de Ingeniería INAPA. (julio de 2018). REGLAMENTO TECNICO PARA DISEÑO DE OBRAS E INSTALACIONES HIDROSANITARIAS DEL INAPA. Santo Domingo.

Dirección General de Agua Potable y Saneamiento Básico del Ministerio de Desarrollo Económico. (2001). *Cartilla Catastro de Usuarios Municipios menores y zonas rurales*. Colombia.

Dirección General de Agua Potable y Saneamiento Básico del Ministerio de Desarrollo Económico. (2002). *Cartilla Catastro de Redes Municipios menores y zonas rurales*. Colombia.

Echavarría, J. L. (18 de julio de 2007). *Rediseño E Implementación De Un Prototipo Para La Medición Y Control De Nivel Y Caudal De Agua*.

El Nuevo Diario (12 de septiembre de 2021). *CORAASAN informa corregirá fugas para mejorar el servicio de agua potable en Tamboril*.

Espinoza, H. T. (Julio de 2012). *Sistema de Información Geográfica aplicado al Catastro de Agua Potable del Cantón Paute, Ecuador*. Obtenido de <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/2013/1/105966.pdf>

Fadrique, A. L. (1994). *Estado Del Arte En La Medición De Magnitudes Hidráulicas (I)*. Obtenido de <https://polipapers.upv.es/index.php/IA/article/view/2636/2619>

Fragoso, L., Ruiz, J., & López, G. (2016). *La sectorización en redes de agua potable para mejorar su eficiencia hidráulica*. México.

García, L. (2012). *Teoría De La Medición De Caudales Y Volúmenes De Agua E Instrumental Necesario Disponible En El Mercado*. Madrid, España. Obtenido de https://aguas.igme.es/igme/publica/libros2_TH/art2/pdf/teoria.pdf

Global Water Partnership. (2008). *Principios De Gestión Integrada De Los Recursos Hidricos*. Obtenido de <https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp->

sam_files/publicaciones/sobre-girh/2008-principios-de-girh-base-para-el-desarrollo-de-planos-nacionales.pdf

Global Water Partnership. (2011). Qué es la GIRH. Obtenido de

<https://www.gwp.org/es/GWP-Sud-America/ACERCA/por-que/PRINCIPALES-DESAFIOS/Que-es-la-GIRH/>

GONZALEZ, E. C. (septiembre de 2013). Sectorización de redes de abastecimiento.

Propuesta Para una Metodología de Sectorización de Redes de Abastecimiento de Agua Potable. Valencia, España.

López Cualla, R. (2000). Elementos de diseño para Acueductos y Alcantarillado.

Bogotá, Colombia: Centro Editorial, Escuela Colombiana de Ingeniería,

Lucio Fragoso Sandoval, J. R.-F. (2016). La sectorización en redes de agua potable para

mejorar su eficiencia hidráulica. *ING. HIDRÁULICA Y AMBIENTAL*, 31.

Luszczewski, A. (2004). Redes industriales de Tubería Bombas para agua, ventiladores

y compresores. España: REVERTE.

Martínez-Solano, F., Iglesias-Rey, P., & Arce, S. M. (s.f.). Calibración de modelos de

redes de distribución de agua mediante la utilización conjunta de demandas y consumos dependientes de la presión. Valencia, España. Obtenido de

<http://www.ingenieriadelagua.com/2004/JIA/Jia2015/c/c023.pdf>

Mays, L. W. (2000). Water Distribution Systems Handbook. Tempe, Arizona, Estados

Unidos: McGraw-Hill.

Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo (MEPyd). (2018). Contexto Actual

del Agua en la República Dominicana. República Dominicana. Obtenido de

<https://mepyd.gob.do/wp-content/uploads/drive/Publicaciones/Contexto%20actual%20del%20agua%20en%20la%20Republica%20Dominicana.pdf>

Mott, R., & Untener, J. (2015). *Mecánica de Fluidos*. Morelos, México: PEARSON.

Ochoa, L., & Bourguett, V. (2001). *Reducción integral de pérdidas de agua potable*. Mexico.

ONE. (2016). *Oficina Nacinal de Estadistica*. Obtenido de Tu municipio en línea:
<https://www.one.gob.do/sen/inventario-de-operaciones-estadisticas>

Orellana, O. A. (febrero de 2018). *Sectorización óptima de la red de distribución de agua potable de la ciudad de santa marta, Colombia utilizando los algoritmos METIS*. Colombia.

Palacios, A. (2008). *Acueductos, cloacas y drenajes*. Caracas, Venezuela:
PUBLICACIONES UCAB.

Pineda, N. E. (3 de diciembre de 2009). *Gestión informatizada de las fugas en una red de agua potable sectorizada con la ayuda de un GIS y un SCADA*. Valencia, España.

Reyes, L. A. (2018). *Actualización Del Catastro De Usuarios Para La Empresa De Servicios Públicos Del Centro Poblado La Esmeralda Del Municipio De Arauquita "Ecades E.S.P.", Departamento De Arauca*. Obtenido de
<https://repositorio.unillanos.edu.co/bitstream/001/1225/1/RUNILLANOS%20GP R%200103%20ACTUALIZACION%20DEL%20CATASTRO%20DE%20USUARIOS%20PARA%20LA%20EMPRESA%20DE%20SERVICIOS%20PUBLI>

COS%20DEL%20CENTRO%20POBLADO%20LA%20ESMERALDA%20DE
L%20MUNICIPIO%20DE%20ARAUQUI

- Sampieri, R. H. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Tellez, O. T., & Santos, R. U. (15 y 16 de agosto de 2019). Herramienta para convertir un modelo de datos de una red de suministro de agua en formato SHAPE y EPANET. *5tas Jornadas México – 11vas Jornadas Latinoamericanas y del Caribe de gvSIG*. Guanajuato, México.
- Comisión Nacional del Agua. (Diciembre de 2007). Manual de agua potable, alcantarillado y Saneamiento. *Diseño, construcción y operación de tanques de regulación para abastecimiento de agua potable*. México.
- Coporacion del Acueducto y el Alcantarillado de Santiago CORAASAN. (2020). Programa de Mejoramiento de los servicios de saneamiento y agua potable en la Provincia de Santiago PROMESSAPS. *Estudios de factibilidad técnica. Sistemas de agua potable perifericos de la Provincia*. Santiago de los Caballeros, República Dominicana.
- CORAASAN. (2018). Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santiago. 9.
- Endress+Hauser. (s.f.). *PROline prosonic flow 90 ultrasonic flow measuring*.
- Gutiérrez-Pérez, J., Herrera, M., Izquierdo, J., & Pérez-García, R. (2013). Sectorización Mediante El Agrupamiento Espacial De La Información Completa De La Red De Abastecimiento. *XII Simposio Iberoamericano sobre planificación de sistemas de abastecimiento y drenaje*, (pág. 3).

GUZMÁN BÁEZ, O. A. (Febrero de 2020). Propuestas De Mejora Correspondiente a La Red De Distribución De Agua Potable Del Distrito Nacional, Modelo Matemático, Santo Domingo (República Dominicana).

Moya, P. (4 de Agosto de 2013). *El Español*. Obtenido de El Android Libre: https://www.elespanol.com/elandroidelibre/noticias-y-novedades/20130804/oruxmaps-genial-alternativa-google-maps-permite-propios/18248430_0.html

QGIS Development Team. (2004-2020). *QGIS - El SIG Líder de Código Abierto para Escritorio*. Obtenido de <https://www.qgis.org/es/site/about/index.html>

Rossman, L. A. (2002). EPANET 2 Manual de Usuario., (pág. 13).

Solano, D. F. (2002). *Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica a la gestión técnica de redes de distribución de agua potable* . Valencia.

ANEXOS

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA MADRE Y MAESTRA
MAESTRÍA EN GESTIÓN SOSTENIBLE DEL AGUA



ANEXO A- Levantamientos de las principales infraestructuras que conforman el sistema de distribución de agua potable del municipio de Tamboril

- Las principales características de un Tanque de almacenamiento y su manejo según la Comisión Comisión Nacional del Agua (2007):
 - Almacenar agua para satisfacer demandas variables de la población a lo largo del día.
 - Los tanques pueden ser enterrados, semienterrados, superficiales o elevados.
 - El tanque debe ser manejado bajo estrictas normas de higiene y seguridad

I. Tanque de Almacenamiento de Tamboril

DATOS GENERALES	
Ubicación	Municipio de Tamboril
Material	Hormigón Armado
Forma	Redondo

OBSERVACIONES	
1	El tanque presenta filtraciones visibles en la parte de la base del tanque donde se visualiza un flujo constante de agua en diferentes puntos de la base de este.
2	La flota para medir el nivel del tanque no funciona. La medición del nivel se realiza de maneral visual.
3	Descuido en el mantenimiento de los árboles y césped que rodea el tanque
4	La caseta del vigilante del tanque presenta descuido en la pintura y no cuenta con ningún tipo equipamiento.



II. Oficina periférica de Tamboril

DATOS GENERALES	
Ubicación	Municipio de Tamboril

OBSERVACIONES	
1	Compuesta por varias estructuras de hormigón como: oficina para pagos, oficina para el personal técnico y caseta de bombas.
2	La Bomba encontrada presentaba reparaciones parciales debido al deterioro y antigüedad del equipo.
3	Oficinas presentan descuido en la pintura, inmueble y ornado.
4	La ubicación de las oficinas se encuentra en punto estratégico para el acceso de las diferentes comunidades a las que brinda cobertura





PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA MADRE Y MAESTRA
MAESTRÍA EN GESTIÓN SOSTENIBLE DEL AGUA



ANEXO B -Registro del nivel del tanque de almacenamiento del municipio de Tamboril

Fecha: 28/10/2021

NIVEL (m.c.a.)	HORA DE LECTURA
12	
11	
10	
9	9:10 AM
8	
7	
6	10:10 AM
5	
4	11:10 AM
3	
2	12:10 PM
1	
0	01:53 PM

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos observados en el Tanque del Municipio de Tamboril

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA MADRE Y MAESTRA
MAESTRÍA EN GESTIÓN SOSTENIBLE DEL AGUA



ANEXO C- Registro de las mediciones de presión realizadas en el municipio de Tamboril

Fecha: 28/10/2022

PUNTO	PRESIÓN (PSI)	HORA	CALLE	COORDENADAS	REFERENCIA
1	4	10:24 AM	C/7, BARRIO VALENTIN	19°29'37.52"N, 70°36'56.60"O	VIVIENDA
2	42	10:31 AM	AV. JUAN M. CAPELLAN	19°29'33.00"N, 70°36'51.09"O	VIVIENDA
3	26	10:35 AM	C/ RAMON HUNGRIA LOPEZ	19°29'33.76"N, 70°36'49.29"O	VIVIENDA
4	4	10:47 AM	BARRIO NEGRITO ESTRELLA	19°29'40.05"N, 70°37'27.20"O	VIVIENDA
5	0	11.30 AM	NIGUA	19°28'55.99"N, 70°35'23.81"O	VIVIENDA

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos con Manómetro en viviendas del Municipio de Tamboril

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA MADRE Y MAESTRA
MAESTRÍA EN GESTIÓN SOSTENIBLE DEL AGUA



ANEXO D - Tipos de tuberías y sus características en el municipio de Tamboril

Características de las redes de distribución de agua potable del Municipio de Tamboril

Diámetro	Material	Función	Longitud
1.5	ACE	GRA	231.02
2	PVC	GRA	26,815.26
3	PVC	GRA	47,498.47
4	PVC	GRA	42,122.55
6	PVC	GRA	20,789.05
6	PVC	BOM	2,217.21
8	PVC	GRA	6,167.48
8	PVC	BOM	936.04
12	PVC	GRA	7,026.43
16	PVC	GRA	1,891.73
20	LJO	BOM	4,871.2
20	LJO	GRA	2.00
20	HIF	GRA	31.84
Total de Tuberías en metros (Mts)			160,600.28

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del catastro de redes de agua potable de CORAASAN

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA MADRE Y MAESTRA
MAESTRÍA EN GESTIÓN SOSTENIBLE DEL AGUA



ANEXO E - Distribución de agua potable municipio de Tamboril.

Distribución de agua potable		
Día	Sectores	
	Parte alta	Parte Baja
Lunes	Guazumal, El Caño Arriba, Barrio Valentín, Cacata, Barrio Carlos Díaz, Antonio Jasinto, Los Polancos, Calienticimo, Felipe Duran, Manolo Dajan, Hayna, Villa Cruz, Los Peraltas.	Pontezuela.
Martes		Canca la piedra, Selva de Madera y Callejón de Gay.
Miércoles		La ciudad. Pontezuela.
Jueves	Guazumal, El Caño Arriba, Barrio Valentín, Cacata, Barrio Carlos Díaz, Antonio Jasinto, Los Polancos, Calienticimo, Felipe Duran, Manolo Dajan, Hayna, Villa Cruz, Los Peraltas.	
Viernes		Las Flores. Pontezuela.
Sábados		La ciudad.

Fuente: Elaboración propia con datos del departamento de operación de redes de agua potable de la CORAASAN

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA MADRE Y MAESTRA
MAESTRÍA EN GESTIÓN SOSTENIBLE DEL AGUA

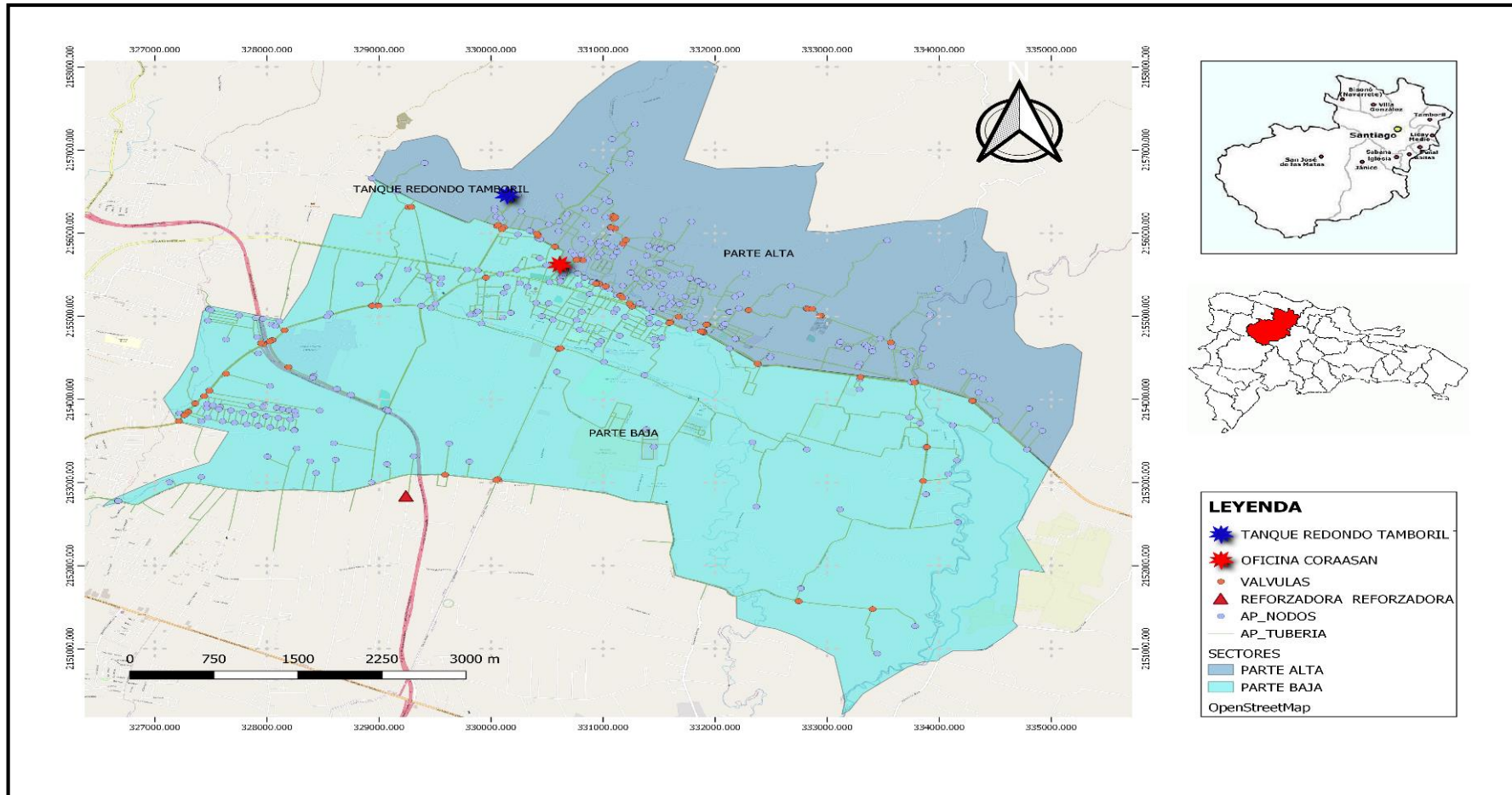


ANEXO F- Registro de las mediciones de caudal.

Fecha	Hora	Caudal (L/seg)	Fecha	Hora	Caudal (L/seg)
28/10/2021	10:11:55	368.536	28/10/2021	12:16:55	315.086
28/10/2021	10:16:55	352.258	28/10/2021	12:21:55	323.004
28/10/2021	10:21:55	358.712	28/10/2021	12:26:55	318.855
28/10/2021	10:26:55	342.273	28/10/2021	12:31:55	306.577
28/10/2021	10:31:55	346.924	28/10/2021	12:36:55	315.908
28/10/2021	10:36:55	348.035	28/10/2021	12:41:55	306.473
28/10/2021	10:41:55	346.933	28/10/2021	12:46:55	306.648
28/10/2021	10:46:55	343.759	28/10/2021	12:51:55	299.111
28/10/2021	10:51:55	354.421	28/10/2021	12:56:55	310.401
28/10/2021	10:56:55	347.952	28/10/2021	13:01:55	294.512
28/10/2021	11:01:55	346.975	28/10/2021	13:06:55	307.792
28/10/2021	11:06:55	339.001	28/10/2021	13:11:55	295.91
28/10/2021	11:11:55	348.361	28/10/2021	13:16:55	301.402
28/10/2021	11:16:55	346.196	28/10/2021	13:21:55	277.877
28/10/2021	11:21:55	341.113	28/10/2021	13:26:55	277.216
28/10/2021	11:26:55	344.532	28/10/2021	13:31:55	278.781
28/10/2021	11:31:55	340.493	28/10/2021	13:36:55	315.468
28/10/2021	11:36:55	334.922	28/10/2021	13:41:55	314.222
28/10/2021	11:41:55	317.075	28/10/2021	13:46:55	299.683
28/10/2021	11:46:55	322.23	28/10/2021	13:51:55	309.143
28/10/2021	11:51:55	325.937	28/10/2021	13:56:55	286.321
28/10/2021	11:56:55	327.075	28/10/2021	14:01:55	283.826
28/10/2021	12:01:55	321.103	28/10/2021	14:06:55	200.497
28/10/2021	12:06:55	317.332	28/10/2021	14:11:55	0
28/10/2021	12:11:55	316.745			

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos del Caudalímetro instalado en la tubería de salida del Tanque del Municipio de Tamboril

ANEXO G- Mapa del esquema general del sistema de distribución de agua potable del municipio de Tamboril.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos del Caudalímetro instalado en la tubería de salida del Tanque del Municipio de Tamboril

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA MADRE Y MAESTRA
MAESTRÍA EN GESTIÓN SOSTENIBLE DEL AGUA



ANEXO H- Instalación del caudalimetro.

- 1- Equipo utilizado para la medición de caudal instalado en la tubería de salida del tanque.



CAUDALIMETRO PRIMEFLO-T.

2- Instalación del Equipo utilizado para la medición de caudal instalado en la tubería de salida del tanque.



BRIGADA CONTROL DE DOTACIONES DE CORAASAN

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA MADRE Y MAESTRA
MAESTRÍA EN GESTIÓN SOSTENIBLE DEL AGUA



ANEXO I- Fotos recorrido para apertura y cierre de válvulas para la sectorización del sistema de distribución de agua potable del municipio de Tamboril.



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA MADRE Y MAESTRA
MAESTRÍA EN GESTIÓN SOSTENIBLE DEL AGUA



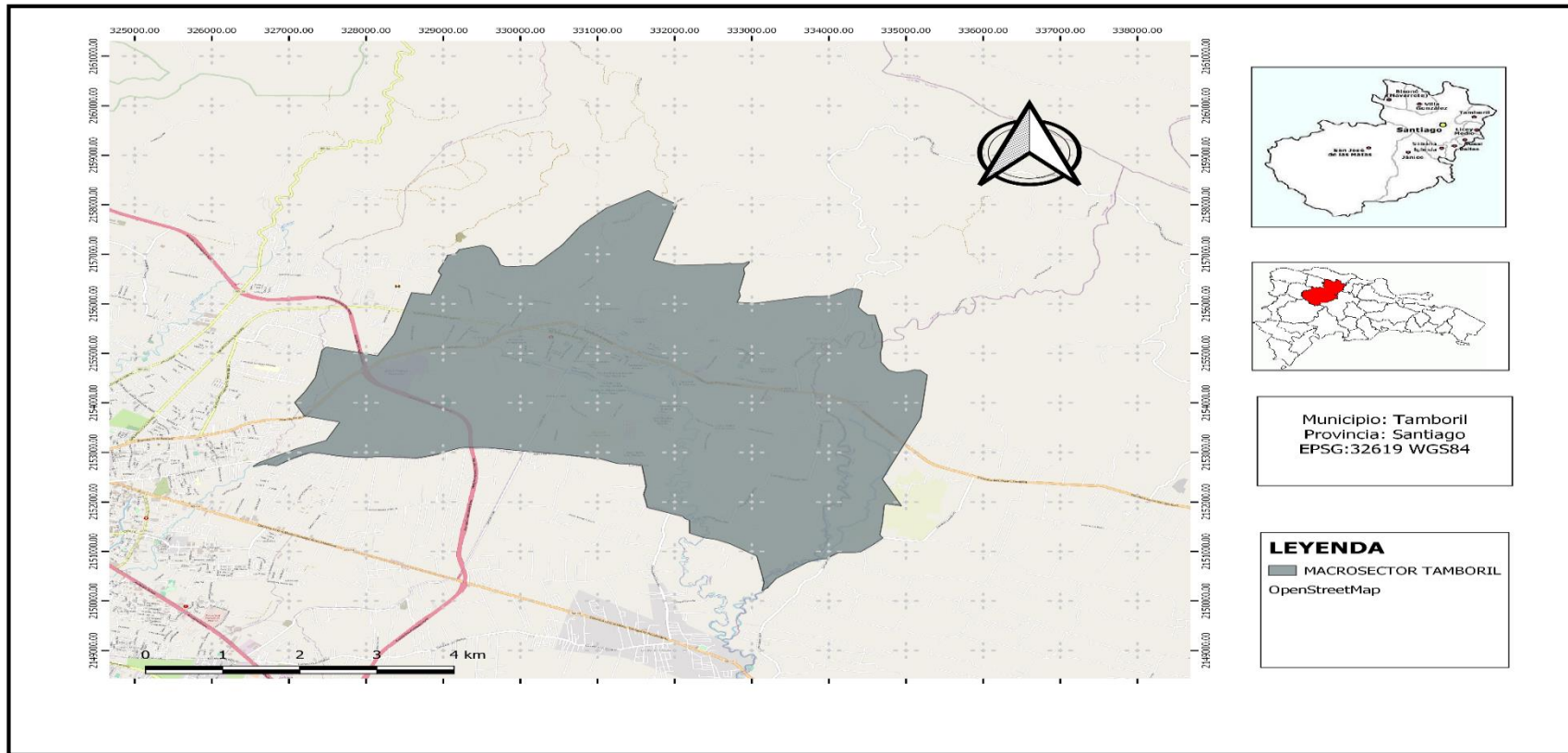
ANEXO J- Equipo utilizado para medir presiones en campo.



MANOMETRO ANALOGO DE GLISERINA

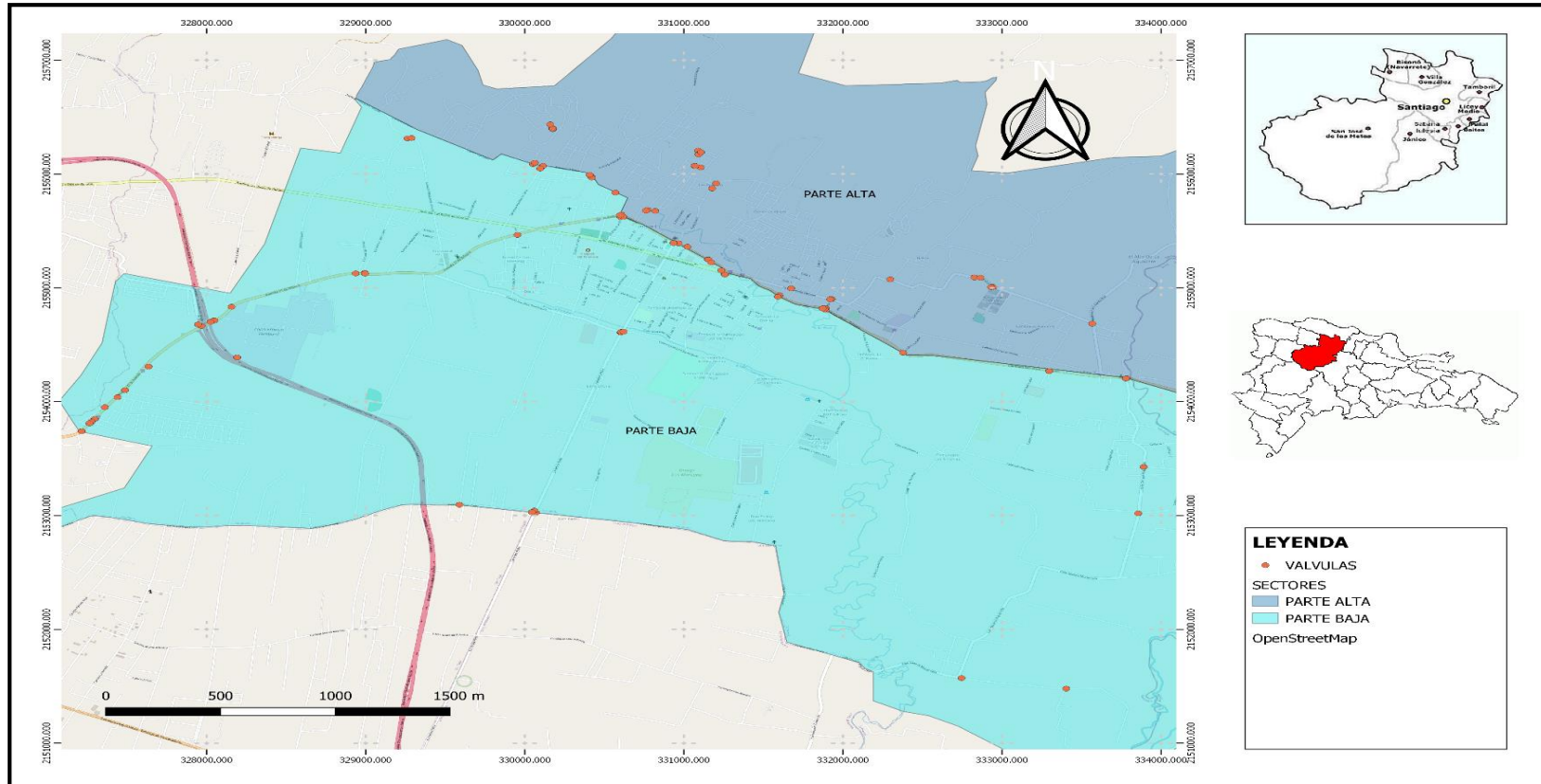
ANEXO K- Mapa componentes de la red de distribución de agua potable del municipio de Tamboril.

1-Distrito hidrométrico o macrosector Tamboril



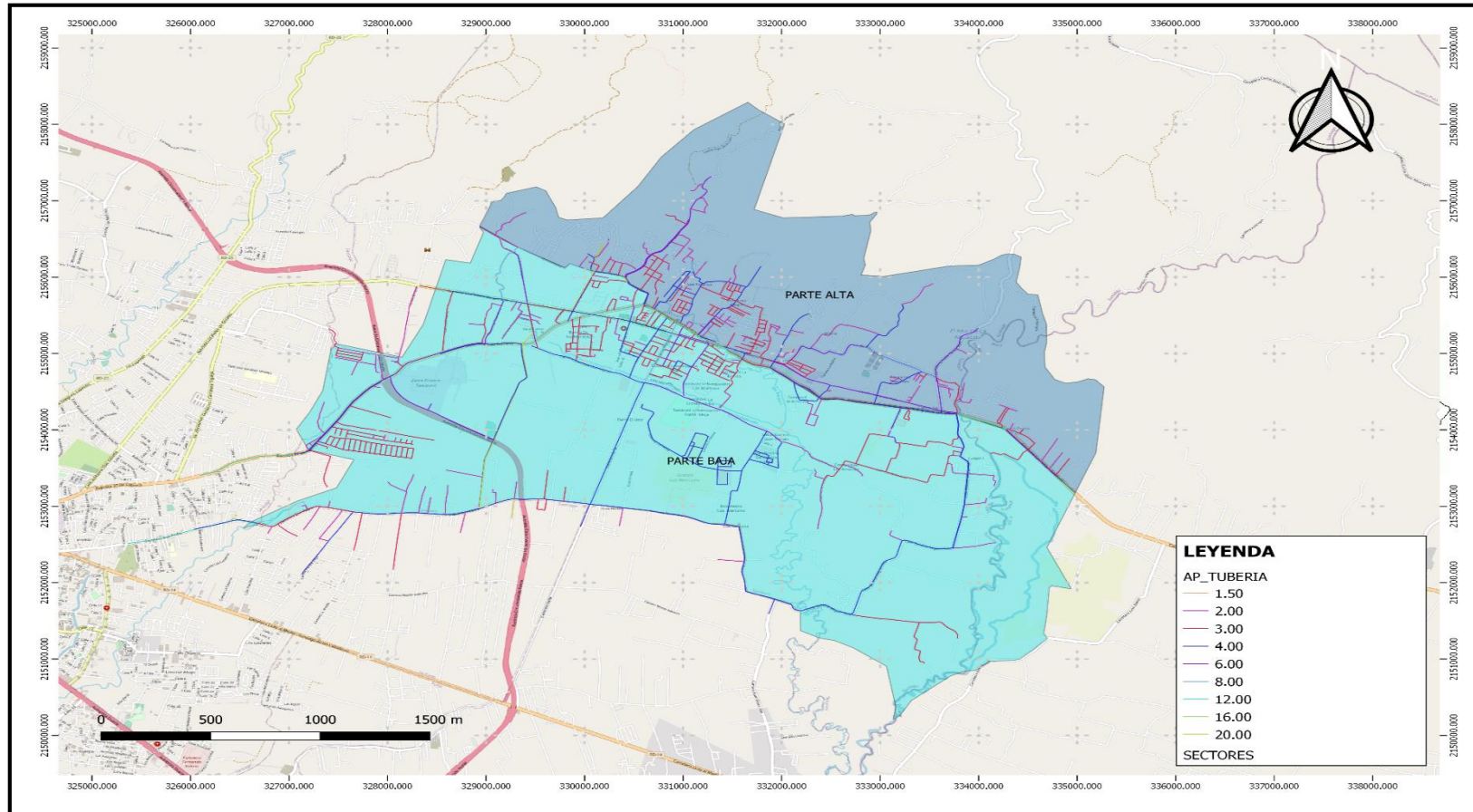
Fuente: Imagen de elaboración propia, QGIS.

2-Levantamiento de válvulas reguladoras



Fuente: Imagen de elaboración propia, QGIS.

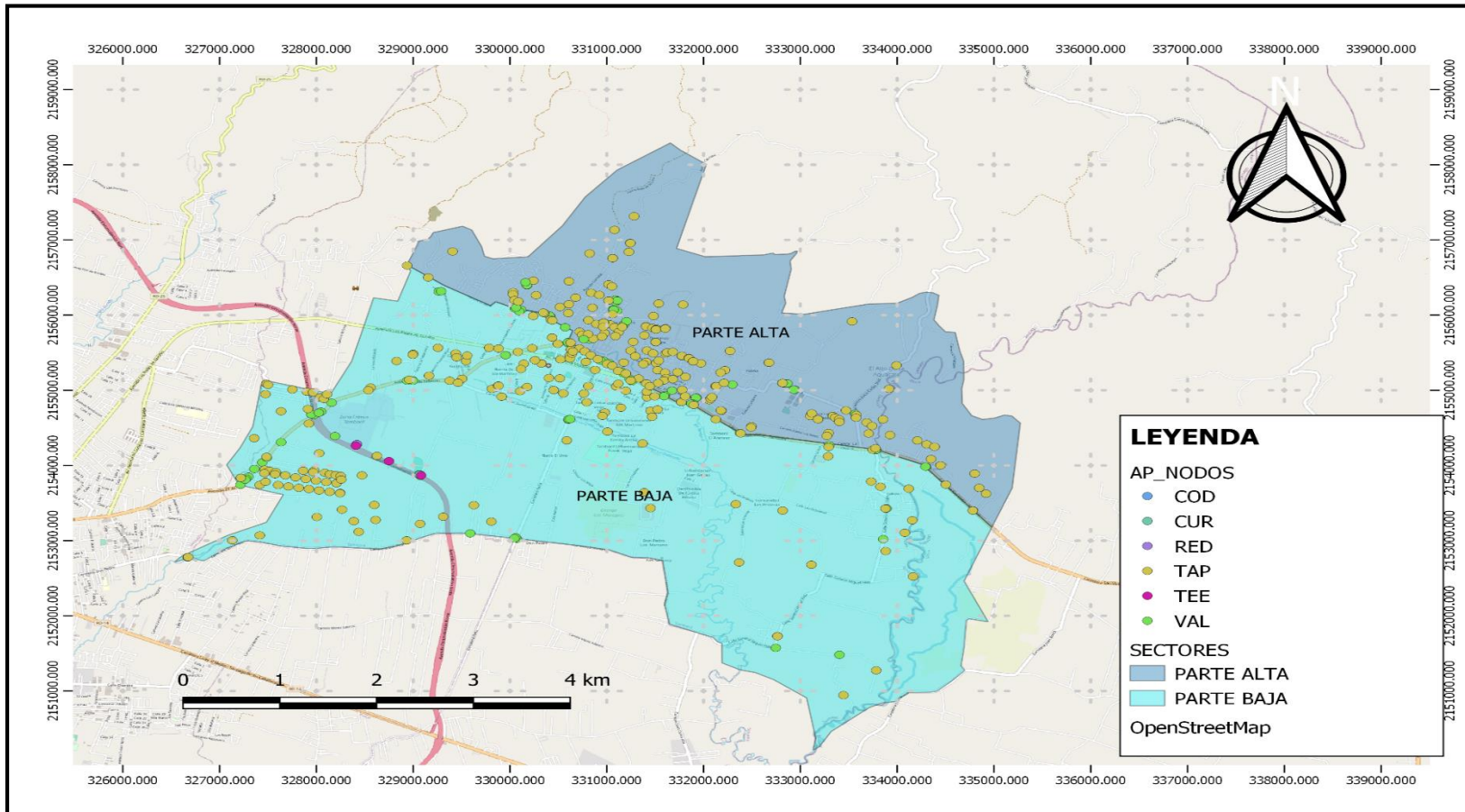
3-Redes de distribución de agua potable municipio tamboril



Fuente: Imagen de elaboración propia, QGIS.

4-Piezas especiales de las redes de distribución de agua potable municipio Tamboril

Fuente: Imagen de elaboración propia, QGIS.



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA MADRE Y MAESTRA
MAESTRÍA EN GESTIÓN SOSTENIBLE DEL AGUA



ANEXO L- Modelo de la sectorización de la parte alta del municipio de Tamboril con variación en la dotación.

1- Características de las redes del modelo de la sectorización de la parte alta del municipio de Tamboril

Scenario: Base				
Tabla de Red - Líneas				
	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.	Factor de Fricción
ID Línea	LPS	m/s	m/km	
Tubería 91	14.9	0.47	1.36	0.024
Tubería 153	-2.76	0.35	1.75	0.028
Tubería 187	14.9	0.47	1.36	0.024
Tubería 189	0	0	0	0
Tubería 200	6.24	0.35	1.1	0.026
Tubería 217	139.81	1.98	11.95	0.018
Tubería 224	253.43	2.02	8.86	0.017
Tubería 242	238.53	1.9	7.92	0.017
Tubería 275	1.95	0.25	0.92	0.029
Tubería 278	0	0	0	0
Tubería 290	3.67	1.87	87.33	0.024
Tubería 293	256.8	1.31	3.06	0.018
Tubería 296	0.06	0.03	0.05	0.045
Tubería 302	0.1	0.02	0.02	0.045
Tubería 311	0.08	0.04	0.08	0.043
Tubería 314	0.27	0.06	0.1	0.038
Tubería 323	0.2	0.05	0.06	0.04
Tubería 336	-0.14	0.03	0.03	0.042
Tubería 348	-10.02	2.27	77.62	0.022

Fuente: Elaboración propia con datos extraídos del modelo de EPANET

Scenario: Base				
Tabla de Red - Líneas				
	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.	Factor de Fricción
ID Línea	LPS	m/s	m/km	
Tubería 369	0.17	0.09	0.29	0.039
Tubería 378	7.56	3.85	332.16	0.022
Tubería 387	0.31	0.16	0.9	0.035
Tubería 396	0.08	0.02	0.01	0.045
Tubería 405	0	0	0	0
Tubería 408	0.29	0.15	0.81	0.036
Tubería 451	0.43	0.1	0.23	0.035
Tubería 460	0.44	0.22	1.72	0.033
Tubería 463	-0.27	0.06	0.1	0.038
Tubería 466	0.19	0.04	0.05	0.04
Tubería 480	-14.82	1.89	39.47	0.022
Tubería 487	-0.1	0.05	0.11	0.042
Tubería 490	1.39	0.71	14.43	0.028
Tubería 496	0.19	0.04	0.05	0.04
Tubería 517	0.35	0.18	1.12	0.035
Tubería 562	-0.87	0.44	6.06	0.03
Tubería 587	0	0	0	0
Tubería 590	-0.11	0.05	0.12	0.041
Tubería 607	0.72	0.37	4.27	0.031
Tubería 622	0.31	0.28	3.51	0.034
Tubería 640	2.34	0.53	5.23	0.028
Tubería 643	3.12	0.71	8.93	0.026
Tubería 649	0.28	0.06	0.1	0.038
Tubería 658	0.23	0.05	0.07	0.039
Tubería 676	-0.44	0.1	0.24	0.035
Tubería 694	0.5	0.44	8.39	0.032
Tubería 711	0.48	0.11	0.28	0.035
Tubería 740	0.4	0.09	0.2	0.036
Tubería 752	0.34	0.17	1.06	0.035
Tubería 781	57.67	1.84	16.71	0.019
Tubería 794	0.46	0.1	0.26	0.035
Tubería 808	-0.77	0.17	0.67	0.032
Tubería 817	-0.13	0.03	0.02	0.043
Tubería 825	0.14	0.03	0.03	0.042
Tubería 834	0.49	0.25	2.09	0.033
Tubería 869	3.29	0.75	9.9	0.026
Tubería 878	0.44	0.1	0.24	0.035

Fuente: Elaboración propia con datos extraídos del modelo de EPANET

Scenario: Base				
Tabla de Red - Líneas				
	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.	Factor de Fricción
ID Línea	LPS	m/s	m/km	
Tubería 884	1.87	0.95	24.99	0.027
Tubería 890	0.35	0.08	0.16	0.037
Tubería 914	0.44	0.1	0.24	0.035
Tubería 917	0.38	0.19	1.29	0.034
Tubería 919	-3.3	0.75	9.93	0.026
Tubería 932	0.8	0.41	5.16	0.031
Tubería 935	0.71	0.16	0.58	0.033
Tubería 964	-0.79	0.18	0.7	0.032
Tubería 979	0.57	0.29	2.74	0.032
Tubería 1009	1.98	0.45	3.85	0.028
Tubería 1012	-7.73	3.94	345.96	0.022
Tubería 1042	0.83	0.11	0.19	0.033
Tubería 1047	0	0	0	0
Tubería 1082	0.79	0.4	5.07	0.031
Tubería 1108	0.59	0.13	0.41	0.034
Tubería 1156	0.46	0.24	1.88	0.033
Tubería 1176	256.46	2.04	9.05	0.017
Tubería 1182	-0.44	0.22	1.72	0.033
Tubería 1188	0.74	0.17	0.62	0.033
Tubería 1199	57.9	1.84	16.83	0.019
Tubería 1260	1.45	0.74	15.58	0.028
Tubería 1284	3.38	1.72	74.84	0.025
Tubería 1366	14.76	1.88	39.2	0.022
Tubería 1467	1.92	0.24	0.9	0.029
Tubería 1468	0.16	0.02	0.01	0.041
Tubería 1469	-2	0.25	0.97	0.029
Tubería 1470	-2.6	0.33	1.57	0.028
Tubería 1473	238.52	1.9	7.92	0.017
Tubería 1474	238.51	1.9	7.91	0.017
Tubería 1475	14.78	0.47	1.34	0.024
Tubería 1476	11.74	0.37	0.88	0.025
Tubería 1502	2.74	0.62	7.02	0.027
Tubería 1503	-0.2	0.05	0.06	0.04
Tubería 1505	-0.15	0.03	0.03	0.041
Tubería 1508	-0.15	0.03	0.03	0.041
Tubería 1510	4.71	1.07	19.2	0.025
Tubería 1511	3.59	0.81	11.59	0.026

Fuente: Elaboración propia con datos extraídos del modelo de EPANET

Scenario: Base				
Tabla de Red - Líneas				
	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.	Factor de Fricción
ID Línea	LPS	m/s	m/km	
Tubería 1514	3.62	0.82	11.8	0.026
Tubería 1515	0.07	0.02	0.01	0.046
Tubería 1518	2.46	0.56	5.76	0.027
Tubería 1519	1.06	0.24	1.21	0.031
Tubería 1521	-5.29	1.2	23.8	0.024
Tubería 1522	0.94	0.21	0.97	0.032
Tubería 1523	15.55	3.52	175.25	0.021
Tubería 1524	7.22	1.63	42.31	0.023
Tubería 1525	0	0	0	0
Tubería 1526	0	0	0	0
Tubería 1527	0	0	0	0
Tubería 1598	0.07	0.02	0.01	0.035
Tubería 1599	-0.15	0.03	0.03	0.041
Tubería 1601	9.15	1.17	16.16	0.023
Tubería 1604	0.16	0.02	0.01	0.04
Tubería 1605	12.6	1.6	29.23	0.022
Tubería 1606	11.27	1.43	23.78	0.023
Tubería 1608	4.14	0.53	3.72	0.026
Tubería 1610	12.44	1.58	28.55	0.022
Tubería 1612	13.53	1.72	33.36	0.022
Tubería 1614	15.02	1.91	40.48	0.022
Tubería 1615	-4.53	1.03	17.86	0.025
Tubería 1617	-1.63	0.37	2.68	0.029
Tubería 1618	0.26	0.06	0.09	0.038
Tubería 1620	0.01	0	0	0
Tubería 1621	5.73	1.3	27.6	0.024
Tubería 1622	2.47	0.56	5.79	0.027
Tubería 1624	10.7	1.36	21.59	0.023
Tubería 1626	15.1	1.92	40.87	0.022
Tubería 1627	21.67	2.76	79.8	0.021
Tubería 1628	20.86	2.66	74.37	0.021
Tubería 1629	-21.69	1.23	11.09	0.022
Tubería 1630	-23.46	1.33	12.82	0.021
Tubería 1631	1.54	0.35	2.41	0.029
Tubería 1632	0.3	0.07	0.12	0.037
Tubería 1633	4.2	2.14	111.84	0.024
Tubería 1635	3.35	1.71	73.57	0.025

Fuente: Elaboración propia con datos extraídos del modelo de EPANET

Scenario: Base				
Tabla de Red - Líneas				
	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.	Factor de Fricción
ID Línea	LPS	m/s	m/km	
Tubería 1636	0.49	0.25	2.09	0.033
Tubería 1637	2.18	1.11	33.2	0.026
Tubería 1638	0.33	0.17	1.01	0.035
Tubería 1640	-5.66	0.72	6.64	0.025
Tubería 1642	-1.84	0.42	3.37	0.029
Tubería 1643	-0.38	0.09	0.19	0.036
Tubería 1644	-0.88	0.2	0.86	0.032
Tubería 1645	-0.58	0.13	0.39	0.034
Tubería 1646	-0.24	0.05	0.07	0.039
Tubería 1648	-3.59	0.46	2.86	0.027
Tubería 1649	-2.12	0.27	1.08	0.029
Tubería 1650	-3.03	0.39	2.08	0.028
Tubería 1651	-1.28	0.29	1.73	0.03
Tubería 1653	-0.63	0.14	0.47	0.033
Tubería 1654	-0.18	0.04	0.05	0.04
Tubería 1663	103.66	1.47	6.87	0.019
Tubería 1666	0.1	0	0	0
Tubería 1668	103.87	1.47	6.9	0.019
Tubería 1669	57.52	1.83	16.63	0.019
Tubería 1672	-11.03	0.62	3.17	0.024
Tubería 1673	8	1.02	12.61	0.024
Tubería 1674	4.85	0.62	4.99	0.026
Tubería 1677	17.79	2.27	55.38	0.021
Tubería 1678	11.77	1.5	25.75	0.023
Tubería 1679	103.15	1.46	6.81	0.019
Tubería 1680	58.23	0.82	2.36	0.02
Tubería 1681	3.78	0.85	12.74	0.026
Tubería 1683	0.82	0.18	0.74	0.032
Tubería 1684	0.32	0.07	0.13	0.037
Tubería 1686	0.1	0.05	0.11	0.042
Tubería 1687	0.74	0.38	4.54	0.031
Tubería 1688	0.29	0.15	0.81	0.036
Tubería 1691	4.97	0.63	5.23	0.026
Tubería 1693	4.42	0.56	4.2	0.026
Tubería 1694	1.83	0.23	0.82	0.03
Tubería 1696	6.27	0.8	8.02	0.025
Tubería 1697	10.21	1.3	19.82	0.023

Fuente: Elaboración propia con datos extraídos del modelo de EPANET

Scenario: Base				
Tabla de Red - Líneas				
	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.	Factor de Fricción
ID Línea	LPS	m/s	m/km	
Tubería 1698	8.01	1.02	12.63	0.024
Tubería 1699	-0.02	0.01	0.01	0.048
Tubería 1700	-0.42	0.21	1.57	0.034
Tubería 1703	10.54	1.34	21.01	0.023
Tubería 1704	10.27	1.31	20.01	0.023
Tubería 1706	0.23	0.05	0.07	0.039
Tubería 1708	-8.32	1.88	54.99	0.023
Tubería 1709	-1.13	0.25	1.36	0.031
Tubería 1711	-0.03	0.01	0	0.046
Tubería 1713	0.91	0.21	0.92	0.032
Tubería 1715	0.77	0.17	0.66	0.033
Tubería 1717	0.66	0.15	0.5	0.033
Tubería 1719	0.52	0.12	0.33	0.034
Tubería 1720	0.01	0	0	0
Tubería 1721	0.81	0.18	0.74	0.032
Tubería 1722	0.16	0.04	0.04	0.045
Tubería 1725	0.27	0.06	0.1	0.038
Tubería 1727	-7.1	1.61	41.01	0.023
Tubería 1729	-1.7	0.39	2.91	0.029
Tubería 1730	-1.69	0.38	2.86	0.029
Tubería 1731	-2.31	0.52	5.13	0.028
Tubería 1732	-3.96	0.9	13.93	0.025
Tubería 1733	-0.13	0.02	0.01	0.044
Tubería 1734	-3.23	0.41	2.34	0.027
Tubería 1735	164.43	1.31	3.98	0.018
Tubería 1737	163.43	1.3	3.93	0.018
Tubería 1738	139.84	1.11	2.95	0.019
Tubería 1741	170.68	1.36	4.26	0.018
Tubería 1747	183.97	1.46	4.89	0.018
Tubería 1752	1.97	1.01	27.63	0.027
Tubería 1754	253.43	2.02	8.86	0.017
Tubería 1757	3.02	0.68	8.42	0.027
Tubería 1758	2.12	0.48	4.36	0.028
Tubería 1759	0.25	0.06	0.08	0.038
Tubería 1760	201.54	1.6	5.8	0.018
Tubería 1762	45.76	1.46	10.89	0.02
Tubería 1764	184.53	1.47	4.92	0.018

Fuente: Elaboración propia con datos extraídos del modelo de EPANET

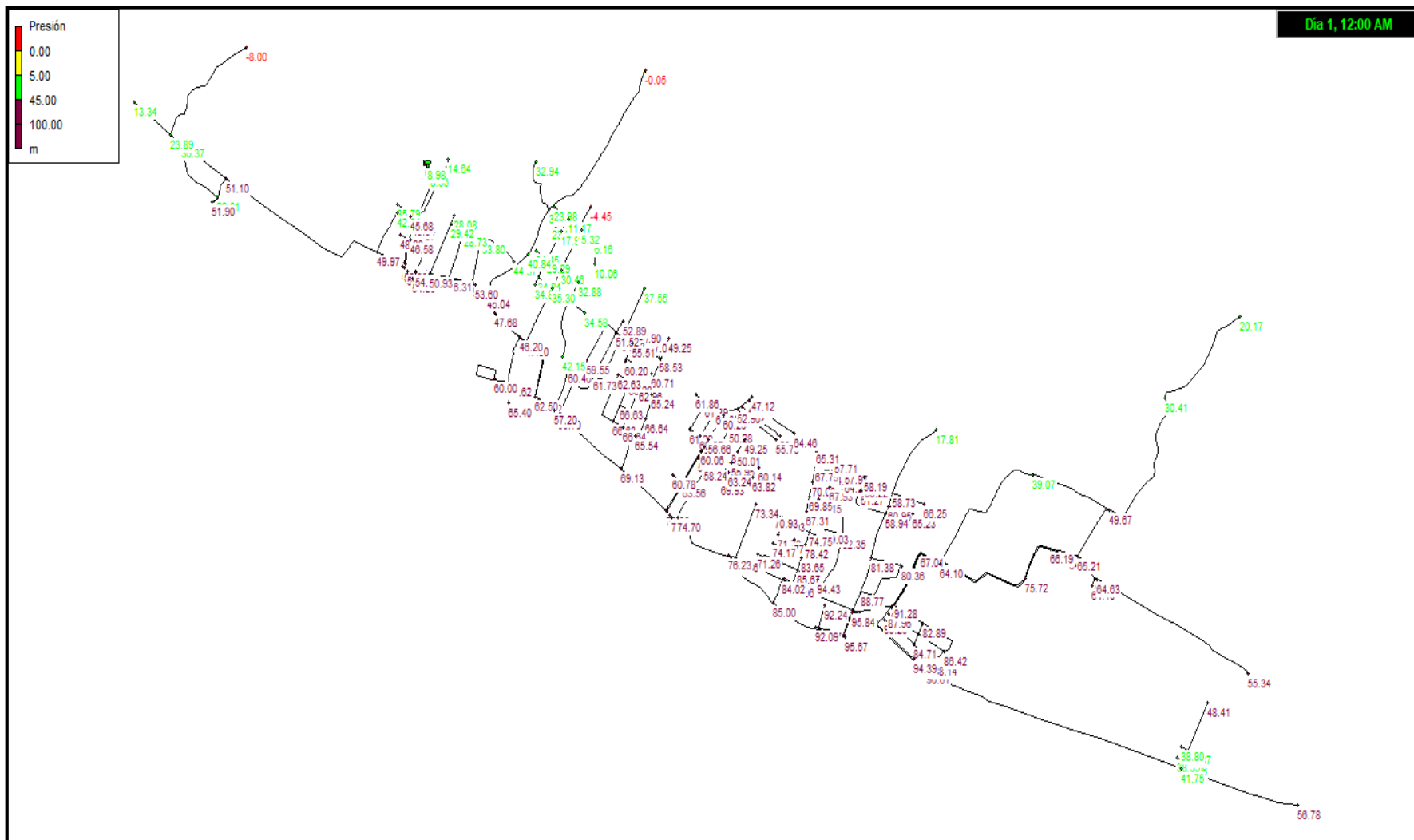
Scenario: Base				
Tabla de Red - Líneas				
	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.	Factor de Fricción
ID Línea	LPS	m/s	m/km	
Tubería 1767	1.01	0.51	7.99	0.03
Tubería 1768	0.97	0.49	7.35	0.03
Tubería 1769	2.89	1.47	55.96	0.025
Tubería 1770	2.9	0.66	7.79	0.027
Tubería 1771	0.62	0.14	0.45	0.034
Tubería 1773	0.19	0.02	0.01	0.042
Tubería 1774	7.66	0.98	11.63	0.024
Tubería 1775	4.24	0.54	3.9	0.026
Tubería 1776	237.95	1.89	7.88	0.017
Tubería 1777	230.28	1.83	7.42	0.017
Tubería 1778	138.76	1.96	11.79	0.018
Tubería 1779	122.12	1.73	9.3	0.018
Tubería 1780	0	0	0	0
Tubería 1781	-6.47	0.37	1.18	0.026
Tubería 1782	-0.25	0.06	0.08	0.038
Tubería 1784	0.19	0.04	0.05	0.04
Tubería 1786	-1.84	0.42	3.38	0.029
Tubería 1787	-5.84	1.32	28.56	0.024
Tubería 1788	37.3	2.11	30.27	0.02
Tubería 1789	13.67	0.77	4.72	0.023
Tubería 1790	2.54	1.29	44.1	0.026
Tubería 1792	2.35	1.2	38.21	0.026
Tubería 1793	1.07	0.55	8.9	0.029
Tubería 1797	18.92	1.07	8.61	0.022
Tubería 1799	40230.68	35.57	499.98	0.009
Tubería 1800	0	0	0	0
Tubería 1801	-1.07	0.24	1.24	0.031
Tubería 1802	-2.54	0.58	6.13	0.027
Tubería 1804	-1.01	0.23	1.11	0.031
Tubería 1805	0.71	0.16	0.58	0.033
Tubería 1806	2.49	0.32	1.45	0.028
Tubería 1807	0.26	0.03	0.02	0.04
Tubería 1808	0.64	0.08	0.12	0.035
Tubería 1809	0.09	0.01	0	0.045
Tubería 1810	37.15	1.18	7.4	0.021
Tubería 1811	29.55	0.94	4.84	0.021
Tubería 1812	184.33	1.47	4.91	0.018

Fuente: Elaboración propia con datos extraídos del modelo de EPANET

Scenario: Base				
Tabla de Red - Líneas				
	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.	Factor de Fricción
ID Línea	LPS	m/s	m/km	
Tubería 1813	184.29	1.47	4.91	0.018
Tubería 1817	27.12	1.53	16.78	0.021
Tubería 1818	27.12	1.53	16.78	0.021

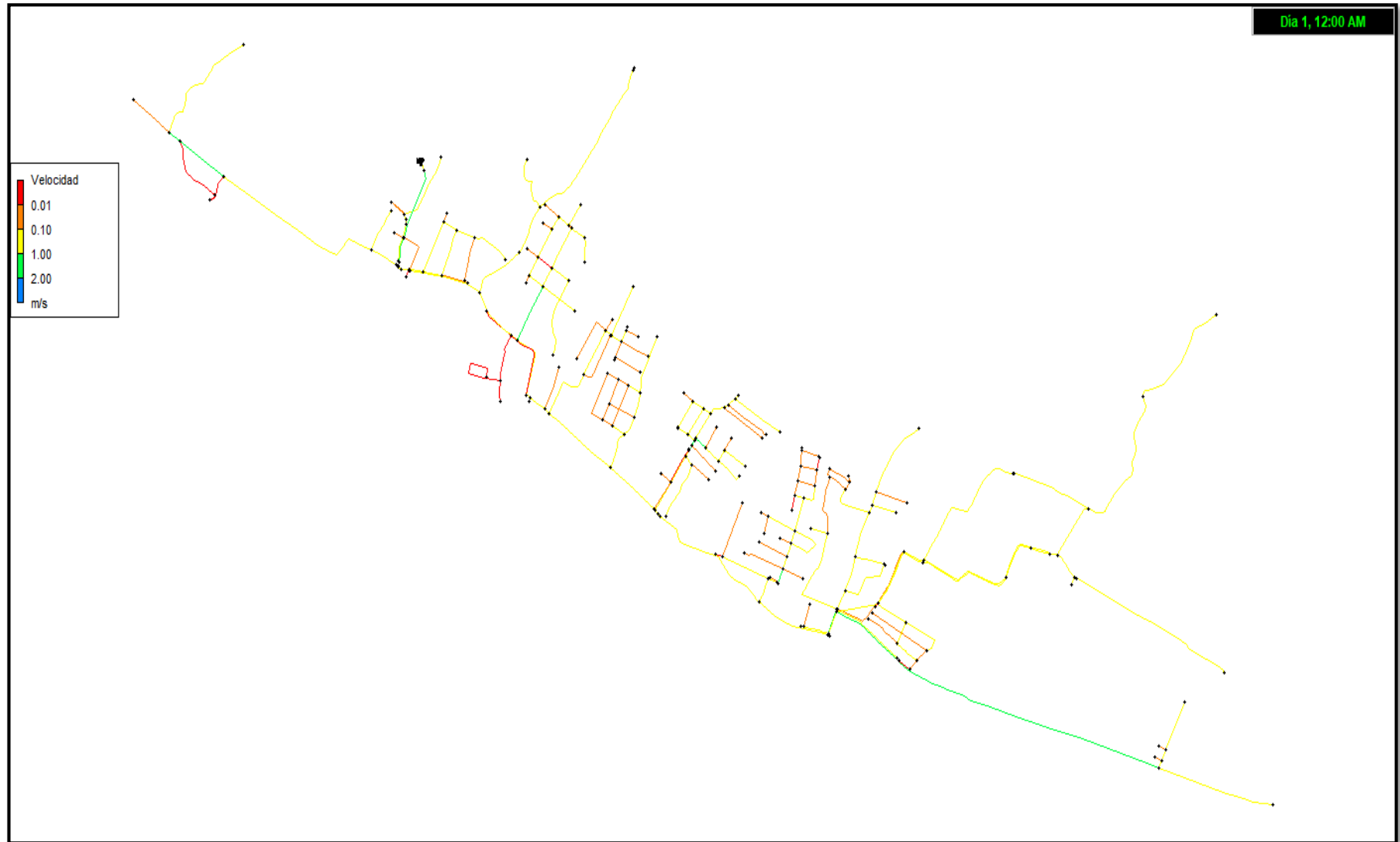
Fuente: Elaboración propia con datos extraídos del modelo de EPANET

2- Modelo de las presiones en la sectorización de la parte alta del municipio de Tamboril



Fuente: Imagen de elaboración propia.

3- Modelo de las velocidades en la sectorización de la parte alta del municipio de Tamboril



Fuente: Imagen de elaboración propia.



Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra
Vicerrectoría Académica
Facultad de Ciencias e Ingeniería
Decanato de Postgrado

Formulario de Cesión Derechos de Autor al Repositorio Institucional Investigare

Este documento establece los derechos que usted otorga relacionados a la publicación de su trabajo académico, mediante su inclusión en el *repositorio del sistema de biblioteca de esta institución (PUCMM)*. No habrá ningún pago para usted por esta publicación y por el otorgamiento de los derechos de esta.

Usted confirma que

Este trabajo académico es original propio que no infringe los derechos de autor de otros; en caso de no ser un trabajo completamente original, declara que tiene los permisos necesarios por escrito de este otorgamiento por parte de demás autores.

El contenido de este trabajo académico no contiene ningún material que sea difamatorio, viole los derechos de privacidad, o revele la información confidencial.

Este trabajo académico no se ha publicado en parte o en su totalidad, y usted no publicara este trabajo académico en ningún otro lugar sin el consentimiento del repositorio institucional.

Este trabajo académico se ha conducido respetando los principios éticos establecidos por la institución.

Usted otorga los derechos de autor de este trabajo académico al repositorio institucional (PUCMM), a nivel mundial, de manera perpetua y sin pagos; y en la medida requerida por los términos de este acuerdo. Conservara en todo momento el derecho a ser reconocido como el autor del trabajo académico. Además, acepta que el repositorio de la PUCMM tiene el derecho de tratar este trabajo académico como se considere oportuno (por ejemplo, derecho a imprimir, publicar, comercializar, comunicar y distribuir en todos los medios, editar la forma del trabajo, registrar los derechos de autor, cumplir con la política editorial establecida por el repositorio, entre otros).

He leído, entiendo y acepto los términos anteriores.

Nombre del Programa: Maestría en Gestión Sostenible del Agua

Título del Trabajo: Sectorización De Redes De Distribución De Agua Potable En El Acueducto De CORAASAN Utilizando La Herramienta Epanet. Caso De Estudio: Municipio Tamboril (Parte Alta).

Nombre (s) y Apellidos: Lis Marie De León Benoit y Soleidy Libertad Santiago Fernández

Matrícula: 1009-2399 y 1014-0678

Cedula de Identidad y Electoral: 402-2027128-8 y 402-2432616-1

Fecha (día, mes, año): 28/01/2022

Firma

Lis Marie De León Benoit y Soleidy Libertad Santiago

[Visualizador de documentos](#)

Índice de similitud

24%

SECTORIZACIÓN DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA ...

Por: Lis De Leon

A partir de: 10 dic 2021 10:27:13

19,664 words - 399 matches - 209 sources

fuentes:

305 words / 1% - Internet

[Hugo José Bartolin Ayala. "Confeción de modelos de redes de distribución de agua desde un Sig y desarrollo de herramientas de apoyo a la toma de decisiones.", 'Universitat Politècnica de Valencia', 2015](#)

250 words / 1% - Internet de 13-jul-2020 12:00a. m.

[repositorio.imta.mx](#)

241 words / 1% - Internet de 19-nov-2020 12:00a. m.

[documentop.com](#)

138 words / 1% - Internet de 15-nov-2021 12:00a. m.

[repositorio.puce.edu.ec](#)

136 words / 1% - Internet de 20-feb-2019 12:00a. m.

[coraasan.gob.do](#)

132 words / 1% - Internet de 03-jun-2020 12:00a. m.

[pt.scribd.com](#)

60 words / < 1% coincidencia - Internet

[Guzmán Báez, Oliver Antonio. "Modelo Matemático, Análisis Y Propuestas De Mejora Para La Red De Distribución De Agua Potable Del Distrito Nacional, Santo Domingo \(República Dominicana\).", 2020](#)

50 words / < 1% coincidencia - Internet

[Carvajal Villareal, Ronald David. "Diseño de redes de acueducto y alcantarillado del barrio los Fundadores de Soledad \(Atlántico\)", 'Corporation Universidad de la Costa, CUC', 2005](#)

38 words / < 1% coincidencia - Internet

[Varela Pineda, Ivan Camilo. "Diagnóstico, evaluación y propuesta de mejora del sistema de acueducto del municipio de Apulo \(Cundinamarca\).", 2018](#)

34 words / < 1% coincidencia - Internet

[Abril-Galindo, Jamer Johan, Beltrán-Niño, Adriana Lorena. "Análisis de la demanda y la red de distribución de agua en el Municipio de Aracataca, Colombia", 'Ingeniería Civil', 2014](#)

18 words / < 1% coincidencia - Internet

[Briceño Vega, Jhorden, Briceño Vega, Jhorden, Infantes Carranza, Daniel Alfredo. "Influencia del coeficiente de rugosidad en la pérdida de presión de la red de distribución de agua potable en el caserío de Sanjapampa-Huamachuco", 'Baishideng Publishing Group Inc.', 2021](#)

17 words / < 1% coincidencia - Internet

[Huancahuari Arimana, Rosaura Diana, Montero Leon, Melisa Mishel. "Análisis de fugas en redes secundarias para mejorar la red de distribución de agua potable, San Martín de Porres, 2018", 'Universidad Cesar Vallejo', 2018](#)

11 words / < 1% coincidencia - Internet

[Fernandez Surichagui, Lucia Milagros, Requiz Condor, Esthefanny Martha. "Relación entre el índice de morosidad y la rentabilidad de las cajas municipales del Perú", 'Baishideng Publishing Group Inc.', 2021](#)

10 words / < 1% coincidencia - Internet

[García Sarabia, José Miguel. "Plan de actuación de análisis y renovación sobre las infraestructuras de redes de abastecimiento y saneamiento en el territorio de Murcia", 2012](#)

8 words / < 1% coincidencia - Internet

[Carbajal Mayta, Kenia Yelly, Raya Muñoz, Leodan. "Inaplicación de la responsabilidad penal restringida y sus implicancias en el principio de igualdad ante la ley, en el Juzgado Penal Colegiado de Huancayo, 2018",](#)



Completion Date 08-Nov-2021
Expiration Date 08-Nov-2023
Record ID 45841896

This is to certify that:

SOLEIDY LIBERTAD SANTIAGO FERNANDEZ

Has completed the following CITI Program course:

Not valid for renewal of certification
through CME.

Human Subject Research Spanish

(Curriculum Group)

Curso de Ética en la Investigación para Estudiantes

(Course Learner Group)

1 - Basic Course

(Stage)

Under requirements set by:

Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra (Santiago- República Dominicana)

CITI

Collaborative Institutional Training Initiative

Verify at www.citiprogram.org/verify/?w519ac3d5-d08a-40ba-b66b-b56e3d644511-45841896



Completion Date 09-Nov-2021
Expiration Date 09-Nov-2023
Record ID 45863205

This is to certify that:

Lis De Leon

Has completed the following CITI Program course:

Not valid for renewal of certification
through CME.

Human Subject Research Spanish

(Curriculum Group)

Curso de Ética en la Investigación para Estudiantes

(Course Learner Group)

1 - Basic Course

(Stage)

Under requirements set by:

Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra (Santiago- República Dominicana)

CITI
Collaborative Institutional Training Initiative

Verify at www.citiprogram.org/verify/?wb16aee36-388f-468f-8372-48ee4b94bf29-45863205