



Universidad
Popular del Cesar

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**EVALUACIÓN DEL CATASTRO DE LA RED DE AGUA POTABLE PARA MEJORAR LA
GESTIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO EN EL MUNICIPIO DE EL MOLINO, LA
GUAJIRA.**

AUTOR:

ANDREA CAROLINA MORENO MACHADO

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE INGENIERA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR – CESAR**

2026



Universidad
Popular del Cesar

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**EVALUACIÓN DEL CATASTRO DE LA RED DE AGUA POTABLE PARA MEJORAR LA
GESTIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO EN EL MUNICIPIO DE EL MOLINO, LA
GUAJIRA.**

AUTOR:

ANDREA CAROLINA MORENO MACHADO

DIRECTOR:

RONNY JAVIER LÓPEZ HERNÁNDEZ

MAGÍSTER EN CIENCIAS AMBIENTALES

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE INGENIERA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR – CESAR**

2026



DEDICATORIA

Dedico este informe, que es producto de la constancia y el esfuerzo a lo largo de mi desarrollo profesional, en memoria de mi padre, quien gracias a su gran ejemplo de perseverancia, disciplina y amor me inspiran día a día a seguir adelante y no desfallecer, aun en su ausencia.

Asimismo, dedico este trabajo a mi familia, que han sido mi motivación en cada logro de mi vida. A ellos que me han ofrecido su apoyo y amor incondicional en cada momento, han sido el pilar fundamental para culminar esta etapa tan importante en mi formación.

Andrea Carolina Moreno Machado.



AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradezco a Dios por darme la sabiduría y fortaleza suficientes para afrontar todos los obstáculos que se me han presentado en el transcurso del desarrollo de estas prácticas académicas. Especialmente le expreso mi gratitud a la Universidad Popular del Cesar, a la Facultad de Ingeniería y Tecnologías, al Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria y a mis docentes que me brindaron su formación y orientación, ofreciéndome los conocimientos necesarios para mi crecimiento profesional.

A la empresa Veolia Aguas de la Guajira S.A.S, por darme la oportunidad de llevar a cabo las prácticas y permitirme aplicar todos mis conocimientos en campo. Agradezco a mi jefe y a todos mis compañeros de trabajo por su apoyo constante y su disposición para compartir sus experiencias que engrandecieron mi aprendizaje. Finalmente, gracias a mi familia, por su motivación y apoyo incondicional que hicieron posible la terminación de esta etapa tan importante en mi vida académica.

Andrea Carolina Moreno Machado.



RESUMEN

La presente practica académica tiene como propósito evaluar el catastro de la red de acueducto del municipio de El Molino, La Guajira, esto con el fin de mejorar la eficiencia de la gestión del recurso hídrico. En el desarrollo de la práctica académica, se tratar diversas actividades que van enfocadas en actualizar, corregir y modelar el sistema de acueducto actual en el municipio de El Molino – La Guajira, dando prioridad a la precisión de los registros y la utilización de herramientas tecnológicas.

Inicialmente, se realiza el levantamiento de la infraestructura en las áreas que presentan inconsistencias con la utilización de una ficha técnica, dando paso a la aplicación de recursos digitales como lo son AutoCAD y ArcGIS donde se realizarán las correcciones correspondientes, lo que permitirá la obtención de planos actualizados del catastro de la Red de agua potable del municipio. Posteriormente, se empleará la utilización del software EPANET con el objetivo de simular el comportamiento hidráulico del sistema y evitar posibles fallas. Finalmente, se propone un plan de mantenimiento preventivo y se propondrán estrategias que permitan la actualización continua del catastro, considerando el ingreso de nuevas infraestructuras en la Red de agua potable del Municipio.

Palabras clave: catastro, red de acueducto, recurso hídrico, herramientas tecnológicas.



ABSTRACT

The purpose of this academic project is to evaluate the cadastral map of the water supply network in the municipality of El Molino, La Guajira, in order to improve the efficiency of water resource management. The project involves various activities focused on updating, correcting, and modeling the current water supply system in El Molino, La Guajira, prioritizing the accuracy of the records and the use of technological tools.

Initially, the infrastructure will be surveyed in areas with inconsistencies using a technical data sheet. This will be followed by the application of digital resources such as AutoCAD and ArcGIS, where the corresponding corrections will be made, allowing for the creation of updated cadastral maps of the municipality's drinking water network. Subsequently, the EPANET software will be used to simulate the hydraulic behavior of the system and prevent potential failures. Finally, a preventive maintenance plan is proposed, along with strategies to ensure the continuous updating of the cadastre, taking into account the addition of new infrastructure to the municipality's drinking water network.

Keywords: cadastre, water supply network, water resources, technological tools.



TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
1 SITUACIÓN PROBLEMA.....	2
2 JUSTIFICACIÓN.....	3
3 OBJETIVOS.....	4
3.1 OBJETIVO GENERAL	4
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
4 MARCO REFERENCIAL	5
4.1 Generalidades De La Entidad, Empresa O Institución.....	5
4.1.1 Información básica	5
4.1.2 Reseña Histórica.....	5
4.1.3 Planeación estratégica	6
4.1.4 Política de la empresa.....	6
4.1.5 Estructura Organizacional	7
4.1.6 Mapa de procesos	7
4.2 MARCO CONTEXTUAL.....	8
4.2.1 Ubicación.....	8
4.3 MARCO CONCEPTUAL	10
4.4 MARCO LEGAL.	11



5	MARCO METODOLÓGICO	12
5.1	CAMPO DE APLICACIÓN	12
5.2	FUNCIONES ESPECÍFICAS A DESARROLLAR.....	12
5.3	PERFIL DEL SUPERVISOR ASIGNADO.....	13
5.4	DESARROLLO METODOLÓGICO	14
6	RESULTADOS Y ANÁLISIS	17
6.1	Fase 1: Diagnóstico sobre el estado actual del catastro de redes de acueducto.....	17
6.1.1	Actividad 1: Recolectar y revisar documentos del catastro de redes actuales	17
6.1.2	Actividad 2: Realizar un diagnóstico de la situación actual.....	18
6.1.3	Actividad 3: Organizar los datos y la información recopilada	19
6.2	Fase 2: Desarrollar las correcciones por medio de procesos técnicos de recolección de datos, digitalización geoespacial y modelación hidráulica.....	20
6.2.1	Actividad 1: Realizar salidas de campo en compañía de un operario para recolectar datos actuales de la infraestructura del sistema.....	20
6.2.2	Actividad 2: Corregir el catastro actual utilizando AutoCAD y ArcGIS	23
6.2.3	Actividad 3: Ejecutar la modelación hidráulica del catastro actualizado a través de la herramienta de EPANET.....	28
6.3	Fase 3: Establecer estrategias de mantenimiento y actualización continuas del sistema ..	48
6.3.1	Actividad 1: Diseñar un plan de mantenimiento preventivo.....	48
6.3.2	Actividad 2: Emplear estrategias enfocadas en la actualización periódica del catastro a medida que se introducen nuevas infraestructuras.....	48



7	CONCLUSIONES.....	51
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
	ANEXO	56

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. INFORMACIÓN BÁSICA	5
TABLA 2. NORMATIVA.....	11
TABLA 3. FUNCIONES ESPECIFICAS	12
TABLA 4. PERFIL DEL SUPERVISOR.....	13
TABLA 5. DESARROLLO METODOLÓGICO.....	14
TABLA 6. EXTENSIÓN DE LA RED DE ACUEDUCTO DEL PLANO DESACTUALIZADO.	19
TABLA 7. CLASIFICACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LOS ELEMENTOS.	23
TABLA 8. COMPARATIVO DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO ENTRE EL PLANO 2023 Y EL PLANO ACTUALIZADO 2025.....	25
TABLA 9. EXTENSIÓN DE LA RED DE ACUEDUCTO DEL PLANO ACTUALIZADO. ..	27
TABLA 10. DATOS DE ENTRADA DEL MODELO DE EPANET.....	42

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. ORGANIGRAMA DE VEOLIA AGUAS DE LA GUAJIRA	7
FIGURA 2. MAPA DE PROCESOS DE VEOLIA AGUAS DE LA GUAJIRA.....	7
FIGURA 3. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA	8
FIGURA 4. PLANO DE AUTOCAD DESACTUALIZADO.	17
FIGURA 5. FRAGMENTO DEL PLANO CON INCONSISTENCIAS.....	18



FIGURA 6. SALIDA DE CAMPO.	21
FIGURA 7. MEDICIÓN DE LA DISTANCIA ENTRE EL PARAMENTO Y EL ACCESORIO.	21
FIGURA 8. FICHA TÉCNICA.	22
FIGURA 9. FICHA TÉCNICA DILIGENCIADA.	22
FIGURA 10. TOTAL DE ERRORES.	25
FIGURA 11. PLANO DE AUTOCAD ACTUALIZADO.....	26
FIGURA 12. TABLA DE CONVENCIONES DE AUTOCAD.....	27
FIGURA 13. MAPA DE ARCGIS DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DE EL MOLINO.	28
FIGURA 14. PLANO DE AUTOCAD CON SOLO LAS CAPAS DE LAS TUBERÍAS.....	29
FIGURA 15. EPACAD.....	29
FIGURA 16. ESQUEMA DE LA RED DE ACUEDUCTO EN EPANET.....	30
FIGURA 17. COEFICIENTE DE HAZEN-WILLIAMS.....	30
FIGURA 18. PLANO EN AUTOCAD CON LAS CAPAS DE TUBERÍAS Y PERÍMETRO..	31
FIGURA 19. POLÍGONO DE THIESSSEN.....	32
FIGURA 20. PERÍMETRO DEL ÁREA DE COBERTURA DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE EL MOLINO.	34
FIGURA 21. CENSO GENERAL 2005 EL MOLINO, LA GUAJIRA.....	34
FIGURA 22. MÉTODOS DE PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN.....	35
FIGURA 23. NIVEL DE COMPLEJIDAD.....	36
FIGURA 24. DOTACIÓN NETA MÁXIMA.....	36
FIGURA 25. DETERMINACIÓN DE CAUDALES.....	37
FIGURA 26. CAUDALES DE DISEÑO.	38
FIGURA 27. CÁLCULO DE LA DEMANDA PARA CADA POLÍGONO.	39
FIGURA 28. PRESIONES Y DIÁMETROS.....	42
FIGURA 29. MAPA DE PRESIONES.	43
FIGURA 30. CAUDALES Y PRESIONES EN LOS NODOS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN.	45
FIGURA 31. CAUDALES Y PRESIONES EN LOS NODOS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN.	46



INTRODUCCIÓN

El presente informe corresponde a las prácticas realizadas en la empresa Veolia Aguas de la Guajira S.A.S, en el municipio de El Molino. Este se enfoca en la evaluación del catastro de la red de acueducto, como herramienta fundamental para el mejoramiento de la gestión del sistema de red municipal. Se basa en la necesidad de disponer de información veraz y actualizada para así poder optimizar todos los procesos que afecten el buen funcionamiento de la infraestructura hidráulica.

Así mismo, la metodología utilizada consistió en el uso de técnicas de búsqueda documental, de campo y procesamiento de la información en oficina. En primer lugar, se realizó la revisión de los planos y registros antiguos del sistema; posteriormente, se efectuó la recolección de los datos, en donde se realizaron recorridos en campo con acompañamiento de un operario, las mediciones y el diligenciamiento de las fichas técnicas. Seguidamente, se desarrolló la digitalización cartográfica en los programas de AutoCAD y ArcGIS, y también la modelación hidráulica utilizando el software EPANET. De igual manera, se plantearon propuestas académicas para un plan de mantenimiento preventivo y estrategias para la actualización constante del catastro, siendo relevantes en los hallazgos establecidos, sin embargo, no son implementadas en la empresa.

Con respecto a las problemáticas abordadas, la práctica permitió conocer las limitaciones como la ineficiencia en el control y planificación de las redes de acueducto, inconsistencias en los registros de infraestructuras desactualizados y la falta de regueros para la actualización y el mantenimiento del sistema. Delante estos inconvenientes, los resultados obtenidos proporcionan soluciones como la corrección y actualización del catastro y la propuesta de técnicas que podrían optimizar la eficiencia del sistema.

Finalmente, este documento se organiza en diversos capítulos. El Capítulo I incluye la Introducción, la Situación Problema, la Justificación y los Objetivos de las Prácticas Académicas. El Capítulo II corresponde al Marco Referencial y al Marco Metodológico. Posteriormente, el Capítulo III desarrolla los Productos y el Análisis de Resultados. Finalmente, el Capítulo IV presenta las Conclusiones, las Referencias Bibliográficas y los Anexos.



1 SITUACIÓN PROBLEMA

El acceso al agua potable es una de las necesidades básicas esenciales para cualquier comunidad, ya que su carencia puede generar graves consecuencias en la salud pública y limitar el desarrollo social y económico. En este contexto, contar con información actualizada y precisa sobre el funcionamiento y la caracterización de los sistemas de distribución es fundamental para garantizar la eficiencia del servicio (**Jaimes, 2019, pag. 1**).

En el municipio de El Molino - La Guajira se enfrenta actualmente a una problemática relacionada con un déficit en la gestión del catastro de la red de agua potable. Esta situación afecta directamente la eficiencia operativa del servicio y la adecuada distribución del recurso hídrico. Uno de los principales factores que agrava esta problemática son las inconsistencias y desactualización de los registros de infraestructura, causada en gran parte por el limitado uso de herramientas tecnológicas para el levantamiento y mantenimiento del catastro de la red de acueducto, así como por la presencia de datos incompletos o inexactos sobre los componentes clave de la red. De igual manera, se presenta una ineficiencia en los procesos de control y planificación de la red de acueducto, lo cual dificulta la detección oportuna de fallas, fugas o pérdidas de agua. Esta deficiencia se ve exacerbada por la falta de personal capacitado y la escasa disponibilidad de recursos técnicos y financieros para llevar a cabo las actualizaciones o mantenimiento preventivos necesarios en el sistema. Esto trae como consecuencia una deficiencia en la distribución del agua que afecta tanto la calidad del servicio de agua potable como también el aumento de los costos operacionales, la pérdida de agua y la imposibilidad de implementar estrategias efectivas de mejora en el sistema son algunas repercusiones que se reflejan en el bienestar de la población ya que compromete directamente el derecho de la comunidad a un servicio básico de calidad.

El agua es un recurso natural vital de uso público, cuya demanda aumenta constantemente debido al incremento poblacional; por tal razón se debe garantizar su disponibilidad y adecuada gestión, como pilar fundamental para el desarrollo de las actividades humana (**Guzmán, 2021, pág. 2**). La falta de un catastro confiable limita la planificación estratégica, la toma de decisiones y el mejoramiento del sistema de agua potable que ayudarían con el desarrollo y la gestión integral del recurso hídrico del municipio.



2 JUSTIFICACIÓN

El municipio de El Molino, ubicado en el departamento de La Guajira, enfrenta un desafío significativo en la gestión eficiente del recurso hídrico debido al déficit en la gestión del catastro de la red de agua potable. Este problema se debe principalmente a errores e inconsistencias en los registros de infraestructura, que incluyen la falta de precisión y la desactualización de datos sobre las tuberías, válvulas, conexiones y puntos de control del sistema de distribución de agua. Estas deficiencias en la información técnica afectan directamente la planificación, operación y mantenimiento del servicio de agua, impidiendo que se tomen decisiones informadas para una gestión eficiente del recurso y dificultando la identificación de áreas problemáticas y la implementación de acciones correctivas oportunas. Este problema no solo afecta a la empresa prestadora del servicio, **Veolia Aguas de La Guajira**, sino también a la población de El Molino, quienes sufren las consecuencias de un servicio de agua deficiente.

Este proyecto responde a la necesidad de alinearse con las normativas nacionales en materia de gestión del recurso hídrico. Según el **Ministerio de Vivienda (2017)**, es imperativo contar con un catastro actualizado que incluya un inventario detallado de las infraestructuras del sistema de acueducto, lo cual es un requisito para asegurar la correcta operación y sostenibilidad del servicio de agua potable. La actualización del catastro permitirá optimizar la gestión del recurso hídrico del municipio de El Molino, con beneficios tangibles tanto para los usuarios como para la empresa prestadora de servicios. Se podrán mejorar los procesos de planificación y operación de la red, reduciendo los costos operacionales y aumentando la eficiencia en la distribución del agua.

Veolia Aguas de La Guajira, como entidad encargada de la gestión del sistema, se beneficiará con una mejor capacidad de control y mantenimiento preventivo, gracias a la disponibilidad de datos confiables sobre la infraestructura. Esto permitirá no solo reducir las pérdidas de agua, sino también optimizar los recursos y mejorar la eficiencia en las operaciones diarias. Además, los habitantes de El Molino verán una mejora directa en su calidad de vida al contar con un servicio de agua más eficiente, con menos interrupciones y menor riesgo de desabastecimiento. Este proyecto, por tanto, no solo responde a una necesidad técnica y operativa, sino que también tiene un impacto directo en la salud pública, la equidad y el bienestar de la comunidad.



3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el Catastro de la Red de Agua Potable para Mejorar la Gestión del sistema de acueducto en el municipio de El Molino, La Guajira.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnóstico sobre el estado actual del catastro de redes de acueducto.
- Desarrollar las correcciones al catastro por medio de procesos técnicos de recolección de datos, digitalización geoespacial y modelación hidráulica.
- Establecer estrategias de mantenimiento y actualización continuas del sistema.



4 MARCO REFERENCIAL

4.1 Generalidades De La Entidad, Empresa O Institución.

4.1.1 Información básica

Tabla 1. Información Básica

Empresa, Entidad o Instituto	Logotipo	
	Razón Social (Nombre)	Veolia Aguas de la Guajira S.A.S. E.S.P.
	NIT	901.434.831-5
	Nombre Representante Legal	Esteban Alberto Rodríguez Larios
	Dirección	Km 3 El cercado, Distracción - La Represa
	Municipio	Fonseca
	Departamento	La Guajira
	ARL	Sura
	Nivel de Riesgo	3

Nota: Tabla con información específica de la empresa.

4.1.2 Reseña Histórica

En (VEOLIA, Nuestra Historia, s.f.) se afirma:

El 23 de marzo de 2021, se suscribió acta de inicio de operación de servicios de acueducto y alcantarillado con ocasión de la cesión del contrato de operación con inversión No. 001 de 2020, celebrado entre Sur Azul S.A. E.S.P. y Aguas Total S.A.S. E.S.P.; por lo que a partir del día 24 de marzo de 2021, la empresa AGUAS TOTAL S.A.S. E.S.P., finalizó la operación del servicio de Acueducto, Alcantarillado en los municipios de Barrancas, Distracción, El Molino, Fonseca, Hatonuevo, San Juan del Cesar y Villanueva en el departamento de La Guajira; con fundamento en la cesión suscrita sobre el CONTRATO DE OPERACIÓN CON INVERSIÓN No. 001 DE



2020, celebrado entre la EMPRESA REGIONAL DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO SUR AZUL S.A. E.S.P., - SUR AZUL y AGUAS TOTAL S.A.S. E.S.P. con la empresa VEOLIA AGUAS DE LA GUAJIRA S.A.S. E.S.P., quien a partir del 24 de marzo de 2021, es la operadora de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado en los municipios antes mencionados.

4.1.3 Planeación estratégica

4.1.3.1 Misión.

Proporcionar recursos al mundo, ayudando a nuestros clientes a abordar sus desafíos ambientales y de sostenibilidad en materia de energía, agua y residuos. Esto significa mejorar la eficiencia energética de nuestros clientes, gestionar mejor su agua y aguas residuales y recuperar recursos de sus desechos. (VEOLIA, Quiénes somos, s.f.)

4.1.3.2 Visión.

Ser aliado estratégico de nuestros clientes; aportando soluciones sostenibles e innovadoras; y contribuyendo al acceso, la preservación y la renovación de los recursos. (VEOLIA, Visión, s.f.)

4.1.3.3 Valores y principios.

Los valores fundamentales de Veolia son la responsabilidad, la solidaridad, el respeto, la innovación y el compromiso con el cliente, los cuales constituyen la base de su beneficio económico, social y medioambiental. (VEOLIA, Nuestros Valores, s.f.)

4.1.4 Política de la empresa

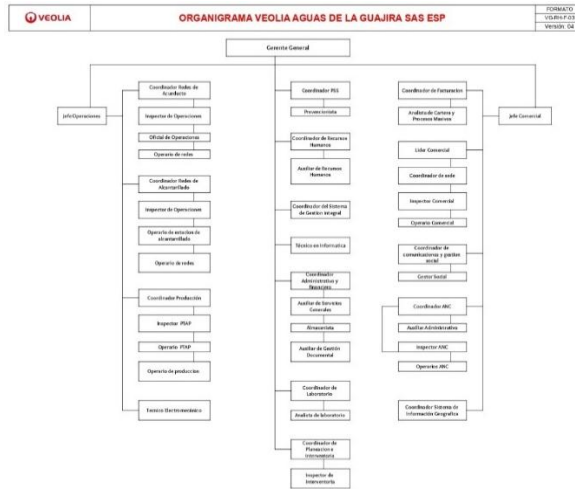
Veolia diseña e implementa soluciones sostenibles para la gestión del agua, los residuos y la energía, contribuyendo al desarrollo y la competitividad de sus clientes. El grupo apoya a los clientes, las ciudades y sus habitantes en el uso optimizado de los recursos, con el fin de aumentar el desempeño ambiental. Todos los colaboradores cumplen con estándares internacionales. Aportan y optimizan los recursos humanos, técnicos, económicos y de infraestructura adecuados para el mantenimiento y mejoramiento del sistema de gestión integral, protegiendo el medio ambiente, asegurando el uso eficiente de la energía, previniendo la contaminación, midiendo y



mejorando la gestión y desempeño en eficiencia energética, en seguridad, en salud y en medio ambiente, cumpliendo los requisitos legales y otros aplicables. (Veolia, 2020)

4.1.5 Estructura Organizacional

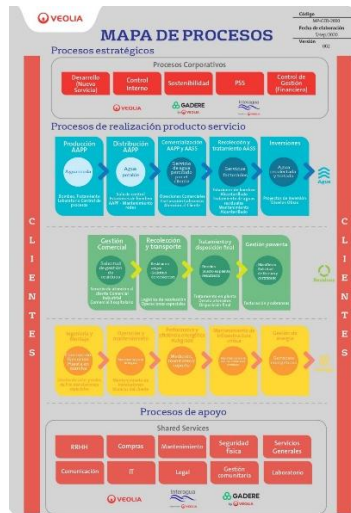
Figura 1. Organigrama de Veolia Aguas de la Guajira



Nota: Organigrama de la empresa. (VEOLIA, Estructura organizacional Guajira , 2023)

4.1.6 Mapa de procesos

Figura 2. Mapa de procesos de Veolia Aguas de la Guajira



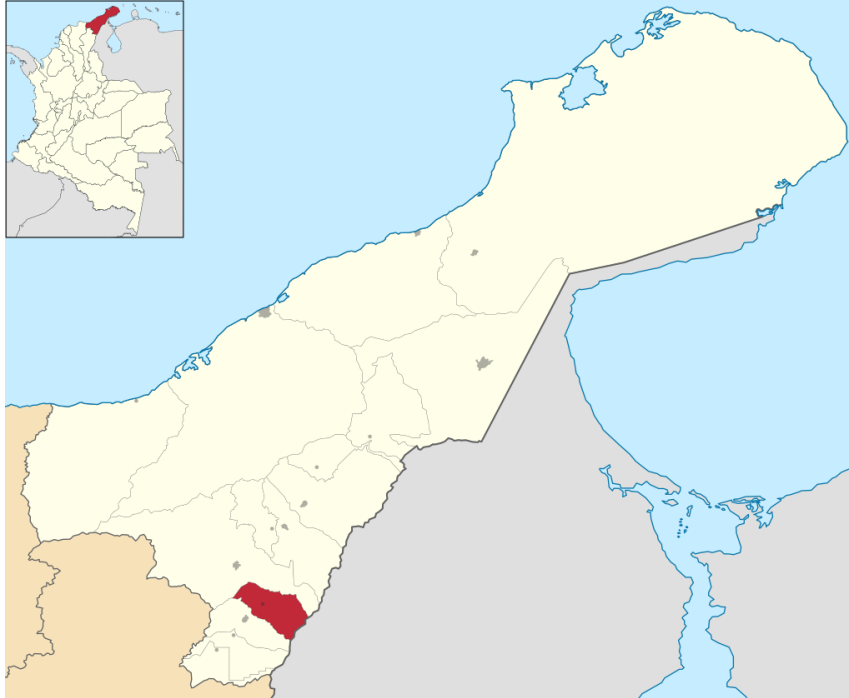
Nota: Permite conocer los diversos procesos que maneja la empresa. (VEOLIA, Mapa procesos veolia, 2020)



4.2 MARCO CONTEXTUAL

4.2.1 Ubicación

Figura 3. Localización geográfica



Nota: Nos muestra la ubicación del departamento de La Guajira y el municipio de El Molino. (Milenioscuro, 2016)

La práctica académica se desarrolló en el municipio de El Molino, ubicado en el sur del departamento de La Guajira, Colombia. Este municipio hace parte de los siete territorios beneficiados por el acueducto regional operado por Veolia Aguas de La Guajira S.A.S., cuya gestión busca garantizar la prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado a las comunidades locales (VEOLIA, Quiénes somos, s.f.).

En el contexto ambiental, El Molino se caracteriza por presentar un clima cálido seco, con períodos prolongados de sequía que afectan la disponibilidad del recurso hídrico. Esta condición climática genera un reto significativo en la operación del sistema de acueducto, ya que el suministro de agua es limitado e intermitente, lo que obliga a realizar maniobras de distribución



mediante rotación de válvulas y horarios de servicio (IDEAM, 2023).

Desde la perspectiva social, el municipio cuenta con una población aproximada de 8,741 habitantes, distribuidos en la cabecera municipal y en veredas rurales (Telencuestas, 2025). La comunidad depende directamente del sistema de acueducto regional para el acceso al agua potable, lo que hace que cualquier falla en el sistema impacte de manera inmediata en la calidad de vida de los habitantes. Además, persisten problemáticas asociadas a conexiones ilegales en zonas rurales y fincas, lo cual disminuye la eficiencia del servicio y limita el acceso equitativo al recurso.

En el ámbito económico, la población de El Molino desarrolla principalmente actividades agropecuarias y comerciales a pequeña escala. Estas actividades dependen en gran medida del acceso al agua, razón por la cual las deficiencias en la red de distribución representan un factor que condiciona el desarrollo productivo del municipio y su sostenibilidad a largo plazo (Alcaldía_de_El_Molino, 2020).



4.3 MARCO CONCEPTUAL

Acueducto: Sistema de captación, conducción, tratamiento y distribución de agua potable que permite abastecer a la población de un municipio o ciudad. Su función es garantizar el suministro continuo y seguro de agua para el consumo humano (González, 2020)

ArcGIS: Software de Sistemas de Información Geográfica (SIG) desarrollado por la empresa ESRI, que permite capturar, analizar, gestionar y visualizar datos georreferenciados. En el contexto de este informe, ArcGIS se utilizó para actualizar la base de datos espacial del catastro del municipio de El Molino, corrigiendo atributos y agregando infraestructura identificada en campo (esri, s.f.)

AutoCAD: Programa de diseño asistido por computadora (CAD) utilizado para crear planos técnicos en dos y tres dimensiones. Durante la práctica, AutoCAD se empleó en la digitalización y corrección de la red de acueducto, incorporando tuberías, válvulas, hidrantes y tanques que no estaban registrados en versiones anteriores (Grupo_Trato, 2024)

Catastro de redes: Es el inventario técnico de los elementos que conforman una red de acueducto y alcantarillado. Incluye la localización, características y estado de tuberías, válvulas, accesorios y demás componentes, siendo una herramienta indispensable para la planificación y gestión del sistema (Guzmán, 2021)

EPANET es un programa de ordenador para Windows 95/98/NT/2000 que permite realizar simulaciones en periodos prolongados (uno o varios días) del comportamiento hidráulico y de la evolución de la calidad del agua en redes de suministro a presión. (Valencia, s.f.)

Digitalización cartográfica: Proceso mediante el cual la información de campo (levantamientos, planos y registros) es transformada en datos digitales que permiten la representación precisa de las redes de acueducto en software especializados como AutoCAD o ArcGIS (Geograma, s.f.)

Fugas: Pérdida de agua en un sistema de conducción y distribución debido a rupturas, deterioro de tuberías, conexiones defectuosas o fallas en accesorios. Las fugas afectan la eficiencia del sistema y elevan los costos de operación (Grupo_hidraulica, 2022)



4.4 MARCO LEGAL.

Tabla 2. Normativa

Normativa	Descripción	Aplicación al Informe
Constitución Política de Colombia (1991)	Art. 79: Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. Art. 80: El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible, conservación, restauración o sustitución. (Constituyente, 1991)	Fundamenta la importancia de garantizar el acceso al agua potable como derecho colectivo y la obligación del Estado y operadores de servicios públicos de asegurar su sostenibilidad.
Ley 99 de 1993	Art. 1 y 2: Crea el Ministerio de Ambiente y organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA), estableciendo principios de desarrollo sostenible aplicables a la gestión del recurso hídrico. (MinAmbiente, 1993)	Soporta el marco institucional y ambiental bajo el cual se regula la gestión del agua y los sistemas de acueducto.
Decreto 951 de 1989	Art. 18: Establece la obligación de las entidades de mantener y reparar las redes públicas de acueducto y alcantarillado, así como contar con archivos técnicos de construcción y especificaciones. (Suinjuriscol, 1989)	Refuerza la necesidad del catastro actualizado y de los archivos técnicos del sistema de acueducto de El Molino para facilitar su mantenimiento.
Resolución 0330 de 2017 (RAS 2017)	Art. 42: Establece que el catastro debe incluir un inventario de tuberías, su ubicación y anotaciones sobre los accesorios estratégicos. (Ministerios de vivienda, 2017)	Justifica la práctica académica, ya que la actualización del catastro contribuye al cumplimiento de los requerimientos técnicos establecidos en el RAS 2017.

Nota: Se muestra la normativa relacionada con las practicas académicas.



5 MARCO METODOLÓGICO

5.1 CAMPO DE APLICACIÓN

La práctica académica se enfoca en la línea de investigación de Sostenibilidad y Gestión Ambiental, conforme al Acuerdo N°003 del 08 de julio de 2021 expedido por el Consejo de Facultad de Ingeniería y Tecnológicas de la Universidad Popular del Cesar. Dentro de esta línea, el trabajo se centró en la sublínea de Gestión integral del recurso hídrico.

El área temática de aplicación corresponde a diseños de acueducto y diseños de alcantarillados, aplicando herramientas de levantamiento, corrección y actualización catastral en la red de agua potable del municipio de El Molino, La Guajira.

5.2 FUNCIONES ESPECÍFICAS A DESARROLLAR

Tabla 3. Funciones específicas

N°	Función	Producto
1	Levantamiento de la infraestructura del sistema de redes de acueducto de las esquinas que tienen inconsistencias.	Diligenciamiento de la ficha técnica donde se especifican las características de cada accesorio facilitando la digitalización.
2	Corrección a la actualización del catastro de redes de acueducto de El Molino – La Guajira y otros municipios.	Planos digitales actualizados utilizando herramientas tecnológicas como lo son AutoCAD y ArcGIS.
3	Modelación hidráulica de las redes de acueducto de El Molino – La Guajira y otros municipios.	Modelo hidráulico eficaz del sistema.
4	Verificación y determinación de actividades necesarias para cierre de sectores hidráulicos.	Listado de actividades y sus respectivos procedimientos para el cierre de sectores hidráulicos.
5	Formulación del plan de mantenimiento preventivo.	Plan de mantenimiento preventivo.
6	Elaboración de estrategias enfocadas en la actualización periódica del catastro a medida que se introducen nuevas infraestructuras.	Estrategia de actualización periódica de catastro.

Nota: Funciones asignadas por la empresa para el practicante universitario.



5.3 PERFIL DEL SUPERVISOR ASIGNADO

Tabla 4. Perfil del supervisor

Nombre del supervisor asignado	LUIS CARLOS BALOCO VELEZ
Perfil Profesional	Como ingeniero civil seré un profesional con la capacidad de: Planificar, construir y operar sistemas de saneamiento básico (Acueductos y alcantarillado). Diseñar, planificar, ejecutar, gerenciar y vigilar Obras Civiles. Adoptar y adaptar los desarrollos tecnológicos a las necesidades de la región y el país. Trabajar interdisciplinariamente en la solución de problemas concernientes al desarrollo de las obras civiles y asumir una actitud para el diseño estructural de edificaciones y Obras de Contención; así como el diseño de Pavimentos Rígidos y Flexibles.
Estudios Realizados	Especialización en ingeniería de saneamiento ambiental. universidad del norte. barranquilla. (2013) Formación empresarial de auditores internos en sistemas de gestión integrado hseq (40 horas) Icontec. Sincelejo. (2014) Ingeniería civil. universidad de sucre Sincelejo. (2010) Bachiller. institución educativa liceo san Luis Beltrán. Sampedo. (finalizado en 2005)
Experiencia Profesional	Jefe de operaciones, veolia aguas de la guajira sas esp. 12 de enero de 2022 – actual Coordinador de redes de acueducto, veolia aguas de la guajira sas esp. 12 de julio de 2021 – 11 de enero de 2022 Coordinador operativo zonal, en serficabana (en misión para licuas s.a.s.c.). 17 de julio de 2017 – 22 de junio de 2020 Jefe de operación y mantenimiento de acueducto y alcantarillado, en aguas de la sabana sa esp. 04 de junio de 2013 – 31 de mayo de 2016 (36 meses).
Tipo de contratación	Contrato indefinido.
N° de matrícula profesional	22202200032

Nota: Información relevante sobre el perfil del supervisor asignado.



5.4 DESARROLLO METODOLÓGICO

Tabla 5. Desarrollo metodológico

Fase	Actividad	Métodos / Instrumentos / Técnicas
Diagnóstico sobre el estado actual del catastro de redes de acueducto.	Recolectar y revisar documentos del catastro de redes actuales.	Revisión documental de todos los planos, informes u documentos existentes del catastro del municipio de El Molino, La Guajira para obtener la información inicial del catastro.
	Realizar un diagnóstico de la situación actual.	Evaluar la información recolectada con el fin de identificar los errores e inconsistencias.
	Organizar los datos y la información recopilada.	Organización de los datos para facilitar el análisis de estos.
Desarrollar las correcciones por medio de procesos técnicos de recolección de datos, digitalización geoespacial y modelación hidráulica.	Realizar salidas de campo en compañía de un operario para recolectar datos actuales de la infraestructura del sistema.	Trabajo de campo con operario, uso de herramientas de medición (flexómetro) y una ficha técnica para recolectar con más precisión los datos actuales de la infraestructura.
	Corregir el catastro actual utilizando AutoCAD y ArcGIS.	En AutoCAD se procedió a la digitalización de la infraestructura existente del sistema de acueducto en El Molino, garantizando la representación gráfica de las tuberías y accesorios previamente identificados en campo. Esta digitalización permitió crear planos técnicos precisos y actualizados para



		<p>la empresa. (Esri, s.f.)</p> <p>En ArcGIS se incorporaron tuberías, accesorios, hidrantes, válvulas y tanques que no se encontraban en el catastro original. Asimismo, se realizó la corrección de información de los elementos ya existentes mediante la actualización de la tabla de atributos, asegurando que los registros digitales reflejaran la realidad en campo.</p>
	<p>Ejecutar la modelación hidráulica del catastro actualizado a través de la herramienta de EPANET.</p>	<p>Para la modelación hidráulica se empleó el software EPANET, este permite simular el comportamiento hidráulico de redes de distribución de agua. Para complementar este proceso, se utilizó la herramienta EpaCAD, la cual facilita la conversión de archivos procedentes de AutoCAD a un formato compatible con EPANET (.INP). Este procedimiento permite transferir el trazado general de la red, por lo que, los datos específicos de cada elemento en EPANET (Nodos, tuberías y tanques) deben ser ingresados de manera manual.</p>
<p>Establecer estrategias de mantenimiento y actualización continuas del sistema.</p>	<p>Implementar un plan de mantenimiento preventivo.</p>	<p>Creación e implementación de un plan de mantenimiento preventivo para asegurar el buen funcionamiento del sistema.</p>
	<p>Emplear estrategias enfocadas en la actualización</p>	<p>Realizar un procedimiento de actualización continua del catastro para mantener la</p>



	periódica del catastro a medida que se introducen nuevas infraestructuras.	información al día.
--	--	---------------------

Nota: Las fases con sus respectivas actividades y métodos.



6 RESULTADOS Y ANÁLISIS

6.1 Fase 1: Diagnóstico sobre el estado actual del catastro de redes de acueducto

Esta fase estuvo centrada en realizar un diagnóstico del estado actual del catastro de redes del municipio de El Molino, La Guajira. Esta etapa fue clave, ya que permitió identificar las inconsistencias y vacíos de información presentes en los insumos entregados por la empresa Veolia Aguas de La Guajira S.A.S., y sirvió como base para las actividades posteriores de actualización y corrección. La labor se desarrolló en tres fases principales: revisión documental, diagnóstico técnico y organización de la información.

6.1.1 Actividad 1: Recolectar y revisar documentos del catastro de redes actuales

La empresa proporcionó inicialmente planos en formato AutoCAD y bases de datos en ArcGIS que representaban el catastro existente. Estos documentos se revisaron minuciosamente con el fin de evaluar su nivel de actualización y confiabilidad. Durante el análisis se encontró que muchos de los planos no reflejaban la realidad actual de la red, ya que no incluían tuberías instaladas recientemente ni registraban ciertos accesorios como válvulas o hidrantes. También se evidenció que en algunos casos los planos presentaban datos inconsistentes, por ejemplo, materiales de tubería que no coincidían con lo observado en campo o longitudes incompletas. Esta actividad permitió establecer una línea base de los problemas principales en la documentación oficial.

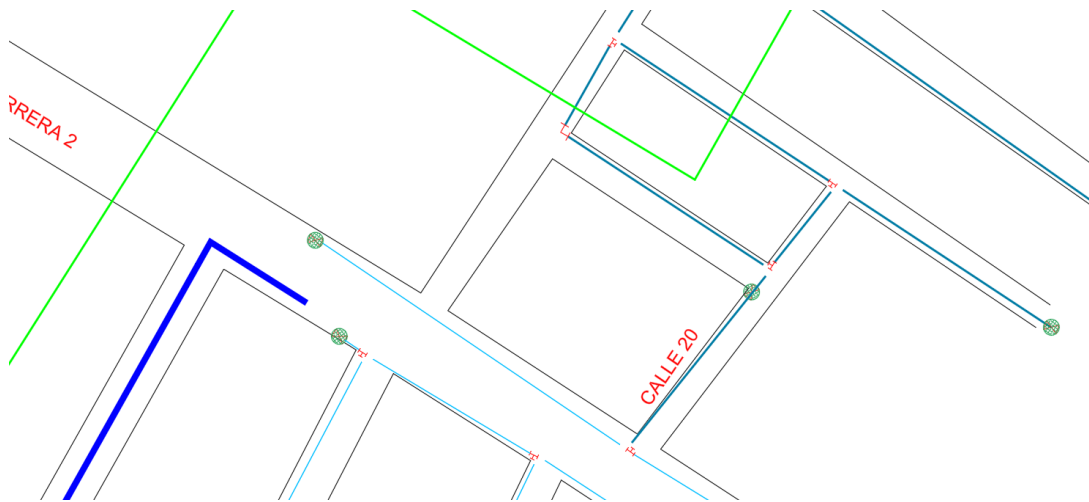
Figura 4. Plano de AutoCAD desactualizado.



Nota: Plano de AutoCAD proporcionado por la empresa.



Figura 5. Fragmento del plano con inconsistencias.



Nota: Fragmento del plano donde se evidencia la inconsistencia en la disposición de los elementos del plano, donde se observa la falta de unión entre tuberías, accesorios y válvulas, así como inconsistencias en colores y dimensiones. Todo el plano presentaba esta misma condición.

6.1.2 Actividad 2: Realizar un diagnóstico de la situación actual

Con los documentos revisados, se procedió a comparar la información disponible con los reportes de la empresa y la experiencia de los operarios del sistema. El diagnóstico arrojó que existían sectores donde el catastro estaba incompleto, lo que dificultaba la identificación de puntos críticos cuando se presentaban fugas o daños. Además, se encontró que en varios tramos no se registraban los diámetros correctos de las tuberías (**Ver Figura 10. Total de errores**), lo cual generaba errores en la gestión operativa, tales como la ubicación incorrecta de los elementos (Tuberías, accesorios, válvulas, hidrantes, instrumentos de medición y puntos de muestreo), la pérdida de tiempo en la búsqueda de elementos que no existen o están mal registrados (diámetro o material incorrecto) inexistentes o mal registrados, y la confusión en la programación de mantenimientos debido a la información inconsistente del catastro. Este análisis permitió concluir que la información no era suficiente ni confiable para la gestión de mantenimiento, lo cual justificó la necesidad de un levantamiento actualizado.



6.1.3 Actividad 3: Organizar los datos y la información recopilada

Toda la información revisada permitió enumerar las esquinas del municipio; en total se identificaron 200 puntos que conforman la red de distribución (**Ver Anexo 1**). Durante el levantamiento se verificó y actualizó la totalidad de las esquinas, dado que todas presentaban falencias en el catastro existente. El sistema de acueducto cuenta con una extensión total de 2 984,37 m de tubería, distribuidos entre las redes matriz, de conducción y de distribución, además de los diferentes elementos hidráulicos que la componen: 280 accesorios, 51 válvulas, 1 instrumento de medición, 1 tanque de almacenamiento y 1 planta de tratamiento. (**Ver Tabla 8. Comparativo de los elementos del sistema de acueducto entre el plano 2023 y el plano actualizado 2025**).

Tabla 6. Extensión de la Red de acueducto del Plano Desactualizado.

REDES	LONGITUD (Km)
Línea de 6 pulg	1.73
Línea de 8 pulg	1.21
Línea de 10 pulg	0.078
Tubería AC 3 pulg	1.84
Tubería AC 4 pulg	2.12
Tubería PEAD 3 pulg	1.20
Tubería PVC 2 pulg	0.059
Tubería PVC 3 pulg	25.34
Tubería PVC 4 pulg	3.78
Tubería PVC 6 pulg	2.69
Tubería PVC 8 pulg	1.76
Tubería instalada	3.96
TOTAL	45.77

Nota: La longitud total de la red se obtuvo en AutoCAD utilizando la herramienta QSELECT para seleccionar las tuberías por capa, seguida del comando LIST para obtener sus longitudes individuales, las cuales se sumaron para determinar el total general.



6.2 Fase 2: Desarrollar las correcciones por medio de procesos técnicos de recolección de datos, digitalización geoespacial y modelación hidráulica.

La segunda fase se enfocó en aplicar métodos técnicos y herramientas digitales para la corrección y actualización del catastro. Este proceso se desarrolló en tres momentos: levantamiento en campo, digitalización en AutoCAD y actualización en ArcGIS.

6.2.1 Actividad 1: Realizar salidas de campo en compañía de un operario para recolectar datos actuales de la infraestructura del sistema

Las salidas de campo fueron realizadas con el acompañamiento de los operarios del sistema de acueducto, quienes guiaron los recorridos por diferentes sectores del municipio. Se utilizaron herramientas básicas como flexómetros y formatos de fichas técnicas (**Ver Anexo 2**), donde se consignaron las mediciones de distancias desde los paramentos hasta los elementos (tubería, hidrante, válvula, tanque, accesorio); según la indicación del jefe inmediato, el paramento corresponde a la terraza que sobresale más en la fachada. A partir de dicha terraza se traza una línea imaginaria que sirve como punto de referencia inicial, desde esta línea imaginaria se realiza la medición perpendicular hasta el punto donde debe ubicarse el elemento. En cada punto se registró el tipo de accesorios (tubería, hidrante, válvula, tanque, accesorio), su diámetro en pulgadas (2", 3", 4", 6", 8" y 10"), material (Asbesto cemento, PVC, PE (polietileno), Tipo de rasante (Tierra natural, andén, pavimento), operación, profundidad en metros, año de instalación y estado de conservación (Bueno, regular, malo). También se hicieron anotaciones en el apartado de observaciones sobre fugas, anomalías en la red, incógnitas sobre el sistema y características específicas de las válvulas (función, estado de operación, etc.). Adicionalmente, se realizaron dibujos a mano alzada de cada esquina, donde se identificaron visualmente las conexiones y accesorios existentes. Esta actividad permitió contar con un levantamiento más cercano a la realidad física de la red.



Figura 6. Salida de campo.



Nota: Salida de campo con acompañamiento de un operario.

Figura 7. Medición de la distancia entre el paramento y el accesorio.



Nota: Uso del flexómetro para determinar la distancia entre el paramento y el accesorio.



Figura 8. Ficha técnica.

VEOLIA		FICHA TECNICA DE ACTUALIZACIÓN REDES EN EL SISTEMA DE ACUEDUCTO		FORMATO					
MUNICIPIO		ESQUINA N°		VERSIÓN					
FECHA		DIRECCIÓN		VERSIÓN					
N°	ACCESORIO	Ø	MATERIAL	LOCALIZACIÓN	TIPO DE RAZANTE	OPERACIÓN	PROFUNDIDAD (m)	ABO DE	ESTADO
OBSERVACIONES:									
TECNICO:					FIRMA:				

Nota: Formato de la ficha técnica (Elaboración propia; 2025)

Figura 9. Ficha técnica diligenciada.

VEOLIA		FICHA TECNICA DE ACTUALIZACIÓN REDES EN EL SISTEMA DE ACUEDUCTO		FORMATO					
MUNICIPIO: El Molino		ESQUINA N° 12		VERSIÓN					
FECHA: 18/03/2025		DIRECCIÓN: Cra 14 - Calle 2		VERSIÓN					
N°	ACCESORIO	Ø	MATERIAL	LOCALIZACIÓN	TIPO DE RAZANTE	OPERACIÓN	PROFUNDIDAD (m)	ABO DE	ESTADO
1	Valvula	2"	PPR				0,70		
2	Valvula	2"	PPR				0,70		
3	Tee	2"	PPR				0,70		
4	Valvula	2"	PPR				0,70		
5	Lodo	2"	PPR				0,70		
6	Lodo	2"	PPR				0,70		
7	Tee	2"	PPR				0,70		
8	Valvula	2"	PPR				0,70		
9	Indicador	2"	PPR				0,70		
10	Valvula	2"	PPR				0,70		
11	Tubo	2"	PPR				0,70		
12	Tubo	2"	PPR				0,70		
13	Tubo	2"	PPR				0,70		
14	Valvula	2"	PPR				0,70		
15	Valvula	2"	PPR				0,70		
OBSERVACIONES:									
② y ③ Se secciona									
TECNICO: Andrea Moreno					FIRMA:				

Nota: Ficha técnica diligenciada y con el trazado a mano alzada del sistema en la esquina correspondiente (Elaboración propia; 2025).



Tabla 7. Clasificación del estado de conservación de los elementos.

CLASIFICACIÓN DEL ESTADO DE LOS ELEMENTOS	
Característica	Estado
Material de la tubería de Asbesto Cemento	Malo
Año de instalación antes del 2000	Malo
Año de instalación del 2000 al 2010	Regular
Año de instalación del 2010 en adelante	Bueno

Nota: Clasificación del estado de conservación de los elementos suministrado por el jefe inmediato (Elaboración propia; 2025).

6.2.2 Actividad 2: Corregir el catastro actual utilizando AutoCAD y ArcGIS

Una vez recopilada la información en campo, se procedió a la digitalización de la infraestructura en AutoCAD. Este proceso incluyó la incorporación de nuevas tuberías no registradas previamente, la corrección de aquellas que aparecían con materiales incorrectos y la actualización de diámetros y longitudes. Asimismo, se crearon nuevos elementos como válvulas, hidrantes, tanques y accesorios detectados en campo. En AutoCAD, cada tubería se complementó con especificaciones técnicas como longitud, material y diámetro, lo que permitió generar planos técnicos mucho más detallados y representativos de la red real. Este trabajo garantizó que la empresa contara con un plano base actualizado, útil para labores de planeación y mantenimiento **(Ver Anexo 3)**.

Posteriormente, se incorporaron en ArcGIS las tuberías, válvulas, hidrantes y tanques identificados durante los levantamientos de campo, los cuales no estaban incluidos en la base original. Asimismo, se corrigieron inconsistencias detectadas en los elementos ya existentes, mediante la modificación de la tabla de atributos: se ajustaron campos como subtipo, diámetro, material, profundidad, fecha de instalación, contratista, fecha de instalación y observaciones. Gracias a esta actualización, la información del catastro se ajustó con mayor fidelidad a la realidad



de la red, permitiendo que la base de datos geoespacial quede como herramienta confiable para la gestión del acueducto en El Molino (**Ver Anexo 4**).

Durante el proceso de actualización del catastro del sistema de acueducto, se llevó a cabo una verificación detallada de cada una de las 200 esquinas que conforman la red. Esto con la finalidad de identificar, registrar y corregir los errores técnicos presentes en el plano desactualizado, los cuales afectaban la precisión de la información. Para esto, se realizó una plantilla en Microsoft Excel, en esta se iba registrando la los errores que fueron encontrados en cada esquina; estos fueron detectados al comparar la información que se recolectaba en los levantamientos con las fichas técnicas con lo que estaba plasmado en el plano que fue suministrado por la empresa. En esta plantilla se registraron los distintos tipos de errores encontrados, asignando el valor “1” a cada tipo de error identificado en una esquina específica. De esta manera, el registro permitió llevar un conteo automático del total de incidencias por categoría. (**Ver Anexo 5**).

Los tipos de errores evaluados fueron los siguientes:

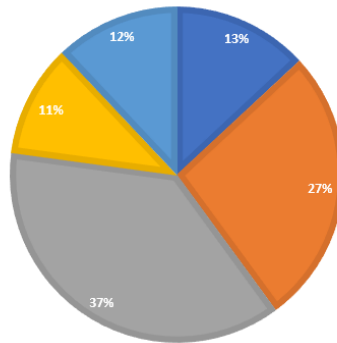
- **Diámetro incorrecto:** Se presenta cuando uno o varios elementos ubicados en una esquina poseían un diámetro distinto al realmente instalado en campo.
- **Accesorios faltantes:** Corresponde a la ausencia de uno o varios accesorios hidráulicos como codos, tees, yees, cruces, uniones, reducciones, válvulas, ventosas, hidrantes, puntos de muestreo o instrumentos de medición.
- **Paramento incorrecto:** Se refiere a la ubicación errónea de un elemento en relación al paramento, es decir, cuando la distancia entre la línea de imaginaria dada por el paramento y el elemento de red no coincide con la realidad.
- **Material incorrecto:** Identifica donde el material de una o varias tuberías que estaban en el plano no correspondía al material instalado en la red (por ejemplo, tuberías representadas como PVC cuando realmente eran de asbesto cemento o PEAD).
- **Tubería faltante:** Indica la inexistencia de uno o más tramos de tubería en sectores donde se comprobó su existencia durante los levantamientos de campo.



Figura 10. Total de errores.

TOTAL DE ERRORES				
Diametro Incorrecto	Accesorios Faltantes	Paramento Incorrecto	Material Incorrecto	Tuberia Faltante
63	129	179	52	58

■ Diametro Incorrecto ■ Accesorios Faltantes ■ Paramento Incorrecto ■ Material Incorrecto ■ Tuberia Faltante



Nota: El gráfico representa el porcentaje y la distribución de los errores identificados durante la actualización del catastro del sistema de acueducto del municipio de El Molino, donde el error con más incidencia fue el de paramentos incorrectos (Elaboración propia; 2025).

Tabla 8. Comparativo de los elementos del sistema de acueducto entre el plano 2023 y el plano actualizado 2025.

TIPO DE ELEMENTO	SUBTIPO	CANTIDAD (Unidad)	
		Plano 2023	Plano 2025
Tubería	Red Matriz	25	98
	Red de Conducción	31	43
	Red Menor	266	542
	Línea lateral	17	9
	Tubería Instalada	6	-
TOTAL		345	692
Accesorios	Yee	-	1
	Codo	-	51
	Tapón	-	38
	Cruz	-	42
	Unión	-	1
	Tee	-	202
	Reducción	-	66
TOTAL		280	401



TIPO DE ELEMENTO	SUBTIPO	CANTIDAD (Unidad)	
		Plano 2023	Plano 2025
Válvulas	Compuerta descendente	51	141
	Ventosa	0	19
TOTAL		51	160
Instrumento de medición	Electromagnético	1	2
	Punto de presión	0	2
	Logger meteorológico	0	1
TOTAL		1	5
Hidrantes	Tipo Milán	0	9
TOTAL		0	9
Estructuras de Red	Tanques de almacenamiento	1	2
	Plantas de tratamiento	1	1
TOTAL		2	3
Puntos de muestreo		0	5
TOTAL		0	5

Nota: La tabla presenta la variación en el número de elementos registrados antes y después de la actualización del catastro del sistema de acueducto del municipio de El Molino (Elaboración propia, 2025).

Figura 11. Plano de AutoCAD actualizado.



Nota: Plano de AutoCAD del sistema de acueducto actualizado del municipio de El Molino – La Guajira (Elaboración propia; 2025).



Figura 12. Tabla de convenciones de AutoCAD.

CONVENCIONES:					
TUB_PVC_1/5"		VALVULA 8"		REDUCCIÓN 6" x 3"	
TUB_PVC_2"		VALVULA 10"		REDUCCIÓN 8" x 3"	
TUB_PVC_3"		CODO DE 2"		REDUCCIÓN 8" x 6"	
TUB_PVC_4"		CODO DE 3"		REDUCCIÓN 6" x 4"	
TUB_PVC_6"		CODO DE 6"		REDUCCIÓN 4" x 3"	
TUB_PVC_8"		CODO DE 8"		REDUCCIÓN 10" x 8"	
TUB_PVC_10"		CODO DE 10"		REDUCCIÓN 2" x 3"	
TUB_PE_3"		TEE 3"		CRUCETA 3"	
TUB_AC_3"		TEE 4"		CRUCETA 4"	
UNIÓN 3"		TEE 6"		CRUCETA 6"	
MACRO MEDIDOR		TEE 8"		CRUCETA 8"	
COLLAR 12" x 4"		TEE 10"		TAPÓN 3"	
COLLAR 3" x 1/2"		HIDRANTE 3"		TAPÓN 6"	
VALVULA 3"		VENTOSA 1"		TAPÓN 8"	
VALVULA 4"		VENTOSA 2"		PUNTO DE MUESTREO	
VALVULA 6"		VENTOSA 3"		HIDRANTE 4"	

Nota: Tabla de convenciones del plano de AutoCAD (Elaboración propia; 2025).

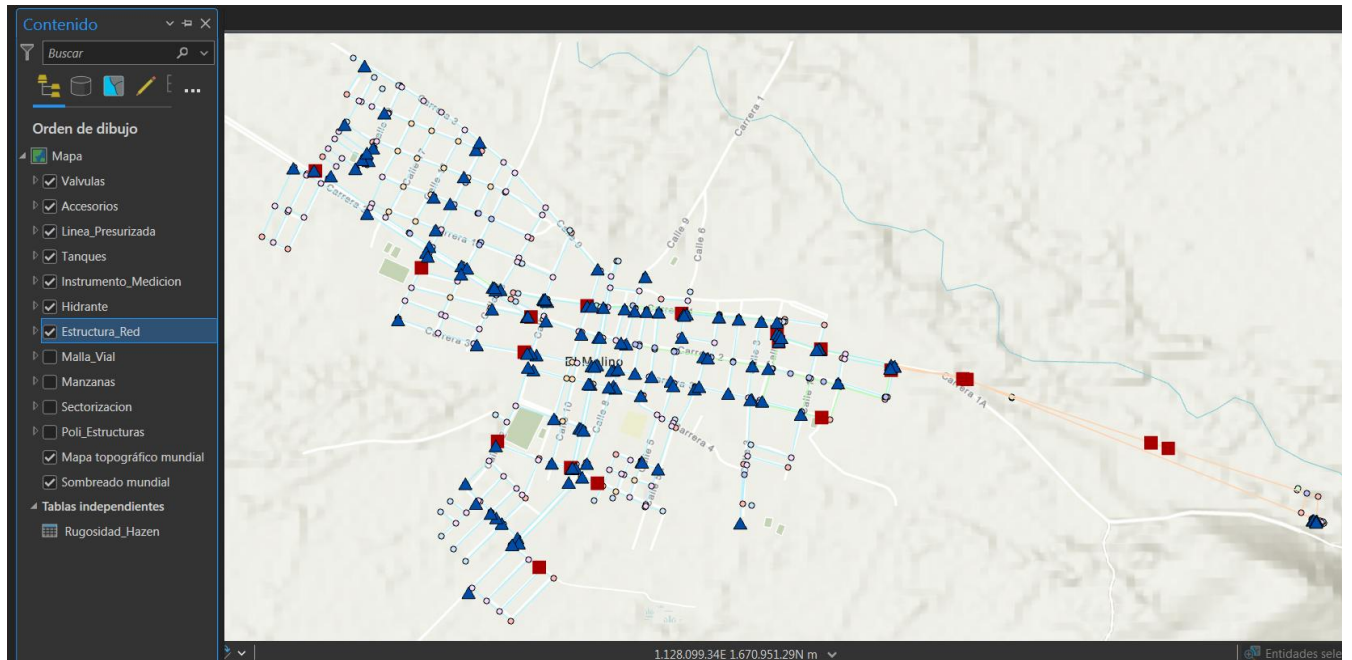
Tabla 9. Extensión de la Red de acueducto del Plano Actualizado.

REDES	LONGITUD (km)
Línea de 6 pulg	1.25
Línea de 8 pulg	1.41
Línea de 10 pulg	0.047
Tubería AC 3 pulg	0.27
Tubería PEAD 3 pulg	1.71
Tubería PVC 0.5 pulg	0.018
Tubería PVC 2 pulg	0.117
Tubería PVC 3 pulg	47.94
Tubería PVC 4 pulg	9.12
Tubería PVC 6 pulg	3.14
Tubería PVC 8 pulg	2.19
TOTAL	67.21

Nota: La longitud total de cada red corresponde a la sumatoria de las longitudes individuales de tuberías clasificadas por diámetro y material.



Figura 13. Mapa de ArcGIS del sistema de acueducto de El Molino.



Nota: El mapa corresponde a la red de acueducto del municipio de El Molino actualizada y sistematizada en ArcGIS, a partir de la información recolectada en campo y digitalizada en AutoCAD (Elaboración propia; 2025).

6.2.3 Actividad 3: Ejecutar la modelación hidráulica del catastro actualizado a través de la herramienta de EPANET.

Para la ejecución de la modelación hidráulica se partió del plano base elaborado en AutoCAD, del cual se conservaron únicamente las capas correspondientes a las tuberías. Una vez filtradas las capas, se utilizó la herramienta EpaCAD, que permite convertir los archivos provenientes de AutoCAD con el tipo de archivo de DXF de AutoCAD 2010/LT2010 a un formato compatible con EPANET (.INP). En este proceso se seleccionaron las capas que contenían las tuberías del sistema, y posteriormente se generó el archivo el cual fue importado a EPANET.

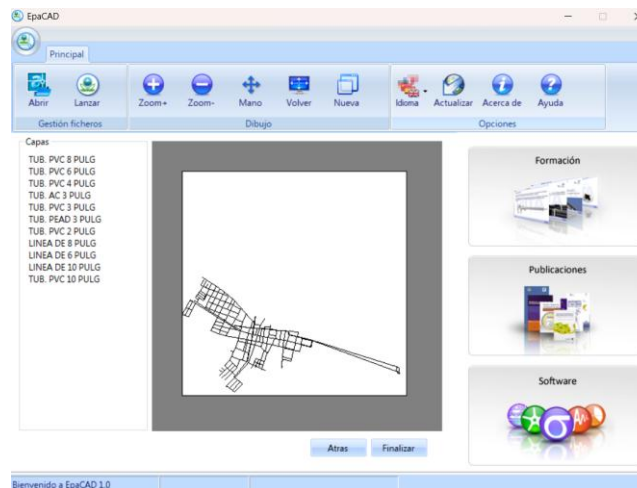


Figura 14. Plano de AutoCAD con solo las capas de las tuberías.



Nota: Plano de la red de acueducto del municipio de El Molino elaborado en AutoCAD y exportado mediante EpaCAD al formato .ipn para su simulación en EPANET (Elaboración propia; 2025).

Figura 15. EpaCAD.

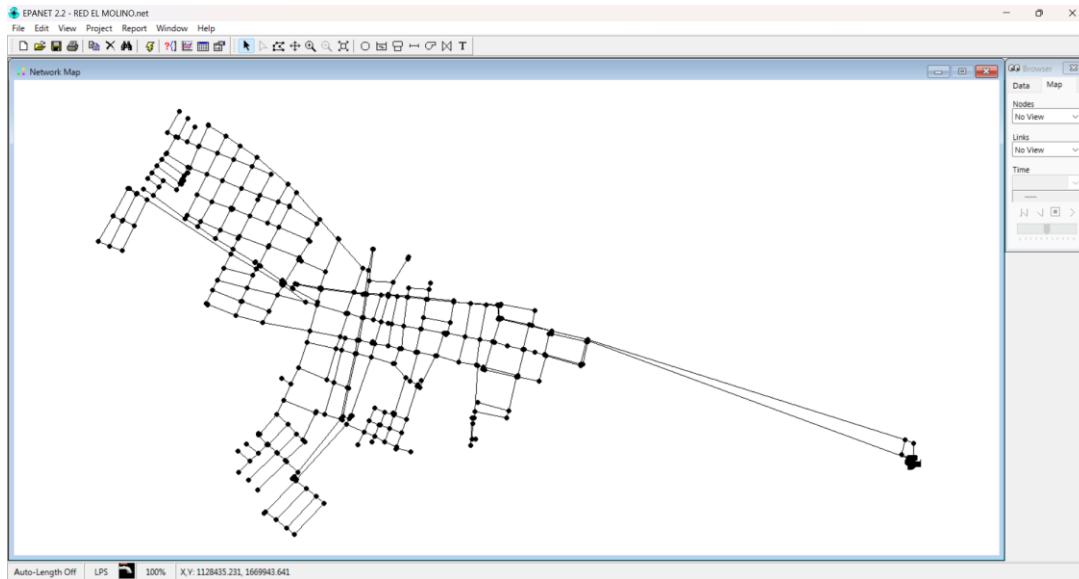


Nota: Conversión del plano de AutoCAD a formato .inp mediante el software EpaCAD 1.0, previo a la simulación en EPANET (Elaboración propia; 2025).

Al abrir el archivo en EPANET, el programa traza automáticamente las tuberías y los nodos correspondientes. A partir de este punto, se ingresó manualmente toda la información hidráulica de los elementos del sistema, con base en los datos obtenidos en campo, los registros consignados en las fichas técnicas y la información procesada en ArcGIS.



Figura 16. Esquema de la red de acueducto en EPANET.



Nota: Esquema de la red del sistema de acueducto del municipio de El Molino en EPANET, generado a partir del archivo convertido desde AutoCAD mediante EpaCAD (Elaboración propia; 2025).

Para las tuberías, se asignaron los valores de la rugosidad y del diámetro. La rugosidad se estableció siguiendo los parámetros del coeficiente de Hazen-Williams, utilizando un valor de 140 para tuberías de asbesto-cemento o hierro fundido y 150 para tuberías de PVC o PE (polietileno).

Figura 17. Coeficiente de Hazen-Williams.

Material	C	Material	C
Asbesto cemento	140	Hierro galvanizado	120
Latón	130-140	Vidrio	140
Ladrillo de saneamiento	100	Plomo	130-140
Hierro fundido nuevo	130	Plástico (PE, PVC)	140-150
Hierro fundido, 10 años de edad	107-113	Tubería lisa nueva	140
Hierro fundido, 20 años de edad	89-100	Acero nuevo	140-150
Hierro fundido, 30 años de edad	75-90	Acero	130
Hierro fundido, 40 años de edad	64-83	Acero rolado	110
Concreto	120-140	Lata	130
Cobre	130-140	Madera	120
Hierro dúctil	120	Hormigón	120-140

Nota: Coeficiente de Hazen-Williams para diferentes materiales. (E & Y., 2019)

En cuanto a los nodos, se completaron los datos de la elevación (cota rasante del terreno) y demanda base. El valor de la cota rasante fue suministrado por la empresa, a partir de un plano



del sistema de alcantarillado del municipio y del plano correspondiente a la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP). Estos documentos sirvieron como base para la asignación de elevaciones en los nodos del modelo hidráulico. (**Ver Anexo 6**), donde se especifican las elevaciones en cada esquina del municipio. Por otro lado, la demanda base se determinó mediante un proceso de análisis espacial en ArcGIS, utilización de fórmulas y cálculos en EXCEL, descrito a continuación:

En el archivo de AutoCAD solo se tendrán en cuenta las capas de tuberías y perímetro para poder importarlo a ArcGIS mediante la herramienta Agregar datos. Posteriormente, se incorporó el archivo y se ajustaron los sistemas de coordenadas para garantizar la compatibilidad con el archivo de AutoCAD. En este caso, se seleccionó un sistema de coordenadas proyectadas, configurado en Colombia Bogotá Zone. Luego, se realizó la conversión de las capas a formato shapefile. Para ello, se utilizó la herramienta Entidad a polígono con la capa del perímetro, y la herramienta Entidad a línea para la capa de tuberías. Adicionalmente, se creó una capa de nodos, en la cual se ubicaron los puntos correspondientes a cada manzana dentro del área de estudio.

Figura 18. Plano en AutoCAD con las capas de tuberías y perímetro.

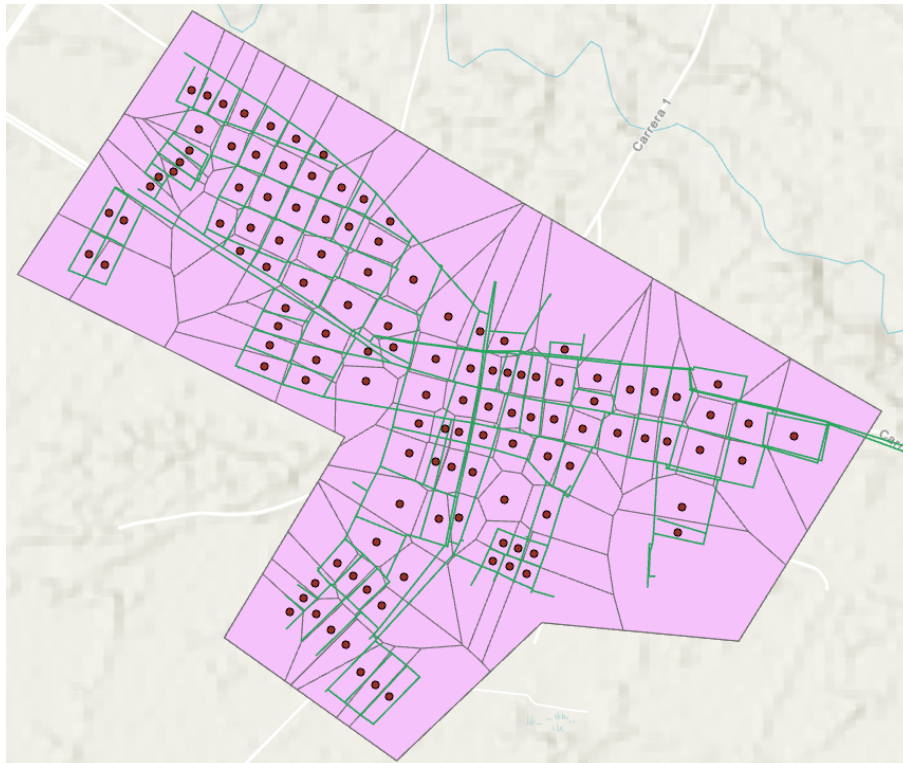


Nota: Plano en AutoCAD con las capas de tuberías y perímetro del área urbana del municipio de El Molino, utilizadas para la importación en ArcGIS y la posterior generación del polígono de Thiessen (Elaboración propia; 2025).



Con estas capas se generó el polígono de Thiessen donde se delimitó la extensión de la capa utilizando el perímetro, se seleccionaron los nodos como entidad de entrada. Y se utilizó la herramienta de recorte para que estos polígonos quedaran delimitados por el perímetro. De esta forma, se garantizó que los polígonos quedaran completamente contenidos dentro del área de estudio (**Ver Anexo 7**).

Figura 19. Polígono de Thiessen.



Nota: Polígono de Thiessen elaborado en ArcGIS (Elaboración propia; 2025).

Luego, la tabla de atributo del polígono de Thiessen se exportó a Excel donde se encuentra la enumeración de cada polígono con su respectiva área, donde se realizaron los cálculos de demanda de cada nodo con las siguientes formulas:

$$\text{La demanda (L/s)} = \text{Caudal Unitario } \left(\frac{\text{L/s}}{\text{m}^2}\right) \times \text{Area del poligono (m}^2\text{)}$$

$$\text{Caudal Unitario } \left(\frac{\text{L/s}}{\text{m}^2}\right) = \frac{\text{Caudal de diseño (L/s)}}{\text{Area Total (m}^2\text{)}}$$



Para hallar el caudal unitario se necesita tener el caudal de diseño y se debe realizar la proyección de la población, este estudio se basó en el crecimiento demográfico estimado por el DANE para el municipio en su cabecera. Se utilizaron diversos métodos estadísticos para estimar la población actual y la proyectada, estos son: El método aritmético, Geométrico y exponencial. De acuerdo con el censo poblacional de 2005 del DANE, se tiene que en la cabecera se obtiene un total de 5,476 habitantes, por lo que utilizaremos el método geométrico para calcula la población actual:

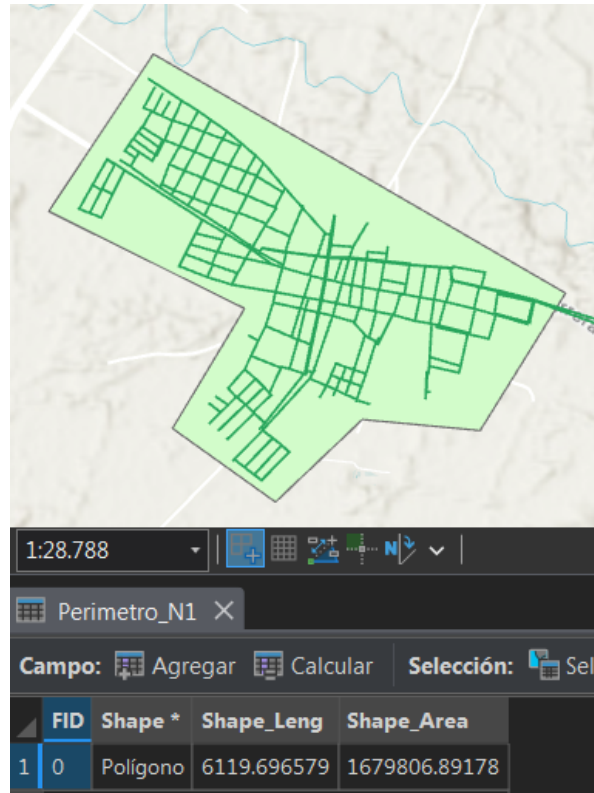
$$P_f = 5476 \text{ habitantes } (1 + 0.016)^{2025-2005} = \mathbf{7522 \text{ habitantes.}}$$

La fórmula utilizada es: $P_f = P_{uc}(1 + r)^{T_f - T_{uc}}$

Dónde:

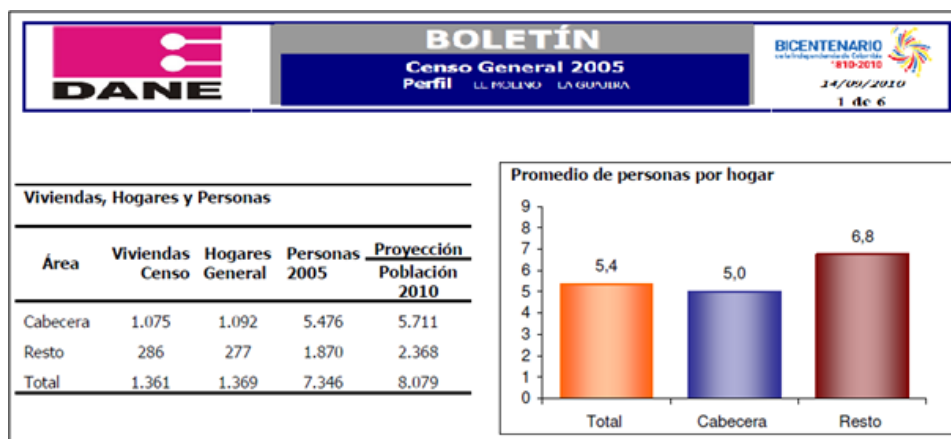
- Pf: Población en habitantes correspondiente al año para el que se quiere proyectar la población.
- Puc: Es la población en habitantes correspondiente al último año censado con información.
- Pci: Es la población en habitantes correspondiente al censo inicial con información.
- Tuc: Es el año correspondiente al último año censado con información.
- Tci: Es el año correspondiente al censo inicial con información
- Tf: Es el año al cual se quiere proyectar la información.
- r: Es la tasa de crecimiento anual en forma decimal.

Figura 20. Perímetro del área de cobertura del sistema de acueducto del municipio de El Molino.



Nota: El perímetro fue calculado en el software ArcGIS Pro obteniendo un área total de 1,679,806.89 m² (equivalente a 1,68 km²).

Figura 21. Censo general 2005 El Molino, La Guajira.



Nota: Censo general 2005 El Molino, La Guajira. (DANE, 2010)



Para el análisis de la proyección de la población de El Molino, se utilizaron los tres métodos descritos anteriormente, obteniéndose los siguientes resultados:

Figura 22. Métodos de proyección de la población.

Municipio: El Molino		Departamento: La Guajira				
Métodos de proyección de la población						
Método aritmético	Método geométrico			Método exponencial		
$P_f = P_{uc} + \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}} \times (T_f - T_{uc})$	$r = \left(\frac{P_{uc}}{P_{ci}} \right)^{\frac{1}{(T_{uc} - T_{ci})}} - 1$			$k = \frac{\ln P_{cp} - \ln P_{ca}}{T_{cp} - T_{ca}}$		
	$P_f = P_{uc}(1 + r)^{T_f - T_{uc}}$			$P_f = P_{ci} \times e^{k \times (T_f - T_{ci})}$		
Datos censales						
Pf:	Población corres pondiente al año para el que se quiere proyectar:					10817
Puc:	Población correspondiente al último año cens ado con información:					7522
Pci:	Población correspondiente al censo inicial con información:					5476
Pcp:	Población del censo posterior:					7522
Pca:	Población del censo anterior:					5476
Tuc:	Año correspondiente al último año censado con información:					2025
Tci:	Año correspondiente al censo inicial con información:					2005
Tcp:	Año correspondiente al censo posterior:					2025
Tca:	Año correspondiente al censo anterior:					2005
	Año de inicio proyecto:					2019
Tasa de crecimiento anual en forma decimal. Método geométrico:						r= 1.60%
Tasa de crecimiento de la población. Método exponencial:						k= 1.59%
N°	Tf Año proyecto	Aritmético	Geométrico	Exponencial	Promedio	NCS
1	2026	7624	7642	7642	7636	Medio
2	2027	7727	7765	7765	7752	Medio
3	2028	7829	7889	7889	7869	Medio
4	2029	7931	8015	8015	7987	Medio
5	2030	8034	8143	8143	8107	Medio
6	2031	8136	8274	8274	8228	Medio
7	2032	8238	8406	8406	8350	Medio
8	2033	8341	8541	8541	8474	Medio
9	2034	8443	8677	8677	8599	Medio
10	2035	8545	8816	8816	8726	Medio
11	2036	8647	8957	8957	8854	Medio
12	2037	8750	9100	9100	8984	Medio
13	2038	8852	9246	9246	9115	Medio
14	2039	8954	9394	9394	9247	Medio
15	2040	9057	9544	9544	9382	Medio
16	2041	9159	9697	9697	9518	Medio
17	2042	9261	9852	9852	9655	Medio
18	2043	9364	10010	10010	9794	Medio
19	2044	9466	10170	10170	9935	Medio
20	2045	9568	10333	10333	10078	Medio
21	2046	9670	10498	10498	10222	Medio
22	2047	9773	10666	10666	10368	Medio
23	2048	9875	10837	10837	10516	Medio
24	2049	9977	11010	11010	10666	Medio
25	2050	10080	11186	11186	10817	Medio

Nota: Métodos de proyección de población aplicados en el estudio del sistema de acueducto del municipio de El Molino (Elaboración propia; 2025).



Figura 23. Nivel de complejidad.

Nivel de complejidad	Población en la zona urbana ⁽¹⁾ (habitantes)	Capacidad económica de los usuarios ⁽²⁾
Bajo	< 2,500	Baja
Medio	2,501 a 12,500	Baja
Medio alto	12,501 a 60,000	Media
Alto	> 60,000	Alta

Nota: Asignación del nivel de complejidad. (Minambiente)

A partir de la proyección se toman los datos que dieron como resultado en el promedio y se procede a hallar el caudal medio diario (qmd), caudal máximo diario (QMD) y caudal máximo horario (QMH). Según el artículo 47 de la Resolución 0330 de 2017 (RAS 2017) Para poblaciones menores o iguales de 12.500 habitantes, al periodo de diseño, en ningún caso el factor K1 será superior a 1.3 ni el factor K2 superior a 1.6. Teniendo en cuenta lo anterior, y considerando que el municipio no cuenta con registros de caudales ni con información actualizada sobre dotaciones y consumos, se adoptó un valor de 140 L/hab*día como dotación neta máxima per cápita para la cabecera municipal de El Molino.

Figura 24. Dotación neta máxima.

ALTURA PROMEDIO SOBRE EL NIVEL DEL MAR DE LA ZONA ATENDIDA	DOTACIÓN NETA MÁXIMA (L/HAB*DÍA)
> 2000 m s. n. m.	120
1000 - 2000 m s. n. m.	130
< 1000 m s. n. m.	140

Nota: Artículo 43 Dotación neta máxima. (Minambiente, Resolución 0330, 2017)

Según el Artículo 44 de la Resolución 0330 del 2017 la dotación bruta para el diseño de cada uno de los componentes que conforman un sistema de acueducto se debe calcular conforme a la siguiente ecuación:

$$D_{bruta} = d_{neto} / (1 - \%q)$$

Donde, %p: Porcentaje de pérdidas técnicas máximas para diseño tomaría un valor de 25% ya que es el valor máximo permitido por la resolución.



Figura 25. Determinación de caudales.

Qmd	QMD	QMH			
$Q_{md} = \frac{P_{año_i} \times d_{bruta}}{86.400}$	$QMD = Q_{md} \times k_1$	$QMH = QMD \times k_2$			
Población actual (hab):		7522			
Población proyectada (hab):		10817			
Altitud media de casco urbano (m.s.n.m):		240			
DOTACIONES					
Dotación Neta (L/hab-día):		140			
Porcentaje de pérdida técnicas máximo permitido:		25%			
Dotación Bruta (L/hab-día):		187			
Coeficiente de consumo máximo diario k1:		1.3			
Coeficiente de consumo máximo horario k2:		1.6			
DETERMINACIÓN DE CAUDALES					
N°	Año	Población	Qmd	QMD	QMH
1	2026	7636	16.50	21.45	34.32
2	2027	7752	16.75	21.77	34.84
3	2028	7869	17.00	22.10	35.36
4	2029	7987	17.26	22.43	35.89
5	2030	8107	17.51	22.77	36.43
6	2031	8228	17.78	23.11	36.97
7	2032	8350	18.04	23.45	37.52
8	2033	8474	18.31	23.80	38.08
9	2034	8599	18.58	24.15	38.64
10	2035	8726	18.85	24.51	39.21
11	2036	8854	19.13	24.87	39.79
12	2037	8984	19.41	25.23	40.37
13	2038	9115	19.69	25.60	40.96
14	2039	9247	19.98	25.97	41.56
15	2040	9382	20.27	26.35	42.16
16	2041	9518	20.56	26.73	42.77
17	2042	9655	20.86	27.12	43.39
18	2043	9794	21.16	27.51	44.01
19	2044	9935	21.47	27.90	44.65
20	2045	10078	21.77	28.30	45.29
21	2046	10222	22.08	28.71	45.94
22	2047	10368	22.40	29.12	46.59
23	2048	10516	22.72	29.54	47.26
24	2049	10666	23.04	29.96	47.93
25	2050	10817	23.37	30.38	48.61

Nota: Calculo de caudales. Fuente: Elaboración propia (2025).



En base al Artículo 47 de la resolución 0330 del 2017, tenemos que el caudal de diseño es **48.61 L/s** ya que como componente donde se determinará la demanda es la red de distribución y sería el caudal máximo horario proyectado a los 25 años.

Figura 26. Caudales de Diseño.

COMPONENTE	CAUDAL DE DISEÑO
Captación fuente superficial	Hasta 2 veces QMD
Captación fuente subterránea	QMD
Desarenador	QMD
Aducción	QMD
Conducción	QMD
Tanque	QMD
Red de Distribución	QMH

Nota: Caudales de Diseño. (Minambiente, Resolución 0330, 2017)

Teniendo el caudal de diseño procedemos a hallar el caudal unitario y posteriormente la demanda en cada polígono:

$$\text{Caudal Unitario } \left(\frac{L/s}{m^2}\right) = \frac{48.61 (L/s)}{1,679,806.892 (m^2)} = 2.89385E^{-5} \left(\frac{L/s}{m^2}\right)$$



Figura 27. Cálculo de la demanda para cada polígono.

FID	Area (m2)	Demanda (L/s)	FID	Area (m2)	Demanda (L/s)	FID	Area (m2)	Demanda (L/s)
0	26332.12571	0.76	40	7898.552569	0.23	80	10606.22811	0.31
1	14765.89579	0.43	41	8933.422766	0.26	81	10794.80768	0.31
2	11206.32157	0.32	42	9055.156849	0.26	82	10239.0803	0.30
3	10210.64384	0.30	43	6059.286531	0.18	83	35835.5142	1.04
4	43717.19419	1.27	44	38040.39785	1.10	84	22514.34026	0.65
5	10060.59232	0.29	45	8901.761152	0.26	85	10364.20074	0.30
6	5491.181363	0.16	46	5947.259288	0.17	86	3878.079201	0.11
7	19012.11846	0.55	47	6296.50091	0.18	87	8782.416236	0.25
8	18481.77776	0.53	48	5272.684786	0.15	88	5077.12936	0.15
9	4811.209211	0.14	49	12271.0198	0.36	89	3624.408265	0.10
10	4754.365273	0.14	50	12533.51367	0.36	90	3704.770236	0.11
11	6008.909015	0.17	51	6804.155934	0.20	91	5535.776014	0.16
12	22586.17154	0.65	52	8114.246288	0.23	92	2816.422346	0.08
13	7140.330479	0.21	53	8509.87363	0.25	93	3488.203602	0.10
14	15003.5671	0.43	54	6775.757518	0.20	94	5916.258966	0.17
15	7289.27098	0.21	55	5703.207569	0.17	95	4562.697874	0.13
16	8147.977383	0.24	56	5885.455953	0.17	96	24811.55404	0.72
17	8886.160121	0.26	57	5388.865852	0.16	97	55515.16485	1.61
18	14718.42709	0.43	58	41623.63139	1.20	98	9121.408956	0.26
19	20505.0125	0.59	59	5225.625706	0.15	99	9030.91653	0.26
20	7172.453588	0.21	60	18432.36764	0.53	100	29546.32106	0.86
21	9769.60564	0.28	61	7368.00256	0.21	101	18979.53688	0.55
22	10660.75871	0.31	62	18495.24559	0.54	102	6517.560798	0.19
23	20879.38031	0.60	63	5253.751681	0.15	103	6231.958164	0.18
24	6878.906576	0.20	64	18662.82678	0.54	104	8009.743136	0.23
25	19479.82346	0.56	65	11523.67383	0.33	105	5564.10182	0.16
26	9562.796274	0.28	66	3117.010735	0.09	106	7470.687265	0.22
27	9418.767568	0.27	67	4842.988406	0.14	107	19971.29227	0.58
28	13935.64235	0.40	68	8006.294744	0.23	108	8595.333697	0.25
29	5966.235986	0.17	69	9268.295144	0.27	109	9574.565232	0.28
30	14575.72826	0.42	70	7414.850325	0.21	110	15152.01217	0.44
31	18661.63841	0.54	71	5518.295184	0.16	111	13741.94287	0.40
32	29016.57709	0.84	72	17038.42753	0.49	112	5805.406198	0.17
33	10877.33589	0.31	73	11141.28493	0.32	113	5667.016379	0.16
34	23354.08566	0.68	74	16232.40155	0.47	114	56691.42515	1.64
35	16733.50732	0.48	75	96604.83793	2.80	115	22384.3142	0.65
36	23169.36468	0.67	76	36806.92413	1.07	116	4171.399902	0.12
37	5367.559408	0.16	77	21791.79419	0.63	117	13194.9415	0.38
38	6567.10194	0.19	78	7498.818952	0.22	118	4506.552194	0.13
39	12293.21642	0.36	79	16585.81252	0.48	119	4695.647301	0.14
40	7898.552569	0.23				120	20147.2844	0.58
						121	36654.45383	1.06

Nota: Calculo de la demanda para cada polígono. Fuente: Elaboración propia (2025).

Posteriormente, los valores de demanda se asignaron en EPANET de manera individual a cada nodo, de acuerdo con el polígono en el que se encontraba ubicado, garantizando que la distribución espacial del consumo correspondiera a la sectorización previamente definida en el área de estudio.

En cuanto a los elementos de almacenamiento, se incorporaron dos tanques al modelo hidráulico, definiendo sus parámetros geométricos y operativos dentro de EPANET de la siguiente manera:



- **Tanque 1:**

Corresponde a un tanque de almacenamiento, con sección interna rectangular de 12,0 m × 10,0 m y una altura útil de 2,7 m. Se consideró un borde libre de 0,3 m, para una altura total de 3,0 m.

La capacidad útil del tanque es:

$$V = 12 \text{ m} * 10 \text{ m} * 2.7 \text{ m} = 324 \text{ m}^3$$

En el modelo se ingresaron los siguientes parámetros:

- ❖ Elevación del fondo: 334 m
- ❖ Nivel inicial: 2,7 m
- ❖ Nivel mínimo: 0 m
- ❖ Nivel máximo: 3,0 m

- **Tanque 2:**

Corresponde a un tanque de almacenamiento con dimensiones internas de 14,5 m × 14,5 m y una altura útil de 2,7 m, más un borde libre de 0,3 m (altura total de 3,0 m).

Su volumen útil es:

$$V = 14.5 \text{ m} * 14.5 \text{ m} * 2.7 \text{ m} = 567.68 \text{ m}^3$$

En EPANET se definieron los siguientes valores:

- ❖ Elevación del fondo: 334 m
- ❖ Nivel inicial: 2,7 m
- ❖ Nivel mínimo: 0 m
- ❖ Nivel máximo: 3,0 m



De acuerdo con el Artículo 61 y su párrafo del RAS 2017, la presión dinámica mínima en la red de distribución debe ser de 10 m.c.a para sistemas con poblaciones de diseño de hasta 12.500 habitantes, como es el caso del municipio de El Molino. Asimismo, se permite que hasta el 10% del área total pueda presentar presiones inferiores al valor mínimo establecido, siempre que estas no sean menores a 8 m.c.a; y hasta un 5% del área podrá presentar presiones iguales o superiores a 5 m.c.a.

Del análisis de resultados obtenidos en la modelación hidráulica en EPANET 2.2 (**Ver Anexo 8**), bajo condiciones de Caudal Máximo Horario (QMH = 48,61 L/s), se observa que la mayoría de los nodos presentan presiones comprendidas entre 10 m.c.a y 33 m.c.a, cumpliendo con el valor mínimo exigido por la normativa. Los valores más bajos registrados se encuentran alrededor de 8,65 m.c.a en algunos nodos puntuales, los cuales se mantienen dentro del rango permisible establecido por el RAS para un porcentaje reducido del área abastecida.

Por otra parte, según el Artículo 62 del RAS 2017, la presión estática máxima no debe superar los 50 m.c.a, permitiéndose hasta 55 m.c.a en el 10% del área de la zona de presión y hasta 60 m.c.a en el 5% del área. En los resultados obtenidos no se evidencian presiones superiores a 50 m.c.a, por lo cual el sistema no presenta riesgos asociados a sobrepresiones ni posibles afectaciones estructurales en la red de distribución.

Teniendo en cuenta lo anterior, para realizar la modelación hidráulica del sistema de acueducto fue necesario conocer detalladamente el trazado de la red, las longitudes y diámetros de las tuberías, los materiales de fabricación, las cotas de los nodos, así como la ubicación de los accesorios. La simulación hidráulica se realizó en período simple (Single Period), considerando el Caudal Máximo Horario (QMH = 48,61 L/s), con el fin de evaluar el comportamiento del sistema bajo la condición más crítica de operación.

En general, para estructurar el modelo hidráulico en EPANET se requirieron los siguientes datos de entrada:

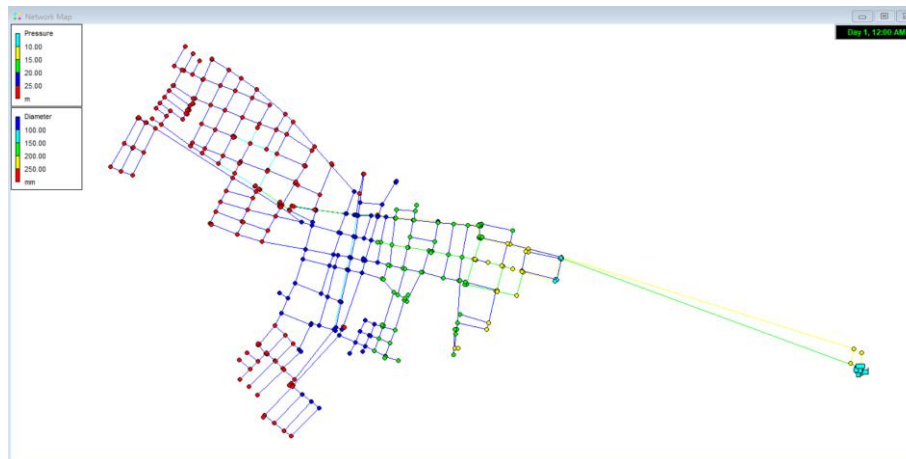


Tabla 10. Datos de entrada del modelo de Epanet.

Nodos	Tuberías	Depósito (Tanque)	Embalse PTAP
ID Conexión	ID Tubería	ID Depósito	ID Embalse
Coordenada X	Nodo Inicial	Coordenada X	Coordenada X
Coordenada Y	Nodo Final	Coordenada Y	Coordenada Y
Cota (m.s.n.m.)	Longitud	Cota	Cota
Demanda base	Diámetro	Nivel Inicial	
	Rugosidad	Nivel Mínimo	
		Nivel Máximo	
		Diámetro	

Nota: Con la información anterior, se pudo verificar el funcionamiento hidráulico de la actual red y realizar su diagnóstico detallado. Fuente: Elaboración propia (2025).

Figura 28. Presiones y Diámetros.



Nota: Presiones de los nodos y los diámetros de las redes de conducción y distribución. Fuente: Elaboración propia (2025).

La figura 28 presenta el esquema general de la red de distribución modelada en EPANET para el sistema de acueducto del municipio de El Molino. En ella se observa el trazado completo de la red, conformado por nodos y tuberías interconectadas que representan la configuración hidráulica del sistema de abastecimiento. En la parte derecha del esquema se localizan las estructuras de almacenamiento y regulación del sistema, correspondientes a los dos tanques y al



embalse que actúa como fuente de abastecimiento. Estos elementos constituyen el punto de inicio del sistema de distribución, desde donde parte la línea de conducción principal que transporta el caudal hacia la red urbana.

El embalse representa la fuente de suministro del sistema, mientras que los tanques cumplen la función de almacenamiento y regulación hidráulica, permitiendo estabilizar las presiones y garantizar continuidad en el servicio ante variaciones de demanda. Su ubicación en el extremo del sistema favorece la generación de la carga hidráulica necesaria para alimentar la red por gravedad, condicionando el comportamiento de presiones en los nodos más alejados.

El mapa está configurado para mostrar la variable hidráulica de presión (m.c.a.), representada mediante una escala de colores ubicada en el costado izquierdo. Se observa una variación espacial de presiones a lo largo de la red, con valores que se mantienen dentro de los rangos establecidos por la normativa vigente. Asimismo, se incluye una escala de diámetros de tubería (mm), lo cual permite identificar la jerarquía hidráulica del sistema, distinguiendo las tuberías principales de mayor diámetro en las líneas troncales y los diámetros menores en los ramales secundarios. La simulación corresponde a un análisis en período simple, considerando el Caudal Máximo Horario (QMH = 48,61 L/s), con el fin de evaluar el desempeño hidráulico del sistema bajo su condición más crítica de operación.

Figura 29. Mapa de presiones.



Nota: El rango de presiones mostrado corresponde a la simulación bajo condición de caudal máximo horario. Fuente: Elaboración propia (2025).



La figura 29 corresponde al mapa de contornos de presión generado en EPANET para el sistema de distribución bajo la condición de Caudal Máximo Horario (QMH). Este tipo de representación no muestra únicamente los valores puntuales en los nodos, sino una distribución continua de la presión en toda el área del sistema, lo que permite visualizar de manera integral el comportamiento hidráulico de la red.

La escala de colores indica los siguientes rangos de presión en metros de columna de agua (m.c.a.): azul claro (0–10 m), amarillo (>10–15 m), verde (>15–20 m), azul oscuro (>20–25 m) y rojo (>25 m). Esta clasificación permite identificar con claridad las zonas críticas y las áreas con presiones elevadas dentro del sistema.

Se observa que el sector correspondiente a la parte más alta del municipio presenta tonalidades en azul claro, lo que indica presiones inferiores a 10 m.c.a., consideradas críticas para el adecuado funcionamiento del servicio. Aunque esta zona representa un porcentaje reducido del área total, constituye un punto hidráulicamente vulnerable debido a su mayor cota topográfica.

En las zonas intermedias predominan colores amarillo y verde, lo que evidencia presiones dentro de rangos aceptables para el suministro. Por otra parte, las áreas en azul oscuro y rojo corresponden a presiones superiores a 20 m.c.a., siendo el rojo indicativo de valores mayores a 25 m.c.a., lo que puede implicar la necesidad de control en determinados sectores para evitar sobrepresiones.

Es importante resaltar que el sistema opera por gravedad, por lo que la distribución de presiones está directamente condicionada por la topografía y las pérdidas de carga a lo largo de las tuberías. Esta condición explica la variación espacial observada en el mapa, donde los sectores más bajos presentan mayores presiones y los más elevados muestran valores reducidos. El análisis del mapa de contornos permite identificar de manera clara las zonas críticas del sistema, facilitando la evaluación del cumplimiento de los rangos normativos de presión y la formulación de posibles medidas de optimización hidráulica.



Figura 30. Caudales y presiones en los nodos de la red de distribución.

Node ID	Demand LPS	Head m	Pressure m	Node ID	Demand LPS	Head m	Pressure m	Node ID	Demand LPS	Head m	Pressure m
Junc n1	0.28	267.66	16.66	Junc n83	0.11	254.92	21.92	Junc n162	0.53	250.22	29.22
Junc n2	1.64	276.69	10.69	Junc n84	0.21	254.13	23.13	Junc n163	0.53	250.19	30.19
Junc n3	1.64	276.72	10.72	Junc n85	0.23	254.06	22.06	Junc n164	0.58	249.77	29.77
Junc n4	0.25	266.51	12.51	Junc n86	0.17	255.64	22.64	Junc n166	0.17	250.01	29.01
Junc n6	0.44	270.94	13.94	Junc n87	0.21	254.19	23.19	Junc n167	0.25	250.31	28.31
Junc n7	1.04	269.37	13.37	Junc n88	0.21	253.12	22.12	Junc n168	0.18	250.12	28.12
Junc n8	0.25	267.36	17.36	Junc n89	0.20	252.39	27.39	Junc n169	0.17	250.07	29.07
Junc n9	0.25	267.35	17.35	Junc n90	0.43	252.21	28.21	Junc n170	0.18	249.80	29.80
Junc n10	2.80	245.80	16.80	Junc n91	0.21	252.18	28.18	Junc n171	0.15	249.57	29.57
Junc n11	2.80	245.00	17.00	Junc n92	0.20	252.54	27.54	Junc n172	0.20	249.97	28.97
Junc n12	1.06	268.28	18.28	Junc n93	0.20	252.55	27.55	Junc n173	0.20	249.99	28.99
Junc n13	1.06	269.12	17.12	Junc n94	0.15	256.58	22.57	Junc n174	0.20	250.02	29.02
Junc n14	0.28	267.56	16.56	Junc n95	0.15	255.79	21.79	Junc n175	0.26	249.69	29.69
Junc n15	0.40	264.82	20.82	Junc n96	0.10	255.71	21.71	Junc n176	0.28	250.24	28.24
Junc n16	0.40	264.76	20.76	Junc n97	0.11	254.99	21.99	Junc n177	0.25	251.03	28.03
Junc n17	0.65	263.72	28.72	Junc n98	0.10	255.35	22.35	Junc n178	0.28	250.23	28.23
Junc n18	0.38	261.01	17.01	Junc n99	0.11	254.83	21.83	Junc n179	0.28	250.94	28.94
Junc n19	0.38	260.99	16.99	Junc n100	0.11	254.70	21.70	Junc n180	0.28	250.14	30.14
Junc n20	0.17	259.78	16.78	Junc n101	0.15	255.42	22.42	Junc n181	0.28	250.39	30.39
Junc n21	1.61	258.75	16.75	Junc n102	0.27	254.24	23.24	Junc n182	0.54	249.75	29.75
Junc n22	1.61	258.19	17.19	Junc n103	0.27	254.25	23.25	Junc n183	0.67	249.75	29.75
Junc n23	0.14	257.89	22.89	Junc n104	0.16	254.13	22.13	Junc n184	0.26	249.57	30.57
Junc n24	0.65	257.00	22.00	Junc n105	0.23	254.06	22.06	Junc n185	0.20	249.35	31.35
Junc n25	0.65	256.28	22.28	Junc n106	0.55	253.54	22.54	Junc n187	0.20	248.99	30.99
Junc n26	0.10	256.99	21.99	Junc n107	0.16	254.12	22.12	Junc n188	0.19	248.93	30.93
Junc n27	0.65	256.78	21.78	Junc n108	0.60	252.48	22.48	Junc n189	0.18	248.88	30.88
Junc n28	0.71	257.54	23.54	Junc n109	0.49	251.85	21.85	Junc n190	0.17	248.88	30.88
Junc n29	0.10	256.44	22.44	Junc n110	0.33	252.72	21.72	Junc n191	0.26	248.94	31.94
Junc n30	0.71	256.30	24.30	Junc n111	0.60	252.04	22.04	Junc n192	0.26	248.96	31.96
Junc n31	0.00	257.42	23.42	Junc n112	0.33	252.89	23.89	Junc n193	0.36	249.29	32.29
Junc n32	0.21	256.39	25.39	Junc n113	0.33	252.93	23.93	Junc n194	0.36	249.48	30.48
Junc n33	0.71	257.49	23.49	Junc n114	0.65	250.99	21.99	Junc n195	0.58	249.67	30.67
Junc n34	0.17	256.55	23.55	Junc n115	0.16	250.96	26.96	Junc n196	0.54	249.59	30.59
Junc n35	0.17	256.49	23.49	Junc n116	0.49	250.96	26.96	Junc n197	0.54	249.58	30.58
Junc n36	0.21	254.55	23.55	Junc n117	0.53	251.12	28.12	Junc n198	0.44	249.77	11.77
Junc n38	0.26	253.34	28.34	Junc n118	0.65	250.97	21.97	Junc n199	1.04	249.62	13.62
Junc n39	0.20	253.10	28.10	Junc n119	0.16	250.85	26.85	Junc n200	0.25	246.86	16.86
Junc n40	0.20	252.70	27.70	Junc n120	0.16	250.85	27.85	Junc n201	0.25	246.02	17.02
Junc n41	0.20	252.64	27.64	Junc n121	0.31	250.83	27.83	Junc n202	0.40	248.97	31.97
Junc n42	0.20	252.60	27.60	Junc n122	0.31	250.82	27.82	Junc n203	0.40	248.96	31.96
Junc n43	0.24	252.08	29.08	Junc n123	0.31	250.86	28.86	Junc n204	0.43	251.42	31.42
Junc n44	0.24	251.92	28.92	Junc n124	0.31	250.87	28.87	Junc n205	0.59	251.42	31.42
Junc n45	0.23	251.73	28.73	Junc n125	0.31	250.87	28.87	Junc n206	0.59	251.42	31.42
Junc n46	0.28	250.94	29.94	Junc n126	0.54	250.83	26.83	Junc n207	0.43	251.68	30.68
Junc n47	0.21	254.52	23.52	Junc n127	0.32	250.59	26.59	Junc n208	0.43	251.64	30.64
Junc n48	0.26	254.52	29.52	Junc n128	0.32	250.59	26.59	Junc n209	0.43	251.66	30.66
Junc n49	0.25	266.47	12.47	Junc n129	0.32	250.49	27.49	Junc n210	0.71	255.94	23.94
Junc n50	0.25	264.76	17.76	Junc n130	0.27	252.87	22.87	Junc n211	0.54	253.06	23.06
Junc n51	0.58	264.43	18.43	Junc n131	0.27	252.81	22.81	Junc n212	0.54	253.11	23.11
Junc n52	0.31	263.07	17.07	Junc n132	0.32	250.32	27.32	Junc n213	0.31	253.12	18.12
Junc n53	0.58	262.93	16.93	Junc n133	0.30	249.75	24.75	Junc n214	1.07	253.04	18.04
Junc n54	0.25	264.00	17.00	Junc n134	1.27	249.49	24.49	Junc n215	0.47	253.32	18.32
Junc n55	0.30	261.45	17.45	Junc n135	1.27	249.43	24.43	Junc n216	0.15	253.38	22.38
Junc n56	0.18	260.05	17.05	Junc n136	1.27	249.43	27.43	Junc n217	0.15	253.29	22.29
Junc n57	0.16	261.13	17.13	Junc n137	1.27	249.47	28.47	Junc n218	0.54	253.20	23.20
Junc n58	0.16	261.30	17.30	Junc n138	0.43	249.62	28.62	Junc n219	0.15	253.23	23.23
Junc n59	0.16	259.79	16.79	Junc n139	0.43	249.71	29.71	Junc n220	0.31	253.26	23.26
Junc n60	0.16	259.73	16.73	Junc n140	0.21	251.61	29.61	Junc n221	0.09	253.31	18.31
Junc n61	0.13	259.05	17.05	Junc n141	0.24	251.45	29.45	Junc n222	0.16	250.85	27.85
Junc n63	0.23	258.63	16.63	Junc n143	0.24	251.45	28.45	Junc n223	1.64	273.65	8.65
Junc n64	0.13	258.15	17.15	Junc n144	0.26	251.16	30.16	Junc n224	0.44	272.02	12.02
Junc n65	0.13	257.95	16.95	Junc n145	0.21	250.49	29.49	Junc n225	0.68	235.04	28.04
Junc n66	0.22	257.84	22.84	Junc n146	0.43	251.37	30.37	Junc n226	0.42	235.05	28.05
Junc n67	0.12	258.79	16.79	Junc n147	0.40	238.06	28.06	Junc n227	0.40	234.99	26.99
Junc n69	0.23	258.63	16.63	Junc n148	0.42	235.46	28.46	Junc n229	0.55	256.07	25.07
Junc n70	0.48	256.55	17.55	Junc n149	1.10	235.07	28.07	Junc n230	0.26	256.06	33.06
Junc n71	0.63	256.69	17.69	Junc n150	1.10	235.01	28.01	Junc n231	0.86	255.80	25.80
Junc n72	0.63	256.47	17.47	Junc n151	0.40	238.03	30.03	Junc n232	0.12	258.76	16.76
Junc n73	0.47	253.79	17.79	Junc n152	0.48	238.03	30.03	Junc n233	0.54	253.11	23.11
Junc n74	0.09	253.68	17.68	Junc n153	0.27	251.20	28.20	Junc n234	0.71	256.13	25.13
Junc n75	0.22	256.73	16.73	Junc n154	0.27	251.11	28.11	Junc n235	0.44	272.62	12.62
Junc n76	0.15	256.36	22.36	Junc n155	0.86	250.66	27.66	Junc n236	1.06	269.72	11.72
Junc n77	0.15	256.75	22.75	Junc n156	0.25	251.00	28.00	Junc n237	0.28	266.45	15.45
Junc n78	0.12	257.25	22.25	Junc n157	0.86	250.64	27.64	Junc n238	0.28	265.14	15.14
Junc n79	0.13	256.79	21.79	Junc n158	0.17	250.54	27.54	Junc n239	0.31	262.79	17.79
Junc n80	0.13	256.36	22.36	Junc n159	0.53	250.35	28.35	Junc n240	0.44	272.63	12.63
Junc n81	0.16	256.35	22.35	Junc n160	0.53	250.34	28.34	Junc n241	1.64	275.26	9.26
Junc n82	0.17	255.65	22.65	Junc n161	0.53	250.33	29.33	Junc n242	1.64	273.72	8.72

Nota: Resultados obtenidos mediante simulación hidráulica en EPANET para el escenario de caudal máximo horario (QMH). Fuente: Elaboración propia (2025).



Figura 31. Caudales y presiones en los nodos de la red de distribución.

Node ID	Demand LPS	Head m	Pressure m
Junc n243	1.64	274.85	8.85
Junc n244	1.64	276.64	10.64
Junc n245	1.64	273.55	8.55
Junc n246	1.04	271.92	11.92
Junc n247	1.04	271.89	11.89
Junc n248	0.44	272.53	12.53
Junc n249	1.04	269.58	13.58
Junc n250	1.04	270.58	12.58
Junc n252	0.44	270.94	13.94
Junc n253	0.22	270.94	14.94
Junc n254	0.25	270.93	16.93
Junc n256	0.44	271.70	11.70
Junc n258	2.80	253.97	11.97
Junc n259	2.80	252.62	11.62
Junc n260	2.80	253.35	17.35
Junc n261	2.80	249.41	17.41
Junc n262	1.06	268.26	18.26
Junc n263	1.06	268.26	18.26
Junc n264	0.28	267.49	16.49
Junc n265	0.28	267.49	16.49
Junc n266	0.28	265.13	15.13
Junc n267	1.06	265.13	15.13
Junc n268	0.28	266.91	16.91
Junc n269	0.25	266.51	12.51
Junc n270	2.80	245.66	16.66
Junc n271	2.80	245.14	19.14
Junc n272	2.80	237.27	11.27
Junc n273	2.80	236.75	10.75
Junc n274	1.61	258.75	16.75
Junc n275	0.18	259.73	16.73
Junc n276	1.61	258.20	17.20
Junc n278	1.61	258.30	17.30
Junc n279	1.61	258.25	17.25
Junc n280	0.48	256.47	17.47
Junc n282	0.48	256.47	17.47
Junc n283	0.23	256.42	17.42
Junc n284	1.07	253.01	18.01
Junc n285	1.07	253.01	18.01
Junc n286	1.07	252.97	17.97
Junc n287	0.54	253.05	23.05
Junc n288	0.23	256.83	16.83
Junc n290	1.61	258.20	17.20
Junc n291	0.10	257.48	23.48
Junc n292	0.71	256.10	26.10
Junc n293	1.61	254.78	24.78
Junc n294	1.61	254.78	24.78
Junc n296	0.09	253.78	17.78
Junc n297	0.09	253.78	17.78
Junc n299	0.33	253.86	24.86
Junc n300	0.27	256.30	26.30
Junc n301	0.27	256.30	26.30
Junc n302	0.54	250.84	26.84

Node ID	Demand LPS	Head m	Pressure m
Junc n304	0.29	250.83	27.83
Junc n305	0.14	250.84	27.84
Junc n306	0.31	250.83	27.83
Junc n307	0.17	250.70	27.70
Junc n308	0.14	250.62	27.62
Junc n309	0.76	250.59	27.59
Junc n310	0.17	250.70	28.70
Junc n311	0.76	250.59	28.59
Junc n312	0.43	249.70	29.70
Junc n313	1.64	275.05	9.05
Junc n316	1.20	250.73	28.73
Junc n317	0.21	256.39	25.39
Junc n318	1.20	250.64	28.64
Junc n319	0.86	255.80	25.80
Junc n320	0.26	251.20	28.20
Junc n321	0.28	252.60	27.60
Junc n322	0.49	251.96	21.96
Junc n323	0.60	252.47	22.47
Junc n324	0.20	254.18	29.18
Junc n325	0.23	251.73	28.73
Junc n327	0.59	251.42	31.42
Junc n328	0.58	249.67	30.67
Junc n329	0.36	249.47	30.47
Junc n330	0.20	249.99	28.99
Junc n332	0.36	249.28	32.28
Junc n333	0.26	249.09	32.09
Junc n334	0.31	248.89	31.89
Junc n335	0.68	235.00	28.00
Junc n336	0.68	235.00	28.00
Junc n337	0.48	234.98	26.98
Junc n338	0.48	234.98	26.98
Junc n339	0.19	248.93	30.93
Junc n340	0.23	248.39	32.39
Junc n341	0.26	249.09	32.09
Junc n344	0.26	248.39	33.39
Junc n345	0.84	248.07	32.07
Junc n346	0.26	248.06	33.06
Junc n347	0.84	248.03	32.03
Junc n348	0.84	247.96	31.96
Junc n349	0.84	247.91	32.91
Junc n350	0.19	248.03	32.03
Junc n351	0.18	248.87	30.87
Junc n352	0.18	248.87	30.87
Junc n353	0.18	248.87	30.87
Junc n354	0.19	248.87	30.87
Junc n355	0.31	248.87	31.87
Junc n356	0.31	248.87	31.87
Junc n357	0.17	248.87	31.87
Junc n358	0.18	248.87	31.87
Junc n359	0.17	248.87	30.87
Junc n360	0.17	248.87	30.87
Junc n361	0.18	248.87	31.87

Node ID	Demand LPS	Head m	Pressure m
Junc n363	0.19	248.86	32.86
Junc n364	0.19	248.86	30.86
Junc n365	1.61	254.77	24.77
Junc n366	0.16	261.30	17.30
Junc n367	0.00	336.65	10.65
Junc n368	0.00	336.67	10.67
Junc n369	0.00	336.69	10.69
Junc n371	0.00	336.67	10.67
Junc n372	0.00	336.67	10.67
Junc n382	0.00	338.25	11.25
Junc n383	0.00	344.76	12.76
Junc n385	0.00	338.86	11.86
Junc n387	0.00	336.22	10.22
Junc n388	0.00	337.08	11.08
Junc n389	0.00	336.53	10.53
Junc n394	0.15	256.57	22.57
Junc n395	0.71	256.25	26.25

Nota: Resultados de modelación hidráulica generados en EPANET. Fuente: Elaboración propia (2025).



Con base en las tablas de resultados obtenidas en EPANET para el escenario de Caudal Máximo Horario (QMH), se analizan los valores de demanda, carga hidráulica (Head) y presión en cada uno de los nodos del sistema. Los resultados muestran que la mayoría de los nodos presentan presiones comprendidas entre 15 y 30 m.c.a., lo cual indica un comportamiento hidráulico adecuado en gran parte de la red. Se evidencian sectores con presiones superiores a 25 m.c.a., especialmente en las zonas de menor elevación, lo cual es coherente con el hecho de que el sistema opera por gravedad y, por tanto, los nodos ubicados a menor cota presentan mayor energía disponible. La presión máxima registrada en la simulación alcanza aproximadamente 33,39 m.c.a., localizada en estos sectores de menor altitud.

Sin embargo, también se identifican nodos con presiones inferiores a 10 m.c.a., localizados específicamente en la entrada del municipio, correspondiente a la zona de mayor elevación topográfica. Tal como se observa en el mapa nodal de presiones, estos nodos aparecen representados en azul claro y se concentran únicamente en ese sector, sin extenderse al resto de la red. La presión mínima registrada es de aproximadamente 8,55 m.c.a., lo que confirma la existencia de un punto hidráulicamente crítico. Aunque el porcentaje de nodos afectados es bajo (menor al 10 % del total), esta condición puede comprometer la continuidad y calidad del servicio en dicha área.

El rango general de presiones obtenido en la simulación varía aproximadamente 24,8 m dentro de la red, diferencia atribuible a la variación de cotas y a las pérdidas de carga acumuladas a lo largo del sistema. Este comportamiento es característico de redes que trabajan exclusivamente por gravedad, donde la distribución de presiones depende directamente de la topografía y de la configuración hidráulica de las tuberías. En términos generales, el sistema cumple con condiciones aceptables de presión en la mayor parte de la red; no obstante, se recomienda evaluar alternativas de optimización para el sector con presiones menores a 10 m.c.a., a fin de garantizar el cumplimiento pleno de los criterios normativos y operativos.



6.3 Fase 3: Establecer estrategias de mantenimiento y actualización continuas del sistema

La tercera fase se orientó a formular estrategias académicas de mantenimiento preventivo y actualización periódica del catastro, como aporte a la empresa para garantizar la sostenibilidad del sistema a largo plazo. Aunque estos productos no fueron aplicados directamente por la empresa durante la práctica, sí constituyen un valor agregado del informe académico.

6.3.1 *Actividad 1: Diseñar un plan de mantenimiento preventivo*

El sistema de acueducto del municipio de El Molino presenta deficiencias asociadas a la intermitencia en el servicio, fugas frecuentes, dificultades en la operación de válvulas, tuberías antiguas de asbesto cemento, desniveles en la red que generan estancamientos y pérdidas significativas por conexiones ilegales. Estos factores hacen evidente la necesidad de contar con un plan de mantenimiento preventivo que garantice la sostenibilidad del sistema y mejore la calidad del servicio prestado a la comunidad.

La propuesta se desarrolló siguiendo los métodos definidos en la planificación metodológica, a partir de: análisis de sectores críticos, definición de la periodicidad de mantenimiento, e identificación de materiales y recursos necesarios (**Ver Anexo 9**).

6.3.2 *Actividad 2: Emplear estrategias enfocadas en la actualización periódica del catastro a medida que se introducen nuevas infraestructuras.*

El catastro de redes constituye la base para la gestión técnica de un sistema de acueducto. Durante la práctica, la actualización realizada en el municipio de El Molino demostró cómo la falta de registros actualizados dificultaba la atención de emergencias y el control de pérdidas de agua. Por ello, se formuló una estrategia académica para garantizar la actualización constante del catastro.

La propuesta se diseñó a partir de los métodos definidos en la planificación metodológica: documentación sistemática, integración tecnológica y recomendaciones de gestión interna.



Elementos principales de la estrategia:

- Actualización inmediata tras cada intervención
 - ❖ Toda reparación, ampliación o modificación en la red debe registrarse de manera inmediata en el catastro.
 - ❖ Se debe evitar acumular cambios sin documentar, ya que la información se pierde con facilidad.
- Participación de pasantes y personal técnico
 - ❖ Cada pasante asignado al área técnica debe asumir como responsabilidad principal la actualización del catastro, evitando que la información quede rezagada.
- Capacitación y asignación de personal responsable
 - ❖ Actualmente la empresa carece de personal suficiente para llevar a cabo este proceso. Se recomienda capacitar más técnicos en AutoCAD y ArcGIS.
 - ❖ Se debe designar un responsable directo del catastro en cada municipio atendido por Veolia.
- Integración tecnológica
 - ❖ Consolidar la información en un sistema digital centralizado (por ejemplo, ArcGIS Online), que permita el acceso remoto y en tiempo real.
 - ❖ Utilizar dispositivos móviles para capturar datos en campo, sincronizando la información automáticamente con la base central.
- Periodicidad de actualización
 - ❖ Revisiones mensuales de los registros digitales.
 - ❖ Actualización semestral de planos generales, consolidando todas las modificaciones menores ocurridas en el periodo.



- Registro en tiempo real de actividades operativas
 - ❖ Actualmente, las actividades de instalación o mantenimiento realizadas por los operarios no quedan documentadas en el mismo momento en que se ejecutan, sino que dependen de la memoria del coordinador o de reportes informales posteriores.
 - ❖ Esta práctica ocasiona pérdida de información, retrasos en la actualización del catastro y errores en la trazabilidad de intervenciones.
 - ❖ Se propone implementar un formato digital diario utilizando como herramienta los formularios de Google Formularios donde los operarios registren su nombre, quien los supervisa, fecha, hora, municipio, dirección, actividad realizada, tipo de elemento intervenido, material, diámetro, cantidad, especificaciones y estado final. Esto con la finalidad de alimentar de forma automática la base de datos catastral. El link del formulario es el siguiente:
<https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSclzeLiDJItL8WM4FYwm3tEhc7bxSPc9ahn6WXYCtk9aC92pw/viewform?usp=header>



7 CONCLUSIONES

El desarrollo de la práctica académica permitió avanzar de manera significativa en el cumplimiento de los objetivos planteados. En primer lugar, el diagnóstico sobre el estado actual del catastro de redes de acueducto evidenció que los insumos entregados por la empresa, entre ellos planos en AutoCAD y bases de datos en ArcGIS, presentaban inconsistencias notorias. Estas se reflejaban en la ausencia de registros actualizados de tuberías, accesorios e hidrantes, así como en errores en la información técnica de materiales y diámetros. Dicho análisis constituyó una línea base fundamental para guiar las actividades de corrección y actualización; no obstante, se reconoció como limitación la carencia de archivos completos y la falta de continuidad en los registros previos, interfiriendo la validación de algunos datos en campo.

Posteriormente, en relación con el segundo objetivo específico, correspondiente al desarrollo de las correcciones al catastro por medio de procesos técnicos de recolección de datos, digitalización geoespacial y modelación hidráulica, se alcanzaron resultados relevantes. Las salidas de campo realizadas en compañía de los operarios, junto con el diligenciamiento de fichas técnicas, permitieron obtener información detallada sobre la infraestructura existente, registrando ubicación, diámetro, material y estado de conservación de cada elemento. Con base en estos insumos, la digitalización en AutoCAD y la actualización en ArcGIS facilitaron la incorporación de tuberías, accesorios, válvulas, hidrantes y tanques que no se encontraban en el catastro, al tiempo que corrigieron inconsistencias en los elementos previamente registrados. El resultado fue un catastro más confiable y ajustado a la realidad operativa del sistema. Sin embargo, debido a las limitaciones propias del levantamiento en campo, la ubicación y profundidad de algunas tuberías no alcanzaron un nivel de precisión absoluta, aspecto que deberá fortalecerse en futuras actualizaciones.

La elaboración del modelo hidráulico permitió evaluar el comportamiento del sistema bajo condiciones de caudal máximo horario, utilizando la información actualizada del catastro como base para la simulación. Los resultados evidenciaron que la mayor parte de la red opera con presiones dentro de rangos aceptables; sin embargo, se identificaron sectores puntuales, especialmente en zonas de mayor elevación, donde las presiones se aproximan al límite mínimo recomendado. Este análisis confirmó la influencia de la topografía y de las pérdidas de carga en la



distribución de presiones, y permitió reconocer puntos críticos que podrían requerir intervenciones futuras. La modelación constituyó, por tanto, una herramienta de verificación técnica y de apoyo para la toma de decisiones, integrando el componente espacial con el análisis hidráulico.

En cuanto al tercer objetivo específico, orientado a la formulación de estrategias de mantenimiento y actualización continua, se diseñaron propuestas académicas que incluyen un plan de mantenimiento preventivo y una estrategia de actualización periódica del catastro. Estas iniciativas responden a las problemáticas identificadas en el diagnóstico inicial, tales como la recurrencia de fugas, la presencia de tuberías de asbesto cemento, las conexiones ilegales y la ausencia de registros sistemáticos en tiempo real. De acuerdo con la Resolución 0330 de 2017 (Ministerio de Vivienda, 2017), el catastro debe contener información detallada y actualizada sobre la infraestructura del sistema, lo cual respalda técnicamente las acciones propuestas en esta práctica. No obstante, es importante precisar que dichas estrategias no fueron implementadas durante el periodo de ejecución, por lo que su alcance se mantiene en un nivel propositivo.

De lo anterior puede afirmarse que la práctica cumplió con las metas establecidas desde el ámbito académico, al generar productos técnicos como planos digitales actualizados, fichas técnicas de levantamiento, un modelo hidráulico funcional y propuestas de mantenimiento y actualización. No obstante, los resultados también pusieron en evidencia limitaciones estructurales en la gestión del sistema de acueducto de El Molino, entre ellas la insuficiencia de personal especializado, la carencia de herramientas tecnológicas para el registro continuo de información y las restricciones financieras de la empresa (MinAmbiente, 1993)

Esta práctica académica no solo contribuyó a mejorar la calidad y confiabilidad del catastro de redes, sino que también permitió comprender de manera más integral el funcionamiento hidráulico del sistema. Los alcances obtenidos constituyen un insumo técnico valioso para la empresa y para la comunidad, mientras que las limitaciones identificadas resaltan la necesidad de fortalecer los procesos de actualización, mantenimiento y planificación como base para garantizar un servicio más eficiente, equitativo y sostenible.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcaldía_de_El_Molino. (6 de Julio de 2020). *Alcaldía_de_El_Molino*. Obtenido de <https://elmolinolaguajira.micolombiadigital.gov.co/planes/plan-de-desarrollo-el-molino-la-guajira-2020--2023>
- AMBIENTE, M. D. (24 de Septiembre de 2008). *GUIA RAS - 001*. Obtenido de https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/guia-ras_001.pdf
- Constituyente, A. N. (1 de Enero de 1991). *CONSTITUCIÓN POLITICA DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA 1991*. Obtenido de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=4125>
- D.C., S. J. (8 de Junio de 2017). *alcaldiabogota*. Obtenido de RESOLUCIÓN 330 DE 2017: <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=71542>
- DANE. (15 de Noviembre de 2006). Obtenido de https://www.dane.gov.co/files/censo2005/perfiles/guajira/el_molino.pdf
- DANE. (14 de Septiembre de 2010). Obtenido de https://www.dane.gov.co/files/censo2005/PERFIL_PDF_CG2005/44110T7T000.PDF
- DANE. (14 de Septiembre de 2010). Obtenido de https://www.dane.gov.co/files/censo2005/PERFIL_PDF_CG2005/44110T7T000.PDF
- E, A., & Y., M. (Diciembre de 2019). *Coeficiente de Hazen-Williams en función del número de Reynolds y la rugosidad relativa*. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1680-03382019000300041&script=sci_arttext&tlng=en
- esri. (s.f.). *ArcGIS*. Obtenido de <https://www.esri.co/es-co/arcgis/inicio>
- Esri. (s.f.). *ArcGIS en catastro*. Obtenido de Esri Panamá: <https://www.esri.co/es-pa/sectores/gobierno-local/segmentos/catastro-multiproposito/segmentos/arcgis-en-catastro#:~:text=El%20Sistema%20ArcGIS%20para%20la,t%C3%A9cnica%20y%20normativamente%2C%20para%20mantener>
- Geograma. (s.f.). *¿Qué es la Cartografía Digital? Ventajas y aplicaciones*. Obtenido de <https://www.geograma.com/blog/cartografia-digital-gis/#:~:text=Podemos%20afirmar%20que%20la%20cartograf%C3%ADa,los%20otros%20recursos%20ya%20mencionados>.
- González, D. (2020). *Plan de Capacitación, Educación y Concientización Ambiental*. Mocoa.



- Grupo_hidraulica. (23 de Octubre de 2022). *¿Cuáles son las causas de una fuga de agua y cómo solucionarla?* Obtenido de <https://grupohidraulica.com/noticias/2022/10/23/fuga-de-agua-soluciones/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20una%20fuga%20de,poder%20decidir%20la%20mejor%20soluci%C3%B3n>.
- Grupo_Trato. (30 de Septiembre de 2024). *¿Qué es el AutoCAD y para qué sirve?* Obtenido de <https://grupotrato.com/blog/que-es-autocad-para-que-sirve/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20exactamente%20el%20AutoCAD,o%20la%20fabricaci%C3%B3n%20de%20productos>.
- Guzmán, J. (2021). *Elaboración del Catastro de la Red de Distribución de Agua Potable del Municipio de Susacón en el Departamento de Boyacá*. Bogotá, Colombia: Universidad Santo Tomas.
- IDEAM. (23 de Marzo de 2023). *IDEAM*. Obtenido de <https://www.ideam.gov.co/sala-de-prensa/informes/Estudios-nacionales-del-agua>
- Jaimes, L. (2019). *Elaboración del Catastro de Redes de Acueducto y Alcantarillado Implementando Sistemas de Información Geográfica en el Municipio de Mutiscua, Norte de Santander*. Pamplona: Universidad de Pamplona.
- Milenioscuro. (13 de Noviembre de 2016). *Mapa del Municipio de El Molino, La Guajira (Colombia)*. Obtenido de https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/25/Colombia_-_La_Guajira_-_El_Molino.svg/1024px-Colombia_-_La_Guajira_-_El_Molino.svg.png
- MinAmbiente. (22 de Diciembre de 1993). *LEY 99 DE 1993*. Obtenido de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=297>
- Minambiente. (8 de Junio de 2017). *Resolución 0330*. Obtenido de <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=71542>
- Minambiente. (s.f.). *guia-ras_001*. Obtenido de https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/guia-ras_001.pdf
- Ministerio de Vivienda, C. y. (2017). *Artículo 42 de la Resolución 0330 de 2017*. Bogotá, Colombia: Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.
- Ministerios de vivienda, c. y. (2017). *Resolución 0330 de 2017*.
- Nuevo, D. (13 de Octubre de 2022). *EPANET Todo lo que necesitas saber (2025)*. Obtenido de <https://www.tecpa.es/epanet-que-es-para-que-sirve/>



- Pineda, R. (2017). *Las conexiones ilegales del sistema de acueducto y sus efectos*. Manizales: Universidad Católica de Manizales.
- QUINTERO, M. I. (2018). *Optimización del sistema de acueducto del municipio de El Molino – departamento de La Guajira*. El Molino: UNIÓN TEMPORAL CONSULTORES 2018.
- Suin-juriscal. (4 de Mayo de 1989). *DECRETO 951 DE 1989*. Obtenido de <https://www.suin-juriscal.gov.co/viewDocument.asp?id=30046607>
- Telencuestas. (2025). *Telencuestas*. Obtenido de <https://telencuestas.com/censos-de-poblacion/colombia/2025/la-guajira/el-molino>
- Torres K. et al. (2022). *Lineamientos y Guía Orientadora para la Estructuración de Informes de Prácticas Académicas en el Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria de la Universidad Popular del Cesar*. Valledupar - Cesar: Universidad Popular del Cesar.
- Valencia, U. P. (s.f.). *iiama*. Obtenido de <https://iiama.webs.upv.es/transferencia/software/epanet-2-00-12-esp/>
- VEOLIA. (9 de Septiembre de 2020). *Mapa procesos veolia*. Obtenido de <https://www.latinoamerica.veolia.com/sites/g/files/dvc3286/files/document/2020/09/mapa%20procesos%20veolia.pdf>
- Veolia. (2020). *Política Integral de Gestión*. Colombia.
- VEOLIA. (7 de Marzo de 2023). *Estructura organizacional Guajira* . Obtenido de <https://www.guajira.veolia.co/sites/g/files/dvc4196/files/document/2023/03/VG-RH-F-03%20Estructura%20organizacional%20Guajira%20V4%20-%20Estructura%20Actual-1.pdf>
- VEOLIA. (s.f.). *Nuestra Historia*. Obtenido de <https://www.guajira.veolia.co/nosotros/historia>
- VEOLIA. (s.f.). *Nuestros Valores*. Obtenido de <https://www.sabana.veolia.co/nosotros/valores>
- VEOLIA. (s.f.). *Quiénes somos*. Obtenido de <https://www.latinoamerica.veolia.com/es/quienes-somos>
- VEOLIA. (s.f.). *Visión*. Obtenido de <https://www.tunja.veolia.co/sites/g/files/dvc3131/files/document/2020/10/Visi%C3%B3n.pdf>
- Zabaleta, M. (2018). *Optimización del sistema de acueducto del municipio de El Molino – departamento de La Guajira*. El Molino - La Guajira: Una Vision diferente.



ANEXO

Anexo A. Carta de solicitud inicio o Inscripción de la práctica



Anexo A. Formato solicitud inicio o Inscripción de la práctica

San Juan del Cesar, 17 de Febrero de 2025

Señores

Comité de Investigación - Programa de Ingeniería de Ambiental y Sanitaria

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR

Valledupar

Asunto: **SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA REALIZAR PRÁCTICA ACADÉMICA**

Yo, **Andrea Carolina Moreno Machado**, identificada como aparece al pie de mi firma, estudiante de esta universidad, solicito a ustedes me sea aprobada la realización de una PRÁCTICA ACADÉMICA como requisito para optar al título de INGENIERO AMBIENTAL Y SANITARIO, en la empresa **VEOLIA AGUAS DE LA GUAJIRA S.A.S. E.S.P.** para lo cual anexo a esta solicitud los siguientes documentos:

Fotocopia ampliada al 150% de mi documento de identidad

Anexo A. Formato solicitud inicio o Inscripción de la práctica.

Anexo B. Carta del Representante de la Empresa o Gerente TI enviada al comité de Investigación del Programa.

Anexo C. Formato identificación de empresas.

Anexo D. Formato ARL Diligenciado si la entidad asume o no la ARL.

Cordialmente,

Nombre del estudiante: Andrea Carolina Moreno Machado

C.C. **1.067.591.396**, expedida en **Fonseca – La Guajira**

Correo: framor186@gmail.com

Celular: 3205368466



Anexo B. Carta de Presentación y aval del estudiante - Prácticas académicas



Valledupar, 21 de febrero de 2025

Señor.
ESTEBAN ALBERTO RODRIGUEZ LARIOS
REPRESENTANTE LEGAL
Veolia Aguas de La Guajira S.A.S E.S.P.

Asunto: Presentación de inicio del estudiante - Prácticas académicas 2025-1.

Cordial saludo,

Por medio de la presente el Departamento de Ingeniería Ambiental y Sanitaria previo cumplimiento de los requisitos reglamentarios, presenta la estudiante **ANDREA CAROLINA MORENO MACHADO** identificada con **CC: 1.067.591.396** en el marco del **convenio vigente No. 051 de 03 de febrero del 2022** suscrito entre la UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR y la empresa VEOLIA AGUAS DE LA GUAJIRA S.A.S E.S.P., quien fue aceptada para el desarrollo de las prácticas (**Desde el 18 de febrero hasta el 18 de agosto del 2025**) en su empresa y/o institución en el área **Operativa**, conforme a la solicitud allegada al Departamento y/o Comité de Investigación del Programa. En ese sentido, si el estudiante es seleccionado, deberá allegar la carta (*Con funciones u actividades a desarrollar según perfil académico, fecha de inicio y terminación, nombre supervisor y si la entidad asume o no la ARL*). El estudiante podrá desempeñarse en distintos roles relacionados con las áreas del diseño técnico, gestión y evaluación ambiental, tales como:

"Investigador de la problemática Ambiental y Sanitaria; Director, evaluador y ejecutor de estudios de impacto ambiental; Evaluador de los factores que inciden en la contaminación Ambiental; Diseñador, constructor y evaluador de obras de Saneamiento Básico; Coordinador de acciones tendientes al manejo y preservación de los recursos naturales; Coordinador, director, evaluador, y participante en la formulación de Planes de Ordenación y Manejo de Cuenca Hidrográficas - POMCAS; Gestor para el manejo de los residuos líquidos y sólidos; Director, evaluador, ejecutor y administrador de obras que prevengan, mitiguen y corrijan los impactos ambientales; Liderar y gestionar proyectos de creación, organización y administración de empresas de consultoría ambiental; Elaborar y desarrollar planes de capacitación en las áreas que competen al profesional en ingeniería ambiental y sanitaria; entre otros roles de acuerdo con su perfil y programa académico".

Durante el desarrollo de la práctica académica y permanencia en la empresa y/o institución **MÍNIMO 640 HORAS**, el estudiante debe presentar ante el comité de investigación del programa, los respectivos planes e informes **FASE 1 y FASE 2** de conformidad con lo dispuesto en el **cronograma semestral de prácticas académicas 2025- 1, lineamientos del comité de investigación y reglamento de modalidades de grado para los programas de pregrado de ingeniería y tecnológicas**". El estudiante y/o empresa debe enviar a los correos: ambiental@unicesar.edu.co y proyectosambiental@unicesar.edu.co la afiliación a la ARL antes de iniciar actividades.

Con gratitud,

Ing. MELISSA MARTINEZ MAESTRE
Directora

Proyectó: Tatiana Echavarría Gil – Líder del Comité de Prácticas.

Documento con firma digital. La adulteración de su contenido constituye fraude y/o delito conforme a la ley.

Con copia a: Comité de Investigación del programa.

www.unicesar.edu.co

Teléfono conmutador PBX: (+57 605 588 5592)

Balneario Hurtado, Via a Patillal

Valledupar – Cesar, Colombia



Anexo C. Carta de Aprobación de la Práctica Académica



VEOLIA AGUAS DE LA GUAJIRA S.A.S E.S.P

HACE CONSTAR

Que la señora, **MORENO MACHADO ANDREA CAROLINA** Identificada con cédula de ciudadanía No. **1.067.591.396** de **Fonseca- La Guajira**, realizó sus prácticas empresariales en esta empresa desempeñando el cargo de **PASANTE UNIVERSITARIA** desde el 17 de Febrero de 2025 hasta el 17 de Agosto de 2025.

Desempeñando las siguientes funciones:

1. Corrección a la actualización del catastro de redes de acueducto de Barrancas, Villanueva, El Molino y San Juan del Cesar.
2. Modelación hidráulica de las redes de acueducto de Barrancas, Villanueva, El Molino y San Juan del Cesar.
3. Verificación y determinación de actividades necesarias para cierre de sectores hidráulicos.
4. Formulación del plan de gestión de pérdidas y presurización del sistema en el casco urbano (Veolia se compromete a apoyar técnicamente con la información y capacitación en la formulación). Deben ser estudiantes de ingeniería civil y/o sanitaria y/o ambiental y las actividades a desarrollar son en los municipios de Villanueva y Barrancas - La Guajira.

La presente certificación se expide a solicitud del interesado a los 17 días del mes de Octubre de 2025.

KARINA L. PALOMINO PIÑERES
Coordinador RRHH

Veolia Aguas de La Guajira S.A. E.S.P
NIT.901.434.831-5
km 3 El cercado, Distracción - La Represa
Teléfono. 3187755115
<https://www.veolia.com.co/laguajira>



Anexo D. Carta de identificación de empresas



Anexo C. Formato identificación de empresas

Nombre O Razón Social De La Empresa: *veolia Aguas de la Guajira S.A.S.E.S.P*

Dirección: Km 3 El cercado, Distracción - La Represa **NIT:** 901.434.831-5

Tels: 3102269979 **e-mail:** esteban-alberto.rodriguez@veolia.com

Representante legal: RODRIGUEZ LARIOS ESTEBAN ALBERTO

Información de quien supervisará (jefe inmediato) la práctica del estudiante:

Nombre: BALOCO VELEZ LUIS CARLOS

Cargo: JEFE DE OPERACIONES

Tels: 3155262751

e-mail: luis-carlos.baloco-velez@veolia.com

DEPARTAMENTO/SECCIÓN/ÁREA DE TRABAJO DONDE SE REALIZARÁ LA PRÁCTICA

La Guajira- Fonseca.
Área Operativa

FUNCIONES A DESEMPEÑAR POR EL PRACTICANTE:

1. Corrección a la actualización del catastro de redes de acueducto de Barrancas y Villanueva.
2. Modelación hidráulica de las redes de acueducto de Barrancas y Villanueva
3. Verificación y determinación de actividades necesarias para cierre de sectores hidráulicos.
4. Formulación del plan de gestión de pérdidas y presurización del sistema en el casco urbano (Veolia se compromete a apoyar técnicamente con la información y capacitación en la formulación). Deben ser estudiantes de ingeniería civil y/o sanitaria y/o ambiental y las actividades a desarrollar son en los municipios de Villanueva y Barrancas - La Guajira.

Firma: 
Representante legal de la empresa.

www.unicesar.edu.co
Teléfono conmutador PBX: (+57 605 588 5592)
Balneario Hurtado, Vía a Patillal
Valledupar - Cesar, Colombia



Anexo E. Carta de solicitud afiliación a la ARL



Medellín, 17 de Febrero de 2025

LA DIRECCIÓN DE AFILIACIONES Y RECAUDOS

HACE CONSTAR:

Que la(s) persona(s) relacionada(s) en el siguiente listado, se encuentra(n) afiliada(s) en Riesgos Laborales desde las fechas indicadas, a SEGUROS DE VIDA SURAMERICANA S.A. como trabajadores de VEOLIA AGUAS DE LA GUAJIRA SAS ESP, en el centro de trabajo 0000000005 - OP FONSECA, Clase de riesgo 3, Porcentaje de cotización 2.436%.

A continuación se relacionan las fechas de afiliación

Número identificación	Nombre	Fecha inicio cobertura	Fecha fin cobertura	Código de transacción	Tipo Cotizante	Estado
C1067591396	MORENO MACHADO ANDREA CAROLINA	18/02/2025	16/08/2025	fi96F401	DEPENDIENTE	POR INICIAR

Si desea validar que este certificado haya sido realmente emitido por ARL Sura y la información aquí contenida sea real, visite www.arlsura.com.co / validar certificados e ingrese el siguiente código único de generación válido por un mes: C11188586072504860845

SUPERINTENDENCIA FINANCIERA
DE COLOMBIA

Atentamente,

Dirección de Afiliaciones y Recaudos

Este certificado tiene validez para efectos de afiliación del trabajador a SEGUROS DE VIDA SURAMERICANA S.A. así como para su desafiliación. Importante: La información contenida en este certificado puede ser validada en cualquier momento por SEGUROS DE VIDA SURAMERICANA S.A.

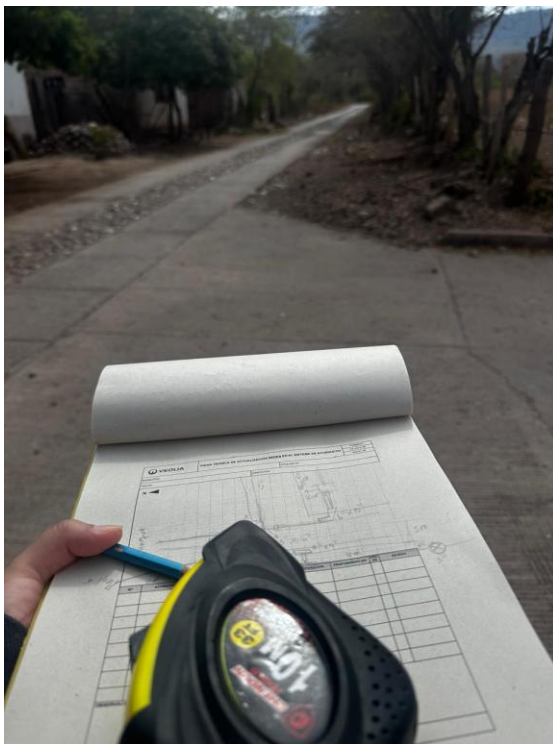
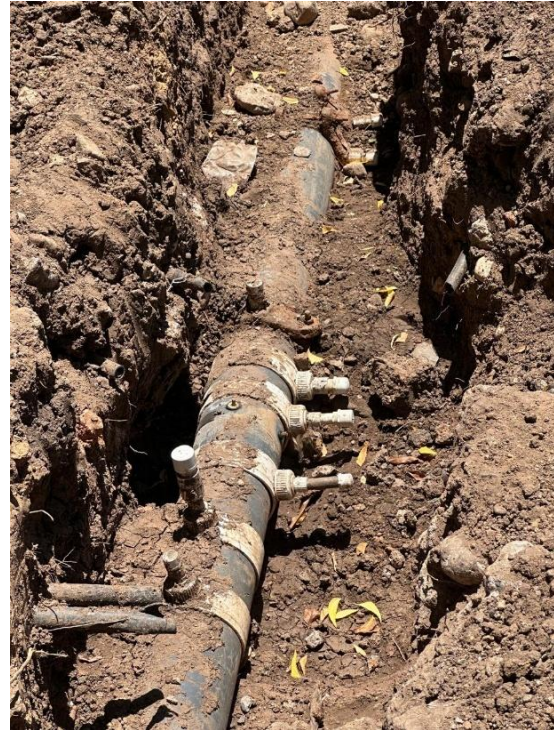
VIGILADO

Este certificado fue generado con la información registrada en la base de datos el 17/02/2025 16:54:05.
Los trabajadores marcados con asterisco (*) son afiliados Independientes.
Las coberturas marcadas con dos asteriscos (**) son coberturas pendientes de retiro.

Dirección IP: 170.0.10.164, 198.143.37.63, 172.16.42.57



Anexo F. Levantamientos (salida de campo).











Anexo G. Trabajo en oficina.

