



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 2

Neiva, 20 de enero de 2023

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Neiva

El (Los) suscrito(s):

Juan Pablo Rodríguez Muñoz, con C.C. No. 1083928450,

Valentina Cuellar Artunduaga, con C.C. No. 1003810741,

_____, con C.C. No. _____,

_____, con C.C. No. _____,

Autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado o _____

titulado Diseño del sistema de acueducto de la vereda Holanda, Corregimiento de Bruselas, parcelación Santa Helena, municipio de Pitalito (Huila). presentado y aprobado en el año 2023 como requisito para optar al título de

Ingeniero Civil;

Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que, con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
GESTIÓN DE BIBLIOTECAS



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

2 de 2

EL AUTOR/ESTUDIANTE: Juan Pablo Rodríguez Muñoz EL AUTOR/ESTUDIANTE: Valentina Cuellar Artunduaga

Firma: JPRM

Firma: Valentina Cuellar Artunduaga

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: _____

Firma: _____

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: Diseño del sistema de acueducto de la vereda Holanda, Corregimiento de Bruselas, parcelación Santa Helena, municipio de Pitalito (Huila).

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Rodríguez Muñoz	Juan Pablo
Cuellar Artunduaga	Valentina

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Izquierdo Bautista	Jaime

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
----------------------------	--------------------------

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Ingeniero Civil.

FACULTAD: Ingeniería

PROGRAMA O POSGRADO: Ingeniería Civil

CIUDAD: Neiva

AÑO DE PRESENTACIÓN: 2023

NÚMERO DE PÁGINAS: 137

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Diagramas X Fotografías ___ Grabaciones en discos ___ Ilustraciones en general X Grabados ___
Láminas ___ Litografías ___ Mapas ___ Música impresa ___ Planos X Retratos ___ Sin ilustraciones ___ Tablas
o Cuadros X

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento:

MATERIAL ANEXO:

PREMIO O DISTINCIÓN (*En caso de ser LAUREADAS o Meritoria*):

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>	<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1. <u>Acueducto óptimo</u>	<u>Optimal aqueduct</u>	6. _____	_____
2. <u>Diseño Hidráulico</u>	<u>Hydraulic design</u>	7. _____	_____
3. <u>Sistema de abastecimiento</u>	<u>Supply system</u>	8. _____	_____
4. <u>Dianóstico</u>	<u>Diagnosis</u>	9. _____	_____
5. <u>Estructura hidráulica</u>	<u>Hydraulic structure</u>	10. _____	_____

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

El presente proyecto, ha surgido debido a la problemática que están afrontando los habitantes de la vereda Holanda, del municipio de Pitalito Huila, específicamente la parcelación Santa Helena, donde actualmente no cuentan con un servicio de acueducto óptimo; para la resolución de la situación presentada, se realizaron visitas de campo con el fin de hacer un reconocimiento de la zona estudiada y la toma de datos para llevar a cabo los cálculos requeridos. Inicialmente se realizó un diagnóstico del sistema que ha venido utilizando la comunidad para abastecerse de agua, teniendo en cuenta los parámetros exigidos por la normatividad RAS 2000, Resolución 330 de 2017, así como el autor de renombre nacional en el tema, el Ing. Ricardo Alfredo López Cualla, autor del libro Elementos de diseño para acueductos y alcantarillado, de igual manera, se recopiló información del IDEAM y de la Alcaldía Municipal de Pitalito, con el fin de obtener los factores climatológicos y demográficos de la región. Así mismo, se realizaron los diseños de estructuras faltantes para lograr un sistema óptimo, tales como la planta de tratamiento, el tanque de almacenamiento y la red de distribución con ayuda de EPANET 2.0. Para finalizar, se realizaron las debidas recomendaciones para cumplir con el correcto funcionamiento de todo el sistema.



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	3 de 3
--------	--------------	---------	---	----------	------	--------	--------

ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

This project arose from the problematic currently being faced by the population located in Holanda, a village found in Pitalito Huila municipality, respectively in the Santa Helena subdivision, where there is no superlative aqueduct service; in order to obtain a resolution for this previously mentioned case, an initial field visit has been done resulting on an accurate recognition of the studied area, including the recollection of the required data for attaining the required calculations. First, a diagnose on the system being presently used for fulfilling the water demand was given, in consideration of the mandatory parameters according to the RAS 2000 regulations, Resolution 330 of 2017, as well as the framework of acclaimed author on the subject Eng. Ricardo Alfredo López Cualla, composer of the book "Elementos de diseño para acueductos y alcantarillado" (elements regarding the design for aqueducts and sewerage), in the same way, information is collected from IDEAM and the Municipal Mayor's Office of Pitalito, in order to obtain the climatological and demographic factors of the region. Correspondingly, the designs for the lacking structures to achieve an optimal system, such as the treatment plant, the storage tank as well as the extension of the distribution network with awareness of the EPANET 2.0 hydraulic model. Subsequently, recommendations were made for the arrangement of the correct functioning of the entire system.

APROBACION DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado:

Firma:

Nombre Jurado: Jhon Jairo Beltran Diaz.

Firma 

Nombre Jurado: Nadia Brigitte Sanabria Méndez

Firma: 



UNIVERSIDAD
SURCOLOMBIANA

DISEÑO DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DE LA VEREDA HOLANDA CORREGIMIENTO
DE BRUSELAS PARCELACIÓN SANTA HELENA MUNICIPIO DE PITALITO (HUILA)

VALENTINA CUELLAR ARTUNDUAGA 20192183635
JUAN PABLO RODRÍGUEZ MUÑOZ 20171155210

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
NEIVA HUILA
2022

DISEÑO DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DE LA VEREDA HOLANDA CORREGIMIENTO
DE BRUSELAS PARCELACIÓN SANTA HELENA MUNICIPIO DE PITALITO (HUILA)

VALENTINA CUELLAR ARTUNDUAGA 20192183635
JUAN PABLO RODRÍGUEZ MUÑOZ 20171155210

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
INGENIERO (A) CIVIL

DIRECTOR
MSc. JAIME IZQUIERDO BAUTISTA
INGENIERO CIVIL

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
HIDRÁULICA E HIDROLOGÍA

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
NEIVA HUILA
2022

DEDICATORIA

Este logro profesional se lo dedico a Dios, a mis padres y a toda mi familia que siempre me apoyaron incondicionalmente con el fin de alcanzar esta meta, que me propuse hace muchos años y en este momento me llena de mucha alegría haberla obtenido.

Valentina Cuellar Artunduaga

Quiero dedicar este trabajo de grado especialmente a mis padres por el apoyo incondicional que me han brindado durante toda mi vida, siempre han sido indispensables para poder lograr los objetivos que me propongo. De igual manera a mis amigos y todas las personas que de una u otra manera me han brindado su apoyo durante este proceso académico.

Juan Pablo Rodríguez Muñoz

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a Dios por su respaldo y sabiduría que me ha dado en este proceso y en segundo lugar a mi familia por su apoyo incondicional.

Igualmente, al ingeniero Jaime Izquierdo por su colaboración durante toda la realización del trabajo y por brindarnos su apoyo.

Por último, a todas las personas que me acompañaron en este proceso universitario tanto compañeros como profesores que hacen parte de este logro.

Valentina Cuellar Artunduaga

Inicialmente quiero agradecer a mi familia que siempre estuvo pendiente de mí y me ayudó a superar los momentos complicados durante este proceso.

También quiero agradecer al ingeniero Jaime Izquierdo por haber sido de gran apoyo para poder presentar un buen trabajo de grado.

A mis amigos, Carlos, Daniel, Elian, Jorge, Valentina y mi prima Natalia, que, durante toda la carrera universitaria, estuvieron ahí para brindar su apoyo y colaboración siempre que la necesité.

Un agradecimiento muy especial para el presidente de la junta de la vereda Holanda, el señor Reinaldo, y al topógrafo, el señor Leonardo Lasso, por el tiempo y la información que nos proporcionaron para llevar a cabo este proyecto.

De igual manera, quiero agradecer a todos los profesores que me orientaron y transmitieron sus conocimientos durante el proceso académico.

Juan Pablo Rodríguez Muñoz

Tabla de contenido

1.	Introducción.....	1
2.	Generalidades	2
2.1	Antecedentes	2
2.2	Planteamiento y formulación del problema	3
2.2.1	Descripción del problema.	3
2.2.2	Formulación del problema.....	3
2.3	Objetivos	4
2.3.1	Objetivo general.....	4
2.3.2	Objetivos específicos.	4
2.4	Justificación	4
2.5	Delimitación	4
2.5.1	Espacio	4
2.5.2	Cronológica.	5
2.5.3	Alcance.....	5
2.6	Marco referencial.....	5
2.6.1	Marco Conceptual.....	5
2.6.2	Marco Contextual	8
2.6.3	Marco Legal.....	15
3.	Metodología.....	17
3.1	Fase 1. Proyección de Población y Determinación de la Demanda.....	17
3.2	Fase 2. Diagnóstico del sistema de abastecimiento de agua potable.	17
3.3	Fase 3. Diseño de la ampliación del sistema de distribución de agua potable.....	18
3.4	Fase 4. Diseño Estructural	18
3.5	Fase 5. Presupuesto.	18
4.	Resultados y análisis	19
4.1	Fase 1. Proyección de Población y Determinación de la Demanda.....	19
4.1.1	Proyección de la población mediante el método geométrico.	19
4.1.2	Determinación de la dotación neta y bruta de acuerdo con la resolución 0330 de 2017 y a la población proyectada.	21
4.1.3	Obtención del caudal medio diario, caudal máximo diario, caudal máximo horario, coeficiente consumo máximo.	22
4.2	Fase 2. Diagnóstico del sistema de abastecimiento de agua potable.	23

4.2.1	Diagnóstico de la bocatoma existente.....	23
4.2.1.1	Diseño Bocatoma de Fondo.	28
4.2.2	Diagnóstico de la tubería de aducción.....	39
4.2.3	Diagnóstico del desarenador.	41
4.2.4	Diagnóstico de la tubería de conducción.....	46
4.2.5	Implementación, caracterización y costos de una planta de tratamiento compacta.....	48
4.2.6	Diseño de un tanque de almacenamiento.....	52
4.3	Fase 3: Diseño de la ampliación del sistema de distribución de agua potable.	57
4.3.1	Recopilar la información del sistema actual.....	57
4.3.2	Modelar por medio de EPANET el nuevo sistema.	59
4.4	Fase 4: Diseño Estructural.....	63
4.4.1	Bocatoma	63
4.4.2	Tanque de Almacenamiento.....	64
4.5	Fase 5: Presupuesto.	65
5.	Conclusiones y recomendaciones.....	68
5.1	Conclusiones.....	68
5.2	Recomendaciones	69
5.3	Bibliografía	70
6.	Anexos.....	A

Lista de figuras

Figura 1. Ubicación Geográfica de Pitalito.	9
Figura 2. División Política Administrativa Zona Rural.....	9
Figura 3. Ubicación Vereda Holanda.	10
Figura 4. Precipitación promedio mensual 1981-2010 en Pitalito Huila.....	13
Figura 5. Temperatura promedio mensual 1981-2010 en Pitalito Huila.....	14
Figura 6. Brillo solar promedio mensual 1981-2010 en Pitalito Huila.	15
Figura 7. Punto de toma de muestra.....	24
Figura 8. Aforo del caudal.....	24
Figura 9. Medición de las dimensiones de la bocatoma.	25
Figura 10. Tuberías salientes de la cámara de recolección.....	27
Figura 11. Estado actual de la bocatoma.	28
Figura 12. Caudales de diseño.	29
Figura 13. Diseño en planta de la bocatoma con las variables calculadas.....	39
Figura 14. Estado actual de la tubería de aducción.....	39
Figura 15. Desarenador actual.....	41
Figura 16. Perfil de tubería y línea de energía.....	48
Figura 17. Diagrama de proceso potabilización de agua cruda	49
Figura 18. Dimensiones generales de la planta de tratamiento propuesta.....	52
Figura 19. Planta y perfil del tanque de almacenamiento con sus variables.....	57
Figura 20. Calidad del agua actual de las viviendas de la parcelación.	58
Figura 21. Visita de campo para recolectar información dada por los habitantes de la zona.....	58
Figura 22. Delimitación de la zona de estudio para visualización de curvas de nivel.....	58
Figura 23. Curvas de nivel cada 5m de la zona, generadas con el programa ArcGIS.....	59
Figura 24. Datos de entrada para modelación en EPANET.	59
Figura 25. Ramales en planta de la red de acueducto.	60
Figura 26. Especificaciones de las tuberías de diseño.....	62
Figura 27. Modelo Estructural de la presa.....	BB
Figura 28. Empuje del agua.	BB
Figura 29. Empuje del suelo-Muro frontal.	CC
Figura 30. Empuje del agua-Muro frontal.	CC
Figura 31. Empuje del suelo-Muro posterior.	DD
Figura 32. Empuje de suelo-Muros laterales.....	FF
Figura 33. Empuje del suelo-Cámara de recolección	GG
Figura 34. Muro tanque de almacenamiento - cara exterior.....	II
Figura 35. Diseño placa de fondo del tanque de almacenamiento.....	JJ
Figura 36. Viga simplemente apoyada – tanque.....	KK
Figura 37. Refuerzo vigas de apoyo - tanque.	NN

Lista de tablas

Tabla 1. Asignación del nivel de complejidad.....	6
Tabla 2. Dotación neta máxima por habitante según la altura sobre el nivel del mar de la zona atendida	6
Tabla 3. Caudales de Diseño.	7
Tabla 4. Clasificación climática del municipio de Pitalito	11
Tabla 5. Valores Promedio 1981-2010 Precipitación municipio de Pitalito Huila.....	12
Tabla 6. Valores promedio de temperatura del municipio de Pitalito Huila 1981-2010	13
Tabla 7. Brillo solar promedio mensual 1981-2010 en Pitalito Huila.	14
Tabla 8. Asignación del nivel de complejidad.....	19
Tabla 9. Métodos de cálculo permitidos según el nivel de complejidad del sistema para la proyección de la población.	20
Tabla 10. Tabla resumen población futura.....	20
Tabla 11. Dotación neta máxima por habitante según la altura sobre el nivel del mar de la zona atendida.....	21
Tabla 12. Cálculo del caudal mediante el método del flotador.	24
Tabla 13. Resumen diagnostico a la presa.....	25
Tabla 14. Resumen diagnostico a la rejilla y canal de aducción.....	26
Tabla 15. Resumen diagnostico a la cámara de recolección.....	26
Tabla 16. Resumen diagnostico a los muros de contención.	26
Tabla 17. Resumen diagnostico a la cámara de recolección.....	27
Tabla 18. Datos de entrada para el diseño de la Bocatoma.....	28
Tabla 19. Parámetros de los elementos de la bocatoma.	37
Tabla 20. Datos Iniciales Aducción.	40
Tabla 21. Resumen parámetros de tubería de aducción.	41
Tabla 22. Datos del desarenador.....	42
Tabla 23. Resumen parámetros del desarenador.	45
Tabla 24. Datos tubería de conducción.	46
Tabla 25. Resumen parámetros tubería de conducción.	48
Tabla 26. Caracterización del agua de la quebrada El Cedro.	49
Tabla 27. Descripción técnica de la PTAP.	50
Tabla 28. Equipos y accesorios. Fuente: Ambiente y Soluciones Integrales.	51
Tabla 29. Constante de la capacidad del tanque de almacenamiento.	53
Tabla 30. Tabla resumen Tanque de almacenamiento.	56
Tabla 31. Estabilidad de la Presa	63
Tabla 32. Refuerzos para Estructuras de la Bocatoma.....	63
Tabla 33. Datos Iniciales.	64
Tabla 34. Refuerzos para Estructuras del Tanque de Almacenamiento.	64
Tabla 35. Presupuesto General.....	65

Resumen

El presente proyecto, ha surgido debido a la problemática que están afrontando los habitantes de la vereda Holanda, del municipio de Pitalito Huila, específicamente la parcelación Santa Helena, donde actualmente no cuentan con un servicio de acueducto óptimo; para la resolución de la situación presentada, se realizaron visitas de campo con el fin de hacer un reconocimiento de la zona estudiada y la toma de datos para llevar a cabo los cálculos requeridos. Inicialmente se realizó un diagnóstico del sistema que ha venido utilizando la comunidad para abastecerse de agua, teniendo en cuenta los parámetros exigidos por la normatividad RAS 2000, Resolución 330 de 2017, así como el autor de renombre nacional en el tema, el Ing. Ricardo Alfredo López Cualla, autor del libro Elementos de diseño para acueductos y alcantarillado, de igual manera, se recopiló información del IDEAM y de la Alcaldía Municipal de Pitalito, con el fin de obtener los factores climatológicos y demográficos de la región. Así mismo, se realizaron los diseños de estructuras faltantes para lograr un sistema óptimo, tales como la planta de tratamiento, el tanque de almacenamiento y la red de distribución con ayuda de EPANET 2.0. Para finalizar, se realizaron las debidas recomendaciones para cumplir con el correcto funcionamiento de todo el sistema.

Palabras clave: Acueducto óptimo, diseño hidráulico, sistema de abastecimiento, diagnóstico, estructura hidráulica.

Abstract

This project arose from the problematic currently being faced by the population located in Holanda, a village found in Pitalito Huila municipality, respectively in the Santa Helena subdivision, where there is no superlative aqueduct service; in order to obtain a resolution for this previously mentioned case, an initial field visit has been done resulting on an accurate recognition of the studied area, including the recollection of the required data for attaining the required calculations. First, a diagnose on the system being presently used for fulfilling the water demand was given, in consideration of the mandatory parameters according to the RAS 2000 regulations, Resolution 330 of 2017, as well as the framework of acclaimed author on the subject Eng. Ricardo Alfredo López Cualla, composer of the book “Elementos de diseño para acueductos y alcantarillado” (elements regarding the design for aqueducts and sewerage), in the same way, information is collected from IDEAM and the Municipal Mayor's Office of Pitalito, in order to obtain the climatological and demographic factors of the region. Correspondingly, the designs for the lacking structures to achieve an optimal system, such as the treatment plant, the storage tank as well as the extension of the distribution network with awareness of the EPANET 2.0 hydraulic model. Subsequently, recommendations were made for the arrangement of the correct functioning of the entire system.

Key words: Optimal aqueduct, hydraulic design, supply system, diagnosis, hydraulic structure.

Capítulo 1

1. Introducción

El acceso al agua ha sido una prioridad desde las primeras civilizaciones del mundo, tal como lo indica (Claus, 2019) las primeras comunidades de la civilización hace unos 5.000 años se ubicaron en lugares como Mesopotamia, el antiguo Egipto, Valle del Indo, China, entre otros; y se asentaron a las orillas de los ríos para poder tener este preciado recurso con la mayor facilidad posible, siguen pasando los años hasta llegar a la actualidad, y se sigue encontrando la misma necesidad de contar con este recurso para actividades de todo tipo, como por ejemplo transporte, industria, pesca y agricultura (Cristancho Cruz, 2019).

Claramente con el crecimiento de la población, muchas comunidades se vieron en la necesidad de buscar alternativas para la obtención del agua en caso de no tener una fuente hídrica cercana, y una de ellas fue la construcción de los acueductos, desde los primeros que fueron construidos de forma rudimentaria por los romanos, donde según información recolectada de (Argudo García, 2019) esta civilización contaba con un total de 13 acueductos, donde abastecían un caudal de más de 1 millón de m³/día, una cifra impresionante para su época, hasta llegar a los sistemas de acueducto más sofisticados en la actualidad que deben cumplir diariamente con la complicada función de abastecer a las megaciudades de millones de habitantes.

Pero así como se deben abastecer estas metrópolis, en el caso de países agrícolas como Colombia, se debe buscar la manera de contar con una buena infraestructura hidráulica para cumplir con las necesidades del sector rural, donde muchas veces no se da la suficiente atención ciudadana y por parte del Estado no se le da la importancia que debería; este es el caso específico de la vereda Holanda, ubicada en el municipio de Pitalito en el sur del Huila; donde actualmente, no cuentan con un sistema de acueducto; los habitantes de esta zona no reciben un servicio básico tan esencial con la calidad requerida como lo es el agua.

Este proyecto de grado tiene como objetivo el poder brindarle a la comunidad de la parcelación Santa Helena del municipio de Pitalito Huila, una solución a la problemática que causa el no poder contar con un sistema óptimo de acueducto para poder cubrir sus necesidades básicas, así como dar las respectivas recomendaciones, diseños, teniendo en cuenta la normatividad vigente y las estructuras hidráulicas que componen todo el sistema, como lo son la bocatoma, el desarenador, la planta de tratamiento y el tanque de almacenamiento, para que finalmente se pueda entregar este proyecto a la comunidad y eventualmente en un futuro lograr la gestión para la construcción y beneficiar a los habitantes de este pequeño caserío en el sur del Huila

Capítulo 2

2. Generalidades

2.1 Antecedentes

Se conoce como acueducto a un sistema o un conjunto de sistemas que permite transportar agua en forma de flujo de un punto a otro, también se puede definir de manera más directa como un sistema de captación de agua. (Arkiplus, s.f.)

La civilización romana fue la primera en construir acueductos a gran escala, según información recolectada de (La Nación, 2014) “El poderoso Imperio Romano desarrolló muchos acueductos a partir del año 312 a.C. con fuentes de aguas subterráneas como Aqua Appia bautizado, luego, como la Vía Apia, en honor a Apio Claudio, el emperador. En el año 145 a.C., el pretor Marcio construyó el primer acueducto que transportaba agua a nivel del suelo, con 90 km de longitud, llamado Aqua Marcia. En el año 70 a.C. ya existían más de 10 sistemas que suministraban 135.000 m³ de agua al día...”

Para un buen desarrollo de este proyecto de igual manera se tuvieron en cuenta investigaciones como “Propuesta de diseño de un acueducto en la vereda Monquirá (Sogamoso Boyacá)” realizada por (Granados Seguí & Lopez Fernandez, 2018), donde según los resultados obtenidos se concluye lo siguiente: “Se pudo evidenciar que las condiciones sanitarias en donde almacenan el recurso hídrico la mayoría de viviendas no cumple con los requerimientos mínimos para el adecuado almacenamiento sin desprejar el agua, se observan bastantes acometidas improvisadas sin el ideal sellamiento lo que genera goteo y baños en donde el escape de agua generaría sobrecostos para el acueducto.”, gracias a ello, se puede tomar como un registro sobre las condiciones en las que normalmente se encuentran las viviendas de la zona rural y realizar los debidos chequeos y recomendaciones para determinar si en la zona de Santa Helena en específico también existen dichas deficiencias.

En concreto sobre nuestra localidad de estudio, es decir, la parcelación Santa Helena del corregimiento de Bruselas en el municipio de Pitalito Huila, existen unos estudios previos para el diseño del sistema de alcantarillado realizados por parte de la empresa Aguas del Huila a cargo del ingeniero (Trujillo Castrillón, 2021), los cuales algunos datos pueden servir de ayuda para el diseño del acueducto, como la población, consideraciones para tener en cuenta, entre otros. Adicionalmente, se contactó con el topógrafo el señor Leonardo Lasso para que suministrara información del sistema de riego de la zona, el cual facilitó un plano del diseño del sistema actual, el cual fue de gran ayuda para poder tener una mejor noción de la ubicación de las estructuras, así como el recorrido de la red de abastecimiento.

En base de las investigaciones nombradas, se pueden prever algunos aspectos que se deben tener en cuenta, ya sea como las posibles problemáticas que se pueden presentar en este proyecto, así como avances que se pueden aplicar para poder tener unos mejores resultados

y análisis. De igual manera brindar a la comunidad de Santa Helena unas recomendaciones y conclusiones que sean de gran utilidad para que puedan ser aplicadas y mejorar su estilo de vida.

2.2 Planteamiento y formulación del problema

2.2.1 Descripción del problema. El sistema de acueducto en Colombia en las zonas rurales es un problema que aqueja a estas comunidades, según información recolectada de la página web de la embajada de Suiza en Colombia (ASIR-SABA, 2019), se expone que "...por lo menos 3 millones de las personas que habitan el campo colombiano (11.653.673 personas) no cuentan con acceso a los servicios básicos de agua potable, y más de la mitad se encuentran sin acueductos y alcantarillados, lo cual equivale al 28% de la población rural colombiana, según cifras a 2015 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.", el caserío Santa Helena de la vereda Holanda del corregimiento de Bruselas ubicado en el sur del Huila, específicamente en el municipio de Pitalito, no es la excepción a esta desalentadora cifra de los sistemas hidráulicos del país colombiano; esta comunidad actualmente no cuenta con sistemas óptimos de acueducto ni alcantarillado, a lo largo de los años los habitantes de esta comunidad se han venido provisionando de un sistema de riego, tomando agua sin potabilizar, lo cual probablemente esté afectando su salud a corto, mediano y largo plazo, y en cuanto al sistema de alcantarillado, durante el año 2021 se realizaron estudios por parte de la entidad Aguas del Huila a cargo del Ing. (Trujillo Castrillón, 2021), para comenzar con la gestión de la construcción de este sistema.

Otra de las problemáticas que se viven normalmente en la región surcolombiana, es que durante las épocas de lluvia se paraliza el sistema de acueducto y la población puede quedar varios días o incluso semanas sin este recurso, tal como se evidencia en la nota de la web de (Caracol Radio, 2022), donde se informa sobre grandes daños que se han producido por las fuertes lluvias de la región, por su parte, debido a esta problemática, en una entrevista el alcalde de San Agustín Huila, Luis Fernando Llanos, expuso que "...se presentan inconvenientes en seis acueductos veredales, los cuales están recibiendo apoyo de la administración con material de apoyo que permita hacer los trabajos de reparación y poder restablecer el servicio."

De acuerdo con lo anterior, hay que tener en cuenta las problemáticas a las que se está enfrentando esta comunidad actualmente y a las que se podría enfrentar en un futuro cuando el sistema de acueducto ya esté construido, por esta razón es bueno saber a qué se podría enfrentar para poder tomar las medidas necesarias y recomendaciones, adicionalmente disminuir o mitigar estas problemáticas.

2.2.2. Formulación del problema. Teniendo en cuenta la problemática ya planteada, esta investigación tiene como propósito el resolver la gran interrogante sobre el diseño del sistema de acueducto de la parcelación de Santa Helena de la vereda Holanda en el municipio de Pitalito Huila, esta inquietud que se quiere responder es la siguiente:

¿Qué mejoras se deben implementar en el sistema de riego actual para emplearse como un sistema de abastecimiento de agua potable en la parcelación Santa Helena de la vereda

Holanda del municipio de Pitalito Huila, para que todas las viviendas cuenten con el suministro necesario para garantizar una mejor calidad de vida?

2.3 Objetivos

2.3.1 Objetivo general. Plantear un sistema de acueducto para la comunidad de La Parcelación Santa Helena de la vereda Holanda del Municipio de Pitalito-Huila.

2.3.2 Objetivos específicos.

- ❖ Realizar un diagnóstico del sistema que ha venido utilizando la comunidad para abastecer la parcelación Santa Helena de la vereda Holanda del Municipio de Pitalito-Huila.
- ❖ Elaborar el mejoramiento del actual sistema de riego para la adecuación de un sistema de abastecimiento de agua potable con la optimización de los componentes faltantes.
- ❖ Realizar las recomendaciones pertinentes para el mejoramiento del sistema de riego de la Parcelación Santa Helena en Pitalito.

2.4 Justificación

La Parcelación Santa Helena de la vereda Holanda, se encuentra ubicada en la parte sur del municipio de Pitalito, perteneciente al departamento del Huila, donde actualmente la población no goza de un sistema óptimo de abastecimiento de agua, debido a una serie de problemáticas que se han venido presentando, ya que actualmente se está usando un sistema de riego que presenta deficiencia en la bocatoma, filtraciones en las tuberías, ausencia de una planta de tratamiento y un tanque de almacenamiento, entre otras.

La finalidad de este proyecto es que, por medio de los conocimientos adquiridos en el campo de la ingeniería civil, se pueda contribuir a un mejoramiento de las condiciones de vida de esta comunidad, facilitándoles el acceso a un recurso tan importante en la cotidianidad como el agua potable, debido a que actualmente el agua que están recibiendo los habitantes de esta zona es de pésimas condiciones, por consiguiente, se propone implementar una planta de tratamiento para que cumpla con estándares de calidad de suministro de agua, garantizando que este servicio sea óptimo.

2.5 Delimitación

2.5.1 Espacio. El proyecto tiene como espacio de estudio la parcelación Santa Helena, el cual es un caserío de la vereda Holanda del corregimiento de Bruselas perteneciente al municipio de Pitalito, ubicado en el sur del Huila, para el desarrollo de este trabajo, se realizaron visitas a este lugar para poder hablar con la comunidad, con el presidente de la junta de acción comunal, el señor Reinaldo Vargas Vargas, y de esta manera recolectar la información, ya sea sobre las problemáticas que los aquejan, así como de la situación actual en la que se encuentran.

2.5.2 Cronológica. Para poder desarrollar este trabajo de grado, se tuvo que invertir un tiempo de cuatro meses, desde junio, hasta el mes de septiembre de 2022.

2.5.3 Alcance. La presente investigación pretende realizar el diseño del sistema de acueducto de la parcelación Santa Helena ubicada en la vereda Holanda del corregimiento de Bruselas, perteneciente al municipio de Pitalito Huila, dónde actualmente no se cuenta con este servicio y la comunidad ha tenido que buscar otras opciones como sistemas de riego y algunas mangueras provenientes de fuentes hídricas. Estos diseños se realizarán con ayuda de información obtenida para el diseño del alcantarillado que actualmente está en proceso de viabilidad realizado por la entidad Aguas del Huila, además se harán consultas bibliográficas sobre la operacionalización de estos sistemas, visitas de campo para conocer de una mejor manera el estado actual problemática y demás factores relevantes que puedan surgir

2.6 Marco referencial

2.6.1 Marco Conceptual

2.6.1.1 Acueducto

Sistema de abastecimiento de agua potable

Un sistema de abastecimiento de agua es aquel que recoge el agua desde la fuente de captación, que puede ser una naciente u ojo de agua; un pozo o un río y la lleva, a través de tuberías, a cada una de las viviendas o hacia una fuente de uso público. (*Operación Y Mantenimiento De Sistemas De Abastecimiento De Agua*, 2010). Cabe destacar que, para tener un buen abastecimiento de agua, se debe realizar una planificación con la asesoría de profesionales, donde ellos indican el tipo de acueducto más apropiado, teniendo en cuenta la zona topográfica del lugar; adicionalmente se debe considerar cada elemento y componente de la obra física con el fin de garantizar el eficaz funcionamiento de este.

Tipos de acueducto

- **Acueducto por Gravedad**

En este sistema la fuente de captación está en un nivel más alto que la comunidad. El agua baja por gravedad o sea por su propio peso, hasta el tanque de almacenamiento. El sistema solo requiere el uso de válvulas para controlar el agua y garantizar que el servicio llegue adecuadamente a todos los puntos de distribución ya sean hogares o fuentes públicas (*Operación Y Mantenimiento De Sistemas De Abastecimiento De Agua*, 2010).

- **Acueducto por Bombeo**

Cuando la comunidad se ubica en un nivel más alto que la fuente es necesario utilizar bombas para elevar el agua. Estas bombas impulsan el agua hacia los tanques de almacenamiento y distribución. Una vez en los tanques el agua baja por gravedad a la comunidad. (*Operación Y Mantenimiento De Sistemas De Abastecimiento De Agua*, 2010).

Población de diseño

La determinación del número de habitantes para los cuales ha de diseñarse el acueducto es un parámetro básico en el cálculo del caudal de diseño para la comunidad. Con el fin de poder estimar la población futura es necesario estudiar las características sociales, culturales y económicas de sus habitantes en el pasado y en el presente, y hacer predicciones sobre su futuro desarrollo, especialmente en lo concerniente a turismo y desarrollo industrial y comercial. (López Cualla, 2003)

Métodos de proyección de población

El Departamento Administrativo Nacional de Estadística -DANE- es la entidad responsable de la planeación, levantamiento, procesamiento, análisis y difusión de las estadísticas oficiales de Colombia; básicamente el DANE ofrece la facilidad de obtención de la proyección de la población objeto de diseño, donde se debe tener en cuenta el último censo para este proceso. El método de cálculo para la proyección de la población se deriva del nivel de complejidad del sistema, el cual se asigna a través de la Tabla 1 (Económico, RAS, Título A: "Aspectos generales de los sistemas de agua", 2000).

Tabla 1.

Asignación del nivel de complejidad.

Nivel de Complejidad	Población en la zona urbana (habitantes)	Capacidad económica de los usuarios
Bajo	<2500	Baja
Medio	2501 a 12500	Baja
Medio Alto	12501 a 60000	Media
Alto	>60000	Alta

Fuente: RAS 2000

Dotación Neta Máxima

La dotación neta corresponde a la cantidad mínima de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un habitante sin considerar las pérdidas que ocurran en el sistema de acueducto. (Económico, RAS, Título A: "Aspectos generales de los sistemas de agua", 2000).

La dotación neta debe determinarse haciendo uso de información histórica de los consumos de agua potable de los suscriptores, disponible por parte del servicio de acueducto o, en su defecto, recopilada en el Sistema Único de Información (SIU) de la superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), siempre y cuando los datos sean consistentes. En todos los casos, se deberá utilizar un valor de dotación que no supere los máximos establecidos en la Tabla 2. (Resolución 0330 de 2017, pag32)

Tabla 2.

Dotación neta máxima por habitante según la altura sobre el nivel del mar de la zona atendida

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

Fuente: Resolución 0330 de 2017, artículo 43.

Caudales de Diseño

Con el fin de diseñar las diferentes estructuras hidráulicas del sistema de acueducto, es necesario calcular el caudal apropiado, el cual debe combinar las necesidades de la población de diseño y los costos de la construcción de un acueducto para un caudal excesivo. (López Cualla, 2003)

En la resolución 0330 de 2017, en el artículo 47, expresa una tabla donde se encuentran los caudales de diseño para los diferentes componentes del sistema de acueducto, según las variaciones diarias y horarias que pueda presentar. se establecen en la tabla 3.

Tabla 3.

Caudales de Diseño.

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

Fuente: Resolución 0330 de 2017

2.6.1.2 Elementos del Sistema de Acueducto

Un sistema de acueducto crea la necesidad de una gran cantidad y variedad de obras o construcciones. Los elementos que hacen parte del sistema de acueducto son:

Microcuenca:

Es la fuente de abastecimiento de agua en una región, es decir, de donde se obtiene el agua que se va a distribuir. La microcuenca es el área geográfica mínima en la cual el agua se desplaza a través de drenajes con una salida principal llamada nacimiento o desagüe. Cuando este desagüe o río desemboca en otros cuerpos de agua mayores, como un lago, otro río, una ciénaga, o desemboca en el mar, se habla de una cuenca. (ACUEDUCTOS, 2014)

Captación:

Depende del tipo de fuente de abastecimiento utilizado. En el caso de una captación de agua superficial se suele hablar de bocatomas, mientras que para una captación de agua subterránea se emplean pozos; es importante tener en cuenta que las obras de captación deben localizarse en zonas donde el suelo sea estable y resistente a la erosión. (López Cualla, 2003)

Transporte de agua

- **Aducción:**

En ocasiones se suele llamar aducción el transporte de agua cruda, es decir, todo transporte previo a la planta de purificación o tuberías de exceso y lavado. Desde el punto de vista hidráulico, el transporte de agua puede realizarse a flujo libre o a presión. En el caso de transporte a flujo libre, la lámina de agua se encuentra a la presión atmosférica y el transporte puede presentarse en estructuras construidas en el sitio (canales abiertos o cerrados) o por estructuras prefabricadas (tuberías). En el caso del transporte de agua por conductos que

funcionan a presión, podrá producirse el flujo por gravedad o por bombeo, que normalmente se hace utilizando tuberías. (López Cualla, 2003)

- **Conducción:**

La conducción es el transporte de agua tratada, esto es, el transporte de agua después de la planta de purificación. Generalmente se hace con tuberías a presión por gravedad o bombeo. (López Cualla, 2003)

- **Desarenador:**

Un desarenador convencional es un tanque construido con el propósito de sedimentar partículas en suspensión por la acción de la gravedad. Este elemento constituye un tratamiento primario, pero en algunos casos es necesario realizar un tratamiento convencional de purificación de aguas. (López Cualla, 2003)

Planta de Tratamiento de Agua Potable

Las plantas de tratamiento de agua potable (PTAP) son estructuras que tienen como objetivo principal realizar un tratamiento óptimo del recurso hídrico para que este sea apto para el consumo humano; para lograr este objetivo, se deben diseñar plantas de tratamiento acordes con un estudio físico, químico y biológico del agua a tratar, mediante este estudio es posible diseñar cada una de las estructuras que conforman la PTAP necesarias para la correcta potabilización del recurso hídrico. (*PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE - PTAP: FUNCIONAMIENTO Y TIPOS - TÉRMINOS Y DEFINICIONES*, 2018)

Tanque de Almacenamiento

Debido a que el consumo de agua de la población no es constante, sino que, por el contrario, varía según la hora del día, y dado que el suministro es un caudal teóricamente constante (caudal máximo diario), es necesaria la construcción de un tanque regulador que amortigüe las demandas horarias. (López Cualla, 2003)

La función básica del tanque es almacenar agua en los periodos en los cuales la demanda es menor que el suministro, de tal manera que en los periodos en los que la demanda sea mayor que el suministro se complete el déficit con el agua almacenada inicialmente. (López Cualla, 2003)

Red de distribución

Esta se define como el conjunto de tuberías cuya función es suministrar el agua potable a los consumidores de la localidad en condiciones de cantidad y calidad aceptables. (López Cualla, 2003)

2.6.2 Marco Contextual

Localización General:

La cabecera municipal se ubica en las coordenadas 1° 51 '07'' de Latitud Norte y 76° 02' 14'' de Longitud Oeste, con una altitud promedio de 1.318 m.s.n.m y su temperatura oscila entre los 18- 21°C.



Figura 1. Ubicación Geográfica de Pitalito.

Fuente: Alcaldía de Pitalito

El municipio de Pitalito Mediante el Acuerdo municipal 015 de 2001 se descentralizó administrativamente, con la creación de cuatro (4) comunas, las cuales se componen de 67 barrios, 32 urbanizaciones y 12 conjuntos cerrados. De igual forma, la zona rural se encuentra dividida en ocho (8) corregimientos conformados por 136 veredas.

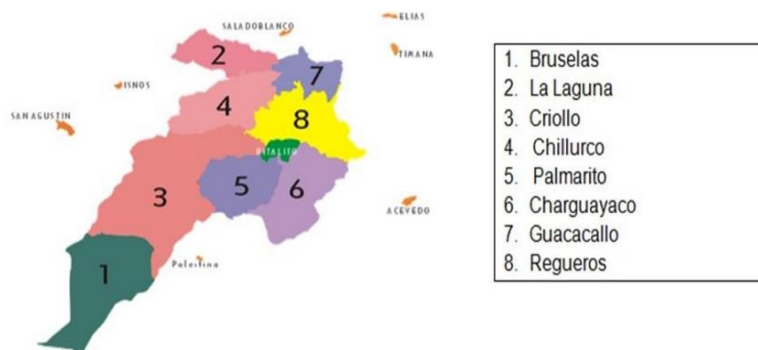


Figura 2. División Política Administrativa Zona Rural.

Fuente: Alcaldía de Pitalito

La Parcelación Santa Helena de la vereda Holanda del corregimiento de Bruselas, se encuentra ubicada en la parte sur del municipio de Pitalito sobre la margen izquierda del río Guachicos a una distancia de 14 kilómetros por la vía que va al departamento del Putumayo y con un desvío aproximado de un kilómetro al lado derecho en sentido Norte-Sur. (Alcaldía de Pitalito, 2020)

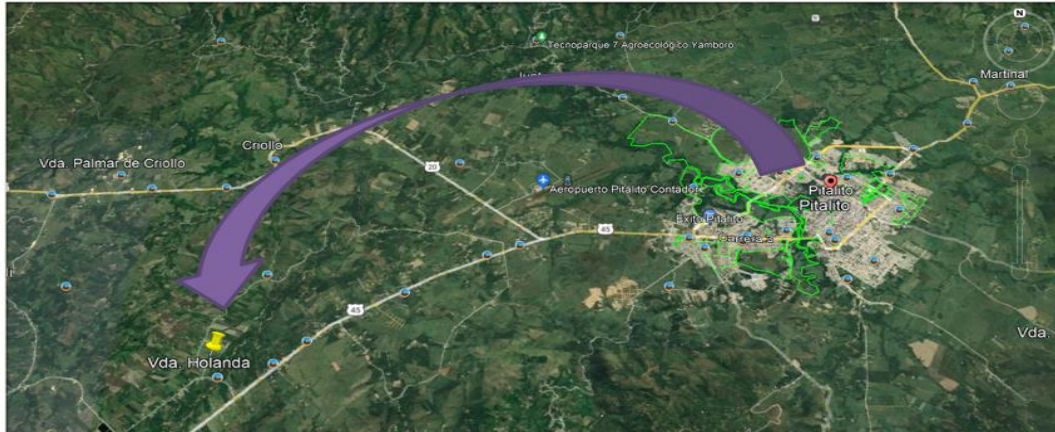


Figura 3. Ubicación Vereda Holanda.

Fuente: Google Earth, 2021.

Marco Económico:

- Sector Cafetero, cerca de 18.000 familias derivan su sustento y sus ingresos económicos de esta actividad agrícola, se destaca el posicionamiento de la región a nivel nacional como el nuevo eje cafetero de Colombia, ocupando Pitalito el primer lugar como municipio de mayor producción en el país y no solo en producción, sino que también es la mayor productora de Cafés especiales, lo cual se confirma año tras año en el concurso Taza de la Excelencia. (*Alcaldía De Pitalito, 2020*)
- Pitalito, es un municipio reconocido como la capital artesanal del sur de Colombia gracias a los trabajos en cerámica, cestería, tejeduría y tallado en piedra, un oficio transmitido por la tradición familiar que se remonta a la cultura precolombina. (*Alcaldía De Pitalito, 2020*)
- En el municipio de Pitalito las explotaciones mineras secundarias. permiten la creación de pequeñas industrias no muy tecnificadas que generan empleo para pequeños grupos de personas. La minería en el municipio de Pitalito cuenta con 19 minas de arcilla, está constituida principalmente por la explotación de arcillas para la fabricación de ladrillos y pequeñas unidades productivas importantes en el mercado como las artesanías en cerámica, objetos de construcción civil a base de arcilla, y otros tipos de artesanías, se evidencia que el municipio no tiene como actividad principal la minería. (*Alcaldía De Pitalito, 2020*)

Marco Demográfico:

El municipio de Pitalito cuenta con 135.711 habitantes según el censo realizado por el DANE en el 2019, donde el 49,6% corresponden a hombres y el 50,4% a mujeres.

La información de la cantidad de habitantes de la vereda Holanda fue suministrada por el presidente de la junta de acción comunal, donde se cuenta con 166 viviendas y en promedio 5 habitantes por vivienda para un total de 830 personas que habitan esta vereda.

Marco Hidrológico

Según información recolectada de (Alcaldía de Pitalito, 2015) el municipio de Pitalito se encuentra ubicado en la Cuenca de río Guarapas, el cual tiene un área estimada de 705.67 Km², y una longitud en línea recta de 40 Kms y tiene como afluente principal la Quebrada de Cálamo que a su vez es alimentada por la quebrada de Guadual y Zanjón de los tiestos

La hidrografía local, está manifiesta por la unión dentro del perímetro urbano de varias quebradas que bajan del Higuerón en la parte Oriental, tales como Guamal, Higuerón y Aguablanca creando una zona pantanosa al oriente de la población. Estas quebradas desembocan en la quebrada de Cálamo, que corre de Norte a Sur para confluir finalmente en el río Guarapas. Este recibe, además las aguas de La Quebradona, Cusumbe, La Palma, La Unión, La Pita, Tabaco y Solarte. En el costado Noroeste se presenta una zona de ciénaga y pantano, conocidos con el nombre de La Coneca. Una de las reservas ecológicas y turísticas más importante del municipio es la Laguna de Guaitipán, clasificado como un Humedal, con una extensión es de 12,12 hectáreas. (Arsur951, 2021)

La vereda Holanda del corregimiento de Bruselas ubicada a diez kilómetros del casco urbano del municipio de Pitalito, en el sur del Huila, hace parte de la cuenca del río Guachicos, la cual tiene un área de protección en el Parque Natural Municipal con una extensión de 5.000 hectáreas y es abastecedora de la zona urbana de Pitalito, 33 veredas del Corregimiento de Bruselas y siete veredas del Corregimiento de Criollo, como también los minidistritos de riego: San Francisco y Cabeceras, El Limón; las quebradas tributarias que aportan mayor caudal al río Guachicos son El Cedro, La Muralla, La Palma, Caney, El Roble y Aguas Negras. (Concejo Municipal Pitalito, 2016)

Caracterización hidroclimática. El municipio de Pitalito está ubicado en el denominado Andes del norte que hacen parte del Hotspots Andes tropicales. Su clima es húmedo con variaciones térmicas durante todo el año, con un clima templado que varía entre unos 18° a 21°C, durante los meses de mayo, junio y julio se producen épocas de lluvia que hacen reducir la temperatura hasta 12° 14°C con variación en la temperatura de alrededor de 0.7°C. (Alcaldía de Pitalito, 2015).

De igual manera según la fuente (Alcaldía de Pitalito, 2015), en este municipio se presenta una precipitación de 1.516 mm al año, siendo el mes de enero el más seco y el de junio el más húmedo, con una diferencia de de 110 mm de precipitación, a continuación, en la tabla 4 se adjunta información recolectada de (Sanchez Peña & Acosta M., 2015) con la clasificación climática del municipio de Pitalito:

Tabla 4.

Clasificación climática del municipio de Pitalito

Clima	Área (Km2)	Área (%)
Frío Húmedo	7867,820	15,56
Frío seco	5828,1658	9,31
Muy frío Húmedo	118,7126	0,19

Muy frío seco	149,535	0,24
Templado Húmedo	239,865	0,38
Templado Seco	48413,091	77,32

Fuente: Sánchez Peña & Acosta M., 2015

Para el análisis de los siguientes parámetros, tales como la precipitación, temperatura y brillo solar, se realizó una consulta en la base de datos del (IDEAM, 2010), con los valores promedio de todos los municipios de Colombia durante los años de 1980 hasta 2010; esta información se obtuvo de estaciones del municipio de Pitalito Huila tales como Insfopal, La Laguna, Montecristo, Sevilla y Villalobos Tv.

Precipitaciones. De acuerdo con la información recolectada de (IDEAM, 2010), el municipio de Pitalito cuenta con altas precipitaciones en su territorio teniendo altas lluvias incluso durante el mes más seco, en este municipio se registraron unas precipitaciones en promedio anual entre los años de 1981 y 2010 de unos 1726,6 mm de lluvia; el mes más seco según el análisis de datos es enero, con un registro de precipitación promedio durante estos mismos 30 años de unos 95,3 mm de lluvia, mientras que, en el mes de mayo, el cual es el que más precipitación hay durante el año, registra unos 192,3 mm.

En la tabla 5 se pueden observar los valores promedio tomados de (IDEAM, 2010), donde se muestra una gráfica con la precipitación promedio registrada entre los años de 1981 y 2010, los valores obtenidos para esta figura, se obtuvieron promediando las 5 estaciones de las que se tienen registro de lluvia del municipio de Pitalito en este lapso (Tabla 5).

Tabla 5.

Valores Promedio 1981-2010 Precipitación municipio de Pitalito Huila.

Valores Promedio 1981-2010 Precipitación municipio de Pitalito Huila												
Estación	PRECIPITACIÓN (mm)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Insfopal	61,7	96,0	110,2	140,6	145,1	139,3	123,6	102,8	82,4	112,4	108,4	82,7
Laguna La	77,6	109,6	124,2	155,5	146,3	138,0	118,7	100,4	88,8	112,1	125,3	99,6
Montecristo	128,7	131,1	186,1	209,8	232,0	240,8	209,5	177,4	139,0	171,5	154,2	119,3
Sevilla	61,7	83,9	107,3	135,9	138,4	133,5	123,9	98,6	77,0	99,6	95,8	80,7
Villalobos Tv	147,0	148,0	223,9	265,0	299,9	303,8	309,2	210,5	176,3	183,1	187,2	178,8
PROMEDIO	95,3	113,7	150,3	181,4	192,3	191,1	177,0	137,9	112,7	135,7	134,2	112,2

Fuente: (IDEAM, 2010)

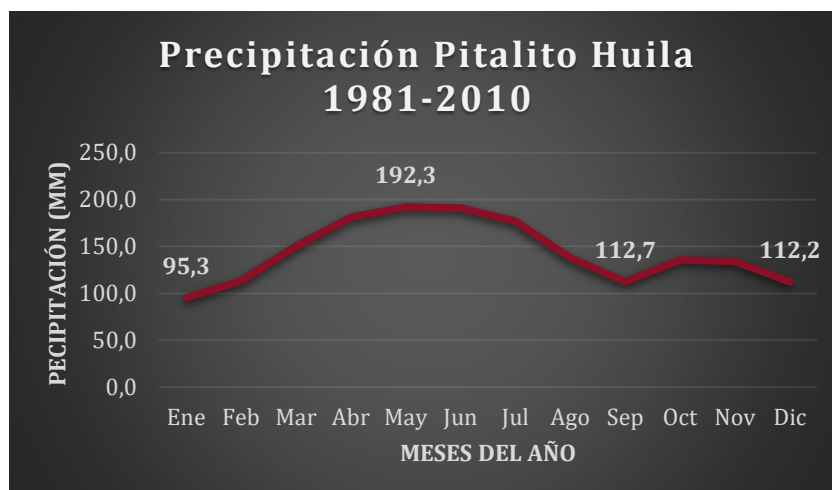


Figura 4. Precipitación promedio mensual 1981-2010 en Pitalito Huila.

Fuente: (IDEAM, 2010)

Temperatura: El valle de laboyos, como es conocido Pitalito, cuenta con un clima templado y está ubicado a una altitud media de 1318 m.s.n.m, por lo tanto, su temperatura media varía normalmente entre unos 18 a 21°C.

De acuerdo con (IDEAM, 2010), durante los años de 1981 a 2010, con datos tomados de la estación Sevilla del municipio de Pitalito Huila, se obtuvo un registro de datos sobre la temperatura media, máxima media y mínima media, obteniendo los resultados que se observan en la tabla 6.

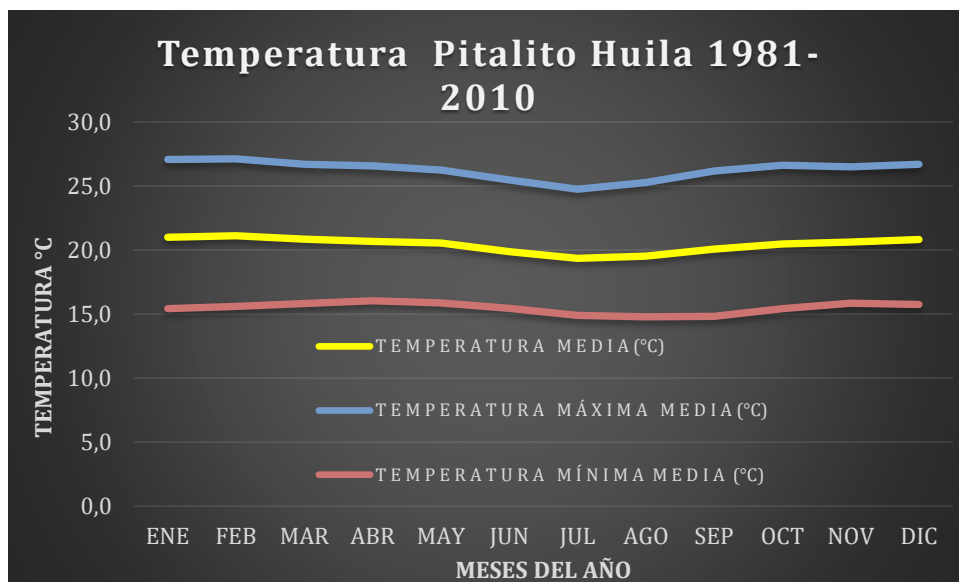
Tabla 6.

Valores promedio de temperatura del municipio de Pitalito Huila 1981-2010

Valores Promedio 1981-210 Temperatura municipio de Pitalito Huila												
Estacion Sevilla												
Temperatura (°C)/ Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Media	21,0	21,1	20,8	20,7	20,5	19,9	19,4	19,5	20,1	20,5	20,6	20,8
Maxima Media	27,1	27,1	26,7	26,6	26,2	25,5	24,7	25,3	26,2	26,6	26,5	26,7
Minima Media	15,4	15,6	15,8	16,0	15,9	15,5	14,9	14,8	14,8	15,4	15,8	15,7

En la figura 5 se logra apreciar la temperatura máxima y mínima en promedio por cada mes de los años comprendidos entre 1981 y 201, en donde se observa una temperatura máxima promedio de unos 27°C, y con una temperatura mínima promedio de unos 15°C.

Figura 5.
Temperatura promedio mensual 1981-2010 en Pitalito Huila.



Fuente: (IDEAM, 2010)

- **Brillo solar:** De acuerdo con (IDEAM, 2010) durante los años comprendidos entre 1981 y 2010 se registró un brillo solar promedio de unas 5 horas al día y un total de unas 150 horas de sol al mes, esta información se puede observar de manera más detallada en la figura 6 y tabla 7.

Tabla 7.
Brillo solar promedio mensual 1981-2010 en Pitalito Huila.

Brillo Solar Promedio 1981-2010 municipio de Pitalito Huila													
Estación	BRILLO SOLAR (Horas/día)												Promedio
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Sevilla	4,8	4,1	3,2	3,5	3,9	3,8	3,7	3,9	4,2	4,2	4,3	4,7	4,0

Fuente: (IDEAM, 2010)

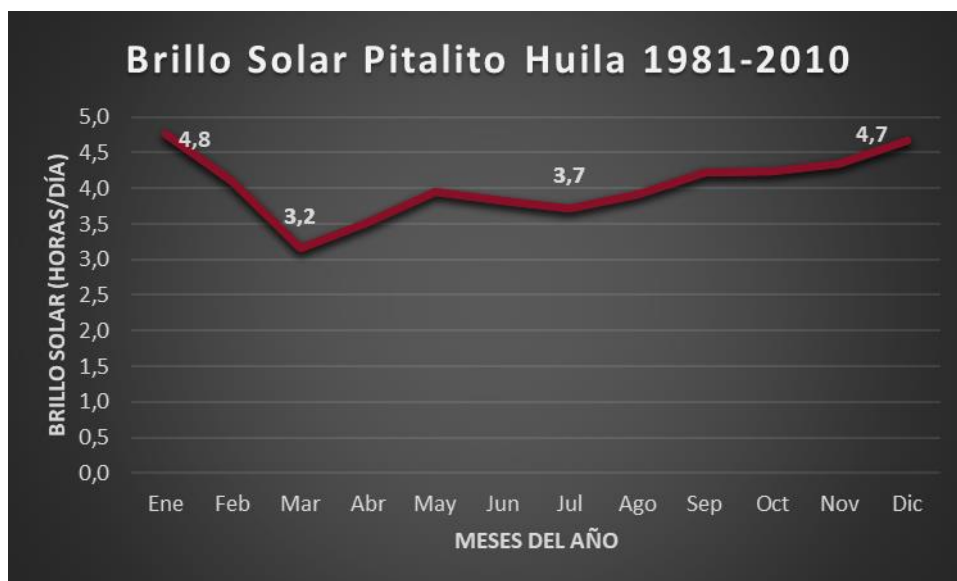


Figura 6. Brillo solar promedio mensual 1981-2010 en Pitalito Huila.

Fuente: (IDEAM, 2010)

2.6.3 Marco Legal

Reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico - RAS

En Colombia, las normas que rigen el estudio, diseño y construcción de los sistemas de acueducto y alcantarillado están sujetas al reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico – RAS; realizado mediante el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, donde se adoptan por la resolución 0330 de 2017.

Dicho reglamento tiene como objetivo “Reglamentar los requisitos técnicos que se deben cumplir en las etapas de planeación, diseño, construcción, puesta en marcha, operación, mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura relacionada con los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo” (Resolución 0330 de 2017)

Esta resolución fue adoptada y por consiguiente significó la derogación de las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009", aunque aun así existen excepciones dadas por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio para hacer uso de la resolución 1096 de 2000. Pero en este caso se hará empleo la mayoría del diseño por la resolución 0330 de 2017 con pocas excepciones del RAS 2000, debido a que es un proyecto que cuenta con estructuras diseñadas antes del año 2017 cuando aún regía esta normatividad.

Capítulo 3

3. Metodología

Con el objetivo de desarrollar el diseño de la ampliación del acueducto existente en la vereda Holanda, se procede a determinar 5 fases que categorizan el orden y las actividades que se deben realizar haciendo énfasis en las necesidades actuales del sistema.

3.1 Fase 1. Proyección de Población y Determinación de la Demanda.

En esta fase se calcularon los valores de diseño del sistema de abastecimiento y distribución a partir de una población futura. Para ello se realizarán:

- Proyección de la población futura.
- Determinación de la dotación neta y bruta de acuerdo con la resolución 0330 de 2017 y a la población proyectada.
- Obtención del caudal máximo diario, caudal máximo horario, coeficiente consumo máximo diario.

3.2 Fase 2. Diagnóstico del sistema de abastecimiento de agua potable.

Es necesario realizar el diagnóstico de las estructuras hidráulicas presentes, para determinar su correcto funcionamiento y capacidad para la población a futuro en el sistema propuesto, en caso de no cumplirse, rediseñarlas. De igual manera, se debe implementar una planta de tratamiento de agua potable, teniendo en cuenta el caudal requerido y los procesos físicos y químicos para el tratamiento del agua; por último, diseñar un tanque de almacenamiento para abastecer a la población en los días que sea requerido, para ello se debe:

- Realizar el diagnóstico de la bocatoma existente para la población proyectada, esto será posible mediante visitas de campo tomando los datos necesarios como las medidas y observando que se encuentre en buenas condiciones físicas, seguido se verificará si se cumple con los requisitos expuestos en la normatividad RAS 2000, en caso de no efectuarse, se debe rediseñar esta estructura.
- Realizar el diagnóstico de la tubería de aducción que va desde la bocatoma hasta el desarenador, para ello se debe realizar visita de campo para verificar el estado físico, tomar medidas, con el fin de verificar si se cumple con los requisitos de la RAS 2000, finalmente realizar cálculos para determinar si las condiciones actuales cumplen o en caso contrario rediseñar de ser necesario.
- Realizar el diagnóstico del desarenador existente en base a un nuevo caudal, realizando visitas en el sitio el cual está ubicado y observando las condiciones en las que se encuentra, además, tomar medidas requeridas para poder hacer el respectivo diagnóstico, si no se cumple esta verificación, se debe rediseñar este elemento.

- Realizar el diagnóstico de la tubería de conducción con base en las velocidades y presiones, debido a que ésta se encuentra enterrada, se realizará la verificación con ayuda de los diseños ya existentes del sistema de riego realizados por el topógrafo, el señor Leonardo Lasso, con toda esta información se verifica que se cumpla con la norma RAS 2000 y en caso de no cumplirse, se procede a rediseñar esta red de tubería.
- Implementación y costos de una planta de tratamiento de agua potable compacta, para ello se debe determinar qué procesos físicos, químicos y biológicos hay que aplicar, es decir, tener una caracterización del agua de la quebrada, en caso de no poder contar con información detallada, como un ejercicio académico, se podrían emplear muestreos de quebradas o ríos cercanos de la misma cuenca; de igual manera, se debe calcular por algún método el caudal de la fuente, para poder suministrar esta información a una empresa que sea la encargada de sugerir una planta de tratamiento con dichas condiciones.
- Diseñar tanque de almacenamiento, puesto que en la actualidad no existe uno, para ello se tendrá en cuenta los parámetros de diseño del libro Elementos de diseño para Acueductos y Alcantarillados (Lopez Cualla, 2003).

3.3 Fase 3. Diseño de la ampliación del sistema de distribución de agua potable.

En esta fase se procederá a calcular los nuevos trayectos que deberán acoplarse al sistema de distribución actual para abastecer completamente la vereda Holanda y dibujar los planos representativos para este proyecto. Para ello se realizará:

- Recopilar la información del sistema actual.
- Modelar por medio de EPANET el nuevo sistema.

3.4 Fase 4. Diseño Estructural

Durante esta etapa se realizará el diseño estructural de las obras hidráulicas faltantes para que este sistema de acueducto funcione de manera adecuada, tales como la bocatoma y el Tanque de almacenamiento; siempre teniendo en cuenta la normatividad vigente para estructuras, Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10).

3.5 Fase 5. Presupuesto.

En esta última fase se procederá inicialmente a realizar la cantidad de obra, ya con toda la información de lo requerido, se llevarán a cabo los análisis de precios unitarios (APU), donde finalmente se obtiene el presupuesto final teniendo en cuenta los costos directos e indirectos.

Capítulo 4

4. Resultados y análisis

4.1 Fase 1. Proyección de Población y Determinación de la Demanda.

Se determino el número de habitantes de la comunidad proyectada y su respectiva capacidad de consumo de agua potable en el año proyectado con el fin de encontrar el caudal de diseño del sistema.

4.1.1 Proyección de la población mediante el método geométrico.

Para el desarrollo de la proyección de la población se realizó una búsqueda en los distintos entes públicos, donde se obtuvo un resultado poco favorable, ya que no había mucha información de esta vereda; por consiguiente, el presidente de la junta de acción comunal realizó la entrega de material bibliográfico, tales como planos, diseños, censo aproximado, entre otros documentos que fueron de ayuda para la realización del proyecto.

Según información recopilada de Aguas del Huila por el ingeniero (Trujillo Castrillón, 2021), se obtiene un registro de la vereda Holanda de un total de 166 viviendas con un aproximado de 5 personas por vivienda, obteniendo una población de total de 830 habitantes, según lo anterior, se clasificó su nivel de complejidad se clasifico la tabla 8.

Tabla 8.

Asignación del nivel de complejidad.

NIVEL DE COMPLEJIDAD	POBLACIÓN EN LA ZONA URBANA (HABITANTES)	CAPACIDAD ECONÓMICA DE LOS USUARIOS
BAJO	< 2500	Baja
MEDIO	2.501 a 12.500	Baja
MEDIO - ALTO	12.501 a 60.000	Media
ALTO	>60.000	Alta

Fuente: RAS 2000 título A

Teniendo en cuenta la tabla 8. sobre las asignaciones del nivel de complejidad, se determina que el nivel de complejidad es bajo, por lo tanto, se procede a revisar la tabla 9 para determinar el método a emplear, los cuales son los siguientes: Método aritmético, geométrico, y exponencial.

Tabla 9.

Métodos de cálculo permitidos según el nivel de complejidad del sistema para la proyección de la población.

NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA				
MÉTODO POR EMPLEAR	BAJO	MEDIO	MEDIO - ALTO	ALTO
<i>Aritmético, geométrico y exponencial</i>	X	X		
<i>Aritmético, geométrico, exponencial, otros</i>			X	X
<i>Por componentes (demográfico)</i>			X	X
<i>Detallar por zonas y detallar densidades</i>			X	X
<i>Método gráfico</i>	X	X		

Fuente: RAS 2000 título B

Debido a que la vereda tiene muy poca información de años atrás como son los censos; se solucionó realizando solo el método geométrico, en vista de que era el método que más cumplía con la poca información que se obtuvo.

Donde:

- P_f , es la población futura.
- P_i , es la población inicial.
- r , es la tasa de crecimiento poblacional.
- n , es el periodo de diseño.

Según (Alcaldía De Pitalito, 2020) la tasa de crecimiento poblacional natural del municipio de Pitalito es de 1.8%.

$$P_i = 5 * 166 = 830 \text{ hab} \quad (1)$$

$$P_f = P_i * (1 + r)^n = 830 * (1 + 1,8\%)^{25} = 1297 \text{ hab} \quad (2)$$

Tabla 10.

Tabla resumen población futura.

TABLA RESUMEN	
Usuarios	166
Habitantes por casa	5
Población actual	830
Tasa de crecimiento (%)	1,8
Años de proyección	25
Población futura	1297

Según la resolución 0330 de 2017 en su artículo 40, se adoptará un periodo de diseño de 25 años para el proyecto, puesto que se considera que la población presenta un nivel de complejidad de sistema bajo.

4.1.2 Determinación de la dotación neta y bruta de acuerdo con la resolución 0330 de 2017 y a la población proyectada.

Teniendo en cuenta la resolución 0330 de 2017, donde se expone que la dotación neta debe determinarse haciendo uso de información histórica de los consumos de agua potable de los suscriptores, siempre y cuando los datos sean consistentes; pero en todos los casos se deberá utilizar un valor de dotación neta que no supere los máximos establecidos en la tabla 11.

Tabla 11.

Dotación neta máxima por habitante según la altura sobre el nivel del mar de la zona atendida.

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

Fuente: Res.0330 de 2017

De acuerdo con la altura promedio sobre el nivel del mar de la zona atendida que en el caso de Pitalito es de 1318 m.s.n.m, se adopta una dotación neta de 130 L/háb-día. Por consiguiente 1 habitante consume 130 litros de agua al día.

Dotación Bruta

Según la resolución 0330 de 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:

$$D_{bruta} = \frac{D_{neta}}{1 - \%P} \quad (3)$$

Donde:

- D_{bruta} , es la dotación bruta.
- D_{neta} , es la dotación neta.
- $\%P$, es el porcentaje de pérdida admisible.

El porcentaje de pérdidas técnicas máximas en la ecuación anterior engloba el total de pérdidas esperadas en todos los componentes del sistema (como conducciones, aducciones y redes), así como las necesidades de la planta de tratamiento de agua potable, y no debe superar el 25%. (Resolución 0330 de 2017)

$$P_{bruta} = \frac{D_{neta}}{1 - \%P} = \frac{130 \text{ L/s}}{1 - 0,25} = 174 \frac{\text{L}}{\text{hab} * \text{dia}} \quad (4)$$

4.1.3 Obtención del caudal medio diario, caudal máximo diario, caudal máximo horario, coeficiente consumo máximo.

- Caudal medio diario

Es el caudal promedio obtenido de un año de registros y es la base para la estimación del caudal máximo diario y del máximo horario, este caudal, expresado en litros por segundo. (López Cualla, 2003)

$$Q_{medio} = \frac{p * D_{bruta}}{86400} \quad (5)$$

$$Q_{medio} = \frac{1297hab * 174 \frac{L}{hab}}{86400} \quad (6)$$

$$Q_{medio} = 2,612 \frac{l}{seg} \quad (7)$$

Donde:

- Q_{medio} , es el caudal medio.
- p , es la población proyectada.
- D_{bruta} , es la dotación bruta.

- Caudal máximo diario

Es la demanda máxima que se presenta en un día del año. En otras palabras, representa el día de mayor consumo en el año. (López Cualla, 2003)

Se calcula multiplicando el caudal medio diario por el coeficiente de consumo máximo diario k_1 . Donde según la Res 0330 de 2017 y el libro (Elementos de diseño para acueductos y alcantarillado de López Cualla), para sistemas nuevos y poblaciones menores a 12.500, se adopta un coeficiente k_1 de 1.3.

$$Q_{maxdiario} = Q_{medio} * K_1 \quad (8)$$

$$Q_{maxdiario} = 2,612 \frac{l}{seg} * 1,30 \quad (9)$$

$$Q_{maxdiario} = 3,396 \frac{l}{seg} \quad (10)$$

Donde:

- $Q_{maxdiario}$, es el caudal máximo diario.
- K_1 , es el coeficiente de consumo diario.

- Caudal máximo horario

Corresponde a la demanda máxima que se presenta en una hora durante un año completo. (López Cualla, 2003)

Se calcula multiplicando el caudal medio diario por el coeficiente de consumo máximo horario k_2 . Donde según la Res 0330 de 2017, para sistemas nuevos se adopta un coeficiente k_2 de 1.7.

$$Q_{maxhorario} = Q_{medio} * K_2 \quad (11)$$

$$Q_{maxhorario} = 2,612 \frac{l}{seg} * 1,7 \quad (12)$$

$$Q_{maxhorario} = 4,423 \frac{l}{seg} \quad (13)$$

Donde:

- K_2 , es el coeficiente de consumo máximo horario.
- $Q_{maxhorario}$, es el caudal máximo horario.

4.2 Fase 2. Diagnóstico del sistema de abastecimiento de agua potable.

4.2.1 Diagnóstico de la bocatoma existente.

Análisis de Caudal del Afluente

Después de realizar una visita de campo, se concluyó que la quebrada La Palma presenta un caudal medio de 131,05 L/s. Este caudal fue medido con el método del flotador, para ello se tomaron datos en una sección uniforme de la quebrada; donde se tiene un largo de 8,2 m y un ancho de 2,5 m.

Se obtuvo un tiempo de 16,79 segundos al realizar un promedio de los lanzamientos del flotador. Obteniendo una velocidad de 48,84 cm/s. Se calculó el área transversal de la sección, obteniendo un total de 3354 cm². Para finalizar se procedió a calcular el caudal mediante la ecuación 14 y se multiplicó por el coeficiente de fricción del suelo de 0,8.

$$Q = A * V \quad (14)$$

Donde:

- Q, Caudal en litros por segundo, L/s
- V, Velocidad, cm/s

En la tabla 12 se adjunta un resumen de manera más organizada de los valores obtenidos y del caudal calculado:

Tabla 12.

Cálculo del caudal mediante el método del flotador.

CÁLCULO CAUDAL METODO DEL FLOTADOR		
DIST. RECORRIDO	820	cm
ANCHO RÍO	250	cm
VEL. PROMEDIO	48,839	cm/s
TIEMPO PROMEDIO	16,79	s
ÁREA DEL CORTE	3354,166667	cm ²
CAUDAL	163812,785	cm ³ /s
CAUDAL FINAL (0,8)	131,05	Litros/s

Esta medición se realizó el día 7 de agosto de 2022, se adjuntan la figura 7 del procedimiento realizado.



Figura 7. Punto de toma de muestra.



Figura 8. Aforo del caudal.

Bocatoma

Se realizó la visita a la bocatoma de fondo, empleando la ayuda del dron se obtuvieron las coordenadas: 1°46'41.8512" N 76°8'46.878" W; esta bocatoma recauda un caudal aproximado 16,4 L/s, la información se extrajo de archivos sobre el proyecto del sistema de riego que tenía el topógrafo Leonardo Lasso y se encuentra funcionando las 24 horas, se realizaron las mediciones a las partes que conforman esta estructura, Figura 9, como por ejemplo la presa, la rejilla, cámara de recolección, etc. Se observó que la presa que retiene el agua está hecha de forma rudimentaria con rocas y concreto y un tabique móvil que funciona como resalto hidráulico. A realizar un análisis con las dimensiones de la bocatoma actual (ANEXO B) para su verificación se determina que no está cumpliendo con la normatividad para su correcto funcionamiento y mantenimiento, por otra parte, la cámara de recolección está cubierta por arenas sedimentadas lo cual afecta a su normal funcionamiento. A continuación, se observa un resumen del análisis realizado a cada una de las partes de la bocatoma, donde se observa qué parámetros no se cumplen actualmente:



Figura 9. Medición de las dimensiones de la bocatoma.

- **Presa:**

Tabla 13.

Resumen diagnóstico a la presa.

Tabla Resumen Presa			
Variable	Criterio según Lopez,2013	Calculo	Cumple criterio
Vp	$0,3 \text{ m/s} \leq Vp \leq 3\text{m/s}$	0,264m/s	No

Como se puede comprobar la velocidad del agua por encima de la rejilla no cumple con lo establecido en la normatividad vigente Ras 2000 donde se tiene criterio de velocidad comprendido entre 0,3m/s y 3m/s, resultando una velocidad de 0,264 siendo inferior a la mínima permitida.

- **Rejilla y canal de aducción:**

Tabla 14.

Resumen diagnostico a la rejilla y canal de aducción.

Tabla Resumen Rejilla y Canal de Aduccion			
Variable	Criterio según Ras 2000	Calculo	Cumple criterio
Xs	$Xs < B$	0,21m < 0,15m	No
Vb	$Vb < 0,15\text{m/s}$	0,25m/s	No

El alcance del chorro no cumple con lo estipulado en la normal vigente Ras 2000, siendo de una medida mayor al borde libre. Por otro lado, la velocidad de entrada al canal tiene como resultado no cumplir con los criterios de la norma donde debe ser menor a 0,15 m/s para poder controlar el arrastre de materiales flotantes.

- **Cámara de recolección**

Tabla 15.

Resumen diagnostico a la cámara de recolección.

Tabla Resumen Camara de Recoleccion			
Variable	Criterio según Lopez,2013	Calculo	Cumple criterio
Xs	$Xs \leq B$	0,5m < 0,8m	Si
B	$1,2\text{ m} \leq B \leq 1,5\text{m}$	0,8	No
Ve	$0,3\text{ m/s} \leq Ve \leq 3\text{m/s}$	0,960m/s	Si

Si bien el alcance del agua "Xs" es menor al ancho de la cámara de recolección, esta última no presenta las dimensiones necesarias para facilitar las labores de mantenimiento y limpieza recomendadas por López (2003) de 1.2mx1.5m. Respecto a la velocidad, cumple a lo exigido en el criterio de estar entre 0,3m/s y 3 m/s.

- **Muros de contención**

Tabla 16.

Resumen diagnostico a los muros de contención.

Tabla Resumen Muro de Contencion			
Variable	Criterio según Lopez,2013	Calculo	Cumple criterio
H	$H_i \leq H$	$0,193\text{m} \leq 0,5\text{m}$	Si

La altura teórica para los muros de contención es inferior a la que presenta el muro de menor altura de la estructura de captación cumpliendo este criterio.

- **Cámara de recolección**

Tabla 17.

Resumen diagnóstico a la cámara de recolección.

Tabla Resumen Camara de Excesos			
Variable	Criterio según Lopez,2013	Calculo	Cumple criterio
Xs	$Xs \leq B$	0,23m < 1,2m	Si
Vexc	$0,3 \text{ m/s} \leq Vexc \leq 3 \text{ m/s}$	0,245m/s	No

De igual manera la cámara de recolección cumple con las dimensiones para facilitar las labores de mantenimiento y limpieza recomendadas por López (2003). Respecto a la velocidad es menor a los criterios establecidos de estar entre 0,3 m/s y 3 m/s.



Figura 10. Tuberías salientes de la cámara de recolección.

El caudal de recolección de 16,4 L/s cumple con las especificaciones que se mostraron anteriormente, pero se encontró una bocatoma hecha de forma muy precaria y no cumple con ciertas especificaciones de la norma RAS 2000 como lo son las dimensiones, debido a que no sirven para un buen mantenimiento y limpieza, esta debe ser reemplazada por una nueva bocatoma con un mejor diseño a largo plazo.

En la figura 11 se puede observar el estado actual de la bocatoma, evidenciándose el estado en el que se encuentra y su funcionamiento.



Figura 11. Estado actual de la bocatoma.

4.2.1.1 Diseño Bocatoma de Fondo.

Para el diseño de la bocatoma de fondo se tienen los siguientes datos de entrada: (Ver tabla 18).

Tabla 18.

Datos de entrada para el diseño de la Bocatoma.

DISEÑO DE BOCATOMA			
CAUDALES	DOTACION BRUTA		
	dneta (L/hab*día)	Perdidas	dbruta (L/hab*día)
	130	0,25	173,333
	CAUDAL MEDIO DIARIO		
	Qmd (l/s)	2,6	
	CAUDAL MAXIMO DIARIO		
	K1	QMH (l/s)	
	1,3	3,382	
	CAUDAL MAXIMO HORARIO		
	K2	QMH (l/s)	
1,5	4,423		

DISEÑO DE LA PRESA:**Caudal de diseño**

Para definir el caudal de diseño se tiene en cuenta la resolución 0330 donde estipula que este es hasta 2 veces el QMD. (Ver la figura 12)

COMPONENTE	CAUDAL DE DISEÑO
Captacion fuente superficial	Hasta 2 veces QMD
Captacion fuente subterranea	QMD
Desarenador	QMD
Aduccion	QMD
Tanque	QMD
Red de distribucion	QMH

Figura 12. Caudales de diseño.

Fuente: Resolución 0330 de 2017.

$$Q = 0,0135 \frac{m^3}{s} \quad (15)$$

Los siguientes cálculos fueron sacados del libro López Cualla.

- **Altura de la lámina de agua.**

$$H = \left(\frac{QD}{1.84 * L} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (16)$$

$$H = \left(\frac{\frac{0.0135m^3}{s}}{1.84 * 1.5m} \right)^{\frac{2}{3}} = 0.0288m \quad (17)$$

- **Corrección de la longitud.**

Se presentan dos contracciones laterales.

$$L' = L - 0.1 * n * H \quad (18)$$

$$L' = 1.5m - 0.1 * 2 * 0.0288m = 1.49m \quad (19)$$

Donde,

n : número de contracciones laterales.

L' : longitud del vertimiento corregida.

L : longitud del vertimiento.

H : Altura de la lámina del agua.

- **Velocidad del agua sobre la presa Corregida.**

$$Vp = \frac{QD}{L' * H} \quad (20)$$

$$Vp = \frac{\frac{0.0135m^3}{s}}{1.49m * 0.0288m} = \frac{0.313m}{s} \quad (21)$$

$$\frac{0.3m}{s} < Vp < \frac{3m}{s} \rightarrow Ok$$

DISEÑO DE LA REJILLA Y DEL CANAL DE ADUCCION.

- **Alcance del chorro.**

$$Xs = 0.36 * Vp^{\frac{2}{3}} + 0.6 * H^{\frac{4}{7}} \quad (22)$$

$$Xs = 0.36 * \frac{0.313m^{\frac{2}{3}}}{s} + 0.6 * 0.0288m^{\frac{4}{7}} = 0.245m \quad (23)$$

- **Alcance del filo interior.**

$$Xi = 0.18 * Vp^{\frac{4}{7}} + 0.74 * H^{\frac{3}{4}} \quad (24)$$

$$Xi = 0.18 * \frac{0.313m^{\frac{4}{7}}}{s} + 0.74 * 0.0288m^{\frac{3}{4}} = 0.144m \quad (25)$$

- **Ancho del canal de aducción.**

$$Bd = Xs + 0.1m \quad (26)$$

$$Bd = 0.245m + 0.1m = 0.345m \rightarrow Se\ toma\ 0.35m \quad (27)$$

Donde:

X_s = Alcance filo superior (m)

X_i = Alcance filo inferior (m)

V_p = Velocidad del río (m/s)

H = Profundidad de la lámina de agua sobre la presa (m)

B_d = Ancho del canal de aducción (m)

- **Rejilla**

Si se utiliza una rejilla con barrotes en la dirección del flujo, el área neta de la rejilla se determina mediante la siguiente expresión:

$$A_{neta} = a * B * N \quad (28)$$

Donde

A_{neta} = área neta de la rejilla (m²)

a = Separación entre barrotes (m)

N = Número de orificios entre barrotes

Siendo b el diámetro de cada barrote, la superficie total de la rejilla aproximadamente es:

$$A_{total} = (a + b) B N \quad (29)$$

Haciendo la relación entre el área neta y el área total, se obtiene:

$$\frac{A_{neta}}{A_{total}} = \frac{a}{a + b} \quad (30)$$

$$A_{neta} = \frac{a}{a + b} A_{total} \quad (31)$$

- **Separación entre barrotes.**

Según la resolución 0330 del 2017 al utilizarse rejas gruesas los barrotes deben tener una distancia entre 4 a 10 cm, para este diseño se adoptó de 5 cm.

ART.186 – Requisitos mínimos de diseño para rejillas:

Las rejillas deben colocarse aguas arriba de cualquier dispositivo de tratamiento subsecuente que sea susceptible de obstruirse por el material grueso que trae el agua residual sin tratar. Se consideran rejas gruesas aquellas en que sus barrotes distan entre sí de 4 a 10cm, rejas medias entre 2 y menores de 4cm, y rejas finas entre 1 y menores a 2cm. (Resolución, 2017)

*Se toma 3/4" de diametro de barrotes (0.0191m), separados cada 5cm.
Velocidad entre barrotes asumida de 0.2m/s*

- **Área Neta de la rejilla.**

$$An = \frac{Q}{0.9 * Vb} \quad (32)$$

$$An = \frac{\frac{0.0135m^3}{s}}{0.9 * \frac{0.2m}{s}} = 0.075m^2 \quad (33)$$

- **Longitud de la rejilla.**

$$Lr = \frac{An * (0.05m + 0.0191m)}{0.05m * B} \quad (34)$$

$$Lr = \frac{0.075m^2 * (0.05m + 0.0191m)}{0.05m * 0.35m} = 0.296m \quad (35)$$

→ *Se tomara por diseño una longitud de rejilla de 0.5m*

- **Recalculo de Área Neta.**

$$An = \frac{0.05m}{0.05m + 0.0191m} * B * Lr \quad (36)$$

$$An = \frac{0.05m}{0.05m + 0.0191m} * 0.35m * 0.5m = 0.126m^2 \quad (37)$$

- **Numero de orificios.**

$$N = \frac{An}{0.05m * Lr} \quad (38)$$

$$N = \frac{0.126m^2}{0.05m * 0.296m} = 7.23 \rightarrow 8 \quad (39)$$

Se adoptaron 8 orificios, separados entre si cada 5 cm, lo cual se tiene las siguientes condiciones finales.

$$An = 0.05 * B * N \quad (40)$$

$$An = 0.05 * 0.35m * 8 = 0.14m^2 \quad (41)$$

- **Velocidad entre barros.**

$$Vb = \frac{Q}{0.9 * An} \quad (42)$$

$$Vb = \frac{\frac{0.0135m^3}{s}}{0.9 * 0.14m^2} = \frac{0.107m}{s} \quad (43)$$

- **Longitud de la rejilla real.**

$$Lr = \frac{An * (0.05m + 0.0191m)}{0.05m * B} \quad (44)$$

$$Lr = \frac{0.14m^2 * (0.05m + 0.0191m)}{0.05m * 0.35m} = 0.552m \quad (45)$$

→ Se tomara una rejilla de 0.6m de longitud final

NIVELES DE AGUA EN EL CANAL DE ADUCCION.

- Aguas abajo.

$$he = hc = \left(\frac{Q^2}{g * B^2} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (46)$$

Donde,

he: profundidad aguas abajo.

hc: profundidad critica.

g : aceleración de la gravedad.

Q : caudal de diseño.

B : ancho del canal de aducción.

$$he = \left(\frac{\left(\frac{0.0135m^3}{s} \right)^2}{\frac{9.81m}{s^2} * (0.35m)^2} \right)^{\frac{1}{3}} = 0.0534m \quad (47)$$

- Aguas Arriba.

Pendiente: $i = 3\%$

$$Lc = Lr + 0.3m = 0.6m + 0.3m = 0.9m \quad (48)$$

$$ho = \left(2 * he^2 + \left(he - \frac{i * Lc}{3} \right)^2 \right)^{\frac{1}{2}} - \frac{2 * i * Lc}{3} \quad (49)$$

Donde,

ho : profundidad aguas arriba.

i : pendiente del fondo del canal.

lc : longitud de canal.

he : profundidad aguas abajo.

$$ho = \left(2 * 0.0534m^2 + \left(0.0534 - \frac{0.03 * 0.9m}{3} \right)^2 \right)^{\frac{1}{2}} - \frac{2 * 0.03 * 0.9m}{3} = 0.0696m \quad (50)$$

- Altura total de los muros del canal de aducción.

$$Ho = ho + 0.15m = 0.0696m + 0.15m = 0.219m \quad (51)$$

$$He = Ho + i * Lc = 0.219m + 0.03 * 0.9m = 0.246m \quad (52)$$

- Velocidad del agua al final del canal.

$$Ve = \frac{Q}{B * he} \quad (53)$$

$$Ve = \frac{\frac{0.0135m^3}{s}}{0.35m * 0.0534m} = \frac{0.723m}{s} \quad (54)$$

$$\frac{0.3m}{s} < Ve < \frac{3m}{s} \rightarrow Ok$$

DISEÑO DE LA CAMARA DE RECOLECCION

- Alcance filo superior.

$$Xs = 0.36 * Ve^{\frac{2}{3}} + 0.6 * he^{\frac{4}{7}} \quad (55)$$

$$Xs = 0.36 * \frac{0.723m^{\frac{2}{3}}}{s} + 0.6 * 0.0534m^{\frac{4}{7}} = 0.51m \quad (56)$$

- Alcance filo inferior

$$Xi = 0.18 * Ve^{\frac{4}{7}} + 0.74 * he^{\frac{3}{4}} \quad (57)$$

$$Xi = 0.18 * \frac{0.723m^{\frac{4}{7}}}{s} + 0.74 * 0.0534m^{\frac{3}{4}} = 0.29m \quad (58)$$

- Ancho de la cámara.

$$Bcamara = Xs + 0.3m = 0.51m + 0.3m = 0.81m \quad (59)$$

Por temas de acceso y mantenimiento se toma una camara de 1.2m x 1.5m

CALCULO DE LA ALTURA DE LOS MUROS DE CONTENCIÓN

$$Hi = \left(\frac{QMaxquebrada}{1.84 * L} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (60)$$

$$Hi = \left(\frac{\frac{0.393m^3}{s}}{1.84 * 1.5m} \right)^{\frac{2}{3}} = 0.272m \quad (61)$$

$$BL = 0.3m$$

$$H = Hi + BL = 0.272m + 0.3m = 0.572m \quad (62)$$

→ Se tomara 0.6m

CALCULO DEL CAUDAL DE EXCESOS

Dentro de las condiciones iniciales de diseño se ha supuesto un caudal medio del rio de 0.131 m³/s.

- Altura de la lámina del agua en la garganta

$$H_i = \left(\frac{Q_{Medquebrada}}{1.84 * L} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (63)$$

$$H_i = \left(\frac{\frac{0.131m^3}{s}}{1.84 * 1.5m} \right)^{\frac{2}{3}} = 0.131m \quad (64)$$

- Caudal de excesos

$$Q_{cap} = C_d * A_n * \sqrt{2 * g * H} \quad (65)$$

$$Q_{cap} = 0.3 * 0.14m^2 * \sqrt{2 * \frac{9.81m}{s^2} * 0.131m} = \frac{0.067m^3}{s} \quad (66)$$

$$Q_{exc} = Q_{cap} - Q_d \quad (67)$$

$$Q_{exc} = \frac{0.067m^3}{s} - \frac{0.0135m^3}{s} = \frac{0.0538m^3}{s} \quad (68)$$

Las condiciones en el vertedero de excesos serán:

- **Altura de excesos.**

$$H_{exc} = \left(\frac{Q_{exc}}{1.84 * B_{camara}} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (69)$$

$$H_{exc} = \left(\frac{\frac{0.0538m^3}{s}}{1.84 * 1.2m} \right)^{\frac{2}{3}} = 0.107m \quad (70)$$

- **Velocidad de excesos.**

$$V_{exc} = \frac{Q_{exc}}{H_{exc} * B_{camara}} \quad (71)$$

$$Vexc = \frac{0.0538m^3}{s} = \frac{0.418m}{s} \quad (72)$$

$$Xs = 0.36 * Vexc^{\frac{2}{3}} + 0.6 * Hexc^{\frac{4}{7}} \quad (73)$$

$$Xs = 0.36 * \frac{0.418m^{\frac{2}{3}}}{s} + 0.6 * 0.107m^{\frac{4}{7}} = 0.368m \quad (74)$$

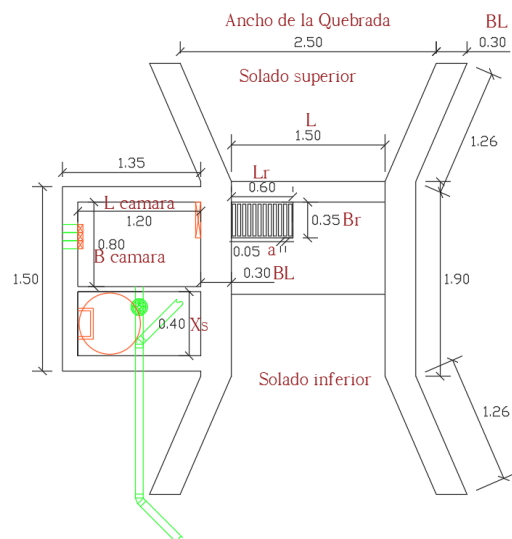
Se adjunta Tabla 19, con un resumen de todas las variables calculadas para cada una de las partes de la bocatoma, de igual manera en la figura 13 se observa un esquema con algunas de estas variables calculadas de la bocatoma en vista de planta.

Tabla 19.

Parámetros de los elementos de la bocatoma.

RESUMEN DATOS DISEÑO DE LA BOCATOMA			
CAUDALES	DOTACION BRUTA		
	dneta(L/hab*día)	Perdidas	dbruta (L/hab*día)
	130	0,25	173,333
	CAUDAL MEDIO DIARIO		
	Qmd (l/s)	2,6	
	CAUDAL MAXIMO DIARIO		
	K1	QMH (l/s)	
	1,3	3,382	
	CAUDAL MAXIMO HORARIO		
	K2	QMH (l/s)	
1,5	4,423		
PRESA	LAMINA DE AGUA		
	H	0,0288	m
	LONGITUD DE LA VERTIENTE		
	L	1,50	m
	CORRECCION DE LA LONGITUD		
	L'	1,49	m
	CONTRACCIONES LATERALES		
VELOCIDAD DEL RIO			
Vp	0,313	m/s	
CANAL DE ADUCCION	ALCANCE DEL CHORRO		
	Xs	0,245	m
	AICANCE DEL FILO INFERIOR		
	Xi	0,144	m
ANCHO DEL CANAL DE ADUCCION			
Bd	0,35	m	
REJILLA	SEPARACION ENTRE BARRATES		
	a	0,05	m
	AREA NETA DE LA REJILLA		
	An	0,075	m ²
	NUMERO DE ORIFICOS		
	N	8	
	AREA NETA DE LA REJILLA CORREGIDA		
	Anc	0,126	m ²
LARGO DE LA REJILLA			
Lr	0,6	m	

	DIAMETRO DE LOS BARRTORES		
	b(3/4')	0,019	m
NIVELES DEL CANAL DE ADUCCION	AGUAS ABAJO		
	he	0,0534	m
	ACELERACION DE LA GRAVEDAD		
	g	9,81	m/s ²
	LONGITUD DEL CANAL		
	Lc	0,9	m
	PENDIENTE DEL FONDO DEL CANAL		
	i	3	%
	AGUAS ARRIBA		
	Ho	0,0696	
	BORDE LIBRE		
	Bl	0,15	m
	ALTURA DE LOS MUROS DEL CANAL DE ADUCCION		
	He	0,246	
	ALTURA MINIMA DEL CANAL		
Ho	0,219	m	
VELOCIDAD DEL AGUA AL FINAL DEL CANAL			
Ve	0,723	m/s	
DISEÑO CAMARA DE RECOLECCION	ALCANCE FILO SUPERIOR		
	Xs	0,51	m
	ALCANCE DEL FILO INFERIOR		
	Xi	0,29	m
	ANCHO DE LA CAMARA		
Bcamara	0,80	m	
MURO DE CONTENICION	ALTURA		
	Hi	0,272	m
	BORDE LIBRE		
	Bl	0,3	m
	ALTURA TOTAL		
H	0,6	m	
CAUDAL DE EXCESOS	ALTURA DE LA LAMINA DEL AGUA EN LA GARGANTA		
	Hi	0,131	m
	CAUDAL DE EXCESOS		
	Qcap	0,0538	m ³ /s
	ALTURA DE EXCESOS		
	Hexc	0,107	m
	VELOCIDAD DE EXCESOS		
	Vexc	0,418	m/s
XS			
	0,40	m	



Diseño en planta Bocatoma

Figura 13. Diseño en planta de la bocatoma con las variables calculadas.

4.2.2 Diagnóstico de la tubería de aducción

Se observa de igual manera en la visita de campo, la tubería de aducción que conduce el agua desde la bocatoma al desarenador se determina que está en condiciones aceptables, aunque algunas conexiones no se ven muy bien físicamente, se observa que dos filtraciones de agua en la entrada al desarenador sería necesario realizar un mejoramiento; en la figura 14 se puede observar el estado de la tubería que está hecha en PVC, donde se evidencia una de las conexiones nombradas obteniendo un diámetro de 3 pulgadas. El largo de la tubería fue tomado a partir de las conexiones entre las coordenadas de la bocatoma y el desarenador dando como resultado 65,65 metros y cuenta con una tubería de 3" para el recorrido.

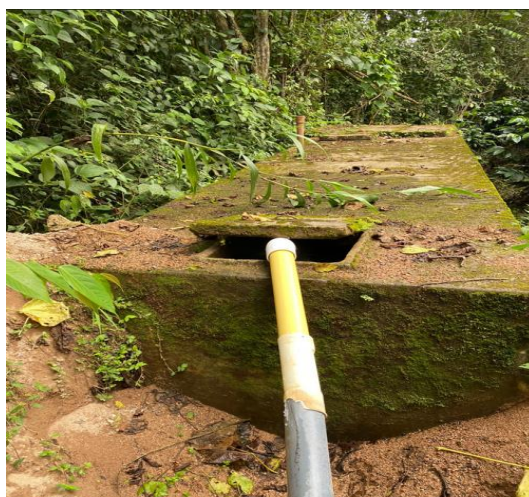


Figura 14. Estado actual de la tubería de aducción.

Posteriormente se procede a realizar el cálculo de verificación de la velocidad y presión con la que llega el agua al desarenador y observar si cumple con lo especificado.

Tabla 20.

Datos Iniciales Aducción.

Qdiseño	0,003382608	m ³ /s
Diámetro	0,0762	m
Área	0,0045	m ²
Ks (PVC)	0,0000015	m
Longitud	65,65	m
Viscosidad cinemática	0,00000114	m ² /s
Cota superior	1510	msnm
Cota inferior	1500	msnm

PENDIENTE

$$s = \frac{1510 - (1500)}{65,65} * 100 = 15.27\% \quad (75)$$

VELOCIDAD DE TUBERÍA- Ras2000 B.6.4.4.10

$$V = \frac{Q}{A} \quad (76)$$

$$V = \frac{0.003382m^3/s}{0.0045m^2} = \frac{0.741m}{s} \quad (77)$$

Según la RAS 2000 en el título B.6.4.4.10, la velocidad mínima de la tubería debe ser de 0,5 m/s considerando que funcione a gravedad y su máxima velocidad teniendo en cuenta la vulnerabilidad a fenómenos de abrasión y erosión debe ser de 6 m/s; por consiguiente, la velocidad de esta tubería de 0,741 m/s cumple con lo estipulado.

PERDIDAS DE ENERGIA B.6.4.4.6

$$Re = \frac{V * \phi}{\nu} = \frac{\frac{0.741m}{s} * 0.076m}{\frac{0.00000114m^2}{s}} = 49579.38 \rightarrow \text{Flujo turbulento} \quad (78)$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 * \text{Log}_{10} \left(\frac{Ks}{3.7 * \phi} + \frac{2.51}{Re * \sqrt{f}} \right) \quad (79)$$

Cuando se igualen se encuentra el valor de f .

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 * \text{Log}_{10} \left(\frac{0.0000015m}{3.7 * 0.076m} + \frac{2.51}{49579.38 * \sqrt{f}} \right) \rightarrow f = 0.021 \quad (80)$$

$$h_f = f * \left(\frac{L}{\phi} \right) * \left(\frac{V^2}{2 * g} \right) = 0.021 * \left(\frac{65.65m}{0.076m} \right) * \left(\frac{\left(\frac{0.741m}{s} \right)^2}{2 * \frac{9.81m}{s^2}} \right) = 0.507m \quad (81)$$

$$\Delta z = Z1 - Z2 = 1510 - 1500 = 3.5m \quad (82)$$

$$P = \Delta Z - h_f = 10m - 0.507m = 9.49 \text{ m. c. a} \quad (83)$$

La presión mínima en la tubería de aducción según la RAS 2000 en título B.6.4.4.6 estipula que debe ser por lo menos de 5.0 m.c.a sobre la cota de terreno, por consiguiente cumple con la presión dada de 9.5 m.c.a.

Tabla 21.

Resumen parámetros de tubería de aducción.

Tabla Resumen Aduccion			
Variable	Criterio según Ras2000	Calculo	Cumple criterio
Velocidad (V)	$0,5 < V < 6 \text{ m/s}$	0,741 m/s	SI
Presion (P)	$P > 5\text{mca}$	9,5mca	SI

4.2.3 Diagnóstico del desarenador.

Existe un desarenador a 65.65 metros de la bocatoma con coordenadas $1^\circ 46' 43.619'' \text{ N}$ y $76^\circ 8' 48.2023'' \text{ W}$; este cuenta con unas dimensiones de 1.8m x 7.2m y una profundidad de 1.2m, debido a que la población es muy pequeña y tiene un sistema de complejidad bajo, una sola estructura es más que suficiente según la RAS 2000 en el título B.4.6, sin embargo se deben de efectuar el diagnostico para encontrar la velocidad de sedimentación de las partículas, además de esto también se rectificara el diámetro de la partícula máxima a sedimentar, las relaciones existentes en las dimensiones del desarenador, el volumen de sedimentos y las pendientes que tenga.

Cabe destacar que su superficie está cubierta por vegetación y no cuenta con una forma fácil para la limpieza de este, además de que la tapa por donde entra la tubería de aducción permanece abierta y no cuenta con una válvula para el cierre del agua cuando se haga el respectivo mantenimiento.



Figura 15. Desarenador actual.

Se realiza a continuación el cálculo de los parámetros que hacen parte del diagnóstico del desarenador, estos parámetros y sus condiciones de óptimo están establecidos en el RAS 2000 título B.6.4

Se obtuvieron los siguientes datos del desarenador.

Tabla 22.

Datos del desarenador.

QD [L/s]	A [m ²]	ρ_s [gr/cm ³]	ρ [gr/cm ³]	v [cm ² /s]	H [m]	B [m]	L [m]	Δz [m]	A sedimentos [m ²]
3,3826	12,6	2,65	1	0,0114	1,2	1,8	7,2	0,175	2,32

De acuerdo con RAS2000 B.4.6.3

$$\frac{V_s}{V_c} = 4 \quad (84)$$

De acuerdo con RAS2000 B.4.6.4

- El largo debe ser como mínimo 4 veces el ancho.

$$\frac{L}{B} \geq 4 \rightarrow \frac{L}{B} = \frac{7.2}{1.8} = 4 \rightarrow \text{cumple} \quad (85)$$

Cálculo de la carga superficial:

$$q = \frac{QD}{A} = \frac{3.38L}{s} * \frac{1m^3}{1000L} * \frac{86400s}{dia} = \frac{22.55m^3}{m^2 * dia} \quad (86)$$

De acuerdo con RAS2000 B.4.6.4

- La carga superficial máxima será de 1000 m³/m²/día del área horizontal.

$$q < \frac{1000m^3}{m^2 * dia} \rightarrow \text{cumple} \quad (87)$$

Calculo de la velocidad de sedimentación de la partícula críticas teorizada:

$$V_o = q = \frac{22.55 * 100}{86400} = \frac{0.0261cm}{s} \quad (88)$$

Se calcula el diametro de partícula crítica:

$$d_o = \sqrt{\frac{V_o * 18 * v}{g * (\rho_s - \rho)}} = \sqrt{\frac{0.0261cm}{s} * 18 * \frac{0.0114cm^2}{s}}{981 * \left(\frac{2.65gr}{cm^3} - \frac{1gr}{cm^3}\right)} = 0.0018cm \quad (89)$$

Calculo de la velocidad de sedimentación de la partícula real:

$$V_s = 4 * V_o = 4 * \frac{0.0261cm}{s} = \frac{0.104cm}{s} \quad (90)$$

$$d = 4 * d_o = 4 * 0.0018cm = 0.0073cm \quad (91)$$

De acuerdo con Ras2000 B.4.6.3

$$d \leq 0.015cm \rightarrow \text{cumple} \quad (92)$$

Calculo del numero de Reynolds de la particula:

$$Re = \frac{V_s * d}{\nu} = \frac{\frac{0.104cm}{s} * 0.0073cm}{\frac{0.0114cm^2}{s}} = 0.066 \quad (93)$$

De acuerdo con Ras2000 B.4.6.3

- Ley de Stock (Re<1)

$$Re < 1 \rightarrow \text{cumple} \quad (94)$$

Calculo del tiempo de sedimentacion de la particula:

$$t = \frac{H}{V_s} = \frac{120cm}{0.104cm/s} = 1149.4s \quad (95)$$

Calculo del tiempo de retencion de la particula:

$$\theta = \frac{V_s}{V_c} * t = \frac{4 * 1149.4s}{60s/min} = 76.62 \text{ min} \quad (96)$$

De acuerdo con Ras2000 B.4.6.4

- El tiempo de retención de las partículas muy finas no debe ser menor de 20 minutos.

$$\theta \geq 20min \rightarrow \text{cumple} \quad (97)$$

Calculo de la velocidad horizontal:

$$V_h = \frac{QD}{H * B} = \frac{\frac{3.38L}{s} * \frac{1m^3}{1000L}}{1.2m * 1.8m} = \frac{0.0015m}{s} \quad (98)$$

De acuerdo con Ras2000 B.4.6.3

- Entre la velocidad horizontal de flujo en el desarenador y dicha velocidad de asentamiento debe ser inferior a 20

$$\frac{V_h}{V_s} < 20 = \frac{\frac{0.0015m}{s}}{\frac{0.00107m}{s}} = 1.4 \rightarrow \text{cumple} \quad (99)$$

Cálculo de la velocidad horizontal máxima:

$$V_{hmax} = 20 * V_s = 20 * \frac{0.104cm}{s} = \frac{0.0208m}{s} \quad (100)$$

De acuerdo con Ras2000 B.4.6.3

- La velocidad máxima horizontal debe ser de 0.25 m/s

$$V_{hmax} < \frac{0.25m}{s} \rightarrow \text{cumple} \quad (101)$$

Cálculo de la altura del agua en el vertedero de salida:

$$H_v = \left(\frac{QD}{1.84 * L} \right)^{\frac{2}{3}} = \left(\frac{\frac{3.38L}{s} * \frac{1m^3}{1000L}}{1.84 * 7.2m} \right)^{\frac{2}{3}} = 0.004m \quad (102)$$

Cálculo de velocidad en el vertedero de salida:

$$V_v = \frac{QD}{H_v * B} = \frac{\frac{3.38L}{s} * \frac{1m^3}{1000L}}{0.004m * 1.8m} = \frac{0.466m}{s} \quad (103)$$

Cálculo del alcance del agua en el vertedero de salida:

$$X_s = 0.36 * V_v^{\frac{2}{3}} + 0.6 * H_v^{\frac{4}{7}} = 0.36 * \left(\frac{0.466m}{s} \right)^{\frac{2}{3}} + 0.6 * (0.004m)^{\frac{4}{7}} = 0.242m \quad (104)$$

Cálculo del largo del vertedero de salida en la zona de recolección de agua:

$$B_v = X_s + B_d = 0.242m + 0.3m = 0.542m \approx 0.55m \quad (105)$$

Calculo el largo de zona de entrada a recolección de agua del vertedero de salida:

$$l_v = 15 * H_v = 15 * 0.004m = 0.06m \quad (106)$$

Cálculo del largo total del vertedero de salida:

$$Lt = Bv + Lv = 0.542 + 0.06 = 0.602m \quad (107)$$

Cálculo de la pendiente:

$$S = \frac{\Delta z}{L/2} = \frac{0.2m}{7.2m/2} = 0.0571 \rightarrow 5.55\% \quad (108)$$

De acuerdo con Ras2000 B.4.6.7

- La pendiente de la placa de fondo estará comprendida entre el 5 y el 8%

$$5\% < S < 8\% \rightarrow \text{Cumple} \quad (109)$$

A continuacion se presenta una tabla resumen de los chequeos:

Tabla 23.

Resumen parámetros del desarenador.

Tabla Resumen Desarenador			
Variable	Criterio según Ras2000	Calculo	Cumple criterio
L/B	$L/B \geq 4$	4	SI
q	$q < 1000m^3/(m^2 \cdot dia)$	22,55 $m^3/(m^2 \cdot dia)$	SI
d	$d \leq 0,015 \text{ cm}$	0,0077 cm	SI
Re	$Re < 1$	0,0066	SI
θ	$\theta > 20 \text{ min}$	76,62 min	SI
Vh/Vs	$Vh/Vs < 20$	1,4	SI
Vhmax	$VhmaX < 0,25 \text{ m/s}$	0,0208 m/s	SI
%S	$5\% < S < 8\%$	5,55%	SI

Se puede concluir que, cumple con los apartados más importantes, entre ellos el tiempo de retención hidráulico (θ), el cual como condición se debe cumplir que sea mayor a veinte minutos, esto para garantizar que el material grueso tenga el tiempo suficiente para sedimentar, y la segunda variable que se considera de alta importancia es el diámetro de la partícula mínima a sedimentar, el cual debe ser menor a 0,015 cm, para poder garantizar que las partículas igual o más grandes se puedan sedimentar sin mayor problema. Otro de los criterios que se cumplen es la relación largo sobre base (L/B) la cual debe ser mayor o igual a cuatro, de igual forma se cumple la carga superficial (q), que debe ser un valor inferior a $1000m^3/(m^2 \cdot dia)$, arrojando un total de 22,50 $1000m^3/(m^2 \cdot dia)$, por tanto cumple perfectamente, así mismo, se cumplió el número de Reynolds el cual debe ser menor a 1, dicho resultado dio 0.0066, cumpliendo a cabalidad, por último también se cumplieron los parámetros de velocidad máxima, la pendiente y la relación entre la velocidad horizontal de flujo en el desarenador y dicha velocidad de asentamiento debe ser inferior a 20, todo cumpliendo satisfactoriamente.

Se presenta un diseño adecuado fuera de la pequeña altura que presenta y el hecho de que no es fácil la limpieza de este; se sugieren cambios que aportan al buen mantenimiento de la estructura como el hecho de una válvula de paso y cierre y otra para sacar el agua almacenada, una tapa mucho más amplia para el fácil ingreso de una persona y mayor frecuencia en la limpieza para evitar el exceso de vegetación.

4.2.4 Diagnóstico de la tubería de conducción.

Se desconoce el estado actual de la tubería de conducción puesto que en su totalidad está enterrada bajo 0.8 metros de tierra, sin embargo, sí existe registro de su longitud y diámetro siendo estos de aproximadamente 1089 metros y 3 pulgadas respectivamente y que no cuenta con ningún sistema de bombeo puesto que funciona a gravedad, la finalización de este trayecto no reside en una planta de tratamiento, sino que llega directamente a la distribución.

Se realizó un recorrido visual por donde pasa toda la tubería de conducción y se observó que no existen fugas, lo cual indica que la tubería está funcionando bien. Adicionalmente a esto no existen elementos tales como válvulas de lavado, cajas de inspección, micro o macro medidores ni otro elemento de PVC que no sean únicamente uniones, en las casas que cuentan con el servicio se evidencia que llega bajo buena presión por lo que no es un problema. Aun así, se realizarán los cálculos de la velocidad y presión que lleva haciendo enfoque únicamente en pérdidas por fricción puesto que allí residen la mayor parte de estas.

A continuación, se realizó únicamente el cálculo de velocidades y pérdidas para la sección general de la tubería, no obstante, estos mismos cálculos se realizan en cada cambio de pendiente para lograr generar una gráfica donde se visualicen los perfiles topográficos, piezométricos y de tubería.

Tabla 24.

Datos tubería de conducción.

Z1 [msnm]	Z2 [msnm]	L [m]	QT [L/s]	Ø [m]	A [m ²]	v [m ² /s]	Ks [m]
1500	1437	1089	3,38	0,076	0,0045	0,00000114	0,0000015

Cálculo de la velocidad:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{\frac{3.38L}{s} * \frac{1m^3}{1000L}}{0.0045m^2} = \frac{0.741m}{s} \quad (110)$$

De acuerdo con Ras2000 B.6.4.4.10

$$\frac{0.5m}{s} < V < \frac{6m}{s} \rightarrow \text{cumple} \quad (111)$$

Perdida de Energía

Cálculo del número de Reynolds:

$$Re = \frac{V * \phi}{\nu} = \frac{\frac{0.741m}{s} * 0.076m}{\frac{0.00000114m^2}{s}} = 49579.38 \rightarrow \text{Flujo turbulento} \quad (112)$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 * \text{Log}_{10} \left(\frac{Ks}{3.7 * \phi} + \frac{2.51}{Re * \sqrt{f}} \right) \quad (113)$$

Cuando se igualen se encuentra el valor de f .

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 * \text{Log}_{10} \left(\frac{0.0000015m}{3.7 * 0.076m} + \frac{2.51}{49579.38 * \sqrt{f}} \right) \rightarrow f = 0.0209 \quad (114)$$

Cálculo de la pérdida de fricción

$$h_f = f * \left(\frac{L}{\emptyset} \right) * \left(\frac{V^2}{2 * g} \right) = 0.0209 * \left(\frac{1089m}{0.076m} \right) * \left(\frac{\left(\frac{0.741m}{s} \right)^2}{2 * \frac{9.81m}{s^2}} \right) = 8.38m \quad (115)$$

Cálculo de diferencia de altura entre cotas:

$$\Delta z = Z_1 - Z_2 = 1500 - 1437 = 63m \quad (116)$$

Cálculo de presión de salida de la conducción:

$$P = \Delta Z - h_f = 63m - 8.38m = 54.61m. c. a \quad (117)$$

De acuerdo con Ras2000 B.6.4.4.6

$$P > 5m. c. a \rightarrow \text{Cumple} \quad (118)$$

Donde:

- V , es la velocidad de agua dentro de la tubería.
- Q , es el caudal de transporte.
- A , es el área transversal de la tubería.
- Re , es el número de Reynolds.
- \emptyset , es el diámetro de la tubería.
- ν , es la viscosidad cinemática a 15°C.
- f , es el factor de fricción.
- Ks , es la rugosidad absoluta del PVC.
- h_f , es la pérdida por fricción.
- L , es la longitud de la tubería.
- g , es la aceleración de la gravedad.
- ΔZ , es la diferencia de altura entre cotas.
- Z_1 , es la cota aguas arriba.
- Z_2 , es la cota aguas abajo.
- P , es la presión de salida de la conducción.

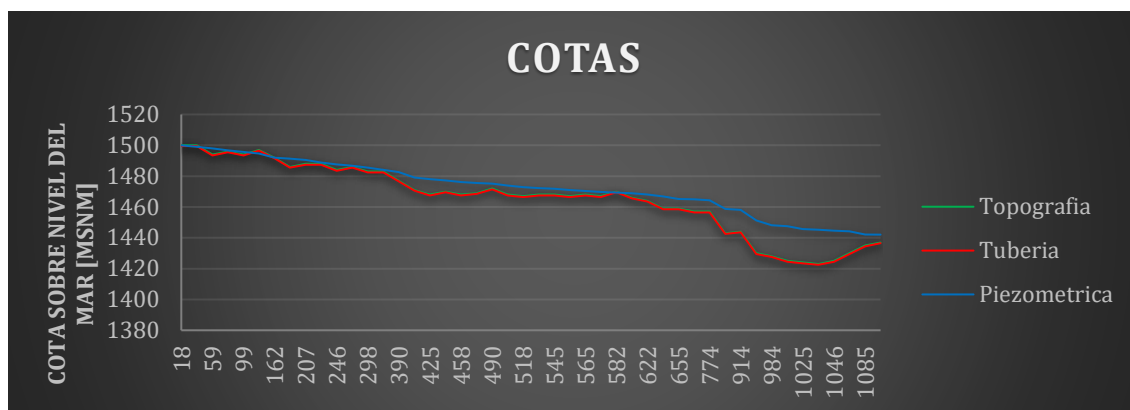


Figura 16. Perfil de tubería y línea de energía

Si bien no existe un límite máximo de presión en la llegada a la planta de tratamiento en el RAS 2000 ni RAS 2017, es buen criterio de diseño la implementación de válvulas de lavado y desaieradores entre el trayecto de la conducción con el fin de atenuar las presiones tan altas que conserva la tubería para un mejor control en el flujo y mayor vida útil de las tuberías, no es necesario ninguna clase de sistema de bombeo y el sistema actual funciona eficientemente.

Según la RAS 2000 en el título B.6.4.4.10, la velocidad mínima de la tubería debe ser de 0,5 m/s considerando que funcione a gravedad y su máxima velocidad teniendo en cuenta la vulnerabilidad a fenómenos de abrasión y erosión debe ser de 6 m/s; por consiguiente, la velocidad de esta tubería de 0,741 m/s cumple con lo estipulado. Mientras que la presión debe ser mayor a 5 mca, arrojando como resultado un total de 54.61 mca, cumpliendo satisfactoriamente con este criterio de diseño.

Tabla 25.

Resumen parámetros tubería de conducción.

Tabla Resumen Conducción			
Variable	Criterio según Ras2000	Calculo	Cumple criterio
Velocidad (V)	0,5<V<6 m/s	0,741 m/s	SI
Presión (P)	P>5mca	54.61 m.c.a	SI

4.2.5 Implementación, caracterización y costos de una planta de tratamiento compacta.

Dentro de los datos requeridos para la implementación de una planta de tratamiento de agua potable compacta (PTAPC) se encuentra la caracterización física, química y microbiológica del agua de la quebrada La Palma; debido a la imposibilidad de conseguir un estudio para dicha quebrada, puesto que el proyecto es un ejercicio académico, se tomó el promedio de diferentes muestreos de la quebrada El Cedro, el cual es un afluente que está cercano geográficamente y aunque no tengan exactamente las mismas condiciones, para este caso se opta por tomar estos valores ya que es la opción más factible.

Tabla 26.
Caracterización del agua de la quebrada El Cedro.

PARAMETRO	1 MUESTRA	2 MUESTRA	3 MUESTRA	4 MUESTRA	PROMEDIO
pH	6,75	6,67	7,28	7,8	7,125
%OD	87,2	38,13	104,03	76,46	76,455
OD mg/L	6,85	3,05	8,45	6,57	6,23
Conductividad uS/cm	62,67	58	65	61,89	61,89
SST	40,36	37,12	41,6	39,6096	39,672
uS/cmA	41	50	56		49
°C	19,09	17,89	17,17	20,06	18,553
DUREZA ml	0,06	0,06	0,08	0,1	0,075
ALCALINIDAD ml	0,1	0,15	0,01	0,15	0,1025
FOSFORO mg/l	0	1	3	1	1,25
NITRITOS mg/l	0	0	0	0	0
NITRATOS		0	0		0
FENOLES		0	0,1	0	0,0333
COLOR APARENTEUPC	33	14,7	10,5	11,9	17,525
TURBIEDAD UNT	18,7	8,59	2,75	4,97	8,7525
CONDUCTIVIDAD	64,1		618	69	250,367
DQO mg O/L	11,5	5,5	4,5	2,4	5,975
DBO5	5,46	2,56	3,24	26,07	9,3325
COLIFORMESTOTALES			9666	6250	7958
ESCHERICHIA COLI			3560	3860	3710

Fuente: (Cruz Ospina, Ortega Astudillo, 2020).

La compañía Ambiente y Soluciones Integrales ASI fue la que realizó el diseño de una planta de tratamiento de agua potable compacta para un caudal de 3,4 L/s que funciona a gravedad y presentaba las anteriores caracterizaciones del agua, se presenta el diagrama de procesos mostrados, así como también la ficha técnica de cada componente necesario para la potabilización del agua. Por último, esta planta de tratamiento se ubicó en las coordenadas 1°47'51.372" N 76°8'48.1699" W, unos metros antes del tanque de almacenamiento, esta ubicación se puede observar mejor en el anexo K sobre la vista general del sistema.

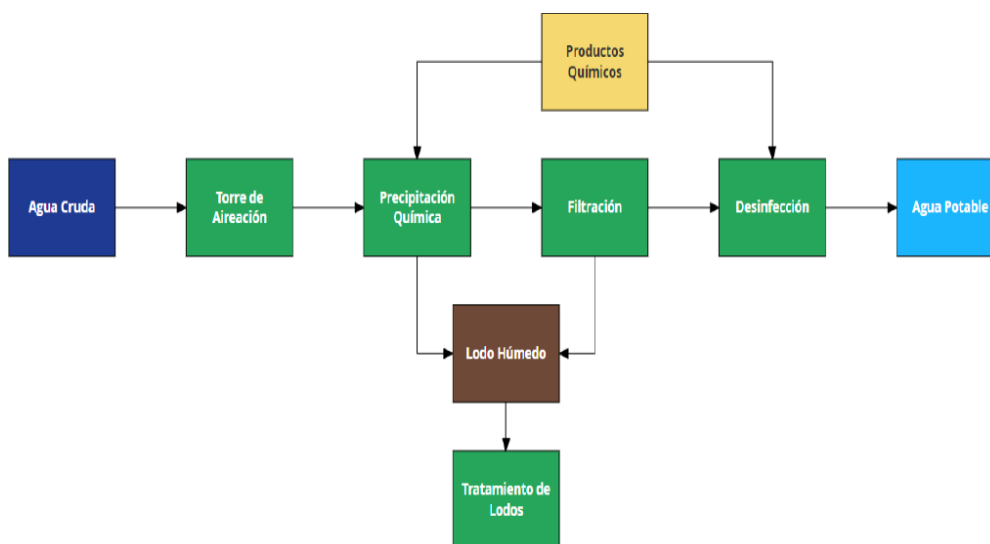


Figura 17. Diagrama de proceso potabilización de agua cruda

Fuente: Ambiente y Soluciones Integrales ASI.

Tabla 27.

Descripción técnica de la PTAP.

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN
<p>TORRE DE AIREACION</p> <p>Permite la remoción de gases disueltos y la oxidación de hierro o manganeso presentes normalmente en aguas subterráneas. En las torres de aireación permite la oxidación a través del flujo hidráulico a través de bandejas y material de contacto el cual permite el paso uniforme del agua.</p>	<p>No. de bandejas: Cuatro (4). Material: Poliéster reforzado en fibra de vidrio. Dimensiones bandeja: Ver esquema. Material de contacto: Carbón Coque</p>
<p>PRECIPITACIÓN QUÍMICA</p> <p>A través de la aplicación de productos químicos se retirará los componentes no deseados del agua. Para ello se realizarán el proceso de Floculación (mezcla rápida de los productos químicos y el agua), Coagulación (Mezcla lenta de los productos químicos) y Sedimentación, La estructura donde se realizan los procesos permitirá el flujo hidráulico sin requerir unidades de bombeo.</p>	<p>Material: Poliéster reforzado en fibra de vidrio. Forma: Vertical Cilíndrica. Color: Azul o a convenir. Dimensiones totales: Ver esquema Cámara de floculación: Tipo: Floculación Hidráulica con cono de mezcla. Cámara de Floculación. Campana interna tipo manto de lodos. Cámara de Sedimentación: Tipo: De alta tasa - Módulos: Tipo colmena 60°. Asegurando una carga de 100 m³/m²-día. Funcionamiento hidráulico.</p>
<p>FILTRACIÓN</p> <p>Retiene partículas de diámetro muy pequeños que no fueron eliminados en el proceso de sedimentación. En esta línea no se requiere equipos de bombeo ya que el filtrado y lavado se realiza por columna de agua almacenada en una cámara interna del sistema.</p>	<p>Material: Poliéster reforzado en fibra de vidrio. Forma: Vertical Cilíndrica ubicado en la parte inferior de la estructura. Dimensiones totales: Ver esquema Altura material: 1.0 m Medio de filtración: gravas y arenas sílices.</p>

Fuente: Ambiente y Soluciones Integrales ASI.

Tabla 28.

Equipos y accesorios. Fuente: Ambiente y Soluciones Integrales.

EQUIPOS Y ACCESORIOS	
COMPONENTE	CARACTERÍSTICAS
<p>DOSIFICACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS Los dosificadores permitirán el ingreso continuo de productos químicos a la unidad de tratamiento</p>	<p>No de Unidades: Cuatro (4) Funcionamiento: Eléctrica Marca: Prominent o similar Tanque Almacenamiento en polietileno. Accesorios: Válvulas de succión y descarga, mangueras, tubo visión, registros de entrada y salida, acoples, nicles.</p>
<p>ACCESORIOS DE ACCESO El sistema comprende una escalera de acceso, con su respectiva plataforma tipo rejilla construida en lámina de acero con sus soportes en ángulo y tees protegidos con laca epóxica y pintura de terminado y sus respectivos pasamanos.</p>	<p>Material: lamina de acero al carbón Pintura: Anticorrosiva o electrostática. Color: A convenir Pisos y pasos: Polipropileno o P.R.F.V</p>
<p>DOCUMENTACIÓN DE SOPORTE Y DEMARCACIÓN Esta información te permitirá conocer la operación de la unidad y realizar cualquier trámite que el sistema requiera. No tiene ningún costo adicional y se entrega a todas nuestras unidades.</p>	<p>La tubería se entrega pintada y señalizado flujo hidráulico; las válvulas demarcadas para facilitar la operación Diagrama general de la unidad tipo pendón. Manual de operación y memorias de diseño avaladas por un Ingeniero Sanitario y dando cumplimiento a la Resolución 0330 de 2017. Planos generales de la unidad Y fichas técnicas de materiales y equipos del sistema.</p>

Adicional la empresa Ambiente y Soluciones integrales adjuntó una ilustración con las medidas generales de la planta de tratamiento propuesta, estas dimensiones se pueden observar en la figura 18.



Figura 18. Dimensiones generales de la planta de tratamiento propuesta.

4.2.6 Diseño de un tanque de almacenamiento.

Se diseñó un tanque de almacenamiento el cual funciona a gravedad por facilidad de la topografía del lugar, éste se ubicó antes de la red de distribución teniendo coordenadas finales $1^{\circ}47'15.004''$ N y $76^{\circ}8'55.5702''$ W. Según la resolución 0330 de 2017, se recomienda realizar un análisis por métodos gráficos o analíticos con base en curvas de demanda de la población o zona abastecida y del régimen previsto de alimentación de los tanques, pero, debido a que no existe la información requerida para generar dichos gráficos, la norma establece que puede haber una excepción para los niveles bajos de complejidad, afirmando que en estos casos el volumen almacenado será $1/3$ del volumen distribuido a la zona que va a ser abastecida en el día de máximo consumo, garantizando en todo momento las presiones

adecuadas. (Resolución 0330, 2017, pág. 199). Acudiendo a lo anterior, se realizaron los cálculos, obteniendo un volumen total de $194,8 \text{ m}^3$, ecuación (123)

$$V_{\text{Tanque}} = Q_{\text{máximo diario}} * \frac{1}{3} * t_{\text{contingencia}} \quad (119)$$

$$V_{\text{Tanque}} = 0,003382 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * \frac{1}{3} * 86400\text{s} * 2 \quad (120)$$

$$V_{\text{Tanque}} = 194,8 \text{ m}^3 \quad (121)$$

4.2.6.1 Predimensionamiento del tanque

Para realizar el predimensionamiento del tanque de almacenamiento se tomaron las recomendaciones de diseño y su procedimiento del libro Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillados (Lopez Cualla, 2003).

Inicialmente se procede a calcular la constante de capacidad de almacenamiento del tanque, donde se toma como referencia la tabla 29, se identificó que el tanque de almacenamiento tiene un volumen inferior a 300 m^3 , por consiguiente, se toma un valor de K de 2,0.

Tabla 29.

Constante de la capacidad del tanque de almacenamiento.

Constante de la capacidad del tanque de	
V (cientos de m^3)	K
<3	2
4 a 6	1,8
7 a 9	1,5
10 a 13	1,3
14 a 16	1
<17	0,7

Dicho lo anterior, se procede a calcular la profundidad (H):

$$V_{\text{Tanque}} = 194,8 \text{ m}^3 = 1,95 \times 10^2 \text{ m}^3 \quad (122)$$

$$H = \frac{1,95}{3} + 2 \quad (123)$$

$$H = 2,64 \text{ m}$$

Seguido se realizó el cálculo de las dimensiones de ancho y largo, en una sección cuadrada, resultando:

$$B = L = \sqrt{\frac{194,8}{2,94}} = 8,58 \text{ m} \approx 8,60 \text{ m} \quad (124)$$

4.2.6.2 Cotas y niveles de agua en al tanque

Se calculó la profundidad de regulación, siendo esta la diferencia entre la cota de nivel de agua máxima y mínima se observa este cálculo en la ecuación 125.

$$H_{reg} = \frac{V}{B * L} \quad (125)$$

$$H_{reg} = \frac{194,8\text{m}^3}{8,6 \text{ m} * 8,6 \text{ m}} = 2,63 \text{ m} \quad (126)$$

Cota del nivel de agua máximo en el tanque = 1425

Cota del nivel de agua mínimo en el tanque = 1425 – 2,63 = 1422,27

Cota del fondo del tanque = 1425 – 2,94 = 1422,06

Cota de la corona de muros = 1425 + 0,5 = 1425,50

4.2.6.3 Tubería de desagüe

Cota de entrega del desagüe de lavado = 1420

Cota de lamina de agua sobre la tubería = 1425

Carga hidráulica disponible = 1425 – 1420 = 5

Longitud del desagüe = 4,5 m

Diámetro de tubería = 3"(nominal) = 76,20 mm

Pérdidas en la conducción (longitudes equivalentes):

Se revisó la tabla 7.7 del libro (Lopez Cualla, 2003) titulada “Pérdidas localizadas en longitudes equivalentes”, donde se obtuvieron los siguientes resultados:

Entrada normal: 1,1 m

Válvula de compuerta: 0,5 m

Codo 90°: 2,5 m

Te de paso directo (2): 3,2 m

Salida: 2,2 m

Tubería: 4,5 m

L. E. Total: 14 m

Seguido se calcularon la pendiente de pérdidas de Hazen-Williams (J):

$$J = \frac{H}{L. E Total} = \frac{5}{14} = 0,35\text{m/m} \quad (127)$$

Se realizó el cálculo del caudal inicial, para una tubería de PVC de 3” de diámetro nominal, interno de 76,20mm y con C=150, se obtuvo que:

$$Q = 0,2785. C. D^{2,63}. J^{0,54} \quad (128)$$

$$Q = 0,2785(150)(0,076^{2,63})0,35^{0,54} \quad (129)$$

$$Q = 0,026 \text{ m}^3/\text{s}$$

Con el caudal calculado, se realizó el cálculo de la velocidad del caudal que fluye por la tubería de desagüe, obteniendo una velocidad final de $5,73 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, (ecuación 130):

$$V = \frac{Q}{A} \quad (130)$$

$$V = \frac{4Q}{\pi D^2} = \frac{4(0,026 \text{ m}^3/\text{s})}{\pi(0,076 \text{ m})^2} = 5,73 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (131)$$

Seguido se calculó la carga de velocidad.

$$\frac{V^2}{2g} = \frac{(5,73 \text{ m/s})^2}{2\left(\frac{9,81 \text{ m}}{\text{s}^2}\right)} = 1,67 \text{ m} \quad (132)$$

Se realizó el cálculo del tiempo de vaciado del tanque, donde inicialmente se determinó el coeficiente de descarga por medio de la ecuación 133 tomada de (Lopez Cualla, 2003), teniendo como datos iniciales un caudal de $0,026 \text{ m}^3/\text{s}$, tubería de PVC con diámetro nominal de 3", B=L=8.60 m, H=2.64 m:

$$C_d = \frac{Q}{A_o \sqrt{2gH}} \quad (133)$$

$$C_d = \frac{0,026 \text{ m}^3/\text{s}}{\frac{\pi(0,076 \text{ m})^2}{4} \cdot \sqrt{2 \cdot \frac{9,81 \text{ m}}{\text{s}^2} \cdot 2,64 \text{ m}}} \quad (134)$$

$$C_d = 0,79$$

Con el de dato del coeficiente de descarga ya se determinó el tiempo de vaciado del tanque (t), (ecuación 135).

$$t = \frac{2A_s}{C_d A_o \sqrt{2g}} H^{\frac{1}{2}} \quad (135)$$

siendo A_s , área del tanque = BL

$$t = \frac{2(8,60 \text{ m})(8,60 \text{ m})}{0,79 \cdot \frac{\pi(0,076 \text{ m})^2}{4} \cdot \sqrt{2\left(\frac{9,81 \text{ m}}{\text{s}^2}\right)}} 2,64 \text{ m}^{\frac{1}{2}} \quad (136)$$

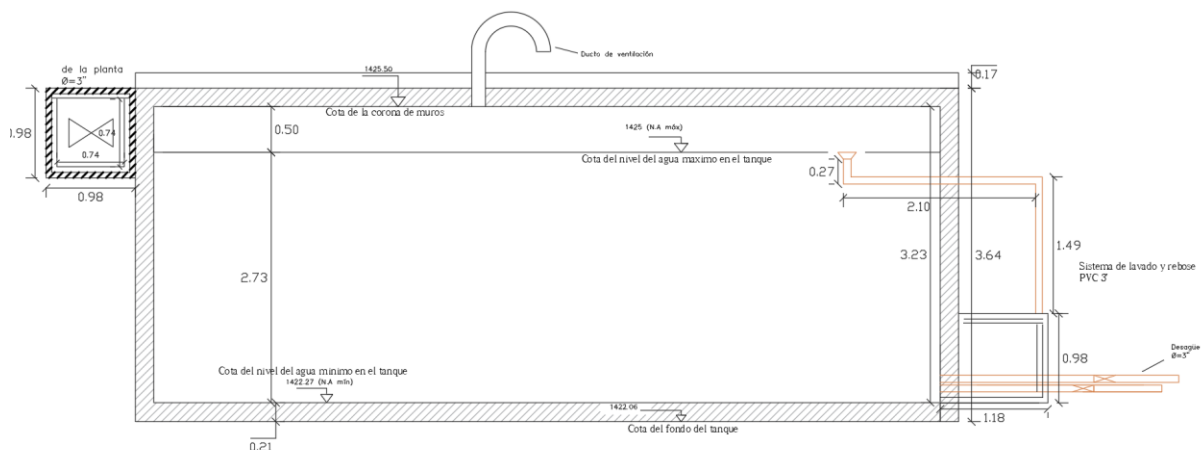
$$t = 1760 \text{ s} = 0,48 \text{ horas} = 29 \text{ minuto}$$

En la tabla 30 se observa un resumen con las variables halladas del tanque de almacenamiento, de igual manera se adjunta la figura 19 con las medidas calculadas de esta estructura, así como las cotas de nivel anteriormente expuestas.

Tabla 30.

Tabla resumen Tanque de almacenamiento.

TABLA RESUMEN TANQUE DE ALMACENAMIENTO		
VOLUMEN DEL TANQUE	194,8	m ³
PREDIMENSIONAMIENTO		
PROFUNDIDAD		
H	2,64	m
ANCHO- LARGO		
B=L	8,6	m
PROFUNDIDA DE REGULACION		
Hreg	2,63	m
COTAS		
Cota del nivel de agua maxima	1425	m
Cota del nivel de agua minimo	1422	m
Cota del fondo	1422,06	m
Cota de la corona de muros	1425,5	m
TUBERIA DE DESAGUE		
Cota de entrada	1420	m
Cota de lacima de agua	1425	m
Longitud del desague	4,5	m
PERDIDAS DE Hazen Williams	0,35	m/m
CAUDAL INICIAL		
Q	0,026	m ³ /s
VELOCIDAD FINAL		
V	5,73	m/s
TIEMPO DE VACIADO DEL TANQUE		
t	29	minutos



Tanque de almacenamiento Perfil

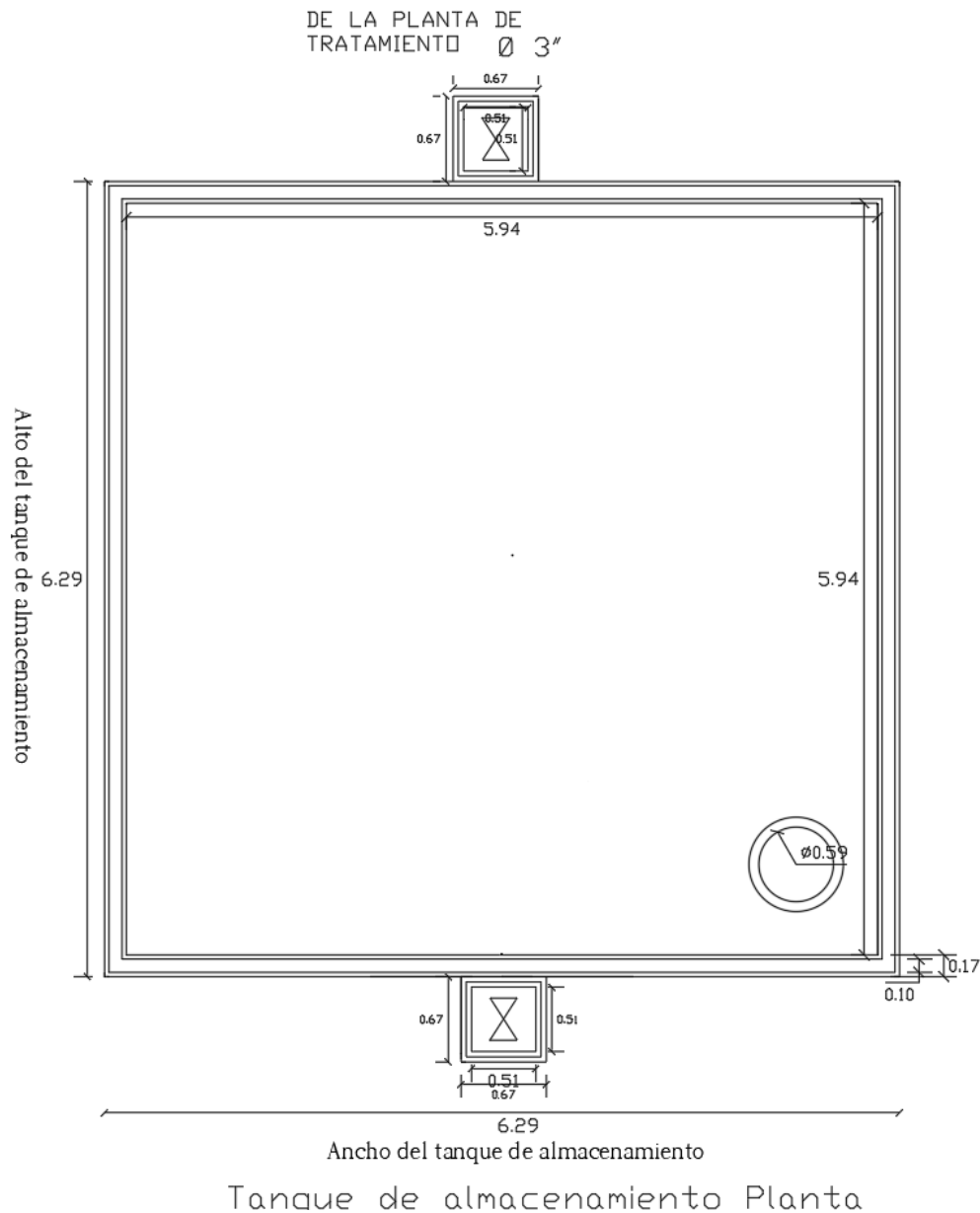


Figura 19. Planta y perfil del tanque de almacenamiento con sus variables.

4.3 Fase 3: Diseño de la ampliación del sistema de distribución de agua potable.

4.3.1 Recopilar la información del sistema actual.

Durante la primera visita de campo, se pudo evidenciar que con certeza las viviendas actualmente cuentan con sistema de riego, se percibe el agua con una tonalidad muy oscura tal como se observa en la figura 20, donde todas las viviendas que se visitaron confirman esta problemática, de igual manera, los habitantes hacen saber que el agua siempre se encuentra en este estado y en épocas de lluvia se vuelve más turbia o pueden pasar varios días sin agua cuando la creciente es muy grande, además de lo anterior, llega con una presión muy alta, lo cual puede ser un indicativo de la problemática.



Figura 20. Calidad del agua actual de las viviendas de la parcelación.



Figura 21. Visita de campo para recolectar información dada por los habitantes de la zona.

Por otra parte, para poder realizar el dimensionamiento y el plano actualizado del sistema de la red de acueducto, se debe tener inicialmente la topografía de la zona, para visualizarla, se demarcó la zona de estudio en el programa Google Earth Pro, para poder exportar ésta área a un programa que pueda digitalizar las curvas de nivel, como por ejemplo ArcGIS, esta delimitación del terreno se puede observar en la figura 22, donde se puede visualizar que está la vereda Holanda con sus alrededores.

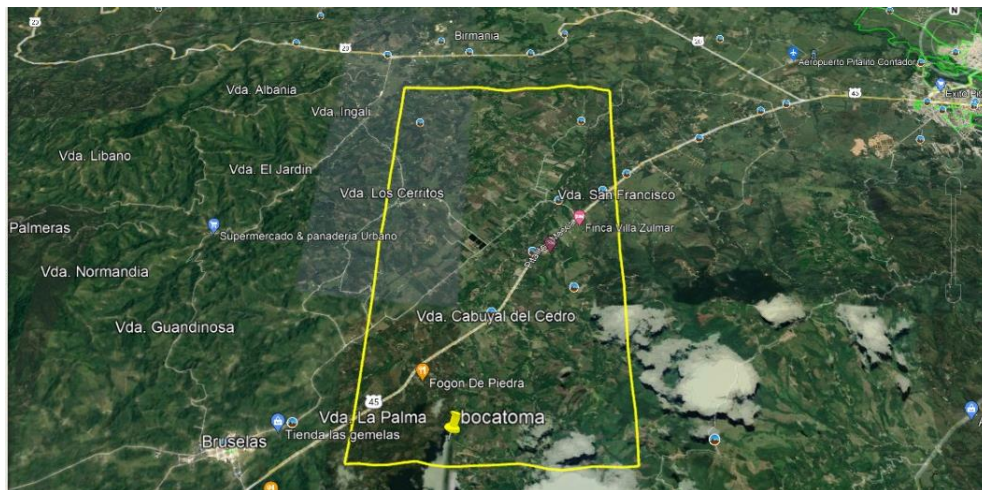


Figura 22. Delimitación de la zona de estudio para visualización de curvas de nivel.

Con los datos obtenidos se realizó un levantamiento de la topografía del área de estudio, proyectando curvas de nivel a cada 5 metros con el fin de tener un mayor detalle de la zona. Se realizó recorte del área de interés con el fin de facilitar la creación de las curvas de nivel por medio de un modelo digital de elevación en el programa ArcGIS 10.5, obteniendo las siguientes curvas de nivel que se encuentran en la figura 23.

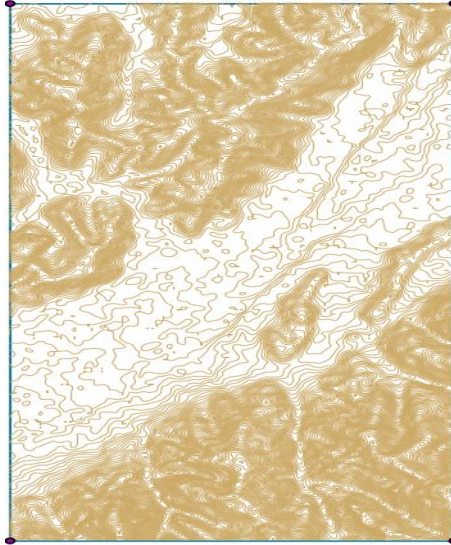


Figura 23. Curvas de nivel cada 5m de la zona, generadas con el programa ArcGIS.

4.3.2 Modelar por medio de EPANET el nuevo sistema.

Se realizó el modelo en el software EPANET 2.0, donde el primer paso fue montar todo el sistema en el programa, luego, empezar a cambiar las propiedades que vienen por defecto por las del caso en específico, donde se tuvo en cuenta, el diámetro de las diferentes tuberías, longitudes, rugosidad absoluta que fue tomada como 0.0015, es decir, tuberías de PVC, coeficiente de pérdidas del 20% y en cada nodo la demanda en caso de ser requerida y la altura sobre el nivel del mar. En la figura 24, se logra apreciar algunos de los parámetros a tener en cuenta para la modelación.

Propiedad	Valor
*ID Tubería	TUBERIA(Polyline)2
*Nudo Inicial	R-1
*Nudo Final	J-146
Descripción	
Etiqueta	
*Longitud	2798.67986163215
*Diámetro	80.42
*Rugosidad	0.0015
Coef. de Pérdidas	0.2
Estado Inicial	Abierto
Coef. Flujo	
Coef. Pared	
Caudal	4.20
Velocidad	0.83
Pérd. Unít.	8.47
Factor fricción	0.020
Velo. de Reacción	0.00
Calidad	0.00
Estado	Abierto

Figura 24. Datos de entrada para modelación en EPANET.

Dado el caso que no se tiene un registro detallado de los diferentes diámetros a lo largo de todo el sistema, pero según información encontrada de la resolución 748 de 2020 donde indica la existencia de tuberías de 3", 2", 1" y ½"; por medio de este modelado se logra crear un sistema con el que se cumplan los criterios de presión y velocidad exigidos por la norma 0330 de 2017; la cual indica, que la presión debe estar comprendida entre valores de 5 m.c.a y 50 m.c.a y una velocidad en el rango de 0.5 m/s y 6 m/s; y garantizando que a cada usuario le llegue el caudal requerido. Por último, se anexaron dos ramales comprendidos entre el abscisado K5+000 y K 6+000, donde el primero de estos ramales tiene un total de 19 cometidas y el segundo 4, las cuales son viviendas que actualmente no cuentan con abastecimiento de agua potable, en la figura 25 se puede apreciar de mejor manera estas subdivisiones de la red principal.

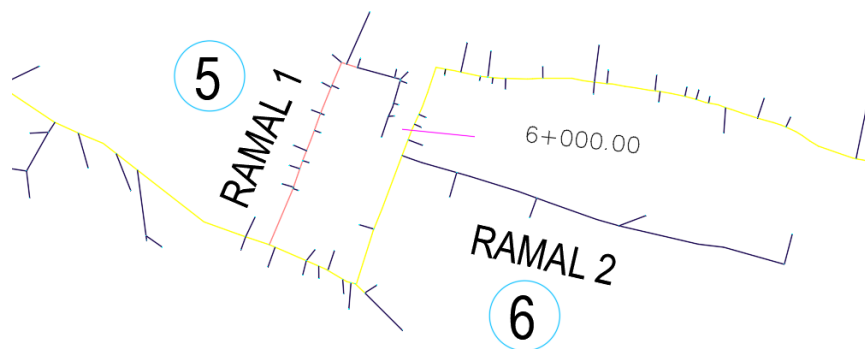


Figura 25. Ramales en planta de la red de acueducto.

El diseño hidráulico de la red tiene el siguiente criterio:

El RAS 2017 sugiere que para nivel bajo de complejidad el caudal de diseño será el caudal máximo horario (QMH).

El caudal usado para el diseño de la red es el caudal máximo horario por usuario que es aproximadamente de:

$$Q_{\text{Diseño}} = \frac{Q_{MH}}{NUM. CASAS} \quad (137)$$

$$Q_{\text{Diseño}} = \frac{4,2 \text{ l/s}}{166} = 0,0253 \text{ l/s} \quad (138)$$

4.3.3.1 Modelado del sistema de distribución:

En el Anexo D se puede observar la manera en cómo se desarrolló la modelación; pero debido a que en el programa no se puede tomar una evidencia del sistema completo, se realizó un plano en AutoCAD 2022, con las presiones y diámetros con el fin de ilustrar de manera legible la modelación (Anexo J).

4.3.3.2 Análisis de la modelación en EPANET

Luego de realizar la modelación de la red de distribución del acueducto, se obtuvo un resultado favorable puesto que la simulación de la red se produjo con éxito bajo los siguientes parámetros:

- Presión: Según la resolución 0330 de 2017 en la sección 3, artículos 61-62, se establece que la presión mínima será de 10 m.c.a y la máxima de 50 m.c.a. Según los resultados de la modelación se obtuvieron presiones mínimas al final de la red, específicamente después del K8+000, donde en una acometida se llegó a tener una presión de 11,51 m.c.a, mientras que en el tramo comprendido entre el K3+600 y K3+800 se encontraron las presiones máximas, donde la mayor de éstas obtuvo un valor de 51,93 m.c.a, lo cual es un poco mayor a lo máximo exigido, sin embargo, hay excepciones formuladas por la resolución 0330 de 2017 donde se especifica que puede haber presiones máximas de 55 m.c.a, siempre y cuando no superen el 10% de la totalidad del sistema. En el caso del sistema diseñado se tiene un total de 6,024% de las acometidas excedieron la presión máxima, por lo tanto, se cumple a cabalidad.

En el plano 5 (Anexo J) se observa la modelación en planta que se realizó con sus respectivas presiones, así mismo en el plano 2 (Anexo G) su perfil con los puntos tomados, la línea piezométrica, la tubería y la topografía de la zona.

- Velocidad: Según el RAS 2000 establece que la velocidad máxima en un material de PVC es de 6 m/s y su velocidad correspondiente a un criterio de control de calidad del agua que establece a la mínima de 0,5 m/s.
- Diámetro de la tubería: Se tuvo en cuenta que ya existe una red de distribución con tuberías de diámetro de 3", 2", 1" y acometida de ½", y se realizó un rediseño de los diámetros ya existentes.
- Las tuberías presentan las siguientes especificaciones tomadas del manual de PAVCO que se puede apreciar en la figura 26.

Diámetro Nominal		Referencia	Peso g/m	Diámetro Exterior Promedio		Espesor de Pared Mínimo		Diámetro Interior Promedio mm
mm	pulg.			mm	pulg.	mm	pulg.	
RDE 9 PVC Presión de Trabajo a 23°C: 500 PSI								
RDE 11 PVC Presión de Trabajo a 23°C: 400 PSI								
RDE 13.5 PVC Presión de Trabajo a 23°C: 315 PSI								
21	1/2	2900249	157	21.34	0.84	1.58	0.06	18.18
33	1	2900213	364	33.40	1.31	2.46	0.09	28.48
RDE 21 PVC Presión de Trabajo a 23°C: 200 PSI								
26	3/4	2900237	189	26.7	1.05	1.52	0.06	23.63
33	1	2900220	252	33.4	1.31	1.60	0.06	30.20
42	1.1/4	2900225	395	42.2	1.66	2.01	0.08	38.14
48	1.1/2	2902450	514	48.3	1.90	2.29	0.09	43.68
60	2	2902453	811	60.3	2.37	2.87	0.11	54.58
73	2.1/2	2900230	1185	73.0	2.87	3.48	0.14	66.07
88	3	2900233	1761	88.9	3.50	4.24	0.17	80.42
114	4	2900240	2904	114.3	4.50	5.44	0.21	103.42
168	6	2904616	5835	168.3	6.62	8.03	0.32	152.22
RDE 26 PVC Presión de Trabajo a 23°C: 160 PSI								
60	2	2900246	655	60.3	2.37	2.31	0.09	55.70
73	2.1/2	2900248	964	73.0	2.87	2.79	0.11	67.45
88	3	2900251	1438	88.9	3.50	3.43	0.13	82.04
114	4	2900254	2376	114.3	4.50	4.39	0.17	105.52
168	6	2904617	4759	168.3	6.62	6.48	0.25	155.32
RDE 32.5 PVC Presión de Trabajo a 23°C: 125 PSI								
88	3	2900256	1157	88.9	3.50	2.74	0.11	83.42
114	4	2900258	1904	114.3	4.50	3.51	0.14	107.28
RDE 41 PVC Presión de Trabajo a 23°C: 100 PSI								
114	4	2900261	1535	114.3	4.50	2.79	0.11	108.72

Para Tuberías de 8", 10", 12", 14", 16", 18" y 20" de diámetro véase nuestro Manual Técnico Unión Platino. La longitud normal de los tramos es de 6m. La Tubería no debe roscarse.

Figura 26. Especificaciones de las tuberías de diseño.

Fuente: (PAVCO, 2020)

Finalmente, con el diseño definitivo se procede a realizar el plano de la red de abastecimiento (ver anexo K).

4.4 Fase 4: Diseño Estructural.

4.4.1 Bocatoma

Inicialmente se realizó el chequeo de la estabilidad de la presa, donde se tuvo en cuenta el peso propio, empuje del agua y la fuerza de fricción obteniendo los resultados de la tabla 31.

Para el cálculo de los refuerzos del diseño estructural de la Bocatoma de Fondo se tuvo como referencia la normatividad vigente, el cual es Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10). En estas estructuras diseñadas se consideraron el muro frontal, muro posterior presa, muros laterales, cámara de recolección, canaleta de recolección y losa pozo amortiguador y sus resultados que se muestran en la tabla 32. Los cálculos realizados para determinar los aceros requeridos se encuentran en (Anexo E).

Tabla 31.

Estabilidad de la Presa

Estabilidad de la presa	
Peso Propio (ton/m)	5,616
Empuje de agua (ton/m)	0,5
Fuerza de fricción (ton/m ³)	3,36

Tabla 32.

Refuerzos para Estructuras de la Bocatoma.

REFUERZOS PARA ESTRUCTURAS DE LA BOCATOMA							
Estructura	Emp. De Agua (ton.m/m)	M. ext (ton.m/m)	M. ult (ton.m/m)	p calculada	p tomada	Refuerzo principal	Refuerzo por retracción y temp.
Muro frontal	0,5	0,462	0,832	0,0036	0,0036	1 #4 c. / 0.23 m	1#4 c./ 0.30 m
Muro posterior Presa	0,324	0,0648	0,11	0,0027	0,0033	1 #4 c. / 0.19 m	1#4 c./ 0.30 m
Muros laterales	1,089	0,399	0,71	0,0011	0,0033	1 #4 c. / 0.15 m	1#4 c./ 0.30 m
Cámara de recolección	1,98	0,399	0,71	0,0017	0,0033	1 #4 c. / 0.19 m	1#4 c./ 0.30 m
Canaleta de recolección	Se usa armadura mínima por seguridad, 1 #3c./0.15m						
Losa Pozo Amortiguador	1 #5 c./0,19m en ambos sentidos (cálculos en Anexo D)						

4.4.2 Tanque de Almacenamiento.

Para el cálculo de los refuerzos del diseño estructural del tanque de almacenamiento, se tuvo como referencia la normatividad vigente, el cual es Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10). En estas estructuras diseñadas se consideraron muros-caras exteriores, placa de fondo, placa cubierta y viga de apoyo, sus resultados se muestran en la tabla 34. Los cálculos realizados para determinar los aceros requeridos se encuentran en (Anexo E).

Tabla 33.

Datos Iniciales.

TANQUE DE ALMACENAMIENTO	
Datos iniciales	
Largo (m)	5,616
Ancho (m)	0,5
Alto (m)	3,36
Altura del agua (m)	2,65
Concreto (PSI)	4000

Tabla 34.

Refuerzos para Estructuras del Tanque de Almacenamiento.

REFUERZOS PARA ESTRUCTURAS DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO		
Estructura	Refuerzo principal	Refuerzo por retracción y temp.
Muros - caras exteriores	1#8c./0.19 m	1#4 c./ 0.30 m
Placa de fondo	1#8 c./ 0.19 m	1#4 c./ 0.25 m
Placa cubierta	1#4 c./0.30 m	1#4 c./0.30 m
Viga de apoyo	2 barras #4	3 barras #4

4.5 Fase 5: Presupuesto.

De acuerdo con el análisis de precios unitarios (APU) y a la realización de las memorias de cantidades de obra, se tiene un presupuesto general para la construcción del sistema de acueducto.

El presupuesto considera la construcción de las estructuras hidráulicas que hacían falta para el sistema de acueducto, en este son la bocatoma, planta de tratamiento y el tanque de almacenamiento; igualmente, la construcción de la red de distribución (ramales principales, ramales secundarios y domiciliarias). Para el proyecto se determina un A.I.U. (Administración, Imprevistos y Utilidades) del 30%, y un costo de interventoría del 8%, encargada de realizar el control y seguimiento a la ejecución de la obra.

Tabla 35.
Presupuesto General.

DEPARTAMENTO DEL HUILA					
MUNICIPIO DE PITALITO					
OBRA: DISEÑO DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DE LA VEREDA HOLANDA CORREGIMIENTO DE BRUSELAS PARCELACIÓN SANTA HELENA MUNICIPIO DE PITALITO (HUILA)					
PRESUPUESTO GENERAL DE OBRA					
				FECHA:	octubre/2022
ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1. BOCATOMA - CAPTACION					
CAPTACION QUEBRADA LA PALMA					
OBRA CIVIL					
1,1	Localización y replanteo. Incluye: materiales, equipos, comisión topográfica para control de niveles permanentes.	M3	15,47	\$ 2.452,00	\$ 37.932
1,2	Excavación a todo factor manual. Incluye: mano de obra, materiales y equipo.	M3	15,12	\$ 30.070,00	\$ 454.658
1,3	Relleno en material seleccionado de la excavación y compactado mecánicamente.	M3	5,67	\$ 16.626,00	\$ 94.269
1,4	Concreto para solado de 2000 PSI a todo costo (140 KG/CM2), espesor de 5 centímetros	M3	0,95	\$ 472.549,00	\$ 446.559
1,5	Concreto de 4000 PSI impermeabilizado, a todo costo (281 KG/CM2)	M3	30,24	\$ 1.135.689,00	\$ 34.343.235
1,6	Acero de refuerzo figurado FY= 420 Mpa -60000 PSI, corrugado. Incluye transporte con descarga, transporte interno, alambre de amarre, certificados y todos los elementos necesarios para su correcta instalación, según diseño y recomendaciones.	KG	841,30	\$ 8.037,00	\$ 6.761.528
1,7	Suministro e instalación de Rejilla en ángulo 3/4"x3/4"x5/32" con bisagras y barrotes lisos de Ø3/4". de 0,50X0,35	UND	1,00	\$ 206.731,00	\$ 206.731
1,8	Suministro e instalación de tubería y accesorios PVC de diámetro 4" para lavado y rebose	UND	1,00	\$ 239.725,00	\$ 239.725
TOTAL CAPITULO 1: BOCATOMA					\$ 42.584.637,100

2. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE-PTAP					
SEDE ADMINISTRATIVA Y OPERATIVA					
2,1	Localización y replanteo. Incluye: materiales, equipos, comisión topográfica para control de niveles permanentes y planos record.	M2	21,16	\$ 2.836	\$ 60.010,00
2,2	Excavación a todo factor manual. Incluye: mano de obra, materiales y equipo.	M3	6,30	\$ 30.070	\$ 189.441,00
2,3	Base en concreto de 4000 psi para soporte de planta de espesor 0,15 mts y reforzada en dos direcciones con varilla de diámetro 1/2" espaciada cada 25 cms, incluye materiales, formaleta, mezclado, vaciado y todo lo necesario para su correcto funcionamiento.	M3	1,50	\$ 736.924	\$ 1.105.386,00
2,4	Hierro de 60000 y/o 37000 PSI a todo costo; incluye: Suministro, corte, amarre, figurado, colocación y desperdicios.	Kg	66,00	\$ 5.933	\$ 391.578,00
2,5	Planta de tratamiento para 3 L/s. La unidad de potabilización incluye todos los elementos hidráulicos y eléctricos para su operación y todos los componentes de la oferta.	UN.	1,00	\$ 107.800.000	\$ 107.800.000,00
TOTAL CAPITULO 2 : PTAP					\$ 109.546.415,00
3. TANQUE DE ALMACENAMIENTO					
OBRA CIVIL					
3,1	Localización y replanteo. Incluye: materiales, equipos, comisión topográfica para control de niveles permanentes y planos record.	M2	225,00	\$ 2.836	\$ 638.100,00
3,2	Excavación a todo factor manual. Incluye: mano de obra, materiales y equipo.	M3	361,00	\$ 30.070	\$ 10.855.270,00
3,3	Base en concreto de 4000 psi incluye materiales, formaleta, mezclado, vaciado y todo lo necesario para su correcto funcionamiento	M3	34,78	\$ 629.580	\$ 21.896.918,00
3,4	Concreto de Fc=280 kg/CM2, Impermeabilizado para estructuras enterradas y semienterradas.	M3	32,30	\$ 725.216	\$ 23.426.290,00
3,5	Acero de refuerzo figurado FY= 420 Mpa-60000 PSI, corrugado. Incluye transporte con descarga, transporte interno, alambre de amarre, certificados y todos los elementos necesarios para su correcta instalación, según diseño y recomendaciones.	KG	4658,78	\$ 8.037	\$ 37.442.615,00
3,5	Instalacion Tuberia PVC Union Mecanica de 3".	ML	9,89	\$ 13.236	\$ 130.904,00
3,6	Suministro e instalacion sistema de almenara para tuberia pvc presion de 3"	UND	1,00	\$ 2.878.615	\$ 2.878.615,00
3,7	Suministro e instalacion Codo PVC de 90 grados presion de 3". Incluye union de reparacion.	UND	3,00	\$ 1.536.697	\$ 4.610.091,00
TOTAL CAPITULO 3: TANQUE DE ALMACENAMIENTO					\$ 101.878.803,00

4. RED DE DISTRIBUCION					
OBRA CIVIL					
4,1	Localización y replanteo. Incluye: materiales, equipos, comisión topográfica para control de niveles permanentes y planos record.	ML	8.735,67	\$ 2.452	\$ 21.419.863,00
4,2	Excavación a todo factor manual. Incluye: mano de obra, materiales y equipo.	M3	5.459,79	\$ 30.070	\$ 164.175.998,00
4,3	Material soporte en instalacion de tubería. Cama de arena de Base 0.10 metros y 0.15 metros por encima de la cota clave de la tubería.	M3	682,47	\$ 89.083	\$ 60.796.851,00
4,4	Instalacion de Tubería PVC presión de 1/2" RDE 13.5.	ML	5.489,00	\$ 999	\$ 5.483.511,00
4,5	Instalacion Tubería PVC Union Mecanica de 1" RDE 21..	ML	213,03	\$ 2.108	\$ 449.067,00
4,6	Instalacion Tubería PVC Union Mecanica de 2" RDE 21.	ML	4.966,48	\$ 3.054	\$ 15.167.630,00
4,7	Instalacion Tubería PVC Union Mecanica de 3"RDE 32.5.	ML	3.556,16	\$ 3.679	\$ 13.083.113,00
4,8	Suministro e Instalacion de Tee HF de 1/2"x1/2" extremo liso para tubería pvc.	UND	3,00	\$ 395.420	\$ 1.186.260,00
4,9	Suministro e Instalacion Cruz HD E.L. de 2"X2". Incluye uniones HD de instalacion.	UND	5,00	\$ 723.915	\$ 3.619.575,00
4,10	Suministro e Instalacion Vee 45 Hi 1/2 de 1/2"X1/2". Incluye uniones HD de instalacion.	UND	4,00	\$ 365.820	\$ 1.463.280,00
4,11	Suministro e Instalacion codo PVC 90° 1".	UND	2,00	\$ 14.250	\$ 28.500,00
4,12	Relleno en material seleccionado de la excavacion y compactado mecanicamente.	M3	3.494,27	\$ 16.626,00	\$ 58.095.700
SUMINISTROS					
4,13	Suministro Tubería PVC presión de 1" RDE 21.	ML	213,03	\$ 5.163	\$ 1.099.874,00
4,14	Suministro Tubería PVC presión de 1/2" RDE 13.5.	ML	5.489,00	\$ 3.524	\$ 19.343.236,00
4,15	Suministro Tubería PVC Union Mecanica de 2" RDE 21.	ML	4.966,48	\$ 17.054	\$ 84.698.350,00
4,16	Suministro Tubería PVC Union Mecanica de 3" RDE 32.5.	ML	3.556,16	\$ 42.691	\$ 151.816.027,00
SUB-TOTAL OBRA CIVIL RED DE DISTRIBUCION					\$ 344.969.348,00
SUB-TOTAL SUMINISTROS RED DE DISTRIBUCION					\$ 256.957.487,00
TOTAL CAPITULO 4 : RED DE DISTRIBUCION					\$ 601.926.835,00
TOTAL COSTOS DIRECTOS (ACUEDUCTO)					\$ 855.936.690,10
A.I.U.				30%	
Administración			23%	\$ 196.865.438,72	
Imprevistos			2%	\$ 17.118.733,80	
Utilidad			5%	\$ 42.796.834,51	
SUBTOTAL COSTOS DIRECTOS E INDIRECTOS					\$ 256.781.007,03
INTERVENTORIA			8,00%	\$ 20.542.480,56	
VALOR TOTAL DEL PROYECTO					\$ 1.133.260.177,69

Capítulo 5

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

- Una vez realizado el documento, se hace entrega del diseño del sistema de acueducto de la vereda Holanda, parcelación Santa Helena del municipio de Pitalito Huila, adaptando las condiciones iniciales del sistema de riego, para que, con las mejoras propuestas en el diseño, entre ellas las estructuras faltantes tales como el tanque de almacenamiento, PTAP y el rediseño de la bocatoma, se adecue como un sistema de abastecimiento de agua potable que cumpla con todas las garantías técnicas y de salubridad.
- Se concluyó que con el diagnóstico que se realizó de las estructuras ya existentes, en el caso de la bocatoma de fondo, cumple con la capacidad requerida del caudal actual para el diseño realizado del sistema de riego, pero se le realizaron mejoras debido a que no se cumplieron parámetros exigidos por la RAS 2000 tales como, la velocidad del agua sobre la presa, la velocidad entre barrotes, dimensiones mínimas para un correcto mantenimiento del canal de aducción, velocidad de exceso, entre otras, por consiguiente, se tuvo que rediseñar en este caso una nueva bocatoma de fondo, con el fin de que se cumpla con lo exigido en la resolución 0330 de 2017.
- De acuerdo con el diagnóstico que se le realizó a la tubería de aducción y conducción, se concluye que, cumple con los criterios de velocidad y presión, teniendo presiones mayores a la mínima requerida (5 m.c.a), obteniendo un mínimo de presión en la tubería de aducción de 9,5 m.c.a y velocidades permitidas según la resolución 0330 de 2017 en el rango comprendido entre 1 m/s y 6 m/s; por otra parte, el desarenador, cumple con todas las verificaciones realizadas, entre ellas, su pendiente, la relación largo sobre ancho, el tiempo de retención hidráulico, el diámetro de la partícula mínima a sedimentar, entre otros, cumpliendo con lo requerido en la normatividad vigente.
- Al realizar la modelación de EPANET, se concluye que el diseño de la red de distribución cumple con los parámetros exigidos por la normatividad vigente, resolución 330 de 2017, así como con la presión que oscila entre los 5 y 50 m.c.a, para que todos los 166 usuarios con una proyección a 25 años puedan gozar de un buen servicio de acueducto.
- Se logró evidenciar que las viviendas de la parcelación Santa Helena de la vereda Holanda de Pitalito, requieren de carácter urgente un buen sistema de acueducto para mejorar sus condiciones de salubridad, puesto que se observó que el recurso hídrico que reciben hoy en día tiene una coloración oscura, lo cual es un indicio de que requiere tratamiento para su consumo.

5.2 Recomendaciones

Son las siguientes recomendaciones parte crucial en el desarrollo del mejoramiento del sistema de riego de la vereda Holanda, corregimiento de Bruselas, estas son elaboradas a partir de la falta de cumplimiento en materia de estructuras hidráulicas y redes principales y secundarias de distribución que son establecidas en el RAS 2017 y RAS 2000 para brindar de forma total y eficiente el servicio de agua potable en todas y cada una de las viviendas que hacen parte de la vereda.

- Realizar mantenimientos periódicos de no menos de 6 meses en la bocatoma y el desarenador para eliminar la suciedad y vegetación que sobresalen y desgastan el estado de dichas estructuras. Al igual que realizar el mejoramiento en los accesorios de unión en la tubería de aducción donde se hallaron fugas.
- Proteger la tubería de aducción por medio de tirantes u plataforma que brinde soporte para evitar pandeo y altas catenarias que pueden convertirse en posibles fugas o rotura de la tubería, así como también mejorar las uniones puesto que se encuentran actualmente en muy mal estado razón por la cual existen también fugas en estas zonas.
- Implementar de forma pronta y oportuna una planta de tratamiento de agua potable compacta cerca al tanque de almacenamiento existente para cumplir con los criterios básicos de salubridad y pureza propios de un sistema de acueducto de agua potable.
- Realizar el proyecto de asignación de los dos ramales a la tubería principal de distribución que garanticen el poder brindar de agua potable todas las viviendas presentes en la zona.

5.3 Bibliografía

- ACUEDUCTOS. (2014). Recuperado el 1 de August de 2022, de OBRAS CIVILES: http://fernando-teg-obrasciviles.blogspot.com/p/acueductos_24.html
- Alcaldía de Pitalito. (Octubre de 2015). *Biodiversidad*. Recuperado el 13 de Julio de 2022, de Alcaldía de Pitalito: https://www.alcaldiapitalito.gov.co/publicaciones/Cifras_Biodiversidad.pdf
- Alcaldía de Pitalito. (2020). Recuperado el 1 de August de 2022, de Alcaldía de Pitalito: <https://www.alcaldiapitalito.gov.co/index.php/cifras-estadisticas>
- Argudo García, J. J. (14 de 05 de 2019). *iagua*. Obtenido de Acueductos. El orgullo de Roma: <https://www.iagua.es/blogs/juan-jose-argudo-garcia/gestion-agua-distintas-civilizaciones-grecia-actualidad-iii>
- Arkiplus. (s.f.). *ARKIPLUS*. Obtenido de <https://www.arkiplus.com/acueductos-y-alcantarillados/>
- Arsur951. (9 de Julio de 2021). Obtenido de Arsur951.com: <https://arsur951.wordpress.com/2011/08/29/conozcamos-nuestro-huila-pitalito-huila/>
- ASIR-SABA. (6 de February de 2019). *La realidad del acceso al agua en zonas rurales de Colombia*. Recuperado el 21 de June de 2022, de ASIR-SABA: <https://asirsaba.com.co/2019/02/la-realidad-del-acceso-al-agua-en-zonas-rurales-de-colombia/>
- Caracol Radio. (4 de April de 2022). *Seis acueductos rurales afectados por el invierno en San Agustín, Huila*. Recuperado el 21 de June de 2022, de Caracol Radio: https://caracol.com.co/emisora/2022/04/04/neiva/1649095917_438037.html
- Claus, E. (22 de 03 de 2019). *LA VANGUARDIA*. Obtenido de El agua, origen de las primeras civilizaciones: <https://www.lavanguardia.com/vida/junior-report/20190322/461157795476/agua-origen-primeras-civilizaciones.html>
- Climate-Data-ORG. (2019). *Clima Pitalito: Temperatura, Climograma y Tabla climática para Pitalito*. Recuperado el 14 de July de 2022, de Climate-Data.org: <https://es.climate-data.org/america-del-sur/colombia/huila/pitalito-49679/>
- Concejo Municipal Pitalito, 2016. Plan de Desarrollo Municipio de Pitalito 2016-2019. Pitalito, Colombia.
- Cristancho Cruz, S. L. (Septiembre de 2019). *UNIVERSIDAD LIBRE*. Obtenido de USO Y AHORRO EFICIENTE DEL AGUA: <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/19471/Cartilla%20Ahorro%20y%20Uso%20eficiente%20del%20Agua.pdf?sequence=1>
- Granados Seguí, D. F., & Lopez Fernandez, Y. J. (2018). Propuesta de diseño de un acueducto en la vereda Monquirá (Sogamoso Boyacá). Bogotá.
- IDEAM. (2010). *IDEAM*. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/553571/Promedios+Climatol%C3%B3gicos++1981+-+2010.xlsx/f28d0b07-1208-4a46-8ccf-bddd70fb4128>
- JW.ORG. (s.f.). *Los acueductos romanos, maravillas de la ingeniería*. Obtenido de JW.ORG: <https://www.jw.org/es/biblioteca/revistas/g201411/acueductos-romanos-ingenier%C3%ADa/>

- La Nación. (4 de Enero de 2014). *www.nacion.com*. Obtenido de <https://www.nacion.com/opinion/foros/los-acueductos-en-la-historia/VCP24WTPKJFUHAQKXHH4XZ43PY/story/>
- Lopez Cualla, R. A. (2003). *Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillado. Operación y mantenimiento de Sistemas de abastecimiento de agua*. (2010). Recuperado el 16 de May de 2022, de ¿QUÉ ES UN ACUEDUCTO: https://www.iucn.org/sites/dev/files/import/downloads/3_5_fasciculo_4___operacion_y_mantenimiento.pdf
- PAVCO. (Febrero de 2020). *PAVCO WAVIN*. Obtenido de Manual Técnico tubosistemas PRESIÓN PVC: <https://pavcowavin.com.co/download/10>
- PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE - PTAP: FUNCIONAMIENTO Y TIPOS - TÉRMINOS Y DEFINICIONES*. (2018). Recuperado el 3 de August de 2022, de TÉRMINOS Y DEFINICIONES: <https://blog.fibrasynormasdecolombia.com/plantas-de-tratamiento-de-agua-potable-ptap-funcionamiento-y-tipos/>
- Resolución 0330 de 2017. (8 de Junio de 2017). Resolución 0330.
- Sanchez Peña, J. F., & Acosta M., G. M. (13 de December de 2015). *Atlas ambiental y de la biodiversidad Pitalito-Huila*. Recuperado el 13 de July de 2022, de Issuu: https://issuu.com/atlasambientalpitalito/docs/atlas_amb_y_de_la_bdv_pitalito
- Trujillo Castrillón, O. (2021). *Alcantarillado Vereda Holanda*. Aguas del Huila.
- Varela Pineda, I. C. (2018). *Diagnóstico, evaluación y propuesto de mejora del sistema de acueducto del municipio de Apulo (Cundinamarca)*. Universidad Católica de Colombia. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/16780/1/Trabajo%20de%20grado%20%28Apulo%29%20final.pdf>
- Wather Spark. (2021). *El clima y el tiempo promedio en todo el año en Pitalito*. Recuperado el 13 de July de 2022, de Weather Spark: <https://es.weatherspark.com/y/21466/Clima-promedio-en-Pitalito-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o>

6. Anexos

ANEXO- A: LISTADO DE USUARIOS VEREDA HOLANDA

Fuente: Presidente de la Junta

LISTADO DE USUARIOS VEREDA HOLANDA			
No. Usuario	Nombre		
1	ABSALOM CASTRO	41	CARLOS CALDERON
2	RONALDO MEDINA	42	CARMEN ESCOBEDO
3	OSCAR	43	FERNANDO CASEES
4	RONALD MEDINA	44	JOHN YOBANY CUBIDES
5	JUDITH CLAROS	45	CELESTINO URBANO
6	ELENA HORTA	46	GLADIS REYES
7	OSCAR CHANTRE	47	ROSA ELENA RESTREPO
8	IVAN TRUJILLO	48	SEGUNDO URBANO
9	IVAN TRUJILLO	49	CARLOS SUAZA
10	OTO MOLINA	50	JORGE ROJAS
11	OTO MOLINA	51	FERNET SUAZA
12	MIGUEL TRUJILLO	52	EMEREGILDO MOSQUERA
13	MARIA CLARIBEL ALVAREZ	53	DANIEL TORRES
14	FRANCISCO CHANTRE	54	GLADIS PARRA
15	CARLOS TRUJILLO	55	JAIME SUAZA
16	ALDEMAR TRUJILLO	56	ANSELMO SANCHEZ
17	ROBINSON TRUJILLO	57	GERMAN CRUZ
18	MARCOS BURBANO	58	JESUS TORRES
19	YAQUELINE TRUJILLO	59	ROSALBA MURCIA
20	JAIRO TRUJILLO	60	YEISON TORRES
21	ARLEY TRUJILLO	61	JAIRO SUAZA
22	JESUS Y YOLIMA TRUJILLO	62	GUILLERMO BORRERO
23	PEDRO TRUJILLO	63	YULI IMBACHI
24	CARLOS TRUJILLO	64	MARITZA CARDENAS
25	LUZ DARY TRUJILLO	65	ARGENIS CASTRO
26	DIANA SANCHEZ	66	CARMEN INEZ ZUÑIGA
27	GUSTAVO ORTEGA	67	REINALDO VARGAS
28	ALBERTO TRUJILLO	68	JOAQUIN MEDINA
29	MARIA ELCY TRUJILLO	69	JOSE ORTIZ BOLAÑOS
30	WALTER VEGA	70	MELITA LOZADA
31	MARLENY ROJAS	71	MARY MARTINEZ
32	SANDRA DEICY ROJAS	72	ANSELMO SANCHEZ
33	ELCY YATE	73	FRANCY SANCHEZ
34	FAIBER ROJAS	74	MISAEAL CAICEDO
35	EIDER QUIÑONES	75	ORLANDO ANACONA
36	ALBINA LOPEZ	76	ALICIA MORALES
37	ARNULFO QUIÑONEZ	77	GLORIA PALADINES
38	JOSELITO ROJAS	78	LIBIO PABON
39	ARGENIS CASTRILLON	79	LUCERO PABON
40	VICENTE CLAROS	80	GLORIA PALADINES

81	GERMAN MUÑOZ
82	JESSICA RANGEL
83	ALEJANDRO ANACONA
84	ALECIRA SEGURA
85	ESTELA RANGEL
86	ADRIANA RANGEL
87	RAFAEL NARVAEZ
88	RAUL RUBIANO
89	NELSON MURICA
90	CARLOS IMBACHI
91	ALFONSO PUERTAS
92	NAIBEL ORDOÑEZ
93	SANTO FLORES
94	GILBERTO ROJAS
95	EVERARDO GAVIRIA
96	JESUS MUÑOZ
97	GENEN MUÑOZ
98	MARCOS OME
99	GILBERTO SEVILLA
100	ALBENIS TORRES
101	ALBENIS TORRES
102	ALBA IMBACHI
103	JOSE LIBARDO
104	ANGELMIRO MANRIQUE
105	AMADEO PLAZAS
106	MARIA SUAZA
107	ALEXANDER RANGEL
108	ANDRES CORDOBA
109	MONICA RANGEL
110	YUDI RANGEL
111	LILIANA HOYOS
112	JHON LEIDER GOMEZ
113	JESUS RANGEL
114	MARIA KARINA
115	YAQUELINE ALVARADO
116	HECTOR BERMUDEZ
117	ISRAEL GALINDO
118	FELIPE MUÑOZ
119	ELIO GUTIERREZ
120	ELIO GUTIERREZ

121	ELIO GUTIERREZ
122	RICARDO NARVAEZ
123	ANGEL LADINO
124	JESUS FIGUEROA
125	EDWIN FIGUEROA
126	ROGELIO PEREZ
127	ALEXANDER ÑAÑEZ
128	ALEX GASCA
129	NANCY CUBILLOS
130	DIEGO ULLOA
131	ROSALBA MENDEZ
132	JULIO CORSO
133	JUAN ORTIZ
134	YULI SILVA
135	JOSE TRUJILLO
136	OMAR CANO
137	EDILMA SANCHEZ
138	YORLENI OME
139	ANACITA CALDERON
140	ELMER OME
141	JHON OME
142	ROSA ROJAS
143	ARGEMIRO HOYOS
144	MILTON NORIEGA
145	GLADIS MUÑOZ
146	NOHORA HOYOS
147	NELSON MURICA
148	COLLAZOS
149	VICENTE CLAROS
150	JOSE IGNACIO
151	JHONNY WILFREDO
152	EPITACIO GOMEZ
153	HERNANDO ANACONA
154	ANDRES CORDOBA
155	ANDRES CORDOBA
156	YEISON OME
157	OBEIMAR HENAO TRIANA
158	OBEIMAR HENAO TRIANA
159	YENNI SENDOYA
160	LEONIL DE CLAROS
161	ABSALOM CASTRO
162	ABSALOM CASTRO
163	MONICA SAMBONY
164	RAQUEL ÑAÑEZ
165	ANTONIO RANGEL
166	HERNAN DELAGADO

ANEXO-B: CALCULOS DIAGNÓSTICO BOCATOMA ACTUAL

Presa:

- **Altura de la lámina de agua.**

$$H = \left(\frac{QD}{1.84 * L} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (139)$$

$$H = \left(\frac{\frac{0.0135m^3}{s}}{1.84 * 2.5m} \right)^{\frac{2}{3}} = 0.0205m \quad (140)$$

- **Corrección de la longitud.**

Se presentan dos contracciones laterales.

$$L' = L - 0.1 * n * H \quad (141)$$

$$L' = 2.5m - 0.1 * 2 * 0.0205 = 2,495m \quad (142)$$

Donde,

n : número de contracciones laterales.

L' : longitud del vertimiento corregida.

L : longitud del vertimiento.

H : Altura de la lámina del agua.

- **Velocidad del agua sobre la presa Corregida.**

$$Vp = \frac{QD}{L' * H} \quad (143)$$

$$Vp = \frac{\frac{0.0135m^3}{s}}{2,495m * 0.0205m} = \frac{0.264m}{s} \quad (144)$$

Rejilla y Canal de Aducción:

- **Alcance del chorro.**

$$X_s = 0.36 * Vp^{\frac{2}{3}} + 0.6 * H^{\frac{4}{7}} \quad (145)$$

$$X_s = 0.36 * \frac{0.264m^{\frac{2}{3}}}{s} + 0.6 * 0.0205m^{\frac{4}{7}} = 0.2133m \quad (146)$$

- **Alcance del filo interior.**

$$X_i = 0.18 * Vp^{\frac{4}{7}} + 0.74 * H^{\frac{3}{4}} \quad (147)$$

$$X_i = 0.18 * \frac{0.264m^{\frac{4}{7}}}{s} + 0.74 * 0.0205m^{\frac{3}{4}} = 0.124m \quad (148)$$

- **Ancho del canal de aducción.**

$$B_d = X_s + 0.1m \quad (149)$$

$$B_d = 0.213m + 0.1m = 0.31m \quad (150)$$

Donde:

X_s = Alcance filo superior (m)

X_i = Alcance filo inferior (m)

V_p = Velocidad del río (m/s)

H = Profundidad de la lámina de agua sobre la presa (m)

B_d = Ancho del canal de aducción (m)

- **Área Neta de la rejilla.**

$$A_n = \frac{Q}{0.9 * V_b} \quad (151)$$

$$A_n = \frac{\frac{0.0135m^3}{s}}{0.9 * \frac{0.2m}{s}} = 0.075m^2 \quad (152)$$

- Longitud de la rejilla.

$$Lr = \frac{An * (0.05m + 0.0191m)}{0.05m * B} \quad (153)$$

$$Lr = \frac{0.075m^2 * (0.05m + 0.0191m)}{0.05m * 0.15m} = 0.6925m \quad (154)$$

→ Se tiene una longitud de rejilla de 0.5m

- Recalculo de Área Neta.

$$Anc = \frac{0.05m}{0.05m + 0.0191m} * B * Lr \quad (155)$$

$$Anc = \frac{0.05m}{0.05m + 0.0191m} * 0.15m * 0.5m = 0.0542m^2 \quad (156)$$

- Numero de orificios.

$$N = \frac{An}{0.05m * Lr} \quad (157)$$

$$N = \frac{0.05m^2}{0.05m * 0.15m} = 7,235 \rightarrow 8 \quad (158)$$

$$An = 0.05 * B * N \quad (159)$$

$$An = 0.05 * 0.15m * 8 = 0.06m^2 \quad (160)$$

- Velocidad entre barrotes.

$$Vb = \frac{Q}{0.9 * An} \quad (161)$$

$$Vb = \frac{\frac{0.0135m^3}{s}}{0.9 * 0.06m^2} = \frac{0.25m}{s} \quad (162)$$

- Longitud de la rejilla real.

$$Lr = \frac{An * (0.05m + 0.0191m)}{0.05m * B} \quad (163)$$

$$Lr = \frac{0.06m^2 * (0.05m + 0.0191m)}{0.05m * 0.15m} = 0.55m \quad (164)$$

NIVELES DE AGUA EN EL CANAL DE ADUCCION.

- Aguas abajo.

$$he = hc = \left(\frac{Q^2}{g * B^2} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (165)$$

Donde,

he : profundidad aguas abajo.

hc : profundidad critica.

g : aceleración de la gravedad.

Q : caudal de diseño.

B : ancho del canal de aducción. <

$$he = \left(\frac{\left(\frac{0.0135m^3}{s} \right)^2}{\frac{9.81m}{s^2} * (0.15m)^2} \right)^{\frac{1}{3}} = 0.0939m \quad (166)$$

- Aguas Arriba.

Pendiente: $i = 3\%$

$$Lc = Lr + 0.3m = 0.6m + 0.3m = 0.9m \quad (167)$$

$$ho = \left(2 * he^2 + \left(he - \frac{i * Lc}{3} \right)^2 \right)^{\frac{1}{2}} - \frac{2 * i * Lc}{3} \quad (168)$$

Donde,

ho : profundidad aguas arriba.

i : pendiente del fondo del canal.

l_c : longitud de canal.

h_e : profundidad aguas abajo.

$$h_o = \left(2 * 0.0939m^2 + \left(0.0939 - \frac{0.03 * 0.9m}{3} \right)^2 \right)^{\frac{1}{2}} - \frac{2 * 0.03 * 0.9m}{3} = 0.1397m \quad (169)$$

- Altura total de los muros del canal de aducción.

$$H_o = h_o + 0.15m = 0.1397m + 0.15m = 0.2897m \quad (170)$$

$$H_e = H_o + i * L_c = 0.2897m + 0.03 * 0.9m = 0.316m \quad (171)$$

Cámara de Recolección:

- Velocidad del agua al final del canal.

$$V_e = \frac{Q}{B * h_e} \quad (172)$$

$$V_e = \frac{\frac{0.0135m^3}{s}}{0.15m * 0.0939m} = 0,960 \frac{m}{s} \quad (173)$$

$$\frac{0.3m}{s} < V_e < \frac{3m}{s} \rightarrow Ok$$

- Alcance filo superior.

$$X_s = 0.36 * V_e^{\frac{2}{3}} + 0.6 * h_e^{\frac{4}{7}} \quad (174)$$

$$X_s = 0.36 * \frac{0,960m^{\frac{2}{3}}}{s} + 0.6 * 0,939m^{\frac{4}{7}} = 0.50m \quad (175)$$

- Alcance filo inferior

$$X_i = 0.18 * V_e^{\frac{4}{7}} + 0.74 * h_e^{\frac{3}{4}} \quad (176)$$

$$X_i = 0.18 * \frac{0,939m^{\frac{4}{7}}}{s} + 0.74 * 0.0960m^{\frac{3}{4}} = 0.30m \quad (178)$$

- Ancho de la cámara.

$$B_{camara} = X_s + 0.3m = 0.50m + 0.3m = 0.8m \quad (179)$$

Muro de Contención:

$$H_i = \left(\frac{Q_{Maxquebrada}}{1.84 * L} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (180)$$

$$H_i = \left(\frac{\frac{0.393m^3}{s}}{1.84 * 2.5m} \right)^{\frac{2}{3}} = 0.193m \quad (181)$$

$$BL = 0.3m$$

$$H = H_i + BL = 0.193m + 0.3m = 0.4939m \quad (182)$$

Caudal y Cámara de Excesos

- Altura de la lámina del agua en la garganta

$$H_i = \left(\frac{Q_{Medquebrada}}{1.84 * L} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (183)$$

$$H_i = \left(\frac{\frac{0.131m^3}{s}}{1.84 * 2.5m} \right)^{\frac{2}{3}} = 0.0932m \quad (184)$$

- Caudal de excesos

$$Q_{cap} = C_d * A_n * \sqrt{2 * g * H} \quad (185)$$

$$Q_{cap} = 0.3 * 0.06m^2 * \sqrt{2 * \frac{9.81m}{s^2} * 0.0932m} = \frac{0.0243m^3}{s} \quad (186)$$

$$Q_{exc} = Q_{cap} - Q_d \quad (187)$$

$$Q_{exc} = \frac{0.0243m^3}{s} - \frac{0.0135m^3}{s} = \frac{0.0108m^3}{s} \quad (188)$$

- Altura de excesos.

$$H_{exc} = \left(\frac{Q_{exc}}{1.84 * B_{camara}} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (189)$$

$$H_{exc} = \left(\frac{\frac{0.0108m^3}{s}}{1.84 * 1.2m} \right)^{\frac{2}{3}} = 0.036m \quad (190)$$

- **Velocidad de excesos.**

$$V_{exc} = \frac{Q_{exc}}{H_{exc} * B_{camara}} \quad (191)$$

$$V_{exc} = \frac{\frac{0.0108m^3}{s}}{0.036m * 1.2m} = \frac{0.245m}{s} \quad (192)$$

$$X_s = 0.36 * V_{exc}^{\frac{2}{3}} + 0.6 * H_{exc}^{\frac{4}{7}} \quad (193)$$

$$X_s = 0.36 * \frac{0.245m^{\frac{2}{3}}}{s} + 0.6 * 0.036m^{\frac{4}{7}} = 0.2318m \quad (194)$$

ANEXO-C: PARÁMETROS DEL DISEÑO HIDRÁULICO LÍNEA DE CONDUCCIÓN: DESARENADOR AL TANQUE DE ALMACENAMIENTO.

Las presentes tablas tienen los parámetros de diseño hidráulico de la red de conducción, donde:

- Z1-Z2: Alturas entre tamos a evaluar
- L: longitud entre las alturas
- C: coeficiente de rugosidad de la tubería
- \emptyset (interno): Diámetro interno
- RDE: Relación de dimensiones de tuberías
- Δh_f : Diferencia de alturas
- Vr: Velocidad real

Se verificar que la velocidad este entre los parámetros de 0,6 m/s y 6 m/s según estipula la resolución 0330 de 2017.

- P: Densidad
- V: viscosidad cinemática
- Ks: rugosidad absoluta
- Re: Numero de Reynolds
- F: Factor de fricción
- Hf: Perdida por fricción
- H: Perdida total de energía

Para realizar las cotas de la línea piezométrica se restan las pérdidas a las alturas iniciales.

TRAMO 1				TRAMO 2			
Z1	1500	msnm	Alturas	Z1	1500	msnm	Alturas
Z2	1500	msnm		Z2	1494	msnm	
L	8,8	m	Longitud	L	9,7	m	Longitud
	17,6	m			19,4	m	
C	150	PVC	Ciente de rugosidad de la tu	C	150	PVC	Ciente de rugosidad de la tu
Ø (interno)	3	in	Diámetro interno	Ø (interno)	3	in	Diámetro interno
	0,076200152	m			0,076200152	m	
RDE	32,5			RDE	32,5		
Δhf	0	m	Diferencia de alturas	Δhf	6	m	Diferencia de alturas
S	0	0,00%	Pendiente	S	0,309278351	30,93%	Pendiente
Qr	3,382608025	L/s	Caudal que esta llevando	Qr	3,382608025	L/s	Caudal que esta llevando
	0,003382608	m ³ /s			0,003382608	m ³ /s	
Vr	0,741737291	m/s	Velocidad real	Vr	0,741737291	m/s	Velocidad real
	0,6<Vr<6	Cumple			0,6<Vr<6	Cumple	
PERDIDAS POR FRICCION				PERDIDAS POR FRICCION			
p	1000	Kg/m ³	Densidad	p	1000	Kg/m ³	Densidad
v	0,00000114	m ² /s	Viscosidad cinematica	v	0,00000114	m ² /s	Viscosidad cinematica
Ks (m)	0,0000015	PVC	Rugosidad absoluta	Ks (m)	0,0000015	PVC	Rugosidad absoluta
Re	49579,38122	Re	Turbulento	Re	49579,38122	Re	Turbulento
	Fasumida	Freal			Fasumida	Freal	
Semilla	0,02093127	0,02093128		Semilla	0,02093127	0,02093128	
f	0,02093127			f	0,02093127		
hf	0,13556689	mca	hf=f*(L/D)*(V ² /2g)	hf	0,149431685	mca	hf=f*(L/D)*(V ² /2g)
Perdi tota	H	0,13556689	mca	Perdidas totales	H	0,14943169	mca
COTA PIEZOMETRICA				COTA PIEZOMETRICA			
Z1		1499,94	msnm	Z1		1499,80443	msnm
Z2		1499,80443	msnm	Z2		1499,655	msnm

TRAMO 3				TRAMO 4			
Z1	1494	msnm	Alturas	Z1	1496	msnm	Alturas
Z2	1496	msnm		Z2	1494	msnm	
L	10,89	m	Longitud	L	9,4	m	Longitud
	21,78	m			18,8	m	
C	150	PVC	Ciente de rugosidad de la tu	C	150	PVC	Ciente de rugosidad de la tu
Ø (interno)	3	in	Diámetro interno	Ø (interno)	3	in	Diámetro interno
	0,076200152	m			0,076200152	m	
RDE	32,5			RDE	32,5		
Δhf	-2	m	Diferencia de alturas	Δhf	2	m	Diferencia de alturas
S	-0,09182736	-9,18%	Pendiente	S	0,106382979	10,64%	Pendiente
Qr	3,382608025	L/s	Caudal que esta llevando	Qr	3,382608025	L/s	Caudal que esta llevando
	0,003382608	m ³ /s			0,003382608	m ³ /s	
Vr	0,741737291	m/s	Velocidad real	Vr	0,741737291	m/s	Velocidad real
	0,6<Vr<6	Cumple			0,6<Vr<6	Cumple	
PERDIDAS POR FRICCION				PERDIDAS POR FRICCION			
p	1000	Kg/m ³	Densidad	p	1000	Kg/m ³	Densidad
v	0,00000114	m ² /s	Viscosidad cinematica	v	0,00000114	m ² /s	Viscosidad cinematica
Ks (m)	0,0000015	PVC	Rugosidad absoluta	Ks (m)	0,0000015	PVC	Rugosidad absoluta
Re	49579,38122	Re	Turbulento	Re	49579,38122	Re	Turbulento
	Fasumida	Freal			Fasumida	Freal	
Semilla	0,02093127	0,02093128		Semilla	0,02093127	0,02093128	
f	0,02093127			f	0,02093127		
hf	0,167764026	mca	hf=f*(L/D)*(V ² /2g)	hf	0,144810087	mca	hf=f*(L/D)*(V ² /2g)
Perdi tota	H	0,16776403	mca	Perdi tota	H	0,14481009	mca
COTA PIEZOMETRICA				COTA PIEZOMETRICA			
Z1		1499,655	msnm	Z1		1499,48724	msnm
Z2		1499,48724	msnm	Z2		1499,34243	msnm

TRAMO 5				TRAMO 6			
Z1	1494	msnm	Alturas	Z1	1497	msnm	Alturas
Z2	1497	msnm		Z2	1492	msnm	
L	10,8	m	Longitud	L	24,7	m	Longitud
	21,6	m			49,4	m	
C	150	PVC	Ciente de rugosidad de la t	C	150	PVC	Ciente de rugosidad de la t
Ø (interno)	3	in	Diametro interno	Ø (interno)	3	in	Diametro interno
	0,076200152	m			0,076200152	m	
RDE	32,5			RDE	32,5		
Δhf	-3	m	Diferencia de alturas	Δhf	5	m	Diferencia de alturas
S	-0,13888889	-13,89%	Pendiente	S	0,101214575	10,12%	Pendiente
Qr	3,382608025	L/s	Caudal que esta llevando	Qr	3,382608025	L/s	Caudal que esta llevando
	0,003382608	m ³ /s			0,003382608	m ³ /s	
Vr	0,741737291	m/s	Velocidad real	Vr	0,741737291	m/s	Velocidad real
0,6<Vr<6 Cumple				0,6<Vr<6 Cumple			
PERDIDAS POR FRICCION				PERDIDAS POR FRICCION			
p	1000	Kg/m ³	Densidad	p	1000	Kg/m ³	Densidad
v	0,00000114	m ² /s	Viscosidad cinematica	v	0,00000114	m ² /s	Viscosidad cinematica
Ks (m)	0,0000015	PVC	Rugosidad absoluta	Ks (m)	0,0000015	PVC	Rugosidad absoluta
Re	49579,38122	Re	Turbulento	Re	49579,38122	Re	Turbulento
	Fasumida	Freal			Fasumida	Freal	
Semilla	0,02093127	0,02093128		Semilla	0,02093127	0,02093128	
f	0,02093127			f	0,02093127		
hf	0,166377546	mca	hf=f*(L/D)*(V ² /2g)	hf	0,380511611	mca	hf=f*(L/D)*(V ² /2g)
Perdidas totales	H	0,16637755	mca	Perdidas to	H	0,38051161	mca
COTA PIEZOMETRICA				COTA PIEZOMETRICA			
Z1	1499,34243	msnm		Z1	1499,17605	msnm	
Z2	1499,17605	msnm		Z2	1498,79554	msnm	

TRAMO 7				TRAMO 8			
Z1	1492	msnm	Alturas	Z1	1486	msnm	Alturas
Z2	1486	msnm		Z2	1488	msnm	
L	6,9	m	Longitud	L	7,2	m	Longitud
	13,8	m			14,4	m	
C	150	PVC	Ciente de rugosidad de la t	C	150	PVC	Ciente de rugosidad de la t
Ø (interno)	3	in	Diametro interno	Ø (interno)	3	in	Diametro interno
	0,076200152	m			0,076200152	m	
RDE	32,5			RDE	32,5		
Δhf	6	m	Diferencia de alturas	Δhf	-2	m	Diferencia de alturas
S	0,434782609	43,48%	Pendiente	S	-0,13888889	-13,89%	Pendiente
Qr	3,382608025	L/s	Caudal que esta llevando	Qr	3,382608025	L/s	Caudal que esta llevando
	0,003382608	m ³ /s			0,003382608	m ³ /s	
Vr	0,741737291	m/s	Velocidad real	Vr	0,741737291	m/s	Velocidad real
0,6<Vr<6 Cumple				0,6<Vr<6 Cumple			
PERDIDAS POR FRICCION				PERDIDAS POR FRICCION			
p	1000	Kg/m ³	Densidad	p	1000	Kg/m ³	Densidad
v	0,00000114	m ² /s	Viscosidad cinematica	v	0,00000114	m ² /s	Viscosidad cinematica
Ks (m)	0,0000015	PVC	Rugosidad absoluta	Ks (m)	0,0000015	PVC	Rugosidad absoluta
Re	49579,38122	Re	Turbulento	Re	49579,38122	Re	Turbulento
	Fasumida	Freal			Fasumida	Freal	
Semilla	0,02093127	0,02093128		Semilla	0,02093127	0,02093128	
f	0,02093127			f	0,02093127		
hf	0,106296766	mca	hf=f*(L/D)*(V ² /2g)	hf	0,110918364	mca	hf=f*(L/D)*(V ² /2g)
Perdi tota	H	0,10629677	mca	Perdidas totales	H	0,11091836	mca
COTA PIEZOMETRICA				COTA PIEZOMETRICA			
Z1	1498,79554	msnm		Z1	1498,68924	msnm	
Z2	1498,68924	msnm		Z2	1498,57832	msnm	

TRAMO 9				TRAMO 10			
Z1	1488	msnm	Alturas	Z1	1488	msnm	Alturas
Z2	1488	msnm		Z2	1484	msnm	
L	15	m	Longitud	L	11,7	m	Longitud
	30	m			23,4	m	
C	150	PVC	Coeficiente de rugosidad de la tubería	C	150	PVC	Coeficiente de rugosidad de la tubería
Ø (interno)	3	in	Diametro interno	Ø (interno)	3	in	Diametro interno
	0,076200152	m			0,076200152	m	
RDE	32,5			RDE	32,5		
Δhf	0	m	Diferencia de alturas	Δhf	4	m	Diferencia de alturas
S	0	0,00%	Pendiente	S	0,170940171	17,09%	Pendiente
Qr	3,382608025	L/s	Caudal que esta llevando	Qr	3,382608025	L/s	Caudal que esta llevando
	0,003382608	m ³ /s			0,003382608	m ³ /s	
Vr	0,741737291	m/s	Velocidad real	Vr	0,741737291	m/s	Velocidad real
	0,6<Vr<6	Cumple			0,6<Vr<6	Cumple	
PERDIDAS POR FRICCION				PERDIDAS POR FRICCION			
p	1000	Kg/m ³	Densidad	p	1000	Kg/m ³	Densidad
v	0,00000114	m ² /s	Viscosidad cinematica	v	0,00000114	m ² /s	Viscosidad cinematica
Ks (m)	0,0000015	PVC	Rugosidad absoluta	Ks (m)	0,0000015	PVC	Rugosidad absoluta
Re	49579,38122	Re	Turbulento	Re	49579,38122	Re	Turbulento
	Fasumida	Freal			Fasumida	Freal	
Semilla	0,02093127	0,02093128		Semilla	0,02093127	0,02093128	
f	0,02093127			f	0,02093127		
hf	0,231079925	mca	hf=f*(L/D)*(V ² /2g)	hf	0,180242342	mca	hf=f*(L/D)*(V ² /2g)
Perdidas totales H	0,23107993	mca		Perdidas totales H	0,18024234	mca	
COTA PIEZOMETRICA				COTA PIEZOMETRICA			
Z1	1498,57832	msnm		Z1	1498,34724	msnm	
Z2	1498,34724	msnm		Z2	1498,167	msnm	

TRAMO 11				TRAMO 12			
Z1	1484	msnm	Alturas	Z1	1486	msnm	Alturas
Z2	1486	msnm		Z2	1483	msnm	
L	8	m	Longitud	L	11,1	m	Longitud
	16	m			22,2	m	
C	150	PVC	Coeficiente de rugosidad de la tubería	C	150	PVC	Coeficiente de rugosidad de la tubería
Ø (interno)	3	in	Diametro interno	Ø (interno)	3	in	Diametro interno
	0,076200152	m			0,076200152	m	
RDE	32,5			RDE	32,5		
Δhf	-2	m	Diferencia de alturas	Δhf	3	m	Diferencia de alturas
S	-0,125	-12,50%	Pendiente	S	0,135135135	13,51%	Pendiente
Qr	3,382608025	L/s	Caudal que esta llevando	Qr	3,382608025	L/s	Caudal que esta llevando
	0,003382608	m ³ /s			0,003382608	m ³ /s	
Vr	0,741737291	m/s	Velocidad real	Vr	0,741737291	m/s	Velocidad real
	0,6<Vr<6	Cumple			0,6<Vr<6	Cumple	
PERDIDAS POR FRICCION				PERDIDAS POR FRICCION			
p	1000	Kg/m ³	Densidad	p	1000	Kg/m ³	Densidad
v	0,00000114	m ² /s	Viscosidad cinematica	v	0,00000114	m ² /s	Viscosidad cinematica
Ks (m)	0,0000015	PVC	Rugosidad absoluta	Ks (m)	0,0000015	PVC	Rugosidad absoluta
Re	49579,38122	Re	Turbulento	Re	49579,38122	Re	Turbulento
	Fasumida	Freal			Fasumida	Freal	
Semilla	0,02093127	0,02093128		Semilla	0,02093127	0,02093128	
f	0,02093127			f	0,02093127		
hf	0,123242627	mca	hf=f*(L/D)*(V ² /2g)	hf	0,170999145	mca	hf=f*(L/D)*(V ² /2g)
Perdidas totales H	0,12324263	mca		Perdidas totales H	0,17099914	mca	
COTA PIEZOMETRICA				COTA PIEZOMETRICA			
Z1	1498,167	msnm		Z1	1498,04376	msnm	
Z2	1498,04376	msnm		Z2	1497,87276	msnm	

TRAMO 13				TRAMO 14			
Z1	1483	msnm	Alturas	Z1	1483	msnm	Alturas
Z2	1483	msnm		Z2	1477	msnm	
L	14,7	m	Longitud	L	13,7	m	Longitud
	29,4	m			27,4	m	
C	150	PVC	Coefficiente de rugosidad de la tubería	C	150	PVC	Coefficiente de rugosidad de la tubería
Ø (interno)	3	in	Diametro interno	Ø (interno)	3	in	Diametro interno
	0,076200152	m			0,076200152	m	
RDE	32,5			RDE	32,5		
Δhf	0	m	Diferencia de alturas	Δhf	6	m	Diferencia de alturas
S	0	0,00%	Pendiente	S	0,218978102	21,90%	Pendiente
Qr	3,382608025	L/s	Caudal que esta llevando	Qr	3,382608025	L/s	Caudal que esta llevando
	0,003382608	m ³ /s			0,003382608	m ³ /s	
Vr	0,741737291	m/s	Velocidad real	Vr	0,741737291	m/s	Velocidad real
0,6<Vr<6			Cumple	0,6<Vr<6			Cumple
PERDIDAS POR FRICCION				PERDIDAS POR FRICCION			
p	1000	Kg/m ³	Densidad	p	1000	Kg/m ³	Densidad
v	0,00000114	m ² /s	Viscosidad cinematica	v	0,00000114	m ² /s	Viscosidad cinematica
Ks (m)	0,0000015	PVC	Rugosidad absoluta	Ks (m)	0,0000015	PVC	Rugosidad absoluta
Re	49579,38122	Re	Turbulento	Re	49579,38122	Re	Turbulento
	Fasumida	Freal			Fasumida	Freal	
Semilla	0,02093127	0,02093128		Semilla	0,02093127	0,02093128	
f	0,02093127			f	0,02093127		
hf	0,226458327	mca	hf=f*(L/D)*(V ² /2g)	hf	0,211052999	mca	hf=f*(L/D)*(V ² /2g)
Perdi tota	H	0,22645833	mca	Perdidas totales	H	0,211053	mca
COTA PIEZOMETRICA				COTA PIEZOMETRICA			
Z1	1497,87276	msnm		Z1	1497,6463	msnm	
Z2	1497,6463	msnm		Z2	1497,43525	msnm	

TRAMO 15				TRAMO 16			
Z1	1477	msnm	Alturas	Z1	1471	msnm	Alturas
Z2	1471	msnm		Z2	1468	msnm	
L	32,5	m	Longitud	L	10,7	m	Longitud
	65	m			21,4	m	
C	150	PVC	Coefficiente de rugosidad de la tubería	C	150	PVC	Coefficiente de rugosidad de la tubería
Ø (interno)	3	in	Diametro interno	Ø (interno)	3	in	Diametro interno
	0,076200152	m			0,076200152	m	
RDE	32,5			RDE	32,5		
Δhf	6	m	Diferencia de alturas	Δhf	3	m	Diferencia de alturas
S	0,092307692	9,23%	Pendiente	S	0,140186916	14,02%	Pendiente
Qr	3,382608025	L/s	Caudal que esta llevando	Qr	3,382608025	L/s	Caudal que esta llevando
	0,003382608	m ³ /s			0,003382608	m ³ /s	
Vr	0,741737291	m/s	Velocidad real	Vr	0,741737291	m/s	Velocidad real
0,6<Vr<6			Cumple	0,6<Vr<6			Cumple
PERDIDAS POR FRICCION				PERDIDAS POR FRICCION			
p	1000	Kg/m ³	Densidad	p	1000	Kg/m ³	Densidad
v	0,00000114	m ² /s	Viscosidad cinematica	v	0,00000114	m ² /s	Viscosidad cinematica
Ks (m)	0,0000015	PVC	Rugosidad absoluta	Ks (m)	0,0000015	PVC	Rugosidad absoluta
Re	49579,38122	Re	Turbulento	Re	49579,38122	Re	Turbulento
	Fasumida	Freal			Fasumida	Freal	
Semilla	0,02093127	0,02093128		Semilla	0,02093127	0,02093128	
f	0,02093127			f	0,02093127		
hf	0,500673172	mca	hf=f*(L/D)*(V ² /2g)	hf	0,164837014	mca	hf=f*(L/D)*(V ² /2g)
Perdi tota	H	0,50067317	mca	Perdi tota	H	0,16483701	mca
COTA PIEZOMETRICA				COTA PIEZOMETRICA			
Z1	1497,43525	msnm		Z1	1496,93457	msnm	
Z2	1496,93457	msnm		Z2	1496,76974	msnm	

TRAMO 17				TRAMO 18			
Z1	1468	msnm	Alturas	Z1	1470	msnm	Alturas
Z2	1470	msnm		Z2	1468	msnm	
L	6,7	m	Longitud	L	10,9	m	Longitud
	13,4	m			21,8	m	
C	150	PVC	Coefficiente de rugosidad de la tubería	C	150	PVC	Coefficiente de rugosidad de la tubería
Ø (interno)	3	in	Diametro interno	Ø (interno)	3	in	Diametro interno
	0,076200152	m			0,076200152	m	
RDE	32,5			RDE	32,5		
Δhf	-2	m	Diferencia de alturas	Δhf	2	m	Diferencia de alturas
S	-0,14925373	-14,93%	Pendiente	S	0,091743119	9,17%	Pendiente
Qr	3,382608025	L/s	Caudal que esta llevando	Qr	3,382608025	L/s	Caudal que esta llevando
	0,003382608	m³/s			0,003382608	m³/s	
Vr	0,741737291	m/s	Velocidad real	Vr	0,741737291	m/s	Velocidad real
0,6<Vr<6			Cumple	0,6<Vr<6			Cumple
PERDIDAS POR FRICCION				PERDIDAS POR FRICCION			
p	1000	Kg/m³	Densidad	p	1000	Kg/m³	Densidad
v	0,00000114	m²/s	Viscosidad cinematica	v	0,00000114	m²/s	Viscosidad cinematica
Ks (m)	0,0000015	PVC	Rugosidad absoluta	Ks (m)	0,0000015	PVC	Rugosidad absoluta
Re	49579,38122	Re	Turbulento	Re	49579,38122	Re	Turbulento
		Fasumida	Freal			Fasumida	Freal
Semilla	0,02093127	0,02093128		Semilla	0,02093127	0,02093128	
f	0,02093127			f	0,02093127		
hf	0,1032157	mca	hf=f*(L/D)*(V²/2g)	hf	0,167918079	mca	hf=f*(L/D)*(V²/2g)
Perdidas totales	H	0,1032157	mca	Perdidas totales	H	0,16791808	mca
COTA PIEZOMETRICA				COTA PIEZOMETRICA			
Z1		1496,76974	msnm	Z1		1496,66652	msnm
Z2		1496,66652	msnm	Z2		1496,4986	msnm

TRAMO 19				TRAMO 20			
Z1	1468	msnm	Alturas	Z1	1469	msnm	Alturas
Z2	1469	msnm		Z2	1472	msnm	
L	5,4	m	Longitud	L	3,7	m	Longitud
	10,8	m			7,4	m	
C	150	PVC	Coefficiente de rugosidad de la tubería	C	150	PVC	Coefficiente de rugosidad de la tubería
Ø (interno)	3	in	Diametro interno	Ø (interno)	3	in	Diametro interno
	0,076200152	m			0,076200152	m	
RDE	32,5			RDE	32,5		
Δhf	-1	m	Diferencia de alturas	Δhf	-3	m	Diferencia de alturas
S	-0,09259259	-9,26%	Pendiente	S	-0,40540541	-40,54%	Pendiente
Qr	3,382608025	L/s	Caudal que esta llevando	Qr	3,382608025	L/s	Caudal que esta llevando
	0,003382608	m³/s			0,003382608	m³/s	
Vr	0,741737291	m/s	Velocidad real	Vr	0,741737291	m/s	Velocidad real
0,6<Vr<6			Cumple	0,6<Vr<6			Cumple
PERDIDAS POR FRICCION				PERDIDAS POR FRICCION			
p	1000	Kg/m³	Densidad	p	1000	Kg/m³	Densidad
v	0,00000114	m²/s	Viscosidad cinematica	v	0,00000114	m²/s	Viscosidad cinematica
Ks (m)	0,0000015	PVC	Rugosidad absoluta	Ks (m)	0,0000015	PVC	Rugosidad absoluta
Re	49579,38122	Re	Turbulento	Re	49579,38122	Re	Turbulento
		Fasumida	Freal			Fasumida	Freal
Semilla	0,02093127	0,02093128		Semilla	0,02093127	0,02093128	
f	0,02093127			f	0,02093127		
hf	0,083188773	mca	hf=f*(L/D)*(V²/2g)	hf	0,056999715	mca	hf=f*(L/D)*(V²/2g)
Perdi tota	H	0,08318877	mca	Perdidas totales	H	0,05699971	mca
COTA PIEZOMETRICA				COTA PIEZOMETRICA			
Z1		1496,4986	msnm	Z1		1496,41541	msnm
Z2		1496,41541	msnm	Z2		1496,35842	msnm

TRAMO 21			TRAMO 22		
Z1	1472	msnm	Z1	1468	msnm
Z2	1468	msnm	Z2	1467	msnm
L	12,6	m	L	8,6	m
	25,2	m		17,2	m
C	150	PVC	C	150	PVC
Ø (interno)	3	in	Ø (interno)	3	in
	0,076200152	m		0,076200152	m
RDE	32,5		RDE	32,5	
Δhf	4	m	Δhf	1	m
S	0,158730159	15,87%	S	0,058139535	5,81%
Qr	3,382608025	L/s	Qr	3,382608025	L/s
	0,003382608	m ³ /s		0,003382608	m ³ /s
Vr	0,741737291	m/s	Vr	0,741737291	m/s
0,6<Vr<6			0,6<Vr<6		
Cumple			Cumple		
PERDIDAS POR FRICCION			PERDIDAS POR FRICCION		
p	1000	Kg/m ³	p	1000	Kg/m ³
v	0,00000114	m ² /s	v	0,00000114	m ² /s
Ks (m)	0,0000015	PVC	Ks (m)	0,0000015	PVC
Re	49579,38122	Re	Re	49579,38122	Re
	Fasumida	Freal		Fasumida	Freal
Semilla	0,02093127	0,02093128	Semilla	0,02093127	0,02093128
f	0,02093127		f	0,02093127	
hf	0,194107137	mca	hf	0,132485824	mca
Perdidas totales	H	0,19410714	Perdidas totales	H	0,13248582
COTA PIEZOMETRICA			COTA PIEZOMETRICA		
Z1	1496,35842	msnm	Z1	1496,16431	msnm
Z2	1496,16431	msnm	Z2	1496,03182	msnm

TRAMO 23			TRAMO 24		
Z1	1467	msnm	Z1	1468	msnm
Z2	1468	msnm	Z2	1467	msnm
L	5,3	m	L	4,7	m
	10,6	m		9,4	m
C	150	PVC	C	150	PVC
Ø (interno)	3	in	Ø (interno)	3	in
	0,076200152	m		0,076200152	m
RDE	32,5		RDE	32,5	
Δhf	-1	m	Δhf	1	m
S	-0,09433962	-9,43%	S	0,106382979	10,64%
Qr	3,382608025	L/s	Qr	3,382608025	L/s
	0,003382608	m ³ /s		0,003382608	m ³ /s
Vr	0,741737291	m/s	Vr	0,741737291	m/s
0,6<Vr<6			0,6<Vr<6		
Cumple			Cumple		
PERDIDAS POR FRICCION			PERDIDAS POR FRICCION		
p	1000	Kg/m ³	p	1000	Kg/m ³
v	0,00000114	m ² /s	v	0,00000114	m ² /s
Ks (m)	0,0000015	PVC	Ks (m)	0,0000015	PVC
Re	49579,38122	Re	Re	49579,38122	Re
	Fasumida	Freal		Fasumida	Freal
Semilla	0,02093127	0,02093128	Semilla	0,02093127	0,02093128
f	0,02093127		f	0,02093127	
hf	0,08164824	mca	hf	0,072405043	mca
Perdidas totales	H	0,08164824	Perdidas totales	H	0,07240504
COTA PIEZOMETRICA			COTA PIEZOMETRICA		
Z1	1496,03182	msnm	Z1	1495,95017	msnm
Z2	1495,95017	msnm	Z2	1495,87777	msnm

TRAMO 25			TRAMO 26				
Z1	1468	msnm	Alturas	Z1	1467	msnm	Alturas
Z2	1467	msnm		Z2	1468	msnm	
L	8,6	m	Longitud	L	5,3	m	Longitud
	17,2	m			10,6	m	
C	150	PVC	Coefficiente de rugosidad de la tubería	C	150	PVC	Coefficiente de rugosidad de la tubería
Ø (interno)	3	in	Diametro interno	Ø (interno)	3	in	Diametro interno
	0,076200152	m			0,076200152	m	
RDE	32,5			RDE	32,5		
Δhf	1	m	Diferencia de alturas	Δhf	-1	m	Diferencia de alturas
S	0,058139535	5,81%	Pendiente	S	-0,09433962	-9,43%	Pendiente
Qr	3,382608025	L/s	Caudal que esta llevando	Qr	3,382608025	L/s	Caudal que esta llevando
	0,003382608	m ³ /s			0,003382608	m ³ /s	
Vr	0,741737291	m/s	Velocidad real	Vr	0,741737291	m/s	Velocidad real
0,6<Vr<6			Cumple	0,6<Vr<6			Cumple
PERDIDAS POR FRICCION				PERDIDAS POR FRICCION			
p	1000	Kg/m ³	Densidad	p	1000	Kg/m ³	Densidad
v	0,00000114	m ² /s	Viscosidad cinematica	v	0,00000114	m ² /s	Viscosidad cinematica
Ks (m)	0,0000015	PVC	Rugosidad absoluta	Ks (m)	0,0000015	PVC	Rugosidad absoluta
Re	49579,38122	Re	Turbulento	Re	49579,38122	Re	Turbulento
	Fasumida	Freal			Fasumida	Freal	
Semilla	0,02093127	0,02093128		Semilla	0,02093127	0,02093128	
f	0,02093127			f	0,02093127		
hf	0,132485824	mca	hf=f*(L/D)*(V ² /2g)	hf	0,08164824	mca	hf=f*(L/D)*(V ² /2g)
Perdi tota	H	0,13248582	mca	Perdidas totales	H	0,08164824	mca
COTA PIEZOMETRICA				COTA PIEZOMETRICA			
Z1	1495,87777	msnm		Z1	1495,74528	msnm	
Z2	1495,74528	msnm		Z2	1495,66363	msnm	

TRAMO 27			TRAMO 28				
Z1	1468	msnm	Alturas	Z1	1467	msnm	Alturas
Z2	1467	msnm		Z2	1470	msnm	
L	4,7	m	Longitud	L	4,5	m	Longitud
	9,4	m			9	m	
C	150	PVC	Coefficiente de rugosidad de la tubería	C	150	PVC	Coefficiente de rugosidad de la tubería
Ø (interno)	3	in	Diametro interno	Ø (interno)	3	in	Diametro interno
	0,076200152	m			0,076200152	m	
RDE	32,5			RDE	32,5		
Δhf	1	m	Diferencia de alturas	Δhf	-3	m	Diferencia de alturas
S	0,106382979	10,64%	Pendiente	S	-0,33333333	-33,33%	Pendiente
Qr	3,382608025	L/s	Caudal que esta llevando	Qr	3,382608025	L/s	Caudal que esta llevando
	0,003382608	m ³ /s			0,003382608	m ³ /s	
Vr	0,741737291	m/s	Velocidad real	Vr	0,741737291	m/s	Velocidad real
0,6<Vr<6			Cumple	0,6<Vr<6			Cumple
PERDIDAS POR FRICCION				PERDIDAS POR FRICCION			
p	1000	Kg/m ³	Densidad	p	1000	Kg/m ³	Densidad
v	0,00000114	m ² /s	Viscosidad cinematica	v	0,00000114	m ² /s	Viscosidad cinematica
Ks (m)	0,0000015	PVC	Rugosidad absoluta	Ks (m)	0,0000015	PVC	Rugosidad absoluta
Re	49579,38122	Re	Turbulento	Re	49579,38122	Re	Turbulento
	Fasumida	Freal			Fasumida	Freal	
Semilla	0,02093127	0,02093128		Semilla	0,02093127	0,02093128	
f	0,02093127			f	0,02093127		
hf	0,072405043	mca	hf=f*(L/D)*(V ² /2g)	hf	0,069323978	mca	hf=f*(L/D)*(V ² /2g)
Perdi tota	H	0,07240504	mca	Perdi tota	H	0,06932398	mca
COTA PIEZOMETRICA				COTA PIEZOMETRICA			
Z1	1495,66363	msnm		Z1	1495,59123	msnm	
Z2	1495,59123	msnm		Z2	1495,52191	msnm	

TRAMO 29				TRAMO 30			
Z1	1470	msnm	Alturas	Z1	1466	msnm	Alturas
Z2	1466	msnm		Z2	1464	msnm	
L	4,2	m	Longitud	L	7,7	m	Longitud
	8,4	m			15,4	m	
C	150	PVC	Coefficiente de rugosidad de la tubería	C	150	PVC	Coefficiente de rugosidad de la tubería
∅ (interno)	3	in	Diametro interno	∅ (interno)	3	in	Diametro interno
	0,076200152	m			0,076200152	m	
RDE	32,5			RDE	32,5		
Δhf	4	m	Diferencia de alturas	Δhf	2	m	Diferencia de alturas
S	0,476190476	47,62%	Pendiente	S	0,12987013	12,99%	Pendiente
Qr	3,382608025	L/s	Caudal que esta llevando	Qr	3,382608025	L/s	Caudal que esta llevando
	0,003382608	m³/s			0,003382608	m³/s	
Vr	0,741737291	m/s	Velocidad real	Vr	0,741737291	m/s	Velocidad real
	0,6<Vr<6		Cumple		0,6<Vr<6		Cumple
PERDIDAS POR FRICCION				PERDIDAS POR FRICCION			
p	1000	Kg/m³	Densidad	p	1000	Kg/m³	Densidad
v	0,00000114	m²/s	Viscosidad cinematica	v	0,00000114	m²/s	Viscosidad cinematica
Ks (m)	0,0000015	PVC	Rugosidad absoluta	Ks (m)	0,0000015	PVC	Rugosidad absoluta
Re	49579,38122	Re	Turbulento	Re	49579,38122	Re	Turbulento
	Fasumida	Freal			Fasumida	Freal	
Semilla	0,02093127	0,02093128		Semilla	0,02093127	0,02093128	
f	0,02093127			f	0,02093127		
hf	0,064702379	mca	hf=f*(L/D)*(V²/2g)	hf	0,118621028	mca	hf=f*(L/D)*(V²/2g)
Perdidas totales	H	0,06470238	mca	Perdidas totales	H	0,11862103	mca
COTA PIEZOMETRICA				COTA PIEZOMETRICA			
Z1	1495,52191	msnm		Z1	1495,4572	msnm	
Z2	1495,4572	msnm		Z2	1495,33858	msnm	

TRAMO 31				TRAMO 32			
Z1	1464	msnm	Alturas	Z1	1459	msnm	Alturas
Z2	1459	msnm		Z2	1459	msnm	
L	12,3	m	Longitud	L	15,8	m	Longitud
	24,6	m			31,6	m	
C	150	PVC	Coefficiente de rugosidad de la tubería	C	150	PVC	Coefficiente de rugosidad de la tubería
∅ (interno)	3	in	Diametro interno	∅ (interno)	3	in	Diametro interno
	0,076200152	m			0,076200152	m	
RDE	32,5			RDE	32,5		
Δhf	5	m	Diferencia de alturas	Δhf	0	m	Diferencia de alturas
S	0,203252033	20,33%	Pendiente	S	0	0,00%	Pendiente
Qr	3,382608025	L/s	Caudal que esta llevando	Qr	3,382608025	L/s	Caudal que esta llevando
	0,003382608	m³/s			0,003382608	m³/s	
Vr	0,741737291	m/s	Velocidad real	Vr	0,741737291	m/s	Velocidad real
	0,6<Vr<6		Cumple		0,6<Vr<6		Cumple
PERDIDAS POR FRICCION				PERDIDAS POR FRICCION			
p	1000	Kg/m³	Densidad	p	1000	Kg/m³	Densidad
v	0,00000114	m²/s	Viscosidad cinematica	v	0,00000114	m²/s	Viscosidad cinematica
Ks (m)	0,0000015	PVC	Rugosidad absoluta	Ks (m)	0,0000015	PVC	Rugosidad absoluta
Re	49579,38122	Re	Turbulento	Re	49579,38122	Re	Turbulento
	Fasumida	Freal			Fasumida	Freal	
Semilla	0,02093127	0,02093128		Semilla	0,02093127	0,02093128	
f	0,02093127			f	0,02093127		
hf	0,189485539	mca	hf=f*(L/D)*(V²/2g)	hf	0,243404188	mca	hf=f*(L/D)*(V²/2g)
Perdidas totales	H	0,18948554	mca	Perdidas totales	H	0,24340419	mca
COTA PIEZOMETRICA				COTA PIEZOMETRICA			
Z1	1495,33858	msnm		Z1	1495,1491	msnm	
Z2	1495,1491	msnm		Z2	1494,90569	msnm	

TRAMO 33				TRAMO 34			
Z1	1459	msnm	Alturas	Z1	1457	msnm	Alturas
Z2	1457	msnm		Z2	1457	msnm	
L	0,8	m	Longitud	L	6,85	m	Longitud
	1,6	m			13,7	m	
C	150	PVC	Coefficiente de rugosidad de la tubería	C	150	PVC	Coefficiente de rugosidad de la tubería
Ø (interno)	3	in	Diametro interno	Ø (interno)	3	in	Diametro interno
	0,076200152	m			0,076200152	m	
RDE	32,5			RDE	32,5		
Δhf	2	m	Diferencia de alturas	Δhf	0	m	Diferencia de alturas
S	1,25	125,00%	Pendiente	S	0	0,00%	Pendiente
Qr	3,382608025	L/s	Caudal que esta llevando	Qr	3,382608025	L/s	Caudal que esta llevando
	0,003382608	m ³ /s			0,003382608	m ³ /s	
Vr	0,741737291	m/s	Velocidad real	Vr	0,741737291	m/s	Velocidad real
0,6<Vr<6			Cumple	0,6<Vr<6			Cumple
PERDIDAS POR FRICCION				PERDIDAS POR FRICCION			
p	1000	Kg/m ³	Densidad	p	1000	Kg/m ³	Densidad
v	0,00000114	m ² /s	Viscosidad cinematica	v	0,00000114	m ² /s	Viscosidad cinematica
Ks (m)	0,0000015	PVC	Rugosidad absoluta	Ks (m)	0,0000015	PVC	Rugosidad absoluta
Re	49579,38122	Re	Turbulento	Re	49579,38122	Re	Turbulento
	Fasumida	Freal			Fasumida	Freal	
Semilla	0,02093127	0,02093128		Semilla	0,02093127	0,02093128	
f	0,02093127			f	0,02093127		
hf	0,012324263	mca	hf=f*(L/D)*(V ² /2g)	hf	0,105526499	mca	hf=f*(L/D)*(V ² /2g)
Perdidas totales	H	0,01232426	mca	Perdidas totales	H	0,1055265	mca
COTA PIEZOMETRICA				COTA PIEZOMETRICA			
Z1	1494,90569	msnm		Z1	1494,89337	msnm	
Z2	1494,89337	msnm		Z2	1494,78784	msnm	

TRAMO 35				TRAMO 36			
Z1	1457	msnm	Alturas	Z1	1443	msnm	Alturas
Z2	1443	msnm		Z2	1444	msnm	
L	52,53	m	Longitud	L	6,1	m	Longitud
	105,06	m			12,2	m	
C	150	PVC	Coefficiente de rugosidad de la tubería	C	150	PVC	Coefficiente de rugosidad de la tubería
Ø (interno)	3	in	Diametro interno	Ø (interno)	3	in	Diametro interno
	0,076200152	m			0,076200152	m	
RDE	32,5			RDE	32,5		
Δhf	14	m	Diferencia de alturas	Δhf	-1	m	Diferencia de alturas
S	0,133257186	13,33%	Pendiente	S	-0,08196721	-8,20%	Pendiente
Qr	3,382608025	L/s	Caudal que esta llevando	Qr	3,382608025	L/s	Caudal que esta llevando
	0,003382608	m ³ /s			0,003382608	m ³ /s	
Vr	0,741737291	m/s	Velocidad real	Vr	0,741737291	m/s	Velocidad real
0,6<Vr<6			Cumple	0,6<Vr<6			Cumple
PERDIDAS POR FRICCION				PERDIDAS POR FRICCION			
p	1000	Kg/m ³	Densidad	p	1000	Kg/m ³	Densidad
v	0,00000114	m ² /s	Viscosidad cinematica	v	0,00000114	m ² /s	Viscosidad cinematica
Ks (m)	0,0000015	PVC	Rugosidad absoluta	Ks (m)	0,0000015	PVC	Rugosidad absoluta
Re	49579,38122	Re	Turbulento	Re	49579,38122	Re	Turbulento
	Fasumida	Freal			Fasumida	Freal	
Semilla	0,02093127	0,02093128		Semilla	0,02093127	0,02093128	
f	0,02093127			f	0,02093127		
hf	0,809241899	mca	hf=f*(L/D)*(V ² /2g)	hf	0,093972503	mca	hf=f*(L/D)*(V ² /2g)
Perdidas totales	H	0,8092419	mca	Perdidas totales	H	0,0939725	mca
COTA PIEZOMETRICA				COTA PIEZOMETRICA			
Z1	1494,78784	msnm		Z1	1493,9786	msnm	
Z2	1493,9786	msnm		Z2	1493,88463	msnm	

TRAMO 37			TRAMO 38		
Z1	1444	msnm	Z1	1430	msnm
Z2	1430	msnm	Z2	1428	msnm
L	64,1	m	L	28,2	m
	128,2	m		56,4	m
C	150	PVC	C	150	PVC
∅ (interno)	3	in	∅ (interno)	3	in
	0,076200152	m		0,076200152	m
RDE	32,5		RDE	32,5	
Δhf	14	m	Δhf	2	m
S	0,109204368	10,92%	S	0,035460993	3,55%
Qr	3,382608025	L/s	Qr	3,382608025	L/s
	0,003382608	m ³ /s		0,003382608	m ³ /s
Vr	0,741737291	m/s	Vr	0,741737291	m/s
	0,6<Vr<6	Cumple		0,6<Vr<6	Cumple
PERDIDAS POR FRICCION			PERDIDAS POR FRICCION		
p	1000	Kg/m ³	p	1000	Kg/m ³
v	0,00000114	m ² /s	v	0,00000114	m ² /s
Ks (m)	0,0000015	PVC	Ks (m)	0,0000015	PVC
Re	49579,38122	Re	Re	49579,38122	Re
	Fasumida	Freal		Fasumida	Freal
Semilla	0,02093127	0,02093128	Semilla	0,02093127	0,02093128
f	0,02093127		f	0,02093127	
hf	0,987481548	mca	hf	0,43443026	mca
Perdi tota	H	0,98748155	Perdi totales	H	0,43443026
COTA PIEZOMETRICA			COTA PIEZOMETRICA		
Z1	1493,88463	msnm	Z1	1492,89715	msnm
Z2	1492,89715	msnm	Z2	1492,46272	msnm

TRAMO 39			TRAMO 40		
Z1	1428	msnm	Z1	1425	msnm
Z2	1425	msnm	Z2	1424	msnm
L	6,4	m	L	16,9	m
	12,8	m		33,8	m
C	150	PVC	C	150	PVC
∅ (interno)	3	in	∅ (interno)	3	in
	0,076200152	m		0,076200152	m
RDE	32,5		RDE	32,5	
Δhf	3	m	Δhf	1	m
S	0,234375	23,44%	S	0,029585799	2,96%
Qr	3,382608025	L/s	Qr	3,382608025	L/s
	0,003382608	m ³ /s		0,003382608	m ³ /s
Vr	0,741737291	m/s	Vr	0,741737291	m/s
	0,6<Vr<6	Cumple		0,6<Vr<6	Cumple
PERDIDAS POR FRICCION			PERDIDAS POR FRICCION		
p	1000	Kg/m ³	p	1000	Kg/m ³
v	0,00000114	m ² /s	v	0,00000114	m ² /s
Ks (m)	0,0000015	PVC	Ks (m)	0,0000015	PVC
Re	49579,38122	Re	Re	49579,38122	Re
	Fasumida	Freal		Fasumida	Freal
Semilla	0,02093127	0,02093128	Semilla	0,02093127	0,02093128
f	0,02093127		f	0,02093127	
hf	0,098594102	mca	hf	0,260350049	mca
Perdi tota	H	0,0985941	Perdi tota	H	0,26035005
COTA PIEZOMETRICA			COTA PIEZOMETRICA		
Z1	1492,46272	msnm	Z1	1492,36412	msnm
Z2	1492,36412	msnm	Z2	1492,10377	msnm

TRAMO 41				TRAMO 42			
Z1	1424	msnm	Alturas	Z1	1423	msnm	Alturas
Z2	1423	msnm		Z2	1425	msnm	
L	3,9	m	Longitud	L	5,6	m	Longitud
	7,8	m			11,2	m	
C	150	PVC	Ciente de rugosidad de la tubería	C	150	PVC	Coefficiente de rugosidad de la tubería
Ø (interno)	3	in	Diametro interno	Ø (interno)	3	in	Diametro interno
	0,076200152	m			0,076200152	m	
RDE	32,5			RDE	32,5		
Δhf	1	m	Diferencia de alturas	Δhf	-2	m	Diferencia de alturas
S	0,128205128	12,82%	Pendiente	S	-0,17857143	-17,86%	Pendiente
Qr	3,382608025	L/s	Caudal que esta llevando	Qr	3,382608025	L/s	Caudal que esta llevando
	0,003382608	m ³ /s			0,003382608	m ³ /s	
Vr	0,741737291	m/s	Velocidad real	Vr	0,741737291	m/s	Velocidad real
0,6<Vr<6				0,6<Vr<6			
PERDIDAS POR FRICCION				PERDIDAS POR FRICCION			
p	1000	Kg/m ³	Densidad	p	1000	Kg/m ³	Densidad
v	0,00000114	m ² /s	Viscosidad cinematica	v	0,00000114	m ² /s	Viscosidad cinematica
Ks (m)	0,0000015	PVC	Rugosidad absoluta	Ks (m)	0,0000015	PVC	Rugosidad absoluta
Re	49579,38122	Re	Turbulento	Re	49579,38122	Re	Turbulento
	Fasumida	Freal			Fasumida	Freal	
Semilla	0,02093127	0,02093128		Semilla	0,02093127	0,02093128	
f	0,02093127			f	0,02093127		
hf	0,060080781	mca	hf=f*(L/D)*(V ² /2g)	hf	0,086269839	mca	hf=f*(L/D)*(V ² /2g)
Perdidas totales	H	0,06008078	mca	Perdidas totales	H	0,08626984	mca
COTA PIEZOMETRICA				COTA PIEZOMETRICA			
Z1	1492,10377	msnm		Z1	1492,04369	msnm	
Z2	1492,04369	msnm		Z2	1491,95742	msnm	

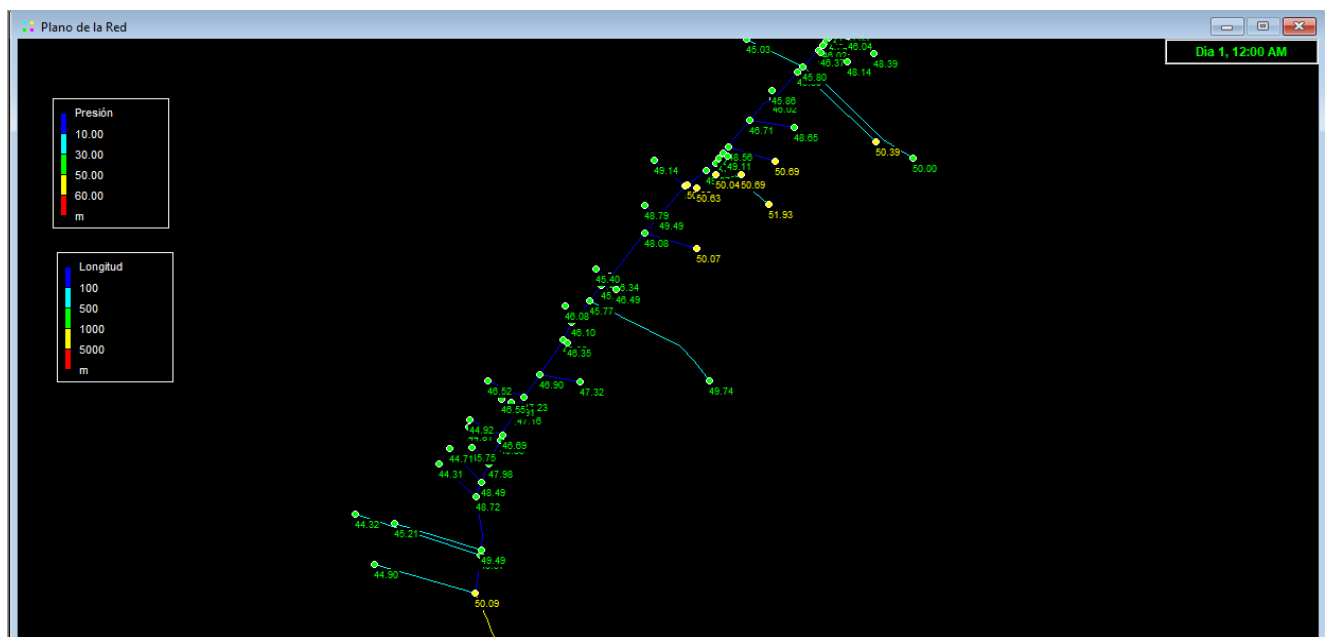
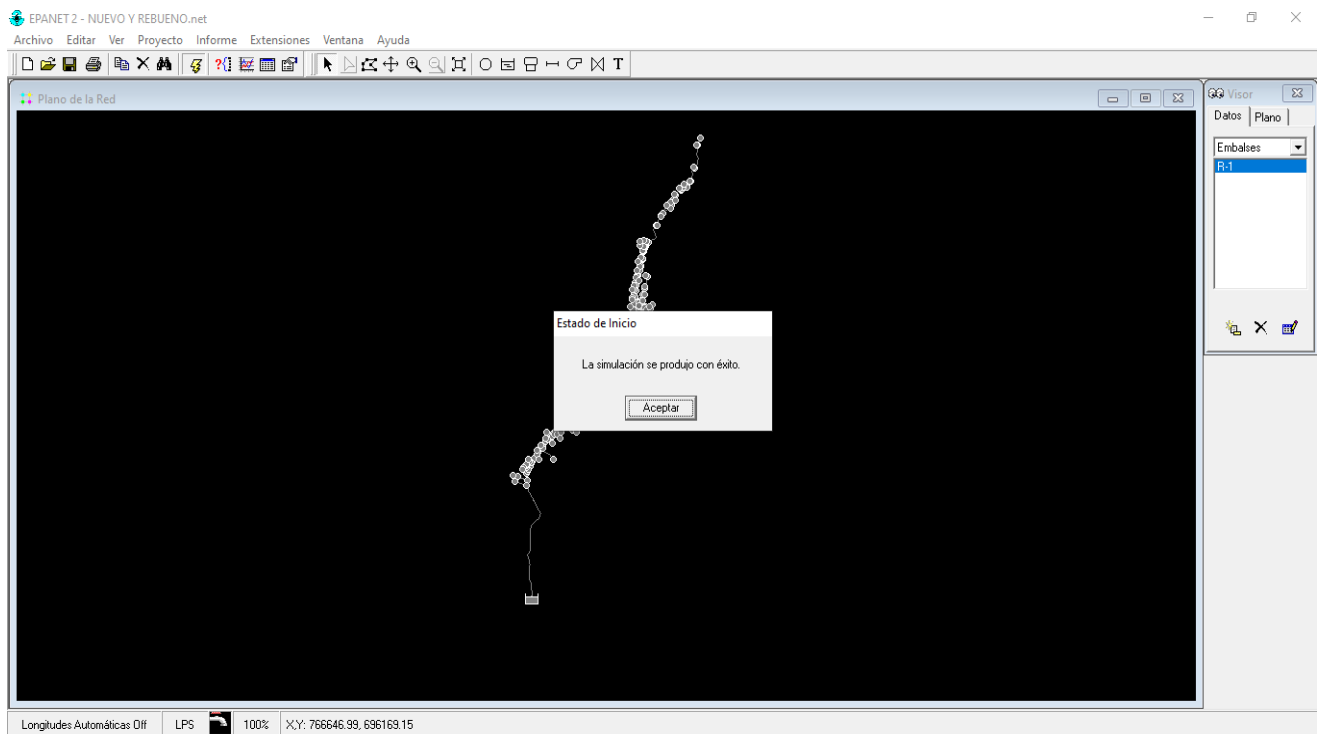
TRAMO 43				TRAMO 44			
Z1	1425	msnm	Alturas	Z1	1430	msnm	Alturas
Z2	1430	msnm		Z2	1435	msnm	
L	5	m	Longitud	L	18	m	Longitud
	10	m			36	m	
C	150	PVC	Ciente de rugosidad de la tubería	C	150	PVC	Ciente de rugosidad de la tubería
Ø (interno)	3	in	Diametro interno	Ø (interno)	3	in	Diametro interno
	0,076200152	m			0,076200152	m	
RDE	32,5			RDE	32,5		
Δhf	-5	m	Diferencia de alturas	Δhf	-5	m	Diferencia de alturas
S	-0,5	-50,00%	Pendiente	S	-0,13888889	-13,89%	Pendiente
Qr	3,382608025	L/s	Caudal que esta llevando	Qr	3,382608025	L/s	Caudal que esta llevando
	0,003382608	m ³ /s			0,003382608	m ³ /s	
Vr	0,741737291	m/s	Velocidad real	Vr	0,741737291	m/s	Velocidad real
0,6<Vr<6				0,6<Vr<6			
PERDIDAS POR FRICCION				PERDIDAS POR FRICCION			
p	1000	Kg/m ³	Densidad	p	1000	Kg/m ³	Densidad
v	0,00000114	m ² /s	Viscosidad cinematica	v	0,00000114	m ² /s	Viscosidad cinematica
Ks (m)	0,0000015	PVC	Rugosidad absoluta	Ks (m)	0,0000015	PVC	Rugosidad absoluta
Re	49579,38122	Re	Turbulento	Re	49579,38122	Re	Turbulento
	Fasumida	Freal			Fasumida	Freal	
Semilla	0,02093127	0,02093128		Semilla	0,02093127	0,02093128	
f	0,02093127			f	0,02093127		
hf	0,077026642	mca	hf=f*(L/D)*(V ² /2g)	hf	0,27295911	mca	hf=f*(L/D)*(V ² /2g)
Perdi tota	H	0,07702664	mca	Perdidas totales	H	0,2729591	mca
COTA PIEZOMETRICA				COTA PIEZOMETRICA			
Z1	1491,95742	msnm		Z1	1491,88039	msnm	
Z2	1491,88039	msnm		Z2	1491,6031	msnm	

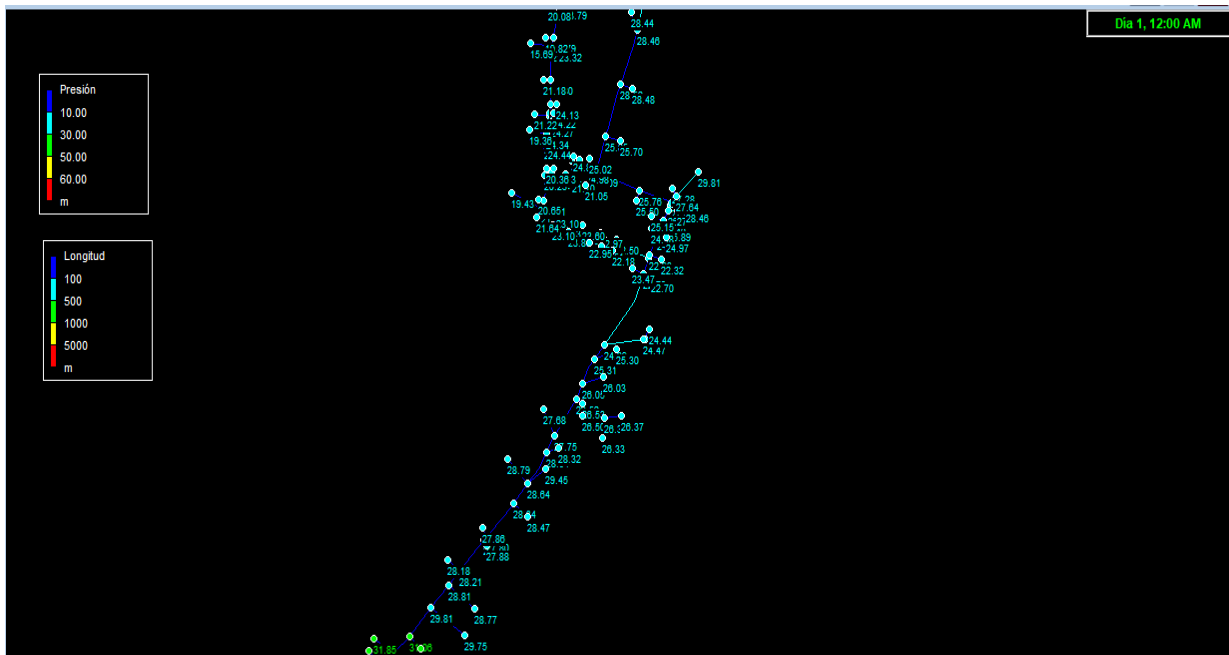
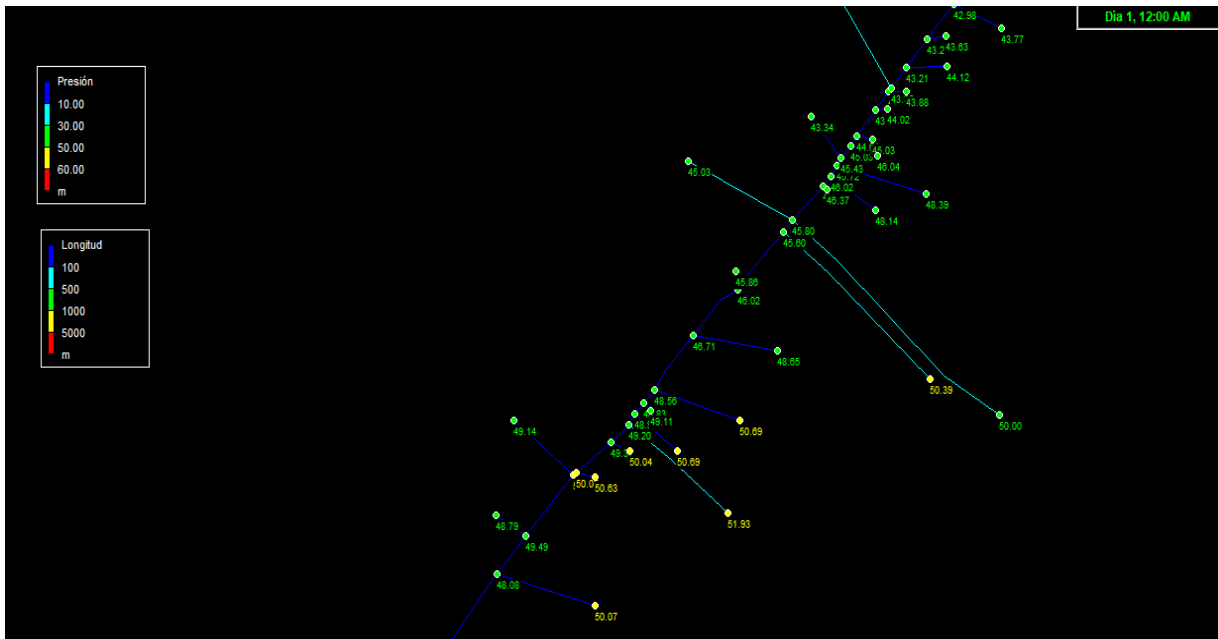
TRAMO 45				TRAMO 46			
Z1	1435	msnm	Alturas	Z1	1437	msnm	Alturas
Z2	1437	msnm		Z2	1437	msnm	
L	1,5	m	Longitud	L	1,8	m	Longitud
	3	m			3,6	m	
C	150	PVC	Coefficiente de rugosidad de la tubería	C	150	PVC	Coefficiente de rugosidad de la tubería
Ø (interno)	3	in	Diametro interno	Ø (interno)	3	in	Diametro interno
	0,076200152	m			0,076200152	m	
RDE	32,5			RDE	32,5		
Δhf	-2	m	Diferencia de alturas	Δhf	0	m	Diferencia de alturas
S	-0,66666667	-66,67%	Pendiente	S	0	0,00%	Pendiente
Qr	3,382608025	L/s	Caudal que esta llevando	Qr	3,382608025	L/s	Caudal que esta llevando
	0,003382608	m ³ /s			0,003382608	m ³ /s	
Vr	0,741737291	m/s	Velocidad real	Vr	0,741737291	m/s	Velocidad real
0,6<Vr<6 Cumple				0,6<Vr<6 Cumple			
PERDIDAS POR FRICCION				PERDIDAS POR FRICCION			
p	1000	Kg/m ³	Densidad	p	1000	Kg/m ³	Densidad
v	0,00000114	m ² /s	Viscosidad cinematica	v	0,00000114	m ² /s	Viscosidad cinematica
Ks (m)	0,0000015	PVC	Rugosidad absoluta	Ks (m)	0,0000015	PVC	Rugosidad absoluta
Re	49579,38122	Re	Turbulento	Re	49579,38122	Re	Turbulento
	Fasumida	Freal			Fasumida	Freal	
Semilla	0,02093127	0,02093128		Semilla	0,02093127	0,02093128	
f	0,02093127			f	0,02093127		
hf	0,023107993	mca	hf=f*(L/D)*(V ² /2g)	hf	0,027729591	mca	hf=f*(L/D)*(V ² /2g)
Perdidas totales	H	0,02310799	mca	Perdidas totales	H	0,02772959	mca
COTA PIEZOMETRICA				COTA PIEZOMETRICA			
Z1	1491,6031	msnm		Z1	1491,57999	msnm	
Z2	1491,57999	msnm		Z2	1491,55226	msnm	

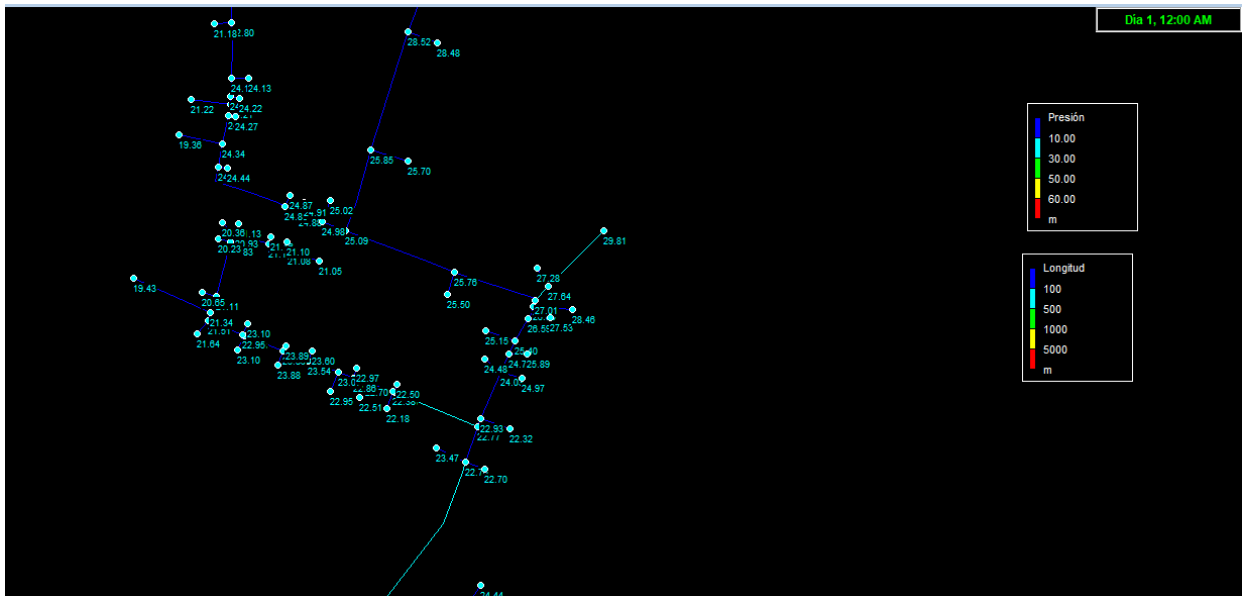
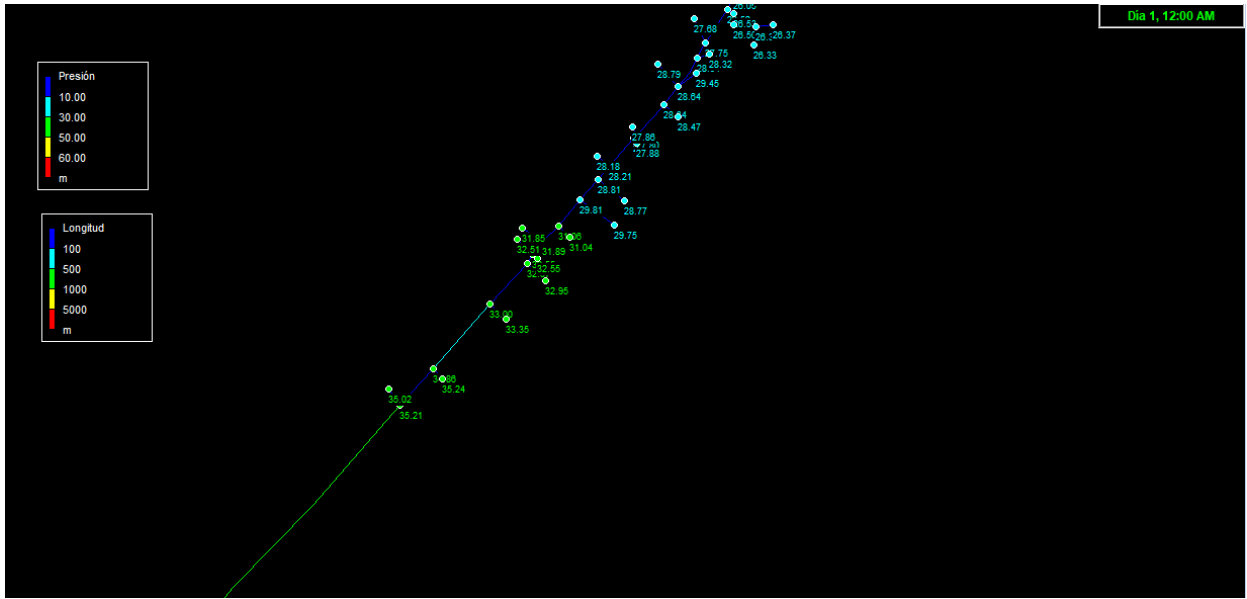
TRAMO			TOTAL
Z1	1500	msnm	Alturas
Z2	1437	msnm	
L	1,8	m	Longitud
	1088,94	m	
C	150	PVC	Coefficiente de rugosidad de la tubería
Ø (interno)	3	in	Diametro interno
	0,076200152	m	
RDE	32,5		
Δhf	63	m	Diferencia de alturas
S	0,057854427	5,79%	Pendiente
Qr	3,382608025	L/s	Caudal que esta llevando
	0,003382608	m ³ /s	
Vr	0,741737291	m/s	Velocidad real
0,6<Vr<6 Cumple			
PERDIDAS POR FRICCION			
p	1000	Kg/m ³	Densidad
v	0,00000114	m ² /s	Viscosidad cinematica
Ks (m)	0,0000015	PVC	Rugosidad absoluta
Re	49579,38122	Re	Turbulento
	Fasumida	Freal	
Semilla	0,0209314	0,02093127	
f	0,0209314		
hf	8,387791229	mca	hf=f*(L/D)*(V ² /2g)
Perdidas totales	H	8,38779123	mca
COTA PIEZOMETRICA			
Z1	1499,94	msnm	
Z2	1491,55221	msnm	

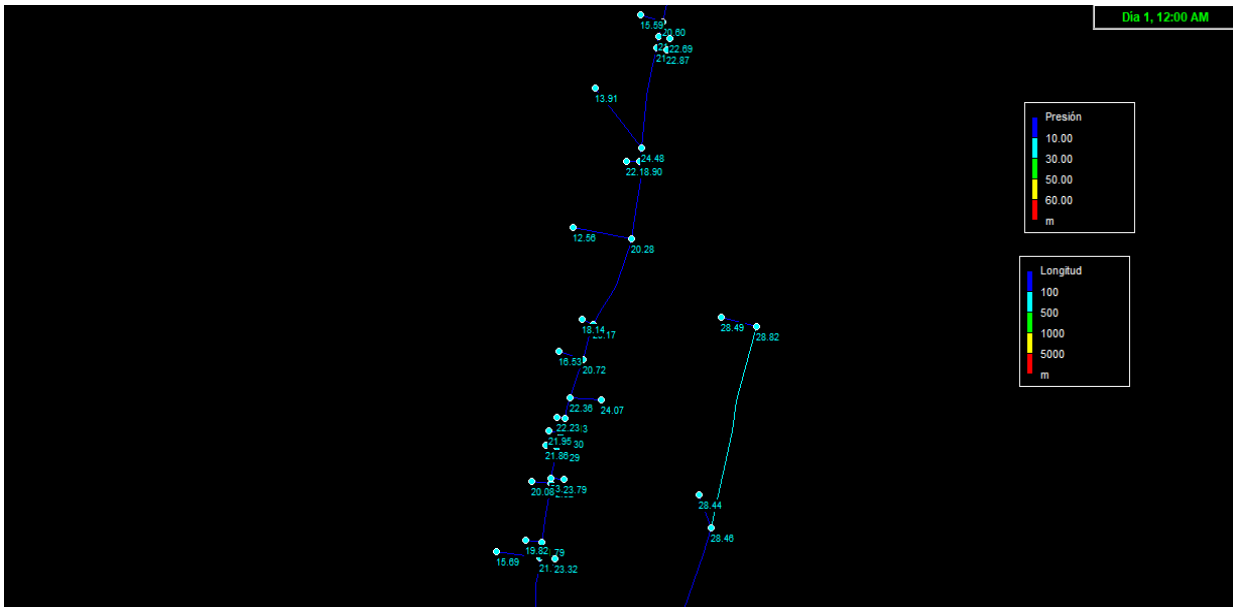
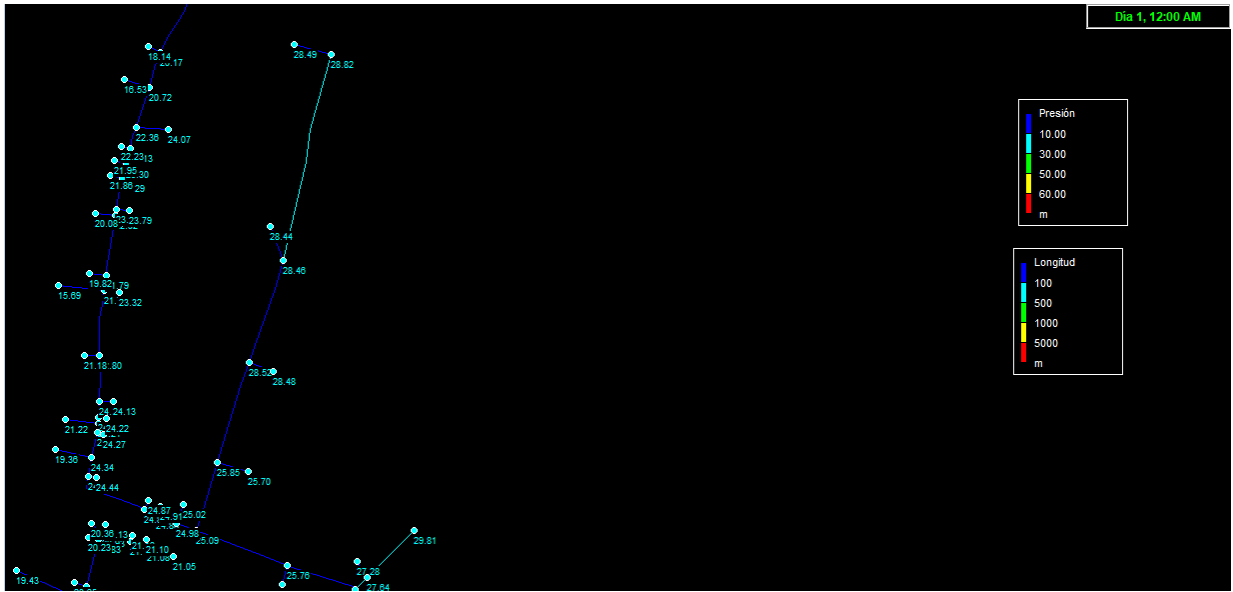
ANEXO-D: MODELACIÓN EN EPANET 2.0

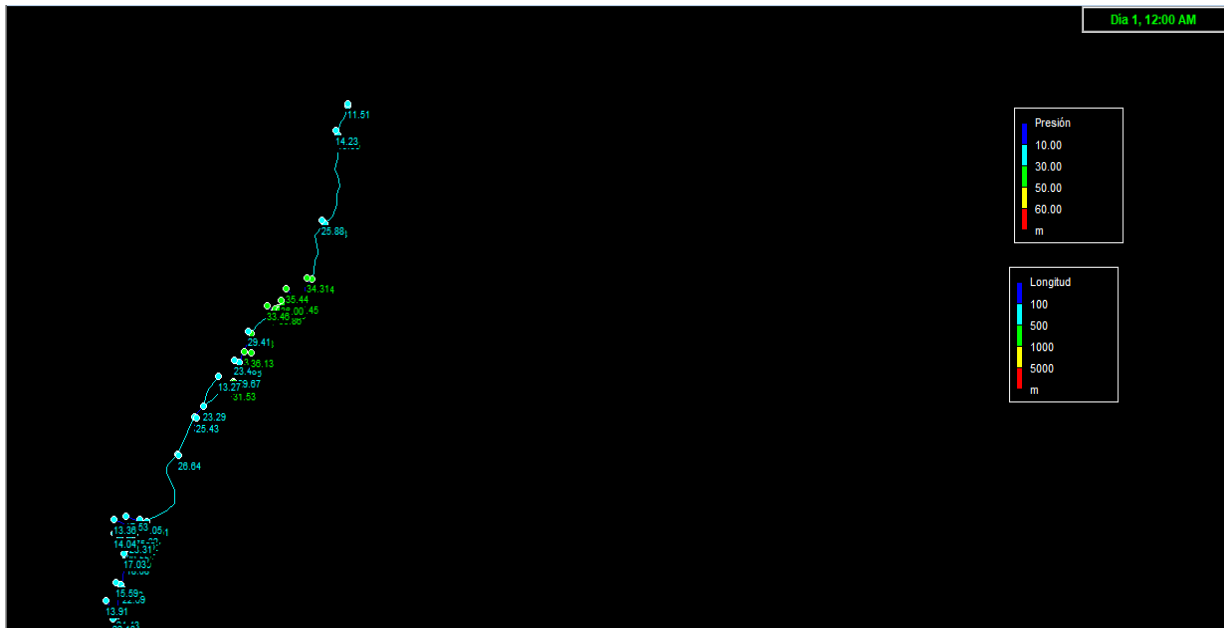
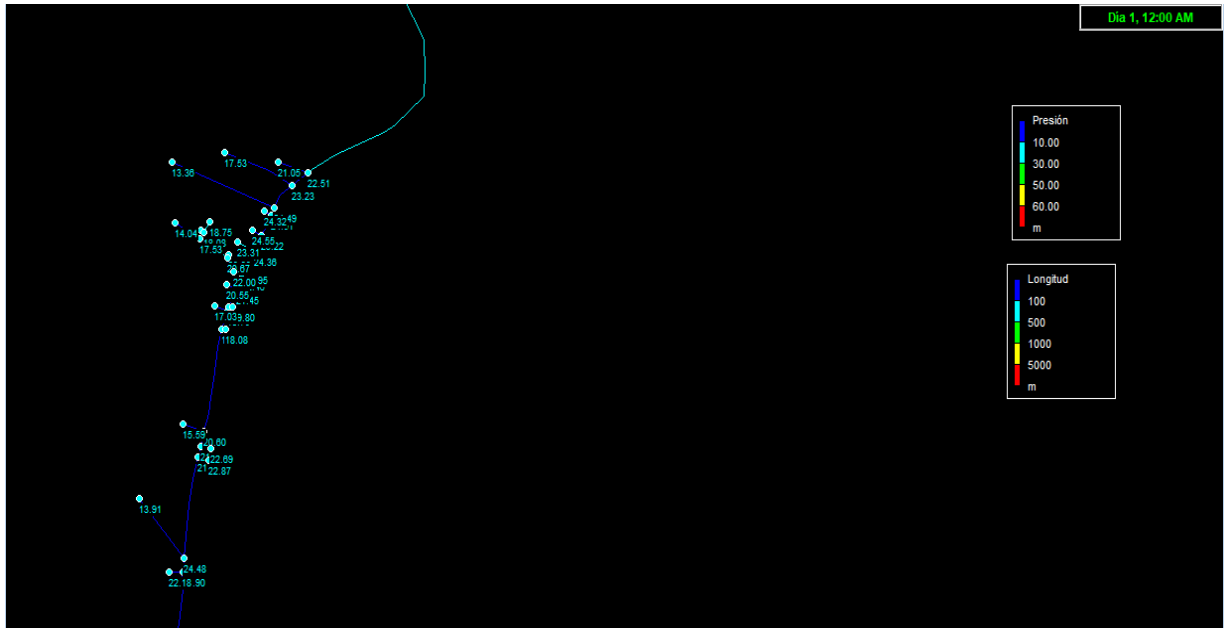
En el siguiente anexo se busca demostrar que se realizó la modelación de la red propuesta de manera exitosa, se observó que en toda la red las presiones cumplieron con lo exigido por la normatividad, es decir, con presiones en el rango entre los 5 y 50 mca. De igual manera la única forma de obtener estas imágenes es de fondo negro, debido a que sus valores son de un color intenso que otro fondo sería imposible de ver; cabe destacar que los valores ilustrados son de la presión en cada nodo.











ANEXO-E: CÁLCULOS DISEÑO ESTRUCTURAL

BOCATOMA

Estabilidad de la presa

Para el chequeo de la estabilidad de la presa, se adoptó el siguiente modelo estructural:

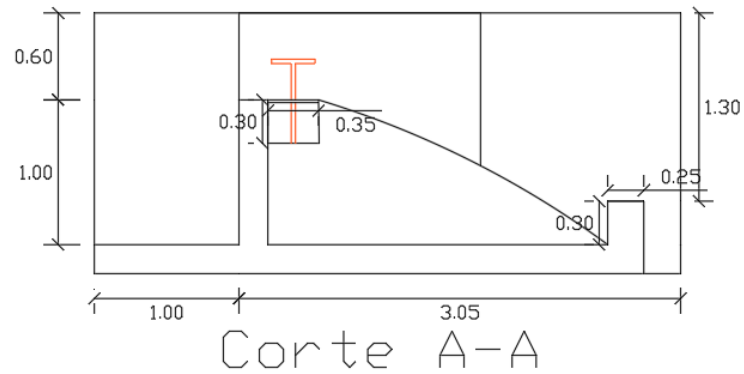


Figura 27. Modelo Estructural de la presa.

A continuación, se determinan las fuerzas actuantes:

- **Peso Propio.**

$$W = ((1 * 0,3) + (2,2 * 1 * 0,5) + (0,3 * 0,3) + (0,2 * 3,8) + (0,3 * 0,3))m^2 * 2,4 \frac{ton}{m^3} \quad (195)$$

$$W = 5,616 \frac{ton}{metro \ de \ muro} \quad (196)$$

- **Empuje del Agua.**

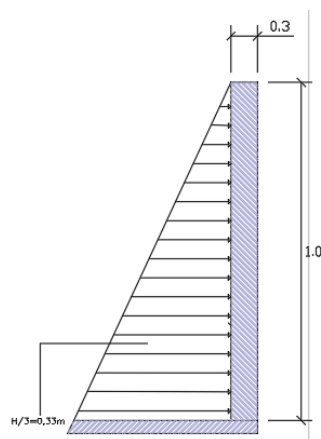


Figura 28.Empuje del agua.

$$\gamma_{agua} = 1,0 \frac{ton}{m^3} \quad (197)$$

$$E.A. = 1m * \frac{1m}{2} * 1 \frac{ton}{m^3} = 0,5 \frac{ton}{metro\ de\ muro} \quad (198)$$

- **Fuerza de Fricción.**

K: Coeficiente de fricción (se asume 0.6).

$$Fr = K * W = 0,6 * 5,616 \frac{ton}{m^3} = 3,36 \frac{ton}{m^3} \quad (199)$$

Muro Frontal.

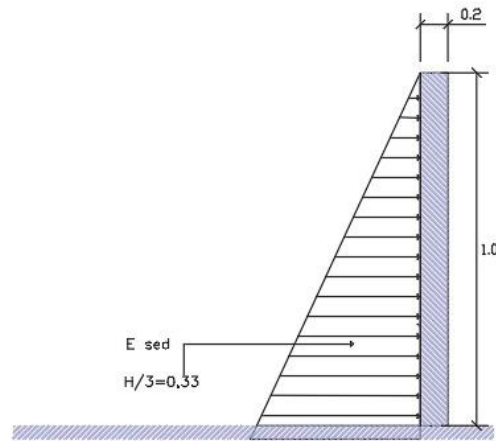


Figura 29.Empuje del suelo-Muro frontal.

$$\gamma_{sed} = 1,8 \frac{ton}{m^3} \quad (200)$$

$$E_{sed} = 1,8 \frac{ton}{m^3} * 1m * \frac{1m}{2} = 0,9 \frac{ton}{metro\ de\ muro} \quad (201)$$

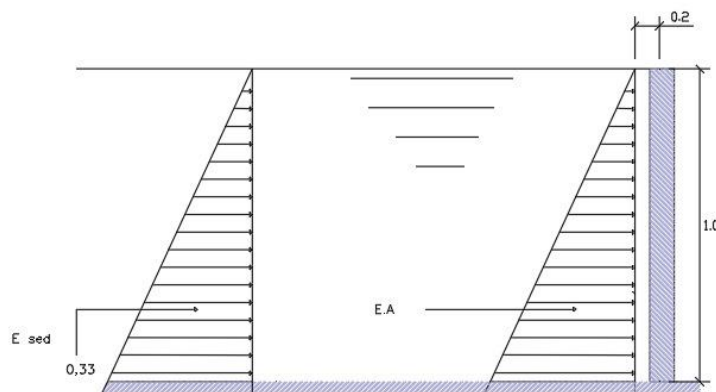


Figura 30.Empuje del agua-Muro frontal.

$$E.A = 1,0 \frac{ton}{m^3} * 1m * \frac{1m}{2} = 0,5 \frac{ton - m}{metro\ de\ muro} \quad (202)$$

$$M_{ext} = (0,5\text{ton} * 0,33\text{m}) + (0,9 * 0,33\text{m}) = 0,462 \frac{\text{ton} - \text{m}}{\text{metro de muro}} \quad (203)$$

$$M_{ult} = 0,462 * 1,8 = 0,832 \frac{\text{ton} - \text{m}}{\text{metro de muro}} \quad (204)$$

$$p = \frac{M_{ult}}{b * d * d} \quad (205)$$

$$p = \frac{0,832 \text{ Ton}}{1 * (15 * 15)\text{cm}} = 0,0036 \quad (206)$$

Para:

$$f_c = 280 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f_y = 4200 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Se toma $P = 0.0036$

$$A = p * b * d = 0.0036 * 100\text{cm} * 15\text{cm} = 5,40 \frac{\text{cm}^2}{\text{metro de muro}} \quad (207)$$

1 #4 c. / 0.23 m

- **Refuerzo por retracción y temperatura:**

$$A_{st} = P_{min} * t * b = 0.0020 * 100\text{cm} * 15\text{cm} = 3.0 \frac{\text{cm}^2}{\text{metro de muro}} \quad (208)$$

1#4 c./ 0.30 m

Muro Posterior Presa.

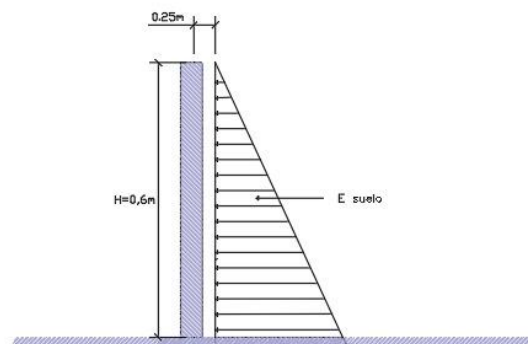


Figura 31.Empuje del suelo-Muro posterior.

$$KA * \gamma_{sed} * H = 1 * 1,8 \frac{ton}{m^3} * 0,6m = 1,08 \frac{Ton}{m^2} \quad (209)$$

$$E_s = 1,08 \frac{ton}{m^2} * 1m * \frac{0,6m}{2} = 0,324 \frac{ton - m}{metro \ de \ muro} \quad (210)$$

$$M_{ext} = 0,324 \text{ Ton} * \frac{0,6m}{3} = 0,0648 \frac{ton - m}{metro \ de \ muro} \quad (211)$$

$$M_{ult} = M_{ext} * \gamma_{sed} = 0,0648 * \frac{1,8ton}{m^3} \quad (212)$$

$$M_{ult} = 0,11 \frac{ton - m}{metro \ de \ muro} \quad (213)$$

$$p = \frac{Mult}{b * d * d} \quad (214)$$

$$p = \frac{0,11 \text{ Ton}}{1 * (20 * 20)cm} = 0,0027 \quad (215)$$

Para:

$$f_c = 280 \frac{kg}{cm^2}$$

$$f_y = 4200 \frac{kg}{cm^2}$$

Se toma $P < P_{min} = 0.0033$

$$A_s = p * b * d = 0.0033 * 100cm * 20cm = 6.60 \frac{cm^2}{metro \ de \ muro} \quad (216)$$

1 #4 c. / 0.19 m

Refuerzo por retracción y temperatura:

$$A_{st} = P_{min} * t * b = 0.0020 * 100cm * 20cm = 4.0 \frac{cm^2}{metro \ de \ muro} \quad (217)$$

1#4 c./ 0.30 m

Muro Laterales.

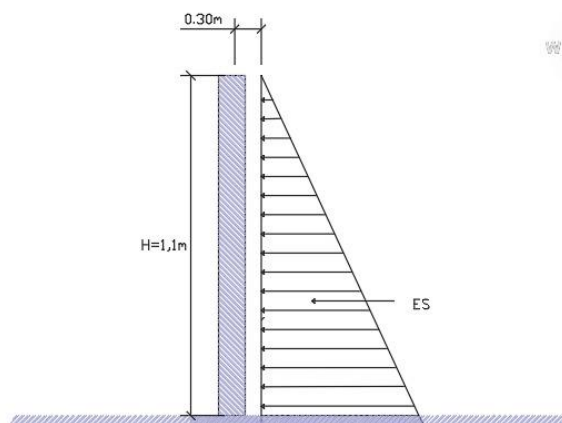


Figura 32. Empuje de suelo-Muros laterales.

$$KA * \gamma_{sed} * H = 1 * 1,8 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} * 1,1\text{m} = 1,98 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2} \quad (218)$$

$$E_s = 1,98 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} * \frac{1,1\text{m}}{2} = 1,089 \frac{\text{ton} - \text{m}}{\text{metro de muro}} \quad (219)$$

$$M_{ext} = 1,089 \text{ Ton} * \frac{1,1\text{m}}{3} = 0,399 \frac{\text{ton} - \text{m}}{\text{metro de muro}} \quad (220)$$

$$M_{ult} = M_{ext} * \gamma_{sed} = 0,399 * \frac{1,8\text{ton}}{\text{m}^3} \quad (221)$$

$$M_{ult} = 0,71 \frac{\text{ton} - \text{m}}{\text{metro de muro}} \quad (222)$$

$$p = \frac{M_{ult}}{b * d * d} \quad (223)$$

$$p = \frac{0,71 \text{ Ton}}{1 * (25 * 25)\text{cm}} = 0,0011 \quad (224)$$

Para:

$$f_c = 280 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f_y = 4200 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Se toma $P < P_{min} = 0.0033$

$$A_s = p * b * d = 0.0033 * 100\text{cm} * 25\text{cm} = 8,25 \frac{\text{cm}^2}{\text{metro de muro}} \quad (225)$$

1 #4 c. / 0.15 m

- Refuerzo por retracción y temperatura:

$$A_{st} = P_{min} * t * b = 0.0020 * 100cm * 25cm = 5.0 \frac{cm^2}{\text{metro de muro}} \quad (226)$$

$$1\#4 \text{ c./ } 0.30 \text{ m}$$

Cámara de Recolección

De igual manera que los muros laterales, se considera para el análisis la acción de empuje del suelo sin otra que le contrarreste, es decir, se toma toda la cámara sin agua (vacía).

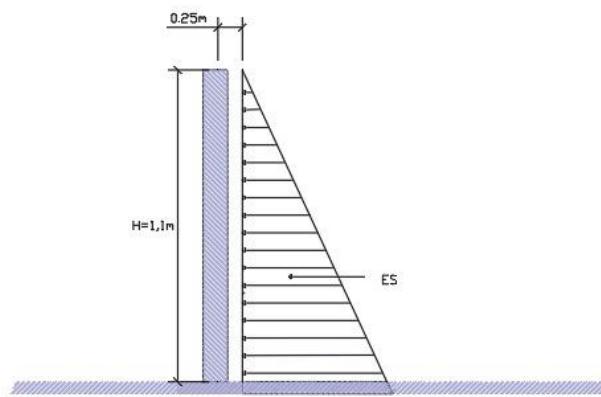


Figura 33.Empuje del suelo-Cámara de recolección

$$KA * \gamma_{sed} * H = 1 * 1.8 \frac{ton}{m^3} * 1.1m = 1.98 \frac{Ton}{m^2} \quad (227)$$

$$E_s = 1.98 \frac{ton}{m^2} * \frac{1.1m}{2} = 1.089 \frac{ton - m}{\text{metro de muro}} \quad (228)$$

$$M_{ext} = 1.089 Ton * \frac{1.1m}{3} = 0.399 \frac{ton - m}{\text{metro de muro}} \quad (229)$$

$$M_{ult} = M_{ext} * \gamma_{sed} = 0.399 * \frac{1.8ton}{m^3} \quad (230)$$

$$M_{ult} = 0.71 \frac{ton - m}{\text{metro de muro}} \quad (231)$$

$$p = \frac{M_{ult}}{b * d * d} \quad (232)$$

$$p = \frac{0.71 Ton}{1 * (20 * 20)cm} = 0.0017 \quad (233)$$

Para:

$$f_c = 280 \frac{kg}{cm^2}$$

$$f_y = 4200 \frac{kg}{cm^2}$$

Se toma $P < P_{min} = 0.0033$

$$A_s = p * b * d = 0.0033 * 100cm * 20cm = 6,60 \frac{cm^2}{metro\ de\ muro} \quad (234)$$

1 #4 c. / 0.19 m

- **Refuerzo por retracción y temperatura:**

$$A_{st} = P_{min} * t * b = 0.0020 * 100cm * 20cm = 4.0 \frac{cm^2}{metro\ de\ muro} \quad (235)$$

1#4 c./ 0.30 m

Canaleta de Recolección

Aunque en un principio esta canaleta no va a ser sometida a grandes fuerzas que haga requerir su diseño de refuerzo, se va a usar por seguridad una armadura mínima de varilla No. 3 que tendrá una separación de 15 cm.

Losa Pozo Amortiguador

Al igual que la canaleta de recolección, esta estructura no va a requerir un gran refuerzo puesto que no será sometido a cargas altas, pero se procede a realizar el cálculo mínimo requerido:

$$A_s = p_{min} * b * d \quad (236)$$

$$f_c = 280 \frac{kg}{cm^2}$$

$$f_y = 4200 \frac{kg}{cm^2}$$

$$d = 25\ cm$$

Por lo tanto,

$$A_s = 0,0033 * 100\ cm * 25 = 8,25 \frac{cm^2}{metro\ de\ muro} \quad (237)$$

1 #5 c./0,19m en ambos sentidos; $f_y = 4200\ Kg/cm^2$

Tanque de Almacenamiento

Dimensiones:

Largo = 8.60 m

Ancho = 8.60 m

Altura Total = 3.2 m

Altura de Agua = 2.65 m

Concreto = 4.000 PSI

Gama Agua (A) = 1.00 t/M3.

Gama Concreto (C) = 2.40 t/M3.

Diseño de Muros – Caras Exteriores

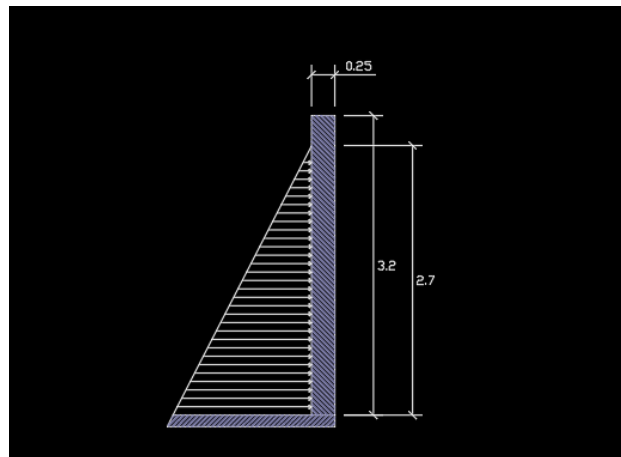


Figura 34. Muro tanque de almacenamiento - cara exterior.

$$H * Yagua = 2.65m * 1 \frac{ton}{m^3} = 2.65 \frac{ton}{m^2} \quad (238)$$

$$E * A = 2.65 \frac{ton}{m^2} * \frac{2.65m}{2} = 3.51 \frac{ton}{metro\ de\ muro} \quad (239)$$

$$Mext = 3.51 ton * \frac{2.7m}{3} = 3.159 \frac{ton - m}{metro\ de\ muro} \quad (240)$$

$$Mult = Mext * 1.8 = 3.159 ton - m * 1.8 = 5.69 \frac{ton - m}{metro\ de\ muro} \quad (241)$$

$$Mult = p * b * d * d \quad (242)$$

$$p = \frac{Mult}{b * d * d} = \frac{5.69 \text{ Ton}}{1 * (20 * 20) \text{ cm}} = 0.014 \frac{\text{ton}}{\text{cm}^2} \quad (243)$$

Para:

$$f_c = 280 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f_y = 4200 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Se toma $P > P_{min} = 0.014$

$$A = p * b * d = 0.014 * 100 \text{ cm} * 20 \text{ cm} = 28,00 \frac{\text{cm}^2}{\text{metro de muro}} \quad (244)$$

1#8c./0.19m

Refuerzo por retracción y temperatura:

$$A_{st} = P_{min} * t * b = 0.0020 * 100 \text{ cm} * 20 \text{ cm} = 4.0 \frac{\text{cm}^2}{\text{metro de muro}} \quad (245)$$

1#4 c./ 0.30 m

Diseño de placa de fondo

Este tipo de estructura se diseña para el momento más crítico (cuando el tanque de almacenamiento está vacío). La estructura se muestra a continuación:

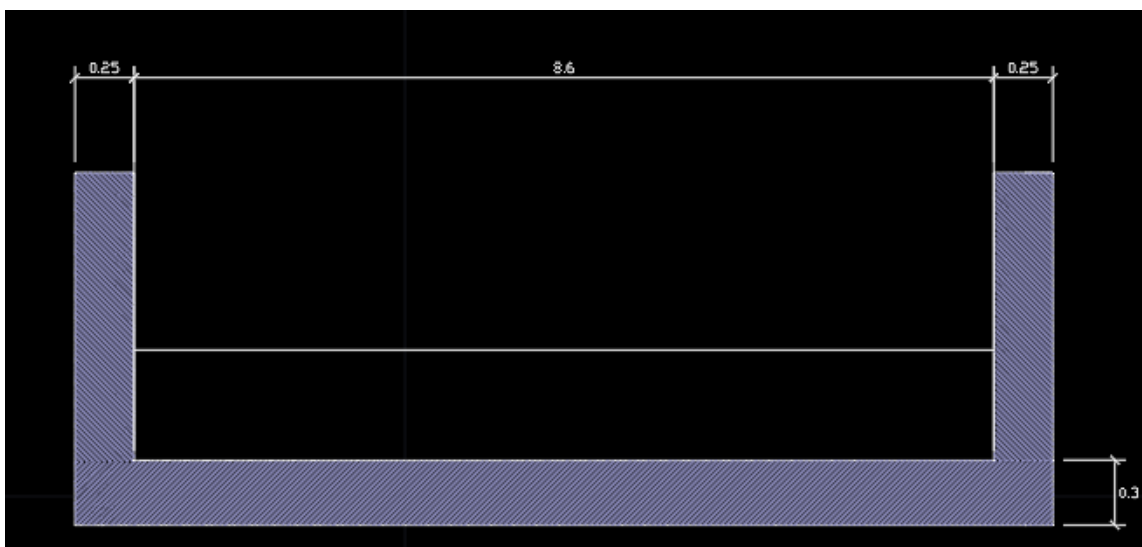


Figura 35. Diseño placa de fondo del tanque de almacenamiento.

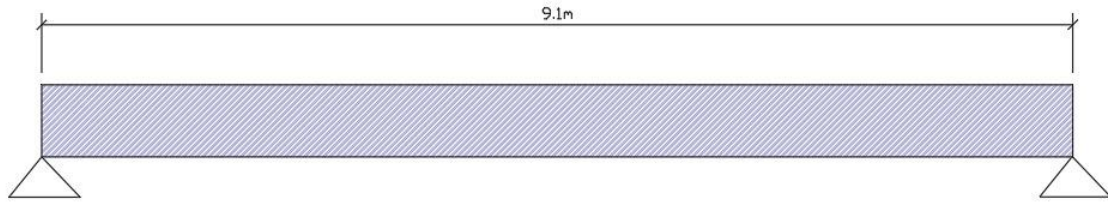


Figura 36. Viga simplemente apoyada – tanque.

Cargas Actuantes.

Peso propio de muros = $(34.4 * 0.25 * 3.2) * 2.4 = 66.048$ Ton

Peso propio de placa superior = $(9.1 * 9.1 * 0.15) * 2.4 = 29.81$ Ton

Peso propio de vigas = $(9.1 * 0.3 * 0.3 * 2) * 2.4 = 3.93$ Ton

Peso propio placa de fondo = $(9.6 * 9.6 * 0.3) * 2.4 = 69.12$

$W_{total} = 168.90$ Ton

$$\sigma_n = \frac{W_w}{Area} = \frac{168.590 \text{ Ton}}{(9.6 * 9.6) \text{ m}^2} = 1.83 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} \quad (246)$$

Tomando franjas de 1 metro de ancho se tiene 1.83 ton/m²

Peso del agua = 2.65 Ton/m²

Tomando franjas de 1 metro de ancho se tiene 2.65 ton/m²

Carga viva = $2.65 \text{ ton/m}^2 + 0.035 \text{ ton/m}^3 * 1 \text{ m}$

Carga viva = 2.685 ton/m²

$$W_{ult} = 1.4 * 1.83 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} + 1.7 * 2.685 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} = 7.12 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} \quad (247)$$

$$Mult = \frac{W_{ult}}{8} * L * L = \frac{7.12}{8} * 8.85 * 8.85 = 69.707 \text{ Ton} - m \quad (248)$$

$$p = \frac{Mult}{b * d * d} = \frac{69.707 \text{ Ton}}{1 * (25 * 25) \text{ cm}} = 0.111 \frac{\text{ton}}{\text{cm}^2} \quad (249)$$

Para:

$$f_c = 280 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f_y = 4200 \frac{kg}{cm^2}$$

Se toma $P = P_{min} = 0.012$

$$A = p * b * d = 0.012 * 100cm * 25cm = 30 \frac{cm^2}{metro\ de\ muro} \quad (250)$$

1#8 c./ 0.19 m

Refuerzo por retracción y temperatura:

$$A_{st} = P_{min} * t * b = 0.0020 * 100cm * 25cm = 5.0 \frac{cm^2}{metro\ de\ muro} \quad (251)$$

1#4 c./ 0.25 m

DISEÑO DE PLACA CUBIERTA

CARGAS ACTUANTES:

Carga muerta (W_n) = $(0.15 * 8.6) * 2.4 = 3.09$ Ton/m

Carga viva (W_v) = $(200 \text{ kg/m}^2 * 1,00m) = 0.200$ Ton/m

Carga ultima (W_{ult}) = $(3.09 * 1.4) + (0.20 * 1.7) = 4.6$ Ton/m

- **Refuerzo positivo (+)**

$$M_{ult} = \frac{W_{ult}}{14} * L * L = \frac{4.6}{14} * 4.425 * 4.425 = 6.43 \text{ Ton} - m \quad (252)$$

$$p = \frac{M_{ult}}{b * d * d} = \frac{6.43 \text{ Ton}}{1 * (12 * 12)cm} = 0.0446 \frac{ton}{cm^2} \quad (253)$$

Para:

$$f_c = 280 \frac{kg}{cm^2}$$

$$f_y = 4200 \frac{kg}{cm^2}$$

Se toma $P = P_{min} = 0.0033$

$$A = p * b * d = 0.0033 * 100cm * 12cm = 3.96 \frac{cm^2}{metro\ de\ muro} \quad (254)$$

1#4 c./0.30 en ambos sentidos

- Refuerzo negativo (-)

$$Mult = \frac{W_{ult}}{9} * L * L = \frac{4.6}{9} * 4.425 * 4.425 = 10.007 \text{ Ton} - m \quad (255)$$

$$p = \frac{Mult}{b * d * d} = \frac{10.007 \text{ Ton}}{1 * (12 * 12) \text{ cm}} = 0.0694 \frac{\text{ton}}{\text{cm}^2} \quad (256)$$

Para:

$$f_c = 280 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f_y = 4200 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Se toma $P > P_{min} = 0.0052$

$$A = p * b * d = 0.0052 * 100 \text{ cm} * 12 \text{ cm} = 6.24 \frac{\text{cm}^2}{\text{metro de muro}} \quad (257)$$

1#4 c./0.30 en ambos sentidos

Diseño de Vigas de Apoyo

Debido a la magnitud de la luz entre apoyos, se tiene proyectado la construcción de dos vigas perpendiculares encargadas de soportar además de la carga viva, su propio peso y el peso de la placa que queda dividida en dos al colocar las vigas por la parte central del tanque.

CARGAS ACTUANTES:

Peso propio vigas = $0.3 * 0.3 * 2.4 = 0.22 \text{ Ton/m}$

Peso propio placa = $0.15 * 4.3 * 2.4 = 1.548 \text{ Ton/m}$

Carga muerta = 1.768 Ton/m

Carga viva = 0.20 Ton/m

- Refuerzo positivo (+)

$$W_{ult} = 1.4 * 1.768 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2} * 1.7 * 0.2 * \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2} = 2.815 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2} \quad (258)$$

$$Mult = \frac{W_{ult}}{14} * L * L = \frac{2.815}{14} * 4.425 * 4.425 = 3.93 \text{ Ton} - m \quad (259)$$

$$p = \frac{Mult}{b * d * d} = \frac{3.93 \text{ Ton}}{0.3 * (25 * 25) \text{ cm}} = 0.020 \frac{\text{ton}}{\text{cm}^2} \quad (260)$$

Para:

$$f_c = 280 \frac{kg}{cm^2}$$

$$f_y = 4200 \frac{kg}{cm^2}$$

Se toma $P > P_{min} = 0.0033$

$$A_s = p * b * d = 0.0033 * 30cm * 25cm = 2.48 \frac{cm^2}{metro\ de\ muro} \quad (261)$$

2 barras #4

- **Refuerzo negativo (-)**

$$Mult = \frac{W_{ult}}{9} * L * L = \frac{2.815}{9} * 4.425 * 4.425 = 6.12\ Ton - m \quad (262)$$

$$p = \frac{Mult}{b * d * d} = \frac{6.12\ Ton}{0.3 * (25 * 25)cm} = 0.032 \frac{ton}{cm^2} \quad (263)$$

Para:

$$f_c = 280 \frac{kg}{cm^2}$$

$$f_y = 4200 \frac{kg}{cm^2}$$

Se toma $P > P_{min} = 0.0045$

$$A_s = p * b * d = 0.0045 * 30cm * 25cm = 3.38 \frac{cm^2}{metro\ de\ muro} \quad (264)$$

3 barras #4

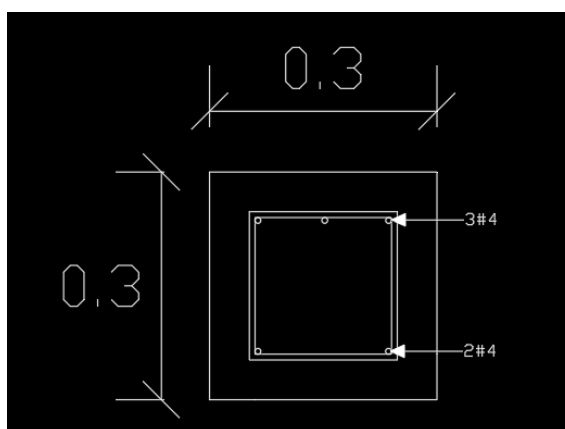

















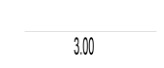
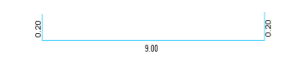




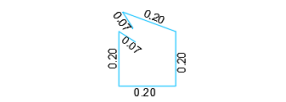
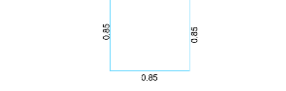

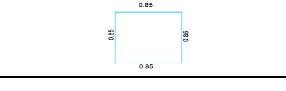
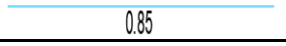


Figura 37. Refuerzo vigas de apoyo - tanque.

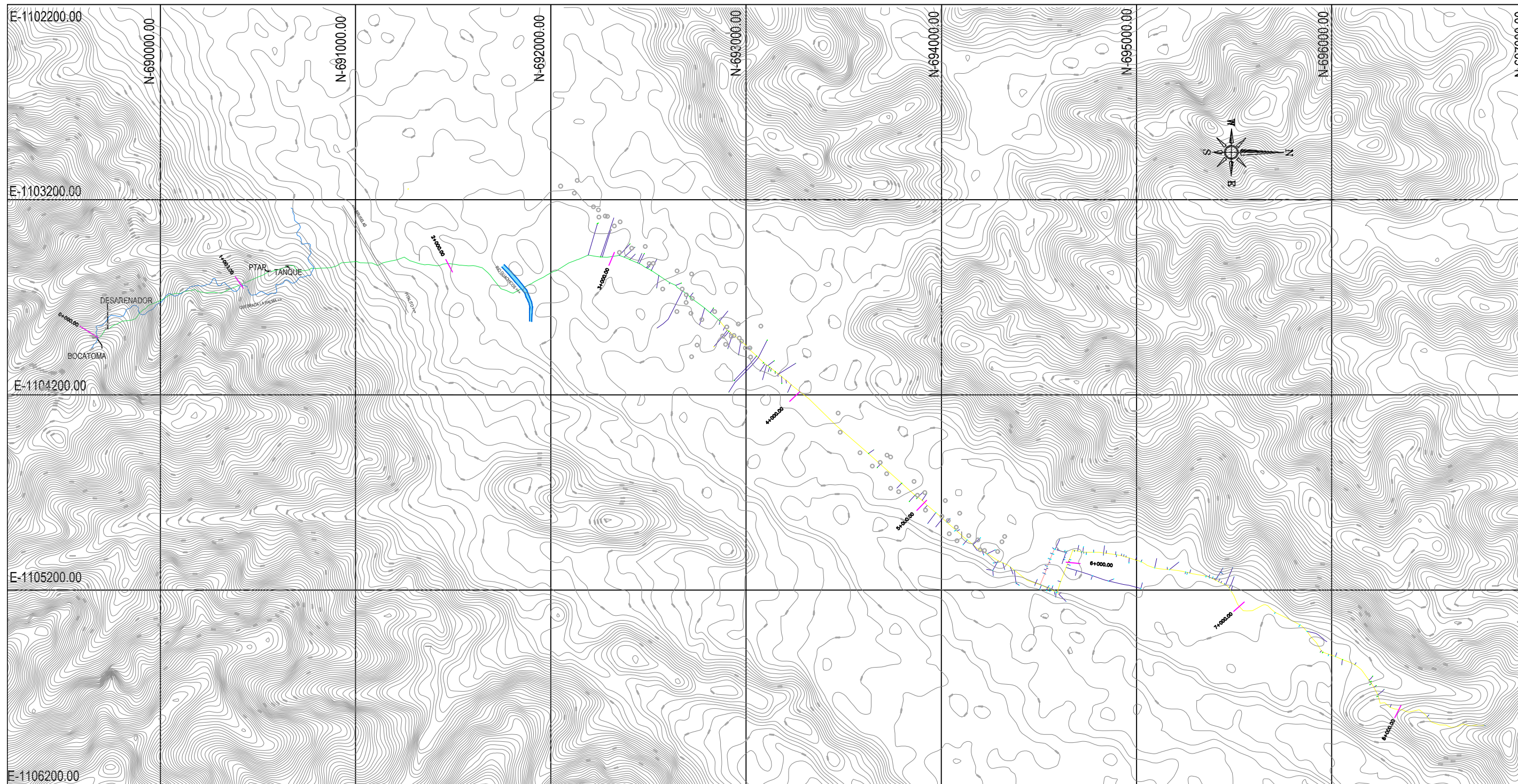
Finalmente se realizó los despieces de los aceros de las estructuras hidráulicas diseñadas.

DESPECIE DEL REFUERZO								
BOCATOMA DE FONDO								
ORDEN	FIGURADO	DIAMETRO EN NUMERO	N. DE BARRAS	N.DE ELEMENTOS	N. TOTAL DE BARRAS	LONGITUD (m)	LONGITUD TOTAL (m)	PESO TOTAL (kg/m)
1		4	12	1	12	2,92	35,04	35,04
2		4	4	1	4	2,15	8,6	8,6
3		4	10	1	10	0,6	6	6
4		5	16	1	16	3,85	61,6	96,25
5		4	25	1	25	1,8	45	45
6		5	42	1	42	1,8	75,6	118,125
7		4	12	1	12	9	108	108
8		4	12	1	12	1,8	15,1	15,1
9		4	6	1	6	4,9	29,4	29,4
10		4	6	1	6	4,5	27	27
11		4	6	1	6	1,7	10,2	10,2
12		4	59	1	59	1,5	88,5	88,5
13		4	124	1	124	1,6	198,4	198,4
14		4	16	1	16	1	16	16
15		4	6	1	6	3,55	21,3	21,3
16		4	6	1	6	3,6	21,6	21,6
17		4	6	1	6	3,6	21,6	21,6
							TOTAL	866,12

DESPECIE DEL REFUERZO								
PLACA PLANTA DE TRATAMIENTO								
ORDEN	FIGURADO	DIAMETRO EN NUMERO	N. DE BARRAS	N.DE ELEMENTOS	N. TOTAL DE BARRAS	LONGITUD (m)	LONGITUD TOTAL (m)	PESO TOTAL (kg/m)
11		4	11	2	22	3	66	66
							Total	66

DESPECIE DEL REFUERZO								
TANQUE DE ALMACENAMIENTO								
ORDEN	FIGURADO	DIAMETRO EN NUMERO	N. DE BARRAS	N.DE ELEMENTOS	N. TOTAL DE BARRAS	LONGITUD (m)	LONGITUD TOTAL (m)	PESO TOTAL (kg/m)
1		8	98	1	98	9,4	921,2	921,2
2		8	94	4	376	4,14	1556,64	1556,64
3		4	44	2	88	9,4	827,2	827,2
4		4	62	2	124	9,4	1165,6	1165,6
5		4	4	2	8	9,25	74	74
6		2	62	2	124	0,94	116,56	29,14
7		4	6	2	12	2,55	30,6	30,6
8		4	6	2	12	2,55	30,6	30,6
9		4	2	2	4	3,4	13,6	13,6
10		4	6	2	12	0,85	10,2	10,2
							Total	4658,78

**ANEXO-F: PLANO PLANTA GENERAL
TOPOGRAFICA.**



PROYECTO: **ACUEDUCTO Vereda Holanda**
 Pitalito - Huila

DISEÑO: Valentina Cuellar Artunduaga
Juan Pablo Rodríguez Muñoz

PROPIETARIO: Comunidad Vereda Holanda

UBICACIÓN: Vereda Holanda, corregimiento de Bruselas

ESCALA: 1:8.000

FECHA: Octubre de 2022

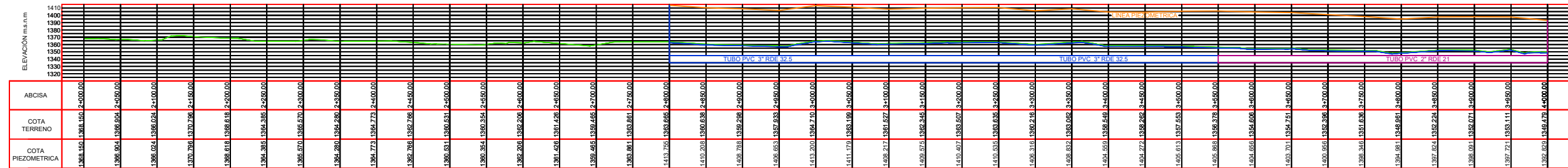
OBSERVACIONES:

ARCHIVO:

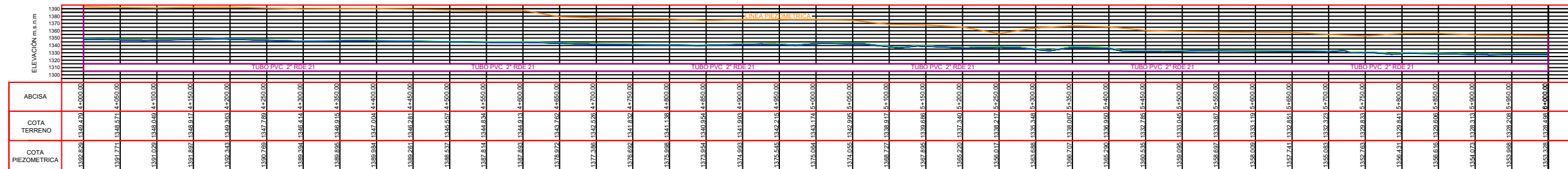
CONTIENE: **Planta General Topografía**
 Vereda Holanda
 Corregimiento de Bruselas
 Pitalito Huila

PLANO: **1**


**ANEXO-G: PLANO PERFILES HIDRÁULICOS Y
TOPOGRÁFICOS DEL SISTEMA DE
ACUEDUCTO.**

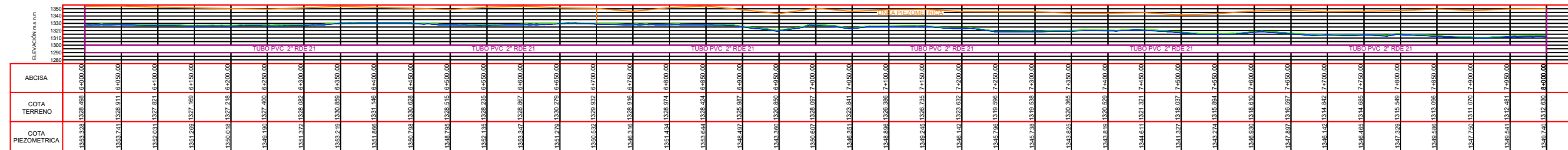


PERFIL ACUEDUCTO VEREDA HOLANDA ABCISA K2+000.00 a K4+000.00
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 2500
 ESCALA VERTICAL 1 : 2000

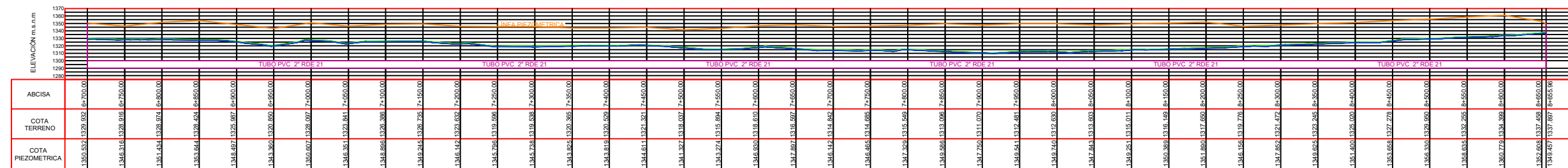


PERFIL ACUEDUCTO VEREDA HOLANDA K4+000.00 a K6+000.00
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 2500
 ESCALA VERTICAL 1 : 2500


 <p>UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA</p>	PROYECTO: ACUEDUCTO Vereda Holanda <small>Pitalito - Huila</small>	PROPIETARIO: Comunidad Vereda Holanda	FECHA: Octubre de 2022	CONTIENE: Perfil red de aducción K2+800.00 a K6+000.00	PLANO: 2-A
	DISEÑO: Valentina Cuellar Artunduaga Juan Pablo Rodríguez Muñoz	UBICACIÓN: Vereda Holanda, corregimiento de Bruselas	ESCALA: 1:2.500	OBSERVACIONES: <hr/> <hr/>	ARCHIVO:

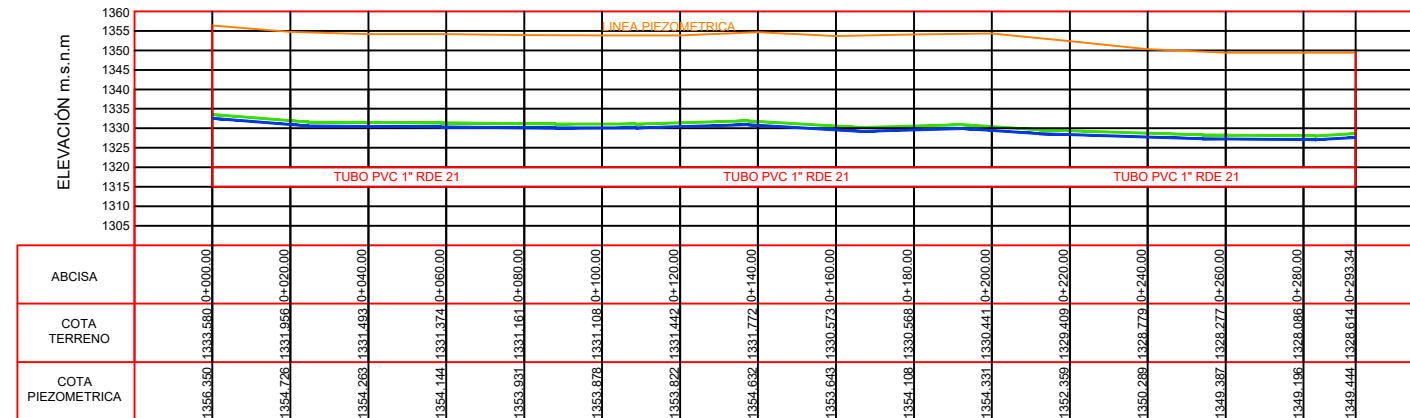


PERFIL ACUEDUCTO VEREDA HOLANDA K6+000.00 a K8+000.00
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 2500
 ESCALA VERTICAL 1 : 2500



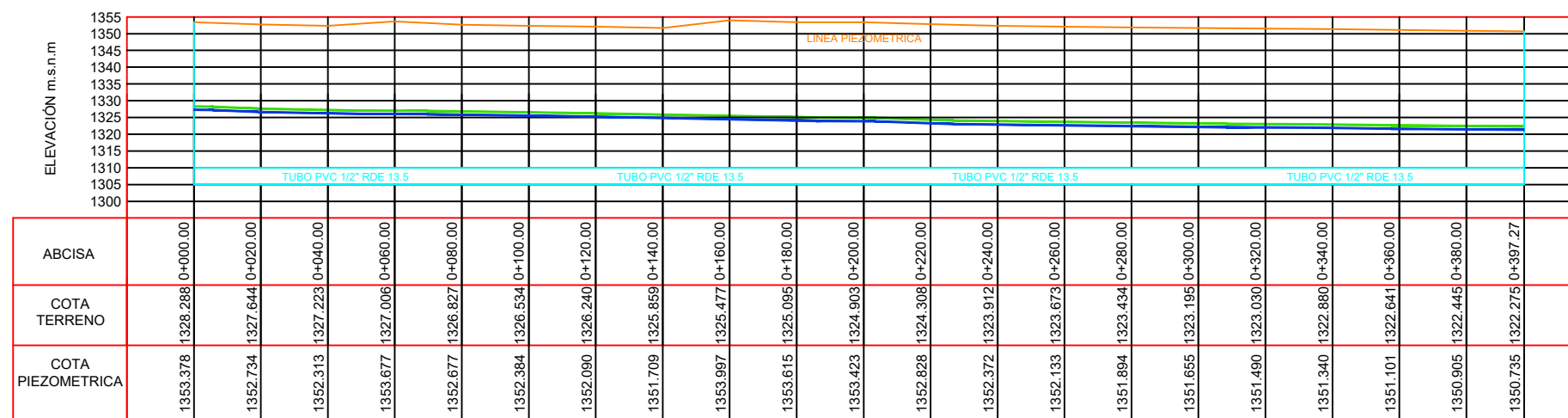
PERFIL ACUEDUCTO VEREDA HOLANDA ABCISA K6+700.00 a K8+655.96
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 2500
 ESCALA VERTICAL 1 : 2500

 <p>UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA</p>	<p>PROYECTO:</p> <h3>ACUEDUCTO Vereda Holanda</h3> <p>Pitalito - Huila</p>	<p>PROPIETARIO:</p> <p>Comunidad Vereda Holanda</p>	<p>FECHA:</p> <p>Octubre de 2022</p>	<p>CONTIENE:</p> <p>Perfil red de aducción K6+000.00 a K8+655.96</p>	<p>PLANO:</p> <h2>2-B</h2>
	<p>DISEÑO:</p> <p>Valentina Cuellar Artunduaga Juan Pablo Rodríguez Muñoz</p>	<p>UBICACIÓN:</p> <p>Vereda Holanda, corregimiento de Bruselas</p>	<p>ESCALA:</p> <p>1:2.500</p>		




PERFIL RAMAL 1 ACUEDUCTO VEREDA HOLANDA

ESCALA HORIZONTAL 1 : 750
ESCALA VERTICAL 1 : 750

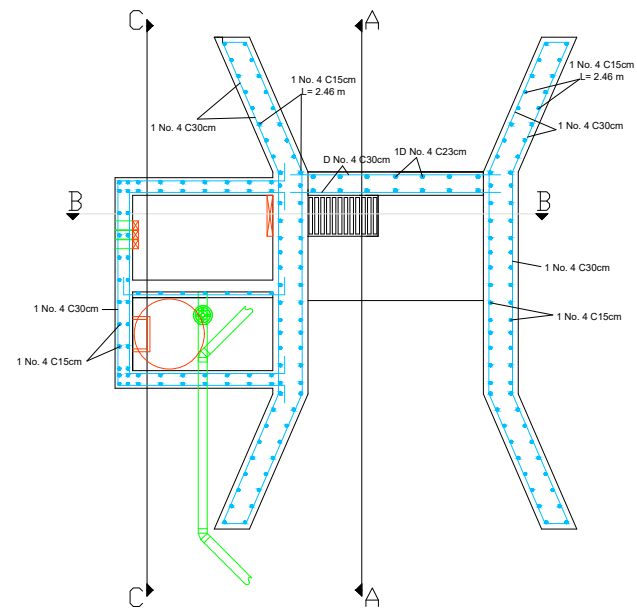


PERFIL RAMAL 2 ACUEDUCTO VEREDA HOLANDA

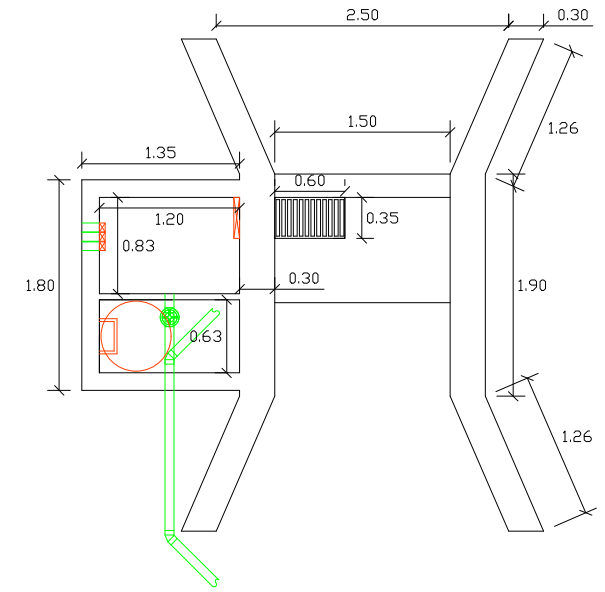
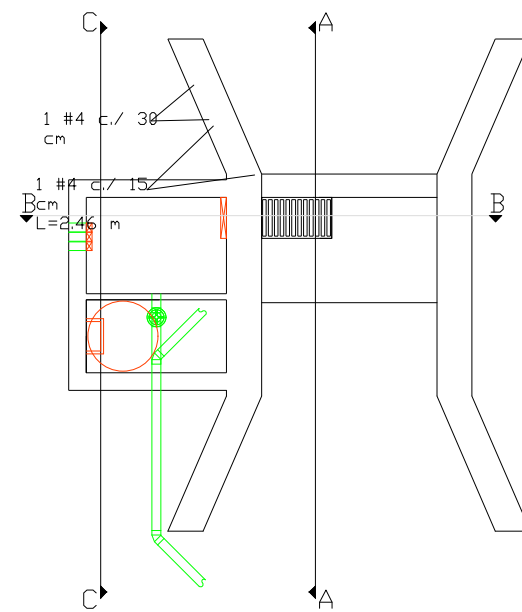
ESCALA HORIZONTAL 1 : 750
ESCALA VERTICAL 1 : 750

	PROYECTO: ACUEDUCTO Vereda Holanda <small>Pitalito - Huila</small>	PROPIETARIO: Comunidad Vereda Holanda	FECHA: Octubre de 2022	CONTIENE: Perfil Ramal 1 K6+000.00 a K0+293.34 Ramal 2 K6+000.00 a K0+397.27	PLANO: 2-C
	DISEÑO: Valentina Cuellar Artunduaga Juan Pablo Rodríguez Muñoz	UBICACIÓN: Vereda Holanda, corregimiento de Bruselas	OBSERVACIONES: <hr/> <hr/>		

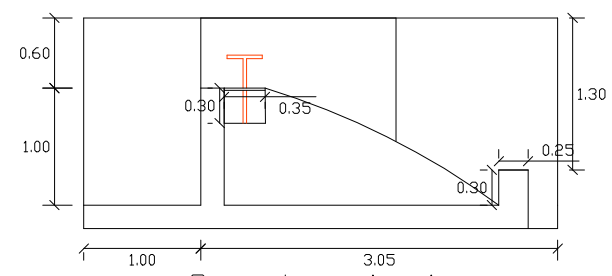
**ANEXO-H: PLANO DISEÑO
BOCATOMA DE FONDO.**



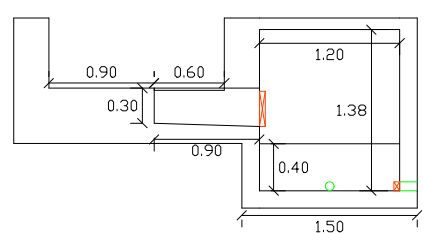
Detalle de refuerzos
Planta



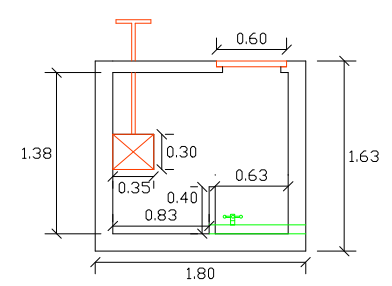
Diseño en planta Bocatoma



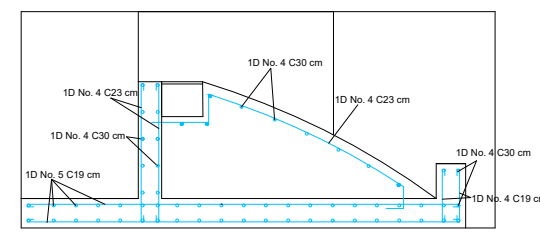
Corte A-A



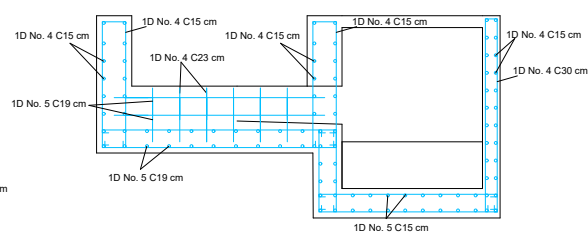
Corte B-B



Corte C-C



Corte A-A



Corte B-B

Detalle de refuerzos

**CONCRETO 4000 PSI
ACERO PDR 60**



PROYECTO:	ACUEDUCTO Vereda Holanda Pitalito - Huila
DISEÑO:	Valentina Cuellar Artunduaga Juan Pablo Rodríguez Muñoz

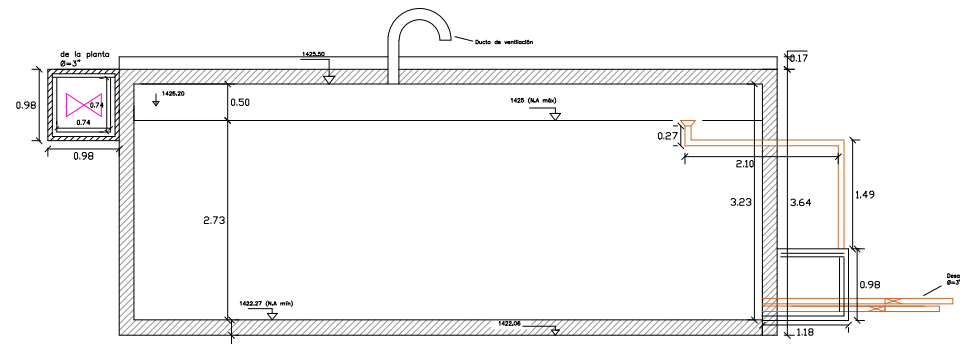
PROPIETARIO:	Comunidad Vereda Holanda
UBICACION:	Vereda Holanda, corregimiento de Bruselas
ESCALA:	1:25

FECHA:	Octubre de 2022
OBSERVACIONES:	
ARCHIVO:	

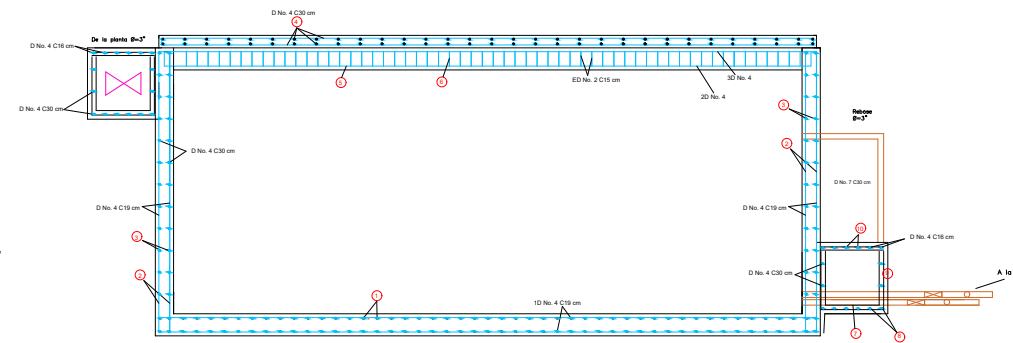
CONTIENE:	Bocatoma Diseño planta - perfil Detalles estructurales
-----------	---

PLANO:	3
--------	----------

ANEXO-I: PLANO DISEÑO DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO.

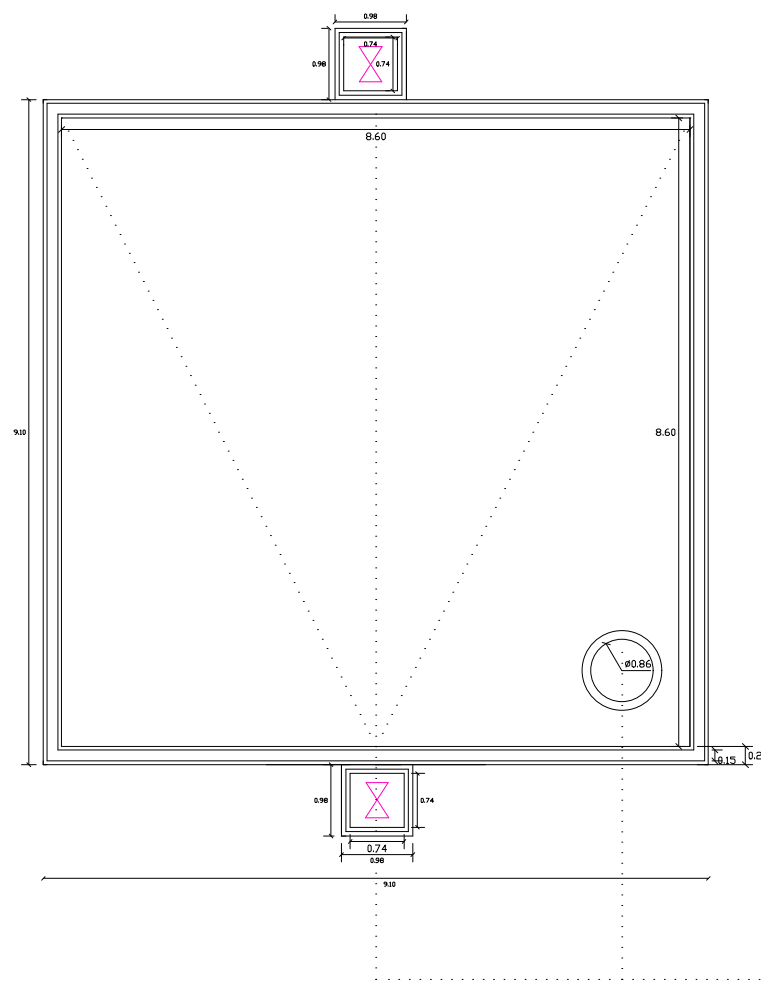


Tanque de almacenamiento Perfil



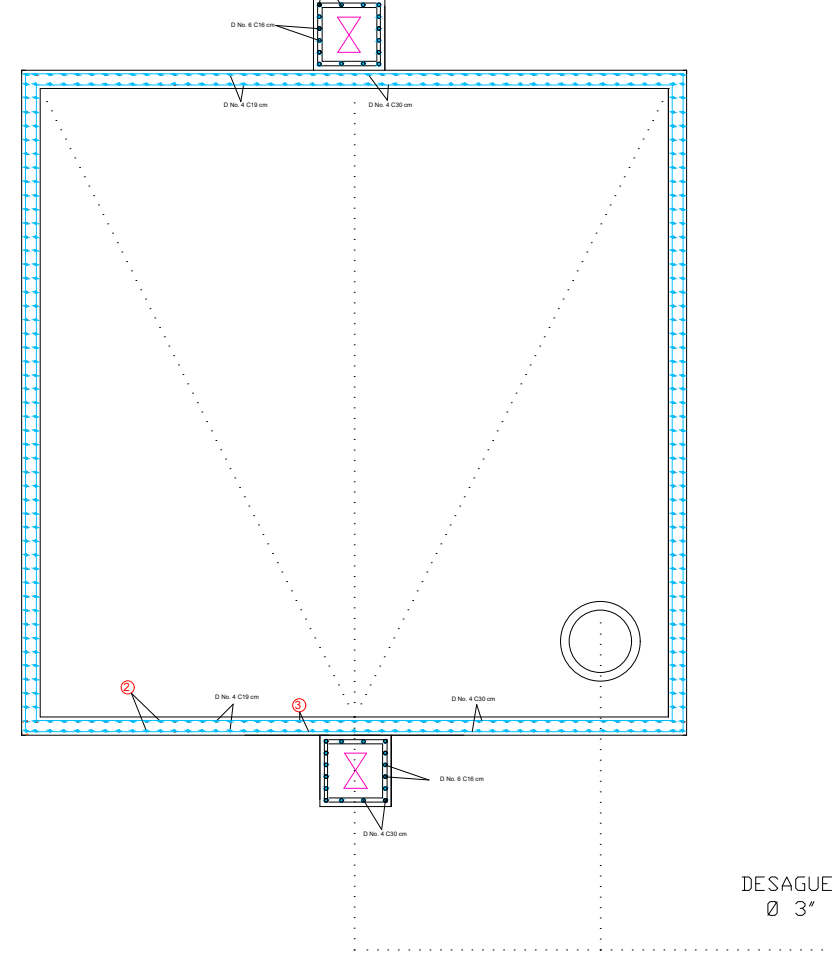
Tanque de almacenamiento Perfil
Detalle estructural

DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO Ø 3"




Tanque de almacenamiento Planta

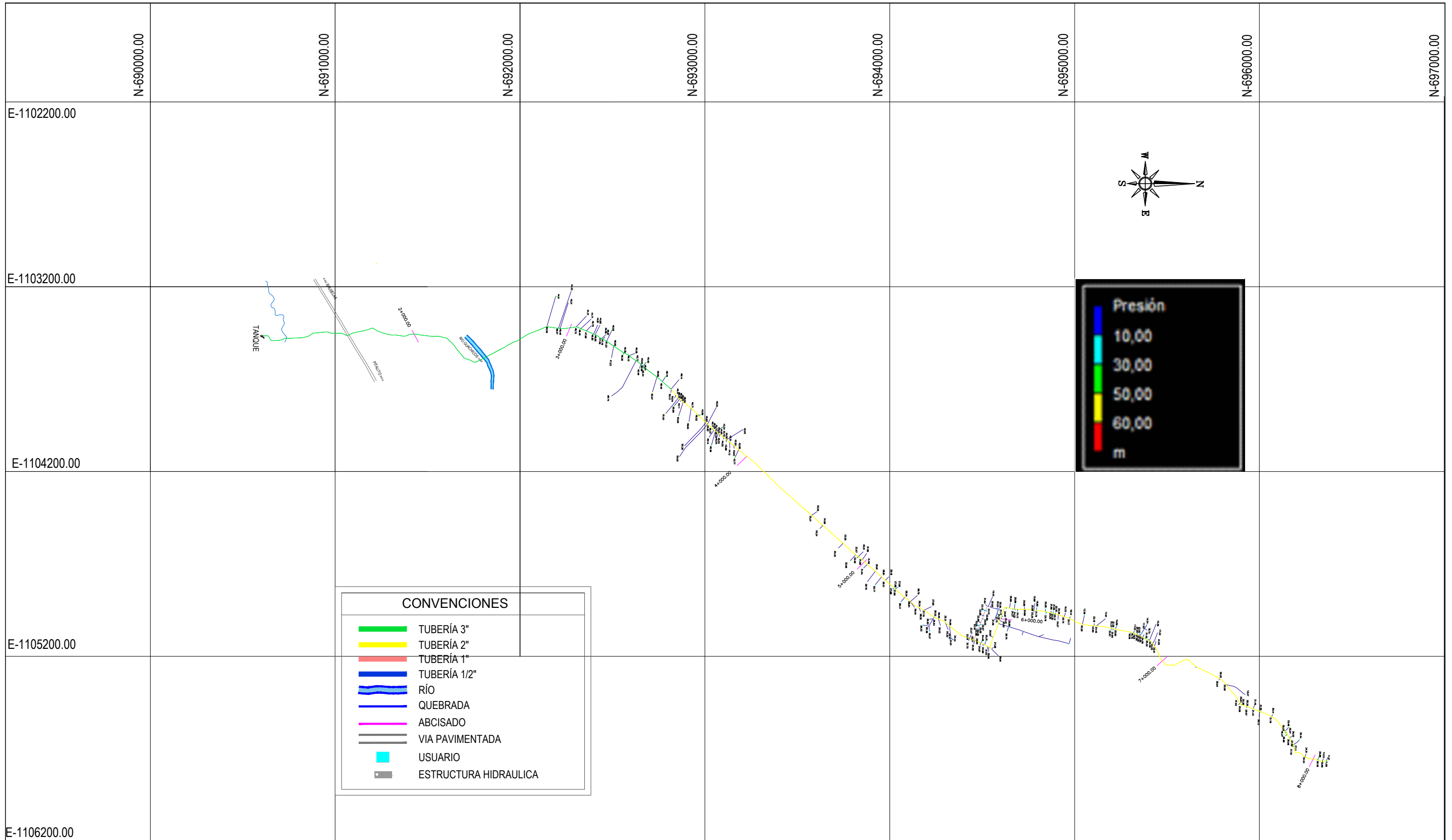
DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO Ø 3"



Tanque de almacenamiento Planta
Detalle estructural

 <p>UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA</p>	<p>PROYECTO:</p> <p align="center">ACUEDUCTO Vereda Holanda</p> <p align="center">Pitalito - Huila</p>	<p>PROPIETARIO:</p> <p align="center">Comunidad Vereda Holanda</p>	<p>FECHA:</p> <p align="center">Octubre de 2022</p>	<p>CONTIENE:</p> <p align="center">Tanque de Almacenamiento</p> <p align="center">Diseño planta - perfil Detalles estructurales</p>	<p>PLANO:</p> <p align="center">4</p>
	<p>DISEÑO:</p> <p>Valentina Cuellar Artunduaga</p> <p>Juan Pablo Rodríguez Muñoz</p>	<p>UBICACIÓN:</p> <p align="center">Vereda Holanda, corregimiento de Bruselas</p>	<p>OBSERVACIONES:</p> <p>_____</p> <p>_____</p>		

ANEXO-J: PLANO MODELACIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN EN EPANET 2.0



PROYECTO: **ACUEDUCTO Vereda Holanda**
Pitalito - Huila

DISEÑO: Valentina Cuellar Artunduaga
Juan Pablo Rodríguez Muñoz

PROPIETARIO: Comunidad Vereda Holanda

UBICACIÓN: Vereda Holanda, corregimiento de Bruselas

ESCALA: 1:8.000

FECHA: Octubre de 2022

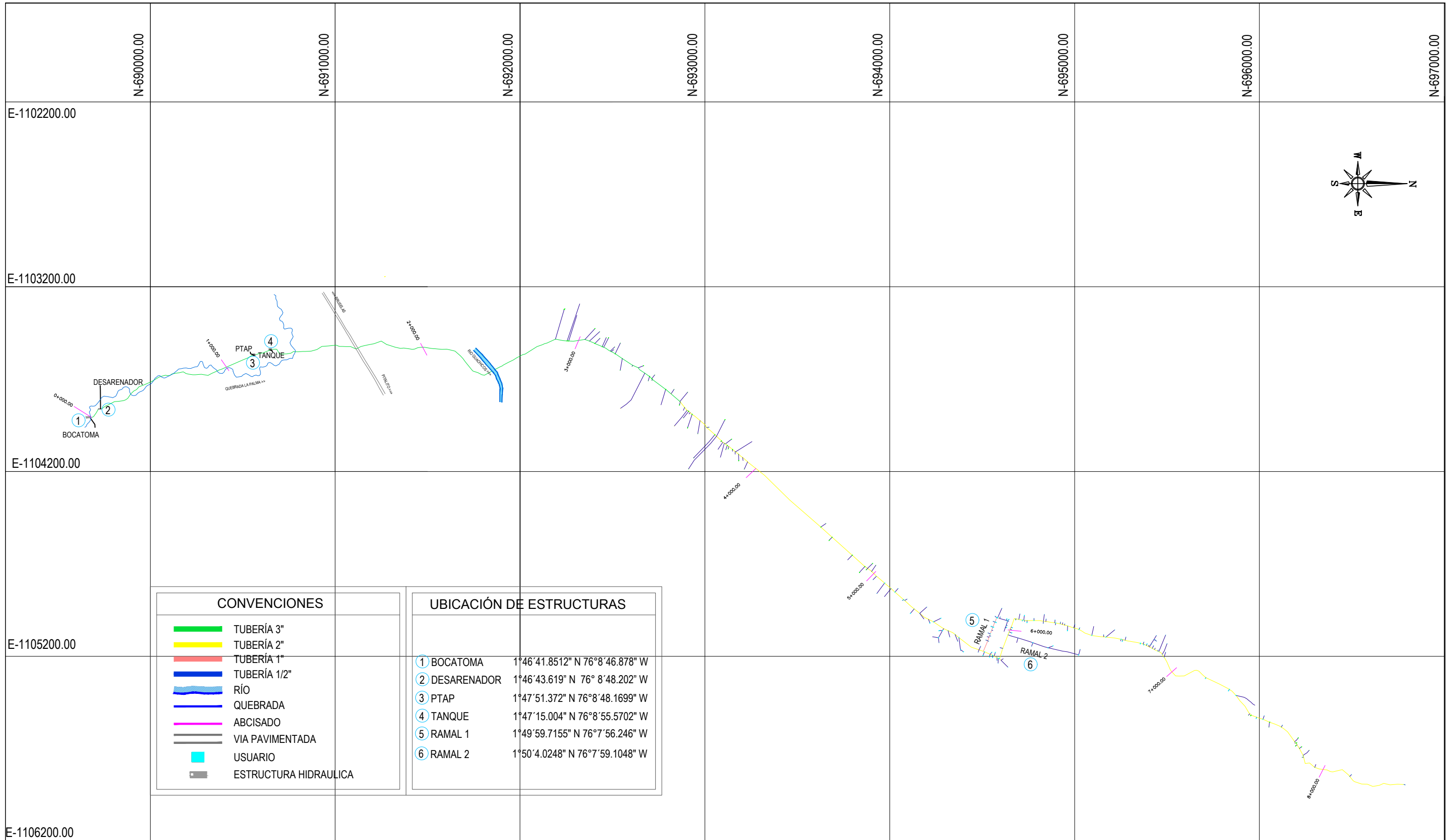
OBSERVACIONES:

ARCHIVO:

CONTIENE: **Modelacion Epanet**
Vereda Holanda
Corregimiento de Bruselas
Pitalito Huila

PLANO: **5**

**ANEXO-K: PLANO DEL SISTEMA DE
ACUEDUCTO DE LA VEREDA HOLANDA.**



CONVENCIONES		UBICACIÓN DE ESTRUCTURAS	
	TUBERÍA 3"	① BOCATOMA	1°46'41.8512" N 76°8'46.878" W
	TUBERÍA 2"	② DESARENADOR	1°46'43.619" N 76°8'48.202" W
	TUBERÍA 1"	③ PTAP	1°47'51.372" N 76°8'48.1699" W
	TUBERÍA 1/2"	④ TANQUE	1°47'15.004" N 76°8'55.5702" W
	RÍO	⑤ RAMAL 1	1°49'59.7155" N 76°7'56.246" W
	QUEBRADA	⑥ RAMAL 2	1°50'4.0248" N 76°7'59.1048" W
	ABCISADO		
	VIA PAVIMENTADA		
	USUARIO		
	ESTRUCTURA HIDRAULICA		



PROYECTO:	ACUEDUCTO Vereda Holanda Pitalito - Huila
DISEÑO:	Valentina Cuellar Artunduaga Juan Pablo Rodríguez Muñoz

PROPIETARIO:	Comunidad Vereda Holanda
UBICACIÓN:	Vereda Holanda, corregimiento de Bruselas
ESCALA:	1:8.000

FECHA:	Octubre de 2022
OBSERVACIONES:	
ARCHIVO:	

CONTIENE:
Diseño de acueducto Vereda Holanda
Corregimiento de Bruselas
Pitalito Huila

PLANO:
6