	<b>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</b>			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	<b>FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO</b>	<b>F-AC-DBL-007</b>	<b>10-04-2012</b>	<b>A</b>
Dependencia	Aprobado		Pág.	
<b>DIVISIÓN DE BIBLIOTECA</b>	<b>SUBDIRECTOR ACADEMICO</b>		<b>i(223)</b>	

### RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	<b>MALORY DE ANGEL GUTIERREZ LEONEL PALLARES GUILLIN</b>		
FACULTAD	<b>FACULTAD DE INGENIERIAS</b>		
PLAN DE ESTUDIOS	<b>INGENIERIA CIVIL</b>		
DIRECTOR	<b>NAPOLEON GUTIERREZ DE PIÑERES</b>		
TÍTULO DE LA TESIS	ESTUDIO Y DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO, SISTEMA DE BOMBEO Y RED DE DISTRIBUCIÓN PARA EL ACUEDUCTO DEL BATALLÓN N°15 GENERAL FRANCISCO DE PAULA SANTANDER		
<b>RESUMEN</b> (70 palabras aproximadamente)			
<p>EL SIGUIENTE PROYECTO CONSISTE EN LA EVALUACIÓN TÉCNICA DE LAS REDES EXISTENTES EN EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO, SISTEMA DE BOMBEO Y RED DE DISTRIBUCIÓN DEL ACUEDUCTO TAMBIÉN CONSISTE EN EL DISEÑO DE LAS REDES DE ALCANTARILLADO SANITARIO, Y DE ACUEDUCTO, ASÍ COMO DE UN NUEVO SISTEMA DE BOMBEO INDEPENDIENTE PARA ESTA INSTITUCIÓN MILITAR, TODO ESTOS DISEÑOS AJUSTADOS A LA NORMATIVIDAD VIGENTE EN NUESTRO PAÍS RAS 2000.</p>			
<b>CARACTERÍSTICAS</b>			
PÁGINAS:	PLANOS:	ILUSTRACIONES:	CD-ROM:



VÍA ACOLSURE, SEDE EL ALGODONAL, OCAÑA N. DE S.  
Línea Gratuita Nacional 018000 121022 / PBX: 097-5690088  
[www.ufpso.edu.co](http://www.ufpso.edu.co)



**ESTUDIO Y DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO, SISTEMA DE  
BOMBEO Y RED DE DISTRIBUCIÓN PARA EL ACUEDUCTO DEL BATALLÓN  
N°15 GENERAL FRANCISCO DE PAULA SANTANDER**

**AUTORES**

**MALORY DE ANGEL GUTIERREZ**

**LEONEL PALLARES GUILLIN**

**Trabajo de grado como requisito para optar por el título de Ingeniero Civil**

**Director**

**NAPOLEON GUTIERREZ DE PIÑERES**

**Ingeniero Civil**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER**

**FACULTAD DE INGENIERIAS**

**INGENIERIA CIVIL**

**Ocaña, Colombia**

**Agosto, 2016**

## **Dedicatoria**

Los sueños y deseos son parte esencial en nuestras vidas por ello, dedico la presente tesis a:  
A Dios por darme la fortaleza para seguir adelante y la oportunidad de realizar este proyecto, aún más por estar siempre en cada paso y elección que tomo en mi vida llenándola de bendiciones.  
A mis padres, Antonio De Ángel Martínez y Yomaira Gutiérrez Theran por darme la vida; y mis hermanas, Eliana, Lauren, Leda y María José, como pilares importantes en mi vida, me enseñaron que para tener éxito se debe luchar con humildad y corazón dispuesto, sin perder los valores morales y éticos.  
Gracias a cada una de las personas que hicieron posible poder cumplir esta meta y tendieron su mano para convertir este noble gesto en una esperanza.

**MALORY DE ANGEL GUTIERREZ**

## Dedicatoria

A DIOS padre por su apoyo y cuidado.

A mi madre Mirian Güillín Mora por todo el esfuerzo realizado, por apoyarme en todos mis proyectos, ya que siempre ha estado para mí, en todas las instancias de la vida, brindándome siempre ese apoyo incondicional que solo ella sabe dar.

Y a la memoria de mí extrañado padre Luis Daniel Pallares Sánchez que en paz descansa quien ha sido siempre una motivación para nunca rendirme en mis estudios.

A todas y cada una de las personas que apoyaron este proyecto. Al ingeniero Cristian Osorio Molina y al Profesor Napoleón Gutiérrez de Piñeres,

**LEONEL PALLARES GUILLIN**

## Índice

<b>Capítulo 1. Estudio y diseño del alcantarillado sanitario, sistema de bombeo y red de distribución para el acueducto, del Batallón N°15 General Francisco de Paula Santander 15</b>	
1.1 Planteamiento del problema.....	15
1.2 Formulación del problema .....	16
1.3 Objetivos .....	16
1.3.1 Objetivo General. ....	16
1.3.2 Objetivos. ....	17
1.4 Justificación.....	17
1.5 Delimitaciones.....	18
1.5.1 Delimitación Geográfica. ....	18
1.5.2 Delimitación Temporal.....	18
1.5.3 Delimitación Conceptual.....	19
1.5.4 Delimitación Operativa. ....	19
<b>Capítulo 2. Marco referencial</b>	<b>.. 20</b>
2.1 Antecedentes .....	20
2.2 Marco histórico .....	21
2.3 . Marco conceptual .....	23
2.4 Marco legal.....	27
<b>Capítulo 3. Diseño metodológico</b>	<b>.. 30</b>
3.1 Tipo de investigación .....	30
3.2 Población.....	30
3.3 Recolección de información.....	30
3.3.1 Trabajo de campo.. ....	31
3.3.2 Trabajo de oficina.....	31
3.4 Técnicas de recolección de información .....	31
3.4.1 La observación.. ....	32
3.4.2 La entrevista. ....	32
3.5 Instrumentos para la recolección de información .....	32
3.6 Análisis y evaluación de la información procesada .....	33
3.6.1 Análisis cualitativo. ....	33
3.6.2 Análisis cuantitativo.....	33
<b>Capítulo 4. Presentación de resultados</b>	<b>.. 34</b>
4.1 Describir la infraestructura existente en el sistema de alcantarillado sanitario, red de distribución y sistema de bombeo del acueducto, del batallón n°15 General Francisco de Paula Santander Ocaña.....	35
4.2 Plantear un diseño para el alcantarillado sanitario, red de distribución y sistema de bombeo del acueducto, del batallón n°15 general francisco de Paula Santander Ocaña. ....	106
4.3 Realizar un presupuesto que permita conocer el valor de la inversión, por parte de los directivos de la institución.....	168
<b>Capítulo 5. Conclusiones</b>	<b>170</b>

<b>Capítulo 6. Recomendaciones</b>	<b>174</b>
<b>Referencias</b>	<b>176</b>
<b>Apéndices</b>	<b>177</b>

## Lista de figuras

Figura 1. Panorámica de la ciudad de Ocaña.	23
Figura 2. Vista en planta de redes existente	37
Figura 3. Perfiles redes existentes	37
Figura 4. Situación actual.	53
Figura 5. Sistema de bombeo ideal	54
Figura 6. Plano topográfico y trazado de la red.	67
Figura 7. Identificación de los nodos y trazado de la red.	69
Figura 8. Elevación de la tubería (Cota de los Nodos).	70
Figura 9. Red de Distribución de Caudales.	70
Figura 10. Gráfico de Contorno	71
Figura 11. Entorno del programa EPANET	72
Figura 12. Menú Archivo	72
Figura 13. Menú editar	73
Figura 14. Menú ver	74
Figura 15. Menú proyecto	75
Figura 16. Menú informe	76
Figura 17. Menú ventana	77
Figura 18. Menú ayuda	78
Figura 19. Visor de datos	82
Figura 20. Visor de plano	82
Figura 21. Red general de distribución de agua potable.	91
Figura 22. Vista en planta	102
Figura 23. Perfil de los tramos	104
Figura 24. Planimetría bombeo	119
Figura 25. Sumergencia y distancia a fondo y/o paredes laterales.	122
Figura 26. Hidromac	124
Figura 27. Curva característica de operación del sistema	126
Figura 28. Curva característica de la bomba y operación del sistema	127
Figura 28. Perfil del sistema de bombeo y el tanque de almacenamiento	133
Figura 29. Vista en planta del sistema de bombeo y el tanque de almacenamiento	134
Figura 30. Plano topográfico y trazado de la red.	141
Figura 31. Identificación de los nodos y trazado de la red.	143
Figura 32. Elevación de la tubería (Cota de los Nodos).	144
Figura 33. Red de Distribución de Caudales.	145
Figura 34. Gráfico de Contorno	146
Figura 135. Red general de distribución de agua potable.	153

## Lista de cuadros

Cuadro 1. Características geológicas de la Provincia de Ocaña.	26
Cuadro 2. Tipo de suelos.	26
Cuadro 3. Asignación del nivel de complejidad	31
Cuadro 4. Variables límites para evaluar el proceso priorización	32
Cuadro 5. Pasos para la priorización de un proyecto de agua potable y saneamiento básico	32
Cuadro 6. Parámetros para el desarrollo de cada sistema	33
Cuadro 7. Contribuciones al alcantarillado sanitario existente	36
Cuadro 8. Chequeo hidráulico	39
Cuadro 9. Caudal de infiltración	45
Cuadro 10. Coeficiente K	50
Cuadro 11. Período de diseño según el nivel de complejidad	57
Cuadro 12. Coeficiente de consumo máximo diario, k1, según el Nivel de Complejidad del Sistema	59
Cuadro 13. Coeficiente de consumo máximo horario, k2, según el Nivel de Complejidad del Sistema y el tipo de red de distribución	60
Cuadro 14. Presiones mínimas en la red de distribución.	62
Cuadro 15. Diámetros internos mínimos en redes menores.	63
Cuadro 16. Deflexiones máximas posibles en tuberías.	64
Cuadro 17. Datos de Entrada N°1	68
Cuadro 18. Datos de Entrada N°2	68
Cuadro 19. Descripción de los comandos del menú archivo	73
Cuadro 20. Comandos del menú editar	74
Cuadro 21. Descripción de los comandos del menú ver	75
Cuadro 22. Descripción de los comandos del menú proyecto	76
Cuadro 23. Descripción de los comandos del menú informe	76
Cuadro 24. Descripción de los comandos del menú ventana	77
Cuadro 25. Descripción de los comandos del menú ayuda	78
Cuadro 26. Barra de Herramientas Estándar	79
Cuadro 27. Barra de Herramientas del Plano.	80
Cuadro 28. Primer tanteo de la malla I	86
Cuadro 29. Segundo tanteo de la malla I	86
Cuadro 30. Primer tanteo de la malla II	87
Cuadro 31. Primer tanteo de la malla III	87
Cuadro 32. Segundo tanteo de la malla II	87
Cuadro 33. Segundo tanteo de la malla III	88
Cuadro 34. Tercer tanteo de la malla II	88
Cuadro 35. Tercer tanteo de la malla III	88
Cuadro 36. Chequeo del sistema en la malla I	89
Cuadro 37. Chequeo del sistema en la malla II	89
Cuadro 38. Chequeo del sistema en la malla III	89
Cuadro 39. Valores mínimos permisibles de cubrimiento de colectores.	94
Cuadro 40. Periodo de Planeamiento del Diseño	96
Cuadro 41. Coeficiente de Retorno	98
Cuadro 42. Caudal por infiltración (QI)	100



Cuadro 43. Caudal por conexiones erradas (QCE).	100
Cuadro 44. Calculo de los caudales de diseño del alcantarillado sanitario	105
Cuadro 45. Diseño hidráulico del alcantarillado sanitario (Chequeo hidráulico y empate por la línea de energía de los colectores)	106
Cuadro 46. Velocidad máxima aceptable en la tubería de succión, según el diámetro.	121
Cuadro 47. Caudal Vs Altura Dinámica de la curva característica de la bomba Hidromac	125
Cuadro 48. Curva de operación para los niveles máximos y mínimos del pozo de succión	126
Cuadro 49. Perdida de la carga total para los distintos caudales	127
Cuadro 50. Datos de Entrada N°1	142
Cuadro 51. Datos de Entrada N°2	143
Cuadro 52. Primer tanteo de la malla I	149
Cuadro 53. Segundo tanteo de la malla I	149
Cuadro 54. Primer tanteo de la malla II	149
Cuadro 55. Segundo tanteo de la malla II	150
Cuadro 56. Chequeo del sistema en la malla I	150
Cuadro 57. Chequeo del sistema en la malla II	150
Cuadro 58. Chequeo de la presión en las ramificaciones de la red	151
Cuadro 59. Valores de “a” en función del RDE.	152
Cuadro 60. Presupuesto de la Red de Distribución.	154
Cuadro 61. Presupuesto del alcantarillado sanitario	155
Cuadro 62. Presupuesto del sistema de bombeo.	156

## Lista de anexos

Apéndice 1. Informe completo del software EPANET (datos de entrada y resultados).	164
Informe completo del software EPANET cuando tiene lugar la elevación de un cuerpo de agua por parte de la bomba.	
Apéndice 2. Resultados de la estimación del golpe de ariete.	165
Apendice 3. Evidencias fotograficas	173
Apéndice 4. Análisis de precios unitarios	174
Apendice 4. Evidencias fotográficas	200

## Resumen

El Batallón de infantería número 15 General Francisco De Paula Santander es una institución de vital importancia para Ocaña y la región ya que defiende y mantiene la soberanía, la independencia y la integridad territorial, genera un ambiente de paz, seguridad y desarrollo que garantizan el orden constitucional de la nación

A pesar de su relevante importancia esta institución militar viene presentando desde hace ya algunos años una problemática de salud pública y de medio ambiente por un deterioro y mal funcionamiento de sus redes hidráulicas y sanitarias.; además de presentar una forma de abastecimiento de agua potable no convencional

El siguiente proyecto consiste en la evaluación técnica de las redes existentes en el sistema de alcantarillado, sistema de bombeo y red de distribución del acueducto también consiste en el diseño de las redes de alcantarillado sanitario, y de acueducto, así como de un nuevo sistema de bombeo independiente para esta institución militar, todo estos diseños ajustados a la normatividad vigente en nuestro país RAS 2000.

Teniendo como objeto darle solución a un problema presentando una alternativa de solución fundamentada en los principios de la hidráulica apoyados y fundamentados en el uso del software EPANET 2.0 para la red del acueducto y de hojas de cálculo programadas en Excel para el diseño de la red de recolección del alcantarillado sanitario.

## **Introducción**

Conforme a la ley 142 DE 1994 como un completo régimen de protección al usuario el estado adquirió, entre otras cosas, la obligación y el deber de garantizar la prestación de los servicios públicos de manera continua y de buena calidad.

El batallón de infantería General Francisco de Paula Santander se encuentra interesado en solucionar el problema de distribución de agua potable, recolección y evacuación de aguas residuales domésticas, el cual es prestado en forma deficitaria.

La universidad Francisco de Paula Santander con su política de servir a la comunidad y con el apoyo de estudiantes y docentes que hacen realidad este ideal están interesados en solucionar el problema y por ello se está elaborando como parte inicial de la solución el estudio y diseño del alcantarillado, sistema de bombeo y red de distribución del acueducto. Para satisfacer las necesidades de la población actual y futura de tal manera que el servicio se preste en condiciones de calidad, continuidad y cantidad requeridas y ajustadas a la normatividad vigente en Colombia.

El estudio y diseño concebido y presentado en este documento, conformado por memorias y planos de construcción, muestra la justificación y alcance del proyecto, un resumen de las características generales del batallón, la evaluación técnica de la infraestructura existente, se presentan los diseños definitivos recomendados, el presupuesto, las recomendaciones y conclusiones del proyecto.

# Capítulo 1. Estudio y diseño del alcantarillado sanitario, sistema de bombeo y red de distribución para el acueducto, del Batallón N°15 General Francisco de Paula Santander

## 1.1 Planteamiento del problema

El Batallón N°15 General Francisco de Paula Santander viene sufriendo una problemática que afecta notablemente a esta comunidad debido a la inadecuada prestación del servicio de agua potable y saneamiento básico. Las malas condiciones de la infraestructura existente han generado problemas de salud pública, deterioro del medio ambiente y contaminación de los recursos hídricos.

Dentro de las principales falencias técnicas del sistema de alcantarillado se pueden destacar las infiltraciones generadas a causa de fallas en las estructuras de conexión, tramos deteriorados en tubería de gres, escases de mantenimiento en el sistema y rebose de alcantarillas que podrían constituir grandes focos de infección y epidemias.

El batallón Santander actualmente se está abasteciendo de agua potable de manera no convencional interceptando la impulsión del sistema de bombeo que conduce agua tratada a la ciudad, generándose con esto un funcionamiento inadecuado del sistema y trayendo consigo varios problemas.

La red de distribución del acueducto presenta numerosas fugas lo que genera grandes pérdidas del recurso hídrico, consta con tramos de tuberías en asbesto cemento lo cual pone en riesgo la salud de los usuarios por la posible ingestión de la peligrosa fibra de asbesto.

El uso del alcantarillado sanitario actual como alcantarillado combinado genera un funcionamiento inadecuado del sistema en donde es común encontrar rebose en las alcantarillas, existiendo zonas donde las aguas negras discurren por las calles, lo que constituye un foco de infección y epidemias para la comunidad.

En la iniciativa de la Universidad Francisco de la Paula Santander Ocaña de contribuir en el desarrollo de nuestra comunidad y en pro de terminar los problemas de salubridad que se presentan en el Batallón de la Ciudad de Ocaña, es de carácter urgente realizar el diagnóstico y diseño del sistema de bombeo red de distribución del acueducto y del alcantarillado sanitario.

## **1.2 Formulación del problema**

¿Se puede diseñar y ejecutar un proyecto que permita evaluar el estado y funcionamiento del alcantarillado sanitario, sistema de bombeo y red de distribución para Batallón N°15 General Francisco de Paula Santander?

## **1.3 Objetivos**

**1.3.1 *Objetivo General.*** Estudiar y diseñar el alcantarillado, sistema de bombeo y red de distribución para el acueducto del Batallón N°15 General Francisco de Paula Santander.

**1.3.2 *Objetivos Específicos.*** Describir la infraestructura existente en el sistema de alcantarillado sanitario, red de distribución y sistema de bombeo del acueducto, del Batallón N°15 General Francisco de Paula Santander.

Plantear un diseño para el alcantarillado sanitario, red de distribución y sistema de bombeo del acueducto, del Batallón N°15 General Francisco de Paula Santander.

Realizar un presupuesto que permita conocer el valor de la inversión, por parte de los directivos de la institución.

#### **1.4 Justificación**

En la actualidad existen problemas de salud pública, problemas epidemiológicos y sanitarios, deterioro del medio ambiente y del bienestar social dado a la incorrecta evacuación de las aguas residuales, los cuales tienen solución mediante la ejecución del sistema propuesto. La población actual y futura se verán beneficiados con el presente proyecto el cual tiene la finalidad de mejorar la prestación de dichos servicios, así como también disminuir las grandes pérdidas del recurso hídrico y con ello impactar de manera positiva en la economía del batallón.

Mejoraría la capacidad del sistema de acueducto para la ciudad de Ocaña ya que contaría con mayor capacidad al modificar la actual forma de abastecimiento de la institución militar y se evitarían posibles problemas a causa de la actual forma de abastecimiento, como lo son altas presiones, problemas de cavitación y golpes de ariete.

Hace más de 15 años la institución viene presentando esta problemática a la cual no se le ha dado solución.

Teniendo en cuenta la actual situación se opta por realizar un diseño partiendo de una existencia nula del sistema de red de acueducto y alcantarillado; por lo tanto se hace necesario estudiar y diseñar una alternativa que permita brindar el perfecto funcionamiento, garantizando condiciones mínimas de calidad exigidas según las normas técnicas colombianas e integrando en el proceso el uso de software de código libre. Epanet 2.0

Planteándose así, alternativas de solución que harán fundamental la investigación e indagación acerca de proyectos relacionados con el diseño de redes hidráulicas y sanitarias en diferentes partes del país.

## **1.5 Delimitaciones**

**1.5.1 *Delimitación Geográfica.*** La realización de los estudios y diseños especificados en este proyecto tiene como zona geográfica el Batallón N°15 General Francisco de Paula Santander de Ocaña.

**1.5.2 *Delimitación Temporal.*** Este proyecto se realizara en un lapso de 5 meses.



**1.5.3 Delimitación Conceptual.** Mediante la investigación se tendrá en cuenta un compendio de términos relacionados con el tema tales como: conexiones erradas, RDE, caudal máximo diario, caudal medio diario, acometida, coeficiente de retorno, fuerza tractiva, cámara de caída, tanque interceptor, aliviadero, sumidero, colector principal, Epanet 2.0, entre otros.

**1.5.4 Delimitación Operativa.** Se contara con la colaboración del Batallón N°15 General Francisco de Paula Santander quienes aportaran información de la infraestructura, además el desarrollo del estudio para el diseño de la red de distribución se hace uso de los programas Epanet 2.0, Civilcad 3D, Word y Excell.

## Capítulo 2. Marco referencial

### 2.1 Antecedentes

La red de distribución de agua potable y el sistema de alcantarillado del Batallón N°15 General Francisco de Paula Santander tiene una edad aproximada de 45 años y desde su puesta en marcha hasta la fecha se desconocen planos y parámetros de diseños utilizados para su diseño, construcción y mantenimiento.

Se han destinado recursos para la reparación de los sistemas mencionados cuando se presenta la rotura de la tubería de agua potable y adecuación de un sistema de alcantarillado pluvial depositando gran parte de las aguas lluvias en rejillas localizadas en los separadores viales.

El mayor problema del sistema de acueducto existente es el vencimiento de la vida útil del mismo, por lo tanto se generan fugas a lo largo de la tubería y por ser de asbesto cemento podría afectar la salud y desmejoramiento de la calidad de vida de la población a la que se le suministra el servicio público. Ahora bien, el sistema de alcantarillado tiene un desalineamiento horizontal y vertical, que permite el despegue de las juntas provocando la filtración de las aguas servidas en el suelo y a su vez contaminación en los componentes químicos y físicos del suelo.

La institución militar ha manifestado su problemática dando a conocer a entidades y personas competentes que puedan solucionarla y como apoyo a la comunidad la Universidad

Francisco de Paula Santander Ocaña brinda una alternativa de estudio y diseño del sistema de alcantarillado, sistema de bombeo y red de distribución de agua potable.

Lo anterior motivó el planteo del presente estudio en el que se precisan los siguientes objetivos:

- ✓ Evaluación de la infraestructura de los sistemas existentes.
- ✓ Diseño integral del nuevo sistema de alcantarillado, sistema de bombeo y red de distribución de agua potable.

En los alcances se considera

- ✓ Evaluar el estado de la infraestructura.
- ✓ Estudiar y definir parámetros hidráulicos considerando el RAS 2000.
- ✓ Elaborar los diseños hidráulicos de cada uno de los componentes recomendados como infraestructura esencial para el funcionamiento de los nuevos sistemas, siguiendo el RAS 2000.
- ✓ Elaborar un presupuesto de construcción.

## **2.2 Marco histórico**

Los sistemas de acueductos y alcantarillados surgen como una necesidad, a partir del cambio del hombre de ser nómada a ser sedentario.

Los primeros sistemas de abastecimiento consistían en pozos profundos, reservorios de almacenamiento y conducciones rudimentarias a centros poblados.

El primer acueducto corresponde al primer acueducto Romano, constituido en el año 312 A.C.; posteriormente se construye el segundo acueducto en el año 270 A.C.

Entre el año 270 A.C. y el 52 D.C., aparecen en Europa varios acueductos, entre ellos el de Lyon, Francia; Meltz, Alemania; y Segovia, España.

La edad media se caracterizó por las enfermedades causadas por el uso del agua, enfermedades hídricas; tales como, la peste negra en Europa y la peste de cólera.

Durante la primera mitad del siglo XIX, se inicia la construcción de algunos sistemas de tratamiento de agua; principalmente, filtros lentos de arena. El primero se construyó en 1802 y un segundo filtro más grande se construyó el 1830.

Durante la segunda mitad del siglo XIX, nace la bacteriología como una ciencia básica; trayendo consigo una época de importantes desarrollos científicos en el sector de agua potable y saneamiento básico.

En el siglo XX, entre 1900 y 1950, se da un periodo de refinamiento de la tecnología y por ende la consecuente ampliación de coberturas del sector.

El primer acueducto de Colombia, fue construido en Bogotá en 1886 por medio de la compañía del señor Ramón B. Jimeno. Constaba de un sistema de tuberías de hierro fundido que

suministraban agua a domicilio mediante plumas o acometidas. El agua proveniente de los ríos San Agustín, y San Francisco empezó a distribuirse en 1888 sin mayor tratamiento, pues sólo se contaba para ello con cajas desarenadoras. (SANCHEZ MONTEJO, 1951.)

En el siglo XIX se prohibieron las acequias que corrían a cielo abierto por las calles. A partir de la segunda década del siglo XX, se ordenó cubrir los lechos de los ríos San Francisco y San Agustín, constituyéndose en la obra precursora para el alcantarillado moderno con localización en Bogotá. (Bogota.gov.co, 2016)

Con las ideas renovadoras de la planificación urbana, las cuales se impulsaron en 1948, se diseñó el Plan Piloto de Desarrollo Urbano dando inicio a los estudios de los colectores troncales y canales para el drenaje adecuado del área urbana.

### **2.3 . Marco conceptual**

**Sistemas de alcantarillado:** Se denomina alcantarillado o red de alcantarillado al sistema de estructuras y tuberías usadas para recolectar, transportar, evacuar y disponer de una forma apropiada de aguas residuales.

**Sistemas de acueductos:** Se denomina acueducto al sistema de abastecimiento de agua potable, para satisfacer las necesidades fisiológicas, de salud, comodidad o bienestar de las personas.

**Aguas residuales:** Aquellas aguas provenientes del sistema de abastecimiento de agua potable, pero que han sido contaminadas por diversos usos, propios de las actividades humanas; y aquellas provenientes de la precipitación pluvial, aguas de escorrentía superficial y de infiltración superficial. (RAS 2000)

**Sistemas convencionales:** Sistemas tradicionales utilizados para la recolección y transporte de aguas residuales o lluvias hasta los sitios de disposición final, se dividen en alcantarillado combinado y el alcantarillado separado. En el primero, tanto las aguas residuales como las pluviales son recolectadas y transportadas por el mismo sistema, mientras que en el tipo separado esto se hace mediante sistemas independientes de alcantarillado sanitario y alcantarillado pluvial.

**Sistemas no convencionales.** Estos sistemas suelen ser muy costosos, particularmente para poblaciones con baja capacidad económica, además, estos proponen sistemas de menor costo basados en consideraciones de diseño adicionales y en una mejor tecnología disponible para su operación y mantenimiento. Dentro de estos sistemas alternativos están los denominados alcantarillados simplificados, los alcantarillados condominiales, los alcantarillados sin arrastre de sólidos y descargas in situ. (LOPEZ CUALLA, Ricardo Alfredo., 1995 )

**Alcantarillados simplificados.** Funcionan esencialmente como un alcantarillado sanitario convencional de aguas residuales siendo los colectores de menor diámetro y menor el tamaño y el número de cámaras de inspección, pudiéndose sustituir por estructuras más económicas; pero requieren mayor mantenimiento.

**Alcantarillados condominiales.** Recogen las aguas residuales de un conjunto de viviendas que normalmente están ubicadas en un área inferior a 1 ha mediante colectores simplificados, las cuales son conducidas a la red de alcantarillado municipal o eventualmente a una planta de tratamiento.

**Alcantarillados sin arrastre de sólidos.** El agua residual de una o más viviendas es descargada a un tanque interceptor de sólidos donde éstos se retienen y degradan, produciendo un efluente sin sólidos sedimentables que es transportado por gravedad en un sistema de colectores de diámetros poco profundos y reducidos.

**Sistemas de descargas in situ.** Las aguas residuales son descargadas a letrinas o a tanques, pozos sépticos y campos de riego, los cuales son sistemas de muy bajo costo. Son sistemas apropiados en áreas suburbanas con baja densidad de población y con adecuadas características del subsuelo.

**Cajas de inspección domiciliaria.** Cámaras localizadas en el límite de la red pública de alcantarillado y la privada, que recogen las aguas residuales, lluvias o combinadas provenientes de un inmueble.

**Cámaras de caída.** Estructuras utilizadas para dar continuidad al flujo cuando la tubería llega a una altura considerable respecto de la tubería de salida.

**Aliviaderos.** Estructuras diseñadas en colectores combinados, con el propósito de separar los caudales que excedan la capacidad del sistema y conducirlos a un sistema de drenaje de agua lluvia.

**Sumideros.** Estructuras diseñadas y construidas para cumplir con el propósito de captar las aguas de escorrentía que corren por las cunetas de las calzadas de las vías para entregarlas a las estructuras de conexión o pozos de inspección de los alcantarillados combinados o de lluvias.

**Coefficiente de retorno.** Relación que existe entre el caudal medio de aguas residuales y el caudal medio de agua que consume la población.

**Colector principal o matriz.** Conducto cerrado circular, semicircular, rectangular, entre otros, sin conexiones domiciliarias directas que recibe los caudales de los tramos secundarios, siguiendo líneas directas de evacuación de un determinado sector.

**Conexiones erradas.** Contribución adicional de caudal debido al aporte de aguas pluviales en la red de aguas sanitarias y viceversa.

**Emisario final.** Colectores cerrados que llevan parte o la totalidad de las aguas lluvias, sanitarias o combinadas de una localidad hasta el sitio de vertimiento o a las plantas de tratamiento de aguas residuales. (GOMEZ OTERO, 2000)



**Epanet.** Permite realizar análisis hidráulicos de redes de tuberías a partir de sus características físicas de la tubería y dinámica de los nudos (consumo) para obtener la presión y los caudales y nodos en tuberías. Adicionalmente permite el análisis de calidad de agua a través del cual es posible determinar el tiempo de fluido desde la fuente, hasta los nodos del sistema.

Entre los elementos que puede simular el programa se encuentran fundamentalmente tubos, nodos, depósitos y embalses (referencias de carga constante) y adicionalmente permite utilizar elementos más complejos como bombas y válvulas. (PALACIOS RUIZ, 2010)

**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. (RAS 2000)

## **2.4 Marco legal**

**Derecho a la vida.** La vida es el derecho más importante para los seres humanos. La vida tiene varios factores; la vida humana en sus formas corporales y psíquicas, la vida social de las personas por medio de la cual estos realizan obras en común y la vida de la naturaleza que relaciona a los seres humanos con las demás especies vivientes.

“Artículo 11. El derecho a la vida es inviolable. No habrá pena de muerte.”

“Artículo 3: Todo individuo tiene derecho a la vida, a la libertad y a la seguridad de su persona”.

**Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS – 2000,**

Estable los parámetros que deben ser analizados para la evaluación de los sistemas de acueductos y de recolección y evacuación de aguas residuales y/o lluvias.

**Ley 388 de 1997,** Plan de ordenamiento territorial.

**Ley 142 de 1994,** Ley de servicios públicos domiciliarios.

**Ley 99 de 1993,** Ley de medio ambiente.

**Resolución 2320 de 2009,** Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

**Decreto 3930 de 2010,** Reglamenta usos del agua y residuos líquidos.

**Decreto 475 de 1998,** Expedido por los Ministerios de Salud y de Desarrollo Económico; normas técnicas de calidad de agua potable.

**Decreto 1594 de 1984,** Expedido por el Ministerio de Salud; normas de calidad de los vertimientos líquidos a los cuerpos de agua.

**Norma Técnica Colombiana de Fontanería, NTC 1500**, establece los requisitos mínimos para garantizar el funcionamiento correcto de los sistemas de abastecimiento de agua potable; sistemas de desagüe de aguas negras y lluvias; sistemas de ventilación; y aparatos y equipos necesarios para el funcionamiento y uso de estos sistemas. También proporciona las directrices y los requisitos mínimos que deben cumplir las instalaciones hidráulicas, para garantizar la protección de la salud, seguridad y bienestar públicos.

## **Capítulo 3. Diseño metodológico**

### **3.1 Tipo de investigación**

El tipo de investigación utilizado para la realización de este proyecto es la descriptiva, pues se realizó la observación pertinente de los sistemas existentes, de donde partirá la aplicación técnica de los elementos básicos para el diseño del alcantarillado sanitario, sistema de bombeo y red de distribución para el acueducto, del Batallón n°15 General Francisco de Paula Santander.

### **3.2 Población**

La población enmarcada dentro de este proyecto son personas con forma de vida regular y acomodada, a los cuales se les debe garantizar el autoabastecimiento de los servicios públicos domiciliarios de conformidad con lo establecido en la ley 99 de 1993 y ley 142 de 1994. Actualmente el Batallón cuenta con una población en toda su área de 725 habitantes y un número de 1500 proyectada a 25 años que serán los que se tomen como base para la elaboración del proyecto.

### **3.3 Recolección de información**

La recolección parte de una investigación de campo en donde se busca conocer, describir y recopilar información de tipo técnico sobre el terreno, distribución y funcionamiento de los existentes sistemas de abastecimiento de agua y evacuación de aguas residuales. Con base en la información que se obtenga de lo expuesto anteriormente se realiza un trabajo de oficina que busque definir una alternativa común para diseñar los sistemas de abastecimiento de agua

potable y la deposición de las aguas negras, en donde se elaboren diseños óptimos como parte del plan de mejoramiento.

**3.3.1 Trabajo de campo.** Comenzando por conocer y realizar un registro de variables técnicas y de fotografías del terreno existente en el Batallón. Primero se visita el sitio donde se considere relevante como lo es la conexión de agua potable, los puntos de inundación en épocas de intensas lluvias, las zonas críticas en caso de concentración masiva y de igual manera limitada. Luego se revisa la capacidad de la planta de tratamiento de aguas residuales; se recorre el terreno para la conducción y distribución de los sistemas, y así suponer el tipo y la forma de los mismos, tomando algunos datos técnicos.

**3.3.2 Trabajo de oficina.** Se centra en la elaboración y análisis de diseños innovadores acordes con las normas técnicas colombianas que conlleven a las alternativas de soluciones apropiadas y accesibles. Los resultados usando software de modelación se estudian por parte del equipo del proyecto, con el fin de analizar paso a paso la efectividad de los procesos existentes y definir ventajas y desventajas de cada sistema de utilizado. Al final se presenta una propuesta técnica que involucra el diseño de una alternativa de conducción y tratamiento de aguas residuales, así como distribución de agua potable en la institución militar que cumpla con los estándares de calidad.

#### 3.4 Técnicas de recolección de información

Las técnicas utilizadas serán:

**3.4.1 La observación.** Basados en una observación rigurosa de los componentes de los sistemas de acueducto y alcantarillado del Batallón se pueden tener los parámetros de los mismos para el funcionamiento y óptimo desempeño de las estructuras y elementos de los nuevos o en su medida complementarios, dependiendo de su deterioro y funcionalidad teniendo en cuenta su vida útil y la aplicación de las normas actualizadas hasta la fecha.

**3.4.2 La entrevista.** Diálogo directo con las autoridades responsables de los procesos administrativos en el Batallón, acerca de la problemática que se viene presentando por la falta de apropiados sistema de acueducto y alcantarillado.

Así también, la institución militar se compromete a brindar información fundamental como planos topográficos, información poblacional, consumos, entre otras cosas.

### 3.5 Instrumentos para la recolección de información

Para la recolección de datos e información utilizamos algunos instrumentos como:

- ✓ Planos del Batallón donde se plasma el terreno actual para el diseño de los sistemas de acueducto y alcantarillado.
- ✓ P.B.O.T. para verificar estudios de suelos, perfil de la población, etc.
- ✓ R.A.S. 2000.
- ✓ Ficha de campo preliminar, para verificar el estado actual del terreno y su proyección futura.

- ✓ G.P.S. para georeferenciar puntos faltantes en los planos generales.
- ✓ Manómetro. Para medir la presión del agua en los puntos de conexión con la red de servicio público de agua.

### **3.6 Análisis y evaluación de la información procesada**

Con base en los datos recolectados y utilizando los instrumentos expuestos en el numeral anterior; se realiza una proyección definitiva del diseño del acueducto y alcantarillado del Batallón. La información se presenta y soporta por planos, diseños, etc, en la finalización de este proyecto. Los procedimientos utilizados para el análisis de la información recolectada son de carácter cualitativo y cuantitativo.

**3.6.1 Análisis cualitativo.** Busca describir e interpretar la información obtenida, el trazado de las redes, las características del lugar para la construcción.

**3.6.2 Análisis cuantitativo.** Para el diseño de los sistemas se recurre al reglamento de agua potable y saneamiento básico, el cual provee las especificaciones para el óptimo funcionamiento de los mismos y por medio de este análisis se comprueban los resultados obtenidos como caudales, presiones, arrastre, velocidades y capacidad en general usando los programas correspondientes a cada modelación.

## Capítulo 4. Presentación de resultados

Según la entrevista realizada al Mayor de las fuerzas militares del Batallón Santander dio a conocer lo siguiente:

Por necesidad propia del Batallón de infantería General Francisco de Paula Santander el ejecutivo del distrito en su momento el Mayor Parra solicita un estudio que brinde la solución al problema de abastecimiento de agua potable, de recolección y evacuación de aguas residuales de su institución, el ejecutivo y segundo comandante nos hace conocer a fondo esta problemática donde nos explica claramente todos los problemas presentes:

- ✓ Ineficiente servicio en la red de agua potable en el cual algunas de las casas fiscales, oficinas y partes importantes de los casinos se encuentran sin el preciado líquido.
- ✓ Mal funcionamiento en las redes de recolección y evacuación de las aguas residuales en donde en algunos sectores las aguas negras discurren de manera directa por las calles y zonas verdes cercanas.

Toda esta problemática motivo al estudio de las redes existentes así como de un nuevo diseño que permita solventar toda esta problemática.



#### **4.1 Describir la infraestructura existente en el sistema de alcantarillado sanitario, red de distribución y sistema de bombeo del acueducto, del batallón n°15 General Francisco de Paula Santander Ocaña.**

**Amenaza sísmica.** El nivel de amenaza sísmica de la zona en la cual se localiza el batallón se ubica en intermedia teniendo en cuenta lo establecido por la NSR-10, con respecto a los niveles de amenaza sísmica de las diferentes zonas del territorio nacional.

**Ubicación geográfica.** Ocaña se encuentra sobre la cordillera oriental andina. La rodean montañas que alcanzan los 2.600 msnm. Su temperatura promedio es de 22 °C y dista de Cúcuta 218 km. Se encuentra entre los límites de Norte de Santander y Cesar. El área donde se encuentra Ocaña, se denomina Provincia de Ocaña, ésta tiene un área de 8.602 km<sup>2</sup> con una altitud mínima de 761 msnm.

**Reseña histórica.** La ciudad de Ocaña fue fundada el 14 de diciembre de 1570, por el capitán Francisco Fernández de Contreras, como parte del tercer proyecto poblador del oriente, patrocinado por la Audiencia y el Cabildo de Pamplona.

La fundación tuvo por objeto la búsqueda de una vía que comunicara el núcleo urbano de Pamplona con el mar Caribe y el interior del Nuevo Reino.

Debido a la localización geográfica del poblamiento, la Audiencia de Santafé, presidida por Andrés Díaz Venero de Leiva, determinó que la nascente villa quedara bajo la jurisdicción de la Provincia de Santa Marta, siendo gobernador de ésta, don Pedro Fernández del Busto.

El nombre de Ocaña le fue puesto al nuevo poblamiento, como homenaje a Fernández del Busto, natural de Ocaña, en España.

Los pueblos prehispánicos que habitaron la región, fueron los denominados tradicionalmente como Hacaritamas y la llamada Cultura Mosquito o Bajomagdalenense, esta última de filiación Caribe, según las investigaciones hasta ahora realizadas. Su nombre en lengua nativa, fue el de Argutacaca, según lo registran documentos del siglo XVI.

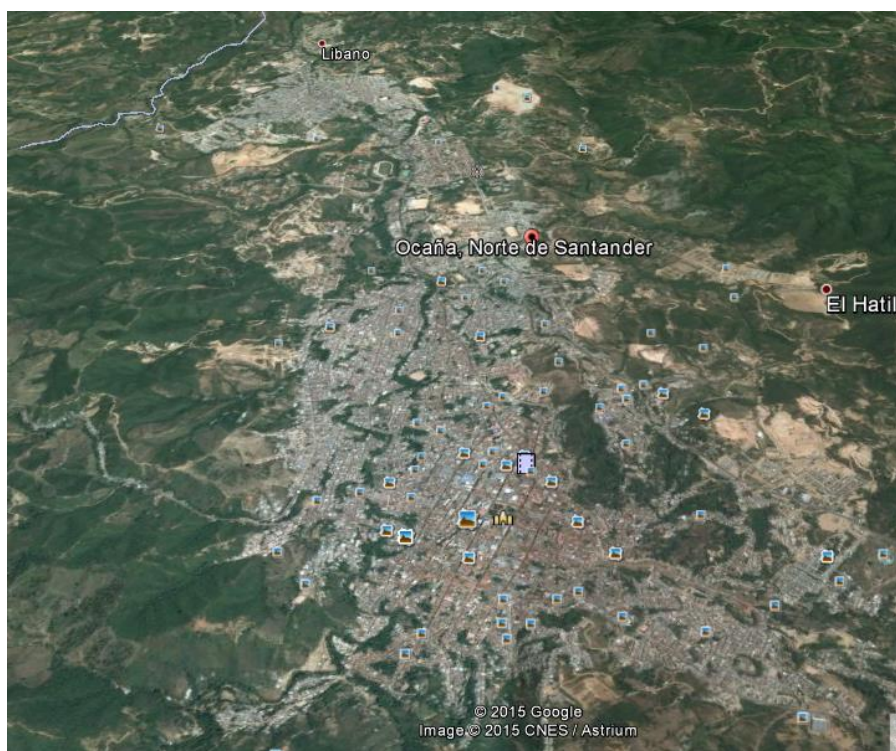
En 1575, Ocaña obtiene el título de ciudad, como consta en los documentos oficiales de la época. A finales del siglo XVI, una vez sometidas las tribus de la zona, se inician las colonizaciones, cuya área de influencia corresponde a lo que es hoy la Provincia de Ocaña y algunas poblaciones del sur del Cesar y de Bolívar.

Durante la Colonia, Ocaña perteneció como cantón a la Provincia de Santa Marta; luego, cantón de Mompos; después, departamento, y el 29 de mayo de 1849 (Ley 64), Provincia, integrada por los distritos parroquiales de Ocaña, Río de Oro, Convención, Loma de Indígenas, San Antonio, Brotaré, Teorama, La Cruz, Aspasica, la Palma, Pueblo Nuevo, Buenavista, Los Ángeles, Loma de Corredor, Aguachica, Puerto Nacional, Simaña, San Bernardo, Badillo y Tamalameque.

En el transcurso de la guerra de Independencia, la zona de Ocaña cobra singular importancia estratégica. Aquí Bolívar (1813), quien denominó la ciudad "brava y libre", consolidó sus fuerzas para la Campaña Admirable con tropas momposinas y de la región. En

1815, Santander hace su entrada a Ocaña recibiendo allí el nombramiento de Comandante General de las tropas de reconquista del norte.

A partir de 1963, se inicia la transformación urbana de la ciudad a raíz de invasiones que modifican el esquema ortogonal inicial, dando como resultado la ciudad que vemos hoy, mezcla de arquitectura colonial, republicana y moderna.



**Figura 1.** Panorámica de la ciudad de Ocaña.

**Fuente.** Google Earth – Ocaña, Norte de Santander.

**Vías de acceso y medios de transporte.** La ciudad de Ocaña cuenta con el Aeropuerto Aguas Claras y la Terminal de Transportes; ambos de servicio nacional. El aeropuerto está ubicado a 9 kilómetros al noroeste de la ciudad. Actualmente cubren rutas aéreas con vuelos charter de empresas privadas con destino a las ciudades de Cúcuta, Bogotá y Bucaramanga.

Entre las rutas terrestres se destacan las siguientes:

- ✓ Cúcuta- La Ye (Sardinata) - Ábrego - Ocaña (5 horas)
- ✓ Bogotá - San Alberto - Agua Clara (Aguachica) - Ocaña (11 horas)
- ✓ Bucaramanga - San Alberto - Agua Clara (Aguachica) - Ocaña (5 horas)
- ✓ Barranquilla - Agua Clara (Aguachica) - Ocaña (8 horas)
- ✓ Medellín - Puerto Berrío - San Alberto - Agua Clara (Aguachica) - Ocaña (12 horas)
- ✓ Duitama - Málaga - Pamplona - Cúcuta- La Ye - Ábrego - Ocaña (17 horas)

**Relieve y topografía.** El territorio Norte de Santander está constituido por un terreno muy quebrado, en el cual, si bien predominan las altitudes medias, no faltan al sur y al oeste las grandes alturas con vegetación paramuna.

Este relieve contrasta al nordeste con una franja enllanada, dividida desigualmente por una Línea de lomas que se extiende más allá de la frontera internacional.

La Provincia de Ocaña, que por lo general está formado por rocas ígneas encierra zonas metamórficas a manera de caña que se introduce en el occidente desde el sur del municipio hasta Convención. Alrededor de la ciudad existen rocas granitoides gruesas con isleos intercalados de feldespatos, cuyos elementos han sido descompuestos por la erosión. Cubren el terreno formando una depresión extendida especialmente de La Floresta a Ábrego. La depresión se halla rodeada de formaciones porfídeas (materiales eruptivos paleozóicos, muy cuartozos) más duras que las rocas del fondo.

La particularidad de que los estratos cretáceos y metamórficos que cubren el flanco del cordón orográfico de Ocaña por la vertiente del Magdalena se encuentran levantados y adosados a este relieve andino con buceamiento al occidente, prueban claramente que se elevó un núcleo ígneo con la consiguiente reapertura y resquebrajamiento de la cubierta cretácea, con lo cual los estratos superiores pudieron ser barridos fácilmente por la acción de los agentes atmosféricos y de las aguas corrientes. Esto explica por qué se desgastan más las rocas granitoideas que las porfídeas por lo cual la erosión ha podido ser más eficaz en la zona de la hoya de Ocaña.

Esta es una depresión meseta alargada en la cual se recogen las aguas altas del Catatumbo. Le son característicos sus fondos cortados por la erosión en cuchillas enormes de cantos blancuzcos rodeados de relieve, que escalonan sus cumbres rojizas como si fuera el resultado de una erosión general en tiempos geológicos en que el macizo se hallaba menos realzado. La falta de árboles y el predominio del pajonal lo ponen al descubierto.

La depresión de Ocaña se alarga hacia el sur aproximadamente por 3 kilómetros hasta Abrego, aunque dividida en compartimentos. Las mismas rocas ígneas granitoideas constituyen el fondo de la depresión y la base de la vertiente, la cual presenta formaciones esquistosas en las alturas, con lo que resultan propicias al cultivo, especialmente de la cebolla que es el más importante producto agrícola de la región.

Como alturas de relativa importancia encontramos el Agua de la Virgen, Pueblo Nuevo. Buena Vista, y el Alto de los Patios.

**Geología y suelos.** La Provincia de Ocaña en su formación geológica presenta las siguientes características.

### Cuadro 1.

*Características geológicas de la Provincia de Ocaña.*

ERA	PERIODO	EPOCA	FORMACION GEOLOGICA	SIMB	DESCRIPCION
Mesozoica	Jurásico	Jurásico medio	Complejo ígneo intrusivo - extrusivo	Jcr	Plutónicas y volcánicas ácidas sin diferenciar. Predominio de cuarzomonzoritas y riolitas

**Fuente.** Corponor (Mapa geológico municipio de Ocaña).

### Cuadro 2.

*Tipo de suelos.*

UNIDAD TAXONOMIC A	LITOLOGIA	PENDIENTE EN FASE	CARACTERISTICAS DEL SUELO	° DE EVOLUCION
Lithic Ustorthents	Granito y conglomerados	Fase: Pendiente 25-50% y erosión severa	Superficiales y moderadamente profundos, Limitados por roca, bien drenados. Fertilidad natural alta y baja	Muy bajo

**Fuente.** Corponor (Mapa geológico municipio de Ocaña).

Utilizando planos geológicos se pudo identificar la existencia o no, de zonas de falla, de deslizamiento, de inundación y, en general, todas las zonas que presenten algún tipo de problema causado por fallas geológicas.

No se identificaron existencia de las condiciones geológicas anteriormente mencionadas, aunque se presenta el paso de un cuerpo de agua cerca de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales que se ubica en la zona noroeste del Batallón.

**Hidrología y climatología.** El suelo ocañero está regado por el Río Catatumbo: por el Río Tejo y por varias quebradas.

El Catatumbo nace con el nombre de Oro que, en la serranía de Jurisdicciones, en una rama de la Cordillera Oriental del municipio de Abrego en una finca llamada antiguamente "Muela de Perro", hoy denominada "La María" donde está la laguna "Pan de Azúcar" de la que parte. dos corrientes, la oriental llamada de "Las Doradillas" que se convierte el Río Oro que y la occidental o de "Las Chorreras", que da vida al Río Frío.

Ambas descienden por vertientes abruptas con rumbo sur-norte. Antes de Abrego, en las veredas del "Otro Lado" y Soltadero" se unen las dos vertientes tomando el nombre de río de "Los Carates" que al recibir las aguas de la quebrada de "Los Pozos" recibe el nombre de Algodonal para atravesar la Llanada de Abrión, pasa por el boquerón de Angostura, precipita en la depresión de Ocaña donde recibe al río Tejo; cambia su rumbo hacia el noroeste y sigue bordeando las faldas de la sierra de Teorama, el nombre de algodonal lo conserva hasta el puente del carretable que une los municipios de Teorama y San Calixto. Continúa para recibir más adelante la quebrada del Banco unida a la Búrbura; sigue su curso nordeste hasta recibir la quebrada Tiradera o Cartagena, y allí describe un arco en cuyo fin recoge las aguas del Tarra: después de esta afluencia el Catatumbo toma dirección Norte y describe otra gran curva hasta

recibir las aguas del río San Miguelito y traza otro arco nuándrico hasta la desembocadura del Río de Oro, luego de lo cual penetra en territorio venezolano y vierte finalmente sus aguas al lago de Maracaibo.

Tiene una longitud de 45 km desde su nacimiento hasta su desembocadura. Como Algodonal tiene una longitud de 40 kilómetros.

El Río Tejo de seis y media leguas de largo, 20 km, recoge todas las aguas de la depresión ocañera e irriga el municipio. Durante varios siglos fue la principal fuente de agua potable de los ocañeros.

Las quebradas son numerosas pero por lo general se secan en determinadas épocas del año. Son de relativa importancia: La Cagona que también se denomina del Mal Nombre o del Enol porque recibe las aguas negras de Ocaña, desemboca en el Río Chiquito, con extensión de 4 Km; también de aguas negras, que rinde su caudal al río Tejo. (Actualmente varias de ellas canalizadas). La quebrada del Estanco que forma en su recorrido una serie de cañones angostos que no permite que sus aguas sean utilizadas para la agricultura. La Quebrada de Venadillo con extensión de 5 km, La de La Vaca con 3 km y La Quebrada Seca con 2 km.

**Demografía.** Uno de los parámetros importantes para proyectar una red de distribución de agua potable y un sistema de alcantarillado tipo sanitario, que funcione adecuadamente durante su periodo de diseño, es conocer o determinar el número de habitantes que se piensa atender en



el proyecto. Por lo anterior se requiere conocer la población futura, partiendo de las condiciones demográficas en Ocaña y de la información actual que se registra en el Batallón.

**Nivel de complejidad del sistema.** El Ministerio de Desarrollo económico expidió la resolución No 1096 del 17 de noviembre del 2000. Por medio de la cual se adoptó el reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (R.A.S).

El R.A.S. tiene por objeto señalar los requisitos técnicos que deben cumplir los diseños, las obras y procedimientos correspondientes al sector de agua potable y saneamiento básico y sus actividades complementarias señaladas en el artículo 14, numerales 14.19, 14.22, 14.23 y 14.24 de la ley 142 de 1994, que adelanten las entidades prestadoras de los servicios públicos municipales de acueducto, alcantarillado y aseo o quien haga sus veces, con el fin de garantizar su seguridad, durabilidad, funcionamiento adecuado, calidad, eficiencia, sostenibilidad y redundancia dentro de un nivel de complejidad determinado.

El R.A.S. es un reglamento que contiene el acto resolutivo mediante el cual el ministerio de desarrollo económico lo adopta y le confiere el carácter oficial obligatorio para su aplicación en todo el territorio nacional los requisitos, procedimientos, prácticas y reglamentos técnicos contenidos o mencionados tienen el carácter de disposiciones obligatorias. Uno de los procedimientos allí establecidos es asignar el nivel de complejidad del proyecto, capítulo A.3 del R.A.S, el cual está en función de la población proyectada en la zona urbana y de la capacidad económica de los usuarios. El nivel de complejidad del sistema adoptado debe ser el que resulte mayor entre la clasificación obtenida por la población urbana y la capacidad económica.

**Por población:** Dada la naturaleza del Batallón como Institución militar y las condiciones impuestas por las directivas generales de la misma, se estima que la mayor población que puede albergar el Batallón es de 1500 personas.

Sin embargo esta institución se abastece del acueducto del municipio de Ocaña, lo cual le hace partícipe del mismo, lo que lo obliga a tener en cuenta la población de todo el municipio y no solo la de su institución adquiriendo así un nivel de complejidad **Alto**.

**Por capacidad económica:** En el municipio de Ocaña gran parte de la población recibe ingresos que oscilan entre uno y dos salarios mínimos mensuales legales vigentes, además existen en el municipio familias de altos estratos, por todas estas condiciones el nivel de complejidad se ha estimado **medio Alto**

**Asignación del nivel de complejidad del sistema:** De acuerdo con la población, para el período de diseño se tiene un nivel de complejidad “**Alto**”.

Según la capacidad económica de los usuarios se tiene un nivel de complejidad **Medio Alto**. Prima el criterio de clasificación que resulte mayor entre las anteriores clasificaciones.

Nivel de complejidad definitivo: **Nivel Alto**

**Cuadro 3.***Asignación del nivel de complejidad*

<b>Nivel de complejidad</b>	<b>Población en la zona urbana <sup>(1)</sup> (habitantes)</b>	<b>Capacidad económica de los usuarios <sup>(2)</sup></b>
Bajo	< 2500	Baja
Medio	2501 a 12500	Baja
Medio Alto	12501 a 60000	Media
Alto	> 60000	Alta

**Notas:** (1) proyectado al periodo de diseño, incluida la población flotante.

(2) incluye la capacidad económica de población flotante. Debe ser evaluada según metodología DNP.

**Fuente.** Reglamento de agua potable y saneamiento básico R.A.S.

**Priorización del proyecto.** Se deben identificar claramente los proyectos cuyo desarrollo sea prioritario en relación con el sector de agua potable y saneamiento básico con el propósito de satisfacer necesidades inherentes al sector, racionalizando los recursos e inversiones.

La primera prioridad será llevar a cabo inversiones que tengan un efecto positivo manifiesto en la salud pública de los habitantes, y de su medio ambiente, razón por la cual tienen preferencia la ejecución de obras de suministro de agua potable de adecuada calidad y la recolección y evacuación de aguas residuales, en un nivel inferior de prioridad, se sitúan el manejo de desechos sólidos y el tratamiento de las aguas residuales.

Se debe considerar los valores límites mínimos de coberturas de algunos parámetros utilizados para evaluar el proceso de priorización.

Adicionalmente es necesario seguir un diagrama de flujo para la justificación de la priorización del proyecto.

**Cuadro 4.**

*Variables límites para evaluar el proceso priorización*

<b>Parámetro</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Nivel Bajo</b>
Cobertura de agua potable	Cob. AP	95%
Regazo entre cobertura de alcantarillado respecto a agua potable (%)	AP-AL	10%
Cobertura de recolección de desechos sólidos	Cob. RDS	95%

**Fuente.** Reglamento de agua potable y saneamiento básico R.A.S.

**Tabla 5.**

*Pasos para la priorización de un proyecto de agua potable y saneamiento básico*

<b>PASO</b>	<b>INTERROGANTE</b>	<b>RESPUESTA</b>	<b>PROYECTO REQUERIDO</b>
1	¿Tiene cobertura de agua potable (Cob AP) inferior al límite?	Si, la cobertura es inferior al 95%	Ampliación de cobertura de agua potable
2	¿tiene rezago de cobertura de alcantarillado sanitario respecto a la de agua potable(AP-AL) superior al límite?	Si	Ampliación de cobertura de alcantarillado sanitario
3	¿Tiene cobertura de recolección de desechos sólidos(Cob RDS) inferior al límite?	No, ESPO ofrece un buen servicio	
4	¿Tiene sitio de disposición final adecuado y controlado de desechos sólidos?	Si, ESPO ofrece este servicio	
5	¿Tiene o necesita tratamiento de aguas residuales ?	Si tiene	

**Fuente.** Autores del Proyecto.

**Alcance y determinación de las actividades complementarias.** Habiendo definido el nivel de complejidad, la justificación, los objetivos y la priorización del proyecto, se hace necesario definir las actividades complementarias que todo proyecto debe presentar con la finalidad de mejorar la eficiencia del servicio y a cumplir con las disposiciones del Reglamento Técnico del sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000.

Para la determinación de estas actividades se tiene en cuenta. Del nombrado reglamento.

### **Cuadro 6.**

*Parámetros para el desarrollo de cada sistema*

<b>ACTIVIDAD</b>		<b>% de desarrollo</b>
Cobertura de Agua Potable	Cob.AP	95%
Rezago máximo entre cobertura de alcantarillado sanitario respecto a la de agua potable	AP-AL	10%
Cobertura mínima de recolección de desechos sólidos	Cob.RDS	95%
Porcentaje mínimo de Conexiones Erradas Pluvial/Santinario	CE Plu/San	0%
Porcentaje mínimo de Normal Conexiones Erradas Pluvial/Santinario	CE San/Plu	0%

**Fuente.** Reglamento de agua potable y saneamiento básico R.A.S.

Adicionalmente se deberán ejecutar entre otras las siguientes actividades:

- ✓ Programa de reducción de pérdidas con reducción de fugas.
- ✓ Plan dirigido a reducir el consumo de agua según la Ley 373 de 1997, utilización de instrumentos de bajo consumo y campañas de ahorro de agua.

- ✓ Programa de mantenimiento preventivo y reparación de redes de alcantarillado sanitario.
- ✓ Programa de revisión del sistema de agua potable cuando se presenten dotaciones por fuera de los rangos establecidos en el capítulo B.2.

Evaluadas las necesidades más sentidas del Batallón en cuanto a atención del sector de agua potable y saneamiento básico, se concluye y justifica que la prioridad en ejecución de proyecto la tiene la optimización del acueducto, con el objeto de suministrar agua con un mejor tratamiento y reducir las pérdidas en el sistema para poder ampliar la cobertura del servicio brindando un servicio con cantidad, continuidad y calidad.

#### **Evaluación del sistema de alcantarillado sanitario.**

Se realizara una descripción del estado actual de las redes de alcantarillado sanitario y se evaluara la infraestructura existente en lo que respecta a la capacidad hidráulica.

Esta institución dispone de un alcantarillado sanitario con 1633 metros de longitud de tuberías, de las cuales 1232 metros son de gres de 200mm (Ø8") y 401 metros en PVC de 200mm (Ø8"), el sistema fue construido hace unos 45 años y consta adicionalmente de 30 pozos de inspección en ladrillo.

El 90 % de las aguas negras descargan a una planta de tratamiento de aguas residuales con la que cuenta esta institución, luego es entrega a un cauce natural (rio algodonal), el 10 % restante es evacuado de manera directa a las calles o zonas verdes cercanas, donde algunas de estas se infiltran al terreno las otras generan pequeñas cañadas que conducen todo este cause de

aguas negras de manera directa al río algodónal, todo esto generado por un deficiente estado de las redes de recolección y evacuación de las aguas residuales. Las acometidas de algunos lavaderos se encuentran en mal estado desde rotas hasta inexistentes, así mismo se pueden evidenciar grandes problemas en las baterías sanitarias y duchas de la institución.

Las aguas lluvias discurren directamente por las calles y a ellas descargan los bajantes de los techos de las viviendas; las aguas son recogidas por sumideros que conducen este caudal a los pozos del alcantarillado sanitario.

El cubrimiento de la red de recolección de aguas servidas se estima en un 90 %.

Existen 16 sumideros conectados al sistema de alcantarillado sanitario; estas entradas de agua al sistema sanitario son las conexiones erradas más visibles, de otro lado, en los solares de las casas, en su mayoría zonas verdes, no se tiene drenaje pluvial y el agua se infiltra; en algunos casos estos solares se han pavimentado y el agua lluvia recolectada se drena en forma interna al sistema sanitario, siendo una conexión errada difícil de detectar y de subsanar por parte de los operadores del sistema.

En las visitas de campo se puede apreciar que el suelo es bastante permeable, algunas de las calles están pavimentadas. Hay ciertas evidencias de niveles freáticos por la topografía que se presenta, por lo que se considera una infiltración alta, por las características propias del terreno. La evaluación hidráulica se realizó utilizando la ecuación de Manning y unas hojas de cálculo programadas en Excel particularmente para este proyecto que se ajustan a las normas

establecidas por el RAS 2000. Se anexan los cálculos y resultados de la evaluación y una descripción de la utilización de la mencionada hoja de cálculo así como un análisis de los resultados obtenidos.

### **Cuadro 7.**

*Contribuciones al alcantarillado sanitario existente*

<b>APORTES O DOTACIONES</b>	
<b>Residenciales</b>	140
<b>Soldados</b>	150
<b>Civiles</b>	50
<b>Lavado de carros</b>	400
<b>Caniles (lt/Perro)</b>	15
<b>Dispensario</b>	50
<b>Establecimiento público</b>	30
<b>PTAR (m<sup>3</sup>/dia)</b>	4
<b>Piscina</b>	300
<b>Oficina</b>	50
<b>Conexiones erradas</b>	2
<b>Infiltracion</b>	0,4

**Fuente.** Autores del Proyecto.





**Figura 2.** Vista en planta de redes existente

**Fuente.** Autores del Proyecto.

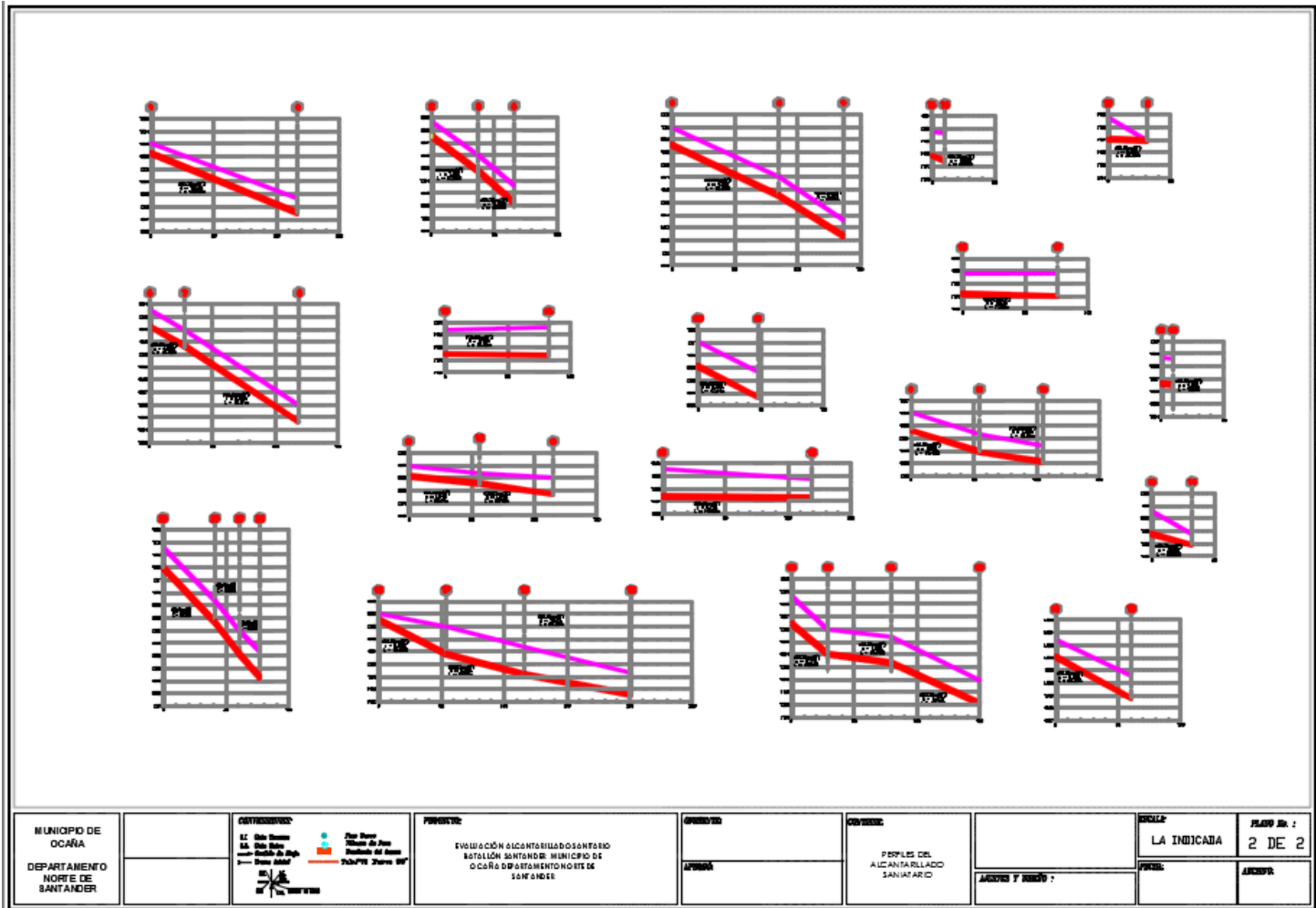


Figura 3. Perfiles redes existentes

Fuente. Autores del Proyecto.

## Cuadro 8.

Chequeo hidráulico

CAUDALES DEL ALCANTARILLADO SANITARIO EXISTENTE										
TRAMO		AREA TOTAL	POBLACION	CAUDAL MEDIO DIARIO	F	CAUDAL MAXIMO HORARIO	CAUDAL POR CONEXIONES ERRADAS Q <sub>CE</sub>	CAUDAL POR INFILTRACION Q <sub>INF</sub>	CAUDAL DE DISEÑO	
DE:	A:								CALCULADO	ADOPTADO
1	2	0,15	45	0,062	4,00	0,25	0,30	0,06	0,61	1,50
2	3	0,15	45	0,062	4,00	0,25	0,30	0,06	0,61	1,50
3	4	0,15	45	0,062	4,00	0,25	0,30	0,06	0,61	1,50
5	6	0,42	94	0,150	4,00	0,60	0,84	0,17	1,61	1,61
6	4	0,45	179	0,271	4,00	1,08	0,90	0,18	2,16	2,16
								0,00	0,00	1,50
4	7	0,65	224	0,333	4,00	1,33	1,30	0,26	2,89	2,89
7	8	0,67	224	0,333	4,00	1,33	1,34	0,27	2,94	2,94
9	10	0,13	300	0,443	4,00	1,77	0,26	0,05	2,08	2,08
10	8	0,20	315	0,450	4,00	1,80	0,40	0,08	2,28	2,28
8	11	0,90	554	0,783	3,95	3,09	1,80	0,36	5,25	5,25
11	12	0,93	554	0,783	3,95	3,09	1,86	0,37	5,32	5,32
12	13	0,93	554	0,783	3,95	3,09	1,86	0,37	5,32	5,32
13	14	0,93	554	0,783	3,95	3,09	1,86	0,37	5,32	5,32
14	15	0,93	554	0,783	3,95	3,09	1,86	0,37	5,32	5,32
16	17	0,16	300	0,443	4,00	1,77	0,32	0,06	2,15	2,15
17	18	0,43	700	0,941	3,89	3,66	0,86	0,17	4,69	4,69
18	19	0,43	701	0,945	3,89	3,67	0,86	0,17	4,71	4,71
19	15	0,89	731	1,001	3,88	3,88	1,78	0,36	6,02	6,02
20	21	0,25	65	0,082	4,00	0,33	0,50	0,10	0,93	1,50
21	22	0,25	65	0,082	4,00	0,33	0,50	0,10	0,93	1,50
22	23	0,32	85	0,112	4,00	0,45	0,64	0,13	1,21	1,50
23	24	0,45	123	0,130	4,00	0,52	0,90	0,18	1,60	1,60
25	26	0,28	50	0,081	4,00	0,33	0,56	0,11	1,00	1,50
26	27	0,28	50	0,081	4,00	0,33	0,56	0,11	1,00	1,50
27	24	0,28	50	0,081	4,00	0,33	0,56	0,11	1,00	1,50
24	28	0,85	208	0,229	4,00	0,92	1,70	0,34	2,96	2,96
28	15	0,85	208	0,229	4,00	0,92	1,70	0,34	2,96	2,96
15	29	2,39	1493	2,021	3,68	7,44	4,78	0,96	13,17	13,17
29	30	2,39	1493	2,021	3,68	7,44	4,78	0,96	13,18	13,18
30	E	2,39	1494	2,067	3,68	7,61	4,78	0,96	13,34	13,34



CHEQUEO HIDRAULICO Y EMPATE POR LA LINEA DE ENERGIA DE COLECTORES DEL ALCANTARILLADO SANITARIO											
COTA RASANTE		COTA CLAVE		COTA BATEA		COTA LAMINA		COTA ENERGIA		PROF A CLAVE	
DE:	A:	DE:	A:	DE:	A:	DE:	A:	DE:	A:	DE:	A:
1223,10	1218,70	1222,30	1217,60	1222,12	1217,42	1222,14	1217,44	1222,17	1217,47	0,80	1,10
1218,70	1216,00	1217,57	1214,88	1217,39	1214,70	1217,41	1214,72	1217,46	1214,77	1,13	1,12
1216,00	1213,60	1214,86	1212,35	1214,68	1212,17	1214,70	1212,19	1214,76	1212,25	1,14	1,25
1221,00	1217,00	1219,70	1215,68	1219,52	1215,50	1219,54	1215,52	1219,57	1215,55	1,30	1,32
1217,00	1213,60	1215,64	1212,40	1215,46	1212,22	1215,49	1212,25	1215,53	1212,29	1,36	1,20
1213,60	1212,00	1212,30	1210,75	1212,12	1210,57	1212,15	1210,60	1212,20	1210,65	1,30	1,25
1212,00	1206,00	1210,69	1204,72	1210,51	1204,54	1210,54	1204,57	1210,59	1204,62	1,31	1,28
1207,00	1206,40	1206,40	1205,70	1206,22	1205,52	1206,26	1205,56	1206,27	1205,57	0,60	0,70
1206,40	1206,00	1205,67	1204,78	1205,49	1204,60	1205,53	1204,64	1205,54	1204,65	0,73	1,22
1206,00	1204,30	1204,69	1203,00	1204,51	1202,82	1204,56	1202,87	1204,60	1202,91	1,31	1,30
1204,30	1203,40	1202,96	1202,18	1202,78	1202,00	1202,84	1202,06	1202,86	1202,08	1,34	1,22
1203,40	1200,60	1202,13	1198,90	1201,95	1198,72	1201,99	1198,76	1202,05	1198,82	1,27	1,70
1200,60	1199,80	1198,84	1198,00	1198,66	1197,82	1198,71	1197,87	1198,75	1197,91	1,76	1,80
1199,80	1199,60	1197,95	1197,54	1197,77	1197,36	1197,82	1197,41	1197,86	1197,45	1,85	2,06
1204,00	1203,00	1203,61	1200,90	1203,43	1200,72	1203,46	1200,75	1203,49	1200,78	0,39	2,10
1203,00	1201,40	1200,83	1199,30	1200,65	1199,12	1200,70	1199,17	1200,73	1199,20	2,17	2,10
1201,40	1199,35	1199,22	1197,65	1199,04	1197,47	1199,09	1197,52	1199,12	1197,55	2,18	1,70
1199,35	1199,60	1197,59	1197,46	1197,41	1197,28	1197,53	1197,40	1197,54	1197,41	1,76	2,14
1211,10	1208,70	1209,20	1206,73	1209,02	1206,55	1209,04	1206,57	1209,08	1206,61	1,90	1,97
1208,70	1208,60	1206,70	1206,60	1206,52	1206,42	1206,56	1206,46	1206,57	1206,47	2,00	2,00
1208,60	1206,00	1206,54	1204,05	1206,36	1203,87	1206,38	1203,89	1206,42	1203,93	2,06	1,95
1206,00	1205,40	1204,03	1203,40	1203,85	1203,22	1203,89	1203,26	1203,90	1203,27	1,97	2,00
1213,60	1209,40	1212,10	1207,75	1211,92	1207,57	1211,94	1207,59	1211,99	1207,64	1,50	1,65
1209,40	1207,00	1207,68	1205,20	1207,50	1205,02	1207,52	1205,04	1207,58	1205,10	1,72	1,80
1207,00	1205,40	1205,15	1203,38	1204,97	1203,20	1204,99	1203,22	1205,04	1203,27	1,85	2,02
1205,40	1202,20	1203,33	1200,22	1203,15	1200,04	1203,18	1200,07	1203,22	1200,11	2,07	1,98
1202,20	1199,60	1200,17	1197,49	1199,99	1197,31	1200,02	1197,34	1200,09	1197,41	2,03	2,11
1199,60	1198,80	1197,45	1197,32	1197,27	1197,14					2,15	1,48
1198,80	1198,80	1197,30	1197,11	1197,12	1196,93					1,50	1,69
1198,80	1197,00	1197,10	1197,00	1196,92	1196,82					1,70	0,00

UNION DE LOS COLECTORES EN REGIMEN SUPERCRITICO						
TRAMO		Dp/Ds	coef K	NUM D SUME	ENTRADA NO SUMERGIDA	Hw
DE:	A:					
1	2	6,593	1,2	0,03	SI	0,04
2	3	6,593	1,2	0,03	SI	0,04
3	4	6,593	1,2	0,03	SI	0,04
5	6	6,593	1,2	0,04	SI	0,04
6	4	6,593	1,2	0,05	SI	0,05
4	7	6,593	1,2	0,07	SI	0,06
7	8	6,593	1,2	0,07	SI	0,06
9	10	6,593	1,2	0,05	SI	0,05
10	8	6,593	1,2	0,05	SI	0,05
8	11	6,593	1,2	0,12	SI	0,09
11	12	6,593	1,2	0,12	SI	0,09
12	13	6,593	1,2	0,12	SI	0,09
13	14	6,593	1,2	0,12	SI	0,09
14	15	6,593	1,2	0,12	SI	0,09
16	17	6,593	1,2	0,05	SI	0,05
17	18	6,593	1,2	0,11	SI	0,09
18	19	6,593	1,2	0,11	SI	0,09
19	15	6,593	1,2	0,14	SI	0,10
20	21	6,593	1,2	0,03	SI	0,04
21	22	6,593	1,2	0,03	SI	0,04
22	23	6,593	1,2	0,03	SI	0,04
23	24	6,593	1,2	0,04	SI	0,04
25	26	6,593	1,2	0,03	SI	0,04
26	27	6,593	1,2	0,03	SI	0,04
27	24	6,593	1,2	0,03	SI	0,04
24	28	6,593	1,2	0,07	SI	0,06
28	15	6,593	1,2	0,07	SI	0,06
15	29	6,593	1,2	0,30	SI	0,17
29	30	6,593	1,2	0,30	SI	0,17
30	E	6,593	1,2	0,30	SI	0,17

COMPARACION DE COTAS DE BATEA		
COTA BATEA		COTA BATEA
DE:	A:	DE:
1232,12	1217,42	1232,12
1217,39	1214,70	1217,41
1214,68	1212,17	1214,69
1219,52	1215,50	1219,52
1215,46	1212,22	1215,48
1212,12	1210,57	1212,15
1210,51	1204,54	1210,54
1206,22	1205,52	1206,22
1205,49	1204,60	1205,51
1204,51	1202,82	1204,51
1202,78	1202,00	1202,78
1201,95	1198,72	1201,97
1198,66	1197,82	1198,68
1197,77	1197,36	1197,78
1203,43	1200,72	1203,43
1200,65	1199,12	1200,70
1199,04	1197,47	1199,09
1197,41	1197,28	1197,44
1209,02	1206,55	1209,02
1206,52	1206,42	1206,54
1206,36	1203,87	1206,42
1203,85	1203,22	1203,85
1211,92	1207,57	1211,92
1207,50	1205,02	1207,55
1204,97	1203,20	1205,00
1203,15	1200,04	1203,18
1199,99	1197,31	1200,01
1197,27	1197,14	1197,27
1197,12	1196,93	-0,17
1196,92	1196,82	-0,17

Fuente. Autores del proyecto

## **Descripción del procedimiento de cálculo**

**Recomendaciones generales.** Incluir todos los datos de entrada correspondiente y cuando se necesite modificar alguna de las formulas de la celdas hacerlo directamente en esta y no incluir el valor numérico.

### **Menú de la hoja de cálculo:**

**Contribuciones al sistema de alcantarillado,** Primero ingresamos los datos de contribución, los cuales hacen referencia a los distintos tipos de consumos presentes en la institución y a las contribuciones por conexiones herradas y de infiltración (Ver Cuadro 7).

Para este proyecto el aporte residencial se estima en 140 lts/hab día, que corresponde a la dotación neta para un nivel de complejidad alto según RAS 2000. Los aportes del soldado fueron estimados en 150 lts/hab día, según recomendación de la NTC 1500 (Norma Técnica Colombiana de Fontanería) el aporte del personal civil fue estimado teniendo en cuenta que estos residen en el municipio de Ocaña por consiguiente sus contribuciones fueron del orden de 50 lts/hab día. El aporte de la zona de trasporte por lavado de carros esta en 400 lts/carro día, según estudio realizado por los investigadores del proyecto. El aporte de caniles se estimó en 15 lts /perro día. Considerando las necesidades de lavado y consumo en esta zona el aporte por dispensario hace referencia a todo el personal ajeno a la institución que frecuenta el lugar, afiliados al seguro de salud del batallón, los establecimientos públicos como las tiendas, salas de internet y demás parecidos se les estimo un consumo de 50 lts/hab día, para el personal que labora allí, para la PTAR por investigación directa se pudo estimar que el consumo requerido es de 4 m<sup>3</sup> al día, para

la dosificación de cloro y lavado de las instalaciones; el consumo de piscina esta es 300 lts/hab día según recomendación de la NTC 1500. Y los aportes por conexiones erradas e infiltración se estimaron según recomendación del RAS 2000, a como se describe a continuación:

**Caudal de conexiones erradas:** Deben considerarse los aportes de aguas lluvias al sistema de alcantarillado sanitario, provenientes de malas conexiones de bajantes de techos y patios, Qce. Estos aportes son función de la efectividad de las medidas de control sobre la calidad de las conexiones domiciliarias y de la disponibilidad de sistemas de recolección y evacuación de aguas lluvias. En caso de no tener esta información el RAS 2000 sugiere valores máximos de la contribución por conexiones erradas de 0.2 l/s/Ha para niveles de complejidad bajo y medio y de 0.1 l/s/Ha para niveles de complejidad Medio alto y alto cuando hay sistema de alcantarillado pluvial y de 2.0 l/s/Ha cuando no hay sistema pluvial.

**Caudal de infiltración:** Su estimación debe hacerse en lo posible a partir de aforos en el sistema, en horas cuando el consumo de agua es mínimo, y de consideraciones sobre la naturaleza y permeabilidad del suelo, la topografía de la zona y su drenaje, la cantidad y distribución temporal de la precipitación, la variación del nivel freático con respecto a las cotas clave de los colectores, las dimensiones, estado y tipo de colectores, los tipos, número y calidad constructiva de uniones y juntas, el número de pozos de inspección y demás estructuras, y su calidad constructiva.

En ausencia de medidas directas o ante la imposibilidad de determinar el caudal por infiltración, el aporte puede establecerse con base en los valores de la tabla D.3.7 del RAS 2000, en donde el valor inferior del rango dado corresponde a condiciones constructivas más



apropiadas, mayor estanqueidad de colectores y estructuras complementarias, y menor amenaza sísmica. La categorización de la infiltración en alta, media y baja se relaciona con las características topográficas, de suelos, niveles freáticos y precipitación; sin embargo con la intención de ser lo más conservador en el diseño se recomienda usar el valor de infiltración alto, que para nuestro nivel de complejidad bajo resulta de 0.40 lts/seg ha

### **Cuadro 9.**

*Caudal de infiltración*

Nivel de Complejidad del sistema	Infiltración Alta (l/s * Ha)	Infiltración Media (l/s * Ha)	Infiltración Baja (l/s * Ha)
Bajo y Medio	0.15 - 0.40	0.10 - 0.30	0.05 - 0.20
Medio alto y Alto	0.15 - 0.40	0.10 - 0.30	0.05 - 0.20

**Fuente.** Autores del Proyecto.

### **Cálculo de los caudales del alcantarillado**

**Tramo:** En estas casillas se ponen la identificación de cada uno de los tramos.

**Área total:** hace referencia al área aferente de cada uno de los tramos, medidas de la topografía existente.

**Población:** Calculada en base de visitas realizadas en cada una de las diferentes instalaciones del Batallón Santander.

**Caudal medio diario:** Calcula el caudal real a partir de los diferentes consumos estimados para cada tramo.

**Factor de Mayoración F:** Coeficiente estimado en función de la población usado para estimar el caudal máximo horario, con base en el caudal medio diario, El rango de este valor está entre 1.4 y 4

$$F = 1 + \frac{14}{(4 + P^{0.5})}$$

**Caudal máximo horario:** Se estima a partir del caudal medio diario, mediante el uso del factor de Mayoración, F

**Caudal por conexiones erradas Qce:** Calculado a partir de las áreas totales aferentes a cada tramo y las contribuciones por conexiones herradas definidas anteriormente.

**Caudal por infiltración Qinf:** Calculado a partir de las áreas totales aferentes a cada tramo y las contribuciones por infiltración definidas anteriormente.

**Caudal de diseño:** Se estima como la suma de  $Q_{mh} + Q_{ce} + Q_{inf}$ . Cuando el caudal de diseño calculado en el tramo sea inferior a 1,5 l/s, debe adoptarse este valor como caudal de diseño.

### **Chequeo hidráulico y empate por la línea de energía de los colectores**

**Longitud:** Longitudes de cada tramo del colector de centro a centro del pozo.

**Caudal de diseño:** El definido anteriormente.

**Pendiente:** es la pendiente actual del colector, hallada como: cota clave de salida menos cota clave de llegada dividida en la longitud del colector y multiplicada por 100, para expresarla en porcentaje.

**Diámetro:** diámetro existente en la red

**N:** El n de Manning es tomado con un valor de 0.015 por las consideraciones expuestas anteriormente.

**Qo:** Caudal a tubo lleno,  $Q_o = 0.312 \left( \frac{D^{3/8} * S^{1/2}}{n} \right)$

**Vo:** Velocidad a tubo lleno,  $V_o = \frac{Q_o}{A}$

Con La relación de caudal a tubo lleno y del caudal de diseño  $Q/Q_o$ , se encuentran las relaciones hidráulicas para conductos circulares, tabla 8.2 del libro ELEMENTOS DE DISEÑO PARA ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS, Ricardo Alfredo López Cualla 2ª edición. ( $V/V_o$ ,  $d/D$ ,  $R/R_o$ ,  $H/D$ ).

- ✓ **V:** Velocidad real del flujo, encontrada al multiplicar la relación hidráulica  $V/V_o$ , por el valor de la velocidad a tubo lleno  $V_o$ , La velocidad mínima es de 0.45m/s y la velocidad máxima es de 5 m/s,
- ✓  **$V^2/2g$ :** Cabeza de velocidad, obtenida al elevar la velocidad al cuadrado y dividirla en el doble de la gravedad

- ✓ **R:** Radio hidráulico de la sección de flujo, encontrado al multiplicar la relación hidráulica  $R/R_o$  por el valor de  $R_o$  (radio hidráulico a tubo lleno),
- ✓ **TAO ( $\tau$ ):** Esfuerzo cortante, que junto con la velocidad mínima garantizan el comportamiento auto limpiante del flujo, y que resulta del producto del peso específico del agua, del radio hidráulico y de la pendiente del colector.
- ✓ **d:** Altura de la lámina de agua, encontrada al multiplicar la relación hidráulica  $d/D$  por el valor del diámetro nominal en metros  $D$ .
- ✓ **E:** Energía, igual a la suma de la cabeza de velocidad ( $V^2/2g$ ) y la altura de la lámina de agua ( $d$ )
- ✓ **H:** Profundidad hidráulica de la sección de flujo, encontrada al multiplicar la relación hidráulica  $H/D$ , por el diámetro nominal en metros  $D$ .
- ✓ **Nf:** Número de Froude, hallado para determinar el régimen de flujo, el cual debe ser o subcrítico o supercrítico pero en ningún caso crítico, hallado como el cociente de la velocidad y la raíz cuadrada de la gravedad por la profundidad hidráulica

**Cota rasante:** Es la cota del terreno, obtenida de la topografía existente.

**Cota clave:** Es la cota clave de la tubería, una a la salida y otra a la llegada del pozo. Para todos los tramos este valor es calculado como la cota rasante menos la profundidad a clave correspondiente.

**Cota batea:** Es la cota batea de la tubería una a la salida y otra a la llegada del pozo. Para todos los tramos es calculada como la cota clave menos el diámetro del colector.

**Cota lamina:** Es la cota de la lámina de agua una a la salida y otra a la llegada del pozo, es calculada como la cota batea del tramo más la altura de la lámina de agua (d)

**Cota energía:** Es la cota de energía del colector una a la salida y otra a la llegada del pozo calculada como la cota batea más la energía de cada tramo

**Profundidad a clave:** es la profundidad a la cota clave de la tubería medidas en campo.

**Unión de los colectores en régimen supercrítico.** Realizado para determinar las características de la unión en los colectores de la red existente.

Dependiendo del caudal y el diámetro de la tubería de salida puede o no sumergirse la entrada de este, Cuando la entrada no se sumerge (que es nuestro caso) se puede usar la ecuación:

$$\frac{H_w}{\phi} = K \left( \frac{H_c}{\phi} + \frac{H_e}{\phi} \right)$$

Válida para valores de

$$\frac{Q_d}{\phi^2 \sqrt{\phi g}} < 0.62$$

Donde,

**H<sub>c</sub>**= Energía específica para las condiciones de flujo critico

$$H_c = Y_c + \frac{V_c^2}{2g}$$

**H<sub>e</sub>**= Incremento de la cabeza debido a las pérdidas y que empíricamente se ha encontrado igual a:

$$\frac{He}{\phi} = 0.589 \left( \frac{Qd}{\phi^2 \sqrt{\phi g}} \right)^{2.67}$$

**Dp/Ds:** relación del diámetro del pozo y diámetro de salida del colector, que para todos los tramos resulta la misma, debido a que todos los pozos son de 1,20 m y los diámetros de las tuberías son todas iguales a 0,182m. Dp/Ds: 6,593

**Coefficiente K:** Coeficiente que depende de la relación entre el diámetro del pozo y el diámetro de la tubería Dp/Ds usando la tabla D.A.3 DEL RAS 2000 se obtiene el valor del coeficiente K, el cual fue de 1.2 para todos los casos.

#### Cuadro 10.

*Coeficiente K*

Dp/Ds	K
Mayor de 2.0	1,2
Entre 1.6 y 2.0	1,3
Entre 1.3 y 1.6	1,4
Menor de 1.3	1,4

**Fuente:** RAS 2000

**Numero de sumergencia:** calculado para determinar si la entrada es o no sumergida,

$$\frac{Q_d}{\phi^2 \sqrt{\phi g}} < 0.62$$

### **Análisis de la evaluación.**

Los tramos **15-29, 29-30 y 30-E** presentan una pendiente muy baja ocasionando un  $Q/Q_0$  mayor a 1, siendo evidente con este valor que los colectores en mención no tienen la capacidad para soportar el caudal actual en la tubería.

La velocidad del tramo **19-15** (0.428m/s) no cumple con el valor mínimo exigido por el reglamento de agua potable y saneamiento básico RAS 2000 de 0.45m/seg. Y tampoco con el valor de fuerza cortante mínimo requerido para los efectos de auto limpieza.

La velocidad de los tramos **21-22** (0.422m/s) y **23-24** (0.466m/s) no cumple con el valor mínimo exigido por el reglamento de agua potable y saneamiento básico RAS 2000 de 0.45m/seg. Pero cumplen con el valor de fuerza tractiva requerido para los efectos de auto limpieza.

Los tramos **9-10, 10- 8 y 11-12** presentan un número de Froude que oscila entre 0,9 y 1,1 lo cual lo hace característico de un flujo en estado crítico, por consiguientes es inestable.

La profundidad de la tubería en los tramos: **9-10, 10-8, y 16-17** resultan inferiores a la mínima indicada por la norma la cual deberá ser superior a 1,20 o 0,80 en zonas verdes.

En casi todas las conexiones se presenta el caso en el que la cota de batea de salida resulta inferior al requerido lo que deja evidenciar un mal aprovechamiento de la energía en estas conexiones.

### **Evaluación del sistema de bombeo.**

El Batallón Santander ubicado en el kilómetro 1+ 300 del tramo 08 de la ruta nacional 70 en el Nororiente del país, fuera del perímetro urbano de Ocaña y en proximidades a la planta de tratamiento del río Algodonal, se abastecía inicialmente de agua potable por bombeo independiente desde el tanque de la planta de tratamiento del algodonal al tanque del batallón. El sistema de bombeo disponía de dos motobombas centrífugas de eje horizontal marca Hidromac, tipo HC- 2A acopladas a motores Siemens de 15 hp, las cuales operaba entre 7 y 9 horas diarias en tres turnos así:

<b>TURNO</b>	<b>PERIODO</b>
1	3:00 - 6:00
2	10:30 - 12:30
3	16:00 - 18:00

El caudal de bombeo fluctuaba entre 7,6 y 8,2 LPS. Según aforos realizados sobre la línea de impulsión en esa época, tomando un valor promedio de 7,9 LPS. Se estima que el volumen bombeado al batallón estaba entre 200 y 255 m<sup>3</sup>. Expresado en números redondos el primer valor corresponde al supuesto de 7 horas de bombeo y el segundo al de 9; y equivalen a un promedio diario de 2,3 y 2,9 LPS respectivamente.

Esta manera de abastecimiento funcionó de manera exitosa en sus primeros años de uso, pero luego por problemas de índole administrativo, la estación de bombeo dejó de operar, lo que llevó a esta institución y a los encargados en su momento de ofrecer el servicio de buscar nuevas alternativas con lo que se dio paso a la actual manera de abastecimiento con la que cuenta el batallón.



En la actualidad La institución militar se abastece de agua potable interceptando la impulsión del sistema de bombeo que trasporta agua tratada a la ciudad desde el tanque de aguas claras en la planta y el tanque de almacenamiento de buena vista.

Situación que genera múltiples problemas, ya que reduce la capacidad del sistema, pues le quita disponibilidad de agua al municipio de Ocaña. Genera un mal funcionamiento del bombeo, colocando en riesgo el estado de las bombas, la tubería de impulsión corre el riesgo de vaciarse en labores de mantenimiento, acumulándose aire en la tubería.

Recordemos que toda impulsión debe estar exenta de cualquier tipo de conexión para su adecuado funcionamiento según recomendación del reglamento **RAS 2000**. En la figura 4 se presenta un bosquejo de la situación actual presentada en el sistema de bombeo de la planta de tratamiento del algodonal y el tanque de buena vista de la ciudad de Ocaña, y en la figura 5 se presenta un bosquejo de lo que es un sistema de bombeo, y bajo las condiciones adecuadas de operación.

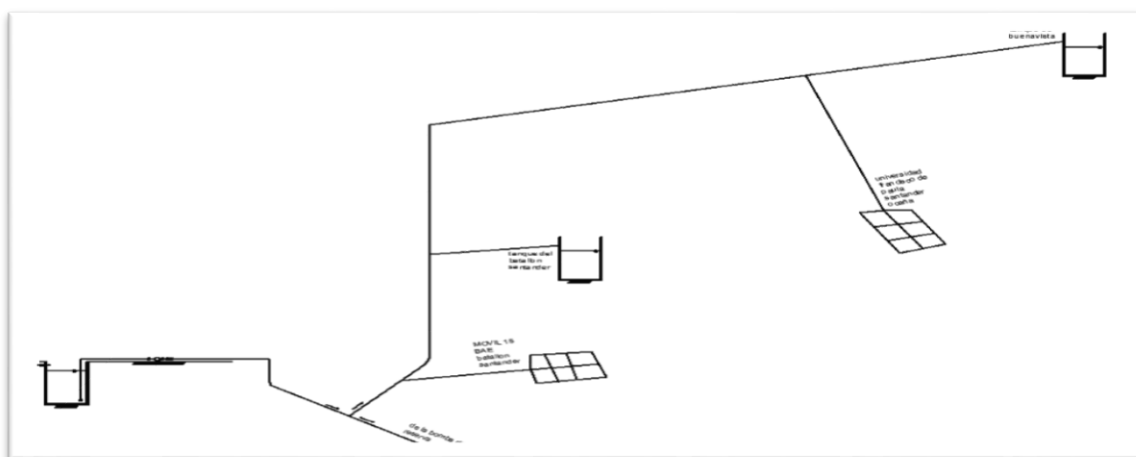


Figura 4. Situación actual.

Fuente. Autores del proyecto

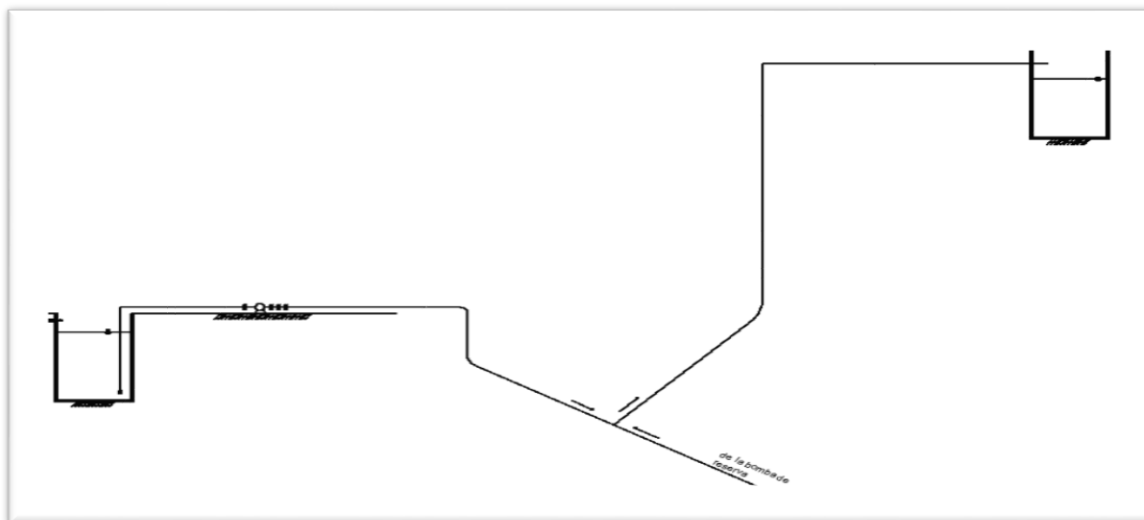


Figura 5. Sistema de bombeo ideal.

Fuente. Autores del proyecto

Por toda esta situación y demás problemas que se puedan presentar se recomienda liberar la actual impulsión de cualquier conexión que tenga en todo su trayecto.

Se presentara a continuación una breve descripción del sistema actual de bombeo (tanque de la planta del algodonal al tanque de Buenavista en la ciudad)

**Sistema de bombeo de agua tratada a la ciudad desde la planta del algodonal.** El bombeo de agua tratada se efectúa entre el tanque de aguas claras en la planta de tratamiento y el tanque de almacenamiento de buena vista, estando la impulsión interceptada en tres partes, dos de las cuales alimentan las redes y un tanque del Batallón Santander y la tercera a la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.

El emplazamiento de los equipos se efectúa en el primer piso del edificio de la planta, directamente sobre la loza de cubierta del tanque de aguas claras, en un espacio adjunto a la galería de conductos de los filtros.

Para el bombeo, la instalación dispone de tres unidades, para el trabajo de dos de ellas en paralelo operando la tercera como unidad de suplencia.

Las tuberías de succión y de descarga individuales de las bombas son de 12 pulgadas de diámetro disponiendo cada una en el lado de la succión de una válvula de pie y en el lado de la descarga de sus válvulas de retención y de compuerta respectivas, las bombas entregan a un múltiple de 18 pulgadas de diámetro el cual conecta a la tubería de impulsión del bombeo que lleva al tanque de buena vista.

Inmediatamente antes de la entrega del múltiple a la tubería de impulsión, y a la salida de la estación de bombeo, se encuentra instalada una válvula de alivio de 6 pulgadas de operación hidráulica para contrarrestar los efectos del golpe de ariete por parada súbita de las bombas cuando se presentan fallas del fluido eléctrico.

El caudal de diseño es de 240 lps, la longitud de la tubería de impulsión es de 2241 metros, el nivel de aguas mínimas en la succión es de 1196.9 metros y el nivel medio del tanque de buena vista es de 1246.9 metros con lo que se tiene una altura estática de bombeo de 50 metros.

La capacidad del tanque de buena vista es de 2000 metros cúbicos, con una profundidad útil de 3.50 metros con una sección superficial de 23.97 por 23.93 metros, cota del fondo 1245.11, cota nivel de rebose 1248.61 y cota de la tapa 1249.04 metros.

La capacidad del tanque de aguas claras en la planta de tratamiento de estima en 180 metros cúbicos, con una profundidad útil de 1.50 metros, con sección superficial de 20 por 6 metros, cota del fondo 1196.6, cota nivel de rebose 1198.4 y cota de la tapa 1198.7 metros.

### **Evaluación de la red de distribución de agua potable**

**Parámetros de diseño.** Dentro de la evaluación se considera necesaria una etapa inicial que garantice los requisitos de demanda de agua en cuanto a cantidad y oportunidad.

**Estimación de la población futura.** Dada la naturaleza del Batallón como Institución militar y las condiciones impuestas por las directivas generales de la misma, se estima que la mayor población que podía albergar el Batallón es de 1500 personas.

**Dotación Neta.** 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.

Para un nivel de complejidad Alto la dotación neta es de 140 L/hab.día, pero se estimaron diferentes valores para las dotaciones de los usuarios especiales en el batallón. La evaluación de consumos netos se encuentra detallada en el Cuadro 7.

**Periodo de diseño.** Es llamado también horizonte de planeamiento del proyecto, con el fin de definir las etapas de diseño según las necesidades del proyecto, basadas en la metodología de costo mínimo. Este periodo está en función del nivel de complejidad del sistema.

### **Cuadro 11.**

*Período de diseño según el nivel de complejidad*

<b>Nivel de complejidad del sistema</b>	<b>Período de diseño máximo</b>
Bajo, Medio y Medio alto	25 años
Alto	30 años

**Fuente.** Reglamento de agua potable y saneamiento básico R.A.S.

Para un nivel de complejidad Alto el periodo a tener en cuenta en la evaluación de la red de distribución secundaria es de 30 años.

Pérdidas técnicas en el sistema de acueducto. Las pérdidas técnicas corresponden a la diferencia entre el volumen de agua tratada y medida a la salida de la(s) planta(s) potabilizadora(s) y el volumen entregado a la población medido en las acometidas domiciliarias del municipio estas no deberán superar el 25%.

Para niveles altos de complejidad, se recomienda que exista, una metodología para el control de pérdidas de red.

**Caudal de diseño.** Para el nivel de bajo de complejidad, el caudal de evaluación será el caudal máximo horario (QMH).

**Dotación Bruta.** La dotación bruta debe establecerse según la siguiente ecuación:

$$dbruta = \frac{dneta}{1 - \%p}$$

$$dbruta \text{ Residenciales} = \frac{140 \frac{Lts}{hab*dia}}{1-0.25}$$

$$dbruta \text{ Residenciales} = 186.67 \frac{Lts}{hab*dia}$$

$$dbruta \text{ Soldado} = \frac{150 \frac{Lts}{hab*dia}}{1-0.25}$$

$$dbruta \text{ Soldado} = 200 \frac{Lts}{hab*dia}$$

$$dbruta \text{ Civiles} = \frac{50 \frac{Lts}{hab*dia}}{1-0.25}$$

$$dbruta \text{ Civiles} = 66.67 \frac{Lts}{hab*dia}$$

**Caudal Medio Diario.** El caudal medio diario, Qmd, es el caudal medio calculado para la población proyectada, teniendo en cuenta la dotación bruta asignada. Corresponde al promedio de los consumos diarios en un período de un año y puede calcularse mediante la siguiente ecuación:

$$Qmd \text{ Residenciales} = \frac{248 \text{ hab} * 186,87 \frac{Lts}{hab*dia}}{86400}$$

$$Qmd \text{ Residenciales} = 0.4019 \frac{Lts}{seg}$$

$$Qmd \text{ Soldado} = \frac{987 \text{ hab} * 200 \frac{Lts}{\text{hab} * \text{dia}}}{86400}$$

$$Qmd \text{ Soldado} = 1,7135 \frac{Lts}{seg}$$

$$Qmd \text{ Civiles} = \frac{274 \text{ hab} * 66,67 \frac{Lts}{\text{hab} * \text{dia}}}{86400}$$

$$Qmd \text{ Civiles} = 0.2678 \frac{Lts}{seg}$$

**Caudal Máximo Diario.** El caudal máximo diario, QMD, corresponde al consumo máximo registrado durante 24 horas durante un período de un año. Se calcula multiplicando el caudal medio diario por el coeficiente de consumo máximo diario, k1.

El caudal máximo diario se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$QMD = Qmd * k1$$

## Cuadro 12.

*Coeficiente de consumo máximo diario, k1, según el Nivel de Complejidad del Sistema*

Nivel de complejidad del sistema	Coeficiente de consumo máximo diario-k1
Bajo	1.30
Medio	1.30
Medio alto	1.20
Alto	1.20

**Fuente.** Reglamento de agua potable y saneamiento básico R.A.S.

Coeficiente de consumo máximo diario “k1” para un nivel de complejidad Alto es de 1.20.

$$k1 = 1.20$$

$$QMD \text{ Residencial} = 0,4019 \frac{\text{Lts}}{\text{seg}} * 1,20 = 0,643 \frac{\text{Lts}}{\text{seg}}$$

$$QMD \text{ Soldado} = 1,7135 \frac{\text{Lts}}{\text{seg}} * 1,20 = 2,75 \frac{\text{Lts}}{\text{seg}}$$

$$QMD \text{ Civil} = 0,268 \frac{\text{Lts}}{\text{seg}} * 1,20 = 0,428 \frac{\text{Lts}}{\text{seg}}$$

**Caudal Máximo Horario.** El caudal máximo horario, QMH, corresponde al consumo máximo registrado durante una hora en un período de un año sin tener en cuenta el caudal de incendio. Se calcula como el caudal máximo diario multiplicado por el coeficiente de consumo máximo horario,  $k_2$ , según la siguiente ecuación.

$$QMH = QMD * k_2$$

### Cuadro 13.

*Coeficiente de consumo máximo horario,  $k_2$ , según el Nivel de Complejidad del Sistema y el tipo de red de distribución*

Nivel de complejidad	Red de distribución	Red secundaria	Red matriz
Bajo	1.60	-	-
Medio	1.60	1.50	-
Medio Alto	1.50	1.45	1.40
Alto	1.50	1.45	1.40

**Fuente.** Reglamento de agua potable y saneamiento básico R.A.S.

Dada la clasificación de la tabla según el nivel de complejidad el Coeficiente de consumo máximo horario  $k_2$  es de 1.5.

$$k_2 = 1.50$$



$$QMH \text{ Residencial} = 0,643 \frac{Lts}{seg} * 1.50 = 0,9644 \frac{Lts}{seg}$$

$$QMH \text{ Soldado} = 2,75 \frac{Lts}{seg} * 1.50 = 4,1125 \frac{Lts}{seg}$$

$$QMH \text{ Civil} = 0,428 \frac{Lts}{seg} * 1.50 = 0.6426 \frac{Lts}{seg}$$

**Calidad de agua en la red.** Es necesario conocer la calidad de agua en cada uno de los puntos de la red, dados los niveles de cloro y otros químicos, así como de turbiedad del agua en las plantas y los tanques de abastecimiento en los cuales pueda existir la adición de químicos, para asegurar que el agua cumplirá en toda la red de distribución con la calidad de agua estipulada.

**Presiones en la red de distribución.** Deben tenerse en cuenta los siguientes requerimientos de presiones:

**Presiones mínimas de la red.** La presión mínima de la red de distribución depende del nivel de complejidad del sistema, tal como se especifica a continuación.

#### Cuadro 14.

*Presiones mínimas en la red de distribución.*

NIVEL DE COMPLEJIDAD	PRESION MINIMA (KPa)	PRESION MINIMA (m)
----------------------	----------------------	--------------------

BAJO	98.1	10
MEDIO	98.1	10
MEDIO-ALTO	147.2	15
ALTO	147.2	15

**Fuente.** Reglamento de agua potable y saneamiento básico R.A.S.

**Presiones máximas de la red menor de distribución.** El valor de la presión máxima tomada en cuenta para el diseño de las redes menores de distribución, para todos los niveles de complejidad del sistema, debe ser de 490.5 KPa (50 mca).

La presión máxima establecida a los niveles estáticos, es decir, cuando no hay flujo de movimiento a través de la red de distribución; pero cuando sobre ésta esté actuando la máxima cabeza producida por los tanques de abastecimientos o por estaciones elevadas de presión.

La presión máxima no debe superar la presión de trabajo máxima de las redes de distribución, establecidas en las normas técnicas correspondientes a cada material.

**Diámetros internos de las tuberías en la red de distribución.** Se debe tener en cuenta lo establecido por el RAS 2000 como sigue en el Cuadro 15.

#### **Cuadro 15.**

*Diámetros internos mínimos en redes menores.*

<b>NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA</b>	<b>DIAMETROS MINIMOS</b>
BAJO	38.1 mm (1.5 pulgadas)
MEDIO	50.0 mm (2.0 pulgadas)
MEDIO-ALTO	100 mm (4.0 pulgadas) Zona comercial e industrial 63.5 mm (2.5 pulgadas) Zona residencial
ALTO	150 mm (6.0 pulgadas) Zona comercial e industrial 75 mm (3.0 pulgadas) Zona residencial

**Fuente.** Reglamento de agua potable y saneamiento básico R.A.S.

**Diámetro de hidrantes.** Para una concentración poblacional menor a 20.000 habitantes, cualquier incendio, independiente del uso de la zona en que ocurra debe ser atendido por un hidrante con un caudal mínimo de 5 L/s. Para ilustración de las facultades del sistema no se encontraron en la institución estas bocas de incendio por lo tanto no se tuvo en cuenta el caudal de incendios.

**Deflexión de las tuberías de la red de distribución.** Las tuberías formadas por segmentos rectos pueden colocarse en curva, si es necesario, mediante la deflexión de las tuberías de las juntas, si estas son del tipo flexible. El caso de juntas flexibles, la deflexión máxima posible en cada junta, con excepción de los de juntas con características especiales, será la indicada por el fabricante de la tubería pero nunca podrán ser superiores a los valores del cuadro 16.

#### **Cuadro 16.**

*Deflexiones máximas posibles en tuberías.*

DIAMETRO TUBO (mm)	DEFLEXIONES (GRADOS-MINUTOS)
38.1	3° 0'
50.8	3° 0'
63.5	3° 0'
76.2	3° 0'
100.0	3° 0'
150.0	3° 0'
200.0	3° 0'
250.0	3° 0'
300.0	3° 0'
400.0	2° 40'
450.0	2° 25'
500.0	2° 10'
600.0	1° 45'
750.0	1° 25'
900.0	1° 10'
1000.0 y mayores	1° 5'

**Fuente.** Reglamento de agua potable y saneamiento básico R.A.S.

### **Método de cálculo (Calculo de caudales por nodo).**

La determinación de caudales de consumo para cada uno de los nodos de la red se puede efectuar por el método de las áreas o por el método de la repartición media.

En el caso de la red de distribución del batallón se utilizó el método de las áreas, en donde se determinan las áreas de influencia correspondientes a cada uno de los nodos de la red, para luego aplicar el caudal específico unitario  $Q_e$  (ls-ha), determinado por cada tipo de área de abastecimiento y correspondiente al año horizonte del proyecto.

$$Q_i = A_i \times Q_e$$

El área de influencia  $A_i$ , es aquella área delimitada por cada una de las mediatrices de los tramos que llegan al nodo o punto singular.

**Parámetros básicos para el cálculo hidráulico de la red de distribución por medio de Software EPANET 2.0 (B.7.4.9.2 RAS 2000).** Para el cálculo hidráulico de la red de distribución deben utilizarse los métodos de la Teoría Lineal o del Gradiente (o de Hardy Cross), el de las Longitudes Equivalentes, o cualquier otro método de cálculo similar.

Además, deben tenerse en cuenta las siguientes especificaciones:

Puede utilizarse software especializado para el cálculo hidráulico de la red, los cuales son programas comerciales ampliamente conocidos y que están basados en los métodos anteriormente mencionados

De todas formas, el método de cálculo o el programa utilizado para el análisis hidráulico de la red debe permitir el análisis de líneas abiertas, en conjunto con el de las redes cerradas.

El método o programa de computador, debe permitir el cálculo optimizado de la red de distribución. Esto quiere decir que los diámetros resultantes para cada una de las tuberías que conforman la red de distribución deben estar optimizados desde el punto de vista de los costos globales de la red.

Los errores de cierre para el cálculo hidráulico de la red serán como máximo 0.10 mca, en el caso de que el criterio de convergencia sea la cabeza piezométrica en los nodos de la red, o 1.0 l/s en el caso de que el criterio de convergencia sea el cumplimiento de la ecuación de continuidad en cada uno de los nodos de la red.

Para el cálculo hidráulico de la red, el programa o método utilizado debe hacer uso de las ecuaciones de pérdida de cabeza en una tubería simple, tal como se establece en el literal B.7.4.9.3 RAS2000.

**Evaluación de la red de distribución por medio de software EPANET 2.0.** Para el cálculo hidráulico y la determinación de las pérdidas por fricción en tuberías a presión el software utilizó la ecuación de Darcy-Weisbach, en conjunto con la ecuación de Colebrook y White.

Para la realización del modelamiento del sistema actual de distribución de agua potable, fue necesario desarrollar una serie de procesos que conduzcan al cumplimiento del mismo, esta se basa en la información que ofrecen las memorias de cálculo que recogen todos los datos necesarios para poder evaluar el sistema.

De lo anterior, se hizo necesario recopilar información, que abarca desde las memorias de cálculo, planos y visitas al sitio donde se realizará el proyecto, esto con el fin de tener una idea amplia, clara y concisa de cuál es el problema existente.

**Plano Topográfico e Hidráulico (Ver Anexos).** Un factor indispensable en el desarrollo del proyecto, es la interpretación del plano topográfico que sintetiza de la forma más exacta posible, las condiciones reales del terreno sobre el cual se lleva a cabo el estudio.

Inicialmente se analizó las curvas de nivel de los sitios donde están ubicadas las estructuras, tales como la línea de conducción y las redes de distribución, además de la localización de dichos edificios que generan la demanda del sistema para los datos de entradas del software EPANET.



**Figura 6.** Plano topográfico y trazado de la red.

**Fuente.** Autores del Proyecto.

**Datos de Entrada.** Luego de haber obtenido los caudales promedio por nudos, se procede a ingresar estos valores junto con los demás datos de entrada requeridos por el programa EPANET para realizar la simulación de la red. Inicialmente se realizara el esquema, donde en base al plano topográfico definido con anterioridad, se localizan los nudos y luego se unen estos por medio de tramos de tubería. Posteriormente se ingresan los datos de entrada de las conexiones y de los tramos, y se simula la red para obtener los valores de salida necesarios para continuar con la evaluación.

### Cuadro 17.

*Datos de Entrada N°1*

ID Nudo	Cota	Demanda Base	ID Nudo	Cota	Demanda Base
	m	LPS		m	LPS
Conexión 2	1219,30	0	Conexión 8	1207,60	0,6267
Conexión 3	1221,20	0,293	Conexión 9	1204,21	1,3532
Conexión 4	1223,00	0,175	Conexión 10	1202,81	6,6886
Conexión 5	1216,13	0,175	Conexión 12	1208,67	0,3868
Conexión 6	1213,25	0,2542	Conexión 15	1213,80	0,3449
Conexión 7	1205,80	0,7431	Depósito 1	1234,80	No Disponible

**Fuente.** Autores del Proyecto.

### Cuadro 18.

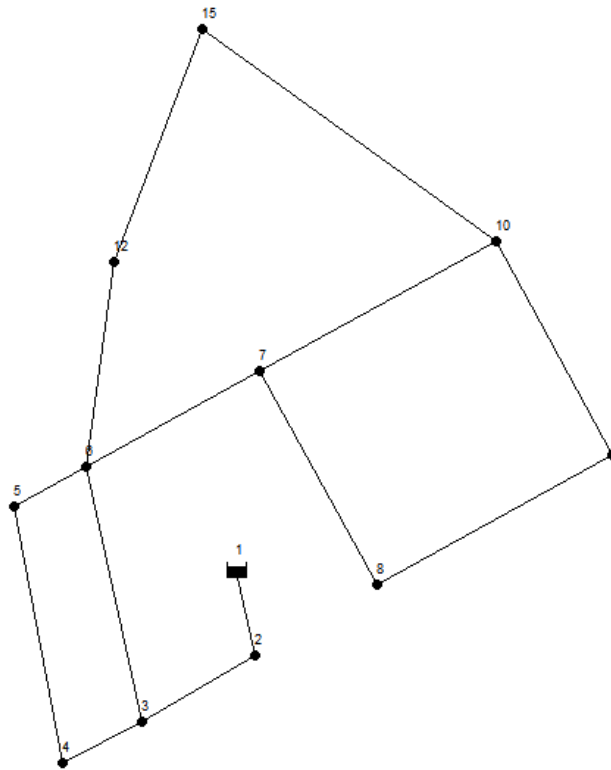
*Datos de Entrada N°2*

Tramo	Longitud	Clase	Diámetro	Tramo	Longitud	Clase	Diámetro
	m		(mm)		m		(mm)
Tubería 39	50,68	25	75	Tubería 46	138,02	25	75
Tubería 40	148,23	25	75	Tubería 47	153,54	25	75
Tubería 41	147,91	25	75	Tubería 7	75,00	25	100
Tubería 42	46,59	25	75	Tubería 1	48,69	25	100
Tubería 43	112,69	25	75	Tubería 5	117,53	25	75
Tubería 44	137,99	25	75	Tubería 6	141,09	25	75
Tubería 45	152,87	25	75	Tubería 8	205,86	25	75

**Fuente.** Autores del Proyecto.



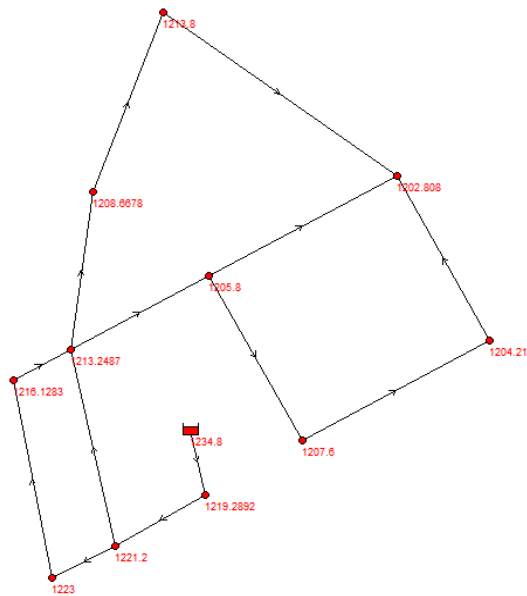
**Identificación de los nodos y trazado de la red del sistema de distribución de agua potable.** La identificación de nodos y de las tuberías se expresa con una etiqueta numérica en orden unívocamente de cada punto de la red en donde confluyen las tuberías para los nodos y donde se interceptan nodos para las tuberías respectivamente.



**Figura 7.** Identificación de los nodos y trazado de la red.

**Fuente.** Autores del Proyecto.

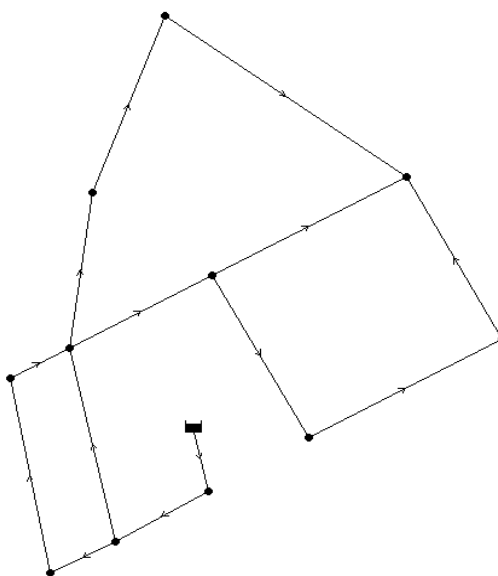
**Dato de Entrada – Elevación.** La elevación de la tubería con respecto a sus extremos es uno de los principales parámetros que permite una simulación del comportamiento hidráulico de la red, por lo tanto se muestra la distribución de cotas.



**Figura 8.** Elevación de la tubería (Cota de los Nodos).

**Fuente.** Autores del Proyecto.

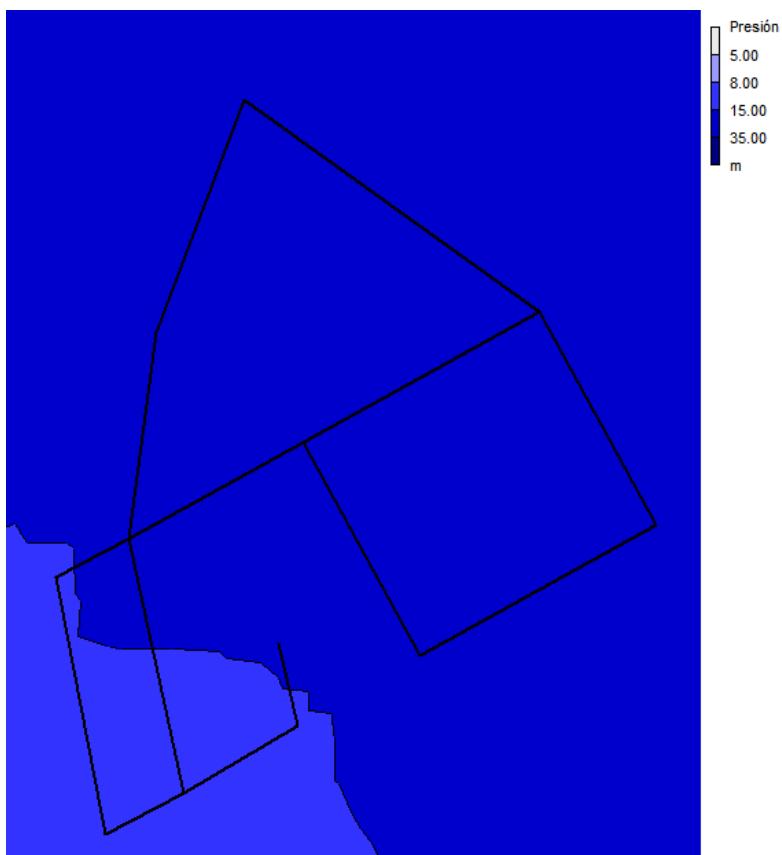
**Red de distribución de caudales.** Para una ilustración más acertada de la distribución de caudales y trazado de la red en este trabajo se expresa como sigue



**Figura 9.** Red de Distribución de Caudales.

**Fuente.** Autores del Proyecto.

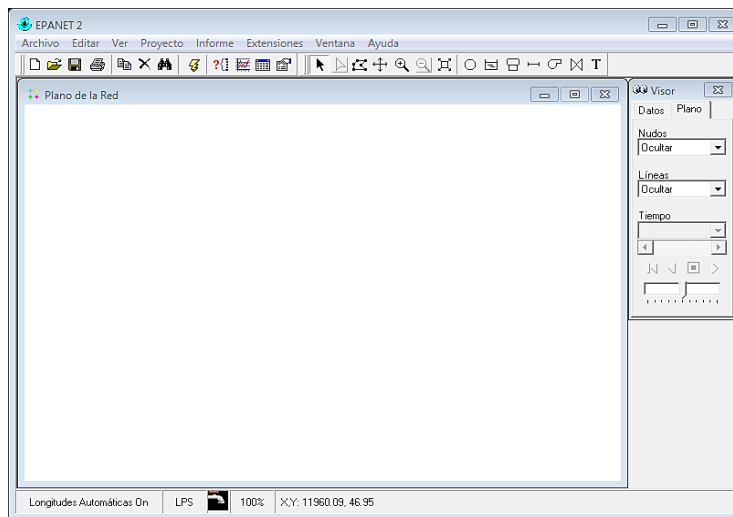
**Chequeo de presión máxima y mínima reglamentaria.** Por medio de un gráfico de contorno de la elevación de cabezas de presión en los diferentes puntos de la red distribución, se muestra que las presiones sean estén entre los 15 mcm y los 50 mca estipulado reglamentariamente.



**Figura 10.** Gráfico de Contorno

**Fuente.** Autores del Proyecto.

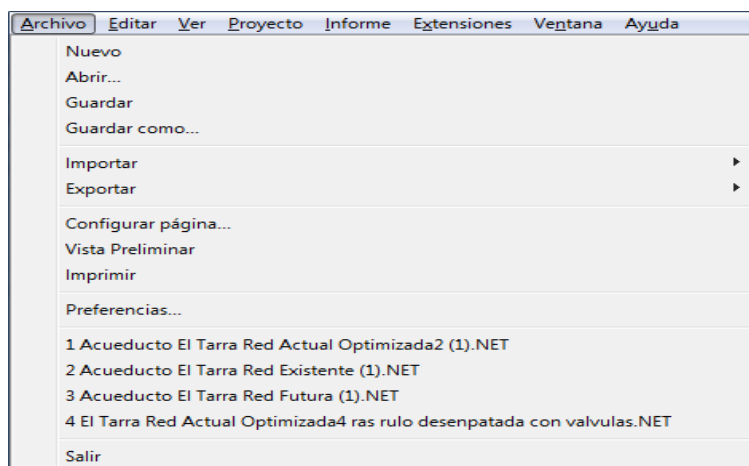
**Descripción del entorno de trabajo del programa epanet.** A continuación se describen las principales características del entorno de trabajo del programa, en particular se describen; la barra del menú principal, la barra de herramientas y la barra de estado, así como las ventanas usadas con mayor frecuencia: El Plano de la red y el visor. (EPANET)



**Figura 11.** Entorno del programa EPANET

**Fuente.** Manual EPANETv2E

### Menú archivo.



**Figura 12.** Menú Archivo

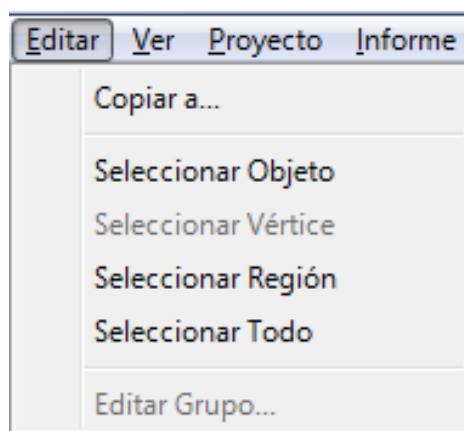
**Fuente.** Manual EPANETv2E

**Cuadro 19.**

*Descripción de los comandos del menú archivo*

COMANDO	DESCRIPCIÓN
Nuevo	Crea un nuevo proyecto de EPANET
Abrir...	Abre un proyecto existente
Guardar	Guarda el proyecto actual
Guardar como...	Guarda el proyecto actual con otro nombre
Importar	Importa los datos de la red o de su esquema desde otro archivo
Exportar	Exporta los datos de la red o de su esquema a otro archivo
Configurar Página...	Fija los márgenes, encabezados y pies de página para imprimir
Vista Previa	Muestra una vista previa de la ventana actual
Imprimir	Imprime la ventana actual
Preferencias...	Establece las preferencias para el modo de trabajo del programa
Salir	Sale de EPANET

**Fuente.** Manual EPANETv2E

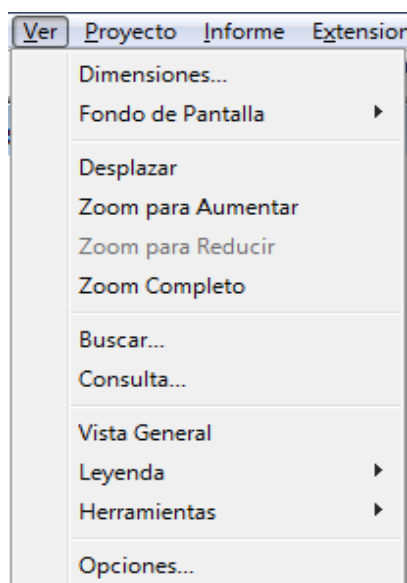
**Menú Editar.**

**Figura 13.** Menú editar

**Fuente.** Manual EPANETv2E

**Cuadro 20.***Comandos del menú editar*

<b>COMANDO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Copiar a...	Copia el contenido de la ventana activa actual (esquema, informe, gráfico o tabla) al portapapeles o a un archivo
Seleccionar Objeto	Permite seleccionar un objeto del esquema de la red
Seleccionar Vértice	Permite seleccionar los vértices del trazado de las tuberías sobre el esquema de la red
Seleccionar Región	Permite seleccionar una región sobre el esquema de la red
Seleccionar Todo	Selecciona toda el área ocupada por el esquema de la red
Editar Grupo...	Edita una propiedad elegida para el grupo de objetos que caen dentro de la región delimitada sobre el esquema

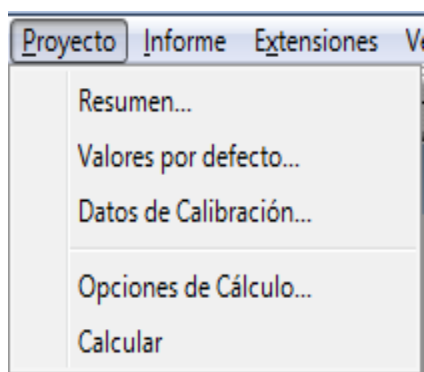
**Fuente.** Manual EPANETv2E**Menú Ver.****Figura 14.** Menú ver**Fuente.** Manual EPANETv2E

**Cuadro 21.**

*Descripción de los comandos del menú ver*

COMANDO	DESCRIPCIÓN
Dimensiones...	Permite modificar las dimensiones del esquema y sus unidades
Fondo de Pantalla	Permite visualizar un mapa de fondo
Desplazar	Permite desplazar el esquema de la red
Zoom para Aumentar	Permite acercar el esquema de la red
Zoom para Reducir	Permite alejar el esquema de la red
Zoom Completo	Redibuja el esquema completo de la red
Buscar...	Localiza un elemento dado de la red y lo centra
Consultar...	Localiza los elementos de la red que cumplen un criterio dado
Vista General	Activa/desactiva la visualización de un mapa global de la red
Leyenda	Activa/desactiva la visualización de las leyendas y permite su edición
Herramientas	Activa/desactiva la visualización de las barras de herramientas
Opciones...	Fija las opciones para la visualización del esquema

**Fuente.** Manual EPANETv2E

**Menú Proyecto.**

**Figura 15.** Menú proyecto

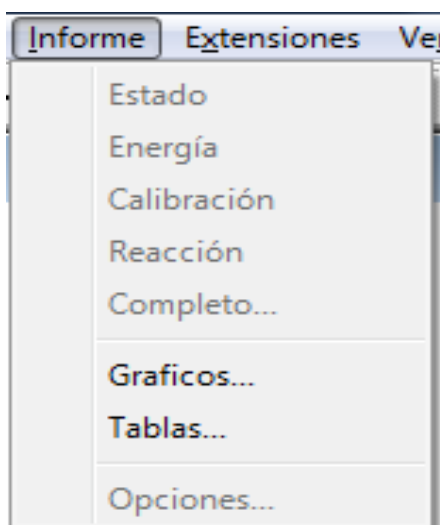
**Fuente.** Manual EPANETv2E

**Cuadro 22.**

*Descripción de los comandos del menú proyecto*

COMANDO	DESCRIPCIÓN
Resumen...	Proporciona un resumen de las características del proyecto
Valores por Defecto...	Permite editar las propiedades por defecto del proyecto
Datos Calibración...	Maneja los ficheros de datos para la calibración de la red
Opciones de Cálculo...	Permite editar las diversas opciones de cálculo
Calcular	Realiza la simulación

**Fuente.** Manual EPANETv2E

**Menú Informe.**

**Figura 16.** Menú informe

**Fuente.** Manual EPANETv2E

**Cuadro 23.**

*Descripción de los comandos del menú informe*

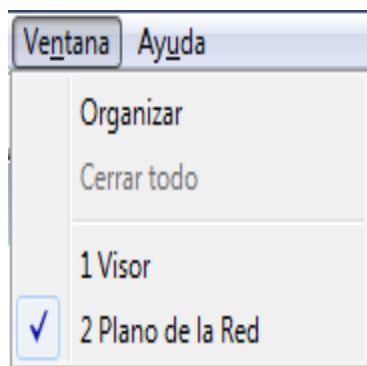
COMANDO	DESCRIPCIÓN
Estado	Muestra los cambios habidos en el estado de los elementos de la red a la largo de la simulación
Energía	Proporciona la energía consumida por cada bomba



Calibración	Compara los valores medidos con los calculados mediante la simulación
Reacción	Informa sobre las velocidades medias de reacción en los distintos elementos de la red
Completo...	Crea un informe completo de los resultados para todos los nudos y líneas, en cada uno de los instantes de la simulación, y los guarda en un fichero de texto
Gráficos...	Crea curvas de evolución, perfiles longitudinales, curvas de distribución y mapas de isolíneas para la magnitud seleccionada
Tablas...	Crea una tabla con los valores numéricos de las magnitudes elegidas, para los nudos y líneas seleccionados
Opciones...	Controla el estilo de presentación de informes, gráficas o tablas

**Fuente.** Manual EPANETv2E

### Menú Ventana.



**Figura 17.** Menú ventana

**Fuente.** Manual EPANETv2E

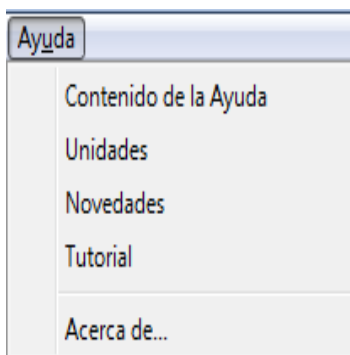
### Cuadro 24.

*Descripción de los comandos del menú ventana*

COMANDO	DESCRIPCIÓN
Organizar	Reorganiza todas las ventanas hijas dentro de la ventana principal
Cerrar Todo	Cierra todas las ventanas abiertas (excepto la del Esquema y la del Visor)
Lista de Ventanas	Lista todas las ventanas abiertas, y señala la ventana activa actual

**Fuente.** Manual EPANETv2E

### Menú Ayuda.



**Figura 18.** Menú ayuda

**Fuente.** Manual EPANETv2E

### Cuadro 25.

*Descripción de los comandos del menú ayuda*

COMANDO	DESCRIPCIÓN
Contenido de la Ayuda	Muestra una ventana con los temas de ayuda de la aplicación
Unidades	Lista las unidades de medida para todas las magnitudes utilizadas en EPANET
Novedades	Informa de las novedades introducidas en la versión 2.0
Tutorial	Ofrece una breve introducción para el uso de EPANET
Acerca de...	Muestra información sobre la versión de EPANET en uso, y la traducción al español













**Fuente.** Manual EPANETv2E

**Barra de Herramientas.** Proporcionan un acceso rápido a los comandos utilizados con mayor frecuencia. Se dispone de la barra de herramientas estándar y la barra de herramientas del plano.

**Barra de Herramientas Estándar:** Contiene los botones para el acceso rápido a los comandos más usados, a continuación se describen:

**Cuadro 26.**















*Barra de Herramientas Estándar*

	Crea un proyecto nuevo de EPANET
	Abre un proyecto existente
	Guarda el proyecto actual
	Imprime la ventana activa actual
	Copia los elementos seleccionados de la ventana actual al portapapeles o a un fichero
	Borra el elemento actualmente seleccionado
	Busca un determinado elemento sobre el esquema de la red
	Ejecuta una simulación
	Realiza una consulta visual sobre los elementos de la red
	Crea una nueva ventana gráfica de resultados
	Crea una nueva ventana de resultados numéricos
	Modifica las opciones de la ventana activa actual

**Fuente.** Manual EPANETv2E

**Barra de herramientas del plano:** contiene una serie de botones para facilitar la edición y manipulación del plano de la red.

**Cuadro 27.***Barra de Herramientas del Plano.*

	Selecciona un objeto del esquema de la red
	Selecciona los vértices de las líneas
	Delimita una región sobre el esquema de la red
	Permite desplazar el esquema de la red
	Acerca el esquema de la red
	Aleja el esquema de la red
	Redibuja el esquema completo de la red
	Añade un Nudo de Caudal sobre el esquema de la red
	Añade un Embalse sobre el esquema de la red
	Añade un Depósito sobre el esquema de la red
	Añade una Tubería sobre el esquema de la red
	Añade una Bomba sobre el esquema de la red
	Añade una Válvula sobre el esquema de la red
	Añade un Rótulo sobre el esquema de la red

**Fuente.** Manual EPANETv2E

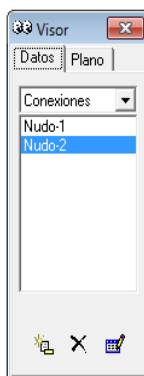
**Barra de Estado.** Está situada al pie del entorno de trabajo de EPANET y se divide en cinco secciones, las cuales ofrecen la siguiente información:

- ✓ Long-Auto: Indica si el cálculo automático de la longitud de las tuberías está activado o desactivado
- ✓ Unidades de Caudal: Muestra las unidades de caudal actuales
- ✓ Nivel de Zoom: Muestra el nivel de zoom actual del esquema (100 % corresponde a la vista completa)
- ✓ Estado de la Simulación: Se representa mediante el icono de un grifo, con el siguiente significado:
  - ✓ Si no sale agua, los resultados no están disponibles
  - ✓ Si sale agua, los resultados son válidos y están disponibles
  - ✓ Si el grifo aparece roto, los resultados están disponibles pero pueden no ser válidos porque algún dato ha sido modificado.
- ✓ Posición XY: Muestra la posición del puntero del ratón, en las coordenadas del esquema.

**El Plano de la Red.** Es una representación esquemática en dos dimensiones de los diferentes componentes de la red. La localización de los objetos y las distancias entre ellos no tienen porqué corresponderse con la escala real. Las propiedades seleccionadas de estos objetos, como por ejemplo la calidad del agua en los nudos o la velocidad de circulación por las tuberías, pueden mostrarse en una escala de colores. Los códigos de colores se describen en una leyenda, y pueden modificarse. El esquema puede ampliarse añadiendo nuevos objetos, mientras que los ya existentes pueden editarse, borrarse o restituirse.

**Visor de Datos.** Es accesible desde la pestaña de Datos de la ventana del Visor. Permite acceder a los diferentes objetos pertenecientes a la red en estudio, clasificados por categorías

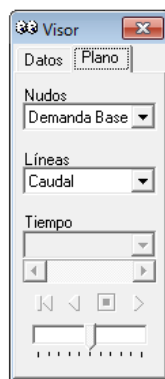
(Nodos de Caudal, Tuberías, etc.). Los botones que figuran del pie de la ventana se utilizan para añadir, borrar o editar dichos objetos. Se tiene visor de datos y visor de plano.



**Figura 19.** Visor de datos

**Fuente.** Manual EPANETv2E

**Visor de Plano.** Es accesible desde la pestaña del Plano de la ventana del Visor. Permite seleccionar las magnitudes e instante de tiempo a visualizar mediante códigos de colores sobre el Plano de la Red. También contiene los controles que permiten ver los resultados mediante animación.



**Figura 20.** Visor de plano

**Fuente.** Manual EPANETv2E

**Análisis de la evaluación.** Como se puede observar en el mapa de contorno, el chequeo de la presión mínima en la tubería no cumple ya que las hay varias zonas de presión menores a los 10 mca.

La tubería de impulsión se encuentra en un deterioro considerable que no proporciona un buen rendimiento y se dificulta el abastecimiento del tanque elevado. Se estima que el escaso uso del sistema del bombeo es una de las principales causas de que esta tubería tenga tal magnitud de daño.

No se encuentran estructuras para el control de incendios y se estima que los tanques de almacenamiento no tienen la capacidad para suplir los tipos de emergencias supuestas para este tipo de institución.

**Evaluación del tramo inicial (tanque – nodo 3).** Diseño de la tubería de conducción entre el tanque de almacenamiento y la red de distribución, funciona a presión por gravedad.

Caudal de diseño = 9,96 L/s

Coefficiente de rugosidad Hazen-Williams = 110

Cota nivel de agua mínima en el tanque = 1234,8

Cota de proyecto en el nodo de entrada, 3 = 1221,2– 1,0 = 1220,2 (profundidad mínima)

Longitud real de la conducción, L = 123,69 m

**Cálculo hidráulico de la red matriz:**

Cota piezométrica, nudo 3 = 1220,2 + 14 = 1234,2

Carga hidráulica disponible:  $H = 1234,8 - 1234,2 = 0,6 \text{ m}$

Perdida de carga unitaria:  $J = \frac{0,6}{123,69} = 0,0048508 \text{ m/m}$

$$D = \left( \frac{0,01071}{0,2785 \cdot 150 \cdot 0,0048508^{0,54}} \right)^{1/2,63} = 0,1448 \text{ m} = 5,7''$$

D comercial, Asbesto-Cemento, Clase 5

Diámetro interno = 100 mm

$$J = \left( \frac{0,01071}{0,2785 \cdot 150 \cdot 0,100^{2,63}} \right)^{1/0,54} = 0,029483 \text{ m/m}$$

$H = 0,029483 \cdot 123,69 = 3,6468 \text{ m}$

Cota piezométrica, nodo 3 = 1237,8 – 3,6468 = 1231,15

Presión resultante = 1231,15 - 1218,3 = 10,95 mca.

**Cálculos de las mallas por Hardy-Cross.** En este sistema de distribución el agua puede alcanzar cualquier punto de la red como mínimo por dos caminos diferentes, consiguiéndose una garantía en el servicio considerable, la rotura de una tubería sólo afecta, mediante el cierre de válvulas oportunas, a una pequeña parte de la red, un tramo, además se obtiene un reparto de presiones más uniforme.



El método de Hardy-Cross es el procedimiento más utilizado para determinar los caudales circulantes en una red reticulada cuyos diámetros son conocidos, es necesario partir de diámetros supuestos y comprobar posteriormente los caudales y presiones de servicio. Para ello, se calcula un caudal corrector mediante un proceso iterativo, basándose en dos principios hidráulicos fundamentales:

a). En un nudo, la suma algebraica de los caudales entrantes y salientes es igual a cero.

$$\Sigma Q_i = 0.$$

b). La suma algebraica de las pérdidas de carga en cada una de las líneas que componen la malla o retícula es nula.  $\Sigma H = 0$ .

Cualquier expresión hidráulica para el cálculo de H puede expresarse de esta forma, si se emplea la fórmula de Chèzy – Kutter:

$$H = \frac{64}{\pi^2 * C^2 * D^5} * L$$

Donde,

L= longitud del tramo

D= diámetro del la tubería

C= coeficiente de rugosidad

El método consiste en compensar las alturas piezométricas o en compensar caudales. Normalmente, se suele realizar el cálculo haciendo la compensación de alturas piezométricas.

Tanto en un caso como en otro es necesario establecer un proceso iterativo. Para ello se emplea la expresión generalizada de Hardy-Cross:

$$\Delta Q = -\frac{\sum(H_i Q^n_i)}{n * \sum|H_i Q^{n-1}_i|}$$

### Cuadro 28.

*Primer tanteo de la malla I*

TRAMO	L (m)	D (m)	Q (m3/s)	J (m/m)	ITERACION 1			
					H	H/Q	ΔQ	ΔQ <sup>2</sup>
3_4	50,68	0,075	0,0048358	0,0275	1,3913	287,7131	55,3467	0,267645
4_5	148,23	0,075	0,00460875	0,0251	3,7226	807,7334	154,2786	0,711032
5_6	46,59	0,075	0,00448588	0,0239	1,1129	248,1003	47,1983	0,211726
3_6	147,91	0,075	-0,0048358	0,0275	4,0606	-839,6930	161,5297	-0,781125
					10,2875	503,8538	418,3533	0,409277
							<b>ΔQ</b>	-0,00048915

**Fuente.** Autores del proyecto

### Cuadro 29.

*Segundo tanteo de la malla I*

TRAMO	ITERACION 2		
	Q	ΔQ	ΔQ <sup>2</sup>
3_4	0,0043466	49,7482	0,2162
4_5	0,0041196	137,9042	0,5681
5_6	0,0039967	42,0517	0,1681
3_6	-0,0053250	177,8688	-0,9471
		407,5729	0,0053
		<b>ΔQ</b>	-0,0000065

**Fuente.** Autores del proyecto

**Cuadro 30.***Primer tanteo de la malla II*

TRAMO	L (m)	D (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	J (m/m)	ITERACION 1			
					H	H/Q	ΔQ	ΔQ <sup>2</sup>
7_10	153,54	0,075	0,005	0,029204	4,484023	896,80459	173,37164	0,866858
10_9	138,02	0,075	-0,000277	0,000138	0,018991	-68,560626	8,63393	-0,002392
8_9	152,87	0,075	-0,0016302	0,003665	0,560297	-343,69835	56,27943	-0,091747
7_8	137,99	0,075	-0,0022569	0,006694	0,923756	-409,30319	70,33094	-0,158730
						75,242419	308,61593	0,613990
							ΔQ	-0,00099475

**Fuente.** Autores del proyecto**Cuadro 31.***Primer tanteo de la malla III*

TRAMO	L (m)	D (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	J (m/m)	ITERACION 1			
					H	H/Q	ΔQ	ΔQ <sup>2</sup>
6_12	117,53	0,075	0,0010675	0,00167336	0,1967	184,235	28,334	0,030246
12_15	141,09	0,075	0,0007607	0,00089347	0,1261	165,716	24,238	0,018438
15_10	205,86	0,075	0,00082315	0,00103404	0,2129	258,601	38,268	0,031500
7_10	153,54	0,075	-0,005	0,02920427	4,4840	-896,805	173,372	-0,866858
6_7	112,69	0,075	-0,008	0,06973427	7,8584	-982,294	203,593	-1,628740
						-1454,7818	467,804	-2,415414
							ΔQ	0,00258165

**Fuente.** Autores del proyecto**Cuadro 32.***Segundo tanteo de la malla II*

TRAMO	ITERACION 2		
	Q	ΔQ	ΔQ <sup>2</sup>
7_10	0,001424	49,3624	0,070272
10_9	-0,001272	39,6396	-0,050412
8_9	-0,002625	90,6211	-0,237876
7_8	-0,003252	101,3299	-0,329489
		280,9530	-0,547504
		ΔQ	0,00097437

**Fuente.** Autores del proyecto

**Cuadro 33.***Segundo tanteo de la malla III*

	<b>ITERACION 2</b>		
<b>TRAMO</b>	<b>Q</b>	<b><math>\Delta Q</math></b>	<b><math>\Delta Q^2</math></b>
6_12	0,0036492	96,856	0,353443
12_15	0,0033424	106,496	0,355948
15_10	0,0034048	158,289	0,538942
7_10	-0,0014236	49,362	-0,070272
6_7	-0,0054183	137,892	1,178061
		548,896	2,356122
		<b><math>\Delta Q</math></b>	-0,00214624

**Fuente.** Autores del proyecto**Cuadro 34.***Tercer tanteo de la malla II*

	<b>ITERACION 3</b>		
<b>TRAMO</b>	<b>Q</b>	<b><math>\Delta Q</math></b>	<b><math>\Delta Q^2</math></b>
7_10	0,003121	108,20498	0,337665
10_9	-0,000297	9,26910	-0,002756
8_9	-0,001651	56,98294	-0,094055
7_8	-0,002277	70,96598	-0,161609
		245,42301	0,079245
		<b><math>\Delta Q</math></b>	-0,00016145

**Fuente.** Autores del proyecto**Cuadro 35.***Tercer tanteo de la malla III*

	<b>ITERACION 3</b>		
<b>TRAMO</b>	<b>Q</b>	<b><math>\Delta Q</math></b>	<b><math>\Delta Q^2</math></b>
6_12	0,0015029	39,8905	0,059952
12_15	0,0011961	38,1114	0,045586
15_10	0,0012586	58,5105	0,073639
7_10	-0,0031206	-108,2050	0,337665
6_7	-0,0075646	-192,5117	1,456271
		-164,204	1,973113
		<b><math>\Delta Q</math></b>	0,00600810

**Fuente.** Autores del proyecto

Considerando el chequeo de la velocidad (debe estar entre 0,45 y 6,0 m/s) y las presiones del sistema sean las adecuadas, se tiene

### Cuadro 36.

*Chequeo del sistema en la malla I*

TRAMO	D (m)	L (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	V(m/s)	ONDICIO	CAIDA H (m)	ELEVACIO N NUDO	PIEZOME NUD FIN	PRESION	
3_4	0,075	50,68	0,00434665	0,9839	OK	0,068203	1223,00	1231,09	8,085	NO OK
4_5	0,075	148,23	0,0041196	0,9325	OK	0,265000	1216,13	1230,82	14,690	OK
5_6	0,075	46,59	0,00399672	0,9047	OK	0,461000	1213,25	1230,36	17,110	OK
3_6	0,075	147,91	0,00532495	1,2053	OK	0,802203	1213,25	1230,35	17,102	OK

**Fuente.** Autores del proyecto

### Cuadro 37.

*Chequeo del sistema en la malla II*

TRAMO	D (m)	L (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	V(m/s)	CONDICION	CAIDA H (m)	ELEVACION NUDO FINAL	PIEZOMETRIC A NUD FIN	PRESION	
7_10	0,075	153,54	0,0031206	0,70636	OK	1,87300	1202,81	1226,93	24,120	OK
10_9	0,075	138,02	0,0002974	0,06731	V Baja	0,02166	1204,21	1226,71	22,500	OK
8_9	0,075	152,87	0,0016506	0,37361	V Baja	0,57334	1204,21	1226,18	21,970	OK
7_8	0,075	137,99	0,0022773	0,51547	V Baja	0,93926	1207,60	1227,05	19,450	OK

**Fuente.** Autores del proyecto

### Cuadro 38.

*Chequeo del sistema en la malla III*

TRAMO	D (m)	L (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	V(m/s)	CONDICION	CAIDA H (m)	ELEVACION NUDO FINAL	PIEZOMETRIC A NUD FIN	PRESION	
6_12	0,075	117,53	0,0015029	0,34019	V Baja	1,28300	1208,67	1229,07	20,400	OK
12_15	0,075	141,09	0,0011961	0,27074	V Baja	1,24800	1213,80	1227,82	14,020	OK
15_10	0,075	205,86	0,0012586	0,28488	V Baja	0,88700	1202,81	1226,93	24,123	OK
7_10	0,075	153,54	0,0031206	0,70636	OK	0,97000	1202,81	1226,93	24,120	OK
6_7	0,075	112,69	0,0075646	1,71227	OK	2,45100	1205,80	1227,90	22,100	OK

**Fuente.** Autores del proyecto

**Golpe de Ariete.** Debido a la incongruencia y el constante cambio de las tuberías por motivos de ruptura general o fisuras se denota que dichos elementos ya no tenían la capacidad de contener y soportar las sobrepresiones del sistema de movimientos oscilatorios del agua.

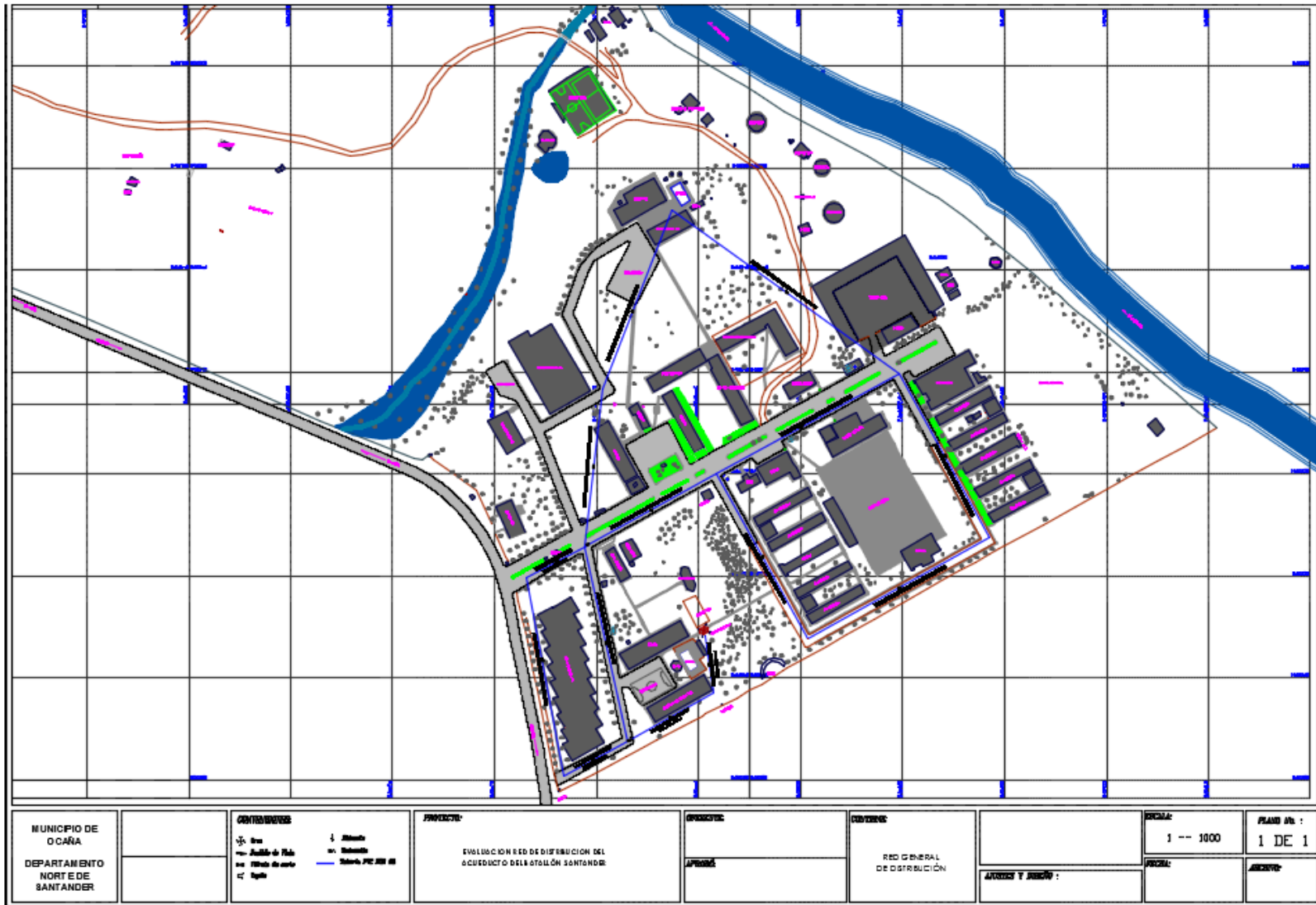


Figura 21. Red general de distribución de agua potable.

Fuente. Autores del proyecto.

#### **4.2 Plantear un diseño para el alcantarillado sanitario, red de distribución y sistema de bombeo del acueducto, del batallón n°15 general francisco de Paula Santander Ocaña.**

##### **Diseño del alcantarillado sanitario.**

**Parámetros y criterios de diseños.** Los diferentes parámetros utilizados en el diseño de la red de recolección del alcantarillado sanitario del Batallón General Fráncico de Paula Santander se establecieron a partir del Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2000; y demás investigaciones de campo llevadas a cabo en la misma institución.

**Coefficiente de Manning (n).** De acuerdo con las recomendaciones dadas en el literal A.11.3.3 del RAS 2000, para el Nivel de Complejidad de sistema bajo, el valor del Coeficiente de rugosidad de Manning, “n”, en tuberías PVC, polietileno y fibra de vidrio con interior liso se encuentra establecida entre 0.010 y 0.015.

Después de cierto tiempo de servicio el coeficiente de rugosidad se aproxima a una constante, que no es función del material de construcción del tubo, sino que presenta la acumulación de detritos y crecimiento de suciedades en las paredes del mismo; el valor a utilizar, para el presente diseño será 0.009, el cual es el establecido para el diseño hidráulico de la tubería PVC que utilizaremos en el presente diseño.

**Diámetro Mínimo.** De acuerdo con el literal A.11.3.5 del RAS 2000, el diámetro nominal mínimo permitido en redes de sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales tipo alcantarillado sanitario convencional es de 200 mm (8”).



**Velocidad Mínima.** La velocidad mínima real para el diseño de los colectores, según el literal A.11.3.6 del RAS 2000, debe ser tal que permita lavar los sólidos depositados durante los períodos de caudal bajo, por lo tanto dicha norma establece que la velocidad mínima real permitida en el colector es de 0.45 m/seg.

**Velocidad Máxima.** Los valores máximos permisibles para la velocidad media en los colectores dependen del material, en función de su sensibilidad a la abrasión; por lo tanto de acuerdo con lo establecido en el literal A.11.3.7 del RAS 2000, se recomienda que la velocidad máxima real no sobrepase los 5.0 m/s, valores mayores deben ser justificados.

**Pendiente Mínima.** El valor de la pendiente mínima, de acuerdo con el literal A.11.3.8 del RAS 2000, será la que permita tener condiciones de auto limpieza y de control de gases adecuados.

**Pendiente Máxima.** El valor de la pendiente máxima, de acuerdo con el literal A.11.3.9 del RAS 2000, será la que produzca una velocidad máxima real, especificada anteriormente como la velocidad máxima.

**Profundidad hidráulica máxima.** Para permitir aireación adecuada del flujo de aguas residuales, el valor máximo permisible de la profundidad hidráulica para el caudal en un colector debe estar entre 70 y 85% del diámetro real de éste, todo en cumplimiento con lo establecido en el literal A.11.3.10 del RAS 2000. Por lo tanto, se determina en un ochenta y cinco por ciento (85%).

**Profundidad mínima de instalación.** Según el literal A.11.3.11 los valores mínimos permisibles de cubrimiento de los colectores, con relación a la rasante definitiva, se define en la siguiente tabla

**Cuadro 39.**

*Valores mínimos permisibles de cubrimiento de colectores.*

<b>Servidumbre</b>	<b>Profundidad a la cota clave del colector</b>
Vías peatonales o zonas verdes	0,75
Vías vehiculares	1,20

**Fuente.** Reglamento de agua potable y saneamiento básico R.A.S.

**Profundidad máxima de instalación en alcantarillados sanitarios.** Según el literal A.11.3.12 la máxima profundidad de instalación de los colectores con relación a la rasante definitiva, es del orden de los 5m, aunque puede ser mayor siempre y cuando se garanticen los requerimientos geotécnicos de las cimentaciones y estructurales de los materiales y colectores durante y después de su construcción.

**Localización de los pozos de inspección.** De acuerdo con los numerales A.11.3.20.1 al A.11.3.20.4 del RAS 2000, los pozos se proyectaran de acuerdo a los siguientes parámetros:

1. En todas las intersecciones de los ejes de las vías, en los cambios de dirección de las mismas.
2. En los arranques del alcantarillado.
3. En todo cambio de diámetro, de sección o de pendiente.

4. En los tramos rectos de tal forma que la distancia entre dos pozos de inspección estará entre 100 y 120 m.
5. El diámetro interno de los pozos de inspección será de 1.20 m.
6. La profundidad mínima de los pozos de inspección debe tener 1.00 m sobre la cota a clave del colector afluyente más superficial.
7. El diámetro del orificio de acceso o entrada a los pozos de inspección será de 0.60 m.

**Parámetros de las cámaras de caída.** Todos los colectores que lleguen a una estructura de conexión, con una diferencia mayor de 0.75 m con respecto a la batea del colector de salida. El diámetro del tubo bajante será del mismo diámetro que el tubo de entrada, en cumplimiento con lo establecido en el literal A.11.3.21 del RAS 2000.

**Período de Planeamiento o de Diseño.** El período de planeamiento o de diseño para el sistema de alcantarillado sanitario debe fijar las condiciones básicas del proyecto como la capacidad del sistema para atender la demanda futura, la densidad actual y de saturación, la durabilidad de los materiales y equipos empleados y la calidad de la construcción, operación y mantenimiento. De acuerdo con el artículo 65 de la resolución 2320 de noviembre 27 de 2009, por la cual se modifica el numeral D.2.2.3 del RAS -2000, el período de planeamiento para las redes de recolección y evacuación de las aguas servidas, se seleccionará de acuerdo a la siguiente tabla.

**Cuadro 40.***Periodo de Planeamiento del Diseño*

Nivel de Complejidad del sistema	Período de Planeamiento (Años)
Bajo, medio y Medio alto	25
Alto	30

**Fuente.** Reglamento de agua potable y saneamiento básico R.A.S.

**Demografía.** La proyección de la población sirvió de base para determinar las necesidades actuales y futuras de la institución. La proyección de la población constituye una información de especial importancia para la planificación de las actividades económicas y sociales, dado que proporciona un panorama general de la población futura hacia la cual se orientan los programas que buscan mejorar las condiciones de vida de los habitantes de una región.

**Contribuciones de aguas residuales.** El volumen de aguas residuales aportadas a un sistema de recolección y evacuación está integrado por las aguas residuales domésticas, industriales, comerciales e institucionales. Literal D.3.2.2 del RAS 2000. En el presente trabajo no existen contribuciones del tipo industrial y/o comercial.

**Aporte doméstico.** El aporte de las contribuciones domésticas literal D.3.2.2.1 del RAS 2000.

$$Q_d = \frac{C * D * A_{rb} * R}{86.400}$$

En donde:

$Q_d$  = Contribución doméstica (lps)

$C$  = Dotación (lts/hab\*día)

$D$  = La densidad de población (hab/Ha).

$A_{rb}$  = Área residencial bruta de drenaje (ha)

$R$  = Coeficiente de retorno

**Dotación neta.** De acuerdo con el artículo 67 de la resolución 2320 de noviembre 27 de 2009, por la cual se modifica el numeral B.2.4.1 del RAS - 2000, la dotación neta del sistema de acueducto, teniendo en cuenta las costumbres de la localidad, el clima, las pérdidas y los parámetros de diseño del sistema de acueducto, se estimará de acuerdo a la complejidad del sistema y se encuentra detallado en el Cuadro 7.

De acuerdo al Cuadro 7, el nivel de complejidad alto, obtenemos como resultado una dotación neta de 140 lt/hab\*día.

**Coeficiente de Retorno.** El coeficiente de retorno es la fracción del agua de uso doméstico servida (dotación neta) entregada como el agua negra al sistema de recolección y evacuación de aguas residuales.

De acuerdo a la complejidad del sistema, en la sección D.3.2.2.1, numeral 4 del RAS, establece los siguientes valores para dicho coeficiente, así:

**Cuadro 41.***Coefficiente de Retorno*

<b>NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA</b>	<b>COEFICIENTE DE RETORNO</b>
Bajo y Medio	0.7 - 0.8
Medio Alto y Alto	0.8 - 0.85

**Fuente.** Reglamento de agua potable y saneamiento básico R.A.S.

De acuerdo con el Nivel de Complejidad del Sistema alto, se optó un valor para el coeficiente de retorno de 0.85.

**Caudal medio diario de aguas residuales.** Caudal medio diario ( $Q_{md}$ ). El caudal medio diario es la suma de los distintos tipos de aportes.

**Caudal máximo horario.** El caudal máximo horario es la base para establecer el caudal de diseño de una red de colectores de un sistema de recolección y evacuación de aguas residuales. El caudal máximo horario del día máximo se estima a partir del caudal final medio diario, mediante el uso de un factor de mayoración F literal D.3.2.3

$$Q_{MH} = F * Q_{md}$$

**Factor de Mayoración (F).** El factor de Mayoración para estimar el caudal máximo horario, con base en el caudal medio diario, tiene en cuenta las variaciones en el consumo de agua por parte de la población. El valor del factor disminuye en la medida en que el número de habitantes considerado aumenta, pues el uso del agua se hace cada vez más heterogéneo y a la

red de colectores puede contribuir cada vez más a amortiguar los flujos. Relaciones aproximadas como las de Harmon, válidas para poblaciones de 1.000 a 1.000.000 habitantes.

$$F = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P}} \quad (\text{Ecuación D.3.4})$$

En donde:

F = Coeficiente de Harmon

P = Población servida, en miles de habitantes.

El valor de F debe estar en el rango entre 1.4 y 4.0

**Caudal de diseño.** El caudal de diseño da cada tramo de la red se obtiene sumando al caudal máximo horario del día máximo QMH, los aportes por infiltraciones y conexiones herradas. Literal D.3.2.5 del RAS 2000.

$$QDT = QMH + QINF + QCE$$

**Caudal por infiltración ( $Q_{INF}$ ).** De acuerdo el numeral D.3.2.2.7 del RAS, es inevitable la infiltración de aguas superficiales a las redes de sistemas de alcantarillados sanitarios, principalmente freáticas, a través de fisuras en los colectores, en juntas ejecutadas deficientemente, en unión de colectores con pozos de inspección y demás estructuras. Por lo tanto, el valor de los aportes por infiltración se hará de acuerdo con la complejidad del sistema, así:

**Cuadro 42.***Caudal por infiltración ( $Q_I$ )*

<b>Nivel de Complejidad del sistema</b>	<b>Infiltración Alta (l/s * Ha)</b>	<b>Infiltración Media (l/s * Ha)</b>	<b>Infiltración Baja (l/s * Ha)</b>
Bajo y Medio	0.15 - 0.40	0.10 - 0.30	0.05 - 0.20
Medio alto y Alto	0.15 - 0.40	0.10 - 0.30	0.05 - 0.20

**Fuente:** Autores del proyecto

Dado que el Nivel de Complejidad del Sistema es alto, se adopta un valor correspondiente a una infiltración alta, o sea, que  $Q_{INF} = 0.40 \text{ lts/s * Ha}$ .

**Caudal por conexiones erradas ( $Q_{CE}$ ).** Para el diseño se debe considerar los aportes de aguas lluvias al sistema de alcantarillado sanitario, provenientes de malas conexiones de bajantes de techos y patios. De acuerdo a la complejidad del sistema los aportes por conexiones erradas, sin sistema pluvial, se indican en la siguiente tabla D.3.6 del RAS

**Cuadro 43.***Caudal por conexiones erradas ( $Q_{CE}$ ).*

<b>Nivel de Complejidad del sistema</b>	<b>Aporte (l/s-Ha)</b>
Bajo y Medio	2.0
Medio Alto y Alto	2.0

**Fuente:** RAS 2000



Como la población en estudio carece de un sistema de alcantarillado pluvial y sus condiciones actuales no le permite construir esta obra de tal magnitud, en razón de ello, el RAS establece un aporte de 2.0 lts/seg\*Ha.

Con base en la población determinada al año horizonte del proyecto, el coeficiente de Harmon para esa población y los valores asumidos para el caudal por infiltración y por conexiones erradas, se determina el caudal de diseño, así:

$$QDT = QMH + QINF + QCE$$

Este caudal es el correspondiente a las contribuciones acumuladas que llegan al tramo hasta el pozo de inspección inferior. Se asumió 1.50 l/seg como caudal de diseño cuando el calculado mediante fórmula sea inferior a este valor.

**Selección del tipo de tubería.** Para el diseño de sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales se deben utilizar los materiales más apropiados teniendo en cuenta las características de las aguas residuales, las cargas externas actuantes (incluida amenaza sísmica) las condiciones de abrasión, corrosión, generación de sulfuros, etc., por ello optamos una tubería en PVC. La cual debe cumplir las especificaciones técnicas correspondientes de ICONTEC o en su defecto las que señale el RAS 2000.

**Calculo hidráulico de la tubería.** Todos los tramos del alcantarillado sanitario fueron diseñados para trabajar a flujo libre. Para efectos del dimensionamiento de las tuberías el flujo

fue asumido como uniforme y permanente, consideración que nos permite decir que las características del fluido permanecen constante en tiempo y espacio, para estas condiciones, la lámina de agua es paralela al fondo de la tubería y la velocidad es constante a lo largo del trayecto, es decir, que la línea de energía es paralela a la lámina de agua, la anterior hipótesis se puede adoptar con seguridad para tuberías con diámetros inferior a 24" y el en presente diseño no se superaron las 8".

El diseño hidráulico se realizó utilizando la ecuación de Manning y unas hojas de cálculo programadas en Excel particularmente para este proyecto que se ajustan a las normas establecidas por el RAS 2000. Se anexan los cálculos y resultados del diseño y una descripción de la utilización de la mencionada hoja de cálculo.

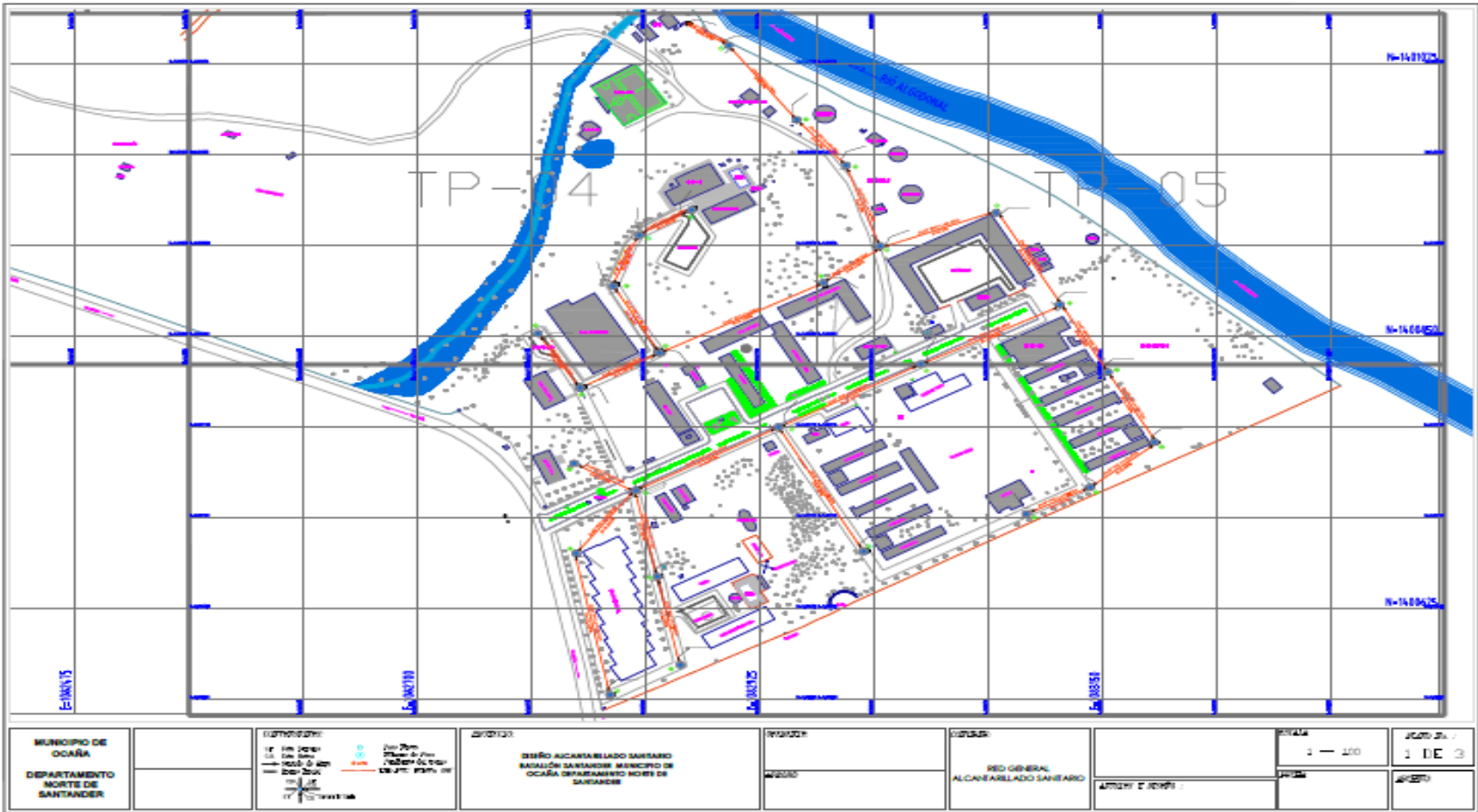


Figura 22. Vista en planta

Fuente: Autores del proyecto

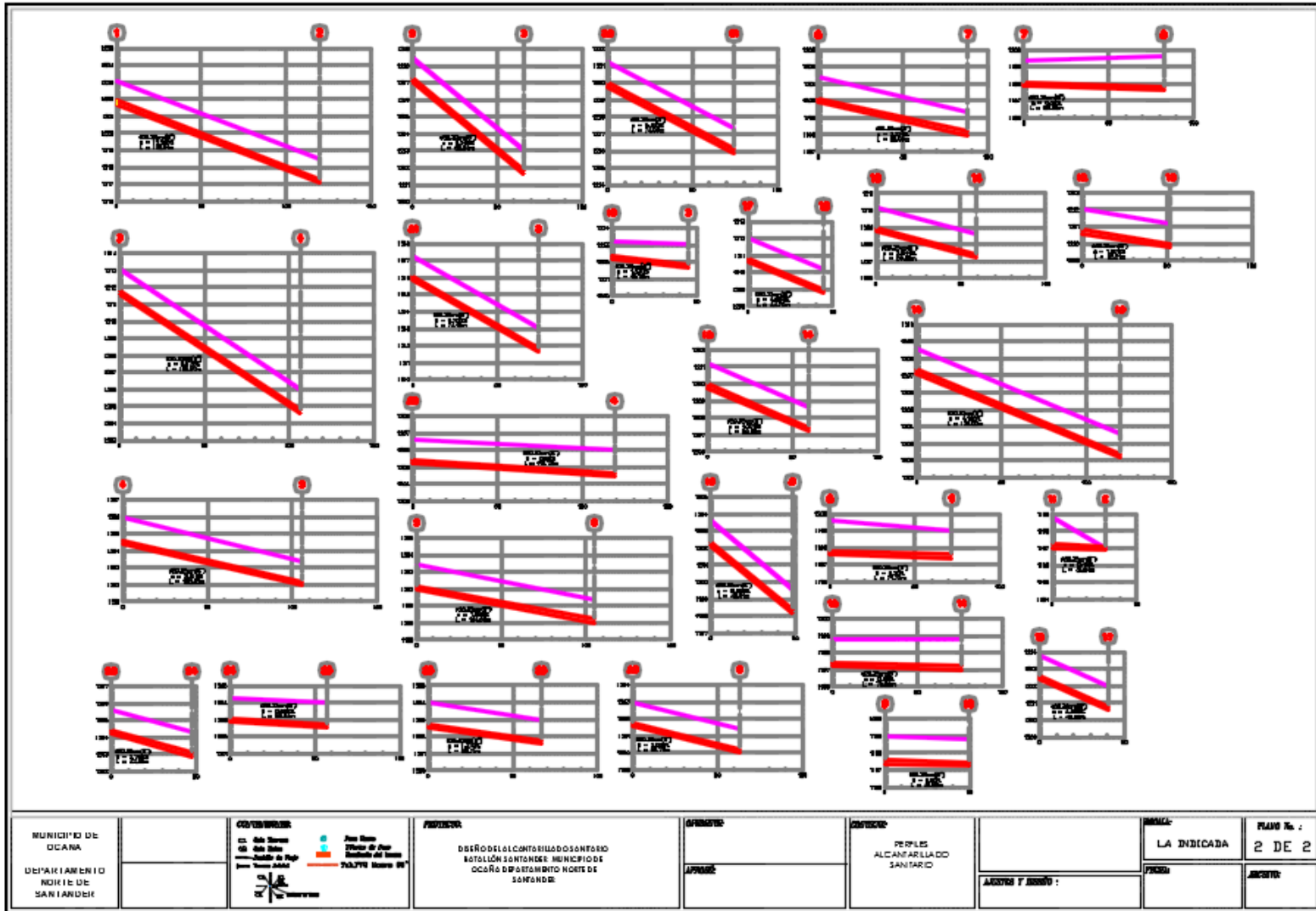


Figura 23. Perfil de los tramos

Fuente: Autores del proyecto

**Cuadro 44.**

*Calculo de los caudales de diseño del alcantarillado sanitario*

CALCULO DE LOS CAUDALES DE DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO										
TRAMO		AREA TOTAL	POBLACION	CAUDAL MEDIO DIARIO	F	CAUDAL MAXIMO HORARIO	CAUDAL POR CONEXIONES ERRADAS QCE	CAUDAL POR INFILTRACION QINF	CAUDAL DE DISEÑO	
DE:	A:								CALCULADO	ADOPTADO
1	2	0,15	45	0,062	4,00	0,25	0,30	0,06	0,61	1,50
2	3	0,15	45	0,062	4,00	0,25	0,30	0,06	0,61	1,50
20	21	0,40	94	0,150	4,00	0,60	0,80	0,16	1,56	1,56
21	3	0,45	179	0,271	4,00	1,08	0,90	0,18	2,16	2,16
19	3	0,03	12	0,009	4,00	0,04	0,06	0,01	0,11	1,50
3	4	0,67	236	0,341	4,00	1,37	1,34	0,27	2,97	2,97
22	4	0,20	315	0,450	4,00	1,80	0,40	0,08	2,28	2,28
4	5	0,93	563	0,794	3,95	3,14	1,86	0,37	5,37	5,37
5	6	1,12	563	0,794	3,95	3,14	2,24	0,45	5,83	5,83
23	24	0,04	2	0,001	4,00	0,00	0,08	0,02	0,10	1,50
24	25	0,04	2	0,001	4,00	0,00	0,08	0,02	0,10	1,50
25	26	0,16	302	0,443	4,00	1,77	0,32	0,06	2,16	2,16
26	6	0,24	702	0,941	3,89	3,66	0,48	0,10	4,24	4,24
6	7	1,36	1266	1,740	3,73	6,49	2,72	0,54	9,75	9,75
7	8	1,82	1296	1,784	3,72	6,64	3,64	0,73	11,00	11,00
16	17	0,28	50	0,081	4,00	0,33	0,56	0,11	1,00	1,50
17	18	0,28	50	0,081	4,00	0,33	0,56	0,11	1,00	1,50
18	14	0,38	70	0,109	4,00	0,44	0,76	0,15	1,35	1,50
12	13	0,15	30	0,041	4,00	0,17	0,30	0,06	0,53	1,50
13	14	0,15	30	0,041	4,00	0,17	0,30	0,06	0,53	1,50
14	15	0,57	100	0,150	4,00	0,60	1,14	0,23	1,97	1,97
15	8	0,57	208	0,238	4,00	0,95	1,14	0,23	2,32	2,32
8	9	2,39	1504	2,037	3,68	7,50	4,78	0,96	13,23	13,23
9	10	2,39	1504	2,037	3,68	7,50	4,78	0,96	13,23	13,23
10	11	2,39	1504	2,037	3,68	7,50	4,78	0,96	13,23	13,23
11	E	2,39	1505	2,084	3,68	7,67	4,78	0,96	13,40	13,40

**Fuente:** Autores del proyecto

**Cuadro 45.**

*Diseño hidráulico del alcantarillado sanitario (Chequeo hidráulico y empate por la línea de energía de los colectores)*

CHEQUEO HIDRAULICO Y EMPATE POR LA LINEA DE ENERGIA DE COLECTORES DEL ALCANTARILLADO SANITARIO																								
TRAMO DE:	A:	LONGITUD EN METROS	CAUDAL DE DISEÑO	PENDIENTE DE DISEÑO %	DIAMETRO NOMINAL		DIAMETRO NOMINAL		N	Q0	V0	Q/Q0	V/V0	d/D	R/R0	H/D	V	V2/2g	R	TAO	d	E	H	NF
					METROS	PULGADAS	PULGADAS	METROS																
1	2	119,54	1,50	3,915	0,042	1,67	8	0,182	0,009	72,97	2,805	0,02	0,362	0,124	0,315	0,067	1,015	0,053	0,014	5,5	0,023	0,075	0,012	2,94
2	3	65,84	1,50	8,220	0,037	1,45	8	0,182	0,009	105,73	4,064	0,01	0,292	0,092	0,239	0,041	1,187	0,072	0,011	8,8	0,017	0,089	0,007	4,39
20	21	74,06	1,56	5,310	0,041	1,60	8	0,182	0,009	84,98	3,267	0,02	0,362	0,124	0,315	0,067	1,182	0,071	0,014	7,5	0,023	0,094	0,012	3,42
21	3	74,19	2,16	5,702	0,045	1,78	8	0,182	0,009	88,06	3,385	0,02	0,362	0,124	0,315	0,067	1,225	0,077	0,014	8,0	0,023	0,099	0,012	3,54
19	3	45,18	1,50	1,230	0,053	2,07	8	0,182	0,009	40,90	1,572	0,04	0,427	0,165	0,410	0,102	0,671	0,023	0,019	2,3	0,030	0,053	0,019	1,57
3	4	106,67	2,97	6,572	0,050	1,96	8	0,182	0,009	94,54	3,634	0,03	0,400	0,148	0,370	0,086	1,454	0,108	0,017	10,9	0,027	0,135	0,016	3,71
22	4	118,72	2,28	0,650	0,069	2,74	8	0,182	0,009	29,73	1,143	0,08	0,505	0,220	0,530	0,151	0,577	0,017	0,024	1,5	0,040	0,057	0,027	1,11
4	5	105,82	5,37	2,310	0,076	2,97	8	0,182	0,009	56,05	2,154	0,10	0,540	0,248	0,586	0,170	1,163	0,069	0,027	6,0	0,045	0,114	0,031	2,11
5	6	104,60	5,83	1,858	0,081	3,19	8	0,182	0,009	50,27	1,932	0,12	0,570	0,270	0,630	0,188	1,101	0,062	0,029	5,2	0,049	0,111	0,034	1,90
23	24	47,55	1,50	2,760	0,045	1,78	8	0,182	0,009	61,27	2,355	0,02	0,362	0,124	0,315	0,067	0,853	0,037	0,014	3,9	0,023	0,060	0,012	2,46
24	25	56,94	1,50	0,650	0,059	2,34	8	0,182	0,009	29,73	1,143	0,05	0,453	0,182	0,449	0,116	0,518	0,014	0,020	1,3	0,033	0,047	0,021	1,14
25	26	66,71	2,16	1,370	0,059	2,33	8	0,182	0,009	43,16	1,659	0,05	0,453	0,182	0,449	0,116	0,752	0,029	0,020	2,7	0,033	0,062	0,021	1,65
26	6	62,79	4,24	2,516	0,068	2,68	8	0,182	0,009	58,50	2,248	0,07	0,492	0,210	0,510	0,140	1,106	0,062	0,023	5,7	0,038	0,101	0,025	2,21
6	7	89,09	9,75	2,214	0,095	3,75	8	0,182	0,009	54,87	2,109	0,18	0,634	0,323	0,729	0,236	1,337	0,091	0,033	7,2	0,059	0,150	0,043	2,06
7	8	82,28	11,00	0,300	0,145	5,71	8	0,182	0,009	20,20	0,776	0,54	0,870	0,588	1,107	0,487	0,675	0,023	0,050	1,5	0,107	0,130	0,089	0,72
16	17	40,39	1,50	4,520	0,041	1,63	8	0,182	0,009	78,40	3,014	0,02	0,362	0,124	0,315	0,067	1,091	0,061	0,014	6,4	0,023	0,083	0,012	3,15
17	18	44,70	1,50	4,004	0,042	1,66	8	0,182	0,009	73,79	2,836	0,02	0,362	0,124	0,315	0,067	1,027	0,054	0,014	5,6	0,023	0,076	0,012	2,97
18	14	59,39	1,50	2,644	0,046	1,80	8	0,182	0,009	59,97	2,305	0,03	0,400	0,148	0,370	0,086	0,922	0,043	0,017	4,4	0,027	0,070	0,016	2,35
12	13	52,21	1,50	1,570	0,050	1,98	8	0,182	0,009	46,21	1,776	0,03	0,400	0,148	0,370	0,086	0,710	0,026	0,017	2,6	0,027	0,053	0,016	1,81
13	14	59,39	1,50	4,370	0,042	1,64	8	0,182	0,009	77,09	2,963	0,02	0,362	0,124	0,315	0,067	1,073	0,059	0,014	6,1	0,023	0,081	0,012	3,10
14	15	120,00	1,97	4,160	0,046	1,83	8	0,182	0,009	75,22	2,891	0,03	0,400	0,148	0,370	0,086	1,156	0,068	0,017	6,9	0,027	0,095	0,016	2,95
15	8	48,01	2,32	8,350	0,043	1,71	8	0,182	0,009	106,56	4,096	0,02	0,362	0,124	0,315	0,067	1,483	0,112	0,014	11,7	0,023	0,135	0,012	4,29
8	9	71,74	13,23	0,300	0,155	6,12	8	0,182	0,009	20,20	0,776	0,66	0,927	0,666	1,160	0,585	0,720	0,026	0,053	1,6	0,121	0,148	0,106	0,70
9	10	49,59	13,23	0,300	0,155	6,12	8	0,182	0,009	20,20	0,776	0,66	0,927	0,666	1,160	0,585	0,720	0,026	0,053	1,6	0,121	0,148	0,106	0,70
10	11	76,00	13,23	0,300	0,155	6,12	8	0,182	0,009	20,20	0,776	0,66	0,927	0,666	1,160	0,585	0,720	0,026	0,053	1,6	0,121	0,148	0,106	0,70
11	E	31,64	13,40	0,450	0,145	5,70	8	0,182	0,009	24,74	0,951	0,54	0,870	0,588	1,107	0,487	0,827	0,035	0,050	2,2	0,107	0,142	0,089	0,89

CHEQUEO HIDRAULICO Y EMPATE POR LA LINEA DE ENERGIA DE COLECTORES DEL ALCANTARILLADO SANITARIO											
COTA RASANTE		COTA CLAVE		COTA BATEA		COTA LAMINA		COTA ENERGIA		PROF A CLAVE	
DE:	A:	DE:	A:	DE:	A:	DE:	A:	DE:	A:	DE:	A:
1223,10	1218,50	1221,90	1217,22	1221,72	1217,04	1221,74	1217,06	1221,79	1217,11	1,20	1,28
1218,50	1213,05	1217,205	1211,79	1217,02	1211,61	1217,04	1211,63	1217,11	1211,70	1,29	1,26
1221,20	1217,30	1220,00	1216,07	1219,82	1215,89	1219,84	1215,91	1219,91	1215,98	1,20	1,23
1217,30	1213,05	1216,05	1211,82	1215,86	1211,63	1215,89	1211,66	1215,96	1211,73	1,25	1,23
1213,20	1213,05	1212,40	1211,84	1212,58	1212,03	1212,61	1212,06	1212,63	1212,08	0,80	1,21
1213,05	1206,00	1211,77	1204,76	1211,59	1204,58	1211,62	1204,61	1211,73	1204,72	1,28	1,24
1206,60	1206,00	1205,40	1204,63	1205,22	1204,45	1205,26	1204,49	1205,28	1204,50	1,20	1,37
1206,00	1203,40	1204,62	1202,17	1204,43	1201,99	1204,48	1202,03	1204,55	1202,10	1,38	1,23
1203,40	1201,40	1202,13	1200,19	1201,95	1200,00	1202,00	1200,05	1202,06	1200,11	1,27	1,21
1205,60	1204,30	1204,40	1203,09	1204,22	1202,91	1204,24	1202,93	1204,28	1202,97	1,20	1,21
1204,30	1204,00	1203,07	1202,70	1202,89	1202,52	1202,92	1202,55	1202,94	1202,57	1,23	1,30
1204,00	1203,00	1202,70	1201,79	1202,52	1201,60	1202,55	1201,64	1202,58	1201,66	1,30	1,21
1203,00	1201,40	1201,77	1200,19	1201,58	1200,00	1201,62	1200,04	1201,68	1200,10	1,23	1,21
1201,40	1199,38	1200,14	1198,17	1199,96	1197,99	1200,02	1198,05	1200,11	1198,14	1,26	1,21
1199,38	1199,60	1198,19	1197,94	1198,00	1197,76	1198,11	1197,86	1198,13	1197,89	1,19	1,66
1213,80	1212,00	1212,60	1210,77	1212,42	1210,59	1212,44	1210,61	1212,50	1210,68	1,20	1,23
1212,00	1210,20	1210,76	1208,97	1210,58	1208,79	1210,60	1208,81	1210,65	1208,86	1,24	1,23
1210,20	1208,60	1208,96	1207,39	1208,77	1207,20	1208,80	1207,23	1208,84	1207,27	1,24	1,21
1212,00	1211,20	1210,80	1209,98	1210,62	1209,80	1210,64	1209,83	1210,67	1209,85	1,20	1,22
1211,20	1208,60	1209,97	1207,37	1209,79	1207,19	1209,81	1207,22	1209,87	1207,27	1,23	1,23
1208,60	1203,60	1207,36	1202,37	1207,18	1202,19	1207,21	1202,21	1207,27	1202,28	1,24	1,23
1203,60	1199,60	1202,35	1198,34	1202,17	1198,16	1202,19	1198,18	1202,30	1198,29	1,25	1,26
1199,60	1199,00	1197,92	1197,70	1197,73	1197,52	1197,86	1197,64	1197,88	1197,67	1,68	1,30
1199,00	1198,80	1197,70	1197,55	1197,51	1197,37	1197,64	1197,49	1197,66	1197,51	1,30	1,25
1198,80	1198,80	1197,54	1197,31	1197,36	1197,13	1197,48	1197,25	1197,51	1197,28	1,26	1,49
1198,80	1197,00	1197,32	1197,17	1197,13	1196,99	1197,24	1197,10	1197,28	1197,13	1,48	-0,17

PERDIDAS PARA LOS TRAMOS EN FLUJO SUBCRITICO					
TRAMO		h transicion	Rc/D	h cambio de direccion	h total
DE:	A:				
7	8	0,002	mayor a 3,0	0,0012	0,0032
8	9	0,003		0,0013	0,0043
9	10	0,004		0,0013	0,0053
10	11	0,002		0,0013	0,0033
11	E				

UNION DE LOS COLECTORES EN REGIMEN SUPERCRITICO						
TRAMO		Dp/Ds	coef K	NUM D SUME	ENTRADA NO SUMERGIDA	Hw
DE:	A:					
1	2	6,593	1,2	0,03	SI	0,04
2	3	6,593	1,2	0,03	SI	0,04
20	21	6,593	1,2	0,04	SI	0,04
21	3	6,593	1,2	0,05	SI	0,05
19	3	6,593	1,2	0,03	SI	0,04
3	4	6,593	1,2	0,07	SI	0,06
22	4	6,593	1,2	0,05	SI	0,05
4	5	6,593	1,2	0,12	SI	0,09
5	6	6,593	1,2	0,13	SI	0,09
23	24	6,593	1,2	0,03	SI	0,04
24	25	6,593	1,2	0,03	SI	0,04
25	26	6,593	1,2	0,05	SI	0,05
26	6	6,593	1,2	0,10	SI	0,08
6	7	6,593	1,2	0,22	SI	0,13
7	8	6,593	1,2	0,25	SI	0,15
16	17	6,593	1,2	0,03	SI	0,04
17	18	6,593	1,2	0,03	SI	0,04
18	14	6,593	1,2	0,03	SI	0,04
12	13	6,593	1,2	0,03	SI	0,04
13	14	6,593	1,2	0,03	SI	0,04
14	15	6,593	1,2	0,04	SI	0,04
15	8	6,593	1,2	0,05	SI	0,05
8	9	6,593	1,2	0,30	SI	0,17
9	10	6,593	1,2	0,30	SI	0,17
10	11	6,593	1,2	0,30	SI	0,17
11	E	6,593	1,2	0,30	SI	0,17

COTAS CONSTRUCTIVAS A LA ENTRADA Y SALIDA DEL POSO							
TRAMO		COTA CLAVE		COTA BATEA		PROF A CLAVE	
DE:	A:	DE:	A:	DE:	A:	DE:	A:
1	2	1221,88	1217,24	1221,69	1217,06	1,22	1,26
2	3	1217,16	1211,84	1216,97	1211,66	1,34	1,21
20	21	1219,97	1216,10	1219,79	1215,92	1,23	1,20
21	3	1216,01	1211,85	1215,83	1211,67	1,29	1,20
19	3	1212,39	1211,85	1212,57	1212,03	0,81	1,20
3	4	1211,73	1204,80	1211,55	1204,62	1,32	1,20
22	4	1205,40	1204,63	1205,21	1204,45	1,20	1,37
4	5	1204,60	1202,19	1204,42	1202,00	1,40	1,21
5	6	1202,12	1200,20	1201,94	1200,01	1,28	1,20
23	24	1204,38	1203,10	1204,20	1202,92	1,22	1,20
24	25	1203,07	1202,71	1202,89	1202,52	1,23	1,29
25	26	1202,69	1201,79	1202,51	1201,61	1,31	1,21
26	6	1201,75	1200,20	1201,57	1200,02	1,25	1,20
6	7	1200,13	1198,18	1199,95	1198,00	1,27	1,20
7	8	1198,18	1197,94	1198,00	1197,76	1,20	1,66
16	17	1212,57	1210,80	1212,39	1210,62	1,23	1,20
17	18	1210,74	1208,99	1210,55	1208,81	1,26	1,21
18	14	1208,94	1207,40	1208,76	1207,22	1,26	1,20
12	13	1210,79	1209,99	1210,61	1209,81	1,21	1,21
13	14	1209,94	1207,40	1209,76	1207,22	1,26	1,20
14	15	1207,34	1202,39	1207,15	1202,21	1,26	1,21
15	8	1202,30	1198,39	1202,12	1198,21	1,30	1,21
8	9	1197,91	1197,70	1197,73	1197,52	1,69	1,30
9	10	1197,69	1197,55	1197,51	1197,37	1,31	1,25
10	11	1197,54	1197,32	1197,36	1197,13	1,26	1,48
11	E	1197,31	1197,18	1197,13	1196,99	1,49	-0,18

Fuente: Autores del proyecto



## **Descripción del procedimiento de cálculo**

**Recomendaciones generales:** las mismas dadas en el procedimiento de cálculo en la evaluación del alcantarillado existente.

### **Menú de la hoja de cálculo:**

**Contribuciones al sistema de alcantarillado:** las mismas dadas en la evaluación del alcantarillo existente.

**Cálculo de los caudales de diseño:** estos caudales fueron calculados de la misma manera descrita ya en el paso anterior, (evaluación del sistema de alcantarillado sanitario existente).

## **Diseño hidráulico y empate por la línea de energía de los colectores**

**Longitud:** Longitudes de cada tramo del colector de centro a centro del pozo.

**Caudal de diseño:** El definido anteriormente.

**Pendiente:** Pendientes de diseño de cada tramo, que serán aquellas para las cuales se cumplan con los parámetros mínimos de diseño, los cuales hacen referencia a la velocidad mínima, profundidad mínima y máxima a la cota clave, un régimen de flujo bien sea subcrítico o supercrítico pero en ningún caso un régimen crítico el cual es hallado con el número de Froude,

estas pendientes de diseño buscan en todos los casos además de cumplir con todos los parámetros de diseño definidos en el RAS 2000, obtener los menores volúmenes de excavación lo cual dejaría a la red de colectores lo más superficial posible haciendo así el proyecto lo más económico posible.

**Diámetro teórico:** Hallado con la ecuación de Manning  $D = 1.548 \left( \frac{n Q}{S^2} \right)^{\frac{3}{8}}$  el cual es mostrado en pulgadas y metros.

**Diámetro nominal:** Hace referencia al diámetro que deberá ser usado en el diseño, toma como base el diámetro teórico y lo ajusta al diámetro comercial más cercano siendo siempre mayor a 8 pulgadas o 0,182 m

**N:** El n de Manning es tomado con un valor de 0.009 por las consideraciones expuestas anteriormente.

**Qo:** Caudal a tubo lleno,  $Q_o = 0.312 \left( \frac{D^{3/8} * S^{1/2}}{n} \right)$

**Vo:** Velocidad a tubo lleno,  $V_o = \frac{Q_o}{A}$

Con La relación de caudal a tubo lleno y del caudal de diseño  $Q/Q_o$ , se encuentran las relaciones hidráulicas para conductos circulares, tabla 8.2 del libro ELEMENTOS DE DISEÑO PARA ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS, Ricardo Alfredo López Cualla 2ª edición. ( $V/V_o$ ,  $d/D$ ,  $R/R_o$ ,  $H/D$ ).

**V:** Velocidad real del flujo, encontrada al multiplicar la relación hidráulica  $V/V_0$ , por el valor de la velocidad a tubo lleno  $V_0$ , La velocidad mínima es de 0.45m/s y la velocidad máxima es de 5 m/s

**$V^2/2g$ :** Cabeza de velocidad, obtenida al elevar la velocidad al cuadrado y dividirla en el doble de la gravedad

**R:** Radio hidráulico de la sección de flujo, encontrado al multiplicar la relación hidráulica  $R/R_0$  por el valor de  $R_0$  (radio hidráulico a tubo lleno),

**TAO ( $\tau$ ):** Esfuerzo cortante, que junto con la velocidad mínima garantizan el comportamiento auto limpiante del flujo, y que resulta del producto del peso específico del agua, del radio hidráulico y de la pendiente del colector.

**d:** Altura de la lámina de agua, encontrada al multiplicar la relación hidráulica  $d/D$  por el valor del diámetro nominal en metros  $D$ .

**E:** Energía, igual a la suma de la cabeza de velocidad ( $V^2/2g$ ) y la altura de la lámina de agua ( $d$ )

**H:** Profundidad hidráulica de la sección de flujo, encontrada al multiplicar la relación hidráulica  $H/D$ , por el diámetro nominal en metros  $D$ .

**Nf:** Número de Froude, hallado para determinar el régimen de flujo, el cual debe ser o subcritico o supercrítico pero en ningún caso crítico, hallado como el cociente de la velocidad y la raíz cuadrada de la gravedad por la profundidad hidráulica

**Perdidas:** Halladas para determinar la pérdida de energía existente en la unión de colectores siempre y cuando se presentara un estado de régimen subcritico, en ellas tenemos las pérdidas por transición y pérdidas por curvatura, estas son sumadas para encontrar el valor de la pérdida total, cabe recalcar que no en todos los tramos donde se presentase un régimen subcritico

encontraríamos pérdidas por curvatura, en este caso la pérdida total sería igual solo a la pérdida por transición. Estas pérdidas son calculadas según recomendación del profesor Ricardo Alfredo López Cualla. Utilizando las formulas allí recomendadas.

**Cota rasante:** Es la cota del terreno, obtenida de la topografía existente.

**Cota clave:** Es la cota clave de la tubería, una a la salida y otra a la llegada del pozo. Para los tramos iniciales este valor tenemos que ingresarlo, solo a la salida, pues la llegada es calculado como cota clave de llegada menos la longitud del tramo por la pendiente del colector, Para los demás tramos, la hoja de cálculo calcula estos valores.

**Cota batea:** Es la cota batea de la tubería una a la salida y otra a la llegada del pozo. En los tramos iniciales es calculada como la cota clave menos el diámetro del colector, solo en la salida, pues la llegada es calculado como cota batea de llegada menos la longitud del tramo por la pendiente del colector, en los demás tramos depende del régimen de flujo y su cálculo varia de un caso al otro, cuando el régimen de flujo es supercrítico (como lo es en la mayoría de los tramos) la cota batea es calculada como: cota de lámina en el tramo inmediatamente anterior menos HW (caída en la estructura de unión), en el caso de presentarse más de un tramo afluente a un mismo colector, la batea de salida tomara la cota de lámina más baja de todos los tramos que concurren. Cuando el régimen de flujo es subcritico, la cota batea es calculada de manera diferente, (en este diseño se presentan pocos casos con esa situación) se calcula como: cota de energía del tramo menos la energía de dicho tramo. En caso de presentarse más de un tramo

afluente a un mismo colector, la batea de salida tomara la relación cota de energía menos energía del tramo que resulte menor.

Si a un colector concurren más de un tramo con diferente régimen de flujo, para el colector de salida la batea se tomara como aquella que resulte menor después de hacer los diferentes procedimientos para cada caso.

**Cota lamina:** Es la cota de la lámina de agua una a la salida y otra a la llegada del pozo, es calculada como la cota batea del tramo más la altura de la lámina de agua ( $d$ ) solo en la salida, pues en la llegada es calculado como cota de la lámina de agua de llegada menos la longitud del tramo por la pendiente del colector.

**Cota energía:** Es la cota de energía del colector una a la salida y otra a la llegada del pozo para los tramos iniciales y en los casos del flujo con régimen supercrítico es calculada como la cota batea más la energía de cada tramo En los casos donde se presentan régimen de flujo subcritico, la cota de energía es hallada con la cota de energía del tramo afluente menos las pérdidas de la unión, es caso de tener más de un colector afluente se trabajara con aquel que presente la menor relación al restar de la cota de energía las perdidas en la unión de dicho colector con la tubería de salida. , solo en la salida, pues en la llegada es calculado como cota de energía de llegada menos la longitud del tramo por la pendiente del colector. Sea cual sea el régimen de flujo.

**Profundidad a clave:** es la profundidad a la cota clave de la tubería calculada como la cota rasante menos la cota clave, a la salida y llegada del pozo.

**Cotas constructivas a entrada y salida del pozo.**

**Cota clave:** para la salida: cota clave del tramo, menos el producto de la pendiente por la mitad del diámetro del pozo (0,60 m). Para la llegada: cota clave del tramo, más el producto de la pendiente por la mitad del diámetro del pozo (0,60 m).

**Cota batea:** para la salida: cota batea del tramo, menos el producto de la pendiente por la mitad del diámetro del pozo (0,60 m). Para la llegada: cota batea del tramo, más el producto de la pendiente por la mitad del diámetro del pozo (0,60 m).

**Profundidad a clave:** para la salida: profundidad a clave del tramo, más el producto de la pendiente por la mitad del diámetro del pozo (0,60 m). Para la llegada: profundidad a clave del tramo, menos el producto de la pendiente por la mitad del diámetro del pozo (0,60 m).

**Unión de los colectores en régimen supercrítico.** Dependiendo del caudal y el diámetro de la tubería de salida puede o no sumergirse la entrada de este, Cuando la entrada no se sumerge (que es nuestro caso) se puede usar la ecuación:

$$\frac{H_w}{\phi} = K \left( \frac{H_c}{\phi} + \frac{H_e}{\phi} \right)$$

Válida para valores de

$$\frac{Q_d}{\phi^2 \sqrt{\phi g}} < 0.62$$

Donde,

**H<sub>c</sub>**= Energía específica para las condiciones de flujo crítico

$$H_c = Y_c + \frac{V_c^2}{2g}$$

**H<sub>e</sub>**= Incremento de la cabeza debido a las pérdidas y que empíricamente se ha encontrado igual

a:

$$\frac{H_e}{\phi} = 0.589 \left( \frac{Q_d}{\phi^2 \sqrt{\phi g}} \right)^{2.67}$$

**D<sub>p</sub>/D<sub>s</sub>**: relación del diámetro del pozo y diámetro de salida del colector, que para todos los tramos resulta la misma, debido a que todos los pozos son de 1,20 m y los diámetros de las tuberías son todas iguales a 0,182m. D<sub>p</sub>/D<sub>s</sub>: 6,593

**Coefficiente K**: Coeficiente que depende de la relación entre el diámetro del pozo y el diámetro de la tubería D<sub>p</sub>/D<sub>s</sub> usando la tabla D.A.3 DEL RAS 2000 se obtiene el valor del coeficiente K, el cual fue de 1.2 para todos los casos (Ver Cuadro 10).

**Numero de sumergencia**: calculado para determinar si la entrada es o no sumergida,

$$\frac{Q_d}{\phi^2 \sqrt{\phi g}} < 0.62$$

Con el valor del número de sumergencia entramos a la tabla 14.40 del libro elementos de diseño para acueductos y alcantarillados del ingeniero Ricardo Alfredo López Cualla y determinamos el valor de  $H_w/D_s$  el cual debe multiplicarse por el valor de  $K$  determinado, esta grafica representa una simplificación de las formulas planteadas y es una alternativa válida para el cálculo de este parámetro  $H_w$ .

### **Diseño del sistema de bombeo.**

Buscando una solución a este problema diseñaremos un sistema de bombeo independiente para la institución militar, volviendo así a la primera forma de abastecimiento con la que conto el Batallón Santander.

**Diseño del sistema de bombeo de agua tratada desde la planta de tratamiento al tanque del Batallón Santander.** La estación de bombeo propuesta constara de dos motobombas centrifugas horizontales una de las cuales operara como unidad de suplencia con capacidad cada una para el bombeo del caudal requerido.

Las motobombas operaran 9 horas diarias, en tres turnos así:

TURNO	PERIODO
1	3:00 - 6:00
2	10:30 - 13:30
3	18:00 - 21:00

Siendo estas horas las estimadas con mayores consumos debido a la naturaleza misma de la institución militar.



El caudal de bombeo fue estimado en 8,3 LPS según evaluación de consumos realizados por los autores del proyecto (ver Cuadro 7), se estima que el valor bombeado al batallón es de 269 m<sup>3</sup>/día

Contra una altura dinámica total media de 37,86 mts más o menos 2 mts las bombas serán del tipo de succión axial y entrega radial, acopladas directamente por cuopling flexible a sendos motores eléctricos trifásicos de 220/440 volts, 60 Hertz, 3500 RPM de 7,5 hp el grupo de motor bomba estará montado conjuntamente sobre la loza de cubierta del tanque de aguas claras, en un espacio adjunto a la galería de conductos de los filtros.

Las bombas seleccionadas pueden ser iguales o similares al modelo AZ 1 1/2x2x7A de HIDROMAC

Las tuberías individuales de succión y descarga de las bombas son de 4 pulgadas disponiendo cada una de válvulas de compuerta para control y/o corte del flujo cuando así sea requerido por efectos de operación y/o mantenimiento, en el lado de la succión se dispone de una válvula de pie con coladera de 4 pulgadas y en la descarga de una válvula de retención o check de diámetro de 4 pulgadas, para prevención del reflujos y retención de la columna de agua cuando se interrumpa el Bombeo.

**Tanque de almacenamiento aguas claras.** Este bombeo será realizado del tanque de la planta de tratamiento del algodonal el mismo que actualmente es usado para bombear agua tratada a la ciudad y cuyas especificaciones se dieron anteriormente.

**Tanque de almacenamiento batallón Santander.** El tanque es una estructura cilíndrica de acero, con base cónica con un diámetro de 4 metros y una altura útil promedio de 6 metros, con capacidad para almacenar 100 m<sup>3</sup>.

**Tubería de impulsión del Bombeo.** La tubería de impulsión del Bombeo se ha determinado en un diámetro de 4 pulgadas con una longitud planimetría de 530 metros. La línea se prevé en tubería de PVC de 4 pulgadas de presión RDE= 21, Presión de trabajo = 200 psi

La ruta de la línea se inicia a la salida de la estación de bombeo, para tomar la parte trasera de la cancha de futbol del BISAN Y enrumbar por el costado izquierdo de los alojamientos de la MOVIL 15 y el BAE 10, pasando por detrás de la iglesia, luego a un costado de los alojamientos del Santander donde se desvía un poco hacia la derecha para así tomar camino hacia su entrega en el tanque aéreo del Batallón.

### **Memoria de cálculo**

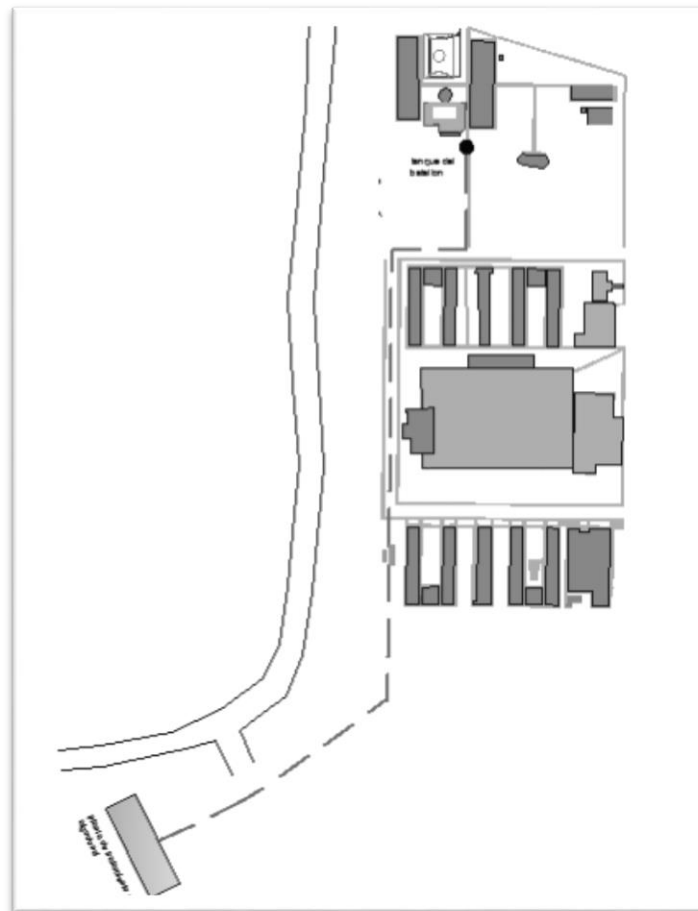
Periodo de diseño:	30 años
Caudal máximo diario:	3.1 LPS
Número total de horas de bombeo al día:	9 horas
Altura sobre el nivel del mar:	1200 msnm
Temperatura del agua:	15 °C
Tubería de PVC:	C: 150

**Caudal de diseño.** El porcentaje de utilización de la bomba al día es:

$$\frac{\text{numero de horas de bombeo al dia}}{24} = \frac{9}{24} * 100 = 37,5 \%$$

El caudal de diseño es entonces:

$$Q_{\text{diseño}} = \frac{0,0031}{24 \cdot 0,375} = 0,0083 \text{ m}^3/\text{s}$$



**Figura 24.** Planimetría bombeo

**Fuente:** Autores del proyecto

**Diámetro de impulsión**

$$Di = 1.2 \left( \frac{t}{24} \right)^{0.25} \sqrt{Q^2}$$

$$Di = 1.2 \left( \frac{9}{24} \right)^{0.25} \sqrt{0.0083^2}$$

$$Di = 0.086 \text{ mts} = 3,39 \text{ pulg}$$

$$Di = 4.0 \text{ pulg} = 0.1016 \text{ mts}$$

**Velocidad de la tubería de impulsión.**

$$Vi = \frac{Q}{A}$$

$$Vi = \frac{0.0083 * 4}{\pi * 0.1016^2}$$

$$Vi = 1.02 \text{ m/s}$$

Valor mayor que 1.0 y menor a 6.0. Según recomendación del RAS 2000 B.4.8.3  
(velocidades en tuberías de impulsión).

**Diámetro de la succión.** El diámetro de la tubería de succión se determina tomando el mismo diámetro de la tubería de impulsión o un diámetro comercial superior, en este caso, tomaremos el mismo diámetro, con la finalidad de cumplir con los requisitos de velocidad máxima permitida y evitar el posible fenómeno de cavitación debido a altas velocidades.

$$Dsuc = 4.0 \text{ pulg} = 0.1016 \text{ mts}$$

**Velocidad de la tubería de succión.**

$$V_i = \frac{Q}{A}$$

$$V_i = \frac{0.0083 * 4}{\pi * 0.1016^2}$$

$$V_i = 1,02 \text{ m/s}$$

Valor menor que el máximo Según recomendación del RAS 2000. En su tabla B.8.2

#### **Cuadro 46.**

*Velocidad máxima aceptable en la tubería de succión, según el diámetro.*

<b>Diametro de la Tubería de Succión</b>	<b>Velocidad Máxima</b>
50 mm	0,75 m/s
75 mm	1,00 m/s
100 mm	1,30 m/s
150 mm	1,45 m/s
200 mm	1,60 m/s
250 mm	1,60 m/s
300 mm	1,70 m/s
Mayor que 400 mm	1,80 m/s

**Fuente:** Autores del proyecto

#### **Sumergencia**

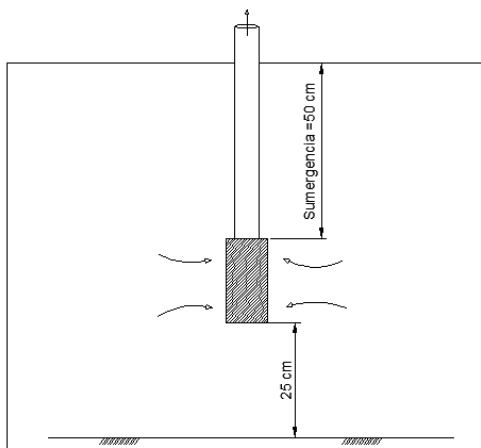
$$S = 2.5 D_s + 0.1$$

$$S = 2.5 (0.1016) + 0.1$$

$$S = 0.354 \text{ mts}$$

Pero  $S_{min} = 0.50 \text{ mts}$  según recomendación del RAS 2000 (la sumergencia mínima de la tubería de succión debe ser mayor que dos veces su diámetro, pero nunca inferior a 0.50 metros)

También se recomienda que la distancia entre las paredes laterales o el fondo del pozo a la coladera este entre 0.5 y 1.5 veces el diámetro de la tubería de succión, con un mínimo de 25 cm.



**Figura 25.** Sumergencia y distancia a fondo y/o paredes laterales.

**Fuente:** Autores del proyecto

#### **Calculo de la altura dinámica de elevación.** Altura estática total

Altura estática de succión: 2.10 mts

Altura estática de impulsión: 30 mts

Altura estática total: 32.10 mts

**Perdidas en la succión.** Se calculan por longitudes equivalentes, utilizando las longitudes dadas en la tabla 7.6 del libro Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados del ingeniero Ricardo Alfredo López Cualla.

Válvula de pie con coladera 23 mts

Codo de radio corto a 90° 3.4 mts

Reducción excéntrica	0.61 mts
Entrada (borda)	3.2 mts
Longitud de tubería recta	2.70 mts
Longitud equivalente total	32.91 mts

Utilizando la ecuación de Hazen-Williams

$$Q = 0.2785 * C * D^{2.63} * J^{0.54}$$

Despejando la pérdida de carga total

$$J = 0.0096 \text{ m/m}$$

Perdidas en la succión

$$0.0096 \text{ m/m} * 32,91 \text{ mts} = 0,31 \text{ mts}$$

Perdidas en la impulsión

Expansión concéntrica	1,22 mts
Válvula de retención horizontal	12,9 mts
Válvula de cortina	0.7mts
Codo de radio largo	10,5 mts
Te con cambio de dirección	6,7 mts
Longitud de tubería	530 mts
Longitud equivalente total	562,02 mts

Utilizando la ecuación de Hazen-Williams

$$Q = 0.2785 * C * D^{2.63} * J^{0.54}$$

Despejando la pérdida de carga total (J)

$$J = 0.0096 \text{ m/m}$$

Perdidas en la impulsión

$$0.0096 \text{ m/m} * 562,02 \text{ mts} = 5,4 \text{ mts}$$

Altura de velocidad en la descarga

$$\frac{Vd^2}{2g} = \frac{1,02^2}{2 * 9.81} = 0,053$$

Altura dinámica total de elevación **37,86 mts**

Con los valores de caudal y la altura dinámica de elevación se seleccionó la bomba a partir de las curvas características suministradas por los fabricantes a continuación presentaremos las curvas características para las bombas del tipo AZ 1 1/2x2x7A de HIDROMAC

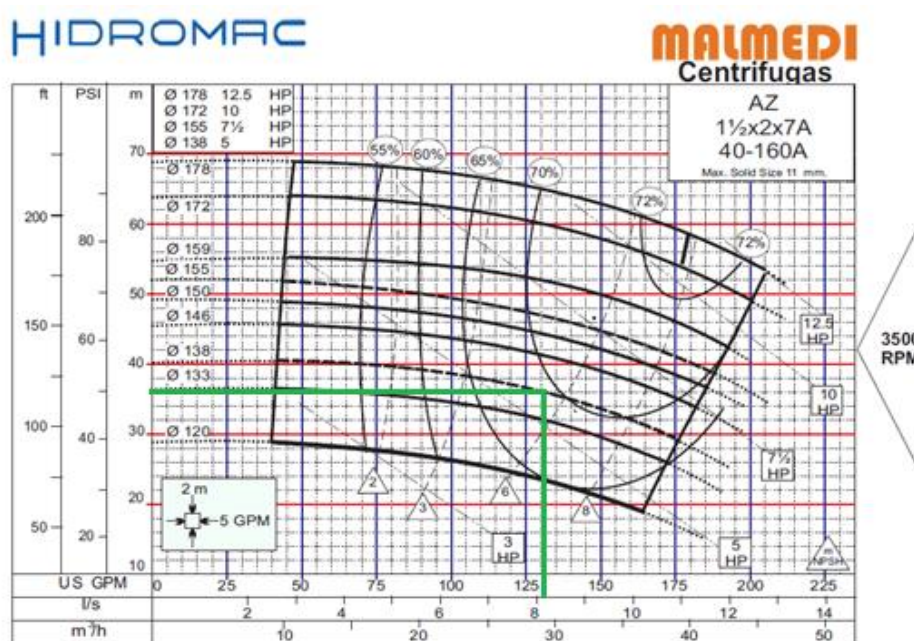


Figura 26. Hidromac

Fuente: Autores del proyecto



Con el valor de caudal 8,3 lps, que equivale a 29,88 m<sup>3</sup>/h y la altura dinámica de elevación de 37,86 metros se seleccionó la curva de la anterior grafica cuyos valores correspondientes se escriben a continuación:

**Cuadro 47.**

*Caudal Vs Altura Dinámica de la curva característica de la bomba Hidromac*

<b>Q (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Altura Dinamica</b>
0,0065	38,5
0,0075	38,0
0,0080	37,5
0,0090	37,2
0,0100	35,0
0,0110	30,0

**Fuente:** Hidromac

El NPSHr es de 5 mts la velocidad del rotor es de 3500 RPM y trabajara bajo una eficiencia del 70%

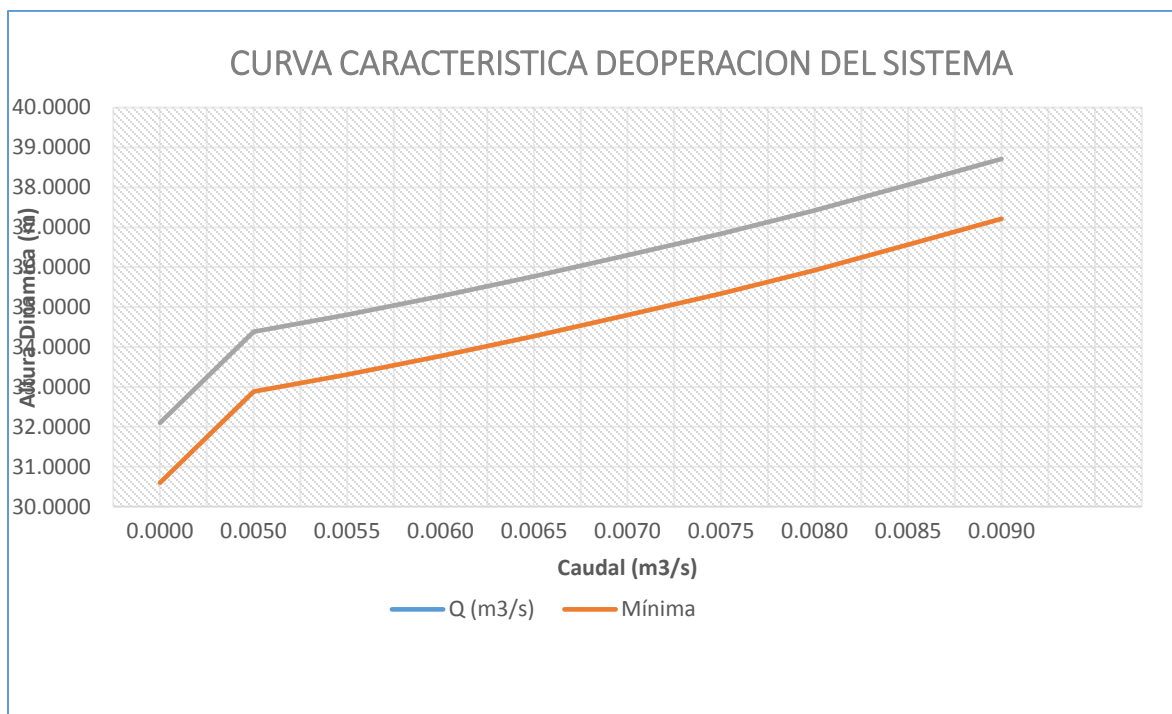
El cálculo anterior se estableció para el caso más desfavorable, es decir, cuando el nivel del pozo de succión es mínimo. Sin embargo, se deben establecer las condiciones de operación promedio de la estación de bombeo, lo cual se logra determinando la curva de operación del sistema para los niveles extremos (mínimo y máximo) y para diferentes caudales. Si se repiten los cálculos anteriores tomando caudales inferiores y superiores al caudal de diseño, se obtiene el siguiente cuadro resumen.

**Cuadro 48.**

*Curva de operación para los niveles máximos y mínimos del pozo de succión*

CURVA DE OPERACIÓN DEL SISTEMA							
Q (m <sup>3</sup> /s)	Pérdidas		Altura Vel(m)	Altura Estática		Altura Dinámica	
	Succión	Impulsión		Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
0.0000	0,00	0,00	0,00	30,60	32,10	30,60	32,10
0.0050	0,10	2,05	0,13	30,60	32,10	32,88	34,38
0.0055	0,12	2,45	0,14	30,60	32,10	33,31	34,81
0.0060	0,15	2,87	0,15	30,60	32,10	33,77	35,27
0.0065	0,17	3,34	0,16	30,60	32,10	34,27	35,77
0.0070	0,20	3,83	0,18	30,60	32,10	34,80	36,30
0.0075	0,22	4,33	0,19	30,60	32,10	35,33	36,83
0.0080	0,25	4,87	0,20	30,60	32,10	35,92	37,42
0.0085	0,28	5,48	0,21	30,60	32,10	36,57	38,07
0.0090	0,31	6,08	0,23	30,60	32,10	37,21	38,71

**Fuente:** Autores del proyecto



**Figura 27.** Curva característica de operación del sistema

**Fuente:** Autores del proyecto

Valores de la pérdida de la carga total para los distintos caudales despejados de la ecuación de Hazen-Williams

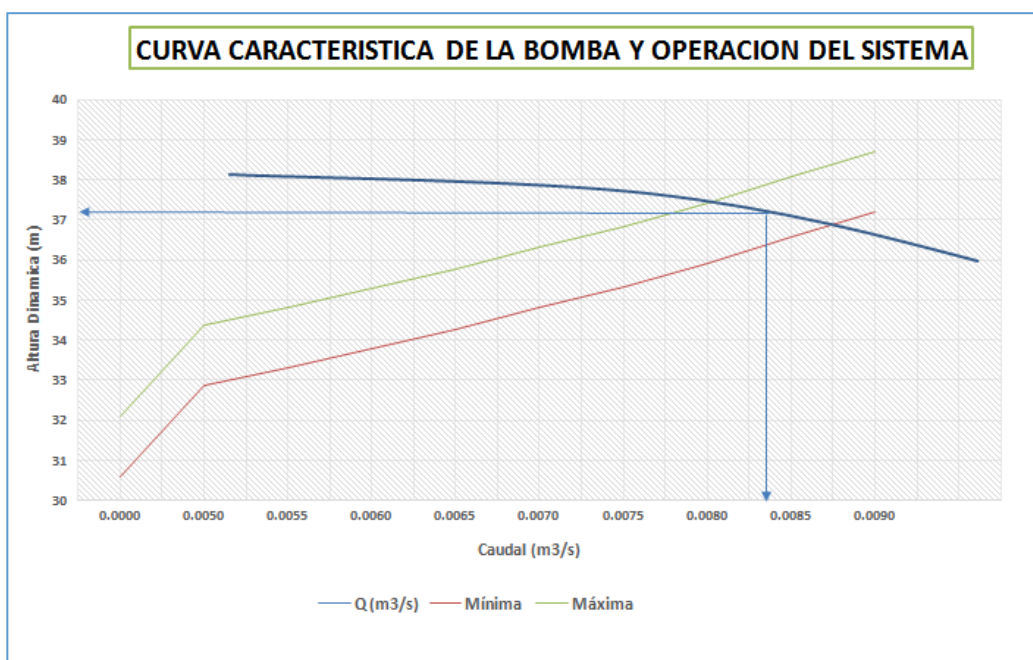
$$Q = 0.2785 * C * D^{2.63} * J^{0.54}$$

### Cuadro 49.

*Perdida de la carga total para los distintos caudales*

Q (m3/s)	J		Velocidad en la descarga
	Succión	Impulsión	
0,0000	0,00000	0,00000	0,0000
0,0050	0,00375	0,00375	2,4669
0,0055	0,00447	0,00447	2,7136
0,0060	0,00525	0,00525	2,9603
0,0065	0,00610	0,00610	3,2070
0,0070	0,00700	0,00700	3,4537
0,0075	0,00790	0,00790	3,7004
0,0080	0,00890	0,00890	3,9470
0,0085	0,01000	0,01000	4,1937
0,0090	0,01110	0,01110	4,4404

**Fuente:** Autores del proyecto



**Figura 28.** Curva característica de la bomba y operación del sistema

**Fuente:** Autores del proyecto

En la figura 28 se presentan las curvas características de la bomba y del sistema, en donde se define el rango de operación de la bomba en la estación de bombeo entre 8 y 8,75 lps, rango que cubre el caudal de diseño de 8,3 lps.

Se observa que para las condiciones de operación promedio corresponden a un caudal de 8,37 lps y una altura dinámica de 37,2 m, para estas condiciones se obtiene una eficiencia de 70 % y, por tanto.

$$P_b = \frac{\gamma Q H_t}{e} = \frac{9,81 \text{ kn/m}^3 * 0,00837 \text{ m}^3/\text{s} * 37,2 \text{ m}}{0,70}$$

$$P_b = 4,36 \text{ kw}$$

Se recomienda usar motores con potencia de 1,15 a 1,20 veces la potencia de la bomba para evitar su recalentamiento y tener en cuenta las pérdidas mecánicas de transmisión de energía. Por tanto la potencia del motor requerido será de:

$$P_m = 4,36 \text{ kw} * 1,20 = 5,24 \text{ kw}$$

**Cavitación.** El fenómeno de cavitación se presenta cuando la presión en la succión está cercana a la presión de vapor del fluido. En este caso se crean burbujas de aire que, al entrar en zonas de mayor presión, se rompen de manera abrupta. Este continuo rompimiento de las burbujas es causa de daños en el eje del rotor, por lo que se debe evitar dicho fenómeno.

Existe un parámetro de control de la cavitación llamado Altura Neta Positiva de Succión Requerida (CNPSr) y Disponible (CNPSd)

**CNPSr.** Es función del diseño de la bomba y, por tanto, lo suministra el fabricante.

Representa la mínima diferencia requerida entre la presión de succión y la presión de vapor a una capacidad dada, sin que se corran riesgos de cavitación.

**CNPSd.** Es función del diseño del bombeo y representa la diferencia entre la altura absoluta y la presión de vapor del líquido. Esta se representa por:

$$\text{CNPSd} = \left( \text{altura bar} - \left( \text{altura estatica} + \text{perd por friccion} + \frac{V^2}{2g} \right) \text{succion} \right) - P_{\text{vapor}}.$$

Para evitar el riesgo de cavitación por presión de succión, se debe cumplir que la cabeza neta positiva de succión disponible sea superior a la requerida en 20%, por lo menos, en todo caso, se debe cumplir que:

$$\text{CNPSd} - \text{CNPSr} \geq 0,50 \text{ m}$$

Otras de las causas de cavitación en bombas son las excesivas revoluciones del rotor. En este caso, se debe verificar que la velocidad específica de operación no sobrepase la máxima dada por el fabricante.

**Altura barométrica.** Al nivel del mar, la altura máxima de succión es de 760 mm hg, equivalente a 10,33 m de agua. Este valor debe corregirse teniendo en cuenta la elevación sobre el nivel del mar, a razón de 1,2 m por cada 1000 m de nivel, por tanto:

$$\text{altura barometrica} = 10,33 - \frac{1,2 \cdot 1200}{1000} = 8,89 \text{ m}$$

Altura estática de succión máxima (N.A mínimo):  $H_s = 2,10 \text{ m}$

**Perdidas en la succión: ( $h_s$ )**

L.E. = 32,91 m; C= 150; Q = 0,008 m<sup>3</sup>/s; Ds = 0,1016 m

De la ecuación de Hazen – Williams se obtiene  $J = 0,0089 \text{ m/m}$

$h_s = 0,0089 * 32,91 \text{ m} = 0,29 \text{ m}$

**Altura de velocidad ( $\frac{V^2}{2g}$ )**

$$V_s = \frac{0,008 * 4}{\pi * 0,1016^2} = 0,99 \text{ m/s}$$

$$\frac{V^2}{2g} = 0,05 \text{ m}$$

**Presión de vapor.** Para una temperatura de 15 °C, según las tablas se tiene una presión de vapor de 0,18 m

$$\text{CNPSd} = (8,89 - (2,10 + 0,29 \text{ m} + 0,05)) - 0,18 = 6,27 \text{ m}$$

CNPSr = 5,0 m (Según lo indicado por el fabricante en la curva característica de la bomba)

La diferencia entre el valor disponible y el requerido es de 1,27 m. por tanto, no hay riesgos de cavitación por presión de succión.

**Velocidad:**

$$n_s = \frac{N\sqrt{Q}}{H^{\frac{3}{4}}} = \frac{3500\sqrt{0,00837}}{37,2^{\frac{3}{4}}} = 21,24 \text{ (Sistema internacional)}$$

Por otra parte, con  $H_s = 2,10$  m y  $H_t = 37,2$  m, se encuentra en tablas suministradas por los fabricantes el valor de  $N_s$  límite, el cual debe ser mayor que el valor de  $N_s$  calculado, para evitar la cavitación por excesivas revoluciones del rotor:

$$N_s \text{ Max} = 2850(\text{sistema ingles}) = \frac{2850}{52} = 54,8 \text{ (sistema internacional)}$$

$$N_s < N_s \text{ Max.}$$

**Comprobación del golpe de ariete:**

Relación de módulos de elasticidad del agua y del material de la tubería  $K = 18$

Longitud total de tubería hasta la bomba  $L = 30$  mts

Diámetro = 4 pulg (real = 103,42 mm)

Espesor de la pared = 5,44 mm

Velocidad = 1,02 m/s

La celeridad de la onda es:

$$C = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + K\frac{D}{e}}} = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + 18 * \frac{103,42}{5,44}}} = 500,98 \frac{m}{s}$$

La fase de la tubería es:

$$T = \frac{2L}{C} = \frac{2 * 562,02}{500,98} = 2,24 \text{ s}$$

Sobre presión:

$$ha = \frac{C V}{g} = \frac{500,98 * 1,02}{9,81} = 51,99 \text{ m}$$

Presión estática presente: 30 m

Presión total sobre la válvula: 30 + 51,99: 81,99 m = 116,59 psi

Presión total no excede la presión de diseño de 200 psi para tubería en Pvc RDE 21 de Pavco, por lo cual no hay problema al presentarse la sobre presión máxima por golpe de ariete.



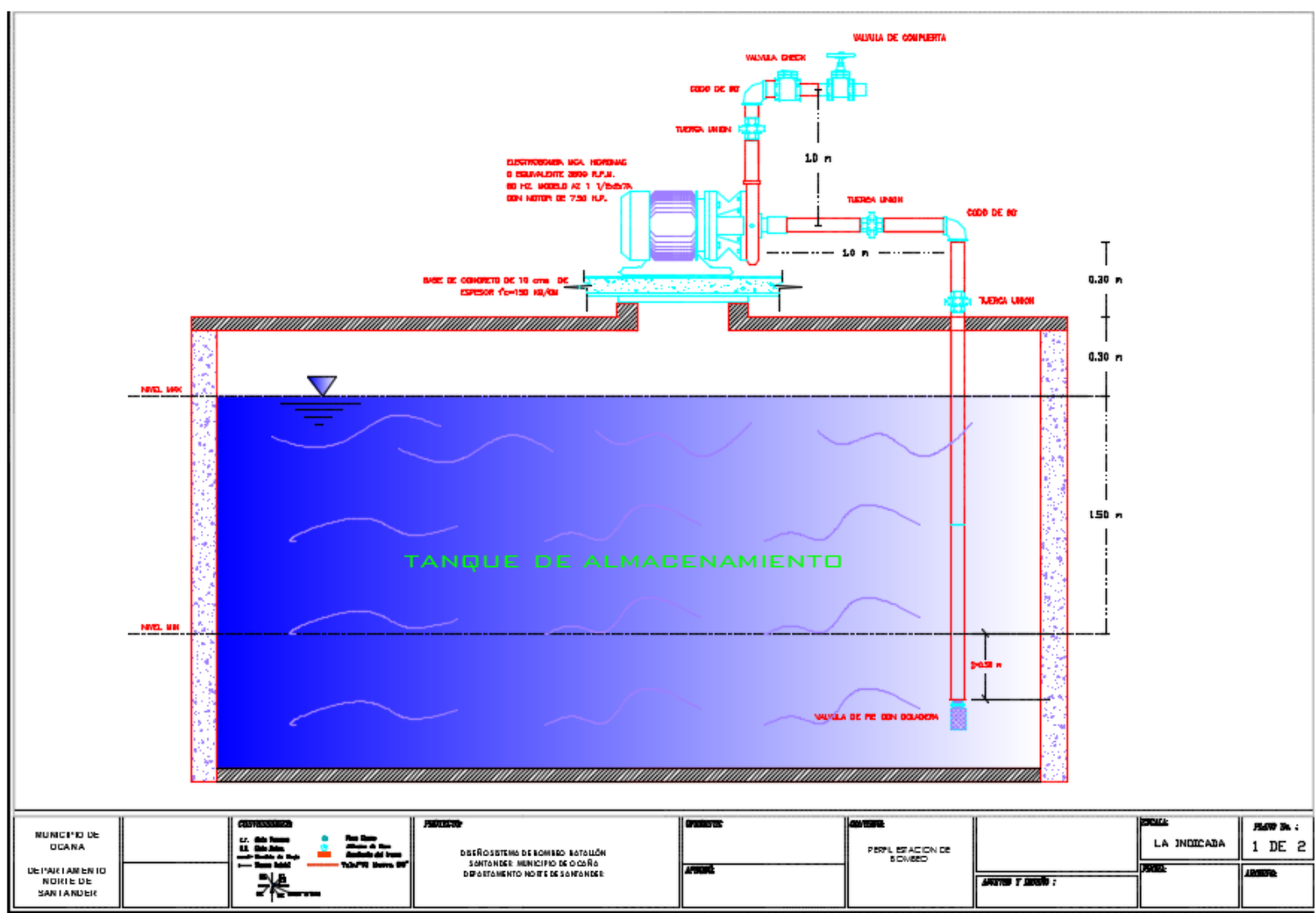


Figura 28. Perfil del sistema de bombeo y el tanque de almacenamiento

Fuente: Autores del proyecto



## **Diseño de la red de distribución**

**Parámetros de diseño.** Se considera la etapa inicial de planeamiento que garantiza que el esquema de obras propuesto atienda los requisitos futuros de la demanda de agua en cuanto a cantidad y oportunidad.

**Estimación de la población futura.** Será la misma utilizada en la evaluación de la red de distribución existente.

**Dotación Neta.** Se hicieron suposiciones de los caudales por métodos de cálculo de caudales máximos instantáneos entre estos, el de Hunter para Colombia. También, se hizo seguimiento de las simultaneidades de los aparatos sanitarios. Determinándose así que la mejor forma de relacionar los consumos y la densidad poblacional de las 5 Hectáreas construidas del Batallón era suponer por medio de la NTC 1500 los consumos de las diferentes estructuras en la institución (ver Cuadro 7).

**Periodo de diseño.** El periodo de diseño de las redes de distribución de agua potable en función del nivel de complejidad del sistema (ver Cuadro 11).

Según el Cuadro 11, para un nivel de complejidad alto el periodo de diseño de la red de distribución secundaria es de 30 años.

**Pérdidas técnicas en el sistema de acueducto.** Las pérdidas técnicas corresponden a la diferencia entre el volumen de agua tratada y medida a la salida de la(s) planta(s) potabilizadora(s) y el volumen entregado a la población medido en las acometidas domiciliarias del municipio estas no deberán superar el 25%.

**Caudal de diseño.** Para el nivel de alto de complejidad, el caudal de diseño será el caudal máximo horario (QMH).

**Dotación Bruta.** La dotación bruta debe establecerse según la siguiente ecuación:

$$dbruta = \frac{dneta}{1 - \%p}$$

$$dbruta \text{ Residenciales} = 186.67 \frac{Lts}{hab*dia}$$

$$dbruta \text{ Soldado} = 200 \frac{Lts}{hab*dia}$$

$$dbruta \text{ Civiles} = 66.67 \frac{Lts}{hab*dia}$$

**Caudal Medio Diario.** Puede calcularse mediante la siguiente ecuación:

$$Qmd = \frac{poblacion * dbruta}{86400}$$

$$Qmd \text{ Residenciales} = 0.4019 \frac{Lts}{seg}$$

$$Qmd \text{ Soldado} = 1,7135 \frac{Lts}{seg}$$

$$Qmd \text{ Civiles} = 0.268 \frac{Lts}{seg}$$

**Caudal Máximo Diario.** El caudal máximo diario se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$QMD = Qmd * k1$$

Teniendo en cuenta el Cuadro 12, el coeficiente de consumo máximo diario “k1” para un nivel de complejidad Alto es de 1.20.

$$k1 = 1.20$$

$$QMD \text{ Residencial} = 0,643 \frac{Lts}{seg}$$

$$QMD \text{ Soldado} = 2,74 \frac{Lts}{seg}$$

$$QMD \text{ Civil} = 0,428 \frac{Lts}{seg}$$

**Caudal Máximo Horario.** Se calcula según la siguiente ecuación:

$$QMH = QMD * k2$$

Dada la clasificación del Cuadro 13, según el nivel de complejidad el coeficiente de consumo máximo horario, k2 es de 1.5.

$$k2 = 1.50$$

$$QMH \text{ Residencial} = 0,9644 \frac{Lts}{seg}$$

$$QMH \text{ Soldado} = 4,1125 \frac{Lts}{seg}$$

$$QMH \text{ Civil} = 0.6426 \frac{Lts}{seg}$$

**Calidad de agua en la red.** Para todos los niveles de complejidad del sistema se deben seguir los lineamientos definidos para la selección de los puntos de muestreo de calidad de agua según lo establecido en el Decreto 1575 de 2007 y en las Resoluciones Reglamentarias 2115 de 2007 y 811 de 2008 o las normas que los modifiquen, adicionen o sustituyan además de los requerimientos de la autoridad sanitaria.

**Presiones en la red de distribución.** Deben tenerse en cuenta los siguientes requerimientos de presiones:

**Presiones mínimas de la red.** Depende del nivel de complejidad del sistema, tal como se especifica en el Cuadro 14.

**Presiones máximas de la red menor de distribución.** El valor de la presión máxima tenida en cuenta para el diseño de las redes menores de distribución, para todos los niveles de complejidad del sistema, debe ser de 490.5 KPa (50 mca). La presión máxima establecida a los niveles estáticos, es decir, cuando no hay flujo de movimiento a través de la red de distribución; pero cuando sobre ésta esté actuando la máxima cabeza producida por los tanques de abastecimientos o por estaciones elevadas de presión. La presión máxima no debe superar la presión de trabajo máxima de las redes de distribución, establecidas en las normas técnicas correspondientes a cada material.

**Diámetros internos de las tuberías en la red de distribución.** (Refiérase al Cuadro 15).

**Diámetro de hidrantes.** Para el nivel medio alto de complejidad, el diámetro mínimo de los hidrantes será de 75 mm (3 pulgadas) para zonas residenciales con densidades menores a 200 Hab/Ha.

Se tendrá en cuenta que la presión requerida para la protección contra incendios puede obtenerse mediante el sistema de bombas del equipo del cuerpo de bomberos y no necesariamente de la presión en la red de distribución.

Para una concentración poblacional menor a 20.000 habitantes, cualquier incendio, independiente del uso de la zona en que ocurra debe ser atendido por un hidrante con un caudal mínimo de 5 L/s.

**Deflexión de las tuberías de la red de distribución.** (Refiérase al Cuadro 16)

**Materiales para las tuberías de la red de distribución.** El material de las tuberías debe elegirse de acuerdo con las características que satisfagan las necesidades del proyecto, examinando globalmente, se puede considerar principalmente los costos iniciales y de mantenimiento así como la seguridad de la red de distribución.

**Métodos de cálculo**

**Calculo de caudales por nodo..** El método empleado para el cálculo de caudales por nodo en el proyecto corresponde a método de las áreas, en donde se determinan las áreas de influencia correspondientes a cada uno de los nodos de la red, para luego aplicar el caudal específico

unitario  $Q_e$  (ls-ha), determinado por cada tipo de área de abastecimiento y correspondiente al año horizonte del proyecto.

$$Q_i = A_i \times Q_e$$

El área de influencia  $A_i$ , es aquella área delimitada por cada una de las mediatrices de los tramos que llegan al nodo o punto singular.

**Parámetros básicos para el cálculo hidráulico de la red de distribución por medio de software epanet 2.0 (b.7.4.9.2 ras 2000).** Los parámetros básicos para el diseño de la red son iguales en la distribución y ubicación de algunos elementos con respecto al estudio realizado para la red actual pero el inicio y abastecimiento de la red se concentrara en el tanque elevado de 4 metros de diámetro ya que de ahí se desplegaran los elementos correspondientes a la distribución de agua potable.

El método o programa de computador, debe permitir el cálculo optimizado de la red de distribución. Esto quiere decir que los diámetros resultantes para cada una de las tuberías que conforman la red de distribución deben estar optimizados desde el punto de vista de los costos globales de la red.

**Diseño hidráulico de la red de distribución por medio de software EPANET 2.0.** Para la realización de la modelación del sistema de distribución de agua potable, se desarrollaron una serie de procesos similares a la evaluación anterior para ofrecer una óptima utilización de los materiales y además, aprovechamiento de las condiciones de campo y técnicas de ejecución.



Se hizo necesario recopilar información que abarca desde las memorias de cálculo, planos y visitas al sitio donde se realizara el proyecto, esto con el fin de tener una idea amplia, clara y concisa para poder indagar sobre las posibles soluciones.

**Plano Topográfico e Hidráulico.** Se analizaron las curvas de nivel de los sitios donde están ubicadas las estructuras, tales como lo son la línea de conducción y las redes de distribución, además de la localización de dichos edificios que generan la demanda del sistema para los datos de entradas del software EPANET.



**Figura 30. Plano topográfico y trazado de la red.**

**Fuente.** Autores del Proyecto.

**Datos de Entrada.** Luego de haber obtenido los caudales promedio por nudos, se procede a ingresar estos valores junto con los demás datos de entrada requeridos por el programa EPANET para realizar la simulación de la red. Inicialmente se realizara el esquema, donde en base al plano topográfico definido con anterioridad, se localizan los nudos y luego se unen estos por medio de tramos de tubería. Posteriormente se ingresan los datos de entrada de las conexiones y de los tramos, y se simula la red para obtener los valores de salida necesarios para continuar con el diseño.

### Cuadro 50.

*Datos de Entrada N°1*

ID Nudo	Cota	Demanda Base	ID Nudo	Cota	Demanda Base
	m	LPS		m	LPS
Conexión 2	1219,3	0	Conexión 10	1202,81	6,6886
Conexión 3	1221,2	0,2931	Conexión 11	1211,2	0,09845
Conexión 4	1223	0,175	Conexión 12	1208,668	0,20835
Conexión 5	1216,13	0,175	Conexión 13	1210,12	0,07345
Conexión 6	1213,249	0,2542	Conexión 14	1212,06	0
Conexión 7	1205,8	0,7431	Conexión 15	1213,8	0,2575
Conexión 8	1207,6	0,6267	Depósito 1	1243,8	No Disponible
Conexión 9	1204,21	1,3532			

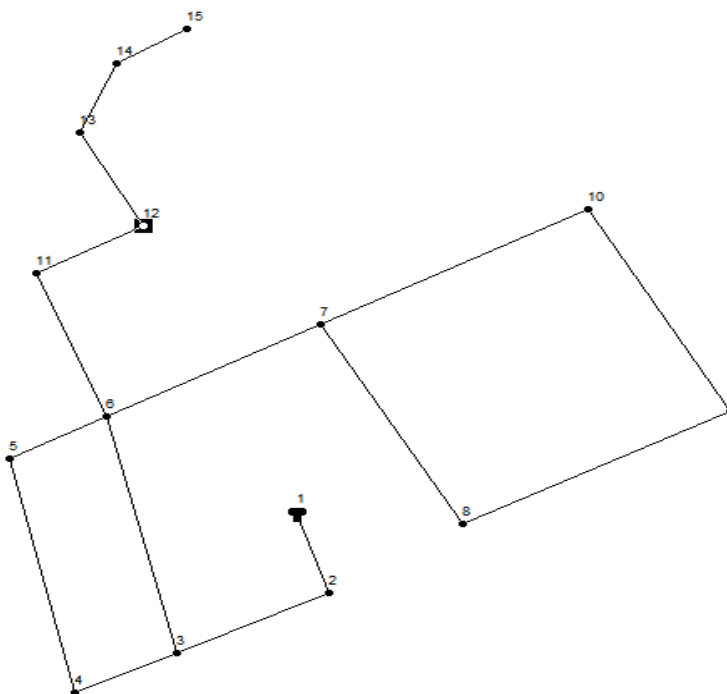
**Fuente.** Autores del Proyecto.

**Cuadro 51.***Datos de Entrada N°2*

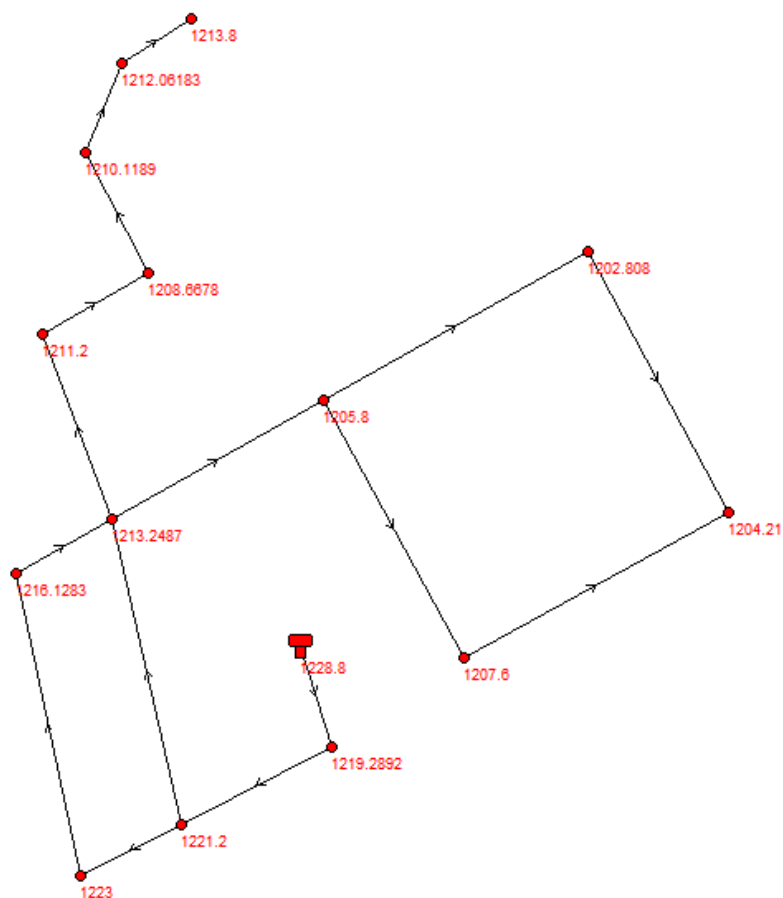
Tramo	Longitud	RDE	Diámetro	Tramo	Longitud	RDE	Diámetro
	m		(Pulg)		m		(Pulg)
Tubería 39	50,68	26	4	Tubería 47	153,54	26	3
Tubería 40	148,23	26	4	Tubería 48	93,44	26	3
Tubería 41	147,91	26	4	Tubería 49	56,57	26	3
Tubería 42	46,59	26	4	Tubería 50	57,00	26	3
Tubería 43	112,69	26	4	Tubería 51	53,38	26	3
Tubería 44	137,99	26	3	Tubería 52	65,60	26	3
Tubería 45	152,87	26	3	Tubería 7	75,00	26	6
Tubería 46	138,02	26	3	Tubería 1	48,69	26	6

**Fuente.** Autores del Proyecto.

**Identificación de los nodos y trazado de la red del sistema de distribución de agua potable.**

**Figura 31.** Identificación de los nodos y trazado de la red.**Fuente.** Autores del Proyecto.

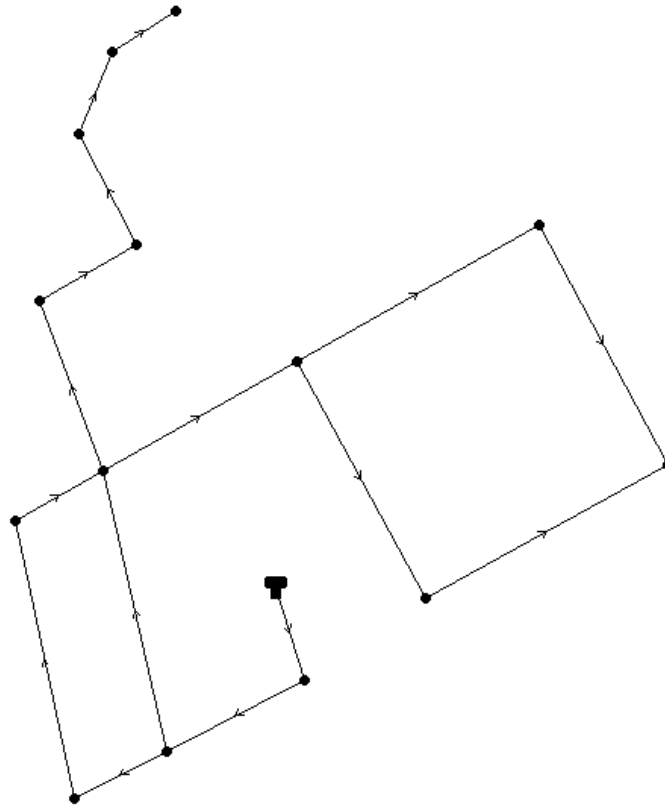
**Dato de Entrada – Elevación.** La elevación de la tubería con respecto a sus extremos es uno de los principales parametros que permite una simulacion del comportamiento hidraulico de la red, por lo tanto se muestra la distribucion de cotas.



**Figura 32.** Elevación de la tubería (Cota de los Nodos).

**Fuente.** Autores del Proyecto.

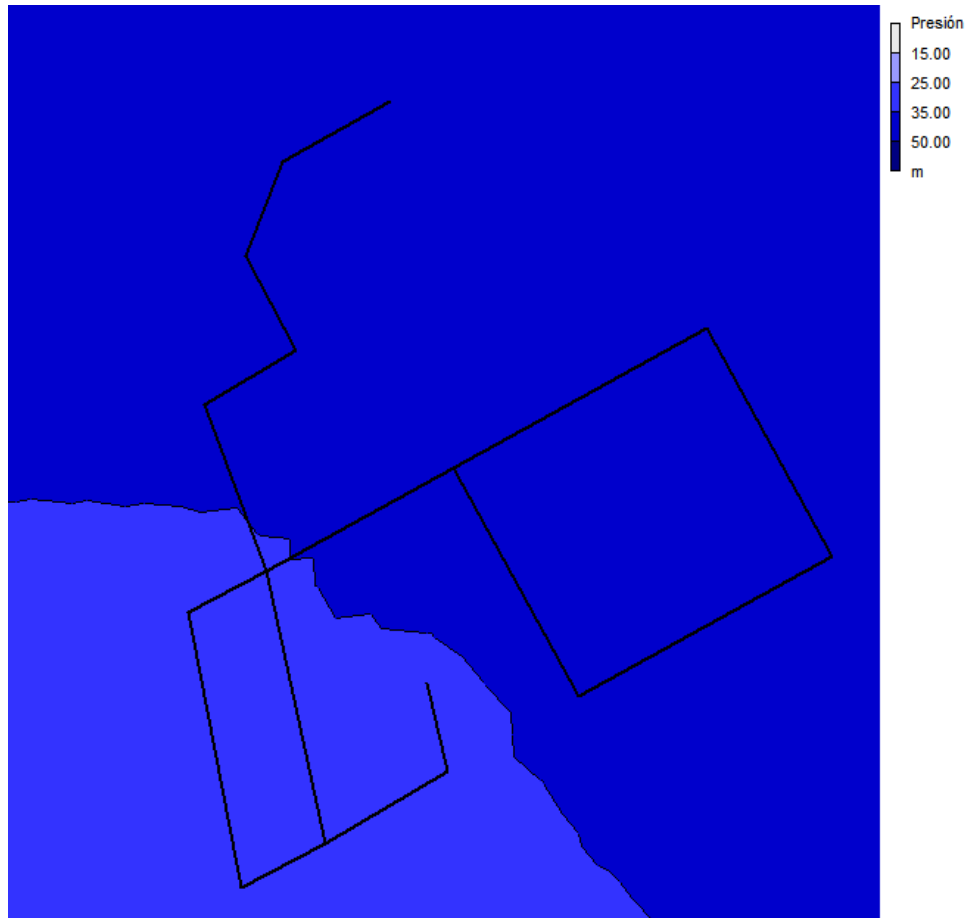
**Red de distribución de caudales.** Para una ilustracion mas acertada de la distribucion de caudales y trazado de la red en este trabajo se expresa como sigue



**Figura 33.** Red de Distribución de Caudales.

**Fuente.** Autores del Proyecto.

**Chequeo de presión máxima reglamentaria.** Por medio de un gráfico de contorno de la elevación de cabezas de presión en los diferentes puntos de la red distribución, se muestra que las presiones sean estén entre los 15 mcm y los 50 mca estipulado reglamentariamente.



**Figura 34.** Gráfico de Contorno

**Fuente.** Autores del Proyecto.

**Diseño del tramo inicial (TANQUE – NODO 3).** Diseño de la tubería de conducción entre el tanque de almacenamiento y la red de distribución, funciona a presión por gravedad.

Caudal de diseño = 9,95 L/s

Material de la tubería: PVC, RDE 26, Presión de servicio = 113 mca

Coefficiente de rugosidad Hazen-Williams = 150

Cota nivel de agua mínima en el tanque = 1234,8

Cota de proyecto en el nodo de entrada, 3 = 1221,2 - 1,0 = 1220,2 (profundidad mínima)

Longitud real de la conducción, L = 123,69 m

Calculo hidráulico de la red matriz:

Cota piezométrica, nudo 3 = 1220,2 + 14 = 1234,2

Carga hidráulica disponible: H = 1234,8 - 1234,2 = 0,6 m

Perdida de carga unitaria:  $J = \frac{0,6}{123,69} = 0,0048508 \text{ m/m}$

$$D = \left( \frac{0,01071}{0,2785 \cdot 150 \cdot 0,0048508^{0,54}} \right)^{1/2,63} = 0,1287 \text{ m} = 5,1''$$

D comercial = 6''

Diámetro externo = 168,3 mm

Espesor de la pared = 6,48 mm

Diámetro interno = 155,32 mm

$$J = \left( \frac{0,01071}{0,2785 \cdot 150 \cdot 0,15532^{2,63}} \right)^{1/0,54} = 0,001944 \text{ m/m}$$

H = 0,001944 \* 123,69 = 0,2405 m

Cota piezométrica, nodo 3 = 1237,8 - 0,2405 = 1237,33

Presión resultante = 1237,33 - 1218,3 = 14,36 mca.

**Cálculos de las mallas por HARDY-CROSS.** El método de Hardy-Cross es el procedimiento más utilizado para determinar los caudales circulantes en una red reticulada cuyos diámetros son conocidos, es necesario partir de diámetros supuestos y comprobar posteriormente los caudales y presiones de servicio. Para ello, se calcula un caudal corrector mediante un proceso iterativo, basándose en dos principios hidráulicos fundamentales:

- a. En un nudo, la suma algebraica de los caudales entrantes y salientes es igual a cero.  
 $\sum Q_i = 0$ .
- b. La suma algebraica de las pérdidas de carga en cada una de las líneas que componen la malla o retícula es nula.  $\sum H = 0$ .

Cualquier expresión hidráulica para el cálculo de H puede expresarse de esta forma, si se emplea la fórmula de Chèzy – Kutter:

$$H = \frac{64}{\pi^2 * C^2 * D^5} * L$$

Donde,

L= longitud del tramo

D= diámetro del la tubería

C= coeficiente de rugosidad

El método consiste en compensar las alturas piezométricas o en compensar caudales. Normalmente, se suele realizar el cálculo haciendo la compensación de alturas piezométricas. Tanto en un caso como en otro es necesario establecer un proceso iterativo. Para ello se emplea la expresión generalizada de Hardy-Cross:



$$\Delta Q = -\frac{\sum(H_i Q^n_i)}{n * \sum|H_i Q^{n-1}_i|}$$

**Cuadro 52.***Primer tanteo de la malla I*

TRAMO	L (m)	D (m)	Q (m3/s)	J (m/m)	ITERACION 1			
					H	H/Q	ΔQ	ΔQ <sup>2</sup>
3_4	50,68	0,10553	0,005208	0,003361	0,1703230	32,704107	5,81197	0,030269
4_5	148,23	0,10553	0,005208	0,003361	0,4981645	95,653706	16,99899	0,088531
5_6	46,59	0,10553	0,005033	0,003155	0,1469740	29,202059	5,16340	0,025987
6_3	147,91	0,10553	-0,005208	0,003361	0,4970891	-95,44721	16,96229	-0,088340
					1,3125505	62,112664	44,93665	0,056447
							<b>ΔQ</b>	-0,00062808

**Fuente.** Autores del proyecto**Cuadro 53.***Segundo tanteo de la malla I*

TRAMO	ITERACION 2		
	Q	ΔQ	ΔQ <sup>2</sup>
3_4	0,0045799	5,1111	0,0234
4_5	0,0045799	14,9489	0,0685
5_6	0,0044049	4,5190	0,0199
6_3	-0,0058361	19,0079	-0,1109
		43,5870	0,0008
		<b>ΔQ</b>	-0,0000097

**Fuente.** Autores del proyecto**Cuadro 54.***Primer tanteo de la malla II*

TRAMO	L (m)	D (m)	Q (m3/s)	J (m/m)	ITERACION 1			
					H	H/Q	ΔQ	ΔQ <sup>2</sup>
7_10	153,54	0,08204	0,0068343	0,018948	2,90930961	425,69552	81,37290	0,556123
10_9	138,02	0,08204	0,0001457	1,52E-05	0,00210069	14,42285	1,55891	0,000227
9_8	152,87	0,08204	-0,000313	6,29E-05	0,00961365	-30,68024	3,71466	-0,001164
8_7	137,99	0,08204	-0,001834	0,001659	0,22886446	-124,7728	19,62789	-0,036002
						284,66535	106,27436	0,519183
							<b>ΔQ</b>	-0,00244266

**Fuente.** Autores del proyecto

**Cuadro 55.***Segundo tanteo de la malla II*

ITERACION 2			
TRAMO	Q	$\Delta Q$	$\Delta Q^2$
7_10	0,0043916	52,289098	0,229632
10_9	-0,0022970	24,585076	-0,056472
9_8	-0,0027560	32,671557	-0,090043
8_7	-0,0042769	45,766187	-0,195738
		155,311917	-0,112620
		$\Delta Q$	0,00036256

**Fuente.** Autores del proyecto

Considerando el chequeo de la velocidad (debe estar entre 0,6 y 6,0 m/s) y las presiones del sistema sean las adecuadas, se tiene:

**Cuadro 56.***Chequeo del sistema en la malla I*

TRAMO	D (m)	L (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	V(m/s)	CONDICION	CAIDA H (m)	ELEVACION N NUDO	PIEZOMETRICO NUD FIN	PRESION	
3_4	0,10553	50,68	0,0045799	0,52362	V Baja	0,134251	1223,00	1234,43	11,425	OK
4_5	0,10553	148,23	0,0045799	0,52362	V Baja	0,392659	1216,13	1234,03	17,903	OK
5_6	0,10553	46,59	0,0044049	0,50361	V Baja	0,114826	1213,25	1233,92	20,669	OK
3_6	0,10553	147,91	0,0058361	0,66723	OK	0,613774	1213,25	1233,95	20,697	OK

**Fuente.** Autores del proyecto**Cuadro 57.***Chequeo del sistema en la malla II*

TRAMO	D (m)	L (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	V(m/s)	CONDICION	CAIDA H (m)	N NUDO FINAL	RICA NUD FIN	PRESION	
7_10	0,08204	153,54	0,0043916	0,83077	OK	1,28265	1202,81	1231,53	28,720	OK
10_9	0,08204	138,02	0,002297	0,43453	V Baja	0,34722	1204,21	1231,18	26,973	OK
8_9	0,08204	152,87	0,002756	0,52136	V Baja	0,53889	1204,21	1231,18	26,966	OK
7_8	0,08204	137,99	0,0042769	0,80907	OK	1,09762	1207,60	1231,72	24,115	OK

**Fuente.** Autores del proyecto

**Calculo de presiones en las ramificaciones de la red.** Tuberías que se derivan de las mallas principales de la red de distribución. Se toma como referencia las expresiones utilizadas en el diseño de la tubería de conducción (Tanque-Red), como sigue

### Cuadro 58.

*Chequeo de la presión en las ramificaciones de la red*

<b>TRAMO</b>	6_11	11_12	12_13	13_15
Q (m3/s)	0,0006	0,0005393	0,00033095	0,0002575
Presion de Servicio	113	113	113	113
C	150	150	150	150
Cota Inicial	1213,2	1211,2	1208,7	1210,1
Cota Final	1211,2	1208,7	1210,1	1213,8
Cota real N	1213,25	1211,200	1208,668	1210,120
L	93,44	56,57	57,00	118,68
Presion estatica maxima	2,0	2,532	1,5	3,7
Presion de diseño	22,75	25,256	23,794	20,110
Cota piezometrica	1235,99	1236,46	1232,46	1230,23
H	22,7457	25,255814	23,79409051	20,110124
perdida J	0,24342597	0,4464524	0,417440184	0,1694483
D (m)	0,01971121	0,0163283	0,013749867	0,0150402
D (in)	0,8	0,6	0,5	0,6
D comercial	3	3	3	3
Diametro exterior (mm)	114,3	114,3	114,3	114,3
e (mm)	4,39	4,39	4,39	4,39
Diametro interno (mm)	82,04	82,04	82,04	82,04
J	0,00023447	0,0001719	6,9585E-05	4,372E-05
H	0,02190882	0,0097235	0,003966345	0,0051888
Cota piezometrica, nodo	1235,973	1236,446	1232,458	1230,225
Presion resultante	22,724	25,246	23,790	20,105

**Fuente.** Autores del proyecto

**Golpe de Ariete.** También denominado transitorio, consiste en la alternancia de depresiones y sobrepresiones debido al movimiento oscilatorio del agua en el interior de la tubería, es decir,

básicamente es una variación de presión, y se puede producir tanto en impulsiones como en abastecimientos por gravedad.

$$P = \frac{a * V}{g}$$

P: Sobrepresión máxima en metros de columna de agua, al cerrar bruscamente la válvula.

a: Velocidad de la onda (m/s).

V: Cambio de velocidad del agua (m/s).

g: Aceleración de la gravedad = 9.81 m/s<sup>2</sup>.

El cálculo del golpe de ariete se realizó para toda la red modelada, teniendo como resultado que ninguna tubería sobre pasa la presión máxima que soporta la tubería. Asegurando que la relación diámetro espesor “RDE” soportara la sobrepresión que se presente (ver Apéndice 2).

### Cuadro 59.

*Valores de “a” en función del RDE.*

Valores de "a" en función del RDE	
RDE	a(m/s)
9	573
11	515
13,5	390
21	368
26	330
32,5	294
41	261

**Fuente.** Manual Técnico Tubopresiones Presión PAVCO

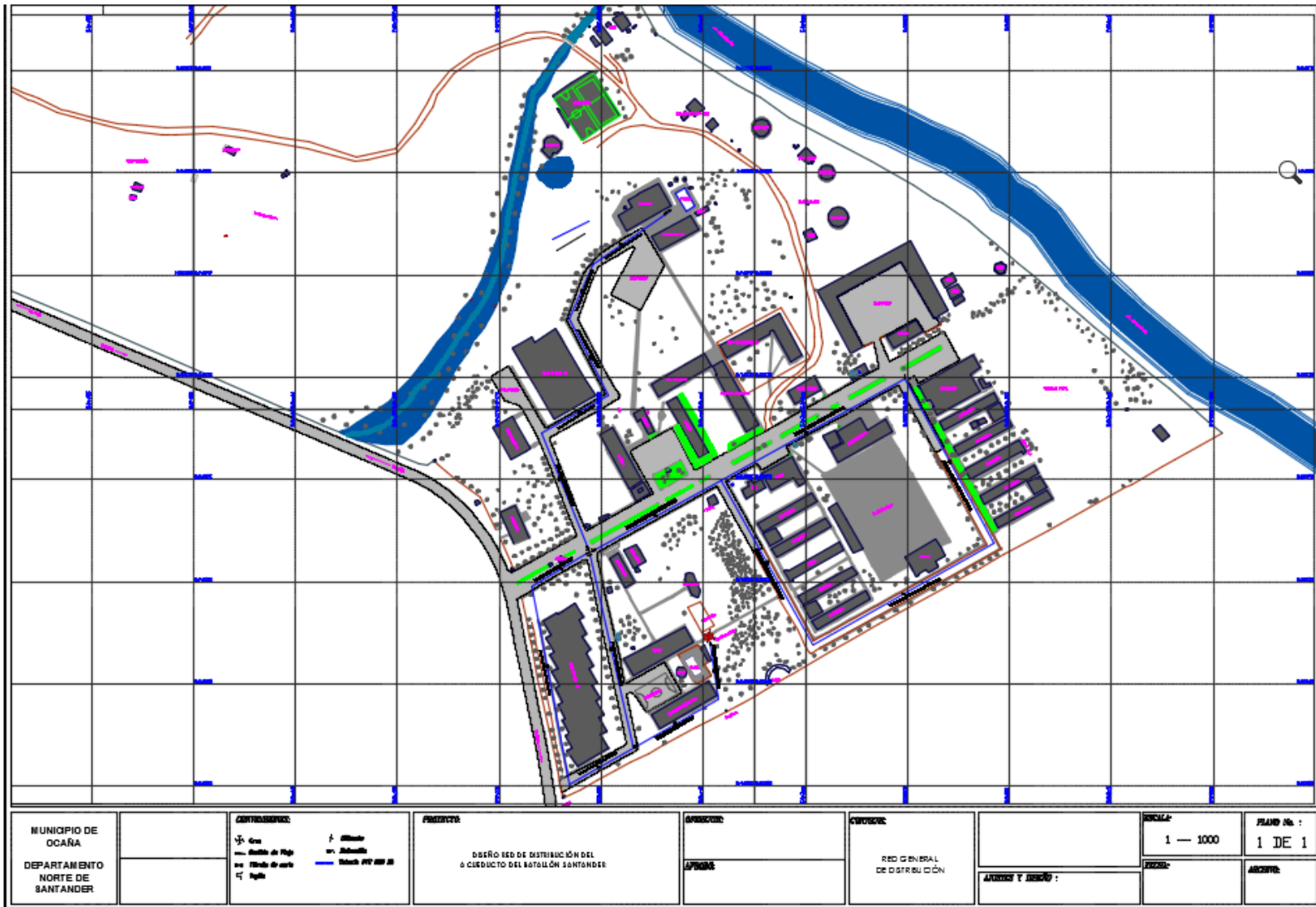


Figura 135. Red general de distribución de agua potable.

Fuente. Autores del proyecto.

### 4.3 Realizar un presupuesto que permita conocer el valor de la inversión, por parte de los directivos de la institución.

La elaboración del presupuesto y análisis de precios unitarios del proyecto, se realiza en hojas de cálculo mediante el uso de la herramienta Excel, donde se ingresan los costos y unidades por descripción de actividad, enlazando varias hojas de cálculo entre sí.

#### **Presupuesto red de distribución del acueducto:**

#### **Cuadro 60.**

*Presupuesto de la Red de Distribución.*

PRESUPUESTO RED DE DISTRIBUCION					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANT.	VR. UNIT.	VR. PARCIAL
1	Nivelación y replanteo	ml	1538,2	\$ 2.556,9	\$ 3.932.999,30
2	Excavación	M3	677,58	\$ 36.835,0	\$ 24.958.687,28
3	Suministro e instalación tubería 6" RDE 26	ml	123,69	\$ 72.879,7	\$ 9.014.493,03
4	Suministro e instalación tubería 4" RDE 26	ml	908,41	\$ 39.607,5	\$ 35.979.818,72
5	Suministro e instalación tubería 3" RDE 26	ml	506,1	\$ 23.810,5	\$ 12.050.516,52
6	Válvula de corte y control 6" incluye sum. Inst. caja	UND	1	\$ 2.525.702,9	\$ 2.525.702,93
7	Válvula de corte y control 4" incluye sum. Inst. caja	UND	2	\$ 1.835.466,1	\$ 3.670.932,25
8	Válvula de corte y control 3" incluye sum. Inst. caja	UND	2	\$ 1.870.179,9	\$ 3.740.359,85
9	Ventosas 3" incluye sum. Inst. caja	UND	2	\$1.142.325,12	\$ 2.284.650,24
10	Purgas incluye sum. Inst. caja	UND	2	\$1.051.124,69	\$ 2.102.249,39
11	Empates incl. acc.(Pasamuros, otros)	Gl	1	\$5.000.000,00	\$ 5.000.000,00
12	Concreto para atraques, cambio de dirección, accesorios, tubería	M3	4,36	\$ 651.950,02	\$ 2.842.502,09
13	Retiro de escombros	M3	713,24	\$ 23.704,75	\$ 16.907.228,32
14	Relleno de material préstamo	M3	855,92	\$ 37.949,75	\$ 32.481.917,22
				<b>COSTO DIRECTO</b>	\$157.492.057,12
				<b>Administración</b>	26,96% \$ 42.459.858,60
				<b>Imprevistos</b>	1,40% \$ 2.204.888,80
				<b>Utilidad</b>	3,64% \$ 5.732.710,88
				<b>COSTO TOTAL</b>	\$207.889.515,40

**Fuente.** Autores del Proyecto.



**Cuadro 62.***Presupuesto del sistema de bombeo.*

PRESUPUESTO SISTEMA DE BOMBEO					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANT.	VR. UNIT.	VR. PARCIAL
1	Nivelación y replanteo	ml	530	\$ 2.556,9	\$ 1.355.148,63
2	Excavación	M3	318	\$ 10.405,7	\$ 3.309.016,86
3	Suministro e instalación tubería 4" RDE 21	ml	533	\$ 45.555,8	\$ 24.281.229,98
4	Suministro e instalación de bomba de succion axial y entrega radia	Gl	2	\$ 4.200.000,0	\$ 8.400.000,00
5	Valvula de alivio de 3"	Gl	1	\$ 2.729.543,7	\$ 2.729.543,70
6	Empates incl. Accesorios	Gl	1	\$ 5.000.000,0	\$ 5.000.000,00
7	Concreto para atraques, cambio de dirección, accesorios, tubería	M3	6,22	\$ 651.950,02	\$ 4.055.129,12
8	Retiro de escombros	M3	334,74	\$ 23.704,75	\$ 7.934.854,34
9	Relleno de material préstamo	M3	401,70	\$ 37.949,75	\$ 15.244.324,92
				<b>COSTO DIRECTO</b>	\$ 72.309.247,56
				<b>Administración</b>	26,96% \$ 19.494.573,14
				<b>Imprevistos</b>	1,40% \$ 1.012.329,47
				<b>Utilidad</b>	3,64% \$ 2.632.056,61
				<b>COSTO TOTAL</b>	\$ 95.448.206,78

**Fuente.** Autores del proyecto.



## Capítulo 5. Conclusiones

El proyecto correspondiente a la propuesta de evaluación y diseño de la red de distribución de agua potable, el sistema de bombeo y de las redes de recolección y evacuación de aguas residuales en el Batallón N°15 General Francisco de Paula Santander, tiene como finalidad mejorar la calidad de vida de la institución militar y de mejorar el sistema de bombeo con el que cuenta el municipio de Ocaña, comprendida entre la planta de tratamiento El Algodonal y el tanque de Buenavista; es por ello que surgió el interés de evaluar y proponer los sistemas para garantizar el correcto funcionamiento de los mismos.

Los resultados arrojados por la evaluación realizada a la red actual de distribución de agua potable y al sistema de alcantarillado, hacen constancia y demuestran técnicamente las falencias y el mal funcionamiento estos; por lo tanto se hace necesario plantear un nuevo diseño que permita mejorar y garantizar la prestación de un buen servicio y evitar el desperdicio de tan importante recurso como lo es el agua.

No es conveniente el suministro de agua potable directamente desde una impulsión ya que esto trae consigo un aumento significativo en las pérdidas; así como también, riesgos y posibles daños a la estación de bombeo.

Se dio cumplimiento a los procesos y actividades propuestas en el proyecto de grado, mediante el estudio de las redes actuales y el diseño de las nuevas; además de la implementación del manejo del software EPANET, siguiendo las especificaciones técnicas, normas y los

reglamentos que rigen el diseño de una red de distribución de agua potable y de recolección y evacuación de aguas servidas.

Se elaboró presupuesto y análisis de los precios unitarios del proyecto, con el fin de tramitar y gestionar los recursos de la financiación de obra como una ayuda al Batallón y una oportunidad de ampliar los conocimientos administrativos adquiridos en la cátedra universitaria.

Las presiones entre 10 y 50 mca, son las normalmente aceptadas y son las establecidas como norma en el R.A.S, según los resultados del diseño de la red de distribución se muestran que todas las zonas están dentro del rango de presiones establecidas.

El área de Casas Fiscales es el que más presenta deficiencias en el servicio de agua potable, ya que las redes actuales no satisfacen sus necesidades, pues hay momentos en los cuales la presión es insuficiente; por lo tanto era importante señalar en la evaluación la magnitud de la insuficiencia y tomarla como zona de presión crítica en el diseño.

La importancia del manejo de herramientas como el software EPANET en este tipo de proyectos, permite buscar estrategias para mejorar las presiones del sistema a diseñar u optimizar, ya que identifica las zonas críticas y ayuda con un manejo de los diferentes diámetros a considerar y/o entre otras variables, para que haya cumplimiento con el Reglamento Técnico Para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico.

El presente estudio no incluye ninguna actividad respecto a gestiones y tramitación ambiental que se debe cumplir ante Corponor, esta gestión la deberá adelantar el Batallón.

El consumo actual del Batallón deja en evidencia las innumerables pérdidas debido al mal estado de la red interna de agua potable de la institución.

El sistema actual de alcantarillado sanitario fue evaluado hidráulicamente como un alcantarillado de tipo sanitario aunque se esté comportando como uno combinado; aun así es evidente la falta de capacidad en algunos de los tramos del mismo.

## Capítulo 6. Recomendaciones

Es importante resaltar la necesidad de realizar una optimización periódica en las redes de distribución de agua potable y en las redes del alcantarillado sanitario.

Proteger los tramos en la red de agua potable en los sitios que se encuentran expuestos a la intemperie ya sea con concreto o cualquier otro material para evitar su cristalización, afectación por animales, afectación por vándalos y por conexiones fraudulentas.

Se debe implementar la adquisición de purgas en las zonas más bajas para garantizar el funcionamiento adecuado de la red en los elementos con velocidades bajas; así mismo de debe hacer apertura de estas válvulas por lapsos cortos de tiempo, como mínimo una vez al mes, principalmente cuando entra el invierno ya que es cuando se presenta mayor arrastre de sedimentos.

No conectarse de manera directa a los pozos de inspección del sistema de alcantarillado sanitario.

Emprender un plan para el ahorro y consumo del preciado líquido evitando así generar grandes gastos en el pago de la factura de agua potable. De igual manera, recalcar la necesidad de instalar la micromedición como mecanismo de control de gasto.

Realizar una inspección periódica de las baterías sanitarias para evitar el desperdicio de agua e implementar el uso de aparatos con diseños amigables con el medio ambiente y el recurso hídrico.

Se debe realizar un estudio para el diseño de la recolección y evacuación de aguas pluviales en todos aquellos tramos que sean necesarios y se recomienda evitar verter las aguas pluviales al sistema de alcantarillado sanitario, ya que esto altera el caudal transportado generando incapacidad de la PTAR para el tratamiento de este.

## Referencias

Bogota.gov.co. (2016). *historia de los acueductos y alcantarillados*. Recuperado el 8 de julio de 2016, de <http://www.acueducto.com.co/wpsv61/wps/portal>

EPANET. (s.f.). *Descripción del entorno de trabajo del programa epanet*. Recuperado el 8 de julio de 2016, de <http://www.instagua.upv.es/Epanet/descargas/ManualEPANETv2E.pdf>

GOMEZ OTERO, I. (2000). *Diseño de Sistemas de Acueducto y Alcantarillado Basados en la Norma Técnica Colombiana RAS-2000*. U. Javeriana.

LOPEZ CUALLA, Ricardo Alfredo. (1995 ). *Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillados*. Escuela Colombiana de Ingeniería.

PALACIOS RUIZ, Á. (2010). *Acueductos, cloacas y drenajes*. . Universidad católica Andrés Bello.

RAS 2000. (s.f.). *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico*.

RAS 2000. (s.f.). *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico*.

SANCHEZ MONTEJO, H. (1951.). *Ingeniería Sanitaria, Planeamiento y Construcción de Acueductos*.

# Apéndices

### Apéndice 1. Evaluación de consumos Batallón Santander

EVALUACION DE CONSUMOS BATALLON SANTANDER								
Edificación	Residenciales		Soldados		Civiles		Otros	
	Usuarios	Consumo	Usuarios	Consumo	Usuarios	Consumo	Usuarios	Consumo
Alojamientos BISAN			300	0,5208				
Alojamientos BAEVV 10			300	0,5208				
Alojamientos MOVIL 23			300	0,5208				
Caniles					1		25	0,0043
Casas fiscales de Oficiales	50	0,0810						
Casas fiscales de Suboficiales	90	0,1458						
Casino de Oficiales	33	0,0535	3	0,0052	4	0,0023		
Casino de Suboficiales	45	0,0729	7	0,0122	4	0,0023		
Comando			20	0,0347			35	0,0203
Depositos y Oficinas			15	0,0260	31	0,0179		
Distrito			2	0,0035	6	0,0035		
Emisora radial			1	0,0017	3	0,0017		
Establecimiento de sanidad militar			6	0,0104	14	0,0081	80	0,0463
Gimnasio							15	0,0052
Iglesia							2	0,0007
Kiosco el Carajo			5				10	0,0035
Detenidos y guardia	30	0,0486	3	0,0052			30	0,0521
PTAR							1	0,0463
Zona de transporte			30	0,0521			4	0,0185
Piscinas							10	0,0347
Total	248	0,4019	992	1,7135	63	0,0359	212	0,2319

APORTES O DOTACIONES	
Residenciales	140
Soldados	150
Civiles	50
Lavado de carros	400
Caniles (lt/Perro)	15
Dispensario	50
Establecimiento público	30
PTAR (m3/dia)	4
Piscina	300
Oficina	50

Consumo Total Qmd	2,38
caudal maximo diario Para k1= 1,3	3,10



**Apéndice 2.** Informe completo del software EPANET (datos de entrada y resultados).

Informe completo del software EPANET de la evaluación del sistema de distribución agua potable existente..

Página 1

17/07/2016 6:01:32 p. m.

\*\*\*\*\*

```

*           E P A N E T           *
*           Análisis Hidráulico y de Calidad           *
*           de Redes Hidráulicas a Presión           *
*           Versión 2.0 Ve           *
*           Traducido por:           *
*           Grupo Multidisciplinar de Modelación de Fluidos *
*           Universidad Politécnica de Valencia           *

```

\*\*\*\*\*

Archivo de Entrada: Eval.net

Tabla Línea - Nudo:

-----

ID	Nudo	Nudo	Longitud Diámetro	
Línea	Inicial	Final	m	mm

-----

39	3	4	50.68	75
40	4	5	148.23	75
41	3	6	147.91	75

42	5	6	46.59	75
43	6	7	112.69	75
44	7	8	137.99	75
45	8	9	152.87	75
46	9	10	138.02	75
47	7	10	153.54	75
7	2	3	75.00	100
1	1	2	48.70	100
5	6	12	117.53	75
6	12	15	141.09	75
8	15	10	205.86	75

Resultados de Nudo:

---

ID	Demanda	Altura	Presión	Calidad
Nudo	LPS	m	m	horas
2	0.00	1234.11	14.82	0.00
3	0.29	1233.06	11.86	0.00
4	0.17	1232.44	9.44	0.00
5	0.17	1230.77	14.64	0.00
6	0.25	1230.28	17.03	0.00
7	0.74	1228.00	22.20	0.00

8	0.63	1227.49	19.89	0.00	
9	1.35	1227.17	22.96	0.00	
10	5.69	1227.16	24.35	0.00	
12	0.31	1229.31	20.64	0.00	
15	0.35	1228.33	14.53	0.00	
1	-9.96	1234.80	0.00	0.00	Embalse

## Resultados de Línea:

ID	Caudal	Velocidad	Pérd.	Unit.	Estado
Línea	LPS	m/s	m/km		
39	4.25	0.96	12.17		Abierto
40	4.08	0.92	11.29		Abierto
41	5.42	1.23	18.78		Abierto
42	3.90	0.88	10.44		Abierto
43	5.65	1.28	20.22		Abierto
44	2.19	0.50	3.74		Abierto
45	1.56	0.35	2.06		Abierto
46	0.21	0.05	0.06		Abierto
47	2.71	0.61	5.47		Abierto
7	9.96	1.27	14.09		Abierto
1	9.96	1.27	14.09		Abierto

5	3.42	0.77	8.25	Abierto
6	3.11	0.70	6.98	Abierto
8	2.77	0.63	5.65	Abierto

Informe completo del software EPANET del diseño del sistema de distribución agua potable.

Página 1

15/07/2016 10:47:12 p. m.

\*\*\*\*\*

```

*           E P A N E T           *
*   Análisis Hidráulico y de Calidad   *
*   de Redes Hidráulicas a Presión     *
*   Versión 2.0 Ve                     *
*   Traducido por:                     *
*   Grupo Multidisciplinar de Modelación de Fluidos *
*   Universidad Politécnica de Valencia *

```

\*\*\*\*\*

Archivo de Entrada: Tentativa\_2.net

Tabla Línea - Nudo:

ID	Nudo	Nudo	Longitud	Diámetro
Línea	Inicial	Final	m	mm
39	3	4	50.68	105.53

40	4	5	148.23	105.53
41	3	6	147.91	105.53
42	5	6	46.59	105.53
43	6	7	112.69	105.53
44	7	8	137.99	82.04
45	8	9	152.87	82.04
46	9	10	138.02	82.04
47	7	10	153.54	82.04
48	6	11	93.44	82.04
49	11	12	56.57	82.04
50	12	13	57.00	82.04
51	13	14	53.38	82.04
52	14	15	65.60	82.04
7	2	3	75.00	155.32
1	1	2	48.70	155.32

Resultados de Nudo:

ID	Demanda	Altura	Presión	Calidad
Nudo	LPS	m	m	horas
2	0.00	1234.72	15.43	0.00
3	0.29	1234.59	13.39	0.00

4	0.17	1234.47	11.47	0.00	
5	0.17	1234.15	18.02	0.00	
6	0.25	1234.05	20.80	0.00	
7	0.74	1233.15	27.35	0.00	
8	0.63	1232.47	24.87	0.00	
9	1.35	1231.97	27.76	0.00	
10	5.69	1231.84	29.03	0.00	
11	0.10	1234.02	22.82	0.00	
12	0.21	1234.01	25.34	0.00	
13	0.07	1234.01	23.89	0.00	
14	0.00	1234.00	21.94	0.00	
15	0.26	1234.00	20.20	0.00	
1	-9.95	1234.80	0.00	0.00	Embalse

## Resultados de Línea:

ID	Caudal Velocidad Pérd. Unit. Estado			
Línea	LPS	m/s	m/km	
39	4.24	0.48	2.36	Abierto
40	4.07	0.46	2.19	Abierto
41	5.41	0.62	3.65	Abierto
42	3.89	0.44	2.03	Abierto

43	8.41	0.96	8.03	Abierto
44	3.24	0.61	4.87	Abierto
45	2.61	0.49	3.33	Abierto
46	1.26	0.24	0.92	Abierto
47	4.43	0.84	8.52	Abierto
48	0.64	0.32	0.28	Abierto
49	0.54	0.28	0.21	Abierto
50	0.33	0.64	0.09	Abierto
51	0.26	0.41	0.06	Abierto
52	0.26	0.45	0.06	Abierto
7	9.95	0.52	1.70	Abierto
1	9.95	0.52	1.70	Abierto

**Apéndice 3.** Resultados de la estimación del golpe de ariete para el diseño de la red de distribución.

TUBERIA	NUDO		Cota		Longitud (m)	Q (lps)	Material	Velocidad	RDE	Diametro (mm)	NR
	Inicial	Final	Inicial	Final							
39	3	4	1221,2	1223	50,68	4,24	PVC	0,48	26	0,10553	1286,6
40	4	5	1223	1216,13	148,23	4,07	PVC	0,46	26	0,10553	1233
41	3	6	1221,2	1213,25	147,91	5,41	PVC	0,62	26	0,10553	1661,9
42	5	6	1216,13	1213,25	46,59	3,89	PVC	0,44	26	0,10553	1179,4
43	6	7	1213,25	1205,8	112,69	8,41	PVC	0,96	26	0,10553	2573,2
44	7	8	1205,8	1207,6	137,99	3,24	PVC	0,61	26	0,08204	1271,1
45	8	9	1207,6	1204,21	152,87	2,61	PVC	0,49	26	0,08204	1021,1
46	9	10	1204,21	1202,81	138,02	1,26	PVC	0,24	26	0,08204	500,12
47	7	10	1223,84	1202,81	153,54	4,43	PVC	0,84	26	0,08204	1750,4
48	6	11	1224,26	1211,2	93,44	0,64	PVC	0,27	26	0,08204	562,63
49	11	12	1211,2	1208,67	56,57	0,54	PVC	0,36	26	0,08204	750,17
50	12	13	1208,67	1210,119	57	0,33	PVC	0,42	26	0,08204	875,2
51	13	14	1210,12	1212,062	53,38	0,26	PVC	0,33	26	0,08204	687,66
52	14	15	1212,062	1213,8	65,6	0,26	PVC	0,32	26	0,08204	666,82
7	2	3	1219,29	1221,2	75	9,95	PVC	0,52	26	0,15532	2051,5
1	D1	2	1228,8	1219,29	48,69	9,95	PVC	0,52	26	0,15532	2051,5

TUBERIA	FÓRMULA DE COLEBROOK-WHITE			a	Sobre Presion
	f	f calculado	h		
39	0,024	0,0702	1327,393	330	16,15
40	0,025	0,3966	21934,644	330	15,47
41	0,023	0,3906	21555,855	330	20,86
42	0,025	0,3977	6912,435	330	14,80
43	0,023	0,3844	16158,901	330	32,29
44	0,031	0,5238	34687,305	330	20,52
45	0,035	0,5303	38906,703	330	16,48
46	0,035	0,5641	37363,516	330	8,07
47	0,031	0,5164	38049,083	330	28,26
48	0,033	0,5568	24968,281	330	9,08
49	0,032	0,5422	14718,191	330	12,11
50	0,033	0,5358	14656,704	330	14,13
51	0,032	0,5462	13991,021	330	11,10
52	0,032	0,5477	17241,179	330	10,76
7	0,02	0,2693	5119,268	330	17,49
1	0,02	0,26928	3323,428	330	17,49



TUBERIA	Perdidas Unitarias	Presion Estatica		Presion Total		Chequeo Presion Condicion
		Inicial	Final	Inicial	Final	
39	0,00236	3,5	1,6	19,65	17,75	OK
40	0,00219	1,6	8,2	17,07	23,67	OK
41	0,00365	3,5	11,01	24,36	31,87	OK
42	0,00203	8,2	11,01	23,00	25,81	OK
43	0,00803	11,01	18,04	43,30	50,33	OK
44	0,00487	18,04	16,04	38,56	36,56	OK
45	0,00333	16,04	19,37	32,52	35,85	OK
46	0,00092	19,37	20,77	27,44	28,84	OK
47	0,00852	18,04	20,77	46,30	49,03	OK
48	0,0009	11,01	12,94	20,09	22,02	OK
49	0,00106	12,94	15,44	25,05	27,55	OK
50	0,00203	15,44	13,99	29,57	28,12	OK
51	0,00101	13,99	12,04	25,09	23,14	OK
52	0,00096	12,04	10,29	22,80	21,05	OK
7	0,0017	6,07	3,5	23,56	20,99	OK
1	0,0017	5,98	2,7	23,47	20,19	OK

### Apéndice 4. Análisis de precios unitarios

BATALLON SANTANDER OCAÑA - NORTE DE SANTANDER						
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
PROYECTO: RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL BATALLON SANTANDER - MUNICIPIO DE OCAÑA - DEPARTAMENT DEL NORTE DE SANTANDER						
CONCRETO CLASE E (175 Kg/CM <sup>2</sup> - 2500 PSI)		ITEM	BASICO	UNIDAD	M <sup>3</sup>	
<b>I. EQUIPO (DESCRIPCION)</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>TARIFA</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>VR/UNITARIO</b>	
HERRAMIENTAS MENORES		%MO	90439,06	0,05	4521,953	
Mezcaldora de concreto 1 BULTO		\$/HORA	10832	2	5416	
					<b>SUBTOTAL</b>	
					\$ 9937,953	
<b>II. MATERIALES EN OBRA (DESCRIPCION)</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VR/UNITARIO</b>	
CEMENTO		Kg	550	300	165000	
ARENA		M <sup>3</sup>	30000	0,475	14250	
GRAVILLA 3/4"		M <sup>3</sup>	50000	0,95	47500	
AGUA		Lts	20	170	3400	
DESPERDICIO		%	230150	0,05	11507,5	
					<b>SUBTOTAL</b>	
					\$ 241657,5	
<b>III. TRANSPORTE (DESCRIPCION)</b>		<b>VOL. Ó PESO</b>	<b>DISTANCIA</b>	<b>M3-KM</b>	<b>TARIFA</b>	<b>VR/UNITARIO</b>
ARENA		0,48	7	3,36	958	3218,88
TRITURADO		0,95	20	19	958	18202
					<b>SUBTOTAL</b>	
					\$ 21420,88	
<b>IV. MANO DE OBRA (DESCRIPCION)</b>		<b>CANTIDAD</b>	<b>JORNAL + PRESTACIONES</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>VR/UNITARIO</b>	
CUADRILLA "AA" (Albañileria)		1	135658,58	1,5	90439,05333	
					<b>SUBTOTAL</b>	
					\$ 90439,05	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO \$</b>					<b>363455,39</b>	
<b>V. CARGOS INDIRECTOS (DESCRIPCION)</b>				<b>% COSTOS D</b>	<b>VR/UNITARIO</b>	
ADMINISTRACION						
IMPREVISTOS						
UTILIDAD						
					<b>SUBTOTAL</b>	
					\$	
<b>PRECIO TOTAL UNITARIO \$</b>						

BATALLON SANTANDER OCAÑA - NORTE DE SANTANDER						
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
PROYECTO: RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL BATALLON SANTANDER - MUNICIPIO DE OCAÑA - DEPARTAMENT DEL NORTE DE SANTANDER						
CONCRETO CLASE D (210 Kg/CM <sup>2</sup> - 3000 PSI)		ITEM	BASICO	UNIDAD	M <sup>3</sup>	
<b>I. EQUIPO (DESCRIPCION)</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>TARIFA</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>VR/UNITARIO</b>	
HERRAMIENTAS MENORES	%MO	90439,06	0,05	4521,953		
Mezcaldora de concreto 1 BULTO	\$/HORA	10832	2	5416		
					<b>SUBTOTAL</b>	
					\$ 9937,953	
<b>II. MATERIALES EN OBRA (DESCRIPCION)</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VR/UNITARIO</b>	
CEMENTO	Kg	550	350	192500		
ARENA	M <sup>3</sup>	30000	0,555	16650		
GRAVILLA 3/4"	M <sup>3</sup>	50000	0,835	41750		
AGUA	Lts	20	180	3600		
DESPERDICIO	%	254500	0,05	12725		
					<b>SUBTOTAL</b>	
					\$ 267225,00	
<b>III. TRANSPORTE (DESCRIPCION)</b>		<b>VOL. Ó PESO</b>	<b>DISTANCIA</b>	<b>M3-KM</b>	<b>TARIFA</b>	<b>VR/UNITARIO</b>
ARENA	0,56	7	3,89	958	3726,62	
TRITURADO	0,84	20	16,7	958	15998,6	
						<b>SUBTOTAL</b>
						\$ 19725,22
<b>IV. MANO DE OBRA (DESCRIPCION)</b>		<b>CANTIDAD</b>	<b>JORNAL + PRESTACIONES</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>VR/UNITARIO</b>	
CUADRILLA "AA" (Albañilería)	1	135658,58	1,5	90439,05333		
					<b>SUBTOTAL</b>	
					\$ 90439,05	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					<b>\$ 387327,23</b>	
<b>V. CARGOS INDIRECTOS (DESCRIPCION)</b>				<b>% COSTOS D</b>	<b>VR/UNITARIO</b>	
ADMINISTRACION						
IMPREVISTOS						
UTILIDAD						
					<b>SUBTOTAL</b>	
					\$	
<b>PRECIO TOTAL UNITARIO</b>					<b>\$</b>	

BATALLON SANTANDER OCAÑA - NORTE DE SANTANDER					
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO: RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL BATALLON SANTANDER - MUNICIPIO DE OCAÑA - DEPARTAMENT DEL NORTE DE SANTANDER					
Replanteo, control y medicion de la obra, incluye		ITEM	1.1	UNIDAD	ML
<b>I. EQUIPO (DESCRIPCION)</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>TARIFA</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>VR/UNITARIO</b>
HERRAMIENTAS MENORES		%MO	1500	0,1	150
Equipo topografia		\$/HORA	16374	0,08	1309,92
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 1459,92
<b>II. MATERIALES EN OBRA (DESCRIPCION)</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VR/UNITARIO</b>
ESTACA		Und	550	0,5	275
PITA		Ml	20	0,05	1
CAL		Kg	900	0,005	4,5
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 255,5
<b>III. TRANSPORTE (DESCRIPCION)</b>		<b>VOL. Ó PESO</b>	<b>DISTANCIA</b>	<b>M3-KM</b>	<b>TARIFA</b>
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 0
<b>IV. MANO DE OBRA (DESCRIPCION)</b>		<b>CANTIDAD</b>	<b>JORNAL + PRESTACIONES</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>VR/UNITARIO</b>
TOPOGRAFO		1	62466,67	90	694,074
CADENERO 1		1	38800	90	431,111
CADENERO 2		1	33733,33	90	374,815
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 1500,00
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					
					\$ 3215,42
<b>V. CARGOS INDIRECTOS (DESCRIPCION)</b>				<b>% COSTOS D</b>	<b>VR/UNITARIO</b>
ADMINISTRACION					
IMPREVISTOS					
UTILIDAD					
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$
<b>PRECIO TOTAL UNITARIO</b>					<b>\$</b>

BATALLON SANTANDER OCAÑA - NORTE DE SANTANDER					
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO: RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL BATALLON SANTANDER - MUNICIPIO DE OCAÑA - DEPARTAMENT DEL NORTE DE SANTANDER					
Excavaciones a maquina en material comun y/o	ITEM	2.1.1	UNIDAD	M³	
<b>I. EQUIPO (DESCRIPCION)</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>TARIFA</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>VR/UNITARIO</b>
HERRAMIENTAS MENORES		%MO	1187,01	0,1	118,701
Retroexcavadora J.D 410		\$/HORA	130000	0,07	9100
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 9218,701
<b>II. MATERIALES EN OBRA (DESCRIPCION)</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VR/UNITARIO</b>
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 0
<b>III. TRANSPORTE (DESCRIPCION)</b>		<b>VOL. Ó PESO</b>	<b>DISTANCIA</b>	<b>M3-KM</b>	<b>TARIFA</b>
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 0
<b>IV. MANO DE OBRA (DESCRIPCION)</b>		<b>CANTIDAD</b>	<b>JORNAL + PRESTACIONES</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>VR/UNITARIO</b>
CUADRILLA "AA" (Albañileria)		1	16957,32	0,07	1187,0124
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 1187,01
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					\$ 10405,71
<b>V. CARGOS INDIRECTOS (DESCRIPCION)</b>				<b>% COSTOS D</b>	<b>VR/UNITARIO</b>
ADMINISTRACION					
IMPREVISTOS					
UTILIDAD					
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$
<b>PRECIO TOTAL UNITARIO</b>					\$

BATALLON SANTANDER OCAÑA - NORTE DE SANTANDER					
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
<b>PROYECTO: RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL BATALLON SANTANDER - MUNICIPIO DE OCAÑA - DEPARTAMENT DEL NORTE DE SANTANDER</b>					
Excavaciones a maquina en material comun y/o		ITEM	2.1.2	UNIDAD	M <sup>3</sup>
<b>I. EQUIPO (DESCRIPCION)</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>TARIFA</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>VR/UNITARIO</b>
HERRAMIENTAS MENORES		%MO	1526,16	0,1	152,616
Retroexcavadora J.D 410		\$/HORA	130000	0,09	11700
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 11852,616
<b>II. MATERIALES EN OBRA (DESCRIPCION)</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VR/UNITARIO</b>
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 0
<b>III. TRANSPORTE (DESCRIPCION)</b>		<b>VOL. Ó PESO</b>	<b>DISTANCIA</b>	<b>M3-KM</b>	<b>TARIFA</b>
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 0
<b>IV. MANO DE OBRA (DESCRIPCION)</b>		<b>CANTIDAD</b>	<b>JORNAL + PRESTACIONES</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>VR/UNITARIO</b>
CUADRILLA "AA" (Albañileria)		1	16957,32	0,09	1526,1588
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 1526,16
					<b>TOTAL COSTO DIRECTO \$</b>
					13378,77
<b>V. CARGOS INDIRECTOS (DESCRIPCION)</b>				<b>% COSTOS D</b>	<b>VR/UNITARIO</b>
ADMINISTRACION					
IMPREVISTOS					
UTILIDAD					
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$
					<b>PRECIO TOTAL UNITARIO \$</b>

BATALLON SANTANDER OCAÑA - NORTE DE SANTANDER						
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
PROYECTO: RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL BATALLON SANTANDER - MUNICIPIO DE OCAÑA - DEPARTAMENT DEL NORTE DE SANTANDER						
Cimentacion de tuberia, incluye: Suministro y compactacion del material para la nivelacion del		ITEM	4.1	UNIDAD	M³	
I. EQUIPO (DESCRIPCION)		UNIDAD	TARIFA	RENDIMIENTO	VR/UNITARIO	
HERRAMIENTAS MENORES		%MO	9043,91	0,1	904,391	
Compactador manual (pison)		\$/HORA	10715	2,5	4286	
					<b>SUBTOTAL</b>	
					\$ 5190,391	
II. MATERIALES EN OBRA (DESCRIPCION)		UNIDAD	PRECIO	CANTIDAD	VR/UNITARIO	
ARENA DE RIO		M³	30000	1,1	33000	
DESPERDICIO		%	33000	0,05	1650	
					<b>SUBTOTAL</b>	
					\$ 34650,00	
III. TRANSPORTE (DESCRIPCION)		VOL. Ó PESO	DISTANCIA	M3-KM	TARIFA	VR/UNITARIO
ARENA		1,1	7	7,7	958	7376,6
					<b>SUBTOTAL</b>	
					\$ 7376,6	
IV. MANO DE OBRA (DESCRIPCION)		CANTIDAD	JORNAL + PRESTACIONES	RENDIMIENTO	VR/UNITARIO	
CUADRILLA "AA" (Albañileria)		1	135658,58	1,5	90439,05333	
					<b>SUBTOTAL</b>	
					\$ 90439,05	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					\$ 56260,85	
V. CARGOS INDIRECTOS (DESCRIPCION)				% COSTOS D	VR/UNITARIO	
ADMINISTRACION						
IMPREVISTOS						
UTILIDAD						
					<b>SUBTOTAL</b>	
					\$	
<b>PRECIO TOTAL UNITARIO</b>					\$	

<b>BATALLON SANTANDER OCAÑA - NORTE DE SANTANDER</b>					
<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
<b>PROYECTO: RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL BATALLON SANTANDER - MUNICIPIO DE OCAÑA - DEPARTAMENT DEL NORTE DE SANTANDER</b>					
Suministro e instalacion tuberia de diametro 8" (200	ITEM	5.1.1	UNIDAD	ML	
<b>I. EQUIPO (DESCRIPCION)</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>TARIFA</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>VR/UNITARIO</b>
HERRAMIENTAS MENORES		%MO	12435,37	0,1	1243,537
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 1243,537
<b>II. MATERIALES EN OBRA (DESCRIPCION)</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VR/UNITARIO</b>
Tubo de 8" (200 mm) para alcantarillado		ML	31364,66	1,03	32305,5998
Union 8"		Und	32499,72	0,17	5524,9524
Limpiador (1/4 Gal)		Gal	33554,16	0,02	671,0832
Lubricante tarro (500 gr)		Tarro	14071,96	0,02	281,4392
Desperdicio		%	38783,07	0,05	1939,1535
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 40722,2281
<b>III. TRANSPORTE (DESCRIPCION)</b>		<b>VOL. Ó PESO</b>	<b>DISTANCIA</b>	<b>M3-KM</b>	<b>TARIFA</b>
De materiales		%Mat	40722,4	0,1	4072,24
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 4072,24
<b>IV. MANO DE OBRA (DESCRIPCION)</b>		<b>CANTIDAD</b>	<b>JORNAL + PRESTACIONES</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>VR/UNITARIO</b>
CUADRILLA "BB" (Instalacion)		Dia	149224,44	12	12435,37
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 12435,37
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					<b>\$ 58473,38</b>
<b>V. CARGOS INDIRECTOS (DESCRIPCION)</b>				<b>% COSTOS D</b>	<b>VR/UNITARIO</b>
ADMINISTRACION					
IMPREVISTOS					
UTILIDAD					
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$
<b>PRECIO TOTAL UNITARIO</b>					<b>\$</b>



<b>BATALLON SANTANDER OCAÑA - NORTE DE SANTANDER</b>					
<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
<b>PROYECTO: RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL BATALLON SANTANDER - MUNICIPIO DE OCAÑA - DEPARTAMENT DEL NORTE DE SANTANDER</b>					
Relleno con material de la misma excavacion	ITEM	6.1	UNIDAD	M³	
<b>I. EQUIPO (DESCRIPCION)</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>TARIFA</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>VR/UNITARIO</b>	
HERRAMIENTAS MENORES	%MO	9043,91	0,05	452,1955	
Compactador manual vibratorio - Tipo Car	\$/HORA	45991	8	5748,875	
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 6201,0705
<b>II. MATERIALES EN OBRA (DESCRIPCION)</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VR/UNITARIO</b>	
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 0
<b>III. TRANSPORTE (DESCRIPCION)</b>	<b>VOL. Ó PESO</b>	<b>DISTANCIA</b>	<b>M3-KM</b>	<b>TARIFA</b>	<b>VR/UNITARIO</b>
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 0
<b>IV. MANO DE OBRA (DESCRIPCION)</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>JORNAL + PRESTACIONES</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>VR/UNITARIO</b>	
CUADRILLA "AA" (Albañileria)	Dia	135658,58	15	9043,905333	
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 9043,91
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					\$ 15244,98
<b>V. CARGOS INDIRECTOS (DESCRIPCION)</b>			<b>% COSTOS D</b>	<b>VR/UNITARIO</b>	
ADMINISTRACION					
IMPREVISTOS					
UTILIDAD					
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$
<b>PRECIO TOTAL UNITARIO</b>					\$

BATALLON SANTANDER OCAÑA - NORTE DE SANTANDER					
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO: RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL BATALLON SANTANDER - MUNICIPIO DE OCAÑA - DEPARTAMENT DEL NORTE DE SANTANDER					
Relleno con material seleccionado compactado:		ITEM	6.2	UNIDAD	M³
<b>I. EQUIPO (DESCRIPCION)</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>TARIFA</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>VR/UNITARIO</b>
HERRAMIENTAS MENORES		%MO	9043,91	0,05	452,1955
Compactador manual vibratorio - Tipo Car		\$/HORA	45991	8	5748,875
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 6201,0705
<b>II. MATERIALES EN OBRA (DESCRIPCION)</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VR/UNITARIO</b>
RELLENO SELECCIONADO		M³	35000	1,25	43750
AGUA		Lts	20	50	1000
DESPERDICIO		%	44750	0,05	2237,5
					0
					0
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 46987,50
<b>III. TRANSPORTE (DESCRIPCION)</b>		<b>VOL. Ó PESO</b>	<b>DISTANCIA</b>	<b>M3-KM</b>	<b>TARIFA</b>
RELLENO SELECCIONADO		1,25	20	25	958
					23950
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 23950
<b>IV. MANO DE OBRA (DESCRIPCION)</b>		<b>CANTIDAD</b>	<b>JORNAL + PRESTACIONES</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>VR/UNITARIO</b>
CUADRILLA "AA" (Albañileria)		1	135658,58	15	9043,905333
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 9043,91
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					<b>\$ 86182,48</b>
<b>V. CARGOS INDIRECTOS (DESCRIPCION)</b>				<b>% COSTOS D</b>	<b>VR/UNITARIO</b>
ADMINISTRACION					
IMPREVISTOS					
UTILIDAD					
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$
<b>PRECIO TOTAL UNITARIO</b>					<b>\$</b>

BATALLON SANTANDER OCAÑA - NORTE DE SANTANDER					
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO: RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL BATALLON SANTANDER - MUNICIPIO DE OCAÑA - DEPARTAMENT DEL NORTE DE SANTANDER					
Construcción de pozo con altura menor de 1.8 m	ITEM	7.1.1	UNIDAD	Und	
<b>I. EQUIPO (DESCRIPCION)</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>TARIFA</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>VR/UNITARIO</b>
HERRAMIENTAS MENORES		%MO	226097,64	0,1	22609,764
Vibrador de concreto, Motor de 3 hp a 1800 rpm		\$/HORA	8222	1	8222
Formaleta metalica (para pozos de inspeccion)		\$/HORA	12788	0,1	127880
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 158711,764
<b>II. MATERIALES EN OBRA (DESCRIPCION)</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VR/UNITARIO</b>
Concreto simple 2500 psi para placa fondo		M³	363424,36	0,35	127198,526
Concreto simple 2500 psi para cuerpo		M³	363424,36	0,9472	344235,5538
Concreto simple 3000 psi para losa superior		M³	387319,94	0,35	135561,979
Concreto simple 2500 psi para cañuela		M³	363424,36	0,24	87221,8464
Tapa de ferroconcreto D= 0.6 m.		Und	120000	1	120000
Acero de 60000 psi		Kg	3200	20	64000
Escalones 3/4", pintados con anticorrosivo		Und	15000	4	60000
Desperdicio		%	938234,9	0,05	46911,745
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 985129,65
<b>III. TRANSPORTE (DESCRIPCION)</b>		<b>VOL. Ó PESO</b>	<b>DISTANCIA</b>	<b>M3-KM</b>	<b>TARIFA</b>
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 0
<b>IV. MANO DE OBRA (DESCRIPCION)</b>		<b>CANTIDAD</b>	<b>JORNAL + PRESTACIONES</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>VR/UNITARIO</b>
CUADRILLA "AA" (Albañileria)		1	135658,58	0,6	226097,6333
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 226097,63
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					\$ 1369939,05
<b>V. CARGOS INDIRECTOS (DESCRIPCION)</b>				<b>% COSTOS D</b>	<b>VR/UNITARIO</b>
ADMINISTRACION					
IMPREVISTOS					
UTILIDAD					
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$
<b>PRECIO TOTAL UNITARIO</b>					\$

BATALLON SANTANDER OCAÑA - NORTE DE SANTANDER					
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO: RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL BATALLON SANTANDER - MUNICIPIO DE OCAÑA - DEPARTAMENT DEL NORTE DE SANTANDER					
Construcción de pozo con altura mayor de 1.8 m	ITEM	7.1.2	UNIDAD	Und	
<b>I. EQUIPO (DESCRIPCION)</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>TARIFA</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>VR/UNITARIO</b>
HERRAMIENTAS MENORES		%MO	271317,17	0,05	13565,8585
Vibrador de concreto, Motor de 3 hp a 1800 rpm		\$/HORA	8222	1	8222
Formaleta metalica (para pozos de inspeccion)		\$/HORA	12788	0,09	142088,8889
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 163876,747
<b>II. MATERIALES EN OBRA (DESCRIPCION)</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VR/UNITARIO</b>
Concreto simple 2500 psi para placa fondo		M³	363424,36	0,35	127198,526
Concreto simple 2500 psi para cuerpo		M³	363424,36	0,896	325628,2266
Concreto simple 2500 psi para cono de recepcion		M³	363424,36	0,5	181712,18
Concreto simple 3000 psi para cabezal		M³	387319,94	0,17	65844,3898
Concreto simple 2500 psi para cañuela		M³	363424,36	0,24	87221,8464
Tapa de ferroconcreto D= 0.6 m.		Und	120000	1	120000
Acero de 60000 psi		Kg	3200	12	38400
Escalones 3/4", pintados con anticorrosivo		Und	15000	7	105000
Desperdicio		%	1051005,16	0,05	52550,258
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 1103555,43
<b>III. TRANSPORTE (DESCRIPCION)</b>		<b>VOL. Ó PESO</b>	<b>DISTANCIA</b>	<b>M3-KM</b>	<b>TARIFA</b>
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 0
<b>IV. MANO DE OBRA (DESCRIPCION)</b>		<b>CANTIDAD</b>	<b>JORNAL + PRESTACIONES</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>VR/UNITARIO</b>
CUADRILLA "AA" (Albañileria)		1	135658,58	0,5	271317,16
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 271317,16
<b>TOTAL COSTO DIRECTO \$</b>					
1538749,33					
<b>V. CARGOS INDIRECTOS (DESCRIPCION)</b>				<b>% COSTOS D</b>	<b>VR/UNITARIO</b>
ADMINISTRACION					
IMPREVISTOS					
UTILIDAD					
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$
<b>PRECIO TOTAL UNITARIO \$</b>					

<b>BATALLON SANTANDER OCAÑA - NORTE DE SANTANDER</b>					
<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
<b>PROYECTO: RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL BATALLON SANTANDER - MUNICIPIO DE OCAÑA - DEPARTAMENT DEL NORTE DE SANTANDER</b>					
Retiro de material de la excavación y escombros y	ITEM	10.1	UNIDAD	M <sup>3</sup>	
<b>I. EQUIPO (DESCRIPCION)</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>TARIFA</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>VR/UNITARIO</b>
HERRAMIENTAS MENORES		%MO	6782,93	0,05	339,1465
Argador Potencia al volante de 110 HP, mc		\$/HORA	120307	35	3437,342857
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 3776,48936
<b>II. MATERIALES EN OBRA (DESCRIPCION)</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VR/UNITARIO</b>
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 0,00
<b>III. TRANSPORTE (DESCRIPCION)</b>		<b>VOL. Ó PESO</b>	<b>DISTANCIA</b>	<b>M3-KM</b>	<b>TARIFA</b>
Sobrante excavación y escom		1,3	12	15,6	958
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 14944,8
<b>IV. MANO DE OBRA (DESCRIPCION)</b>		<b>CANTIDAD</b>	<b>JORNAL + PRESTACIONES</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>VR/UNITARIO</b>
CUADRILLA "AA" (Albañileria)		1	135658,58	20	6782,929
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 6782,93
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					<b>\$ 25504,22</b>
<b>V. CARGOS INDIRECTOS (DESCRIPCION)</b>				<b>% COSTOS D</b>	<b>VR/UNITARIO</b>
ADMINISTRACION					
IMPREVISTOS					
UTILIDAD					
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$
<b>PRECIO TOTAL UNITARIO</b>					<b>\$</b>

BATALLON SANTANDER OCAÑA - NORTE DE SANTANDER					
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO: RED DE AGUA POTABLE DEL BATALLON SANTANDER - MUNICIPIO DE OCAÑA - DEPARTAMENT DEL NORTE DE SANTANDER					
Nivelación y replanteo			ITEM	1	UNIDAD ml
<b>I. EQUIPO (DESCRIPCION)</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>TARIFA</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>VR/UNITARIO</b>
Equipo de Topografia		Mes	0	0,7	1886,2
Herramienta menor		%	0	0,35	500
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 1495,34
<b>II. MATERIALES EN OBRA (DESCRIPCION)</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VR/UNITARIO</b>
Tabla pegachento 2*30*300		UND	10100	0,001	10,1
Puntillas con cabeza Puma 2 1/2"		Kg	4791	0,001	4,791
Vara comun 4m		UND	8000	0,01	80
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 94,891
<b>III. TRANSPORTE (DESCRIPCION)</b>	<b>VOL. Ó PESO</b>	<b>DISTANCIA</b>	<b>M3-KM</b>	<b>TARIFA</b>	<b>VR/UNITARIO</b>
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$
<b>IV. MANO DE OBRA (DESCRIPCION)</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>JORNAL + PRESTACIONES</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>VR/UNITARIO</b>	
Cuadrilla 1*1	73222	133996,26	0,0015	200,994	
Cuadrilla de Topografia	298852	546899,16	0,0014	765,659	
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 966,65
<b>TOTAL COSTO DIRECTO \$</b>					<b>2556,88</b>
<b>V. CARGOS INDIRECTOS (DESCRIPCION)</b>				<b>% COSTOS D</b>	<b>VR/UNITARIO</b>
ADMINISTRACION					
IMPREVISTOS					
UTILIDAD					
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$
<b>PRECIO TOTAL UNITARIO \$</b>					

BATALLON SANTANDER OCAÑA - NORTE DE SANTANDER						
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
PROYECTO: RED DE AGUA POTABLE DEL BATALLON SANTANDER - MUNICIPIO DE OCAÑA - DEPARTAMENT DEL NORTE DE SANTANDER						
Excavación			ITEM	2	UNIDAD	M3
<b>I. EQUIPO (DESCRIPCION)</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>TARIFA</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>VR/UNITARIO</b>		
Herramienta menor	%	4905	1	4905		
						<b>SUBTOTAL</b>
						\$ 4905
<b>II. MATERIALES EN OBRA (DESCRIPCION)</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VR/UNITARIO</b>		
						<b>SUBTOTAL</b>
						\$
<b>III. TRANSPORTE (DESCRIPCION)</b>	<b>VOL. Ó PESO</b>	<b>DISTANCIA</b>	<b>M3-KM</b>	<b>TARIFA</b>	<b>VR/UNITARIO</b>	
						<b>SUBTOTAL</b>
						\$
<b>IV. MANO DE OBRA (DESCRIPCION)</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>JORNAL + PRESTACIONES</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>VR/UNITARIO</b>		
Cuadrilla 0*2	40577	74255,91	0,43	31930,0413		
						<b>SUBTOTAL</b>
						\$ 31930,04
<b>TOTAL COSTO DIRECTO \$</b>						<b>36835,04</b>
<b>V. CARGOS INDIRECTOS (DESCRIPCION)</b>				<b>% COSTOS D</b>	<b>VR/UNITARIO</b>	
ADMINISTRACION						
IMPREVISTOS						
UTILIDAD						
						<b>SUBTOTAL</b>
						\$
<b>PRECIO TOTAL UNITARIO \$</b>						

BATALLON SANTANDER OCAÑA - NORTE DE SANTANDER					
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO: RED DE AGUA POTABLE DEL BATALLON SANTANDER - MUNICIPIO DE OCAÑA - DEPARTAMENT DEL NORTE DE SANTANDER					
Suministro e instalación tubería 6" RDE 26		ITEM	3	UNIDAD	ml
<b>I. EQUIPO (DESCRIPCION)</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>TARIFA</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>VR/UNITARIO</b>
Herramienta menor		%	4200	0,4	1680
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 1680
<b>II. MATERIALES EN OBRA (DESCRIPCION)</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VR/UNITARIO</b>
Tubo Presion con Campana 6" RDE 26-160 psi		ml	60968,2	1	64016,61
Accesorios		GL	1,03	0,55	0,5665
Lubricante Tuberia Union Mecanica (500 gr)		gr	28	65	1820
Varios		GL	7,791	0,5615	4,3746465
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 0
<b>III. TRANSPORTE (DESCRIPCION)</b>		<b>VOL. Ó PESO</b>	<b>DISTANCIA</b>	<b>M3-KM</b>	<b>TARIFA</b>
Tubería, accesorios, Varios		1,27	11	13,97	185
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 2584,45
<b>IV. MANO DE OBRA (DESCRIPCION)</b>		<b>CANTIDAD</b>	<b>JORNAL + PRESTACIONES</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>VR/UNITARIO</b>
Cuadrilla 1*1		73222	133996,26	0,0207	2773,722582
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 2773,72
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					<b>\$ 72879,72</b>
<b>V. CARGOS INDIRECTOS (DESCRIPCION)</b>				<b>% COSTOS D</b>	<b>VR/UNITARIO</b>
ADMINISTRACION					
IMPREVISTOS					
UTILIDAD					
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$
<b>PRECIO TOTAL UNITARIO</b>					<b>\$</b>



<b>BATALLON SANTANDER OCAÑA - NORTE DE SANTANDER</b>						
<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>						
<b>PROYECTO: RED DE AGUA POTABLE DEL BATALLON SANTANDER - MUNICIPIO DE OCAÑA - DEPARTAMENT DEL NORTE DE SANTANDER</b>						
Suministro e instalación tubería 4" RDE 26				ITEM	4	UNIDAD ml
<b>I. EQUIPO (DESCRIPCION)</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>TARIFA</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>VR/UNITARIO</b>		
Herramienta menor	%	4200	0,5	2100		
<b>SUBTOTAL</b>						\$ 2100
<b>II. MATERIALES EN OBRA (DESCRIPCION)</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VR/UNITARIO</b>		
Tubo Presion con Campana 4" RDE 26-160 psi	ml	19176	1	0,05		
Accesorios	GL	2013	0,56	0		
Lubricante Tuberia Union Mecanica (500 gr)	gr	28	40	0,05		
Varios	GL	2129	0,616	0		
<b>SUBTOTAL</b>						\$ 23693,544
<b>III. TRANSPORTE (DESCRIPCION)</b>	<b>VOL. Ó PESO</b>	<b>DISTANCIA</b>	<b>M3-KM</b>	<b>TARIFA</b>	<b>VR/UNITARIO</b>	
Tubería, accesorios, Varios	0,17	11	1,87	185	345,95	
<b>SUBTOTAL</b>						\$ 345,95
<b>IV. MANO DE OBRA (DESCRIPCION)</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>JORNAL + PRESTACIONES</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>VR/UNITARIO</b>		
Cuadrilla 1*1	73222	133996,26	0,0207	2773,722582		
<b>SUBTOTAL</b>						\$ 2773,72
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>						\$ 28913,22
<b>V. CARGOS INDIRECTOS (DESCRIPCION)</b>			<b>% COSTOS D</b>	<b>VR/UNITARIO</b>		
ADMINISTRACION						
IMPREVISTOS						
UTILIDAD						
<b>SUBTOTAL</b>						\$
<b>PRECIO TOTAL UNITARIO</b>						\$

BATALLON SANTANDER OCAÑA - NORTE DE SANTANDER					
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO: RED DE AGUA POTABLE DEL BATALLON SANTANDER - MUNICIPIO DE OCAÑA - DEPARTAMENT DEL NORTE DE SANTANDER					
Suministro e instalación tubería 3" RDE 26		ITEM	5	UNIDAD	ml
<b>I. EQUIPO (DESCRIPCION)</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>TARIFA</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>VR/UNITARIO</b>
Herramienta menor		%	4200	0,5	2100
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 2100
<b>II. MATERIALES EN OBRA (DESCRIPCION)</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VR/UNITARIO</b>
Tubo Presion con Campana 3" RDE 26-160 psi		ml	10096	1	10600,8
Accesorios		GL	1060	0,6	636
Lubricante Tuberia Union Mecanica (500 gr)		gr	28	40	1120
Varios		GL	1050	0,62	651
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 13007,8
<b>III. TRANSPORTE (DESCRIPCION)</b>		<b>VOL. Ó PESO</b>	<b>DISTANCIA</b>	<b>M3-KM</b>	<b>TARIFA</b>
Tubería, accesorios, Varios		0,05	11	0,55	185
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 101,75
<b>IV. MANO DE OBRA (DESCRIPCION)</b>		<b>CANTIDAD</b>	<b>JORNAL + PRESTACIONES</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>VR/UNITARIO</b>
Cuadrilla 1*1		73222	133996,26	0,0015	200,99439
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 200,99
<b>TOTAL COSTO DIRECTO \$ 15410,54</b>					
<b>V. CARGOS INDIRECTOS (DESCRIPCION)</b>				<b>% COSTOS D</b>	<b>VR/UNITARIO</b>
ADMINISTRACION					
IMPREVISTOS					
UTILIDAD					
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$
<b>PRECIO TOTAL UNITARIO \$</b>					



BATALLON SANTANDER OCAÑA - NORTE DE SANTANDER						
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
PROYECTO: RED DE AGUA POTABLE DEL BATALLON SANTANDER - MUNICIPIO DE OCAÑA - DEPARTAMENT DEL NORTE DE SANTANDER						
Válvula de corte y control 4" incluye sum. Inst. caja		ITEM	BASICO	7	UND	
I. EQUIPO (DESCRIPCION)	UNIDAD	TARIFA	RENDIMIENTO	VR/UNITARIO		
Herramienta menor	%	4200	1,351	5674,2		
					<b>SUBTOTAL</b>	
					\$	5674,2
II. MATERIALES EN OBRA (DESCRIPCION)	UNIDAD	PRECIO	CANTIDAD	VR/UNITARIO		
Formaleta General	UND	50000	1	52500		
Concreto	M3	750000	0,74	555000		
Hierro 1/4" a 3/8" 37000 psi	Kg	4300	38,7	174730,5		
Hierro 1/2" 1" 60000 psi	Kg	3600	21,64	81799,2		
Valvula Corte y Control 4"	UND	567676	1	567676		
Puntillas con cabeza Puma 2 1/2"	Kg	4791	0,1	503,055		
Varios	GL	107551	1	107551	<b>SUBTOTAL</b>	
					\$	1539759,76
III. TRANSPORTE (DESCRIPCION)	VOL. Ó PESO	DISTANCIA	M3-KM	TARIFA	VR/UNITARIO	
Valvula, accesorios, Acero, etc.	24	11	264	185	48840	
					<b>SUBTOTAL</b>	
					\$	48840
IV. MANO DE OBRA (DESCRIPCION)	CANTIDAD	JORNAL + PRESTACIONES	RENDIMIENTO	VR/UNITARIO		
Obrero	29289	53598,87	1,5	80398,305		
Oficial Especializado	58577	107195,91	1,5	160793,865		
				<b>SUBTOTAL</b>		
				\$	241192,17	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO \$</b>						1835466,13
V. CARGOS INDIRECTOS (DESCRIPCION)				% COSTOS D	VR/UNITARIO	
ADMINISTRACION						
IMPREVISTOS						
UTILIDAD						<b>SUBTOTAL</b>
					\$	
<b>PRECIO TOTAL UNITARIO \$</b>						

BATALLON SANTANDER OCAÑA - NORTE DE SANTANDER						
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
PROYECTO: RED DE AGUA POTABLE DEL BATALLON SANTANDER - MUNICIPIO DE OCAÑA - DEPARTAMENT DEL NORTE DE SANTANDER						
Válvula de corte y control 3" incluye sum. Inst. caja			ITEM	8	UNIDAD UND	
<b>I. EQUIPO (DESCRIPCION)</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>TARIFA</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>VR/UNITARIO</b>	
Herramienta menor		%	4200	1,351	5674,2	
					<b>SUBTOTAL</b>	
					\$ 5674,2	
<b>II. MATERIALES EN OBRA (DESCRIPCION)</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VR/UNITARIO</b>	
Formaleta General		UND	50000	1	52500	
Concreto		M3	750000	0,94	705000	
Hierro 1/4" a 3/8" 37000 psi		Kg	4300	46,9	211753,5	
Hierro 1/2" 1" 60000 psi		Kg	3600	29,3	110754	
Valvula Corte y Control 3"		UND	361929	1	361929	
Puntillas con cabeza Puma 2 1/2"		Kg	4791	0,1	503,055	
Varios		GL	144244	1	144244	
					<b>SUBTOTAL</b>	
					\$ 1586683,56	
<b>III. TRANSPORTE (DESCRIPCION)</b>		<b>VOL. Ó PESO</b>	<b>DISTANCIA</b>	<b>M3-KM</b>	<b>TARIFA</b>	<b>VR/UNITARIO</b>
Valvula, accesorios, Acero, etc.		18	11	198	185	36630
					<b>SUBTOTAL</b>	
					\$ 36630	
<b>IV. MANO DE OBRA (DESCRIPCION)</b>		<b>CANTIDAD</b>	<b>JORNAL + PRESTACIONES</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>VR/UNITARIO</b>	
Obrero		29289	53598,87	1,5	80398,305	
Oficial Especializado		58577	107195,91	1,5	160793,865	
					<b>SUBTOTAL</b>	
					\$ 241192,17	
					<b>TOTAL COSTO DIRECTO \$ 1870179,93</b>	
<b>V. CARGOS INDIRECTOS (DESCRIPCION)</b>				<b>% COSTOS D</b>	<b>VR/UNITARIO</b>	
ADMINISTRACION						
IMPREVISTOS						
UTILIDAD						
					<b>SUBTOTAL</b>	
					\$	
					<b>PRECIO TOTAL UNITARIO \$</b>	

<b>BATALLON SANTANDER OCAÑA - NORTE DE SANTANDER</b>					
<b>ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS</b>					
<b>PROYECTO: RED DE AGUA POTABLE DEL BATALLON SANTANDER - MUNICIPIO DE OCAÑA - DEPARTAMENT DEL NORTE DE SANTANDER</b>					
Ventosas 3" incluye sum. Inst. caja		ITEM	9	UNIDAD	UND
<b>I. EQUIPO (DESCRIPCION)</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>TARIFA</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>VR/UNITARIO</b>	
Herramienta menor	%	4200	1,351	5674,2	
					<b>SUBTOTAL</b>
				\$	5674,2
<b>II. MATERIALES EN OBRA (DESCRIPCION)</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VR/UNITARIO</b>	
Formaleta General	UND	50000	1	0,05	
Concreto	M3	750000	0,6	0	
Hierro 1/4" a 3/8" 37000 psi	Kg	4300	29,331	0,05	
Hierro 1/2" 1" 60000 psi	Kg	3600	16,2	0,05	
Valvula Ventosa 3"	UND	200033	1	0	
Collarin 3"	UND	17434	1	0	
Puntillas con cabeza Puma 2 1/2"	Kg	4791	0,1	0,05	
Varios	GL	85188,16	0,4	0	
					<b>SUBTOTAL</b>
				\$	948210,784
<b>III. TRANSPORTE (DESCRIPCION)</b>	<b>VOL. Ó PESO</b>	<b>DISTANCIA</b>	<b>M3-KM</b>	<b>TARIFA</b>	<b>VR/UNITARIO</b>
Valvula, accesorios, Acero, etc.	7	11	77	185	14245
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 14245
<b>IV. MANO DE OBRA (DESCRIPCION)</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>JORNAL + PRESTACIONES</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>VR/UNITARIO</b>	
Cuadrilla 1*1	73222	133996,26	1,3	174195,138	
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 174195,14
<b>TOTAL COSTO DIRECTO \$</b>					<b>1142325,12</b>
<b>V. CARGOS INDIRECTOS (DESCRIPCION)</b>			<b>% COSTOS D</b>	<b>VR/UNITARIO</b>	
ADMINISTRACION					
IMPREVISTOS					
UTILIDAD					
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$
<b>PRECIO TOTAL UNITARIO \$</b>					

BATALLON SANTANDER OCAÑA - NORTE DE SANTANDER						
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
PROYECTO: RED DE AGUA POTABLE DEL BATALLON SANTANDER - MUNICIPIO DE OCAÑA - DEPARTAMENT DEL NORTE DE SANTANDER						
Purgas incluye sum. Inst. caja			ITEM	10	UNIDAD	UND
<b>I. EQUIPO (DESCRIPCION)</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>TARIFA</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>VR/UNITARIO</b>	
Herramienta menor		%	4200	1	4200	
					<b>SUBTOTAL</b>	
					\$ 4200	
<b>II. MATERIALES EN OBRA (DESCRIPCION)</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VR/UNITARIO</b>	
Formaleta General		UND	50000	1	52500	
Concreto		M3	750000	0,543	407250	
Hierro 1/4" a 3/8" 37000 psi		Kg	4300	26,3	118744,5	
Hierro 1/2" 1" 60000 psi		Kg	3600	16,4	61992	
Valvula de Purga		UND	176343	1	176343	
Puntillas con cabeza Puma 2 1/2"		Kg	4791	0,1	503,055	
Varios		GL	81490	0,5	40745	
					<b>SUBTOTAL</b>	
					\$ 858077,555	
<b>III. TRANSPORTE (DESCRIPCION)</b>		<b>VOL. Ó PESO</b>	<b>DISTANCIA</b>	<b>M3-KM</b>	<b>TARIFA</b>	<b>VR/UNITARIO</b>
Valvula, accesorios, Acero, etc.		6,6	12	79,2	185	14652
						<b>SUBTOTAL</b>
						\$ 14652
<b>IV. MANO DE OBRA (DESCRIPCION)</b>		<b>CANTIDAD</b>	<b>JORNAL + PRESTACIONES</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>VR/UNITARIO</b>	
Cuadrilla 1*1		73222	133996,26	1,3	174195,138	
					<b>SUBTOTAL</b>	
					\$ 174195,14	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO \$</b>						1051124,69
<b>V. CARGOS INDIRECTOS (DESCRIPCION)</b>				<b>% COSTOS D</b>	<b>VR/UNITARIO</b>	
ADMINISTRACION						
IMPREVISTOS						
UTILIDAD						
					<b>SUBTOTAL</b>	
					\$	
<b>PRECIO TOTAL UNITARIO \$</b>						

BATALLON SANTANDER OCAÑA - NORTE DE SANTANDER					
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO: RED DE AGUA POTABLE DEL BATALLON SANTANDER - MUNICIPIO DE OCAÑA - DEPARTAMENT DEL NORTE DE SANTANDER					
Concreto para atraques, cambio de dirección, accesorios,		ITEM	12	UNIDAD	M3
<b>I. EQUIPO (DESCRIPCION)</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>TARIFA</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>VR/UNITARIO</b>
Mezcladora		Dia	65000	1	65000
Herramienta menor		%	8537	1	8537
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 73537
<b>II. MATERIALES EN OBRA (DESCRIPCION)</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VR/UNITARIO</b>
Cemento		Kg	650	420	286650
Arena		M3	35000	0,67	24622,5
Grava		M3	120000	0,67	84420
Agua		Lts	50	250	13125
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 408817,5
<b>III. TRANSPORTE (DESCRIPCION)</b>		<b>VOL. Ó PESO</b>	<b>DISTANCIA</b>	<b>M3-KM</b>	<b>TARIFA</b>
Cemento, Grava, Mezclad, etc		10	12	120	185
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 22200
<b>IV. MANO DE OBRA (DESCRIPCION)</b>		<b>CANTIDAD</b>	<b>JORNAL + PRESTACIONES</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>VR/UNITARIO</b>
Cuadrilla 1*4		161088	294791,04	0,5	147395,52
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 22200,00
<b>TOTAL COSTO DIRECTO \$</b>					651950,02
<b>V. CARGOS INDIRECTOS (DESCRIPCION)</b>				<b>% COSTOS D</b>	<b>VR/UNITARIO</b>
ADMINISTRACION					
IMPREVISTOS					
UTILIDAD					
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$
<b>PRECIO TOTAL UNITARIO \$</b>					



BATALLON SANTANDER OCAÑA - NORTE DE SANTANDER					
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO: RED DE AGUA POTABLE DEL BATALLON SANTANDER - MUNICIPIO DE OCAÑA - DEPARTAMENT DEL NORTE DE SANTANDER					
Retiro de escombros			ITEM	13	UNIDAD M3
<b>I. EQUIPO (DESCRIPCION)</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>TARIFA</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>VR/UNITARIO</b>	
Herramienta menor	%	4200	1	4200	
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 4200
<b>II. MATERIALES EN OBRA (DESCRIPCION)</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VR/UNITARIO</b>	
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$
<b>III. TRANSPORTE (DESCRIPCION)</b>	<b>VOL. Ó PESO</b>	<b>DISTANCIA</b>	<b>M3-KM</b>	<b>TARIFA</b>	<b>VR/UNITARIO</b>
Escombros	6	3	18	550	9900
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 9900
<b>IV. MANO DE OBRA (DESCRIPCION)</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>JORNAL + PRESTACIONES</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>VR/UNITARIO</b>	
Cuadrilla 0*2	58577	107195,91	0,0896	9604,753536	
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 9604,75
<b>TOTAL COSTO DIRECTO \$</b>					23704,75
<b>V. CARGOS INDIRECTOS (DESCRIPCION)</b>			<b>% COSTOS D</b>	<b>VR/UNITARIO</b>	
ADMINISTRACION					
IMPREVISTOS					
UTILIDAD					
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$
<b>PRECIO TOTAL UNITARIO \$</b>					

BATALLON SANTANDER OCAÑA - NORTE DE SANTANDER					
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
<b>PROYECTO: RED DE AGUA POTABLE DEL BATALLON SANTANDER - MUNICIPIO DE OCAÑA - DEPARTAMENT DEL NORTE DE SANTANDER</b>					
Relleno de material préstamo		ITEM	14	UNIDAD	M3
<b>I. EQUIPO (DESCRIPCION)</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>TARIFA</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>VR/UNITARIO</b>	
Vibro Compactador Manual	M3	22000	0,07	1540	
Herramienta menor	%	4905	1	4905	
					<b>SUBTOTAL</b>
				\$	6445
<b>II. MATERIALES EN OBRA (DESCRIPCION)</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VR/UNITARIO</b>	
Recebo Material de Prestamo	M3	10000	1	10500	
					<b>SUBTOTAL</b>
				\$	10500
<b>III. TRANSPORTE (DESCRIPCION)</b>	<b>VOL. Ó PESO</b>	<b>DISTANCIA</b>	<b>M3-KM</b>	<b>TARIFA</b>	<b>VR/UNITARIO</b>
Material de Prestamo	6	2	12	950	11400
					<b>SUBTOTAL</b>
				\$	11400
<b>IV. MANO DE OBRA (DESCRIPCION)</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>JORNAL + PRESTACIONES</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>VR/UNITARIO</b>	
Cuadrilla 0*2	58577	107195,91	0,0896	9604,753536	
					<b>SUBTOTAL</b>
				\$	9604,75
<b>TOTAL COSTO DIRECTO \$</b>					<b>37949,75</b>
<b>V. CARGOS INDIRECTOS (DESCRIPCION)</b>			<b>% COSTOS D</b>	<b>VR/UNITARIO</b>	
ADMINISTRACION					
IMPREVISTOS					
UTILIDAD					
					<b>SUBTOTAL</b>
				\$	
<b>PRECIO TOTAL UNITARIO \$</b>					

BATALLON SANTANDER OCAÑA - NORTE DE SANTANDER					
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO: RED DE AGUA POTABLE DEL BATALLON SANTANDER - MUNICIPIO DE OCAÑA - DEPARTAMENT DEL NORTE DE SANTANDER					
Suministro e instalación tubería 4" RDE 21		ITEM	3	UNIDAD	ml
<b>I. EQUIPO (DESCRIPCION)</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>TARIFA</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>VR/UNITARIO</b>	
Herramienta menor	%	4200	0,5	2100	
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 2100
<b>II. MATERIALES EN OBRA (DESCRIPCION)</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VR/UNITARIO</b>	
Tubo Presion con Campana 4" 21-200 psi	ml	35769	1	35769	
Accesorios	GL	3109	0,53	1647,77	
Lubricante Tuberia Union Mecanica (500 gr)	gr	28	40	1120	
Varios	GL	2921	0,616	1799,336	
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 40336,106
<b>III. TRANSPORTE (DESCRIPCION)</b>	<b>VOL. Ó PESO</b>	<b>DISTANCIA</b>	<b>M3-KM</b>	<b>TARIFA</b>	<b>VR/UNITARIO</b>
Tuberia, accesorios, Varios	0,21	11	1,87	185	345,95
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 345,95
<b>IV. MANO DE OBRA (DESCRIPCION)</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>JORNAL + PRESTACIONES</b>	<b>RENDIMIENTO</b>	<b>VR/UNITARIO</b>	
Cuadrilla 1*1	73222	133996,26	0,0207	2773,722582	
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$ 2773,72
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>					<b>\$ 45555,78</b>
<b>V. CARGOS INDIRECTOS (DESCRIPCION)</b>			<b>% COSTOS D</b>	<b>VR/UNITARIO</b>	
ADMINISTRACION					
IMPREVISTOS					
UTILIDAD					
					<b>SUBTOTAL</b>
					\$
<b>PRECIO TOTAL UNITARIO</b>					<b>\$</b>

**Apéndice 4. Evidencias fotográficas**

MEDICIONES EN CAMPO (Determinación de las profundidades a clave en la tubería)



Pozo N°4



Pozo N°8



Pozo N°10



Pozo N°8



Pozo N°10

ESTADO DE LOS POSOS DE INSPECCION







AGUAS RESIDUALES VERTIDAS A CALLES Y ZONAS VERDES

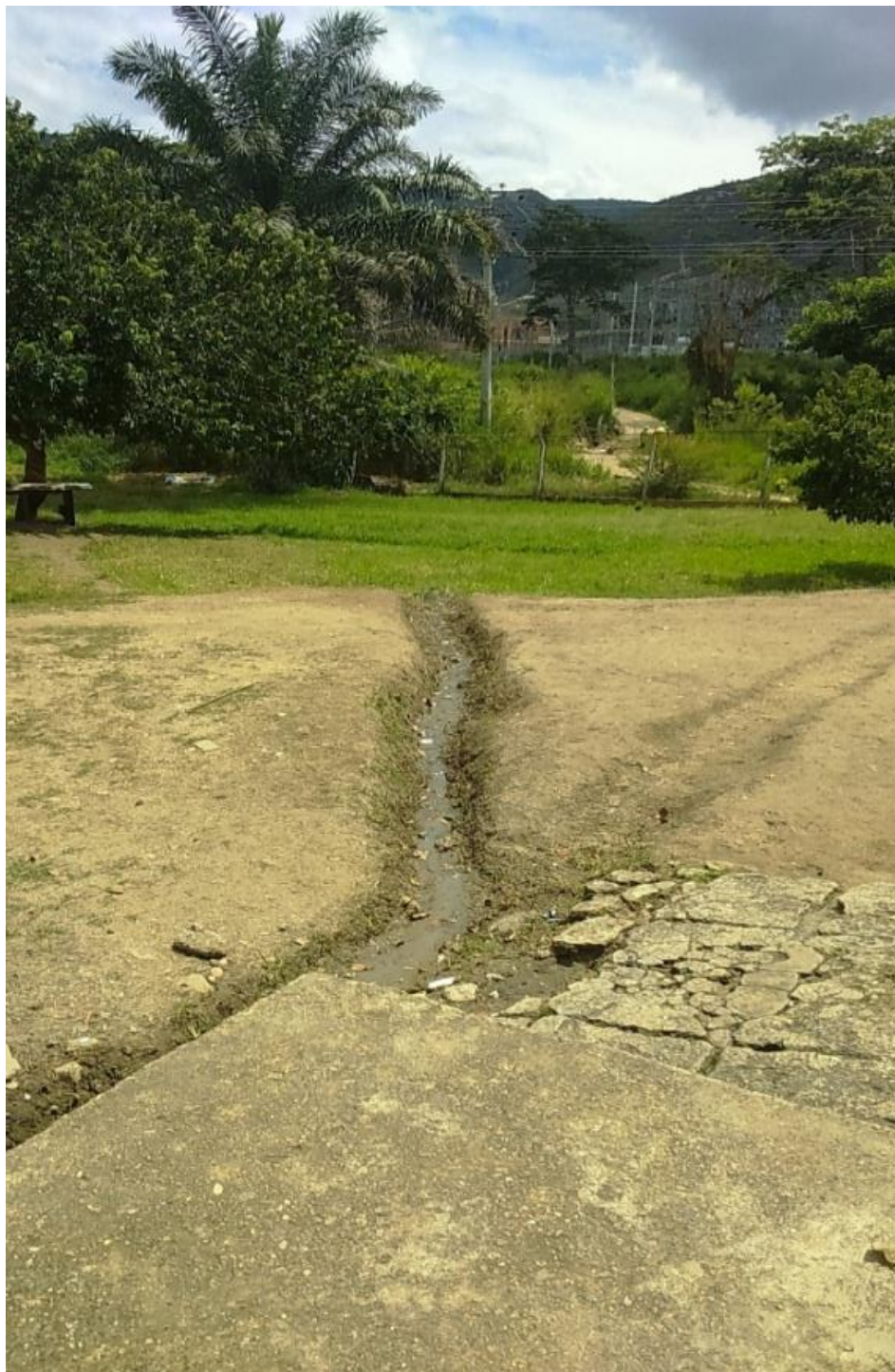








ESTADO DE CONEXIONES DOMICILIARIAS











ESTADO DE REDES DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE Y ESTADO DE GRIFERIAS







DESCARGA DE AGUAS NEGRAS – RIO ALGODONAL



