

REDISEÑO Y OPTIMIZACIÓN OPERACIONAL DEL SISTEMA DE BOMBEO
DEL SUMINISTRO DE AGUA POTABLE DEL SECTOR EL PABLÓN PARA EL
ACUEDUCTO METROPOLITANO DE BUCARAMANGA S.A E.S.P

JORGE ELIECER BENÍTEZ PRADA
JULET MARCELA MÉNDEZ HERNÁNDEZ
OMAR JOHANN MOSQUERA FORERO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA

2014

REDISEÑO Y OPTIMIZACIÓN OPERACIONAL DEL SISTEMA DE BOMBEO
DEL SUMINISTRO DE AGUA POTABLE DEL SECTOR EL PABLÓN PARA EL
ACUEDUCTO METROPOLITANO DE BUCARAMANGA S.A E.S.P

JORGE ELIECER BENÍTEZ PRADA
JULET MARCELA MÉNDEZ HERNÁNDEZ
OMAR JOHANN MOSQUERA FORERO

Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero Mecánico

Director
ANDRÉS ALMEYDA ORTIZ
Ingeniero Civil
Codirector
JAVIER RÚGELES PÉREZ
Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA

2014

DEDICATORIA

A mi madre la mujer más valiente que conozco, quien con mucho esfuerzo siempre ha estado a mi lado apoyándome y motivándome a culminar mis metas; a mi tío quien desinteresadamente siempre estuvo pendiente durante mi pregrado e hizo posible este logro; y a todas aquellas personas que recorren el camino que llamamos vida para hacernos crecer intelectual y personalmente, los que lo recorren por diferentes senderos y aquellos que deciden quedarse para siempre.

JORGE ELIECER BENITEZ PRADA.

A mi mamá y mi familia, quienes me acompañan ahora y quienes lo hacen en mis recuerdos, porque nada es tan difícil como para no intentarlo.

JULIET MARCELA MÉNDEZ HERNÁNDEZ

A Dios y a mis padres Omar y Esther, quienes me obsequiaron la vida y construyeron las bases de lo que soy, a mis hermanos Christian, Astrid y Heyder, a mis sobrinos Jeyson y Edwin, a Hernando Jiménez y Stella Gómez, mi familia en Bucaramanga. a Tati la mayor bendición que Dios me ha regalado un hermoso ser de luz, quien es mi orgullo, mi inspiración y mi gran Amor.

OMAR JOHANN MOSQUERA FORERO

AGRADECIMIENTOS

Al profesor Javier Rúgeles Pérez quien con su experiencia y conocimiento nos brindó la orientación necesaria para la elaboración de este proyecto, a los ingenieros del ACUEDUCTO METROPOLITANO DE BUCARAMANGA S.A E.S.P Andrés Almeyda Pinzón y Juan Manual Galvis, quienes hicieron posible la realización de los estudios, facilitando la información, el talento humano y los equipos requeridos para culminar con éxito el proyecto.

CONTENIDO

	PÁG.
INTRODUCCIÓN	23
1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	25
1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	25
1.2 JUSTIFICACIÓN PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA	28
1.3 OBJETIVOS DEL TRABAJO	30
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	30
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	30
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	33
2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA REGIÓN DE ESTUDIO	33
2.1.1 Localización geográfica barrio el Pablón	33
2.1.2 Topografía	35
2.1.3 Condiciones socio económicas	37
2.1.4 Población	39
3. DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE BOMBEO	43
3.1 TANQUE DE SUCCIÓN	44
3.2 ESTACIÓN DE BOMBEO	46
3.3 TANQUE ELEVADO	51

3.4	LÍNEA DE SUCCIÓN	52
3.5	LÍNEA DE IMPULSIÓN	53
3.6	RED DE DISTRIBUCIÓN	54
3.7	FUNCIONAMIENTO	55
3.7.1	Curva característica del Sistema	56
3.7.2	Curva de demanda horaria 2014	60
3.7.3	Catastro de redes	63
3.8	SIMULACIÓN MEDIANTE EPANET 2.0	69
3.8.1	Suministro	69
3.8.2	Succión	71
3.8.3	Impulsión	72
3.8.4	Distribución	75
3.8.5	Controles	77
4.	ANÁLISIS Y ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL	79
5.	ESTUDIO DE LA DEMANDA FUTURA	83
5.1	DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA	83
5.2	PERIODO DE DISEÑO	84
5.3	DETERMINACIÓN DE LA POBLACIÓN	84
5.3.1	Cálculos para determinación de la población	85
5.3.2	Población flotante	90
5.3.3	Población de diseño	91
5.4	DOTACIÓN	91
5.4.1	Dotación neta	91
5.5	DOTACIÓN BRUTA	92
5.6	DEMANDA DE AGUA POR POBLACIÓN	93

5.7	CURVA DE VARIACIÓN HORARIA DE LA DEMANDA	94
5.8	CAUDAL DE INCENDIOS	96
6.	DISEÑO DEL SISTEMA A FUTURO	96
6.1	ESTACIÓN DE BOMBEO	97
6.1.1	Tiempo de bombeo	97
6.1.2	Caudal de diseño	97
6.1.3	Ecuación del sistema	98
6.1.4	Selección de bomba	100
6.1.5	Potencia	103
6.1.6	Numero de bombas	104
6.1.7	Válvulas y accesorios	104
6.1.8	Dispositivos de medición y control	109
6.1.9	Tuberías de succión e impulsión	109
6.2	TANQUES DE ALMACENAMIENTO	115
6.2.1	Numero de tanques	115
6.2.2	Capacidad de regulación tanque elevado	115
6.2.3	Volumen del tanque	120
6.2.4	Dimensiones	122
6.2.5	Niveles	124
6.3	REDES DE DISTRIBUCIÓN	128
6.3.1	Caudal de diseño	128
6.3.2	Diámetros de las tuberías	129
6.3.3	Material de las tuberías	130
6.3.4	Nodos potenciales	131
6.3.5	Presiones en la red	138
6.4	ASPECTOS COMPLEMENTARIOS	139
6.4.1	Corrosión en tuberías	139
6.4.2	Instalaciones complementarias	140

6.4.3	Mantenimiento	144
7.	ANÁLISIS ECONÓMICO	145
7.1	INGRESOS	146
7.1.1	Facturación amb 2014	146
7.2	COSTOS	148
7.2.1	Costos totales	149
7.3	UTILIDAD	157
7.3.1	Utilidad anual 2014	157
7.3.2	Utilidad anual proyección	158
8.	CONCLUSIONES	160
9.	RECOMENDACIONES	162
	BIBLIOGRAFÍA	163
	ANEXOS	164

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Sede administrativa y comercial amb	25
Figura 2. Perímetro sanitario de la zona Los Colorados de Bucaramanga, Zona izquierda son reborde - asentamiento El Pablón	27
Figura 3. Tanque de almacenamiento El Pablón, ubicado en el sector alto	27
Figura 4. Motobombas e instalación hidráulica de la estación de bombeo El Pablón	28
Figura 5. Simulación programa EPANET	31
Figura 6. Localización geográfica barrio El Pablón	33
Figura 7. Barrio El Pablón	34
Figura 8. Distribución Urbana de Bucaramanga	35
Figura 9. Amenazas y Riesgos Urbanos	36
Figura 10. Estratificación comuna 1 Bucaramanga	37
Figura 11. Tipología de Vivienda	38
Figura 12. Áreas censadas, Censo 2005	41
Figura 13. Áreas adicionadas, 2014	42
Figura 14. Tanque de succión	44
Figura 15. Líneas de abastecimiento	45
Figura 16. Estación de bombeo	47
Figura 17. Sistema de bombeo	48
Figura 18. Sistema eléctrico	48
Figura 19. Placa de la bomba	48

Figura 20.	Bomba línea AZ	49
Figura 21.	Placa del motor	50
Figura 22.	Tanque elevado	51
Figura 23.	Datos de entrada y salida tanque de succión	56
Figura 24.	Curva característica del sistema 2014	59
Figura 25.	Sensor ultrasónico	60
Figura 26.	Medidor ultrasónico de caudal	60
Figura 27.	Medición demanda tanque elevado	61
Figura 28.	Curva de demanda 2014	63
Figura 29.	Curvas de nivel Sector El Pablón	64
Figura 30.	Vista de elevación a impulsar por la bomba	65
Figura 31.	Trazado del recorrido de las tuberías	66
Figura 32.	Perfil de elevación del trazado de tuberías	67
Figura 33.	Simulación 2014	69
Figura 34.	Reservorio 2014	70
Figura 35.	Válvula limitadora de caudal 2014	70
Figura 36.	Tanque de succión 2014	71
Figura 37.	Tubería de succión 2014	72
Figura 38.	Bomba 2014	73
Figura 39.	Curva característica de la bomba	73
Figura 40.	Curva característica de la bomba, simulación 2014	74
Figura 41.	Punto de operación de la bomba , simulación 2014	75

Figura 42.	Tanque elevado 2014	76
Figura 43.	Nodo de distribución 2014	76
Figura 44.	Curva de demanda 2014, EPANET	77
Figura 45.	Control 2014	77
Figura 46.	Comportamiento tanque de succión 2014	78
Figura 47.	Comportamiento tanque elevado 2014	79
Figura 48.	Comportamiento caudal bombeado 4.3975 [LPS]	80
Figura 49.	Disminución de la capacidad	82
Figura 50.	Crecimiento de la población	90
Figura 51.	Curva de demanda 2044	95
Figura 52.	simulación EPANET 2.0 2044	96
Figura 53.	Curva característica del sistema 2044	99
Figura 54.	Punto de operación del sistema	100
Figura 55.	Número de etapas y RPM recomendadas para la bomba	101
Figura 56.	Eficiencias según la velocidad específica del rotor	102
Figura 57.	Curva de la bomba de un punto	103
Figura 58.	Válvulas y accesorios en Estación de Bombeo	105
Figura 59.	Símbolo válvula de cierre	106
Figura 60.	Símbolo válvula de retención	106
Figura 61.	Símbolo válvula de pie con filtro	107
Figura 62.	Símbolo válvula de ventosa	107
Figura 63.	Símbolo válvula de control de bomba	108

Figura 64.	Símbolo válvula anti-golpe de ariete	108
Figura 65.	Succión 2044	112
Figura 66.	Impulsión 2044	113
Figura 67.	Altura estática de succión negativa	114
Figura 68.	Curva de demanda del tanque elevado	118
Figura 69.	control de nivel 2044	124
Figura 70.	Tanque de succión 2044	125
Figura 71.	Comportamiento tanque succión, Proyección	125
Figura 72.	Tanque elevado 2044	127
Figura 73.	Curva de demanda 2044, EPANET	127
Figura 74.	Comportamiento tanque elevado, Proyección	128
Figura 75.	Diámetros de tuberías EPANET 2.0	130
Figura 76.	Zonas para distribución de nodos potenciales	132
Figura 77.	Cotas de nodos proyección	134
Figura 78.	Presiones en los nodos de la red de distribución	139
Figura 79.	Combinación de colores, riesgo de colisión	140
Figura 80.	Señales EPP	141
Figura 81.	Señal de riesgo de choque eléctrico	141
Figura 82.	Señal primeros auxilios	142
Figura 83.	Señal de dirección	142
Figura 84.	Gabinete contra incendios	143

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Descripción Topográfica por Zonas de Amenazas y Riesgos Urbanos	36
Tabla 2. Identificación del Centro Educativo	39
Tabla 3. Alumnos por jornada, Cerep	39
Tabla 4. Códigos de áreas censadas, Censo 2005	40
Tabla 5. Códigos de áreas adicionadas, 2014	41
Tabla 6. Población barrio El Pablón	43
Tabla 7. Especificaciones, Tanque de succión	44
Tabla 8. Dimensiones de la Estación de bombeo	46
Tabla 9. Datos de placa bombas	49
Tabla 10. Datos de placa motor	50
Tabla 11. Especificaciones, Tanque elevado	52
Tabla 12. Inventario de líneas y accesorios, Red de Succión 2014	53
Tabla 13. Inventario de líneas y accesorios, Red de Impulsión 2014	53
Tabla 14. Inventario de líneas y accesorios, Red de Distribución	54
Tabla 15. Datos complementarios del sistema de ecuaciones	56
Tabla 16. Coeficiente de resistencia	59
Tabla 17. Datos curva de demanda 2014	62
Tabla 18. Cotas para el sistema 2014	67
Tabla 19. Puntos principales curva 2014	74

Tabla 20.	Datos de tuberías a medir	81
Tabla 21.	Mejoras de eficiencia	82
Tabla 22.	Asignación del nivel de complejidad	83
Tabla 23.	Periodo de diseño	84
Tabla 24.	Métodos de cálculo permitidos según el nivel de complejidad del sistema para la proyección de la demanda	85
Tabla 25.	Censos habitantes	85
Tabla 26.	Proyección de la población mediante EES	89
Tabla 27.	Dotación por habitante según el nivel de complejidad del sistema	92
Tabla 28.	Datos curva de demanda 2044	94
Tabla 29.	Tiempo de bombeo por nivel de complejidad	97
Tabla 30.	Caudal de diseño bombeo	98
Tabla 31.	Número de etapas y RPM recomendadas para la bomba	102
Tabla 32.	Velocidad máxima aceptable en la tubería de succión, según el diámetro	110
Tabla 33.	Inventario de líneas y accesorios, Red de Succión 2044	111
Tabla 34.	Inventario de líneas y accesorios, Red de Impulsión 2044	111
Tabla 35.	Capacidad de regulación	117
Tabla 36.	Especificaciones tanque de succión, Proyección	122
Tabla 37.	Especificaciones tanque elevado, Proyección	123
Tabla 38.	Diámetros nominales mínimos de la red de distribución	129
Tabla 39.	Especificaciones de tubería PVC. Sch 40	130
Tabla 40.	Alturas de los nodos potenciales	133

Tabla 41.	Inventario de líneas y accesorios, Red de Distribución 2044	135
Tabla 42.	Censo de suscriptores realizado por el amb	146
Tabla 43.	Pilas públicas del barrio El Pablón	146
Tabla 44.	Caudales facturados	147
Tabla 45.	Tarifas para facturación acueducto	148
Tabla 46.	Facturación 2014	148
Tabla 47.	Listado de compra 2014	150
Tabla 48.	Listado de compra proyección	151
Tabla 49.	Costos de energía eléctrica	154
Tabla 50.	Pagos realizados 2014	158
Tabla 51.	Pagos realizados proyección	159

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. ORDENES DE TRABAJO, ESTACIÓN DE BOMBEO	165
ANEXO B. FACTURACIÓN SERVICIO DE AGUA POTABLE	170
ANEXO C. HOJAS DE VIDA DE EQUIPOS ELÉCTRICOS	172

RESUMEN

TÍTULO: REDISEÑO Y OPTIMIZACIÓN OPERACIONAL DEL SISTEMA DE BOMBEO DEL SUMINISTRO DE AGUA POTABLE DEL SECTOR EL PABLON PARA EL ACUEDUCTO METROPOLITANO DE BUCARAMANGA S.A E.S.P*

AUTOR: JORGE ELIECER BENÍTEZ PRADA**
JULET MARCELA MÉNDEZ HERNÁNDEZ**
OMAR JOHANN MOSQUERA FORERO**

PALABRAS CLAVE: Rediseño, sistema de bombeo, amb, El Pablón, RAS.

DESCRIPCIÓN:

Este proyecto consiste en el rediseño de la infraestructura actual del sistema de abastecimiento de agua potable, construido por la comunidad, optimizando sus parámetros de funcionamiento, con los respectivos estándares de calidad del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga - amb, asegurando una operación económica y confiable que beneficia al amb como proveedor y a su vez a la comunidad del sector “el Pablón”, al satisfacer las necesidades de suministro de agua potable durante los próximos 30 años.

En el desarrollo del proyecto se cumplieron criterios básicos y requisitos mínimos establecidos por el reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico - RAS, concluyendo así el propósito de garantizar seguridad, durabilidad, funcionalidad, calidad, eficiencia y sostenibilidad, del sistema de bombeo “el Pablón”, en cuanto al diseño, operación y mantenimiento de los equipos que lo componen, iniciando desde el tanque de succión y su estación de bombeo, ubicada en la zona de los Colorados, la cual fue analizada y diagnosticada para justificar la inversión que realizará el amb en una mejora de la infraestructura actual, que consta de dos bombas marca Hidromac línea AZ de 30 HP (caballos de potencia) cada una con un caudal aproximado de 4.3 litros por segundo (l/s), que suministra agua potable al tanque elevado ubicado en el sector alto, el cual se encarga de abastecer por gravedad a cerca de 600 familias entre los usuarios del sector Villa Lina (pilas públicas) y los usuarios del asentamiento “El Pablón” (usuarios con medición individual).

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: Ing. Andrés Almeyda Ortiz, Ingeniero Civil. Codirector: Ing. Javier Rúgeles Pérez, Ingeniero Mecánico.

ABSTRACT

TITLE: REDESING AND OPERATIONAL OPTIMIZATION OF PUMP SYSTEM OF THE POTABLE WATER SUPPLY OF THE SECTOR EL PABLON FOR THE ACUEDUCTO METROPOLITANO OF BUCARAMANGA S.A E.S.P*

AUTHOR: JORGE ELIECER BENÍTEZ PRADA**
JULET MARCELA MÉNDEZ HERNÁNDEZ**
OMAR JOHANN MOSQUERA FORERO**

KEY WORDS: Redesign, Pump System, amb, The Pablon, RAS.

DESCRIPTION:

This Project consists on the redesign of the current infrastructure of the potable water supply, built by the community, optimizing its working parameters, with the corresponding quality standards from the Acueducto Metropolitano of Bucaramanga - amb, ensuring an economic and reliable operation that gives benefit to the amb as supplier and at the same time to the community of the “Pablón” area, by satisfying the needs of the potable water supply during the next 30 years.

In the development of this Project were fulfilled basic criteria and minimum requirements established by the technical regulations sector of the potable water and basic sanitary - RAS, thus concluding with the purpose of guarantee the security, durability, functionality, quality, efficiency and sustainability, of the pump system at “El Pablón”, with respect to the design, operation and maintenance of the equipment that compose it, starting for the pump tank and its pumping station, located on the Colorados zone, which was analyzed and diagnosed in order to justify the investment that the amb will do to improve the current infrastructure, which is composed by two pumps brand Hidromac línea AZ of 30 HP (horsepower), each one with an approximate water flow of 4.3 litres per second (l/s), that supply potable water to an elevated tank located on the high sector, which is in charge of provide by gravity about 600 families between the users of Villa Lina sector (public water tank) and the users from the place “El pablón” (users with individual measure).

* Bachelor Thesis

** Faculty of Physico-Mechanical Engineering, Mechanical Engineering School. Director: Andrés Almeyda Ortiz, Ingeniero Civil. Codirector: Javier Rúgeles Pérez, Ingeniero Mecánico.

INTRODUCCIÓN

El Área Metropolitana de Bucaramanga al igual que otras ciudades capitales de Colombia se ha caracterizado por poseer entre su distribución territorial zonas referenciadas como subnormales, con población altamente vulnerable debido a su bajo nivel económico y la deficiente prestación de los servicios públicos básicos.

En este sentido el ACUEDUCTO METROPOLITANO DE BUCARAMANGA S.A E.S.P se vincula al desarrollo de la comunidad del Pablón brindándoles un sistema de suministro de agua potable con altos estándares de calidad basados en el reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico - RAS, beneficiando así la calidad de vida de aproximadamente 600 familias que contarán con un servicio optimizado en cuanto a funcionamiento, diseño y mantenimiento proyectado a 30 años de servicio continuo y confiable.

En este proyecto se realiza un análisis minucioso del sistema de bombeo de agua potable ubicado en la entrada del barrio El Pablón, el cual se ha generado debido a la evidente disminución de los parámetros mínimos de funcionamiento, reconocidos en la recolección de datos en campo, los cuales describen la condición actual de la operación de bombeo, y posteriormente permitirán junto con los respectivos catálogos e historiales de mantenimiento, encontrar las causas y la raíz del problema; partiendo de esta problemática, se buscarán las alternativas más viables que logren potencializar el sistema, ya sea modificando parcialmente sus partes y su montaje o realizando un cambio de forma tal que sea necesaria la compra de nuevos equipos. Teniendo en cuenta que no solo la parte técnica compone este proyecto, se propone también un análisis económico basado en el costo-beneficio que permite satisfacer las necesidades del sector y permiten tener un negocio rentable y sostenible.

Todo lo anterior es posible debido al trabajo mancomunado de diferentes estamentos de la Universidad de Industrial de Santander y algunas dependencias

propias del amb, tales como la Gerencia de operaciones, el Coordinador de mantenimiento mecánico, el Coordinador de mantenimiento eléctrico , algunos técnicos especializados, ingenieros dedicados a la cátedra e investigación universitaria, en compañía de los autores de este documento, modernizando la infraestructura y equipos, que además de cumplir su función operacional, permitirán afrontar la evolución y reñida competencia industrial, todo esto se verá reflejado en un proyecto de grado que fomentara el desarrollo sostenible del Área Metropolitana de Bucaramanga.

1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La empresa **ACUEDUCTO METROPOLITANO DE BUCARAMANGA - amb - S.A E.S.P**, empresa prestadora del servicio público domiciliario de acueducto, con domicilio en La Diagonal 32 N° 30 A-51 en la ciudad de Bucaramanga, Colombia Ver Figura 1. Tiene como propósito empresarial la prestación de los servicios domiciliarios de acueducto y saneamiento básico, así como las actividades complementarias al mismo en las localidades que integran el área Metropolitana de Bucaramanga y demás municipios vecinos a los cuales se extienda la prestación de estos servicios.

Figura 1. Sede administrativa y comercial amb



Fuente: amb

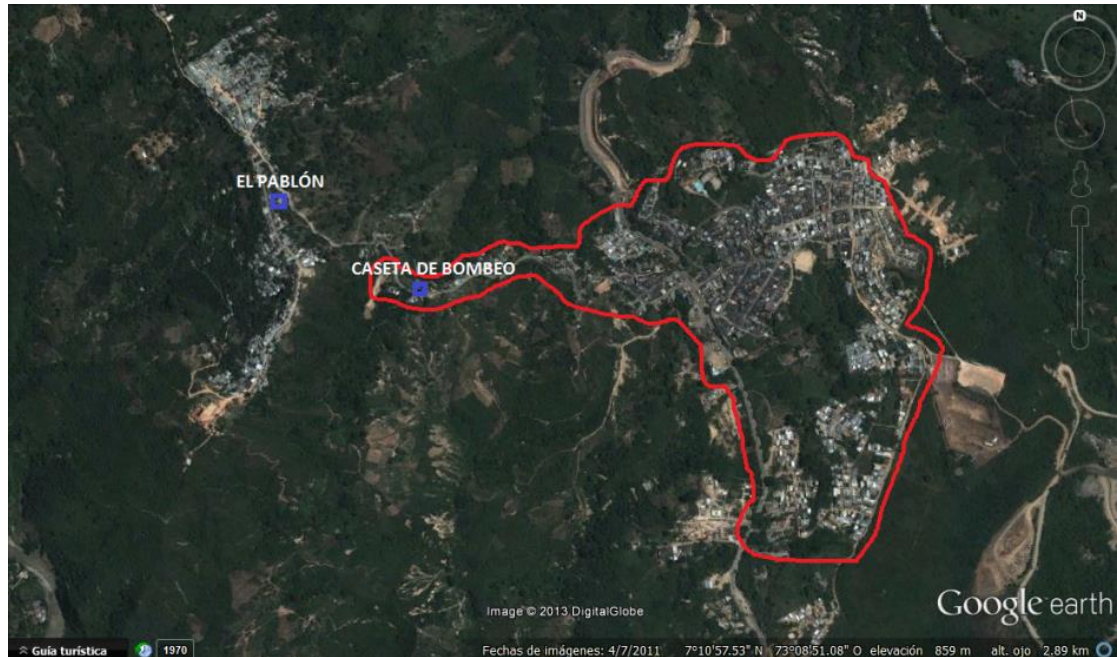
Todo el sistema actual garantiza el abastecimiento del Agua demandada en el Área Metropolitana de Bucaramanga – AMB, hasta el año 2025, para lo cual el Acueducto cuenta con dos conducciones en canal, primero captando a filo de agua los Ríos Tona y Frío mediante la utilización de las Plantas de La Flora, Morrorríco y Floridablanca, y segundo con un sistema de bombeo del Río Suratá que suministra a la Planta de Bosconia.

Desde sus comienzos el Acueducto ha ofrecido un panorama económico en ascenso y por lo cual es considerada en la actualidad como una de las empresas más grandes y estables de Santander, gracias a un patrimonio de \$59.628 millones, activos por \$88.503 millones y un superávit de \$5.018 millones.

En la actualidad el amb implementa un ambicioso Plan Estratégico de gestión 2012-2018 hacia la Competitividad, basado en la modernización organizacional, el fortalecimiento del potencial de negociación, la consolidación de nuevos abastecimientos de agua, el mantenimiento y desarrollo del actual sistema, un mejor servicio al cliente y más atención a los recursos naturales.

En este contexto, y para dar cumplimiento a pronunciamientos y fallos legales que obligan al suministro de AGUA POTABLE al asentamiento El Pablón – Los Colorados. (“Acción Popular” del año 2001 - Radicado 2001-2264 contra el Municipio de Bucaramanga, Empresa de Acueducto de Bucaramanga y Corporación para la defensa de la Meseta de Bucaramanga, expedido por el Tribunal Administrativo de Santander. Fallo de Tutela del Juzgado Sexto Penal de Bucaramanga, de abril del 2002, radicado bajo el número 2002-0108-00 Fallo No.80, contra la Alcaldía de Bucaramanga, Acueducto de Bucaramanga y Electrificadora de Santander), la gerencia de operaciones del amb debe adelantar las mejoras necesarias del sistema de abastecimiento, para garantizar la correcta operación de la infraestructura de servicios de acueducto del asentamiento El Pablón. En la actualidad, el sistema se alimenta de la red del amb a partir de un tanque de succión y una estación de bombeo, ubicada en la zona de los Colorados dentro del perímetro sanitario del amb Ver Figura 2, con dos bombas de 30 HP cada una con un caudal aproximado de 4.3 litros por segundo (l/s), Ver Figura 4, que suministra agua potable a un tanque elevado ubicado en el asentamiento El Pablón sector alto, Ver Figura 3, fuera del perímetro sanitario y abastece por gravedad tanto a los usuarios del sector Villa Lina (pilas públicas) como los usuarios del Sector Alto (usuarios con medición individual), cerca de 300 familias en total, con infraestructura que fue construida por la comunidad.

Figura 2. Perímetro sanitario de la zona Los Colorados de Bucaramanga, Zona izquierda sin reborde - asentamiento El Pablón.



Fuente: Google earth

Figura 3. Tanque de almacenamiento El Pablón, ubicado en el sector alto.



Figura 4. Motobombas e instalación hidráulica de la estación de bombeo El Pablón.



1.2 JUSTIFICACIÓN PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA

Mediante el desarrollo de este proyecto se desea rediseñar la infraestructura actual del sistema de abastecimiento, construida por la comunidad, logrando la optimización de sus parámetros de funcionamiento, con los respectivos estándares de calidad del amb, asegurando una operación económica, beneficiando al amb como proveedor y a su vez a la comunidad del sector el Pablón al satisfacer las necesidades de suministro de agua potable a largo plazo.

Para el desarrollo del proyecto se establecen los criterios básicos y requisitos mínimos que debe cumplir la estación de bombeo el Pablón, en cuanto al diseño, operación y mantenimiento, con el fin de garantizar seguridad, durabilidad,

funcionalidad, calidad, eficiencia y sostenibilidad, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Localización y seguridad.
- Facilidad de acceso para el mantenimiento.
- Vulnerabilidad y riesgo.
- Análisis de costo mínimo (reducir costo inicial, reducir costo de operación y reducir costo de mantenimiento).
- Factibilidad de ampliación.
- Parámetros de diseño (vida útil, caudal de diseño, tiempo de bombeo, número de bombas, tipos de bombas, pozo de succión, tuberías de succión e impulsión).
- Aspectos de operación.
- Aspectos de mantenimiento.

De igual manera para el tanque de almacenamiento se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

- Estudio de la demanda de agua
- Curvas de demanda horaria
- Facilidad de mantenimiento
- Restricción de acceso
- Capacidad de regulación
- Capacidad de demanda contra incendio
- Volumen del tanque
- Presión en la tubería de alimentación al tanque
- Tiempo de llenado del tanque
- Niveles
- Tiempo de vaciado y caudal de vaciado
- Profundidad del fondo del tanque

- Calidad del agua en tanque
- Análisis de costo mínimo
- Factibilidad de ampliación
- Consideraciones de diseño (entrada y salida de agua al tanque, rebose, desagüe, válvulas, medición de caudal, drenaje, diseño estructural y obras complementarias como iluminación, ventilación, cubierta del tanque entre otras.)

1.3 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO

1.3.1 Objetivo General

- Afianzar la relación entre la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER y la empresa ACUEDUCTO METROPOLITANO DE BUCARAMANGA S.A E.S.P, coadyuvando a la solución del problema planteado en torno a la prestación del servicio de agua potable y saneamiento básico en el sector del Pablón, ratificando el objetivo misional de la Universidad Industrial de Santander, de formar profesionales de alta calidad ética, capaces de enfrentar y solucionar problemas, generando alternativas de mejoramiento de los sistemas actuales en el sector industrial de nuestro país.

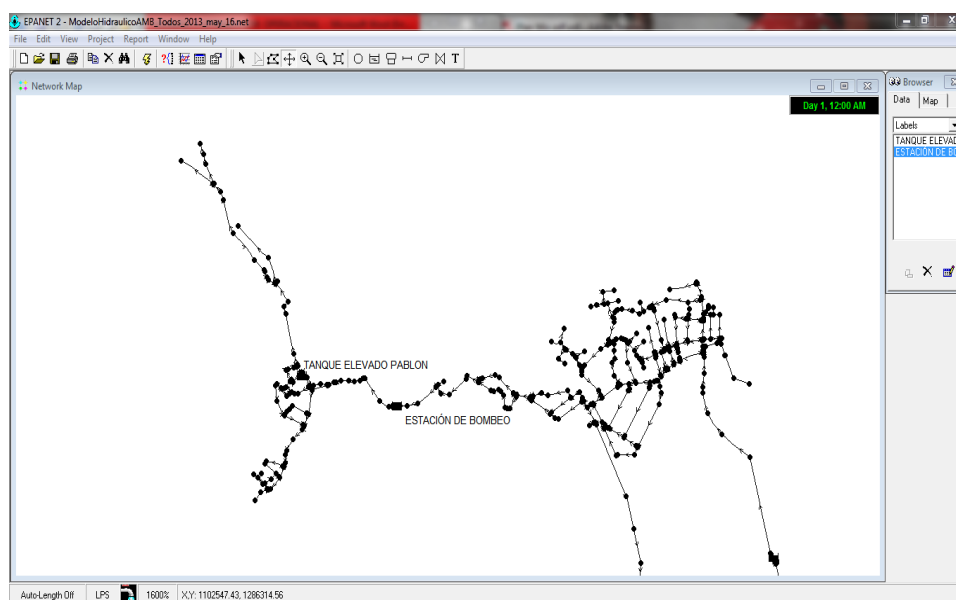
1.3.2 Objetivos Específicos

- Recopilar la información de la topografía del sector, georreferenciando los nodos actuales y potenciales del sistema, con el fin de obtener los datos de entrada, que alimenten el modelo de la red, para la etapa de rediseño.
- Inspeccionar y evaluar la infraestructura existente, buscando obtener información sobre el funcionamiento general, la capacidad máxima real, la eficiencia y los criterios operacionales, con el fin de determinar el grado de

reutilización de las obras existentes como parte de las obras necesarias por implementar para el proyecto.

- Proyectar según la normatividad de la RAS, el crecimiento de la población del sector el Pablón a 30 años, con el fin de determinar la capacidad real de cada componente, y de todo el sistema, para el período de diseño determinado.
- Modelar el sistema de suministro de agua potable al sector el Pablón, a través de la herramienta computacional EPANET, Ver Figura 5, a fin de simular las alternativas de solución, con miras a seleccionar la más adecuada que cumpla con la normatividad vigente.

Figura 5. Simulación programa EPANET



Fuente: amb

- Rediseñar la estación de bombeo el Pablón, bajo los estándares de calidad del amb, bajo los lineamientos del reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico - RAS que rige al amb. Los factores a considerar son:

- Optimización del punto de operación de las bombas. (Según NORMA NTC 1775).
 - Disminución de las pérdidas por flujo a través de la tubería de succión e impulsión (Hasta en un 7% permisible según RAS en su Título B).
 - Mejora de la distribución del espacio existente, considerando aspectos de seguridad, iluminación, ventilación, protección contra incendios, facilidad de mantenimiento.
- Rediseñar el tanque de almacenamiento, que abastece por gravedad tanto a los usuarios del sector Villa Lina (pilas públicas) como los usuarios del Sector Alto (usuarios con medición individual), partiendo de la curva de demanda de agua del sistema, definiendo las siguientes especificaciones:
- volumen del tanque.
 - Niveles máximo y mínimo del agua.
 - Factibilidad de ampliación debido a crecimiento poblacional.
 - Capacidad de demanda contra incendios.
 - Ventilación, seguridad y calidad del agua en el mismo.
- Analizar el costo-eficiencia, y el costo mínimo de expansión de capacidad, para que el presente proyecto tenga el menor valor presente de los costos de inversión, operación y mantenimiento, con el fin de lograr la mejor relación costo-beneficio en la alternativa de solución de nuestro proyecto.

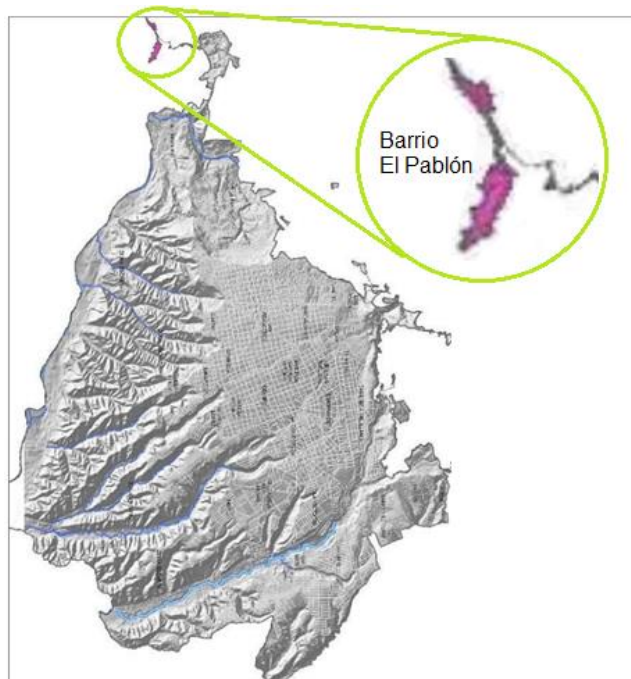
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

El actual proyecto desea dar alternativas para el rediseño del sistema de bombeo y abastecimiento de agua potable realizado al sector El Pablón, para el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga - amb, logrando como objetivo final el estudio y optimización de su caseta de bombeo, la cual cuenta con su propia acometida eléctrica para operar dos bombas centrifugas que impulsaran el agua potable a través de la tubería desde un tanque de succión hasta un tanque elevado que suministra por gravedad el líquido a los suscriptores, todo lo anterior basados en el Reglamento Técnico del sector de agua potable y saneamiento básico - RAS.

2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA REGIÓN DE ESTUDIO

2.1.1 Localización geográfica barrio El Pablón

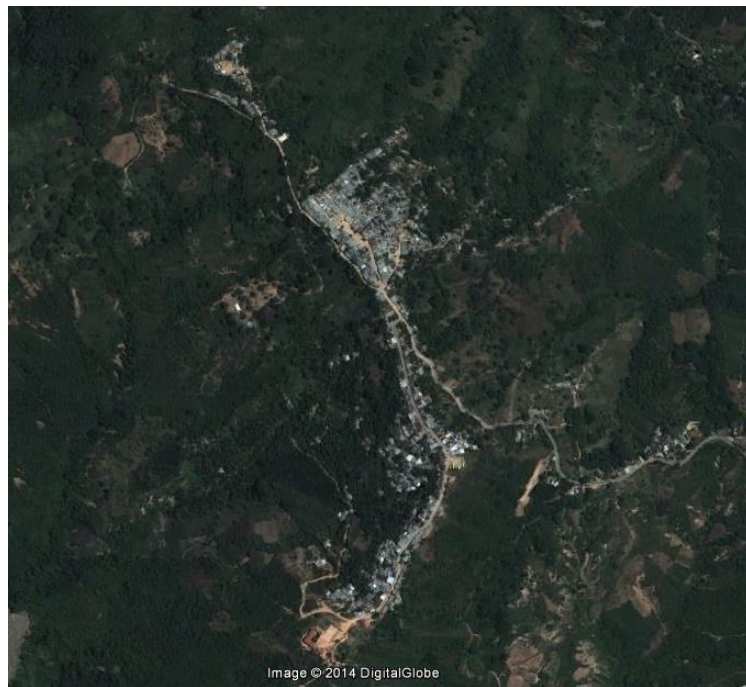
Figura 6. Localización geográfica barrio El Pablón.



Fuente: SIG- POT 2013-2027. Modificada por los autores.

El barrio El Pablón se halla ubicado hacia el norte del municipio de Bucaramanga, Santander, por un camino derivado de la vía que conduce al mar. El centro de su extensión se halla a 7°10'46.32" de latitud y 73°08'32.32" de longitud, con una elevación promedio de 900 metros sobre el nivel del mar, pues la totalidad de alturas que componen el sector abarcan entre los 870 y 905 m, se caracteriza por tener un clima templado; su temperatura media es de 23°C.

Figura 7. Barrio El Pablón.



Fuente: Google Earth.

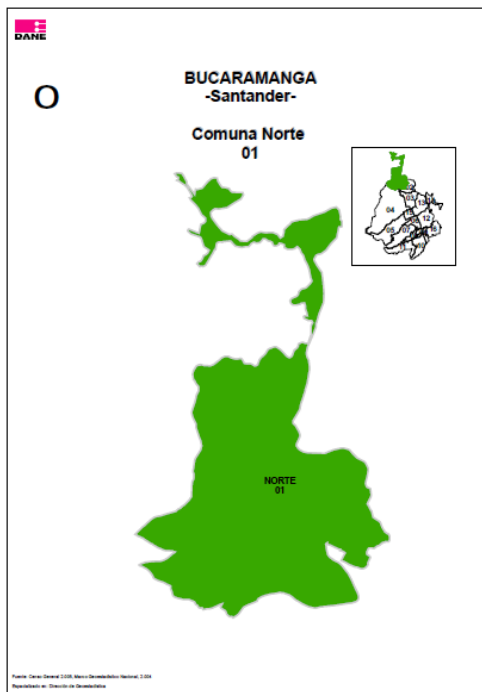
Según el Acuerdo Municipal No. 034 de septiembre 25 del 2000, por el cual se adopta el Plan de Ordenamiento Territorial para el municipio de Bucaramanga, se divide el suelo urbano por comunas de la siguiente forma:

Artículo 107°. De la división Urbana en comunas. El suelo urbano se divide en 17 comunas. Dentro de cada comuna hacen parte: los barrios, asentamientos, urbanizaciones y otros (sectores con población flotante).

COMUNA 1. NORTE

Barrios: El Rosal, Colorados, Café Madrid, Las Hamacas, Altos del Kennedy, Kennedy, Balcones del Kennedy, Las Olas, Villa Rosa (Sectores I,II y III), Omagá (Sectores I y II), Minuto de Dios, Tejar Norte (Sectores I y II), Miramar, Miradores del Kennedy, El Pablón (Villa Lina, La Torre, Villa Patricia, Sector Don Juan, Pablón Alto y Bajo). Ver Figura 8.

Figura 8. Distribución Urbana de Bucaramanga

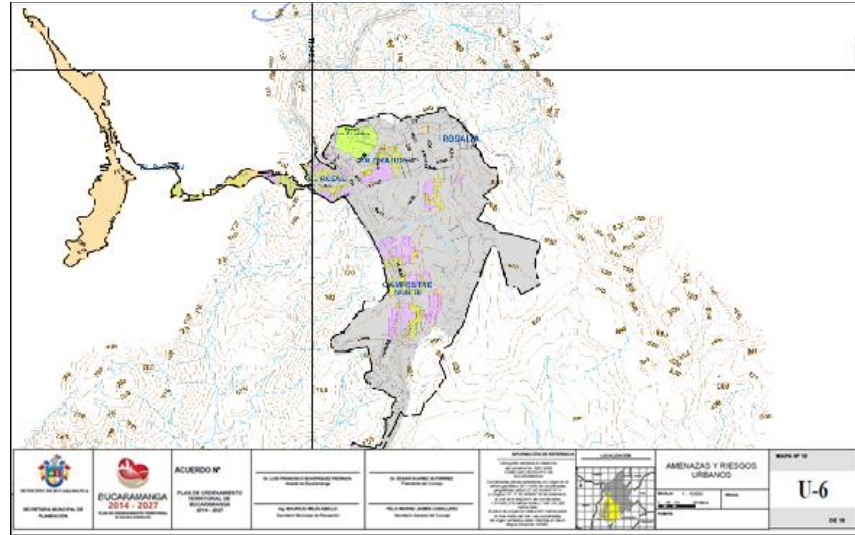


Fuente: DANE.

2.1.2 Topografía

Según el Plan de Ordenamiento Territorial – POT, este sector fue catalogado como con restricciones a la ocupación por amenazas y riesgos, razón por la cual se limita la localización de asentamientos humanos; entre la definición de zonas con restricción de ocupación se resaltan para el sector los numerales 3 y 4. Ver Figura 9 y Tabla 1.

Figura 9. Amenazas y Riesgos Urbanos



Fuente: POT 2014 – 2027

Tabla 1. Descripción Topográfica por zonas de amenazas y Riesgos Urbanos

ZONA 3	<p>Corresponde a laderas de pendiente alta, superior a 35° grados , con espesores de suelos entre unos pocos centímetros hasta 2 metros; asociados a suelos residuales, coluviales recientes, rocas intermedias y algunas blandas. Esta zona presenta alta probabilidad a los movimientos en masa de magnitud importante tipo deslizamiento traslacional en suelos y caídas, falla en cuña y fallas planares en rocas, que implicarían en términos generales daños severos en las zonas involucradas, relacionados con destrucción de total o parcial de viviendas, caminos, carreteables, vías principales, redes de alcantarillado y acueducto, sistemas de drenajes, canales y alcantarillas y en general afectación de la infraestructura asociada. En la actualidad estas zonas se encuentran afectadas por flujos superficiales y evidencias de agrietamientos que pueden ser asociados a movimientos en masa y en general presentan una alta intervención antrópica. En zonas habitadas se recomienda su intervención mediante obras de control y mitigación definidas a partir de estudios detallados de estabilidad, con el fin de minimizar los daños asociados a la ocurrencia de eventos. Para las zonas afectadas por procesos erosivos se recomienda ejecutar procesos de recuperación de suelos. En zonas no habitadas se deberá exigir la ejecución de estudios de estabilidad y definición de obras de mitigación para autorizar nuevos desarrollos urbanísticos y de infraestructura.</p>
ZONA 4	<p>Incluye laderas de pendiente muy alta, superior a 40° principalmente, con espesores de suelos entre unos pocos centímetros hasta 1,0 a 2.0 metros; asociados a suelos residuales, suelos coluviales recientes, rocas intermedias y blandas. Esta zona presenta muy alta probabilidad a los movimientos en masa de gran magnitud del tipo deslizamiento traslacional en suelos y caídas, fallas en cuña y fallas planares en rocas. Esta zona se encuentra afectada por flujos superficiales, caídas, y desprendimientos, así como evidencias de agrietamientos que pueden ser asociados a movimientos en masa. Por la magnitud y el tipo de eventos puede presentarse pérdida de vidas humanas, destrucción parcial o total de viviendas, obstrucción o destrucción de caminos, carreteables, vías principales, sistemas de drenajes, canales y alcantarillas; pérdida drástica y rápida de la resistencia del material, hundimientos, generación de escarpes, levantamientos del terreno, cambios en el nivel freático, afloramientos y empozamientos de agua. En general presentan una alta intervención antrópica y procesos erosivos intensos. En esta zona se incluyen algunas áreas de depósitos de mayor espesor muy puntuales y asociadas a deslizamientos de tipo rotacional. En general, la mitigación y control de los eventos que se presentan en estas zonas mediante obras de estabilización puede resultar en costos muy altos para lo cual se requiere la evaluación de la relación costo/beneficio. Se requiere la implementación de medidas estructurales y no estructurales para evitar el incremento de los eventos activos, las cuales deberán definirse mediante estudios detallados de estabilidad realizados de manera integral incluyendo áreas aledañas con diferente nivel de amenaza. Para las zonas afectadas por procesos erosivos se debe ejecutar medidas de recuperación de suelos de manera inmediata.</p>

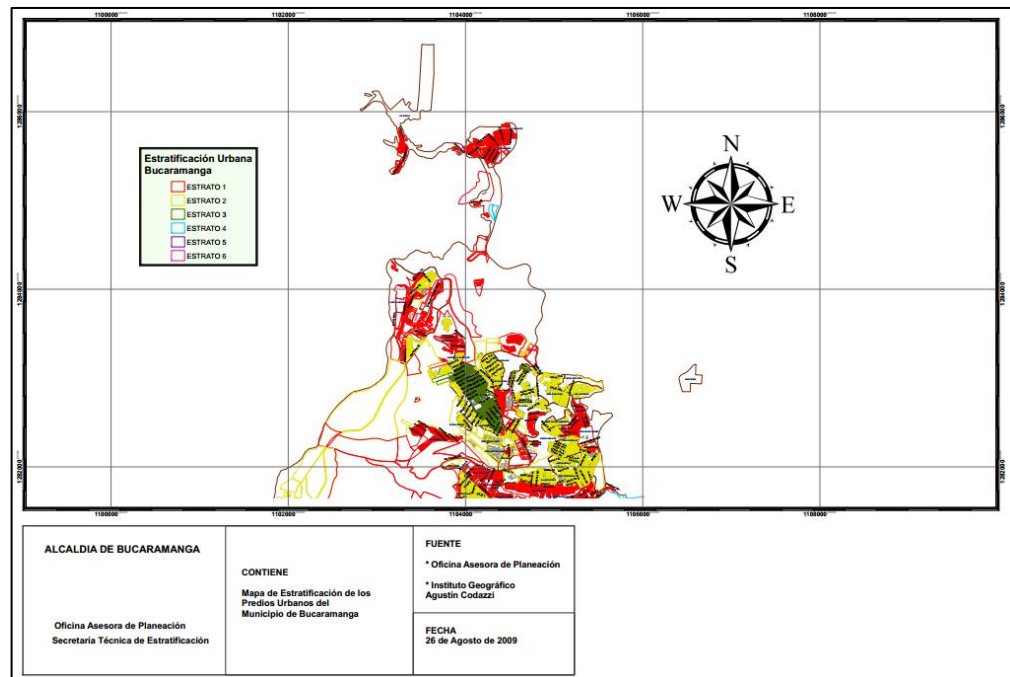
Fuente: POT 2014 – 2027

2.1.3 Condiciones socio-económicas

2.1.3.1 Estratificación

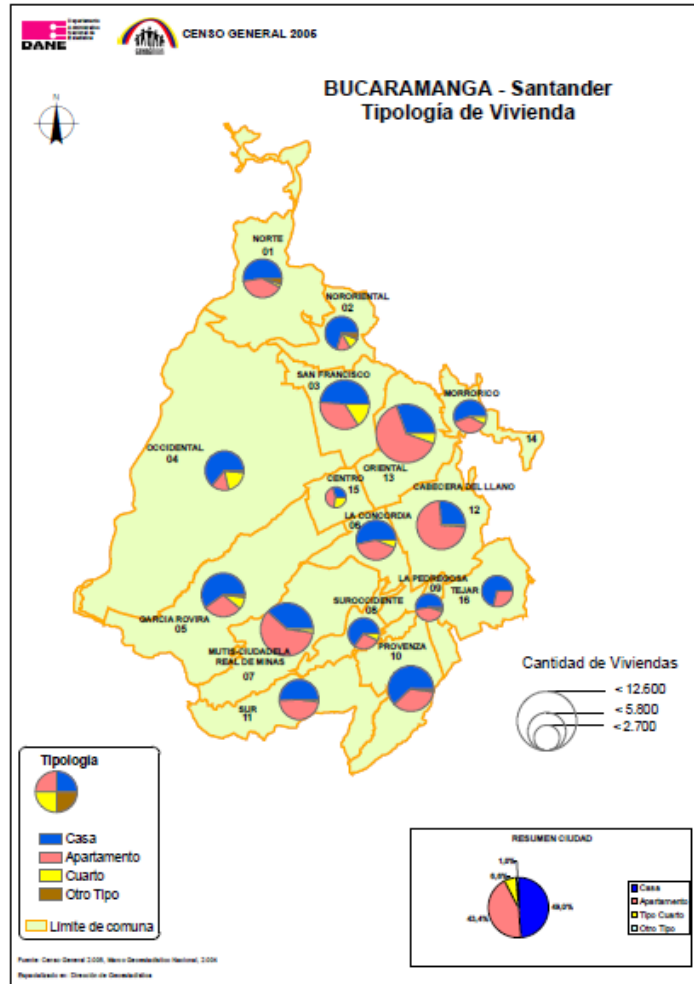
Los sectores La Torre, Don Juan, Pablón Alto y Bajo, pertenecientes al barrio El Pablón corresponden a una zona de estrato 1, Ver Figura 11, con viviendas en su mayoría de mampostería con techo en teja de barro o teja de Eternit, mientras que el sector villa Lina esta fuera de la Estratificación Urbana de Bucaramanga, por ser clasificado como Asentamiento Rural, con viviendas inestables en su mayoría de madera junto con materiales residuales, Ver Figura 10.

Figura 10. Estratificación comuna 1 Bucaramanga



Fuente: Oficina Asesora de Planeación – Instituto Geográfico Agustín Codazzi

Figura 11. Tipología de Vivienda



Fuente: DANE.

2.1.3.2 Educación

El sector cuenta con una serie de 3 Guarderías atendidas por Madres Comunitarias, establecidas y respaldadas por el Instituto Colombiano de Bienestar Familiar – ICBF con atención a niños desde los 2 hasta los 6 años de edad, en conjunto con la escuela Rural llamada Centro Educativo Rural EL Paulón - CEREP, el cual brinda el servicio de preescolar y primaria, por parte del municipio, Ver Tabla 2.

Tabla 2. Identificación del Centro Educativo

Nombre	CENTRO EDUCATIVO RURAL EL PAULÓN
Dirección sede principal	Km. 2 Vía al mar. Finca Los Sitios – Sector La Torre Vereda El Pablón
Municipio	Bucaramanga
Teléfono	6739001
Correo Electrónico	elpaulon@yahoo.com
Licencia de Funcionamiento	Acuerdo 030 del 8 Junio de 1993
NIT.	804006430-8
Núcleo Educativo	1
Propietario	Alcaldía de Bucaramanga
Representante legal	Vita Paola Bolívar León
Jornada	Mañana y Tarde
Calendario	A
Niveles	Preescolar y Primaria
Modalidad	Tradicional
Naturaleza	Oficial
Carácter	Público

Fuente: <http://cerepilosos.wordpress.com/2009/09/18/cerep/>

Como información adicional se conoce la cantidad de alumnos admitidos por jornada para el año 2014.

Tabla 3. Alumnos por jornada, Cerep

Centro Educativo Rural El Paulón	
Tipo de jornada	Alumnos
Mañana	140
Tarde	138

2.1.4 Población

Utilizando la información publicada en el sistema de consulta de información censal, CENSO BÁSICO 2005 del DANE, se identificó a Bucaramanga como: por hacer parte del Departamento de Santander se le asignó el código de departamento 68 y por ser su capital, se le asignó el código de municipio 001, dando como resultado un área codificada como #68001, la cual puede ser

desglosada por comunas, sectores y subáreas; para el año 2014 se ha proyectado el crecimiento poblacional del municipio para un total de 527.451 habitantes.

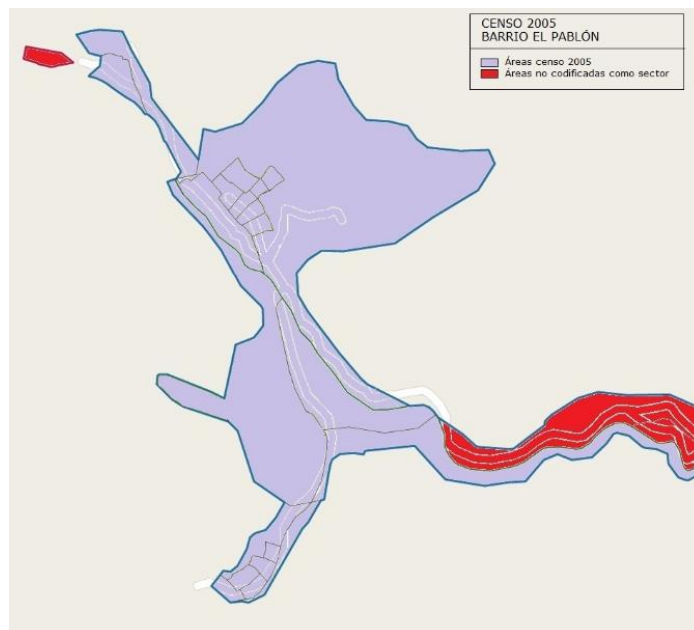
Mediante el uso de la herramienta GEOPORTAL, se definieron los códigos de subáreas pertenecientes únicamente al barrio El Pablón y con ello la cantidad de habitantes que a la fecha residían en el sector, Ver Tabla 4 y Figura 12.

Tabla 4. Códigos de áreas censadas, Censo 2005

Código	Hombre	Mujer	Total
AREA # 680011010000000015020300	2	2	4
AREA # 680011010000000015020302	124	132	256
AREA # 680011010000000015020307	118	121	239
AREA # 680011010000000015020308	24	14	38
AREA # 680011010000000015020309	26	23	49
AREA # 680011010000000015020310	67	86	153
AREA # 680011010000000015020314	16	18	34
AREA # 680011010000000015020315	47	40	87
AREA # 680011010000000015020319	28	17	45
AREA # 680011010000000015020324	228	200	428
AREA # 680011010000000015020325	27	29	56
AREA # 680011010000000015020326	40	51	91
AREA # 680011010000000015020401	23	22	45
AREA # 680011010000000015020402	17	21	38
AREA # 680011010000000015020403	31	35	66
AREA # 680011010000000015020404	90	98	188
AREA # 680011010000000015020405	14	23	37
AREA # 680011010000000015020406	12	9	21
AREA # 680011010000000015020407	70	60	130
AREA # 680011010000000015020408	32	40	72
AREA # 680011010000000015020409	44	49	93
AREA # 680011010000000015020413	59	81	140
TOTALES EXISTENTES 2005	1139	1171	2310

Fuente: DANE

Figura 12. Áreas censadas, Censo 2005



Fuente: DANE. Modificado por los autores

Para el año en curso no se ha realizado un censo general y por lo tanto, solo se conocen los valores de proyección de población para el municipio entero, es por esta causa que se decide estimar la población actual (año 2014), adicionando al sector El Pablón, las nuevas áreas codificadas que hacen parte de la zona, áreas que anteriormente no fueron contabilizadas debido a la poca influencia que representaban en la época, Ver Tabla 5 y Figura 13.

Tabla 5. Códigos de áreas adicionadas, 2014

Código	Total
AREA #680011010000000015020311	120
AREA #680011010000000015020313	140
AREA #680011010000000015020317	0
AREA #680011010000000015020318	140
AREA #680011010000000015020322	0

Tabla 5. (Continuación)

AREA #680011010000000015020323	20
AREA #680011010000000015020410	150
AREA #680011010000000015020411	20
AREA #680011010000000015020412	0
AREA #680011010000000015020414	30
TOTAL ADICIONADAS 2014	620

Fuente: DANE

Figura 13. Áreas adicionales, 2014



Fuente: DANE. Modificado por los autores

Sumando la cantidad de habitantes conocida para el 2005 a la cantidad determinada para el transcurso de años desde el último censo, se obtuvo el valor de aproximación para la población actual (año 2014), Ver Tabla 6.

Tabla 6. Población barrio El Pablón

Datos de población	
AÑO	POBLACIÓN
2005	2310
2014	2930

3. DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE BOMBEO

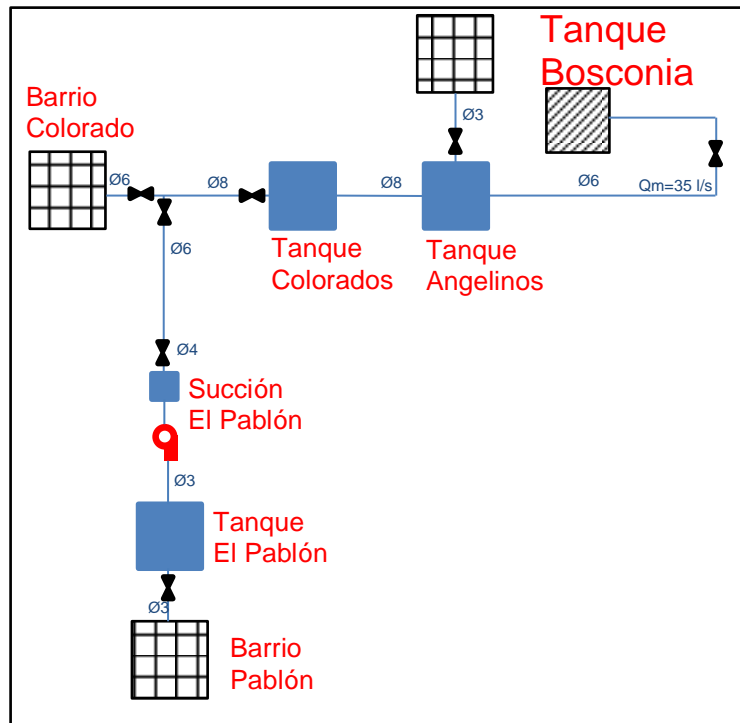
De acuerdo con el reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico - RAS es necesario evaluar las condiciones físicas y de operación de la infraestructura actual, buscando el máximo aprovechamiento de estas obras dentro del proyecto propuesto.

Debe evaluarse la posibilidad de la utilización de obras existentes como parte de las obras civiles e infraestructura necesaria para el proyecto.

El sistema actual de abastecimiento está compuesto por un tanque de succión una estación de bombeo y un tanque de almacenamiento el cual abastece por gravedad a una red de distribución.

El sistema de impulsión, recibe suministro del tanque de succión el cual es alimentado por un tanque mayor ubicado en el barrio Los Colorados, quien a su vez recibe suministro del tanque de Angelinos el cual es abastecido directamente por la Planta de Tratamiento de Agua de Bosconia, Ver Figura 14.

Figura 14. Líneas de abastecimiento



Fuente: amb. Modificada por los autores

3.1 TANQUE DE SUCCIÓN

Tabla 7. Especificaciones, Tanque de succión

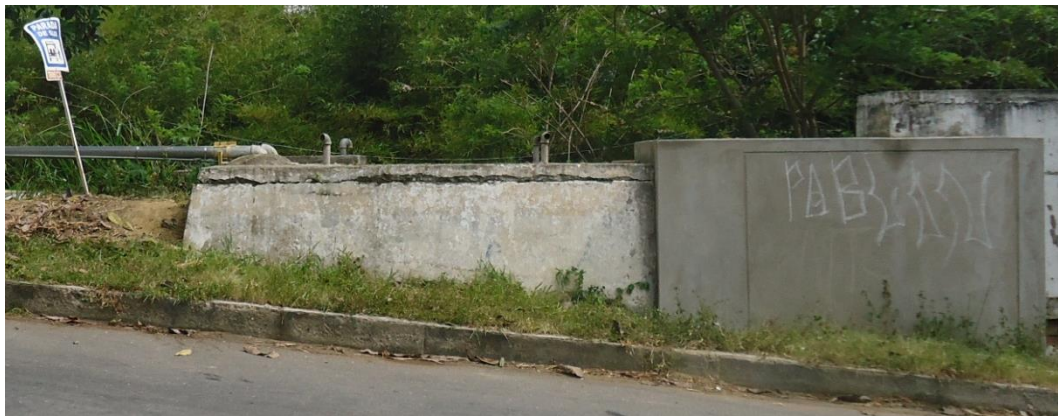
Tanque de succión	
Forma	Rectangular
Volumen	30.9 [m ³]
Descripción	4 tubos de aireación
	Tubo de rebose a 0.20 [m]
Espesor de pared	0.20 [m]

Tabla 7. (Continuación)

Volumen efectivo		19,46 [m³]
Dimensiones	Largo	3.98 [m]
	Ancho	3.42 [m]
	Alto	2.27 [m]

Este tanque construido de concreto, corresponde al tipo de tanques semienterrados, por tener parte de su estructura bajo el nivel del terreno en que se encuentra ubicado. Su estado es aceptable, Ver Figura 15.

Figura 15. Tanque de succión



3.2 ESTACIÓN DE BOMBEO

Tabla 8. Dimensiones de la Estación de bombeo

Caseta de Bombeo		
Dimensiones	Largo	3 [m]
	Ancho	3 [m]
	Alto	2.17 [m]
Descripción	2 extractores	
	Agujeros de ventilación	

La estación de bombeo se encuentra ubicada en la parte baja de la vía que comunica el barrio Colorados con el barrio El Pablón, justo a la izquierda del tanque de succión. Exteriormente cuenta con un medidor o contador de energía eléctrica; en su parte superior se ubican los “Tacos de la luz”, en una estructura de ladrillo, los cuales no poseen ninguna compuerta o rejilla que permita mantenerlos lejos del alcance de personal no autorizado para su manipulación, Ver Figura16.

Figura 16. Estación de bombeo



En el interior de la caseta se encuentra el sistema de bombeo Ver Figura 17 y el sistema eléctrico de las bombas, conformado por los respectivos arrancadores accionados eléctricamente por la señal del flotador, adicionalmente se cuenta con un sistema de alternador de uso de bomba para lograr un desgaste uniforme de los equipos, Ver Figura 18 y ANEXO C.

Figura 17. Sistema de bombeo



Figura 18. Sistema eléctrico

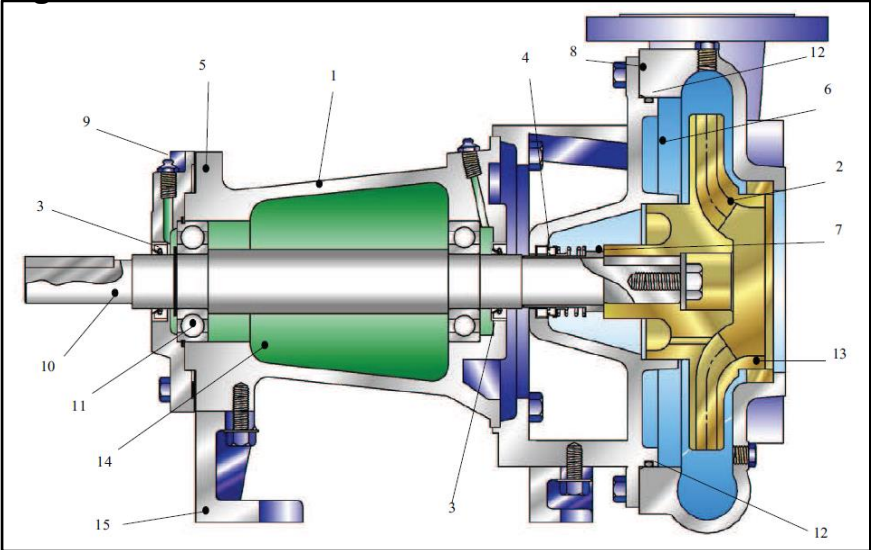


La estación de bombeo cuenta con 2 bombas marca Hidromac de 30 Hp, las cuales se encuentran dispuestas en paralelo para realizar un trabajo de tipo bypass, alternando su tiempo de bombeo según la demanda requerida por la población, Ver Figura 19 y Tabla 9.

Figura 19. Placa de la bomba



Tabla 9. Datos de placa bombas

Datos de placa		
Fabricante	Hidromac	
No serial	082153	
Tipo	AZ 1 ¼ x 1½ x 11	
Velocidad	3530 [rpm]	
Capacidad	Hasta 10 [LPS]	Actual = 4,3975 [LPS]
Potencia	30 [hp]	Actual = 12,38 [hp]
Cabeza	Hasta 130 [m]	Actual = 96,3 [m]
Descripción	<p>LINEA AZ: Utilizada para el bombeo de agua y líquidos limpios o turbios en aplicaciones como: servicios generales, suministro de agua, drenaje, riego o servicios industriales, aire acondicionado, sistemas contra incendio.</p> <p>Figura 20. Bomba línea AZ</p> 	
	Fuente: Catálogo Hidromac	

La alimentación o succión se realiza mediante tubería de 4" de acero y se empalma con la bomba mediante una reducción excéntrica; la descarga o impulsión se acopla a la bomba mediante una junta expansiva utilizando una tubería de 3" de acero; la conducción de energía hacia el eje de la bomba se realiza mediante un motor eléctrico de marca WEG, el cual trabaja con un voltaje de 220 V. El sistema completo de impulsión, se encuentra soportado sobre una base de concreto de 1,76 x 1,44 [m], Ver Figura 21 y Tabla 10.

Figura 21. Placa del motor



Tabla 10. Datos de placa motor

Datos de placa	
Motor de inducción trifásico	
Fabricante	WEG
No serial	CA 286466

Tabla 10. (Continuación)

Tipo	W21
Velocidad	3530 [rpm]
Rodamientos	6309-C3
	6209-Z-C3
Potencia	30 [hp]
Voltaje	220/380/440 [V]
Corriente	72.1/41.7/36.1 [A]

3.3 TANQUE ELEVADO

El sistema de almacenamiento del fluido, se encuentra ubicado hacia el centro del barrio; sector conocido como “la Torre”, desde allí inicia la red de distribución, que se extiende en tubería de PVC a lo largo de los sectores Villa Lina, Villa Patricia, la Torre, Don Juan y el Pablón Alto y Bajo, Ver Figura 22 y Tabla 11.

Figura 22. Tanque elevado



Tabla 11. Especificaciones, Tanque elevado

Tanque elevado		
Forma	Rectangular	
Volumen	50.4 [m³]	
Descripción	Tubo de rebose a una profundidad de 0.20 [m]	
	Entrada del líquido sobre el nivel con tubería de 3" acero	
	Salida del líquido hacia distribución por el fondo con tubería de 6" acero	
	Línea de drenaje para limpieza, descarga a pozo existente, 3" acero	
Espesor de pared	0.20 [m]	
Volumen efectivo	37.44 [m³]	
Dimensiones	Largo	8.40 [m]
	Ancho	4.00 [m]
	Alto	1.90 [m]

3.4 LÍNEA DE SUCCIÓN

De la bocatoma de la bomba sale una línea de acero de 4", en dirección al tanque de succión con las especificaciones mostradas mediante la Tabla 12.

Tabla 12. Inventario de líneas y accesorios, Red de Succión 2014

Cuadro de Accesorios Red de Acueducto												
Tubería de Succión												
Línea	Válvulas		Tes		Codos			Cambio de Sección		Tubería		
	No	Tipo	No	Ø	No	Angulo	Ø	No	Ø	Longitud [m]	Ø	Material
Succión					1	90	4"	1	R 4"x1½"	6.00	4"	Acero

3.5 LÍNEA DE IMPULSIÓN

De la salida de la bomba, se desprende la línea de impulsión, con un diámetro de 3" de acero, el cual en su recorrido sufre varios cambios en sus diámetros y materiales, Ver Tabla 13.

Tabla 13. Inventario de líneas y accesorios, Red de Impulsión 2014

Cuadro de Accesorios Red de Acueducto												
Tubería de Impulsión												
Línea	Válvulas		Tes		Codos			Cambio de Sección		Tubería		
	No	Tipo	No	Ø	No	Angulo	Ø	No	Ø	Longitud [m]	Ø	Material
Impulsión	2	Reguladora	1	3"	3	90°	3"			14.40	3"	Acero
	1	Cheque										
Impulsión					2	22.5°	4"	1	A 3"x4"	116.5	4"	PVC
					2	45°	4"					
Impulsión	1	Reguladora	1	4"	6	22.5°	3"	1	R 4"x3"	201.4	3"	PVC

Tabla 13. (Continuación)

					8	45°	3"					
Impulsión					1	90°	3"			12.45	3"	Acero
					1	45°	3"					

3.6 RED DE DISTRIBUCIÓN

La red de distribución actual cuenta con 51 nodos y sus respectivas conexiones, las cuales se empalman mediante Tes y codos en tuberías desde las 6" hasta las 2" de PVC.

Tabla 14. Inventario de líneas y accesorios, Red de Distribución 2014

Cuadro de Accesorios Red de Acueducto												
Tubería de Distribución												
Línea	Válvulas		Tes		Codos			Cambio de Sección		Tubería		
	No	Tipo	No	Ø	No	Angulo	Ø	No	Ø	Longitud [m]	Ø	Material
3-4					1	45°	3"			19.90	3"	PVC
					1	22.5°	3"					
5-55	1	Reguladora	1	3"x2"						71.00	2"	PVC
7-8					1	22.5°	3"			17.60	3"	PVC
8-9					1	45°	3"			43.20	3"	PVC
9-10					1	22.5°	3"			41.20	3"	PVC
10-11					2	22.5°	3"			52.70	3"	PVC
11-12					1	45°	3"			26.10	3"	PVC
12-13					1	22.5°	3"			85.50	3"	PVC
13-14					3	22.5°	3"			25.10	3"	PVC
14-15			1	2"x3"	1	45°	2"			61.00	2"	PVC
17-22	1	Reguladora	1	6"x3"						31.70	3"	PVC
17-18	1	Reguladora	1	6"x3"						5.40	3"	PVC

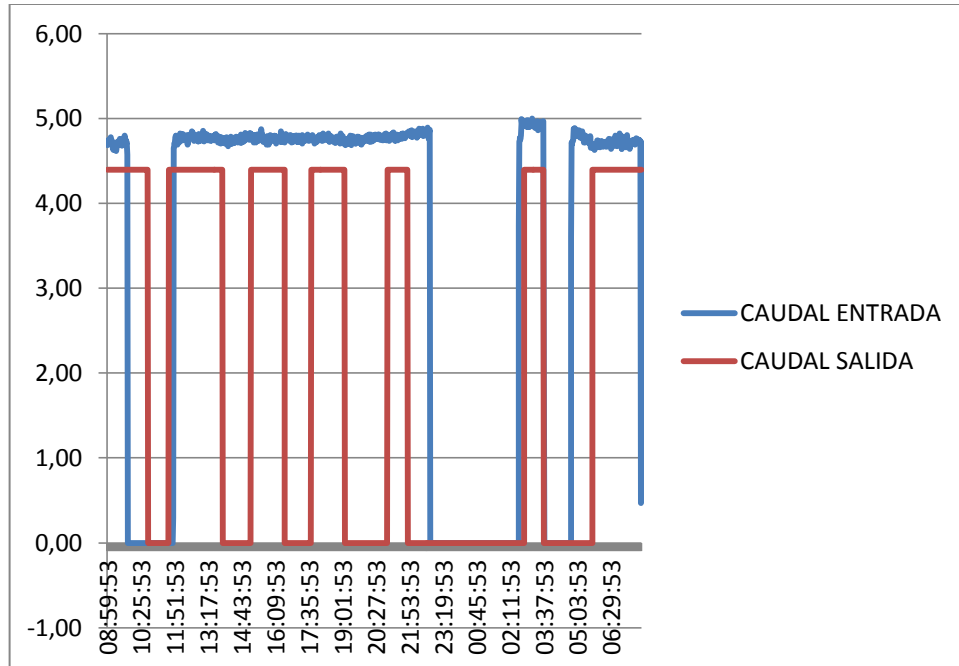
Tabla 14. (Continuación)

19-2					1	22.5°	3"			33.70	3"	PVC
20-19	1	Reguladora	1	3"x3"						36.20	3"	PVC
21-51			1	2"x3"	1	45°	2"			41.11	2"	PVC
24-23	1	Reguladora	1	2"x2"						24.60	2"	PVC
30-26			1	2"x2"						8.80	2"	PVC
31-29	1	Reguladora	1	3"x2"						41.45	2"	PVC
31-32	1	Reguladora	1	3"x3"						11.10	3"	PVC
36-41	1	Reguladora	1	3"x3"						16	3"	PVC
39-43					2	22.5°	3"			42.20	3"	PVC
43-44	1	Reguladora	1	3"x2"	1					53.90	2"	PVC
51-52			1	2"x2"	1	45°	2"			8.00	2"	PVC
54-48	1	Reguladora	1	3"x3"						21.45	3"	PVC
54-51	1	Reguladora	1	3"x2"						18.10	2"	PVC

3.7 FUNCIONAMIENTO

El amb recolecto datos utilizando un medidor Ultrasónico de caudal, a la entrada y salida del tanque de succión, Ver Figura 23, se puede observar que, el dispositivo de bombeo realizó 7 encendidas, en intervalos de funcionamiento que varían desde los 51 minutos hasta los 149 minutos, dejando concluir que durante un transcurso de 24 horas o un día, la bomba se encuentra en reposo 14.3 horas y en funcionamiento 9.7 horas, en las cuales el caudal bombeado es de 4,3975 [LPS] y el caudal promedio suministrado al tanque de succión es de 4.7 [LPS].

Figura 23. Datos de entrada y salida tanque de succión.



Fuente: amb

3.7.1 Curva Característica del Sistema

Para iniciar el cálculo fue necesario recolectar la información básica que debía ser suministrada al software EES (0Engineering Equation Solver), como consta en la Tabla 15.

Tabla 15. Datos complementarios del sistema de ecuaciones

Dato	Valor
Rugosidad de tubería de Acero	0.05[mm]
Rugosidad de tubería de PVC	0.0015[mm]
Gravedad	9.81[m/s ²]
Densidad del agua a 20°C	1000[Kg/m ³]
Viscosidad cinemática	0.000001005[m ² /s]
Presión atmosférica	89710.9[Pa]
Presión de vapor del agua	2808.36[Pa]

Con el objetivo de encontrar el punto de operación del sistema, hay que conocer la curva característica que describe la altura total requerida del sistema o instalación. Generalmente, esta altura es la suma de dos componentes, el estático que es independiente del caudal:

$$H_{estática} = (Z_{tanqueelevado} - Z_{tanquedesucción}) + \left(\frac{P_{tanqueelevado} - P_{tanquedesucción}}{\rho * g} \right)$$

Dónde:

$Z_{tanqueelevado}$ = cota tubería de entrada del caudal, debido a entrada sobre el nivel del agua almacenada.

$Z_{tanquedesucción}$ = cota del nivel máximo del agua almacenada.

$P_{tanqueelevado}$ = Presión manométrica a la salida de la tubería de entrada del caudal.

$P_{tanquedesucción}$ = Presión manométrica del nivel máximo del agua almacenada.

ρ = densidad del agua.

g = gravedad.

$$H_{estática} = (915,45 - 822,5) + \left(\frac{0 - 0}{9,81 * 1000} \right)$$

$$H_{estática} = 92,95 [m]$$

Y el dinámico que aumenta con el cuadrado de la velocidad del fluido bombeado:

$$H_{dinamica} = \left(\frac{V_{tanqueelevado}^2 - V_{tanquedesucción}^2}{2 * g} \right) + H_{perdidas}$$

Dónde:

$V_{tanqueelevado}$ = Velocidad tubería de entrada del caudal.

$V_{tanquedesucción}$ = Velocidad superficie del agua almacenada.

$H_{perdidas}$ = Pérdidas ocasionadas por accesorios y tuberías.

Conociendo los accesorios y longitudes de tubería se procedió a realizar el cálculo hidráulico del coeficiente de pérdidas en tuberías a presión, por el método de Darcy-Weisbach, recomendado por la RAS, con el fin de estimar las pérdidas de cabeza de presión del sistema.

$$H_{pérdidas} = h_f + h_l$$

$h_f = \frac{f * L * vel^2}{d * 2 * g}$ $f = \frac{1.325}{\ln\left(\frac{\varepsilon}{3.7 * d} + \frac{5.74}{RE^{0.9}}\right)^2}$ $RE = \frac{vel * d}{\nu}$ $vel = \frac{Q}{\text{área}}$		$h_l = m * Q^2$ $m = \frac{8 * K}{\pi^2 * g * d^4}$ $K = \Sigma(k * F_T)$ $F_t = \frac{1}{0.86 * \ln\left(\frac{\varepsilon}{3.7}\right)^2}$
--	--	--

Dónde:

h_f = Pérdidas por fricción en la tubería

h_l = Pérdidas menores causadas por accesorios

RE = Número de Reynolds

vel = Velocidad del fluido dentro de la tubería

área = Área interior de la tubería

ν = Viscosidad cinemática

f = Factor de fricción de Darcy-Weisbach

L = Longitud de la tubería

ε = Rugosidad del material

d = Diámetro de la tubería

K = Constante de pérdida por accesorios

F_T = Factor de fricción a total turbulencia

k = Coeficiente de resistencia, Ver tabla 16.

Tabla 16. Coeficiente de resistencia

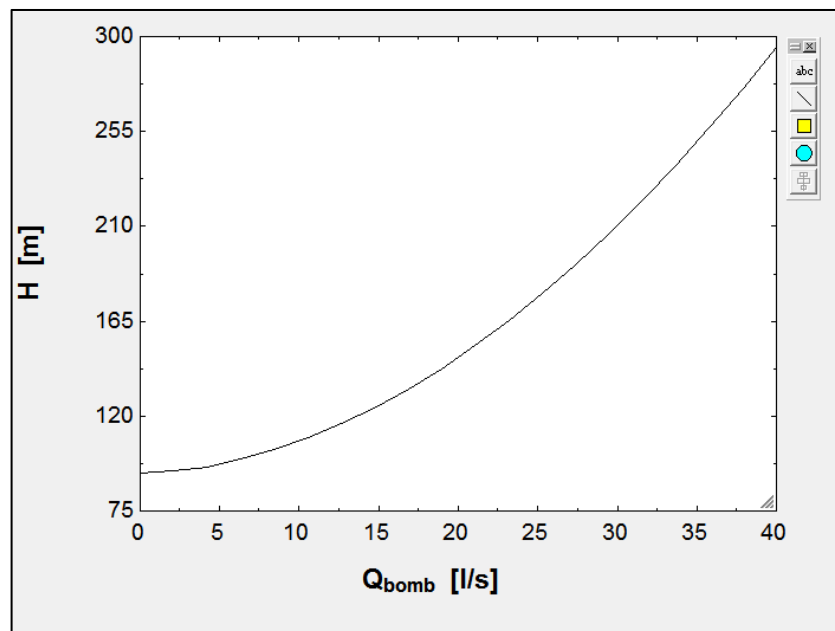
Accesorio	k
Te de flujo directo	20
Te de flujo desviado 90°	60
Codo 90°	30
Codo 45°	16
Codo 22.5°	8
Válvula	8

$$H_{dinamica} = \frac{0,9227^2 - 0^2}{2 * 9,81} + 3,304$$

$$H_{dinamica} = 3,347 [m]$$

Como fin de este cálculo se genera una gráfica en EES que emule la curva característica del sistema (H vs Q), variando para cada cálculo el valor del caudal utilizado, Ver Figura 24.

Figura 24. Curva característica del sistema 2014



3.7.2 Curva de demanda horaria 2014

Para la generación de la curva de demanda se parte del cálculo de la demanda máxima horaria y el valor de demanda máxima diaria, las cuales hacen referencia a la hora de mayor consumo correspondiente a un día de demanda y al promedio de la demanda presentado para el mismo día, respectivamente.

Sin embargo al no existir en el amb una curva de variación horaria propia de la zona de estudio, fue necesario establecer inicialmente una curva de demanda actual (año 2014), que será la base de la proyección y servirá además para futuros proyectos del Acueducto referentes a este sector.

Para su realización se requirió de una toma de datos realizada a la salida del tanque elevado, utilizando un Medidor ultrasónico de caudal, Ver Figuras 25 y 26; la cual tuvo una duración de 3 horas, elegidas en el rango horario de máximo consumo, con inicio a las 11:53 am y culminando a las 3:01 pm.

Figura 25. Sensor ultrasónico

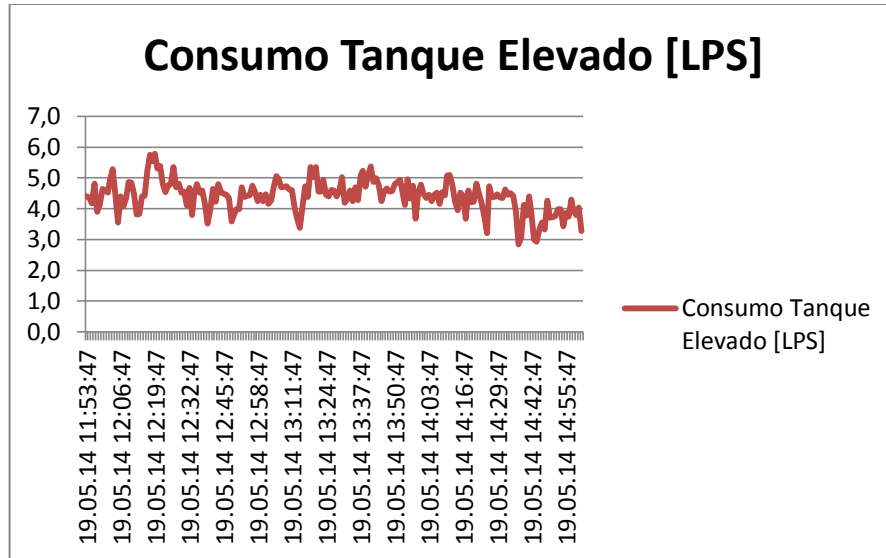


Figura 26. Medidor ultrasónico de caudal



Utilizando los datos obtenidos en la medición, se observaron los caudales correspondientes a los máximos consumos horarios para el sistema actual, Ver Figura 27.

Figura 27. Medición demanda tanque elevado



Máximo Caudal = 5.78411 [LPS]

Mínimo Caudal = 2.83465 [LPS]

Caudales promedios horarios:

Caudal 11:53-12:00 = 4.37757 [LPS]

Caudal 12:00-1:00 = 4.52916 [LPS]

Caudal 1:00-2:00 = 4.10109 [LPS]

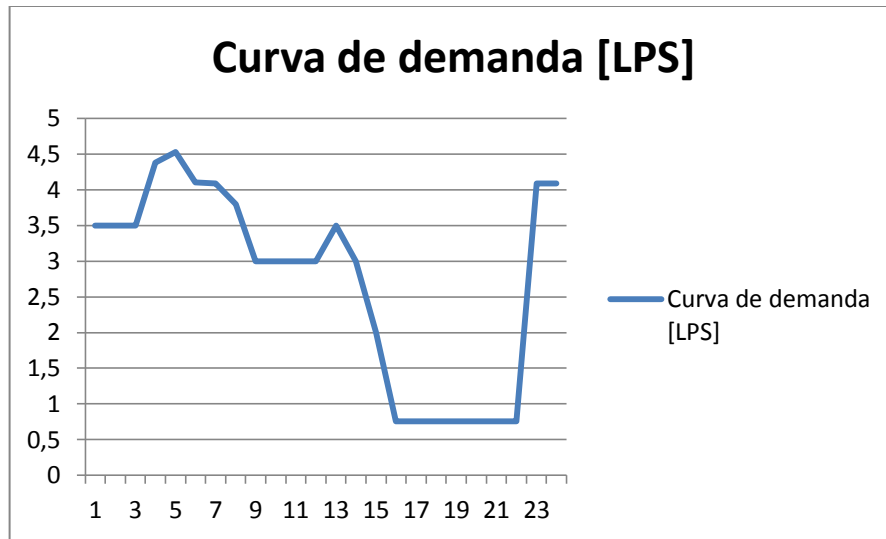
Caudal 2:00-3:01 = 4.08745 [LPS]

Partiendo de los valores ya establecidos para el rango horario de mayor consumo, se inició la estimación de la curva de demanda, partiendo del conocimiento general para el área de Bucaramanga de rangos horarios con comportamientos similares al mayor consumo, pertenecientes a los intervalos de 6 am a 8 am y de 7 pm a 9 pm; junto con estos datos se fijó una demanda mínima en las horas de no consumo, correspondiente al 17% de la demanda máxima horaria, permitiendo graficar el comportamiento del sistema durante 24 horas, Ver Tabla 17 y Figura 28.

Tabla 17. Datos curva de demanda 2014

hora	Gasto
	[LPS]
8am	3,5
9am	3,5
10am	3,5
11am	4,37757375
12pm	4,52915933
1pm	4,10108683
2pm	4,08745492
3pm	3,8
4pm	3
5pm	3
6pm	3
7pm	3
8pm	3,5
9pm	3
10pm	2
11pm	0,76
12am	0,76
1am	0,76
2am	0,76
3am	0,76
4am	0,76
5am	0,76
6am	4,08745492
7am	4,08745492

Figura 28. Curva de demanda 2014

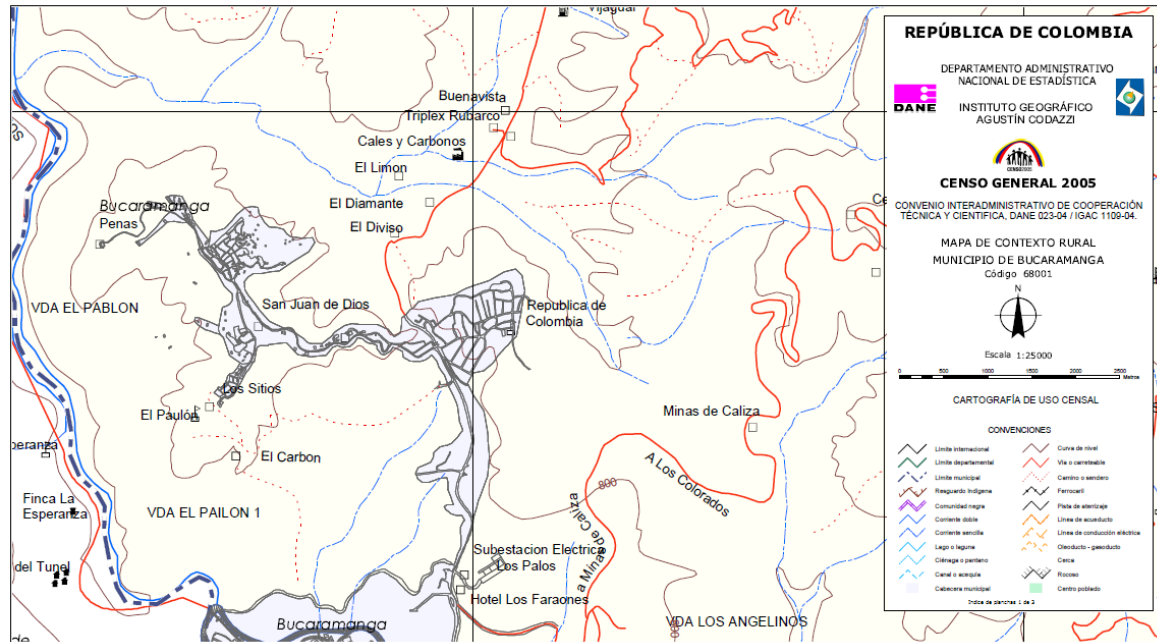


3.7.3 Catastro de redes ^[1]

A pesar de haber obtenido información ilustrativa del relieve de la zona, esta no fue lo suficientemente específica para fijar las coordenadas necesarias en la realización de la georreferenciación de los nodos que se han planteado inicialmente, pues aun cuando todas las gráficas poseen curvas de nivel, no tienen establecida al menos una curva numerada para dicho sector, Ver Figura 29.

[1] Catastro de redes: Hace referencia a un inventario detallado de todos los elementos de diseño que constituyen una red de acueducto, el cual debe estar asociado a un sistema de información (SIG), con el fin de tener herramientas adecuadas para una futura ampliación o rehabilitación.

Figura 29. Curvas de nivel Sector El Pablón



Fuente: DANE – INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI

Tras la investigación de documentación descriptiva del suelo y el relieve correspondiente al barrio El Pablón, se realizaron visitas de campo, en las cuales se observó la inclinación de la ladera por la cual se encuentra distribuida la red de impulsión y muchas de las tuberías correspondientes a la red de distribución; junto con estas visitas, se requirió el acompañamiento de la empresa topográfica “Planos a Tu Puerta”, para poder solucionar la problemática presentada en la medición de las alturas de los nodos en las zonas altamente inclinadas, Ver Figura 30, a lo cual la empresa decidió recomendar, la toma de alturas guiada respecto a planos.

Figura 30. Vista de elevación a impulsar por la bomba



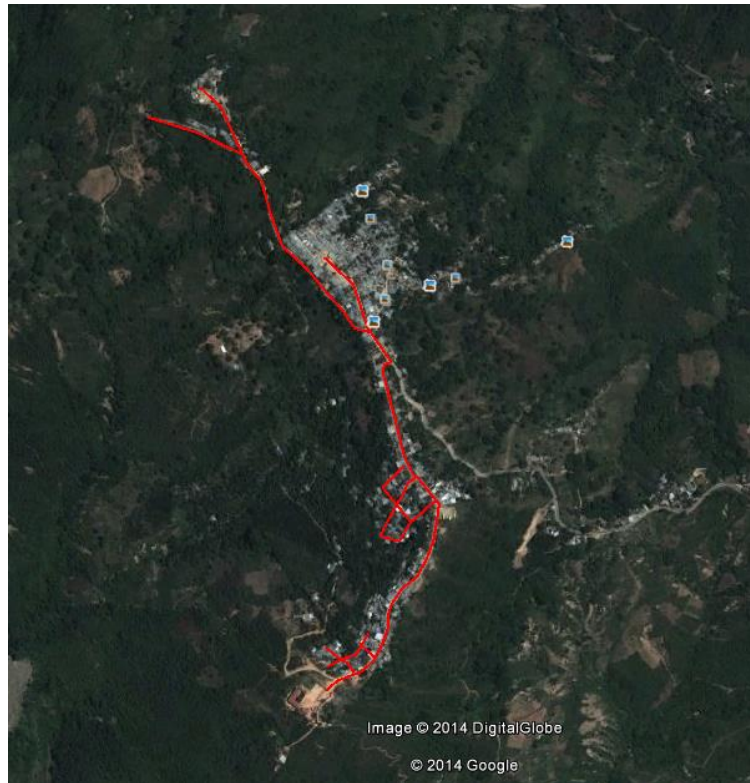
Fuente: Google Earth

3.7.3.1 Nodos actuales

Para llevar a cabo el cumplimiento de la recomendación, se procedió a utilizar la herramienta Google Earth, que presenta una visualización con admisibles errores de diferencia de altura, para el cálculo.

Inicialmente se sobrepone el plano de la zona proporcionado por el amb, sobre el mapa arrojado por Google Earth y siguiente a ello, se traza un recorrido que cruce por todos los nodos que tengan la misma dirección, Ver Figura 31.

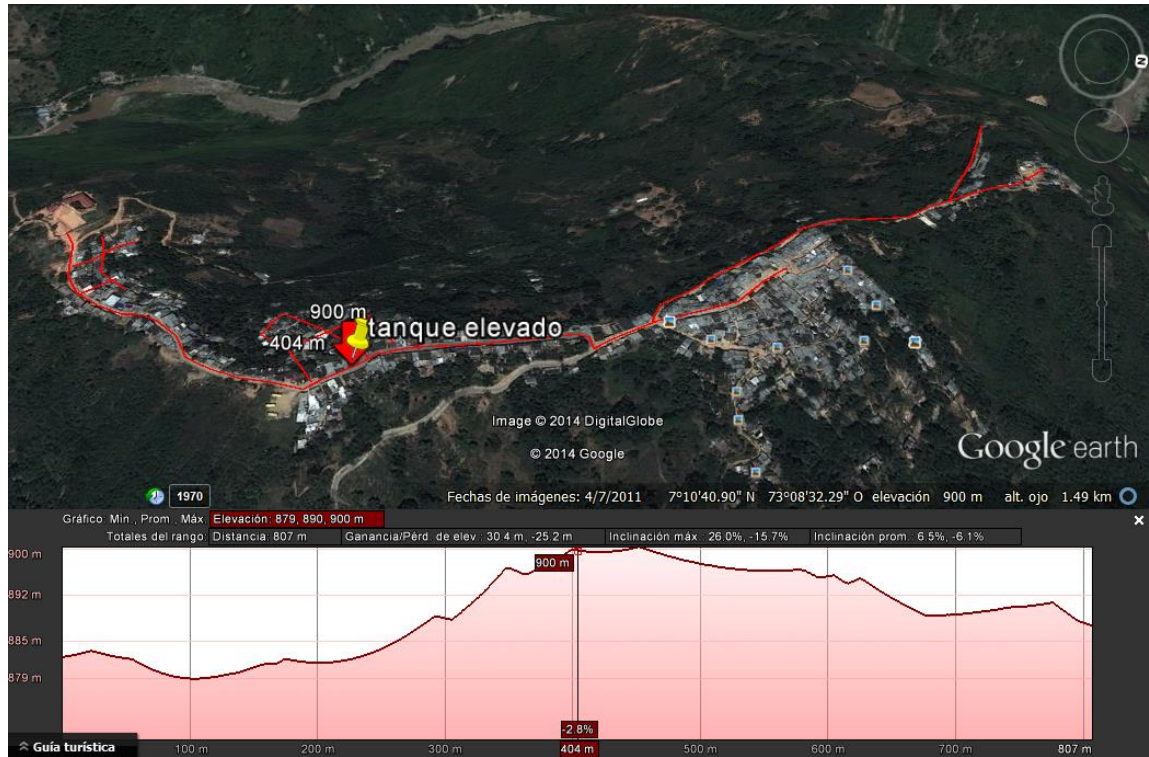
Figura 31. Trazado del recorrido de las tuberías



Fuente: Google Earth

A partir del recorrido trazado se genera un perfil de elevación de la ruta, el cual nos permite conocer tanto la altura sobre el nivel del mar de cada punto en el cual se sitúe el cursor, como la inclinación entre cada punto y un punto llano, además, de la longitud total de la recta y la longitud que ocupa cada punto respecto al extremo del recorrido, Ver Figura 32.

Figura 32. Perfil de elevación del trazado de tuberías



Fuente: Google Earth

Finalizando la búsqueda para cada ubicación, se culmina la georreferenciación correspondiente para los nodos de distribución actuales (año 2014), dando como resultado la Tabla 18.

Tabla 18. Cotas para el Sistema 2014

NODO	ALTURA [m]	NODO	ALTURA [m]
1	0	29	896
2	896	30	895
3	895	31	900
4	893	32	899
5	897	33	893

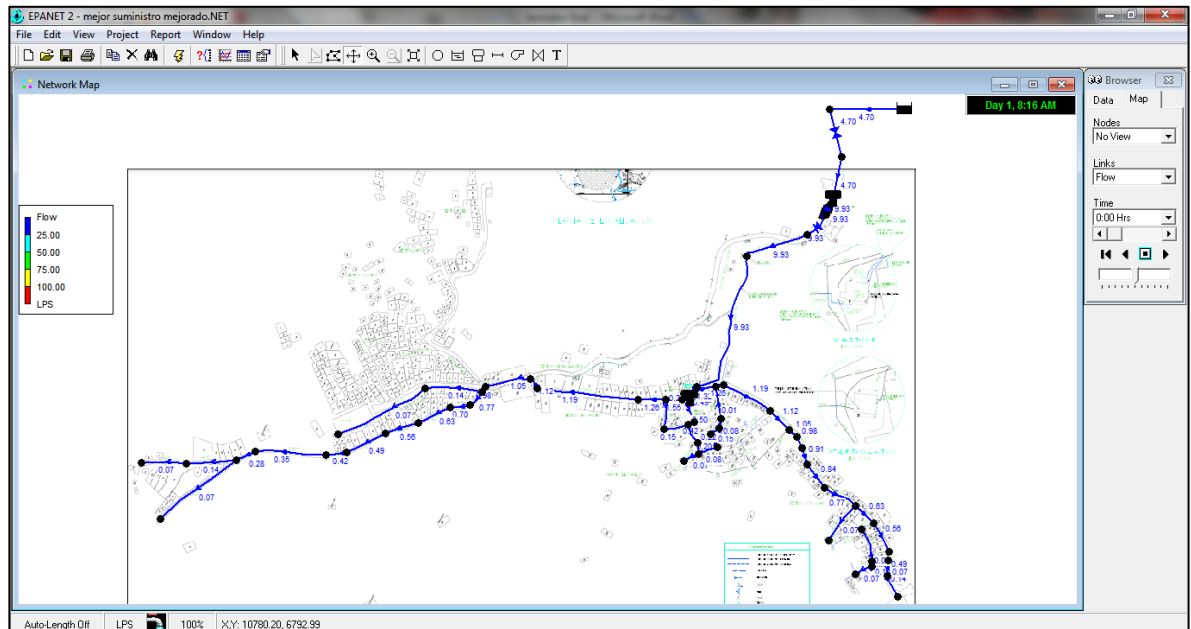
Tabla 18. (Continuación)

6	897	34	890
7	896	35	884
8	898	36	894
9	901	37	883
10	901	38	888
11	900	39	884
12	899	40	881
13	899	41	893
14	893	42	886
15	901	43	883
16	902	44	876
17	902	45	876
18	902	46	880
19	898	47	881
20	899	48	882
21	883	49	885
22	896	50	901
23	896	51	878
24	884	52	884
25	890	53	887
26	894	54	882
27	891	55	903
28	888	56	900

3.8 SIMULACIÓN MEDIANTE EPANET 2.0

Luego de realizar todos los cálculos y estudios pertinentes, se realiza la simulación de la operación para el sistema actual, Ver Figura 33.

Figura 33. Simulación 2014



3.8.1 Suministro

Para simular el suministro de agua fue necesario establecer los elementos que provocarían la conducción hasta el tanque de succión, los cuales son un reservorio, válvulas de control y tubería de acero, Ver Figuras 34 y 35.

Figura 34. Reservoirio 2014

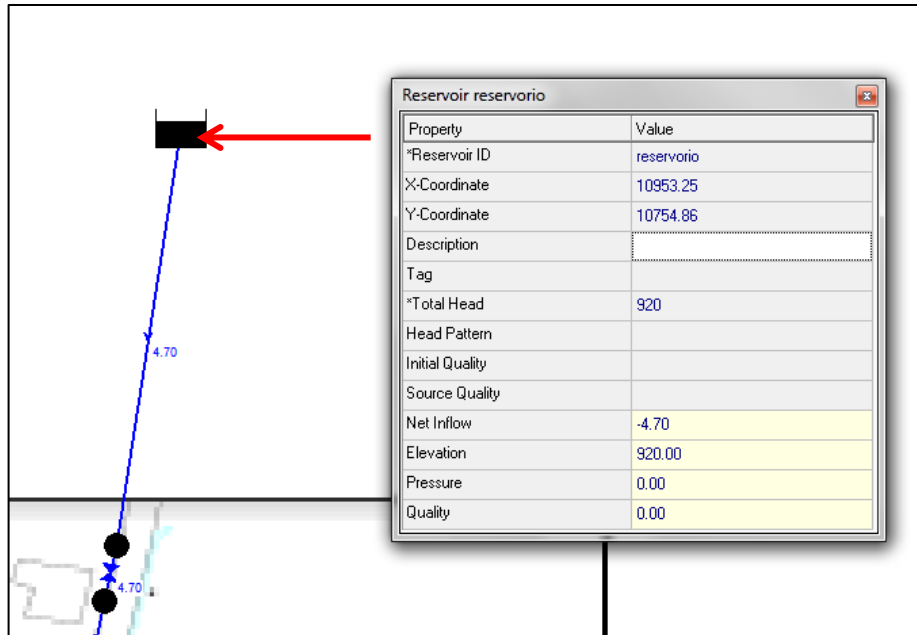
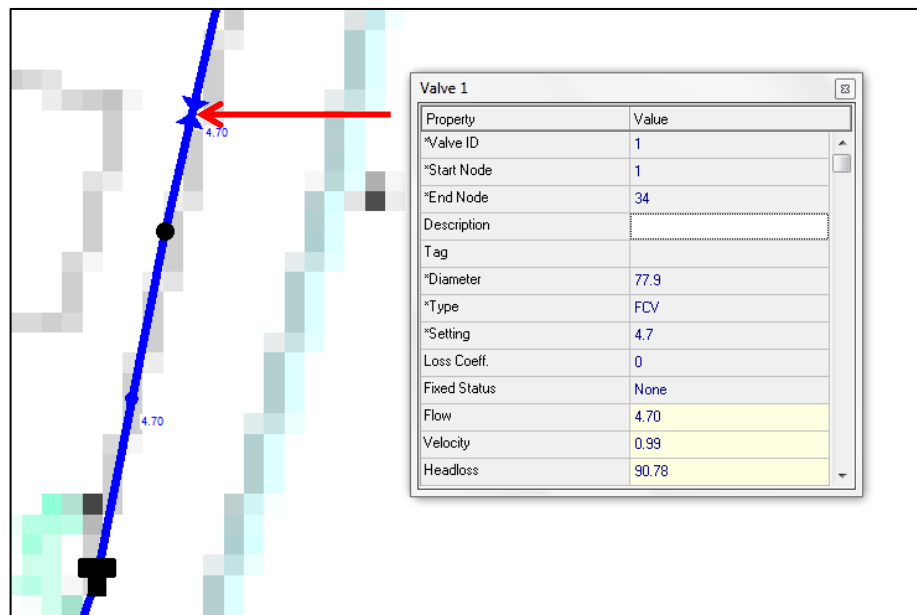


Figura 35. Válvulas de control 2014



3.8.2 Succión

Los elementos que simulan la succión son: tanque de succión, que entre sus características principales destacan: cota de fondo, niveles de operación (simulación de flotador) y diámetro equivalente, debido a que EPANET 2.0 solo admite tanques de forma cilíndrica, además de la tubería de succión, con características como Diámetro, longitud, coeficiente de rugosidad y constante de pérdidas por accesorios, Ver Figuras 36 y 37.

Figura 36. Tanque de Succión 2014

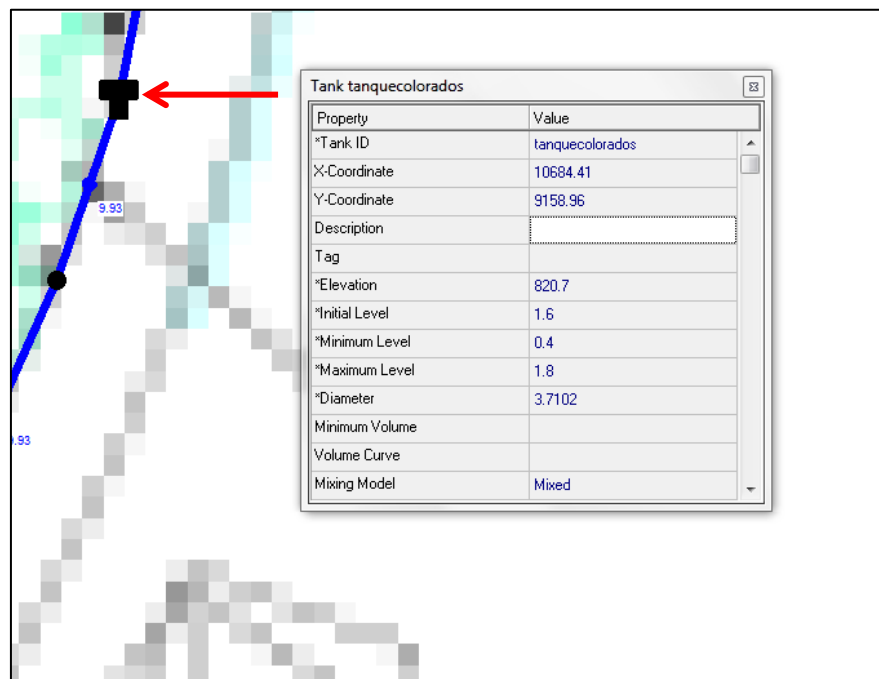
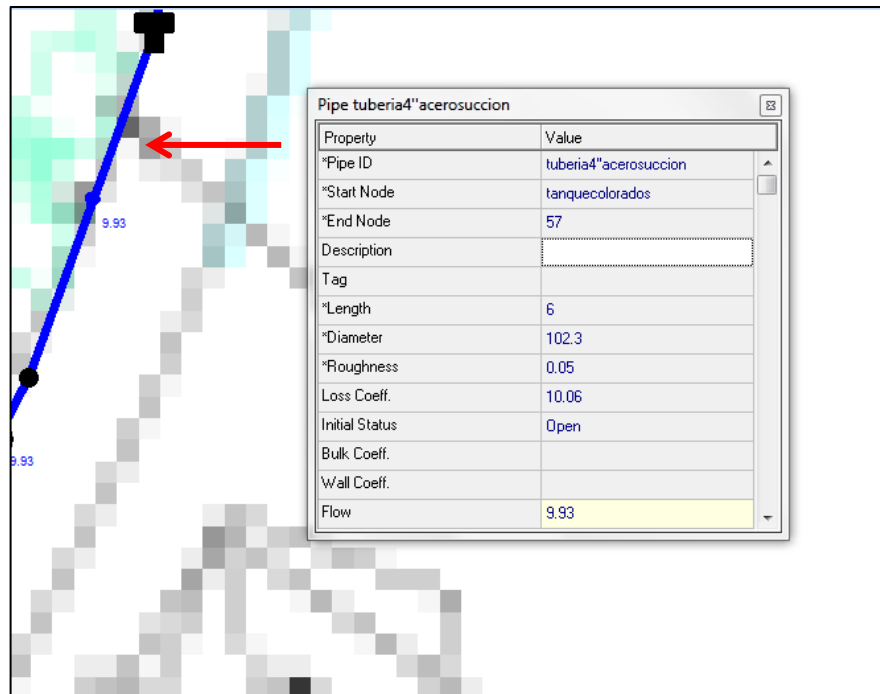


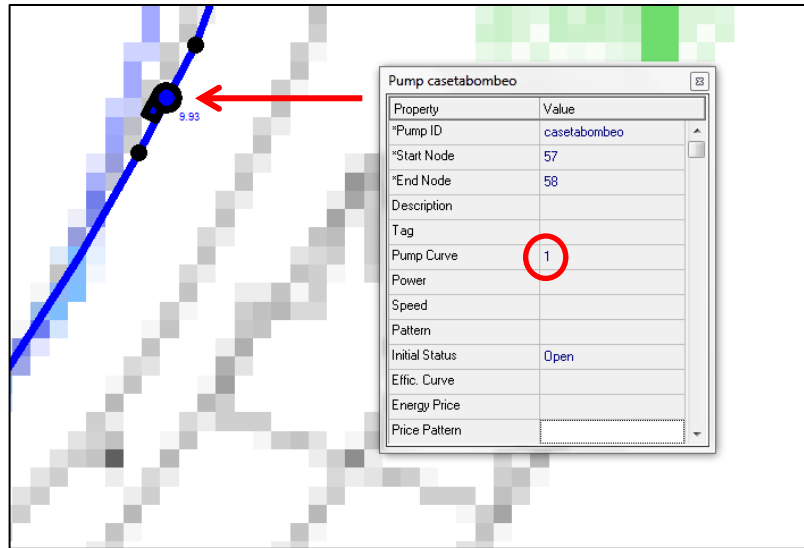
Figura 37. Tubería de succión 2014



3.8.3 Impulsión

La impulsión se constituye por la bomba ubicada dentro de la estación de bombeo, la cual opera según la curva característica, suministrada por el fabricante, en conjunto con la tubería de impulsión con todos los cambios efectuados en su recorrido, Ver Figura 38.

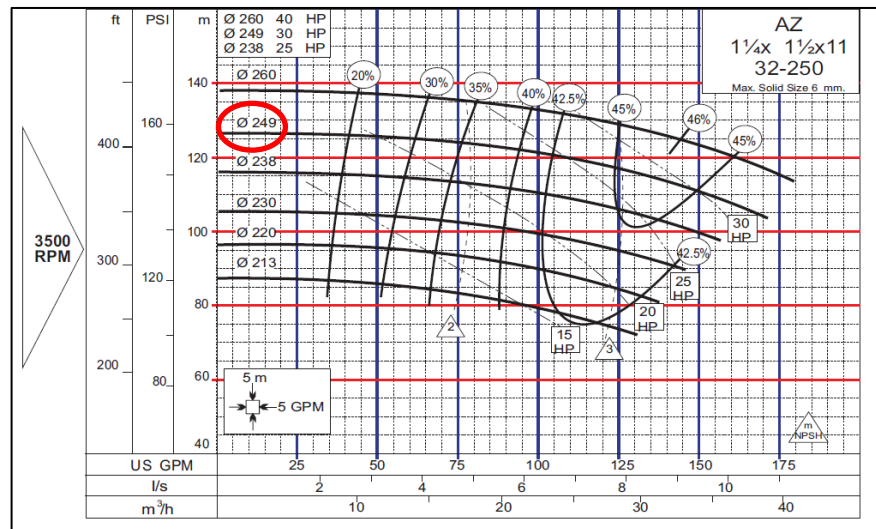
Figura 38. Bomba 2014



3.8.3.1 Curva Característica

Partiendo de la curva proporcionada por el fabricante, Ver Figura 39, se genera para el entorno EPANET 2.0 una curva conformada por los 3 puntos principales que componen esta curva, Punto de cabeza máxima, el Punto BEP y el Punto de salida de servicio, Ver Tabla 19 y Figura 40.

Figura 39. Curva característica de la bomba

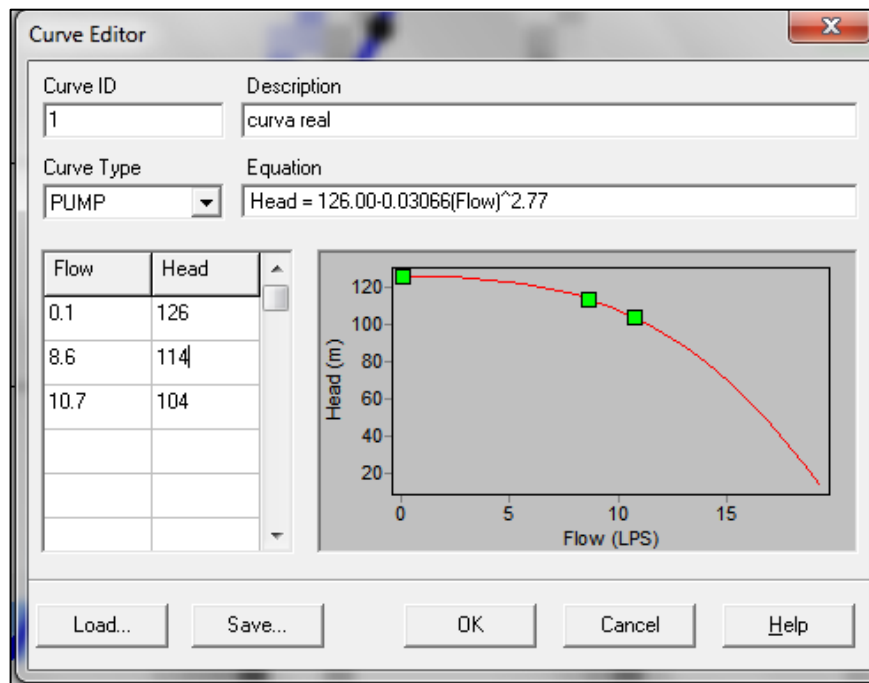


Fuente: Catálogo Hidromac

Tabla 19. Puntos principales curva 2014

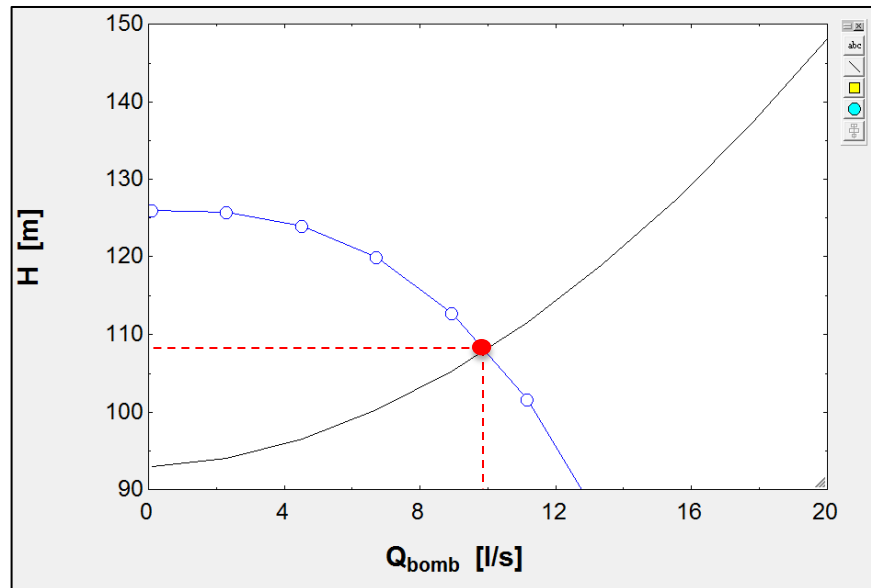
Tipo de punto	Caudal	Altura
Cabeza máxima	0	126
BEP	8.6	114
Salida de servicio	10.7	104

Figura 40. Curva característica de la bomba simulación 2014



Conociendo las curvas respectivas para el sistema y la bomba se procede a presentar el cruce equivalente al punto de operación del sistema, Ver Figura 41.

Figura 41. Punto de operación de la bomba, simulación 2014



3.8.4 Distribución

La red de distribución actual inicia en el tanque elevado, Ver Figura 42 y se repliega a lo largo de la zona con 1916 [m] de tubería de PVC, con diámetros que varían entre 2" y 3" y 51 nodos matrices con un valor de consumo, el cual es establecido partiendo de la curva de demanda de caudal de la población, la cual fue montada al simulador EPANET 2.0, partiendo de la curva presentada en la Tabla 17 y Figura 28, Ver Figura 43 y 44.

Figura 42. Tanque elevado 2014

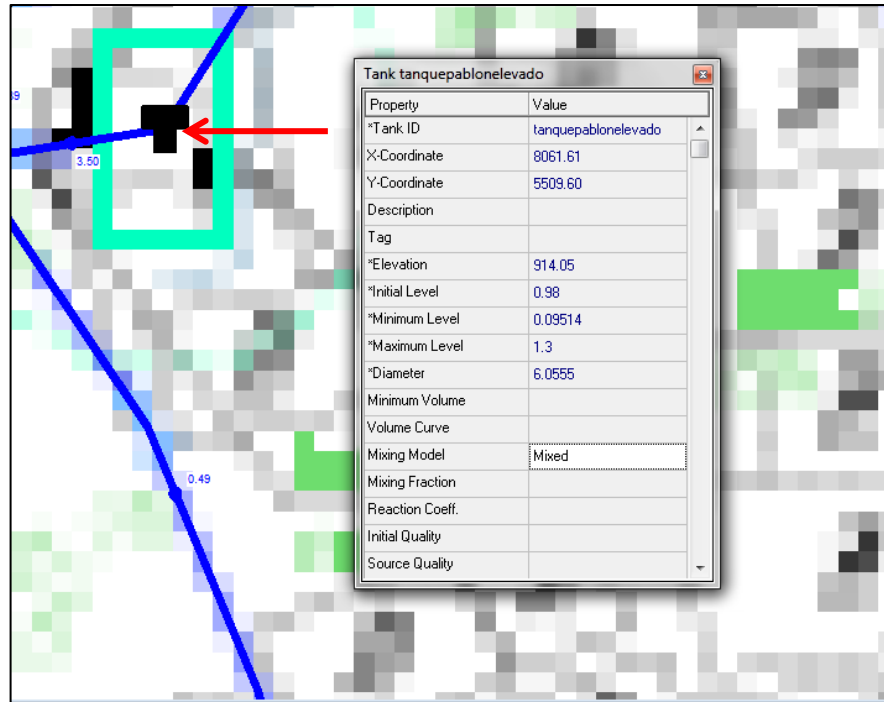


Figura 43. Nodo de distribución 2014

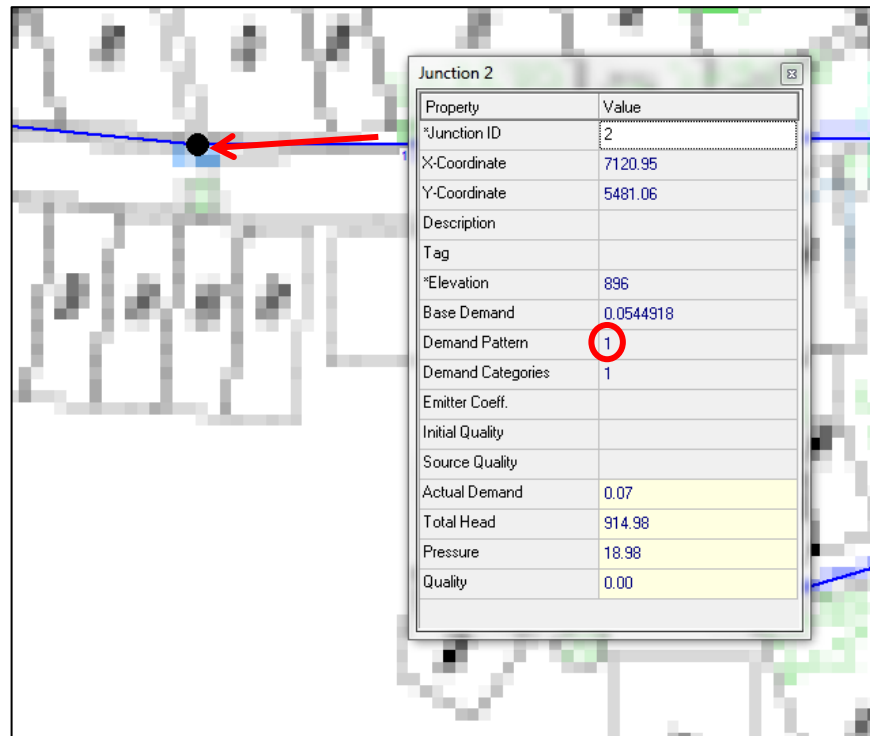
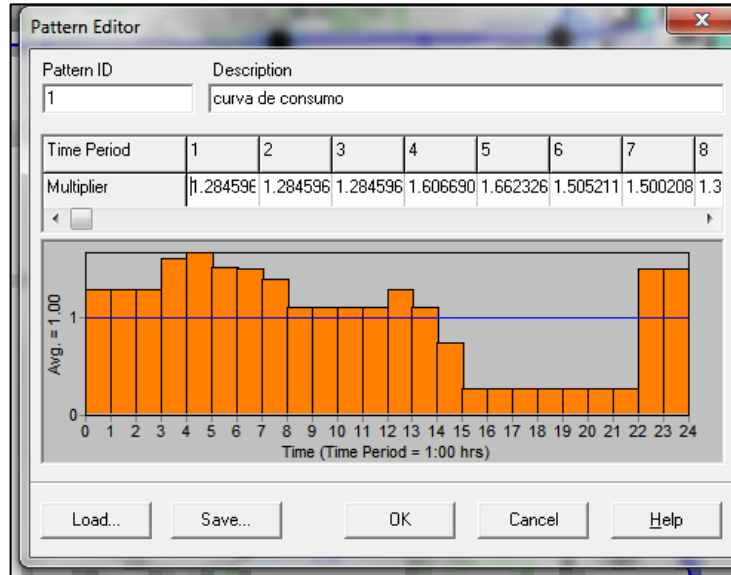


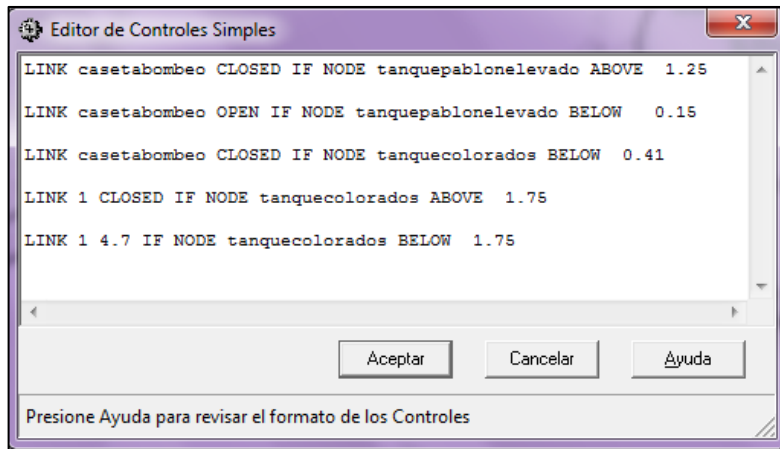
Figura 44. Curva de demanda 2014, EPANET



3.8.5 Controles

Para conseguir el comportamiento que debe ser presentado por los flotadores de los tanques, se decide programar un control simple de apertura o cierre de válvulas y de encendido y apagado del motor con el fin de no desperdiciar el líquido ni la energía eléctrica, además de proteger el sistema del deterioro causado por las horas de operación, Ver Figura 45.

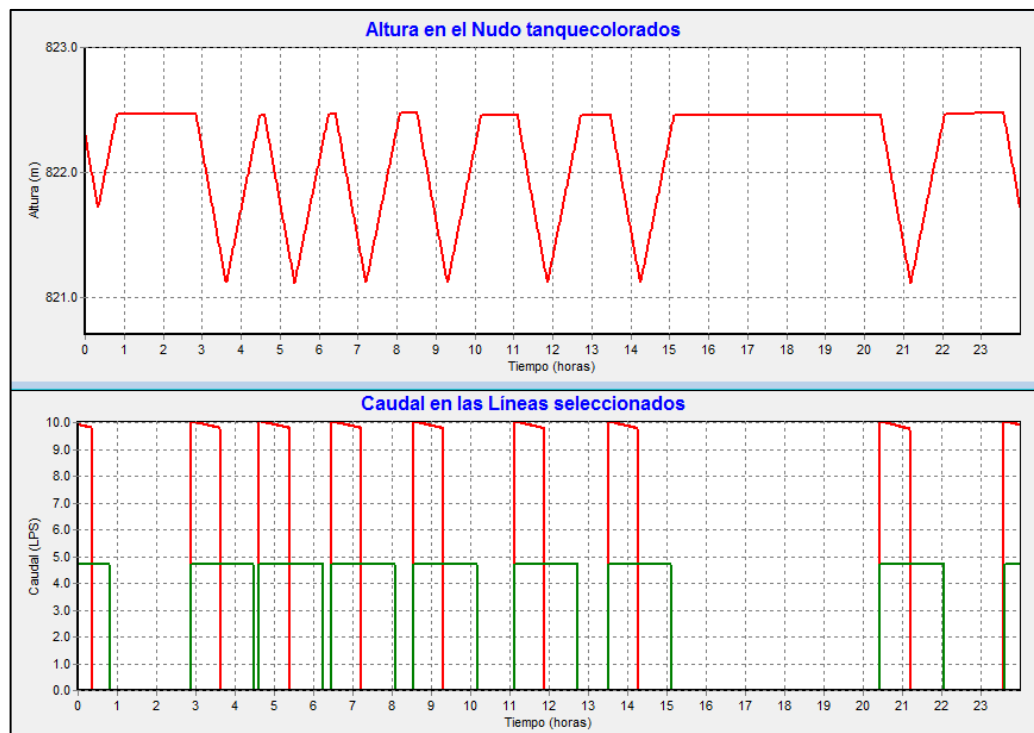
Figura 45. Control 2014



Luego de montar todos los elementos que componen el sistema en el software, EPANET 2.0, se corrió la simulación, recibiendo la notificación de: Simulación con Éxito, luego de esto se observó el comportamiento general de todos los componentes.

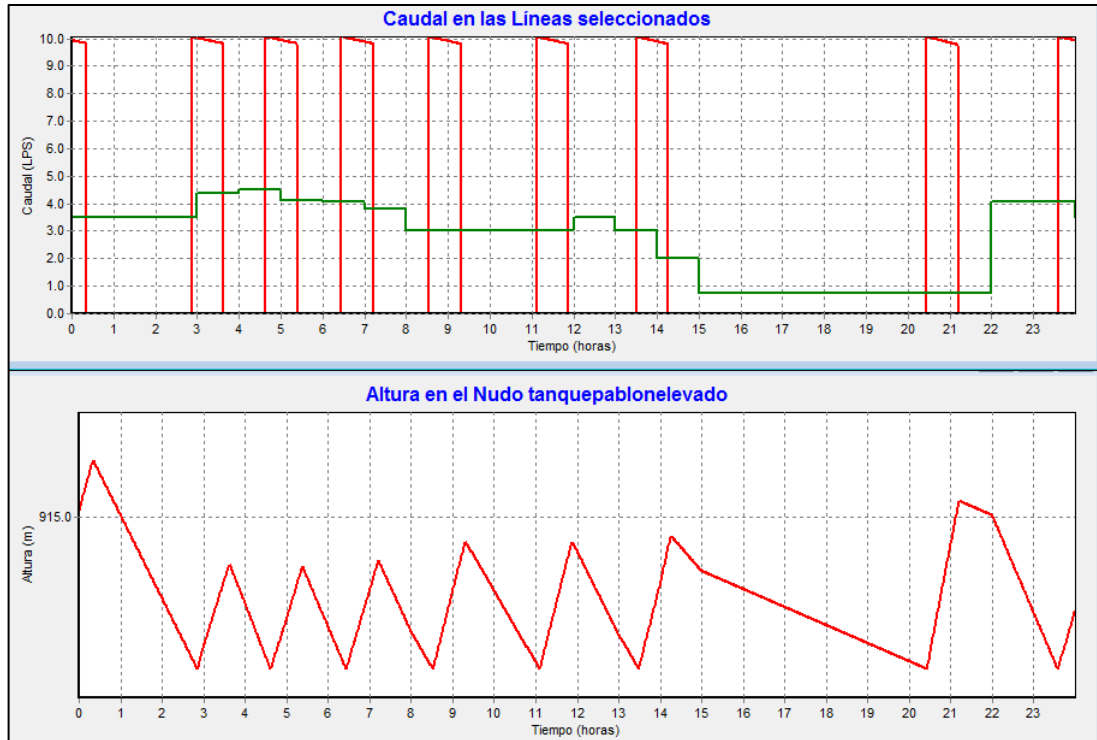
En la Figura 46. Puede observarse en su parte superior el comportamiento del almacenamiento, ocasionado por lo observado en la parte inferior, la cual describe los encendidos y apagados del motor en conjunto con la apertura y cierre de la válvula del suministro.

Figura 46. Comportamiento tanque de succión 2014



En la Figura 47. Puede observarse en su parte superior el bombeo que ingresa al tanque elevado, en conjunto con la demanda que le es requerida, además del comportamiento de la parte inferior que refleja lo ocurrido al almacenamiento del tanque elevado.

Figura 47. Comportamiento tanque elevado 2014



4. ANALISIS Y ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL

Partiendo del conocimiento de las condiciones de operación proporcionadas para el actual sistema de bombeo, se procede a analizar las variables, que podrían ser las causantes de la diferencia descubierta mediante la simulación realizada en EPANET 2.0, en busca de solucionar la insuficiencia observada, puesto que el valor proporcionado por la empresa indica una medida de caudal de 4.3975 [LPS], mientras que la simulación presenta una medida de 9.68 [LPS].

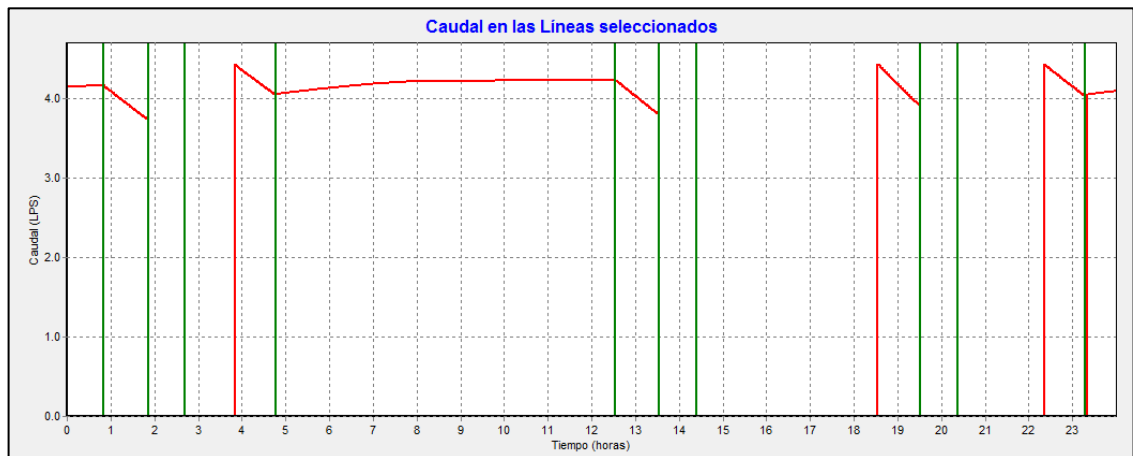
Inicialmente se plantean 2 hipótesis que pueden explicar la considerable diferencia de los valores de caudal.

Hipótesis #1

Para un Caudal bombeado equivalente a 4,3975 [LPS] se conoce un comportamiento del sistema que mantiene constantes encendidos y apagados durante moderados periodos de tiempo a lo largo de un día de trabajo, la figura que ilustra ese comportamiento puede observarse páginas atrás en la Figura 23.

Sin embargo, al realizarse una simulación utilizando una curva de bomba acomodada para obtener el valor proporcionado de 4.3975 [LPS], el comportamiento de encendidos y apagados arrojado por el simulador difiere del comportamiento conocido, Ver Figura 48.

Figura 48. Comportamiento caudal bombeado 4.3975 [LPS]



Lo cual permite concluir que las personas empleadas para la medición de los caudales pudo haber fallado produciendo un falso valor de caudal, de ser cierta esta hipótesis se recomienda al amb retomar el valor utilizando los valores exactos de la tubería a medirse, Ver Tabla 20.

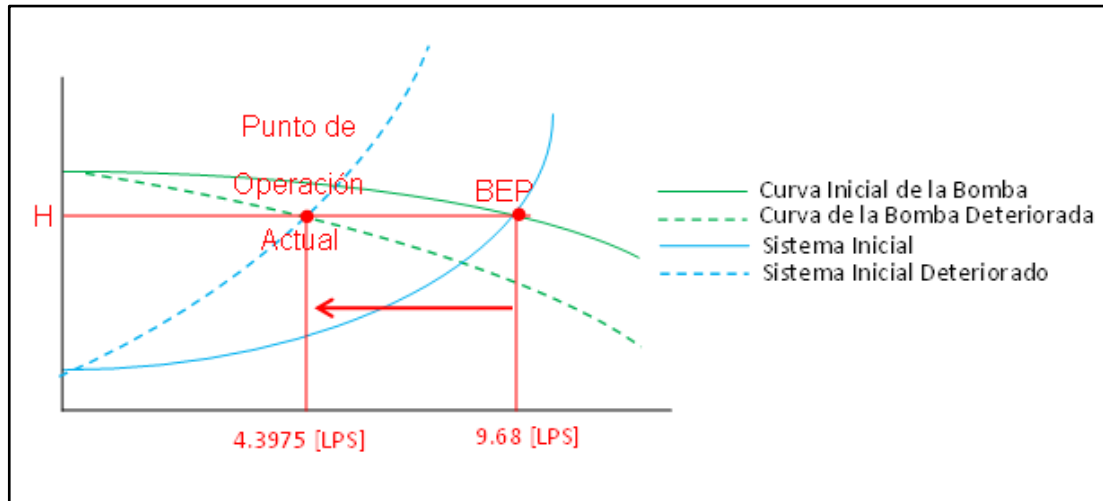
Tabla 20. Datos de tuberías a medir

Diámetro nominal	Diámetro exterior	Espesor de pared	Material
[in]	[mm]	[mm]	
2 ½"	73	5.16	Acero galvanizado
3"	88.9	5.49	Acero galvanizado
4"	114.3	6.02	Acero galvanizado

Hipótesis #2

Se conoce para una bomba en operación constante, que a medida que aumenta el tiempo de trabajo realizado, bajo condiciones de operación que difieren de las óptimas, de la misma manera disminuyen la capacidad bombeada y la eficiencia; es por esto que de asumirse que el caudal medido por el amb, el cual fue base del estudio, es el correcto, puede establecerse con base en el deterioro del rodete y las curvas características tanto de la bomba, como del sistema, el déficit de la capacidad bombeada y por tanto estimar el valor que ha disminuido la eficiencia bajo la cual opera el equipo; basados en este hecho se definen simbólicamente los comportamientos que han de presentar las curvas mencionadas anteriormente, los cuales permiten observar la disminución del caudal bombeado de 9.68 [LPS], a 4.3975 [LPS], una disminución de 5.28 [LPS], Ver Figura 49.

Figura 49. Disminución de la capacidad



Considerando realizar una mejora al déficit de caudal presentado, se definen las 2 soluciones que con mayor facilidad mejorarían definitivamente la disminución del caudal. Estas soluciones mejorarían el bombeo tanto en el 100% como en un 80%, Ver Tabla 21.

Tabla 21. Mejoras de capacidad

Mejora	Porcentaje de mejora
Cambio de bomba	100%
Cambio de rodete, igual diámetro (bomba actual)	80%
Cambio de rodete, mayor diámetro	100%

5. ESTUDIO DE LA DEMANDA FUTURA

5.1 DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE COMPLEJIDAD ^[2] DEL SISTEMA

Para todo el territorio nacional se establecen los siguientes niveles de complejidad:

- **Bajo**
- **Medio**
- **Medio Alto**
- **Alto**

La clasificación del proyecto en uno de estos niveles depende del número de habitantes en la zona urbana del municipio, su capacidad económica y el grado de exigencia técnica que se requiera para adelantar el proyecto, de acuerdo con lo establecido en la Tabla 22.

Tabla 22. Asignación del nivel de complejidad

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

Fuente: RAS Título B (2012)

Debido a que la zona a trabajar, cuenta actualmente con una población de 2930 habitantes y una capacidad económica baja, esto la clasificaría como de nivel de complejidad Medio, sin embargo, para garantizar el cumplimiento de las exigencias

[2] Nivel de complejidad: Criterio que define el grado de exigencia técnica que es requerido para adelantar un proyecto.

técnicas de la empresa, cualquier proyecto que se desee realizar dentro de su área de acción, se analizará cómo nivel de complejidad Alto, dando a entender con ello, los altos estándares de calidad y compromiso, prestados por parte del amb a la región.

5.2 PERIODO DE DISEÑO

Para seleccionar el periodo de diseño se tuvo en cuenta el nivel de complejidad Alto del sistema, Ver Tabla 23.

Tabla 23. Periodo de diseño

Nivel de complejidad	Periodo de diseño
Bajo, Medio y Medio Alto	25 años
Alto	30 años

Fuente: RAS Título B (2012)

Año de diseño= 2014 + 30 = 2044

5.3 DETERMINACIÓN DE LA POBLACIÓN

Se deben tener en cuenta las proyecciones del DANE hasta el año en que éstas se encuentren disponibles. El último dato de población disponible en el DANE se debe tomar como un último censo en el proceso de proyección de la población.

El método de cálculo para la proyección de la población depende del nivel de complejidad del sistema según se muestra en la Tabla 24. Se calculará la población utilizando los siguientes modelos matemáticos: aritmético, geométrico y exponencial, seleccionando el modelo que mejor se ajuste al comportamiento histórico de la población.

Tabla 24. Métodos de cálculo permitidos según el nivel de complejidad del sistema para la proyección de la población.

Nivel de Complejidad del Sistema				
Método por emplear	Bajo	Medio	Medio Alto	Alto
Aritmético, Geométrico y exponencial	X	X		
Aritmético, Geométrico, Exponencial, Otros			X	X
Por componentes (demográfico)			X	X
Detallar por zonas y detallar densidades			X	X
Método gráfico	X	X		

Fuente: RAS Título B (2012)

5.3.1 Cálculos para determinación de la población

Con base en la información del censo general realizado en el año 2005, y datos recolectados de la entidad DANE para el año 2014, se obtuvo la información mínima para el desarrollo de las ecuaciones que permite proyectar la población real que habitara la zona en los próximos 30 años de estudio, Ver Tabla 25.

Tabla 25. Censos habitantes

DATOS DEL DANE	
AÑO	POBLACIÓN
2005	2310
2008	2517
2014	2930

El método aritmético supone un crecimiento vegetativo balanceado por la mortalidad y la emigración. La ecuación para calcular la población proyectada es la siguiente:

$$P_f = P_{uc} + \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}} * (T_f - T_{uc})$$

Dónde:

P_f = Población correspondiente al año para el que se quiere realizar la proyección (habitantes).

P_{uc} = Población correspondiente a la proyección del DANE (habitantes).

P_{ci} = Población correspondiente al censo inicial con información (habitantes).

T_{uc} = Año correspondiente al último año proyectado por el DANE.

T_{ci} = Año correspondiente al censo inicial con información.

T_f = Año al cual se quiere proyectar la información.

$$P_f = 2930 + \frac{2930 - 2310}{2014 - 2005} * (2044 - 2014)$$

$$P_f = 4997 \text{ habitantes}$$

El método geométrico es útil en poblaciones que muestren una importante actividad económica, que genera un apreciable desarrollo y que poseen importantes áreas de expansión las cuales pueden ser dotadas de servicios públicos sin mayores dificultades. La ecuación que se emplea es:

$$P_f = P_{uc}(1 - r)^{T_f - T_{uc}}$$

Dónde:

r = Tasa de crecimiento anual en forma decimal.

P_f = Población correspondiente al año para el que se quiere realizar la proyección (habitantes).

P_{uc} = Población correspondiente a la proyección del DANE (habitantes).
 P_{ci} = Población correspondiente al censo inicial con información (habitantes).
 T_{uc} = Año correspondiente al último año proyectado por el DANE.
 T_f = Año al cual se quiere proyectar la información.
 La tasa de crecimiento anual se calcula de la siguiente manera:

$$r = \left(\frac{P_{uc}}{P_{ci}} \right)^{\frac{1}{T_{uc} - T_{ci}}} - 1$$

$$r = \left(\frac{2930}{2310} \right)^{\frac{1}{2014 - 2005}} - 1$$

$$r = 0.02677$$

$$P_f = 2930(1 - 0.02677)^{2044 - 2014}$$

$$P_f = 6472 \text{ habitantes}$$

El método exponencial requiere conocer por lo menos tres censos para poder determinar el promedio de la tasa de crecimiento de la población, en donde el último censo corresponde a la proyección del DANE. Se recomienda su aplicación a poblaciones que muestren apreciable desarrollo y posean abundantes áreas de expansión. La ecuación empleada por este método es la siguiente:

$$P_f = P_{ci} * e^{km(T_f - T_{ci})}$$

Donde km es la tasa de crecimiento de la población la cual se calcula como el promedio de las tasas calculadas para cada par de censos, así:

$$k = \frac{(\ln P_{cp} - \ln P_{ca})}{T_{cp} - T_{ca}}$$

Dónde:

P_{cp} = Población del censo posterior (proyección del DANE).

P_{ca} = Población del censo anterior (habitantes).

T_{cp} = Año correspondiente al censo posterior.

T_{ca} = Año correspondiente al censo anterior.

\ln = Logaritmo natural o neperiano.

$$k1 = \frac{(\ln 2930 - \ln 2517)}{2014 - 2008}$$

$$k1 = 0.02532$$

$$k2 = \frac{(\ln 2517 - \ln 2310)}{2008 - 2005}$$

$$k2 = 0.02861$$

$$km = \frac{(k1 + k2)}{2}$$

$$km = 0.02696$$

$$P_f = 2310 * e^{0.02696(2044-2005)}$$

$$P_f = 6612 \text{ habitantes}$$

El método Wappaus es un método poco común, aunque sus resultados son confiables. Es importante aclarar que únicamente puede emplearse cuando el producto de la tasa de crecimiento (i en %) y la diferencia entre el año a proyectar (T_f) y el año del censo inicial (T_{ci}) es menor a 200, es decir:

$$i * (T_f - T_{ci}) < 200$$

De lo contrario, debido a la forma matemática de la ecuación, la población futura obtenida será creciente pero negativa.

La ecuación que se emplea para el cálculo de la proyección de la población es el siguiente:

$$P_f = P_{ci} * \left(\frac{200 + i * (T_f - T_{ci})}{200 - i * (T_f - T_{ci})} \right)$$

Donde la tasa de crecimiento (i en %) se calcula de acuerdo con el crecimiento de las poblaciones censadas y se obtiene de la siguiente expresión:

$$i = \left(\frac{200 * (P_{uc} - P_{ci})}{(T_{uc} - T_{ci}) * (P_{ci} + P_{uc})} \right)$$

$$i = \left(\frac{200 * (2930 - 2310)}{(2014 - 2005) * (2005 + 2014)} \right) \quad \left| \quad \begin{array}{l} 102.531 < 200 \\ P_f = 2310 * \left(\frac{200 + 2.629 * (2044 - 2005)}{200 - 2.629 * (2044 - 2005)} \right) \end{array} \right.$$

i = 2.629

2.629 * (2044 - 2005) < 200

P_f = 7171 habitantes

Luego de correr iterativamente las ecuaciones de población, variando el tiempo de proyección mediante la ayuda del solucionador de ecuaciones EES, se observa el comportamiento presentado en la Tabla 26.

Tabla 26. Proyección de la población mediante EES

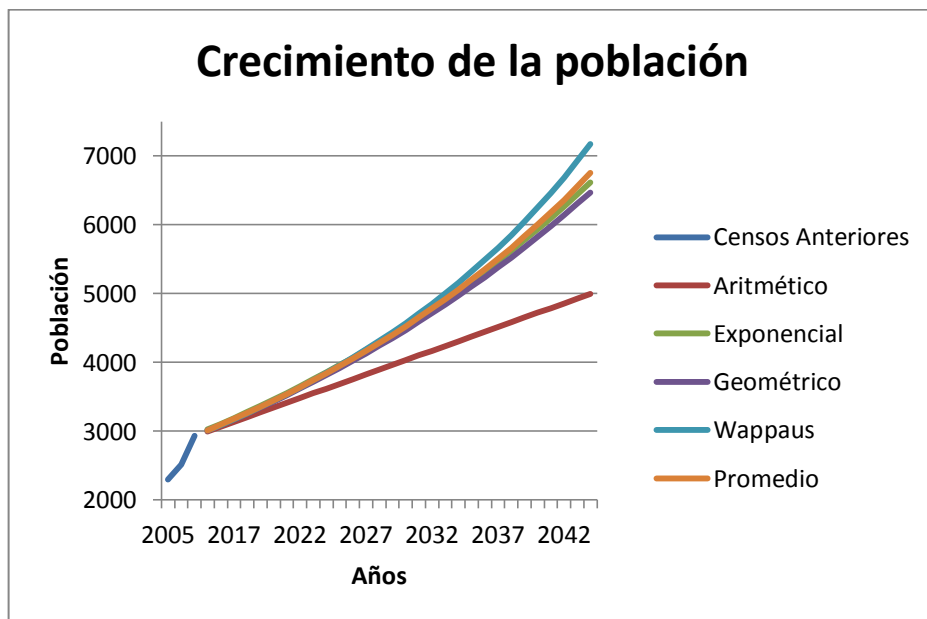
AÑO	ARITMETICA	EXPONENCIAL	GEOMÉTRICA	WAPPAUS	PROMEDIO
2015	2999	3025	3008	3009	3014
2016	3068	3108	3089	3091	3096
2017	3137	3193	3172	3175	3180
2018	3206	3280	3257	3262	3266
2019	3274	3369	3344	3352	3355
2020	3343	3462	3433	3445	3447
2021	3412	3556	3525	3541	3541
2022	3481	3653	3620	3640	3638
2023	3550	3753	3716	3742	3737
2024	3619	3856	3816	3848	3840
2025	3688	3961	3918	3958	3946
2026	3757	4069	4023	4072	4055
2027	3826	4181	4131	4190	4167
2028	3894	4295	4241	4312	4283
2029	3963	4412	4355	4440	4402
2030	4032	4533	4471	4572	4525
2031	4101	4657	4591	4709	4652
2032	4170	4784	4714	4852	4783
2033	4239	4915	4840	5001	4919
2034	4308	5049	4970	5157	5059
2035	4377	5187	5103	5319	5203
2036	4446	5329	5239	5488	5352
2037	4514	5475	5380	5665	5506

Tabla 26. (Continuación)

2038	4583	5624	5524	5850	5666
2039	4652	5778	5671	6044	5831
2040	4721	5936	5823	6248	6002
2041	4790	6098	5979	6461	6179
2042	4859	6265	6139	6686	6363
2043	4928	6436	6303	6922	6554
2044	4997	6612	6472	7171	6752

Partiendo de la Tabla 26 de resultados podemos observar como al graficar sus puntos obtenemos las curvas características para cada método, Ver Figura 50.

Figura 50. Crecimiento de la población



Para el cálculo de la población promedio se decidió descartar el valor Aritmético al observarse una gran desviación respecto a los otros métodos de cálculo.

5.3.2 Población flotante

Debido a la carencia de lugares turísticos y recreativos en la zona se estima que para el caso de estudio no se encontraran en ella poblaciones flotantes; en cuanto

a etnias minoritarias se ha corroborado que este territorio no posee poblaciones protegidas.

5.3.3 Población de diseño

La población de diseño será la población estimada para el año 2044.

$$P_{diseño} = P_{futura} + P_{flotante}$$
$$P_{futura} = \frac{(P_{geométrico} + P_{exponencial} + P_{wappaus})}{3}$$
$$P_{futura} = \frac{6612 + 6472 + 7171}{3}$$
$$P_{futura} = 6752 \text{ habitantes}$$
$$P_{flotante} = 0$$
$$P_{diseño} = 6752 \text{ habitantes}$$

5.4 DOTACIÓN

5.4.1 Dotación neta

La dotación neta corresponde a la cantidad mínima de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un suscriptor o de un habitante, dependiendo de la forma de proyección de la demanda de agua, sin considerar las pérdidas que ocurran en el sistema de acueducto. En el caso de no tenerse información e históricos suficientes para el cálculo de dotación neta por suscriptores, se hallará esta dotación mediante el número de habitantes.

5.4.1.1 Dotación neta por habitante

La dotación neta por habitante es función del nivel de complejidad del sistema y sus valores máximos se deben establecer con la Tabla 27, mostrada a continuación.

Tabla 27. Dotación por habitante según el nivel de complejidad del sistema

Nivel de complejidad del sistema	Dotación neta (L/hab*día)	
	climas templado y frio	clima cálido
Bajo	90	100
Medio	115	125
Medio Alto	125	135
Alto	140	150

Fuente: RAS Titulo B (2012)

Para propósitos de la tabla anterior se considera como clima cálido aquella zona del territorio nacional que se encuentre por debajo de 1000 m.s.n.m., se conoce que la zona a tratar se encuentra a aproximadamente 900 m sobre el nivel del mar por lo tanto esta es considerada como de clima cálido.

$$dotación\ neta\ habitante = 150 \left[\frac{L}{hab * dia} \right]$$

5.5 DOTACIÓN BRUTA

De acuerdo con la Resolución 2320 de 2009 expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, la dotación bruta para el diseño de cada uno de los elementos que conforman un sistema de acueducto, indistintamente del nivel de complejidad, se debe calcular teniendo en cuenta la siguiente ecuación:

$$d_{bruta} = \frac{d_{neta}}{1 - \%p}$$

Donde:

d_{bruta} = dotación bruta

d_{neta} = dotación neta

$\%p$ = pérdidas máximas admisibles; el porcentaje de pérdidas máximas admisibles no deberá superar el 25%

$$d_{bruta} = \frac{d_{neta}}{1 - \%P}$$

$\%P = \text{porcentaje de pérdida admisible} = 25\%$

$$d_{bruta} = \frac{150}{1 - 0,25} = 200 \left[\frac{L}{hab * dia} \right]$$

5.6 DEMANDA DE AGUA POR POBLACIÓN

Caudal medio diario

El caudal medio diario, Q_{md} , es el caudal 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:

$$Q_{md}[\text{LPS}] = \frac{p * d_{bruta}}{86400}$$

En este caso p representa el número de habitantes proyectado y la dotación bruta debe estar dada en $\left[\frac{L}{hab * dia} \right]$.

$$Q_{md} = \frac{6752 * 200}{86400} = 15,63 [\text{LPS}]$$

Caudal máximo diario

Para el cálculo del caudal máximo diario correspondiente a las proyecciones de población, se debe tener en cuenta lo establecido en caudal máximo diario para demanda por suscriptores.

$$Q_{MD} = Q_{md} * k_1$$

$k_1 = \text{Valor de coeficiente de consumo, extraído RAS, } k_1=1.3$

$$Q_{MD} = 20,32 [\text{LPS}]$$

Caudal máximo horario

Para el cálculo del caudal máximo horario correspondiente a las proyecciones de población, se debe tener en cuenta lo establecido en caudal máximo horario para demanda por suscriptores.

$$Q_{MH} = Q_{MD} * k_2$$

k_2 = Valor de coeficiente de consumo, extraído RAS, $k_2=1.5$

$$Q_{HM} = 30,48 [LPS]$$

5.7 CURVA DE VARIACIÓN HORARIA DE LA DEMANDA

Esta define el consumo promedio realizado por la población del sector durante un periodo de tiempo de 24 horas, en ella se puede conocer el tiempo de trabajo de la bomba y qué volumen de agua es almacenado en el tanque para apoyar el bombeo en los horarios de máximo consumo.

Con base en la curva de demanda establecida para él 2014, se genera una proyección a 30 años de la curva de demanda horaria, que cumpla con las condiciones establecidas de Caudal máximo horario y Caudal máximo diario, Ver Tabla 28 y Figura 51.

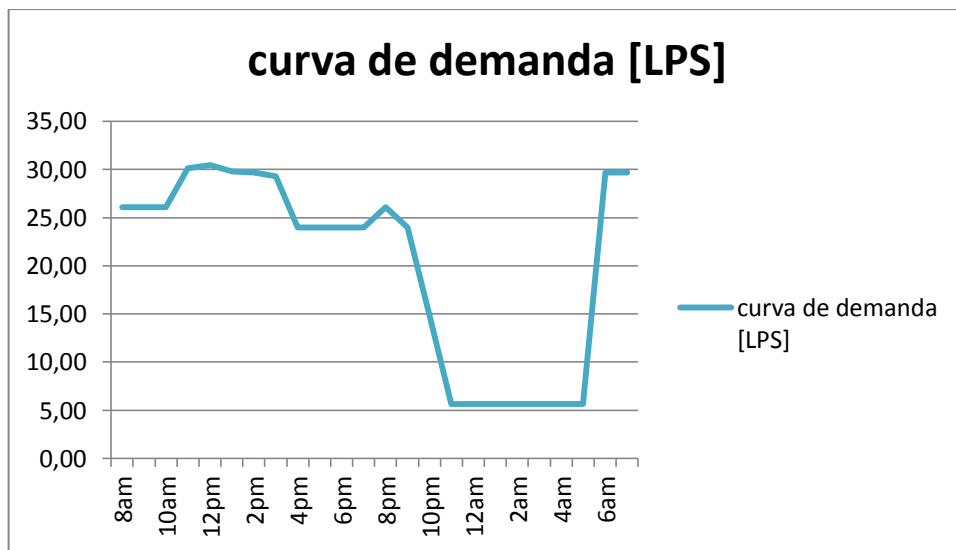
Tabla 28. Datos curva de demanda 2044

Hora	Gasto
	[LPS]
8am	26,08
9am	26,08
10am	26,08
11am	30,10
12pm	30,48
1pm	29,80
2pm	29,70
3pm	29,30

Tabla 28. (Continuación)

4pm	24,00
5pm	24,00
6pm	24,00
7pm	24,00
8pm	26,08
9pm	24,00
10pm	14,90
11pm	5,66
12am	5,66
1am	5,66
2am	5,66
3am	5,66
4am	5,66
5am	5,66
6am	29,70
7am	29,70

Figura 51. Curva de demanda 2044



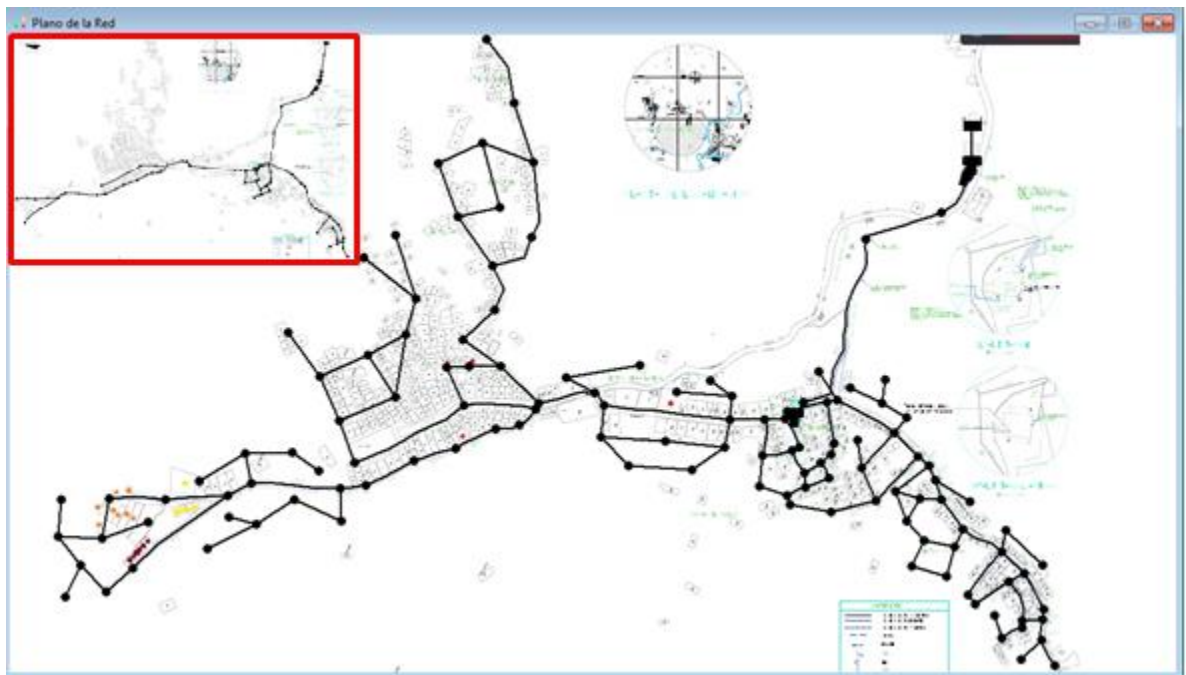
5.8 CAUDAL DE INCENDIOS

Como la zona de estudio posee actualmente una población total de 2930 habitantes y dentro de 30 años esta se incrementará a la cantidad de 6752, se puede asegurar que la población permanecerá por debajo de 20.000 habitantes, razón por la cual, para un nivel de complejidad del sistema Alto, e independiente del uso de la zona en que ocurra el incendio, se debe contar con un hidrante que posea un caudal mínimo de 5 [LPS].

6. DISEÑO DEL SISTEMA A FUTURO

Partiendo de la simulación realizada para el sistema actual de bombeo y distribución, se realizó una nueva simulación que describirá el comportamiento del sistema a futuro que se desea diseñar, utilizando las dimensiones anteriores y agregando las nuevas, dando como resultado el esquema mostrado en la Figura 52.

Figura 52. Simulación EPANET 2.0 2044



6.1 ESTACIÓN DE BOMBEO

6.1.1 Tiempo de bombeo

El tiempo de bombeo recomendado para el caudal de diseño dependerá del nivel de complejidad del sistema, Ver Tabla 29.

Tabla 29. Tiempo de bombeo por nivel de complejidad

Nivel de complejidad sistema	Tiempo de bombeo recomendado
Bajo y Medio	12 h/día
Medio Alto	20 h/día
Alto	24 h/día

Fuente: RAS Titulo B (2012)

Sin embargo este valor puede ser ajustado a partir de una evaluación económica; es por esto que con base en el costo del bombeo por hora y de acuerdo con la curva de demanda horaria, se logró simular en EPANET 2.0, una proyección con un tiempo de operación minimizado a 14 horas, con óptimo cumplimiento de los requisitos del sistema.

6.1.2 Caudal de diseño

Si el bombeo es realizado durante 24 horas a un tanque de almacenamiento, el caudal de diseño es el Caudal medio diario (QMD).

En el caso en estudio, el bombeo se realizará durante 14 horas, por lo cual el caudal de diseño será el resultado de la multiplicación de un factor horario, igual que 24 horas dividido por el número de horas efectivas de bombeo, por el Caudal Máximo Diario (QMD), Ver tabla 30.

Tabla 30. Caudal de diseño bombeo

Caudales proyección a 30 años	
Q_{md}	15,63 [LPS]
Q_{MD}	20,32 [LPS]
Q_{MH}	30,48 [LPS]
Horas disponibles para trabajo	24 [h]
Horas de funcionamiento de la bomba	14 [h]
Factor horario	1.7
$Q_{diseño} = Q_{MD} * \text{Factor horario}$	34,5 [LPS]

6.1.3 Ecuación del sistema

Con el objetivo de encontrar el punto de operación del sistema resultante de la proyección a futuro, hay que conocer la curva característica que describe la altura total requerida del sistema o instalación. Como ya fue descrito anteriormente esta altura es la suma de dos componentes, el estático y el dinámico (para mayor referencia, Ver el Literal **2.7.1**).

$$H_{estática} = (Z_{tanqueelevado} - Z_{tanquedesucción}) + \left(\frac{P_{tanqueelevado} - P_{tanquedesucción}}{\rho * g} \right)$$

$$H_{dinamica} = \left(\frac{V_{tanqueelevado}^2 - V_{tanquedesucción}^2}{2 * g} \right) + H_{perdidas}$$

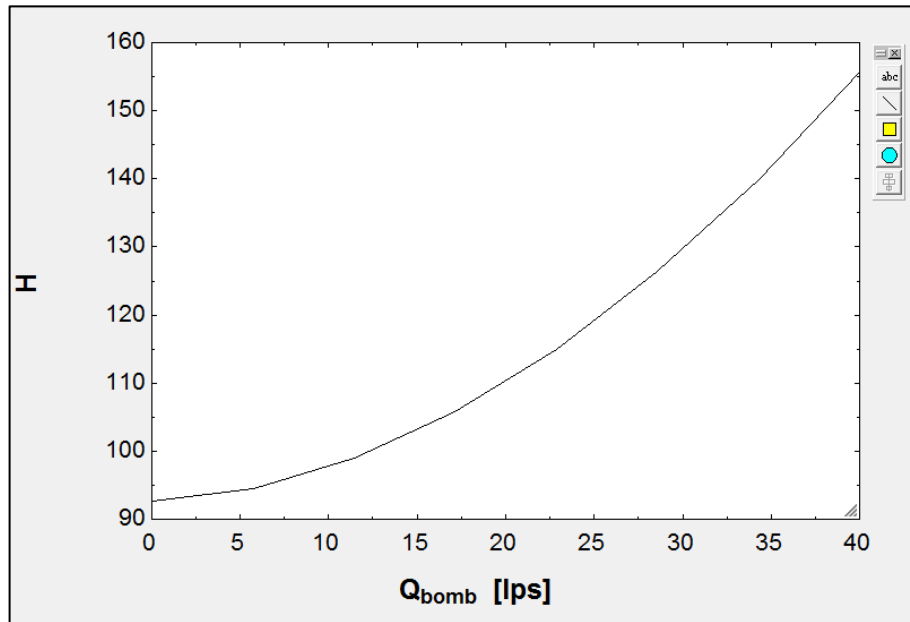
Conociendo los accesorios y longitudes de tubería se procedió a realizar el cálculo hidráulico del coeficiente de pérdidas en tuberías a presión, por el método de Darcy-Weisbach, recomendado por la RAS, con el fin de estimar las pérdidas de cabeza de presión del sistema.

$$H_{estática} = 93,4 [m]$$

$$H_{dinámica} = 42,96 [m]$$

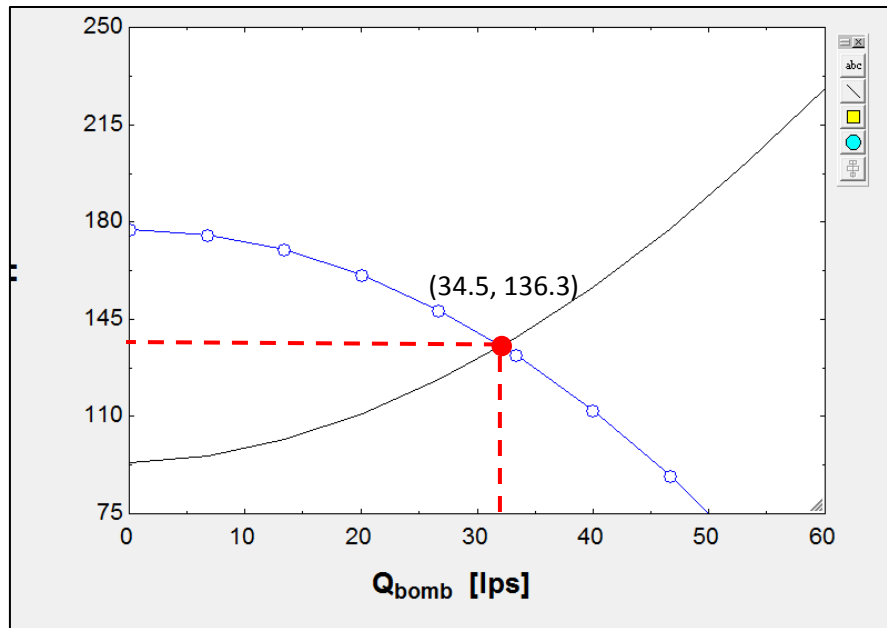
Como fin de este cálculo se genera una gráfica en EES que emule la curva característica del sistema (H vs Q), Ver Figura 53.

Figura 53. Curva característica del sistema 2044



Como ya es conocido el caudal al cual operará el sistema puede asegurarse con esto el punto exacto de operación requerido, variando para cada cálculo el valor del caudal utilizado, Ver figura 54.

Figura 54. Punto de operación del sistema 2044



Como puede observarse en la gráfica, la pareja de datos que define el punto de operación del sistema es (34.5, 136.3), asegurando con ello que con 34,5 [LPS], tendrá que elevarse el agua 136,3 [m].

6.1.4 Selección de bomba

Debido al conocimiento del punto de operación requerido, se decide plantear una selección de bomba general, la cual especificará los valores básicos requeridos para el cumplimiento de los requisitos del sistema.

6.1.4.1 Punto de máxima eficiencia de la bomba – BEP

Con el fin de suministrar el mejor rendimiento posible, es primordial conocer el BEP de la bomba a elegirse, el cual será óptimo siempre y cuando se ubique en el mismo punto requerido por el sistema de suministro; pues ello garantiza una operación en la mejor condición proporcionada por el equipo de bombeo.

Como ya fue mencionado anteriormente el punto que debe ser elegido será aquel que en la curva de rendimiento de la bomba garantice para su mayor eficiencia, un caudal de 34,5 [LPS] y una cabeza de 136,3 [m].

Adicionalmente al BEP, se debe establecer un valor de eficiencia que permita la operación del sistema, este valor se halla basado en el cálculo de la velocidad específica del rotor, Ver Figura 56. Sin embargo al requerirse el valor de rpm utilizado por el sistema, se ha de tener en cuenta adicionalmente la Figura 55 y Tabla 31.

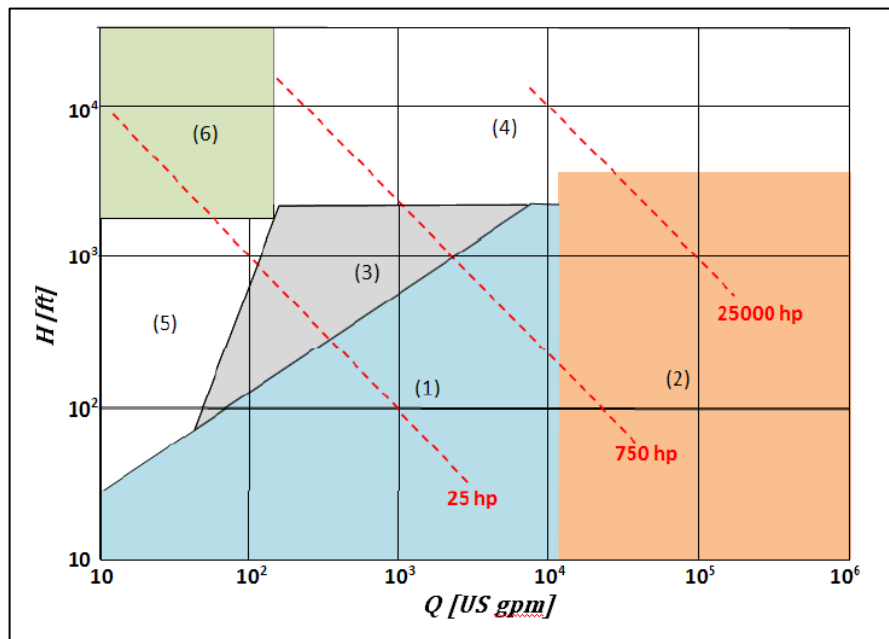
$$N_s = \frac{rpm * Q^{\frac{1}{2}}}{H^{\frac{3}{4}}}$$

Dónde:

Q = Caudal de la bomba en m³/s

H = Cabeza de la bomba en m

Figura 55. Número de etapas y RPM recomendadas para la bomba



Fuente: DOOLIN, John H. Selección de las bombas para reducir costos de energía. Worthington Pump Inc. Modificada por los autores

Tabla 31. Número de etapas y RPM recomendadas para la bomba

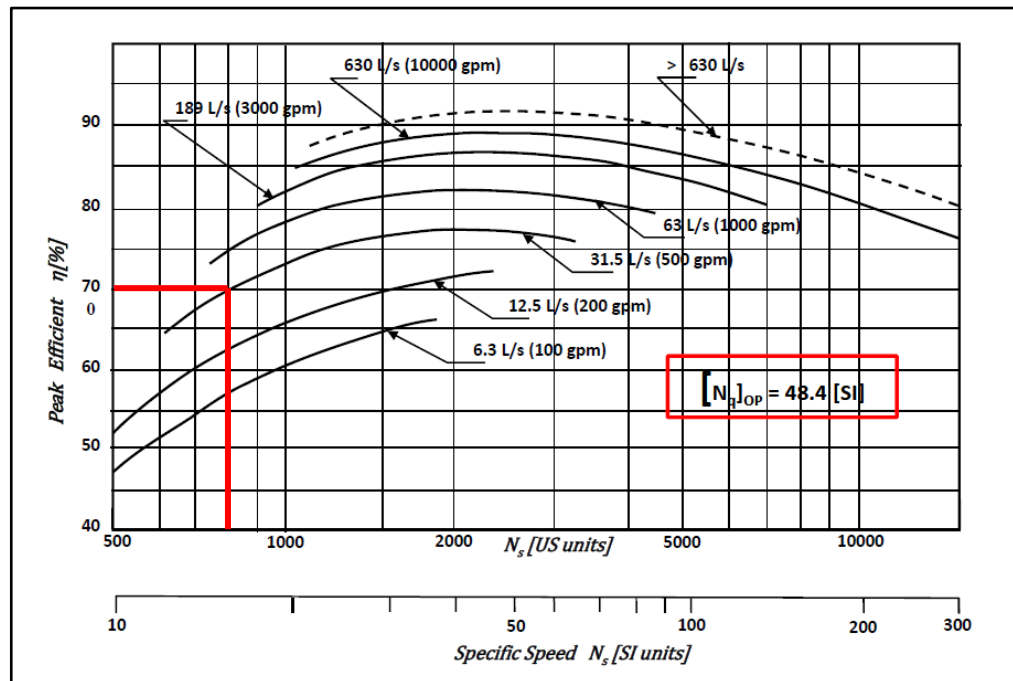
Nº Zona	Características
1	Una etapa, 1750 a 3500 rpm
2	Una etapa, 1750 rpm o menos
3	Una etapa, de más de 3500 rpm, ó, Etapas múltiples, de 3500 rpm
4	Etapas múltiples
5	Etapas múltiples
6	Reciprocante

Conociendo el valor de las rpm requeridas, se procede al cálculo de la velocidad específica:

$$N_s = \frac{3500 * 0.0345^{\frac{1}{2}}}{136,3^{\frac{3}{4}}}$$

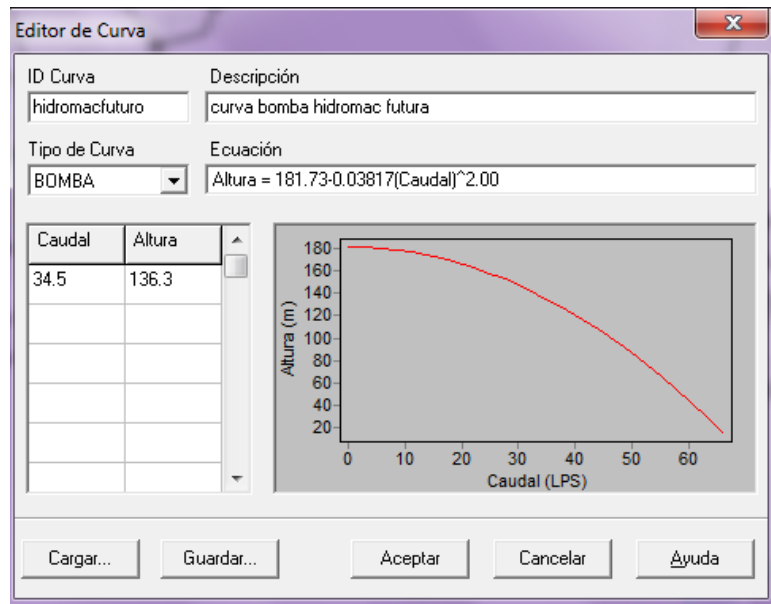
$$N_s = 16,3 [rpm]$$

Figura 56. Eficiencias según la Velocidad específica del rotor



Tras dejar claro el BEP, se agrega a la simulación una nueva curva de bomba, llamada curva de un punto, la cual exige que el punto suministrado sea el punto de máxima eficiencia de la bomba, Ver Figura 57.

Figura 57. Curva de bomba de un punto



6.1.5 Potencia

La potencia requerida por la bomba debe ser la suficiente para obtener la capacidad del sistema bajo la condición de caudal máximo de operación.

$$P = \frac{Q \cdot \gamma \cdot H}{\eta}$$

Dónde:

P= Potencia requerida por la bomba [W]

Q= Caudal de operación [m³/s]

γ = Peso específico del agua [N/m³]

η = Eficiencia del bombeo

Garantizando no perder la óptima operación del sistema se asume el valor de eficiencia proporcionado por la Figura 54, el cual corresponde al 70%.

$$P = \frac{0.0345 * 9810 * 136.3}{0.7}$$

$$P = 65,90 [kW]$$

$$P = 88,37 [hp]$$

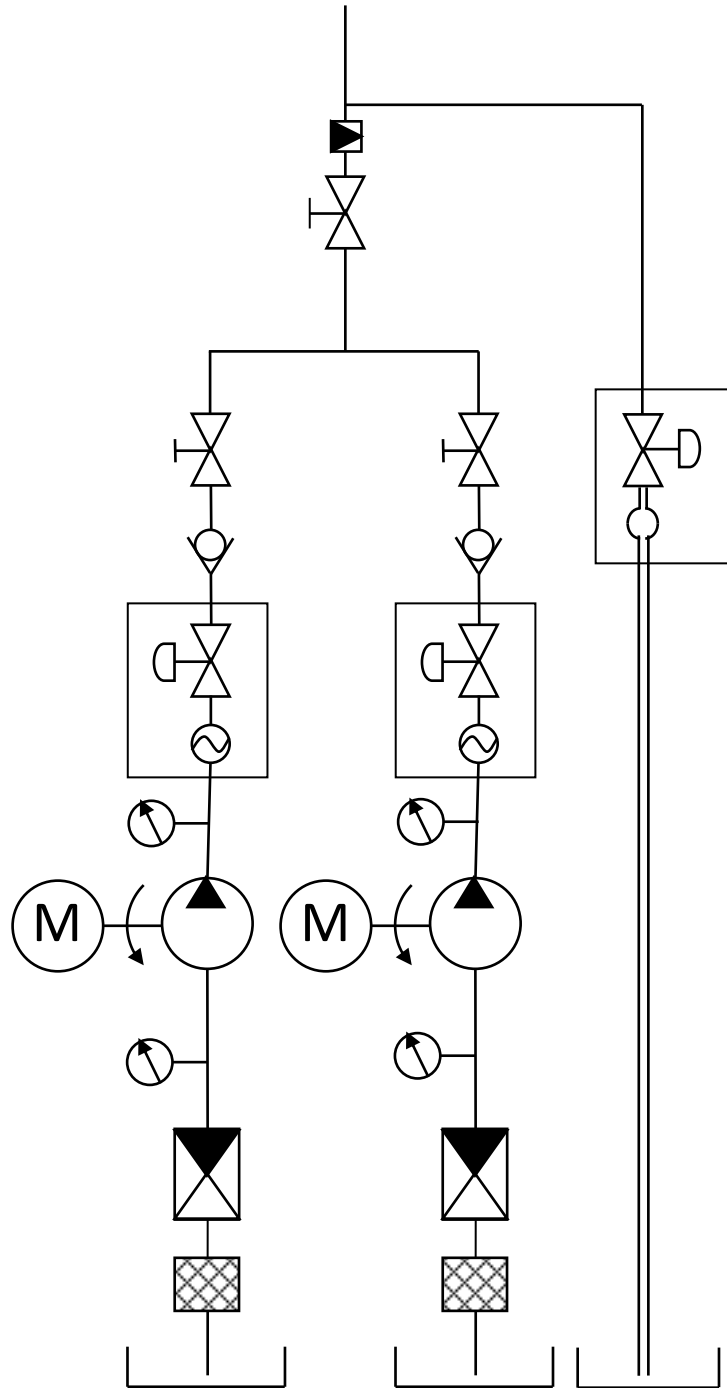
6.1.6 Número de bombas

El número mínimo de bombas recomendado por la RAS para el cumplimiento óptimo del servicio es de dos, cada una con una capacidad igual al caudal de diseño, razón por la cual fueron escogidas dos bombas de iguales características en montaje paralelo para operación tipo bypass, lo cual favorece a su vez el mantenimiento y confiabilidad del sistema.

6.1.7 Válvulas y accesorios

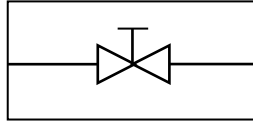
Para garantizar la protección del sistema de bombeo se protege cada línea de impulsión y succión, mediante los parámetros establecidos en la normatividad RAS, como puede observarse en la Figura 58.

Figura 58. Válvulas y accesorios en Estación de Bombeo



6.1.7.1 Válvula de cierre o corte

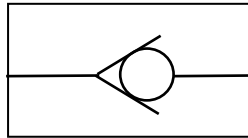
Figura 59. Símbolo Válvula de cierre



La estación de bombeo tendrá instaladas válvulas de cierre en la tubería de impulsión de las dos bombas, que permitirán cortar el suministro de agua para realizar mantenimiento o cambio de accesorios, en cada bomba por separado, de igual manera tendrá instalada una válvula de cierre más que corte el suministro en las dos bombas al tiempo.

6.1.7.2 Válvula de retención

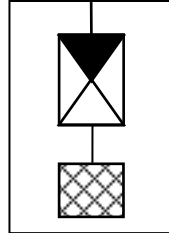
Figura 60. Símbolo válvula de retención



Las válvulas de retención son también conocidas como válvulas check, válvulas de contraflujo y válvulas de no retorno, están destinadas a impedir la inversión de flujo en las tuberías, permitiendo flujo en un solo sentido y su aplicación principal es prevenir que el flujo bombeado regrese una vez que las bombas se detienen, ya que podría provocar un giro inverso de las bombas, lo cual puede en algunos casos, dañar los equipos de bombeo. La estación de bombeo tendrá instaladas este tipo de válvulas en la impulsión de cada bomba.

6.1.7.3 Válvula de pie con filtro

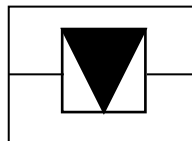
Figura 61. Símbolo válvula de pie con filtro



Se instalara este tipo de válvula en el extremo inferior de la tubería de succión, evitando que se produzca el vaciado en la línea, lo cual permitirá el cebado de la bomba después de cualquier parada del sistema. Además se instalara con un filtro para evitar el ingreso de material extraño de diversos tamaños en el equipo de bombeo.

6.1.7.4 Válvula de ventosa

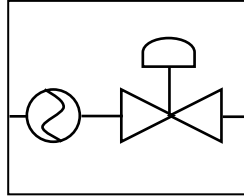
Figura 62. Símbolo válvula de ventosa



En los sistemas hidráulicos modernos, la instalación de válvulas de ventosa de triple efecto es la solución perfecta para la eliminación de forma automática del aire en presión que se encuentra en el interior de la tubería, por otra parte, elimina grandes cantidades de aire en el llenado de tubería y evita que, durante el vaciado, éstas se destruyan por el efecto del vacío, permitiendo entonces la entrada de aire en la línea; serán instaladas en la tubería de impulsión de las bombas.

6.1.7.5 Válvula de control de bomba

Figura 63. Símbolo válvula de control de bomba

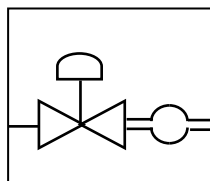


Se instala en la descarga de los equipos de bombeo, eliminando los transitorios en la línea causados por el arranque y paro de la bomba.

La bomba arranca contra una válvula cerrada, cuando se enciende la bomba, se energiza el control solenoide y la válvula empieza a abrir lentamente, incrementando gradualmente la presión en la línea para llegar al máximo en el cabezal de descarga. Cuando la señal de apagado llega a la bomba, se desenergiza el control solenoide y la válvula empieza a cerrar lentamente, reduciendo gradualmente el flujo mientras la bomba continua encendida, cuando se cierra la válvula, un interruptor de limite, sirve de enlace eléctrico entre la válvula y la bomba, libera el arrancador de la bomba y la detiene.

6.1.7.6 Válvula anti-golpe de ariete

Figura 64. Símbolo válvula anti-golpe de ariete



También es conocida como válvula anticipadora de onda, es una válvula que se instalará fuera de la línea de operación hidráulica, la válvula se abre en reacción a la caída de presión generada por la súbita parada de la bomba. Mediante la pre apertura de la válvula se disipa la onda de alta presión de retorno y así se elimina el golpe de ariete. Esta válvula sirve también para aliviar la presión excesiva en el sistema.

6.1.8 Dispositivos de medición y control

Se incluirán dispositivos de control e instrumentación para medir en tiempo real las condiciones de operación de la estación y detectar fallas rápidamente:

1. Manómetros en las tuberías de impulsión.
2. Indicadores de presión en la línea de succión.
3. Sistemas de auto lubricación en las bombas.
4. Relés de mínima potencia conectado al motor, de máxima potencia para proteger contra altos voltajes el motor, diferencial de fases contra variaciones de tensión de una fase individual y de contacto a tierra para proteger el motor.

6.1.9 Tuberías de succión e impulsión

6.1.9.1 Diámetros y velocidades de las tuberías

Para definir el diámetro de las tuberías de succión e impulsión de una estación de bombeo se debe obedecer el siguiente criterio:

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

Dónde:

D_e = Diámetro económico interno de la tubería [m].

t = Número de horas de bombeo por día [h].

Q = Caudal de bombeo [m³/s].

$$D_e = 1.2 \left(\frac{14}{24} \right)^{0.25} * \sqrt{0.0325}$$

$$D_e = 192.4 \text{ [mm]}$$

Sin embargo, los diámetros de tuberías de succión y de impulsión no pueden ser menores que los admitidos por el equipo de bombeo. El diseño recomienda que el diámetro de la tubería de succión sea mayor que el de la tubería de impulsión en por lo menos 50 [mm]. Las velocidades mínimas admitidas para la tubería de succión e impulsión son 0.45 [m/s] y 1 [m/s] respectivamente. La velocidad máxima admitida para la tubería de impulsión no debe exceder los 6 [m/s], en el caso de la velocidad en la tubería de succión se debe consultar la velocidad máxima admisible en la Tabla 32.

Tabla 32. Velocidad máxima aceptable en la tubería de succión, según el diámetro

Diámetro de la tubería de succión	Velocidad máxima
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: RAS Título B (2012)

$$vel = \frac{4 * Q \left[\frac{m^3}{s} \right]}{\pi * d^2 [m]}$$

$$vel_{succión} = \frac{4 * 0.0345}{\pi * 0.2027^2}$$

$$vel_{succión} = 1.007 \left[\frac{m}{s} \right]$$

$$vel_{impulsión} = \frac{4 * 0.0345}{\pi * 0.1023^2}$$

$$vel_{impulsión} = 3,954 \left[\frac{m}{s} \right]$$

Es debido a estas exigencias técnicas que se asume para la succión e impulsión diámetros de 202.7 [mm] y 102.3 [mm] respectivamente, cumpliendo con las velocidades mínimas en la succión de 0.45 [m/s] y en la tubería de impulsión de 1 [m/s], Ver Tabla 33 y 34.

Tabla 33. Inventario de líneas y accesorios, Red de Succión 2044

Cuadro de Accesorios Red de Acueducto												
Tubería de Succión												
Línea	Válvulas		Tes		Codos			Cambio de Sección		Tubería		
	No	Tipo	No	∅	No	Angulo	∅	No	∅	Longitud [m]	∅	Material
Succión	1	De Pie (Obturador Oscilante)			1	90	8"	1	R 8"x4"	6.00	8"	Acero

Tabla 34. Inventario de líneas y accesorios, Red de Impulsión 2044

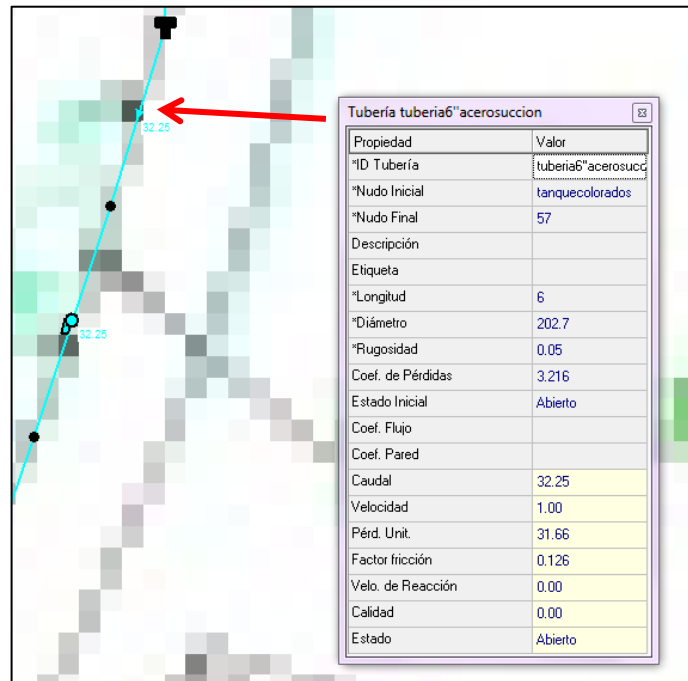
Cuadro de Accesorios Red de Acueducto												
Tubería de Impulsión												
Línea	Válvulas		Tes		Codos			Cambio de Sección		Tubería		
	No	Tipo	No	∅	No	Angulo	∅	No	∅	Longitud [m]	∅	Material
Impulsión	2	Reguladora	2	4"	3	90°	4"	1	A 2.5"x4"	14.40	4"	Acero

Tabla 34. (Continuación)

	1	Cheque									
	1	Control de Bomba									
Impulsión	1	Reguladora			8	22.5°	4"		317.9	4"	PVC
					10	45°	4"				
Impulsión	1	Reguladora	1	4"	1	90°	4"		12.45	4"	Acero
Impulsión	1	Reguladora			2	90°	4"		20.45	4"	Acero

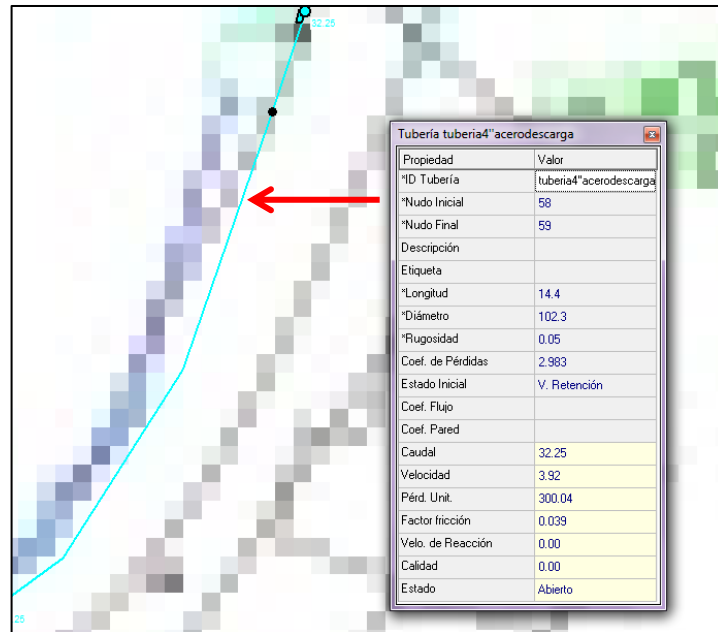
El diámetro de la succión difiere del valor económico establecido, para cumplir con el requisito de la velocidad máxima aceptable según el diámetro de la tubería, Ver tabla 30, pues al correrse una simulación inicial con un diámetro menor al ya estipulado, el límite superior admisible de velocidad fue superado considerablemente, Ver Figura 65.

Figura 65. Succión 2044



Mediante la simulación se comprobó que el diámetro de impulsión no supera los 6 [m/s], cumpliendo con el requisito de diámetro económico y permitiendo el uso de un diámetro menor, adicionalmente se cumple con la especificación de una diferencia de diámetros superior a 50 [mm], Ver Figura 66.

Figura 66. Impulsión 2044



6.1.9.2 Distancia entre el fondo y la boca de la tubería de succión

La distancia entre el fondo del tanque y la succión debe estar entre 0.5 y 1.5 veces el diámetro de la tubería de succión, pero no debe ser inferior a 0.25 [m].

$$Distancia = 1.5 * 202.7[mm]$$

$$Distancia = 0.3 [m]$$

6.1.9.3 Altura piezométrica neta de succión positiva (NPSH)

La altura neta de succión positiva disponible se debe calcular de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$NPSH_{disp} = \frac{P_{atm}}{\rho \cdot g} + H_{es} + h_f - \frac{P_v}{\rho \cdot g}$$

P_{atm} = Presión atmosférica [Pa].

H_{es} = Altura estática de succión (nivel mínimo) [m].

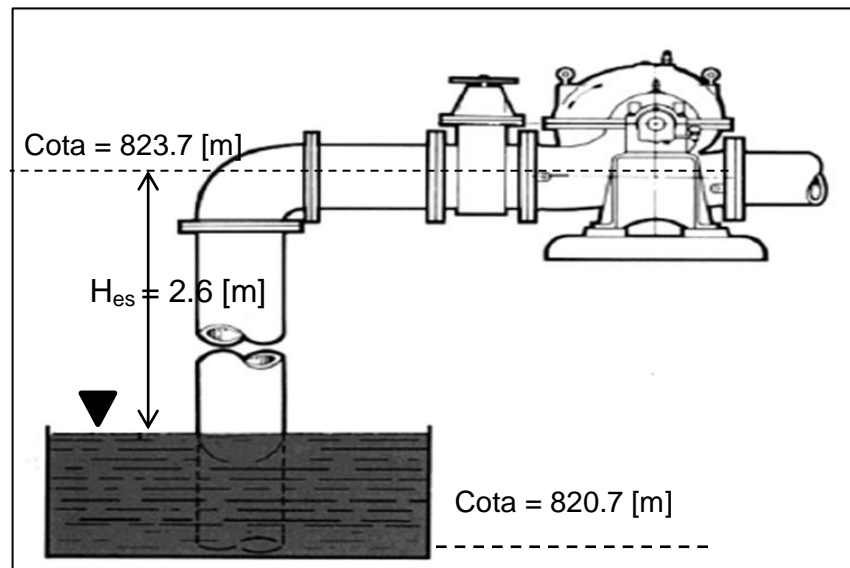
h_f = Perdidas por fricción [m].

P_v = Presión de vapor [Pa].

ρ = Densidad del agua [kg/m^3].

g = Aceleración de la gravedad [m/s^2].

Figura 67. Altura estática de succión negativa



Fuente: <http://mecanica.eafit.edu.co/~sorrego/almacen-bombas-prsentacion/NPSH%20Spanish.ppt>

La altura neta de succión positiva requerida por el fabricante debe ser menor que el valor de la altura neta de succión positiva disponible en la instalación en por lo menos un 20%, para las condiciones más adversas de operación. En ningún caso la diferencia puede ser menor que 0.5 m. Para todos los caudales previstos debe verificarse que no ocurra el fenómeno de cavitación.

$$NPSH_{disp} = \frac{89711}{1000 * 9.81} - 2.6 - 0.1929 - \frac{2808}{1000 * 9.81}$$

$$NPSH_{disp} = 6.066 [m]$$

$$NPSH_{REQ} = 5.566[m]$$

6.2 TANQUES DE ALMACENAMIENTO

6.2.1 Número de tanques

Para nivel de complejidad Alto del sistema, la red de distribución debe tener como mínimo 2 tanques, o al menos uno con 2 módulos o compartimientos iguales que operen en forma independiente ante la posibilidad que uno de ellos quede por fuera de servicio y/o para facilitar las labores de mantenimiento y limpieza sin suspender el servicio.

Basados en la recomendación de la RAS y las limitaciones de espacio conocidas, se dispondrá de un único tanque con 2 compartimientos, con entradas independientes, para garantizar el cierre independiente a través de válvulas.

6.2.2 Capacidad de regulación tanque elevado

Para determinar el valor que debe emplearse se tendrán en cuenta los siguientes métodos de cálculo:

6.2.2.1 Método analítico

Presentando discontinuidades en la alimentación, el volumen del tanque se halla de la siguiente manera.

La capacidad de regulación está definida como:

$$C_r = \frac{Q_{MD} * 86400}{3} + (Q_{md} * 86400 * T_{ai})$$

Dónde:

C_r = Capacidad de regulación [LPS]

Q_{MD} = Caudal máximo diario [LPS]

Q_{md} = Caudal medio diario [LPS]

T_{ai} = tiempo de alimentación inoperante [días], de acuerdo con los parámetros establecidos en la norma RAS, se define un tiempo de alimentación inoperante de 2 [horas] = 0.0833 [días], este tiempo se utiliza para realizar labores de mantenimiento y aseo.

Entonces:

$$C_r = \frac{20.32 * 86400}{3} + (15.63 * 86400 * 0.0833)$$

$$C_r = 697706.99 [L]$$

$$V_{regulación\ 1} = 697.7 [m^3]$$

6.2.2.2 Método gráfico

El volumen del tanque debe tener la capacidad de compensar las variaciones entre el caudal de entrada proveniente de la estación de bombeo y el caudal

consumido en cada instante, el método gráfico está basado en la curva de demanda, la cual se obtiene partiendo de la Tabla 35, de la siguiente forma:

Tabla 35. Capacidad de regulación

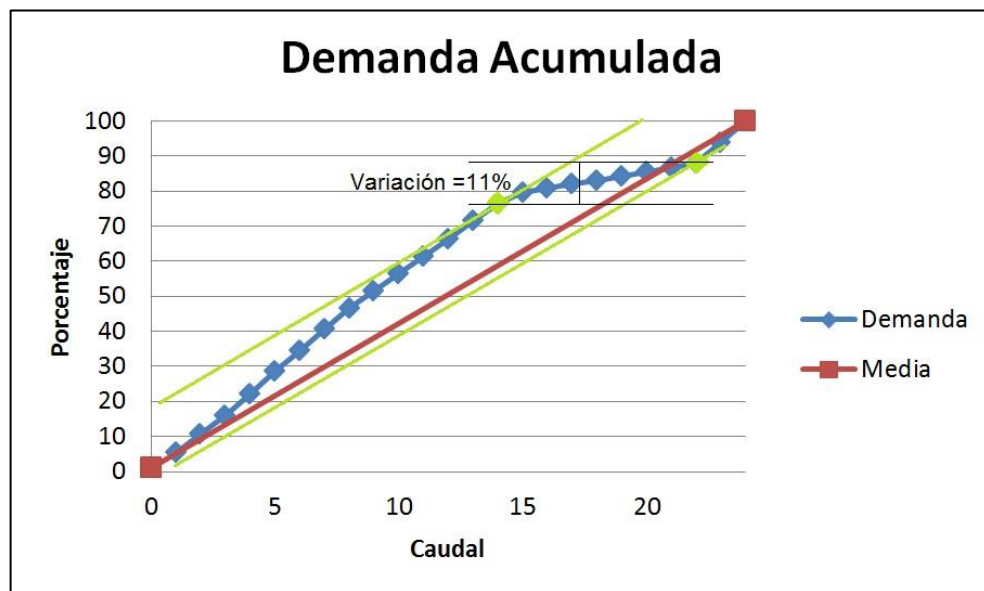
Hora	Volumen	Volumen acumulado	Porcentaje de consumo	Porcentaje acumulado
	m ³ /h	m ³	%	%
8am	94	94	5,347467464	5,347467464
9am	94	188	5,347467464	10,69493493
10am	94	282	5,347467464	16,04240239
11am	108	390	6,172915462	22,21531785
12pm	110	500	6,250845956	28,46616381
1pm	107	607	6,111391387	34,5775552
2pm	107	714	6,090883363	40,66843856
3pm	105	819	6,008851263	46,67728982
4pm	86	906	4,92192595	51,59921577
5pm	86	992	4,92192595	56,52114172
6pm	86	1.079	4,92192595	61,44306767
7pm	86	1.165	4,92192595	66,36499362
8pm	94	1.259	5,347467464	71,71246109
9pm	86	1.345	4,92192595	76,63438704
10pm	54	1.399	3,055695694	79,69008273
11pm	20	1.419	1,161164364	80,85124709
12am	20	1.440	1,161164364	82,01241146
1am	20	1.460	1,161164364	83,17357582
2am	20	1.480	1,161164364	84,33474018
3am	20	1.501	1,161164364	85,49590455
4am	20	1.521	1,161164364	86,65706891

Tabla 35. (Continuación)

5am	20	1.542	1,161164364	87,81823327
6am	107	1.648	6,090883363	93,90911664
7am	107	1.755	6,090883363	100

Luego de obtener la curva de demanda esta se grafica como se ve en la Figura 68, para determinar el porcentaje de consumo máximo diario, se traza una recta que una tanto el punto inicial de la curva, como su punto final y partiendo de ella se trazan 2 rectas paralelas, que se han de ubicar en el punto máximo de consumo y en el mínimo, respectivamente; habiendo ubicado ya estas paralelas se obtiene el porcentaje de consumo máximo diario, mediante la diferencia entre estos 2 puntos.

Figura 68. Curva de demanda del tanque elevado



El volumen de almacenamiento debe ser igual al volumen calculado multiplicando por un factor de seguridad de 1.2.

La capacidad de regulación está definida como:

$$V_{regulación\ 2} = \%Consumo\ Maximo\ Diario * Q_{MD} \left(\frac{m^3}{dia} \right) * 1.2$$

$$V_{regulación\ 2} = 11\% * (20.32 * 86.4) * 1.2$$

$$V_{regulación\ 2} = 231.75 [m^3]$$

6.2.2.3 Método RAS, sistema Alto

Para el nivel de complejidad del sistema Alto el volumen de regulación debe ser ¼ del volumen presentado en el día de máximo consumo.

$$V_{regulación\ 2} = \frac{1775}{4}$$

$$V_{regulación\ 2} = 438.75 [m^3]$$

6.2.2.4 Método de capacidad contra incendio

El volumen destinado a la protección contra incendios será determinado considerando una duración de incendio de 2 horas, calculando el caudal de incendio con la ecuación:

$$Q_{in} = \frac{3.86}{60} * \sqrt{\frac{P}{1000}} * \left(1 - 0.01 * \sqrt{\frac{P}{1000}} \right)$$

Dónde:

Q_{in} = Caudal contra incendio requerido [m^3/s]

P = Población (Habitantes)

$$Q_{in} = \frac{3.86}{60} * \sqrt{\frac{6752}{1000}} * \left(1 - 0.01 * \sqrt{\frac{6752}{1000}} \right)$$

$$Q_{in} = 0.1628 \left[\frac{m^3}{s} \right]$$

Una vez se conoce el caudal de agua para protección contra incendio, se puede calcular el volumen de agua para protección contra incendio, por medio de la ecuación:

$$V_{regulación\ 3} = Q_{in} * T$$

Donde:

$V_{regulación\ 2}$ = Volumen de agua para protección contra incendio [m^3]

Q_{in} = Caudal contra incendio requerido [m^3/s]

T = Duración de incendio [s]

$$V_{regulación\ 3} = 0.1628 * 7200$$

$$V_{regulación\ 3} = 1172 \ [m^3]$$

6.2.3 Volumen del tanque

6.2.3.1 Tanque elevado

Para el nivel de complejidad de sistema Alto, el volumen del tanque debe ser la mayor cantidad obtenida entre los métodos de cálculo de volumen de regulación planteados; sin embargo en caso de que el volumen calculado del tanque implique

costos elevados de bombeo, el volumen puede ser menor al calculado, siempre y cuando se justifique un análisis técnico-económico.

Debido a esta recomendación, se simuló mediante el software EPANET 2.0, cada una de las posibilidades de dimensión de tanque calculadas, comprobando con ellas, como con el volumen de regulación proporcionado por el método gráfico, se cumplía satisfactoriamente con la demanda requerida.

$$Volumen_{Tanque Elevado} = 231.75 [m^3]$$

6.2.3.2 Tanque de succión

Para determinar el volumen de este tanque, se parte de la relación conocida para la disposición actual de los tanques la cual mantiene la relación 1:2 (Tanque de succión, Tanque elevado).

$$Volumen_{Tanque succión} = 115,88 [m^3]$$

6.2.4 Dimensiones

6.2.4.1 Tanque de succión

Tabla 36. Especificaciones tanque de succión, Proyección

Tanque de succión		
Forma	Rectangular	
Volumen	153.35 [m ³]	
Descripción	4 tubos de aireación	
	Tubo de rebose a 0.20 [m]	
Espesor de pared	0.20 [m]	
Volumen efectivo	115.88 [m ³]	
Dimensiones	Largo	6.72 [m]
	Ancho	6.52 [m]
	Alto	3.50 [m]

6.2.4.2 Tanque elevado

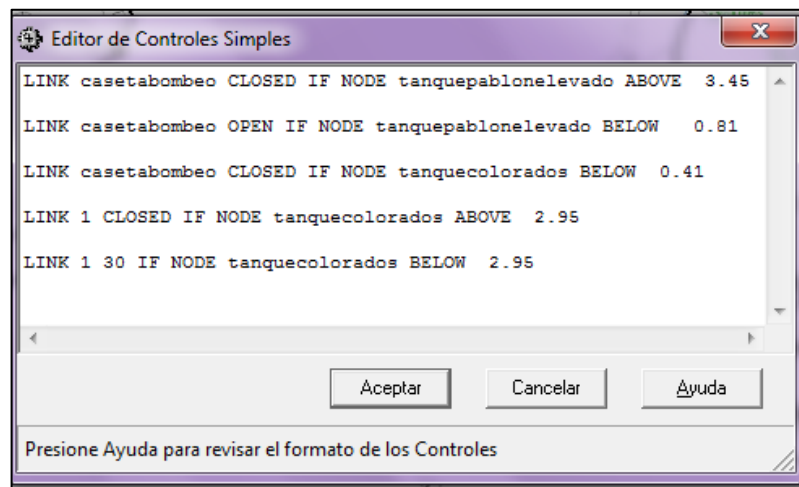
Tabla 37. Especificaciones tanque elevado, Proyección

Tanque elevado		
Forma	Rectangular	
Volumen	292.25 [m³]	
Descripción	Tubo de rebose a 0.20 [m]	
	2 entradas de líquido sobre el nivel con tubería de 4" acero	
	2 salidas de líquido hacia distribución por el fondo con tubería de 6" acero	
	2 líneas de drenaje para limpieza, descarga a pozo existente, " acero	
Espesor de pared	0.20 [m]	
Volumen efectivo	231.75 [m³]	
Dimensiones	Largo	10.84 [m]
	Ancho	6.74[m]
	Alto	4.00 [m]

6.2.5 Niveles

Para asegurar un correcto funcionamiento del sistema se programa un control simple en EPANET 2.0 con el fin de operar satisfactoriamente, Ver Figura 69.

Figura 69. Control de nivel 2044



Para fijar el suministro, se taró la válvula limitadora de caudal a un flujo consistente con el valor demandado por la bomba, con el fin de garantizar un funcionamiento similar al actual. Los niveles utilizados para el control mostrado son los siguientes:

6.2.5.1 Tanque de succión

Para establecer los niveles mínimo y máximo que realizaran la simulación, se adoptaron valores que no interfirieran con las recomendaciones de la RAS tanto para no cavitación como borde libre, lo que dió como resultado un nivel mínimo de 0.4 [m] y un nivel máximo = 2.5 [m], que garantiza un control de nivel para permitir

buen tiempo de bombeo y por lo tanto operación satisfactoria del sistema, Ver Figuras 70 y 71.

Figura 70. Tanque de succión 2044

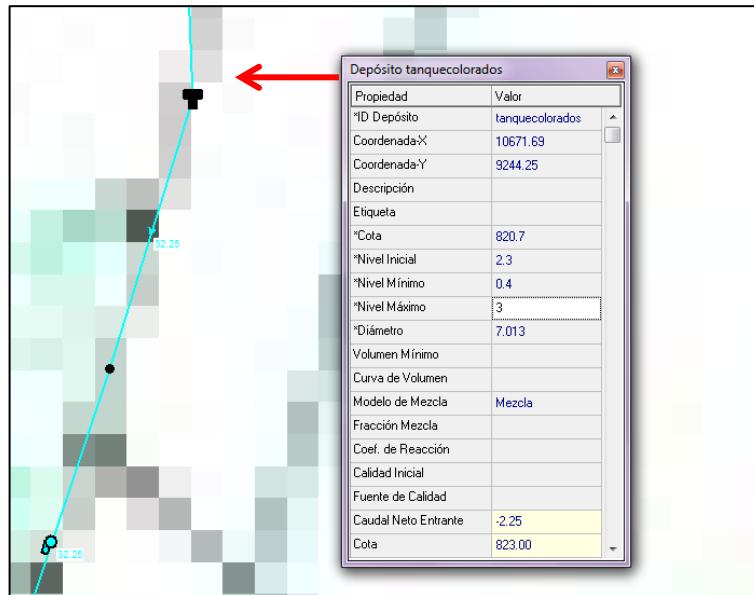
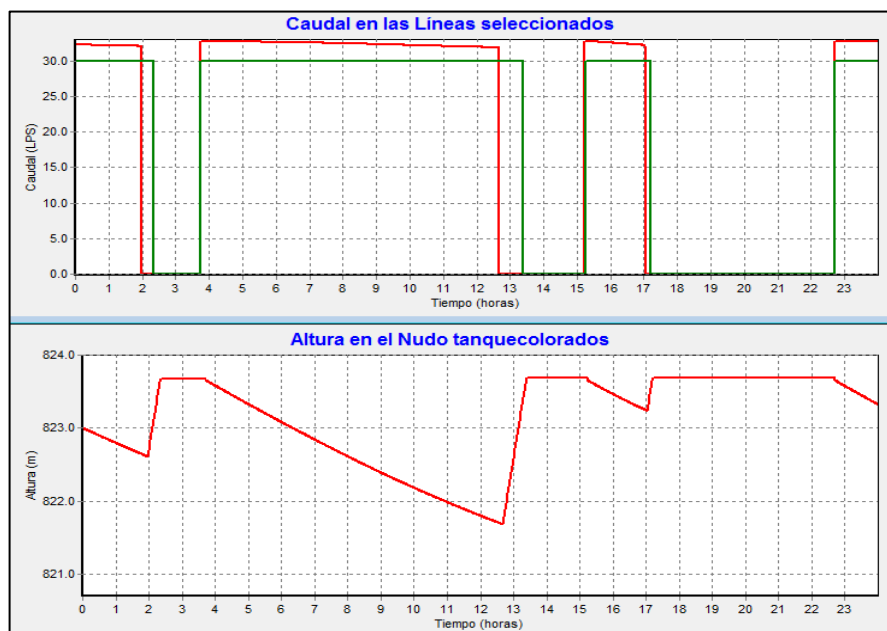


Figura 71. Comportamiento tanque succión, Proyección



6.2.5.2 Tanque elevado

Para fijar el nivel mínimo del tanque se tiene en cuenta la capacidad requerida contra incendio, la cual dependerá del caudal disponible en el hidrante ubicado en la red de distribución y del tiempo promedio de atención a incendios, que corresponde a 2 horas.

$$V_{ci} = Q_{ci} * T$$

Dónde:

V_{ci} = Volumen almacenado contra incendios [m^3]

Q_{ci} = Caudal de Hidrante [m^3/s]

T = tiempo de atención de incendio [s]

$$V_{ci} = 0.005 * 7200$$

$$V_{ci} = 36[m^3]$$

Un volumen de 36 [m^3] corresponde según las dimensiones establecidas para el tanque elevado a un nivel de 0.54 [m].

Para el nivel máximo se garantizó cumplir con la recomendación de la RAS y cumplir satisfactoriamente con la proyección de la curva de demanda, Ver Figuras 72, 73 y 74.

Figura 72. Tanque elevado 2044

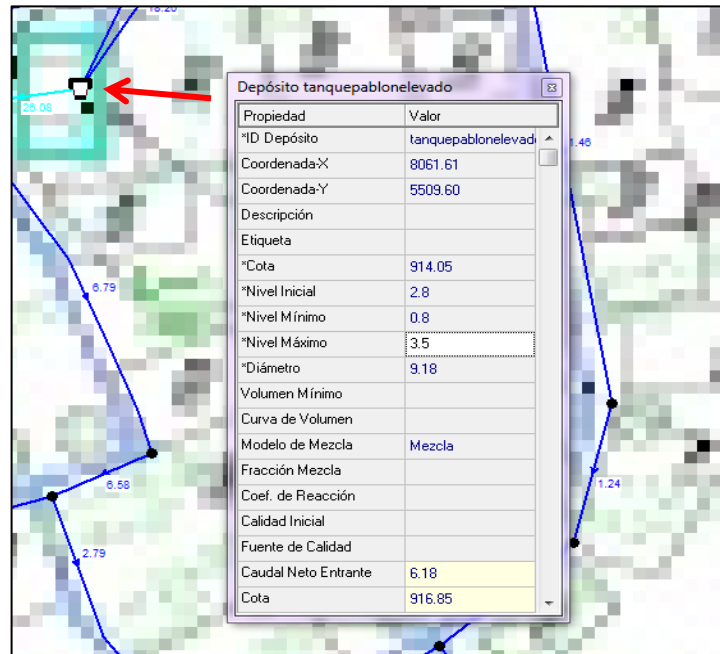


Figura 73. Curva de demanda 2044. EPANET

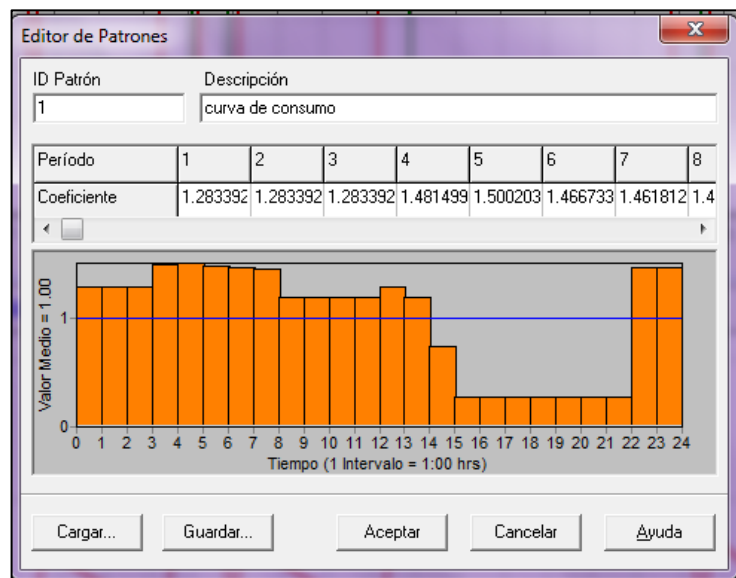
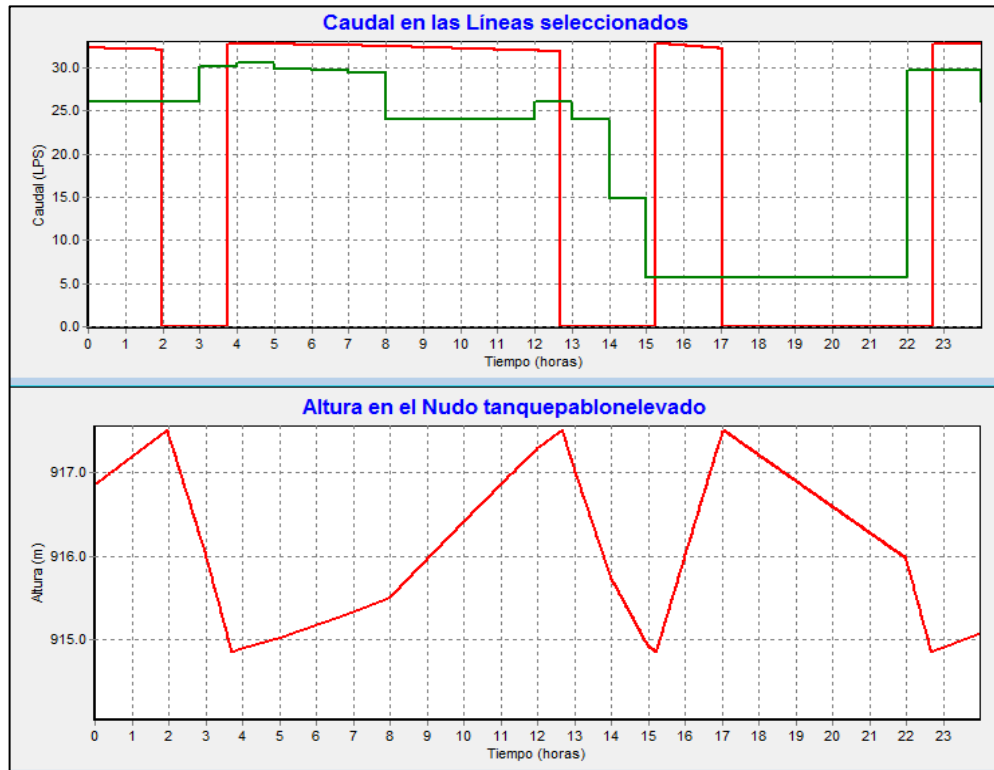


Figura 74. Comportamiento tanque elevado, Proyección



6.3. REDES DE DISTRIBUCIÓN

6.3.1 Caudal de diseño

El caudal de diseño para la red de distribución depende mayormente de la curva de demanda horaria proyectada para el año 2044, la cual fue construida haciendo uso de los valores correspondientes para $Q_{MH} = 30.48$ [LPS] y $Q_{MD} = 20.32$ [LPS].

6.3.2 Diámetros de las tuberías

6.3.2.1 Diámetros nominales mínimos en las redes menores

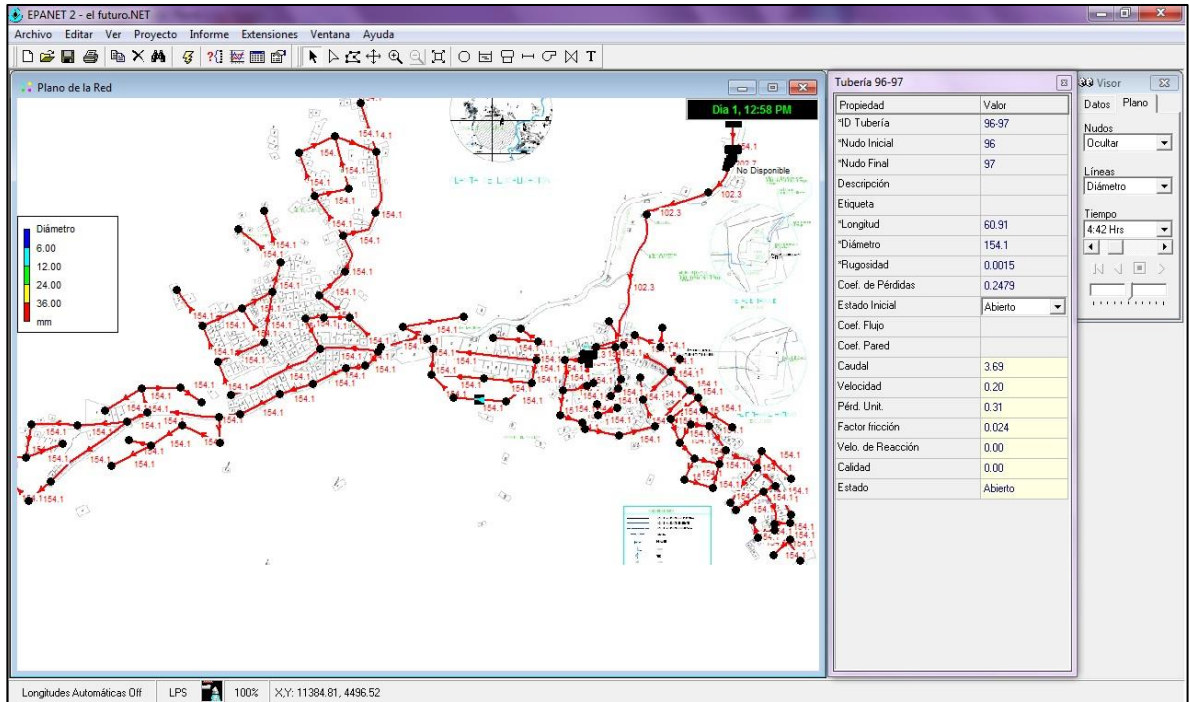
Para el cálculo hidráulico de la red de distribución se tuvo en cuenta los diámetros recomendados para un nivel de complejidad alto del sistema, Ver Tabla 38. Por lo cual la red de distribución cuenta con: diámetro nominal de 6 [in] (152.4 [mm]) y diámetro interno de 154.1 [mm]. Ver Figura 75.

Tabla 38. Diámetros nominales mínimos de la red de distribución

Nivel de Complejidad del Sistema	Diámetro mínimo
Bajo y Medio	50 mm
Medio Alto	100 mm En zonas comerciales e industriales 62.5 mm En zonas residenciales
Alto	150 mm En zonas comerciales e industriales 75 mm En zonas residenciales

Fuente: RAS Título B (2012)

Figura 75. Diámetros de tuberías EPANET 2.0



6.3.3 Material de las tuberías

El diseño se realizó con tubería de Polivinilo de Cloruro (PVC), siguiendo las especificaciones de la ASTM D-1785 para sch. 40, Ver Tabla 39.

Tabla 39. Especificaciones de tubería PVC. Sch. 40

Diámetro Nominal [in]	Diámetro Nominal [mm]	Diámetro Exterior [mm]	Espesor [mm]	Diámetro Interior [mm]
2"	60	60.33	3.91	52.2
3"	82	88.90	5.49	77.9
4"	114	114.3	6.02	102.3
6"	168	168.3	7.11	154.1
8"	219	219.08	8.18	202.7

Fuente: ASTM D-1785

6.3.4 Nodos potenciales

Se conoce que a la fecha 2014, la cantidad de nodos que distribuyen el agua potable a la población suscrita la cual es 467 usuarios y 8 pilas públicas, es de 50 y que por lo tanto a cada uno de estos le correspondería en promedio distribuir el líquido a 9.5 suscriptores.

Debido a esto se definió, que la tendencia de crecimiento de la población dentro de 30 años, llevará al Pablón a poseer una cantidad de 6752 habitantes, que corresponderían, según el criterio establecido en el documento “BOLETÍN censo general 2005” del DANE, el cual indica para los linderos de la cabecera municipal de Bucaramanga, un promedio de personas por hogar de 4.2, a una cantidad de 1608 familias.

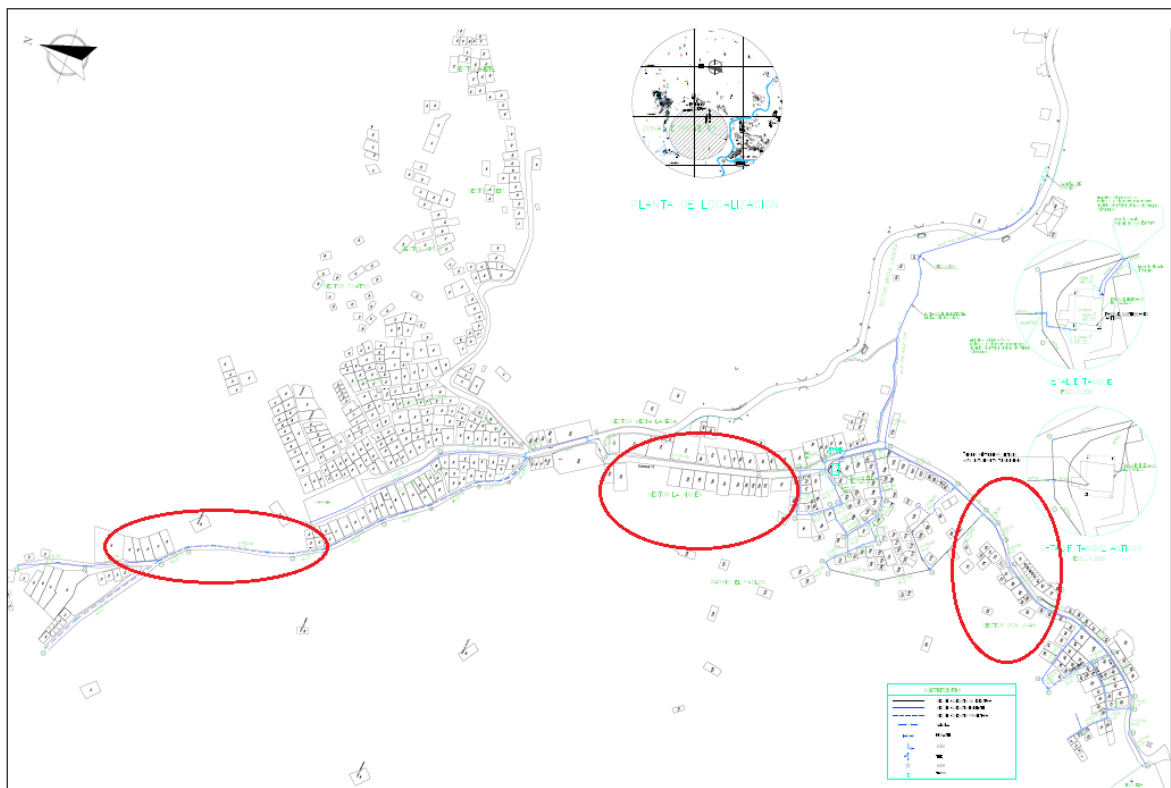
En concordancia con los usuarios que actualmente reciben factura por el servicio, dentro de 30 años la nueva cantidad de familias, debería recibirla, es por esto que se decide fijar una nueva cantidad de nodos, la cual se basará en dividir el número de familias futuras en el factor de usuarios alimentados por nodo, lo cual proporciona una cantidad de 120 nuevos nodos, los cuales serían adicionados a los 50 ya existentes, determinando para la proyección una cantidad total de 170 nodos.

Sin embargo, mediante el ya mencionado Plan de Ordenamiento Territorial - POT, se impide la construcción de nuevas viviendas en la zona y además se exige el reforzamiento de las existentes, debido a la inestabilidad de su suelo, aun así partiendo de la descripción de la población que actualmente y a futuro abarcan el terreno del Pablón, es posible que los residentes realicen los arreglos exigidos, con el fin de poder alojar a más familias en sus pisos o incrementar el número de viviendas por fracción de terreno.

Es debido a esto que se decide intervenir en el anteriormente definido número de nuevos nodos, para cambiar el factor de suscriptores alimentados por nodo, de 9.5 a 13; con dicho cambio se estima un nuevo número de nuevos nodos, el cual correspondería a 73, los cuales en conjunto con los nodos existentes sumarian una cantidad total de 124 nodos.

Para la distribución de los 73 nuevos nodos se han de utilizar las zonas en las cuales el terreno existente aún no ha sido ocupado en su totalidad para la construcción de viviendas, estos terrenos son los cercanos a los sectores, Don Juan, La Virgen y Villa Patricia, Ver Figura 76.

Figura 76. Zonas para distribución de nodos potenciales



Fuente: amb

Partiendo de las condiciones anteriores se ubican los nuevos nodos de distribución y se procede a la determinación de sus alturas, mediante el proceso

anteriormente descrito, dando como resultado la siguiente malla de distribución trazada en el software EPANET 2.0, Ver Tabla 40.

Tabla 40. Alturas de los nodos potenciales

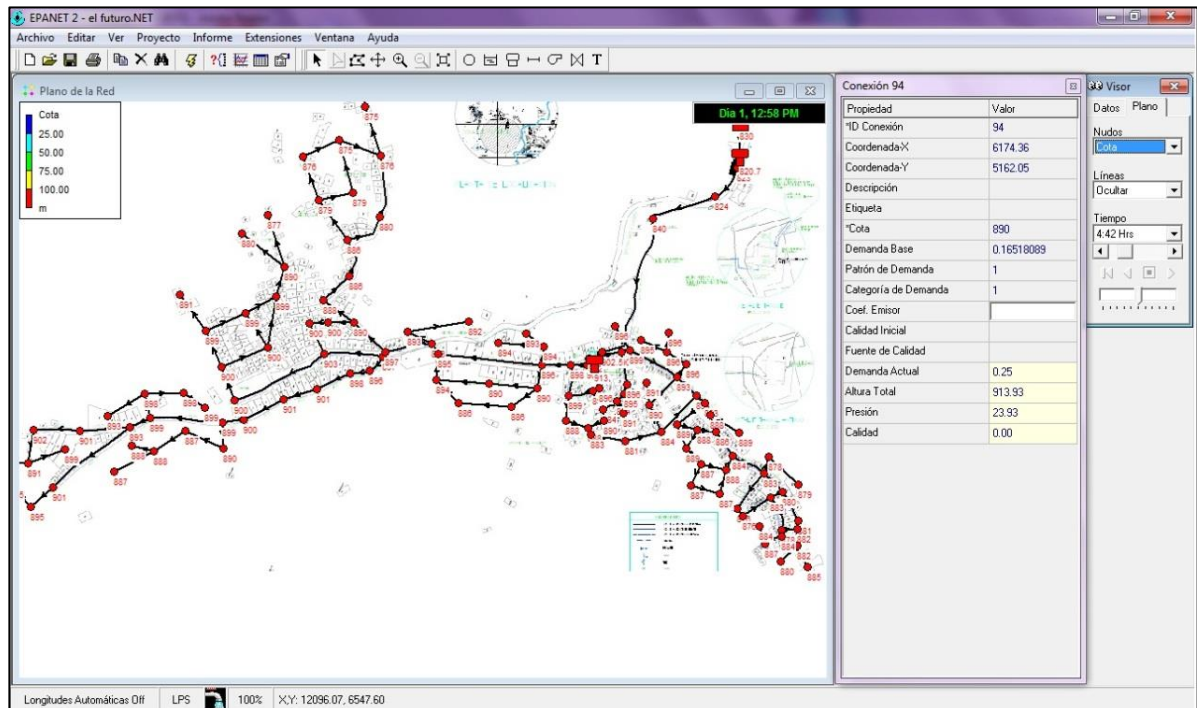
NODO	ALTURA [m]	NODO	ALTURA[m]
62	890	96	886
63	900	97	886
64	900	98	894
65	900	99	894
66	900	100	893
67	899	101	893
68	891	102	896
69	899	103	896
70	899	104	896
71	890	105	895
72	880	106	896
73	888	107	891
74	886	108	889
75	886	109	888
76	879	110	889
77	876	111	887
78	880	112	888
79	876	113	887
80	891	114	887
81	888	115	889
82	877	116	884
83	876	117	880
84	875	118	878
85	879	119	879
86	875	120	892

Tabla 40. (Continuación)

87	898	121	888
88	898	122	893
89	890	123	899
90	887	124	894
91	888	125	894
92	887	126	899
93	894	127	895
94	890	128	895
95	890	129	890

Con la información anteriormente descrita, se logró una aproximación a las condiciones reales de funcionamiento. No obstante, la efectividad de los resultados, dependerá de la calidad y veracidad de la información con que se alimentó el modelo, Ver Figura 77.

Figura 77. Cotas de nodos proyección



Finalizando la ubicación de los nodos se unieron mediante tuberías y accesorios, calculando longitudes mediante una escala proporcionada por los archivos de Autocad suministrados por el amb, y poniendo válvulas de cierre manuales con el fin de poder cerrar tramos de tubería con fines de reparaciones o mantenimientos, dando como resultado la Tabla 41.

Tabla 41. Inventario de líneas y accesorios, Red de Distribución 2044

Cuadro de Accesorios Red de Acueducto										
Tubería de Distribución										
Línea	Válvulas		Tes		Codos			Tubería		
	No	Tipo	No	Ø	No	Angulo	Ø	Longitud [m]	Ø	Material
3-4			1	5"x5"	1	45°	5"	19.90	5"	PVC
					1	22.5°	5"			
5-55	1	Reguladora	2	5"x5"				71.00	5"	PVC
5-7	1	Reguladora						29.8	5"	PVC
7-8					1	22.5°	5"	17.60	5"	PVC
8-9					1	45°	5"	43.20	5"	PVC
9-10					1	22.5°	5"	41.20	5"	PVC
10-11					2	22.5°	5"	52.70	5"	PVC
11-12					1	45°	5"	26.10	5"	PVC
12-13					1	22.5°	5"	85.50	5"	PVC
13-14					3	22.5°	5"	25.10	5"	PVC
14-15	1	Reguladora	1	5"x5"	1	45°	5"	61.00	5"	PVC
					1	90°	5"			
50-14	1	Reguladora						116.5	5"	PVC
17-22	1	Reguladora	1	5"x5"				31.70	5"	PVC
17-18	1	Reguladora	1	5"x5"				5.40	5"	PVC
19-2					1	22.5°	5"	33.70	5"	PVC
20-19	1	Reguladora	1	5"x5"				36.20	5"	PVC
21-51			1	5"x5"	1	45°	5"	41.11	5"	PVC

Tabla 41. (Continuación)

24-23	1	Reguladora	1	5"x5"				24.60	5"	PVC
30-26			1	5"x5"				8.80	5"	PVC
31-29	1	Reguladora	1	5"x5"				41.45	5"	PVC
31-32	1	Reguladora	2	5"x5"				11.10	5"	PVC
36-41	1	Reguladora	2	5"x5"				16	5"	PVC
38-42			1	5"x5"				24.9	5"	PVC
39-43					2	22.5°	5"	42.20	5"	PVC
43-44	1	Reguladora	1	5"x5"				53.90	5"	PVC
43-46			1	5"x5"				30.7	5"	PVC
44-45					1	90°	5"	10.21	5"	PVC
21-45			1	5"x5"				15.6	5"	PVC
51-52			1	5"x5"	1	45°	5"	8.00	5"	PVC
54-48	1	Reguladora	2	5"x5"				21.45	5"	PVC
54-51	1	Reguladora	1	5"x5"				18.10	5"	PVC
6-62	1	Reguladora	1	5"x5"				51.53	5"	PVC
64-63					1	90°	5"	19.94	5"	PVC
66-65	1	Reguladora	1	5"x5"				56.72	5"	PVC
56-66			1	5"x5"				42.42	5"	PVC
66-67			1	5"x5"				45.91	5"	PVC
67-69	1	Reguladora						51.06	5"	PVC
65-69			1	5"x5"				48.87	5"	PVC
69-70					1	45°	5"	41.79	5"	PVC
70-71			1	5"x5"				31.37	5"	PVC
62-73					1	90°	5"	44.82	5"	PVC
65-70			1	5"x5"	1	45°	5"	64.96	5"	PVC
74-75			1	5"x5"	1	22.5°	5"	46.65	5"	PVC
					1	45°	5"			
75-76	1	Reguladora	1	5"x5"				54.28	5"	PVC
75-78	1	Reguladora			1	45°	5"	53.46	5"	PVC

Tabla 41. (Continuación)

78-79			1	5"x5"	1	45°	5"	75.46	5"	PVC
16-80			1	5"x5"				35.26	5"	PVC
20-81					1	90°	5"	27.25	5"	PVC
71-82					1	45°	5"	68.15	5"	PVC
84-83					1	22.5°	5"	64.76	5"	PVC
85-86					1	90°	5"	60.67	5"	PVC
86-79					2	45°	5"	55,4	5"	PVC
77-86			1	5"x5"	1	90°	5"	47.65	5"	PVC
13-87	1	Reguladora	1	5"x5"				29.5	5"	PVC
87-88					1	22.5°	5"	50.24	5"	PVC
12-89	1	Reguladora			1	90°	5"	33.36	5"	PVC
90-91			1	5"x5"	1	45°	5"	45.79	5"	PVC
2-95	1	Reguladora	1	5"x5"				28.74	5"	PVC
95-96					1	45°	5"	42.54	5"	PVC
96-97					1	45°	5"	60.91	5"	PVC
97-93			1	5"x5"	2	45°	5"	31.36	5"	PVC
2-98	1	Reguladora	1	5"x5"				24.08	5"	PVC
98-100					1	45°	5"	23.95	5"	PVC
4-101	1	Reguladora			1	45°	5"	29.42	5"	PVC
33-103	1	Reguladora						17.12	5"	PVC
103-104			1	5"x5"	1	90°	5"	30.59	5"	PVC
104-106					1	45°	5"	28.41	5"	PVC
34-107			1	5"x5"				30.68	5"	PVC
41-108			1	5"x5"				40.66	5"	PVC
108-109			1	5"x5"	1	45°	5"	22.83	5"	PVC
109-42					1	45°	5"	24.83	5"	PVC
108-110			1	5"x5"	1	45°	5"	30.53	5"	PVC
110-111			1	5"x5"				25.41	5"	PVC
114-113					2	90°	5"	33.83	5"	PVC

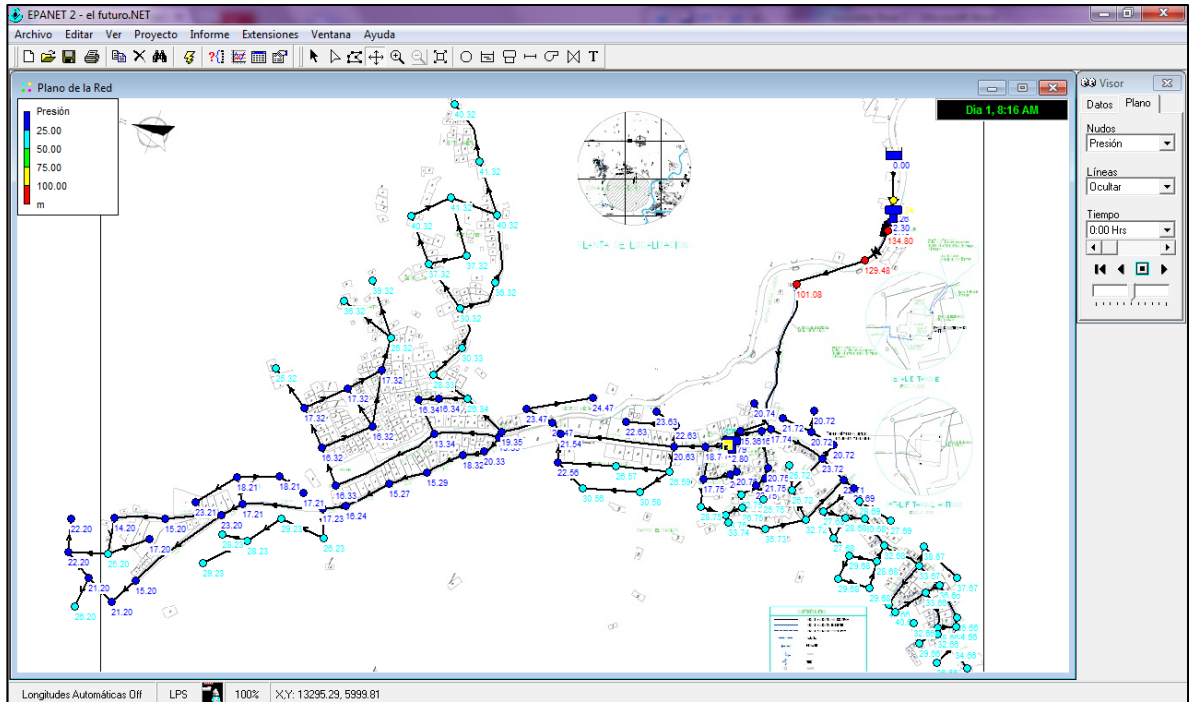
Tabla 41. (Continuación)

113-112			1	5"x5"				35.01	5"	PVC
38-115			1	5"x5"				31.00	5"	PVC
53-116					1	90°	5"	24.47	5"	PVC
43-118			1	5"x5"	1	90°	5"	18.99	5"	PVC
101-120					1	90°	5"	71.62	5"	PVC
91-121					1	45°	5"	31.95	5"	PVC
87-122					1	22.5°	5"	36.86	5"	PVC
88-123					1	45°	5"	51.62	5"	PVC
125-124					1	22.5°	5"	22.87	5"	PVC
80-125			1	5"x5"				15.95	5"	PVC
80-126					1	22.5°	5"	47.92	5"	PVC
127-128			1	5"x5"				22.04	5"	PVC
50-127					1	90°	5"	16.96	5"	PVC
128-125					1	22.5°	5"	35.63	5"	PVC
128-129					1	22.5°	5"	26.98	5"	PVC

6.3.5 Presiones en la red

Se simuló el comportamiento del sistema para el Pablón, con la ayuda del software EPANET 2.0, garantizando con este los requerimientos en cuanto a presión mínima=98.1 [kPa] (10m.c.a) y presión máxima=490.5 [kPa] (50m.c.a) permisibles por la RAS. Ver Figura 78.

Figura 78. Presiones en los nodos de la red de distribución



6.4 ASPECTOS COMPLEMENTARIOS

6.4.1 Corrosión en tuberías

Para las tuberías de succión e impulsión el material empleado es acero; por recomendación de RAS para diámetros inferiores a 300 [mm] se debe utilizar pinturas epóxicas como recubrimiento y protección.

6.4.2 INSTALACIONES COMPLEMENTARIAS

6.4.2.1 Iluminación

La estación va a estar debidamente iluminada en su interior, por luz artificial.

6.4.2.2 Señalización

Siguiendo la Norma Técnica NTC 1461, se han establecido las siguientes señales para la estación de bombeo:

1. Se debe utilizar la combinación de colores Amarillo y Negro, para indicar los sitios de riesgo permanente de colisión o caída como es el caso de la plataforma de soporte para el equipo Bomba-Motor.

Figura 79. Combinación de colores, riesgo de colisión



Fuente: NTC 1461

2. Para la manipulación de los elementos que componen la estación, se debe hacer uso de protección de los respectivos EPP (equipos de protección personal).

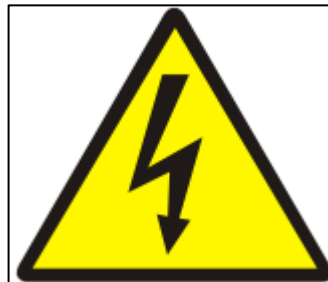
Figura 80. Señales EPP



Fuente: NTC 1461

3. Como norma preventiva se localizará en el área eléctrica la señal de riesgo de choque eléctrico.

Figura 81. Señal de riesgo de choque eléctrico



Fuente: NTC 1461

4. Para para complementar las señalizaciones se instalará en la estación un Botiquín de primeros auxilios.

Figura 82. Señal primeros auxilios



Fuente: NTC 1461

5. Finalmente se han de resaltar las indicaciones generales de dirección.

Figura 83. Señales de dirección



Fuente: NTC 1461

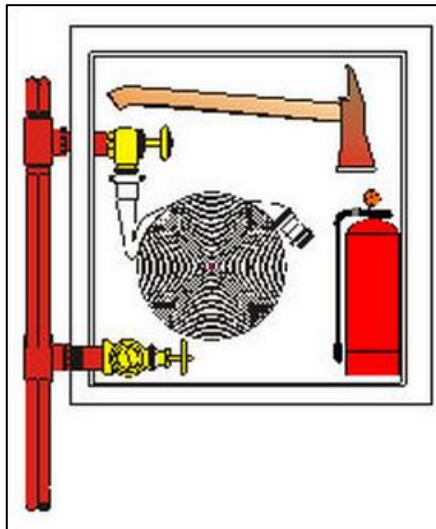
6.4.2.3 Ventilación

Se instalarán extractores de aire que serán accionados mientras la estación se encuentre en operación en combinación con agujeros de ventilación que permitan el ingreso de aire naturalmente.

6.4.2.4 Protección contra incendios

Para efectos de protección se ha de instalar dentro de la estación de bombeo un Gabinete contra Incendios clase III, con válvulas de 2 ½ como de 1½, destinado para el uso de los ocupantes, bomberos y personal entrenado en el manejo de chorros pesados, incluyendo elementos de protección adicionales, tales como extintor, hacha, llaves de ajuste y manguera, tal como lo indica la Norma Técnica NTC 4166, Ver Figura 84.

Figura 84. Gabinete contra incendios



Fuente: NTC 4166

6.4.2.5 Drenaje de pisos

El diseño de la estación contará con una línea de drenaje, hacia la cual se conducirá el agua mediante una inclinación muy leve en el piso de la estación de bombeo.

6.4.3 Mantenimiento

6.4.3.1 Mantenimiento preventivo

Mantenimiento en los equipos de bombeo

En los equipos de bombeo se deben realizar las siguientes labores de mantenimiento preventivo:

1. Como actividad diaria debe realizarse una inspección general a los equipos de bombeo, el tablero de control y los niveles del agua. De igual forma, debe presentarse especial atención a las condiciones de operación, tales como cantidad de ruido y vibraciones.
2. Con una frecuencia de un mes como mínimo debe realizarse limpieza de los equipos de bombeo, y verificarse la calidad de las instalaciones eléctricas.
3. Con una frecuencia de una vez cada año, o menor, debe realizarse alineación de los motores de las bombas y verificación del estado de las protecciones eléctricas.

Mantenimiento en los accesorios

Para el caso de los accesorios que formen parte de la estación de bombeo, se requieren las siguientes labores de mantenimiento:

En el caso de las válvulas debe verificarse el estado, la apertura, el cierre al menos una vez cada mes. Debe verificarse el funcionamiento y operación de las válvulas de cheque por lo menos cada 6 meses.

6.4.3.2 Mantenimiento correctivo

Deben tomarse las medidas correctivas necesarias en caso de encontrar anomalías en cualquiera de los elementos de la estación.

Registros de mantenimiento

Se debe continuar con la buena práctica en el momento de realizarse labores de mantenimiento, anotando fecha del daño, tipo de daño ocurrido, causa del daño, repuestos utilizados y los procedimientos de reparación. Ver Anexo A.

Disponibilidad de repuestos

En el nivel de complejidad del sistema alto debe existir disponibilidad y/o adquisición inmediata de todos los insumos necesarios para reparación y mantenimiento.

7. ANÁLISIS ECONÓMICO

Para lograr la optimización del sistema, con un mínimo costo, se ha de analizar, la inversión inicial requerida, en conjunto con sus costes energéticos y será comparada con los valores recibidos por la empresa prestadora del servicio, amb mediante la facturación.

7.1 INGRESOS

7.1.1 Facturación amb 2014

Para el cálculo de la facturación realizada al barrio El Pablón se ha de tener en cuenta el cobro realizado según el uso de agua residencial, el cual para la zona se encuentra distribuido para la fecha entre las viviendas de estrato 1 y pilas públicas, los suscriptores a utilizarse son los presentados en las Tablas 42 y 43, Ver ANEXO B.

Tabla 42. Censo de suscriptores realizado por el amb

NOMBRE	SUSCRIPTORES								
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
PABLON	153	164	165	167	171	347	466	467	467

Fuente: amb

Tabla 43. Pilas públicas del barrio El Pablón

N°	NOMBRE	BARRIO	F/LIAS
1	J .A. C. EL PABLON	PABLON	24
2	J .A. C. EL PABLON	PABLON	18
3	J .A. C. EL PABLON	PABLON	29
4	J .A. C. EL PABLON	PABLON	10
5	J .A. C. EL PABLON	PABLON	12
6	J .A. C. EL PABLON	PABLON	10
7	J .A. C. EL PABLON	PABLON	13
8	J .A. C. EL PABLON	PABLON	11
TOTAL			127

Fuente: amb

Conociendo la cantidad de suscriptores, se suman los caudales demandados por la población durante el transcurso de un día de consumo que salen del tanque elevado, obteniendo el siguiente valor:

$$Q_{demandado} = 235,4 \left[\frac{m^3}{dia} \right]$$

El caudal demandado es correspondiente tanto a la facturación realizada a los suscriptores con medición individual como a los beneficiarios de las pilas públicas, entre los cuales suman una totalidad de 593 familias.

Para cada cantidad de familias se calcula un porcentaje de caudal demandado proveniente del valor total, con esto, se obtiene el caudal suministrado a los 2 tipos de facturaciones, Ver tabla 44.

Tabla 44. Caudales facturados

Tipo de facturación	Caudal suministrado [m ³ /día]
Suscriptor	145,77
Pila pública	89,63

El Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A ESP, en cumplimiento del Artículo 125 de la ley 142 de 1994 y la resolución CRA 403 de 2006, informa a sus suscriptores del servicio de acueducto de los municipios de Bucaramanga, Floridablanca y Girón, las tarifas a aplicar a partir de la facturación del mes de mayo de 2014 (consumos de marzo de 2014).

El incremento por actualización tarifaria es del 3.6% (valor acumulado del IPC desde el último incremento efectuado en junio de 2012). Se conservarán estos valores de las tarifas siempre y cuando no se produzca una variación mínima del 3% en el IPC nacional, tomando como base el IPC causado hasta el mes de febrero de 2014, Ver Tabla 45.

Tabla 45. Tarifas para facturación acueducto

USO RESIDENCIAL	ESTRATO 1			ESTRATO 2	ESTRATO 3		ESTRATO 4	ESTRATO 5	ESTRATO 6
	B/MANGA	FLORIDA	GIRON		B/MANGA	F/DA - GIRON			
SUBSIDIO / CONTRIBUCION	-50%	-45%	-40%	-30%	-10%	-5%	0%	50%	60%
CARGO FIJO (\$/mes)	\$ 3.673,94	\$ 4.041,33	\$ 4.408,73	\$ 5.143,52	\$ 6.613,09	\$ 6.980,49	\$ 7.347,88	\$ 11.021,82	\$ 11.756,61
CONSUMO BASICO (\$/m ³)	\$ 700,85	\$ 770,94	\$ 841,02	\$ 981,19	\$ 1.261,53	\$ 1.331,62	\$ 1.401,70	\$ 2.102,55	\$ 2.242,72
C. COMPLEMENTARIO (\$/m ³)	\$ 1.401,70	\$ 1.401,70	\$ 1.401,70	\$ 1.401,70	\$ 1.401,70	\$ 1.401,70	\$ 1.401,70	\$ 2.102,55	\$ 2.242,72
C. SUNTUARIO (\$/m ³)	\$ 1.401,70	\$ 1.401,70	\$ 1.401,70	\$ 1.401,70	\$ 1.401,70	\$ 1.401,70	\$ 1.401,70	\$ 2.102,55	\$ 2.242,72

USO NO RESIDENCIAL	COMERCIAL	INDUSTRIAL	OFICIAL	ESPECIAL	TEMPORAL		PILAS PUBLICAS	
					B/GA - GIRON	FLORIDA	B/GA - FLORIDA	GIRON
SUBSIDIO / CONTRIBUCION	50%	30%	0%	0%	50%	60%	-70%	-50%
CARGO FIJO (\$/mes)	\$ 11.021,82	\$ 9.552,24	\$ 7.347,88	\$ 7.347,88	\$ 11.021,82	\$ 11.756,61	\$ 2.204,36	\$ 3.673,94
CONSUMO (\$/m ³)	\$ 2.102,55	\$ 1.822,21	\$ 1.401,70	\$ 1.401,70	\$ 2.102,55	\$ 2.242,72	\$ 420,51	\$ 700,85

Fuente: amb

Siguiendo el proceso de cálculo se obtienen los valores facturados para el barrio El Pablón, Ver Tabla 46.

Tabla 46. Facturación 2014

Facturación	Estrato 1	Pila pública
Cargo fijo [\$/mes]	1'715.729,98	17.634,88
Consumo básico [\$/m³]	3'064.887,14	1'884.515,57
Costo complementario [\$/m³]	0	0
Costo suntuario [\$/m³]	0	0
TOTAL MES	\$4'780.617,12	\$1'902.150,45
TOTAL AÑO	\$57'367.405,44	\$22'825.805,34

Como valor final se obtiene un ingreso anual de facturación igual a \$80'193.210,8.

7.2 COSTOS

Como fue mencionado anteriormente se ha propuesto una alternativa para la mejora del sistema actual sin basarse en el crecimiento de la población y otra en la cual se realiza el diseño basados en una proyección a 30 años, para ambas

alternativas de solución los requerimientos del sistema son totalmente diferentes debido a ello se han de realizar 2 análisis económicos, sin embargo por obvias razones se recomienda la segunda alternativa ya que de implementarse para el día de hoy, mantendrá el suministro en sus máximas condiciones por al menos 30 años, mientras que la mejora actual solo funcionará a lo sumo 7 años más, pues no será capaz de cumplir con la demanda exigida a medida que crezca la población.

7.2.1 Costos totales

Para poder relacionar los costos de inversión inicial con los costos de explotación (costos energéticos), deben ser llevados a una base común. Una posibilidad es considerar un periodo de referencia de duración anual, teniendo en cuenta los costos de la energía a lo largo de un año y la inversión inicial amortizada.

$$C_{total} = C_{inversión\ inicial\ anualizado} + C_{energía\ año} + C_{mantenimiento} + C_{depreciación}$$

7.2.1.1 Inversión inicial 2014

Como ya se mencionó las alternativas que solucionan el sistema actual dependen únicamente de una mejora en la bomba utilizada, la cual puede ser del 100% u 80% según se vea conveniente, sin embargo, para esta mejora se recomienda además la implementación de un sistema de protección del equipo mediante algunas válvulas especializadas, Ver Tabla 47.

Tabla 47. Listado de compra 2014

Descripción	Observación	Cantidad	Und.	Valor Unitario	Valor Total
Válvula de control de bomba, 3"		2	un	7'000.000	14'000.000,00
Válvula anticipadora de onda, 3"	Anti golpe de ariete	1	un	8'000.000	8'000.000,00
Válvula ventosa, 2"		3	un	327.984,2	983.952,60
Válvula de pie, 4"	Con filtro	2	un	2'350.000	4'700.000,00
Accesorios acero	Te	1	un	70.458	70.458,00
Equipo de bombeo	Conjunto Bomba-Motor	2	un	7'500.000,00	15'000.000,00
Equipo de bombeo	Rotor, en bronce	2	un	1'388.415,6	2'776.831,20
Montaje	Estación de bombeo, 2 trabajadores	8	h	15.900	254.400,00
			Bomba	TOTAL	43'008.810,60
			Rotor	TOTAL	30'785.641,80

Factor de recuperación de la inversión 2014

$$F_{recuperación} = \frac{(1 + r)^T * r}{(1 + r)^T - 1}$$

Dónde:

r = Tasa de interés anual = 10.0%

T = Tiempo en años

$$F_{recuperación} = \frac{(1 + 0.10)^2 * 0.10}{(1 + 0.10)^2 - 1}$$

$$F_{recuperación} = 0.5762$$

$$C_{\text{inversión inicial anualizado}} = C_{\text{inversión inicial}} * F_{\text{recuperación}}$$

$$C_{\text{inversión inicial anualizado bomba}} = 43'008.810,60 * 0,5762$$

$$C_{\text{inversión inicial anualizado bomba}} = 24'781.267,10$$

$$C_{\text{inversión inicial anualizado rotor}} = 30'785.641,80 * 0,1627$$

$$C_{\text{inversión inicial anualizado rotor}} = 17'738.393,61$$

7.2.1.2 Inversión inicial proyección

Para llevar a cabo el adecuado montaje e instalación que garanticen el cumplimiento total de la demanda de la población es de vital importancia la compra de los elementos listados en la Tabla 48.

Tabla 48. Listado de compra proyección

Descripción	Observación	Cantidad	Und.	Valor Unitario	Valor Total
Tubería Acero, 4"		47,3	m	54.720	2'588.256,00
Tubería Acero, 6"		10,95	m	88.655,6	970.778,82
Tubería Acero, 8"		6	m	132245	793.470,00
Válvula de control de bomba, 4"		2	un	7'200.000	14'400.000,00
Válvula anticipadora de onda, 4"	Anti golpe de ariete	1	un	8'200.000	8'200.000,00
Válvula ventosa, 2"	Triple efecto	3	un	327.984,2	983.952,6
Válvula de cierre, 4"		5	un	796.091,8	3'980.459,00

Tabla 48. (Continuación)

Válvula de retención, 4"		2	un	678.993,2	1'357.986,40
Válvula de pie, 8"	Con filtro	2	un	2'650.000	5'300.000,00
Accesorios Acero	Codos, 4"	6	un	79.099	474.594,00
Accesorios Acero	Tes, 4"x4"	3	un	90.469	271.407,00
Tubería PVC, 4"		317,9	m	27.466,7	8'731.663,90
Tubería PVC, 6"		1.916	m	57.133,3	109'467.402,80
Accesorios PVC	Válvulas, 4"	1	un	305.235,7	305.235,67
Accesorios PVC	Codos, 4"	18	un	58.344	1'050.192,00
Accesorios PVC	Válvulas, 6"	11	un	693.715,1	7'630.866,10
Accesorios PVC	Codos, 6"	19	un	89.291	1'696.529,00
Accesorios PVC	Tes, 6"x6"	15	un	122.897	1'843.455,00
Tanque de succión	Concreto, Acero y Ladrillo	30	m ³	626.400	18'792.000,00
Tanque de almacenamiento	Concreto, Acero y Ladrillo	49,6	m ³	626.400	31'069.440,00
Equipo de bombeo	Conjunto Bomba-Motor	2	un	15'000.000	30'000.000,00
Instalación	Tuberías, 2 Trabajadores	512	h	17.800	18'227.200,00
Montaje	Estación de bombeo, 2 Trabajadores	10	h	15.900	318.000,00
Construcción	Tanques, 8 Trabajadores	160	h	19.200	24'576.000,00
				TOTAL	292'978.888,30

Factor de recuperación de la inversión proyectada

$$F_{recuperación} = \frac{(1+r)^T * r}{(1+r)^T - 1}$$

Dónde:

r = Tasa de interés anual = 10.0%

T = Tiempo en años

$$F_{recuperación} = \frac{(1+0.10)^{10} * 0.10}{(1+0.10)^{10} - 1}$$

$$F_{recuperación} = 0.1627$$

$$C_{inversión\ inicial\ anualizado} = C_{inversión\ inicial} * F_{recuperación}$$

$$C_{inversión\ inicial\ anualizado} = 292'978.888,30 * 0,1627$$

$$C_{inversión\ inicial\ anualizado} = 47'680.964,87$$

7.2.1.3 Energía eléctrica

Este se encuentra relacionado principalmente con la potencia consumida por las bombas instaladas, la cual depende a su vez del caudal impulsado y la altura bombeada, mencionada previamente, además del número de horas de funcionamiento de la bomba y la tarifa eléctrica pertinente.

$$Energía = P * h$$

Dónde:

P = Potencia requerida por la bomba [kW]

h = horas de bombeo diarias

De acuerdo con las resoluciones 119/07, 097/09 y 172/09 expedidas por la Comisión de Regulación de Energía y Gas CREG. Que permiten establecer los costos de la prestación del servicio a usuarios regulados, son fijadas las tarifas a partir del mes de Junio 2014, Ver Tabla 49.

Tabla 49. Costos de energía eléctrica

TARIFAS RESIDENCIALES								
ESTRATO		1		2		3		4
PROPIEDAD ACTIVOS	NIVEL MEDIDA	% SUBSIDIO	TARIFA \$/kWh	% SUBSIDIO	TARIFA \$/kWh	% SUBSIDIO	TARIFA \$/kWh	TARIFA \$/kWh
ESSA	I	-56.37%	171.5579	-45.46%	214.4473	-15.00%	334.2361	393.2190
CLIENTE	I	-56.05%	155.7595	-45.07%	194.6994	-15.00%	301.2634	354.4275
Nota: El subsidio es aplicado hasta el consumo de subsistencia.								
TARIFAS RESIDENCIALES				TARIFAS NO RESIDENCIALES				
ESTRATO		5 y 6		COMERCIAL / INDUSTRIAL		ACUEDUCTOS. ESP		OFICIAL
PROPIEDAD ACTIVOS	NIVEL MEDIDA	% CONTRIB.	TARIFA \$/kWh	CONTRIB. 20%	TARIFA \$/kWh	CONTRIB. 10%	TARIFA \$/kWh	TARIFA \$/kWh
ESSA	I	20.00%	471.8628	78.6438	471.8628	39.3219	432.5409	393.2190
CLIENTE	I	20.00%	425.3130	70.8855	425.3130	35.4427	389.8702	354.4275
	II			64.9011	389.4064	32.4505	356.9559	324.5054
	III			54.4440	326.6641	27.2220	299.4421	272.2201
	IV			48.0853	288.5121	24.0427	264.4694	240.4267

Fuente: Electrificadora de Santander S.A ESP.

Energía 2014

$$C_{energía\ día} = Energía * costo \left[\frac{\$}{kW * h} \right]$$

$$C_{energía\ día\ bomba} = 28,53[kW] * 7[h] * 155,7595 \left[\frac{\$}{kW * h} \right]$$

$$C_{energía\ día\ bomba} = \$ 31.111,36$$

$$C_{energía\ mes\ bomba} = \$ 933.340,76$$

$$C_{energía\ año\ bomba} = \$ 11'200.089,10$$

$$C_{energía\ día\ rotor} = 28,53[kW] * 8,5[h] * 155,7595 \left[\frac{\$}{kW * h} \right]$$

$$C_{energía\ día\ rotor} = \$ 37.772,46$$

$$C_{energía\ mes\ rotor} = \$ 1'133.173,73$$

$$C_{energía\ año\ rotor} = \$ 13'598.084,72$$

Energía proyección

$$C_{energía\ día} = Energía * costo \left[\frac{\$}{kW * h} \right]$$

$$C_{energía\ día} = 70,6[kW] * 2[h] * 155,7595 \left[\frac{\$}{kW * h} \right]$$

$$C_{energía\ día} = \$ 21.993,24$$

$$C_{energía\ mes} = \$ 659.797,24$$

$$C_{energía\ año} = \$ 7'917.566,90$$

7.2.1.4 Mantenimiento

Partiendo de la aproximación a un factor de costo de mantenimiento, se genera un porcentaje aplicado al valor invertido inicialmente y con base en él se calcula el costo destinado anualmente a la realización de los mantenimientos previamente mencionados.

Mantenimiento 2014

$$C_{mantenimiento\ año} = 2\% * C_{inicial}$$

$$C_{mantenimiento\ año\ bomba} = 0.02 * 43'008.810,60$$

$$C_{mantenimiento\ año\ bomba} = 860.176,21$$

$$C_{mantenimiento\ año\ rotor} = 0.02 * 30'785.641,80$$

$$C_{mantenimiento\ año\ rotor} = 615.712,84$$

Mantenimiento proyección

$$C_{mantenimiento\ año} = 2\% * C_{inicial}$$

$$C_{mantenimiento\ año} = 0.02 * 292'978.888,30$$

$$C_{mantenimiento\ año} = 5'859.577,77$$

7.2.1.5 Depreciación

A medida que un equipo es utilizado pierde progresivamente sus capacidades optimas de operación, esta pérdida es asumida por el comprador y debe ser restada al valor comercial del elemento estudiado, sin embargo, no todos los elementos poseen una depreciación que se comporte de la misma forma, debido a que esta se ve manifestada a causa de la vida útil que es asignada a cada elemento, es por esta causa que se ha de obtener la depreciación para cada caso.

Depreciación 2014

$$C_{depreciación} = \frac{C_{inicial}}{vida\ util}$$

$$C_{equipo\ de\ bombeo} = \frac{15'000.000}{30}$$

$$C_{equipo\ de\ bombeo} = \$ 500.000,00$$

$$C_{depreciación} = \$ 500.000,00$$

$$C_{rotor} = \frac{30'000.000}{15}$$

$$C_{rotor} = \$ 185.122,10$$

$$C_{depreciación} = \$ 185.122,10$$

Depreciación proyección

$$C_{depreciación} = \frac{C_{inicial}}{vida\ util}$$

$$C_{tequipo\ de\ bombeo} = \frac{30'000.000}{30}$$

$$C_{equipo\ de\ bombeo} = \$ 1'000.000,00$$

$$C_{tanques} = \frac{49'861.440}{50}$$

$$C_{tanques} = 997.228,80$$

$$C_{\text{elementos acero}} = \frac{38'336.951,22}{35}$$

$$C_{\text{elementos acero}} = \$ 1'095.341,50$$

$$C_{\text{elementos PVC}} = \frac{130'725.344,5}{50}$$

$$C_{\text{tuberias PVC}} = \$ 2'614.506,90$$

$$C_{\text{depreciación}} = C_{\text{equipo de bombeo}} + C_{\text{tanques}} + C_{\text{elementos acero}} + C_{\text{elementos PVC}}$$

$$C_{\text{depreciación}} = \$ 5'707.077,20$$

Resultados:

$$C_{\text{total anual bomba}} = 24'781.267,10 + 11'200.089,10 + 860.176,21 + 500.000,00$$

$$C_{\text{total anual}} = \$ 37'341.532,41$$

$$C_{\text{total anual rotor}} = 17'738.898,61 + 13'598.084,72 + 615.712,84 + 185.122,10$$

$$C_{\text{total anual}} = \$ 32'137.818,27$$

$$C_{\text{total anual proyección}} = 47'680.964,87 + 7'917.566,90 + 5'859.577,77 + 5'707.077,20$$

$$C_{\text{total anual}} = \$ 67'165.186,74$$

7.3 UTILIDAD

7.3.1 Utilidad anual 2014

Luego de conocer los valores correspondientes tanto para costo como para utilidades, puede ser realizado el cálculo de la utilidad proveniente de la prestación del servicio y el tiempo al cual se finalizará el pago de la inversión inicial.

$$U = I - C$$

$$U_{\text{bomba}} = 80'193.210,80 - 37'341.532,41$$

$$U = \$ 42'851.678,39$$

$$U_{rotor} = 80'193.210,80 - 32'137.818,27$$

$$U = \$ 48'055.392,53$$

Tal cual como fue establecido en el factor de recuperación, el valor de la inversión inicial será recuperado en un lapso de 2 años, Ver tabla 50.

Tabla 50. Pagos realizados 2014

Tipo de pago	Valor
Inversión inicial Bomba	\$ 43'008.810,60
Costo inversión inicial + intereses (2 años)	\$ 49'562.534,20
Inversión inicial Rotor	\$ 30'785.641,80
Costo inversión inicial + intereses (2 años)	\$ 35'476.787,22

7.3.2 Utilidad anual proyección

Tras el hallazgo de los valores correspondientes tanto para costo como para utilidades, puede ser realizado el cálculo de la utilidad proveniente de la prestación del servicio y el tiempo al cual se finalizará el pago de la inversión inicial.

$$U = I - C$$

$$U = 80'193.210,80 - 67'165.186,74$$

$$U = \$ 13'028.024,1$$

Tal cual como fue establecido en el factor de recuperación, el valor de la inversión inicial será recuperado en un lapso de 10 años, Ver tabla 51.

Tabla 51. Pagos realizados proyección

Tipo de pago	Valor
Inversión inicial	\$ 292'978.883,30
Costo inversión inicial + intereses (10 años)	\$ 476'809.648,7

8. CONCLUSIONES

- Tras la consecución de la propuesta planteada por el proyecto, se afianzará la relación entre los usuarios del barrio El Pablón con el amb, a través de la mejora de la prestación del servicio de agua potable; además del crecimiento de la confianza entre el amb y la Universidad Industrial de Santander, logrando excelentes resultados y beneficios mutuos en el desarrollo de proyectos de gran impacto para la región.
- Se proyecta la prestación del servicio de agua potable en el barrio El Pablón, con un nivel Alto de complejidad para el sistema; logrando con esto los mayores estándares establecidos por el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS.
- Mediante el uso de herramientas computacionales de ingeniería, como el programa EPANET, se realiza la simulación del comportamiento hidráulico del sistema, de forma muy cercana a la realidad, bajo diferentes condiciones de operación. Lo que facilitó el análisis y diseño del proyecto.
- Partiendo de la información parcial proporcionada por el amb, se confeccionaron, con base en la normatividad vigente (RAS): la Curva de

demanda horaria y los Planos topográficos de la Red de Conducción y Distribución.

- El cuidado de los equipos que componen la estación de bombeo, se encuentra limitado a causa de la ausencia de válvulas de control y protección, que son indispensables para este tipo de sistemas; con su implementación a futuro se asegura un menor desgaste en los equipos, disminuyendo así las frecuencias de mantenimiento y la complejidad de los mismos.
- La ejecución del proyecto sirvió para potenciar la formación académica, al enfrentar un proyecto integrador multidisciplinario , que permitió tener una visión más amplia y definida de los proyectos de ingeniería, donde se involucran varias ramas del conocimiento como estadística, mecánica de fluidos, diseño , y además criterios económicos.

9. RECOMENDACIONES

- El Pablón, no se encuentra integrado al sistema de control utilizado por el amb (SCADA) para la red de acueducto del municipio. Por esta razón el bajo monitoreo realizado al sistema, genera la insuficiencia de atención inmediata de cualquier eventualidad. Es recomendable insertar el sistema a dicho control, ya que sin este, no se podrá garantizar la adecuada operación y por lo tanto el mantenimiento preventivo no se realizará en el momento indicado ocasionando que este sistema no opere cerca al punto de trabajo de diseño.
- Se resalta la importancia de la realización de proyectos en conjunto con empresas, que lleven al estudiante a evidenciar todos los aspectos involucrados en la ejecución de un diseño, probando así, que no son suficientes solo los conocimientos teóricos en la solución de problemas, sino, que es necesaria la integralidad de disciplinas, junto con habilidades que solo son desarrolladas tras la experiencia, como lo son, la toma de decisiones con agilidad, sin afectar la calidad del resultado, la capacidad de evaluar la fiabilidad económica de la propuesta y en general reconocer la diferencia del trabajo dentro de la industria.

BIBLIOGRAFÍA

CRANE, John. Apéndice A. Propiedades físicas de algunos Fluidos y características del flujo en Válvulas, Accesorios y Tuberías. En: Flujo de Fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías. Traducido por VALFISA S.A México, Mc. Graw Hill, 1987. p. 168-175.

Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas DANE. Boletín, Censo General 2005. Bogotá D.C, 2010

LEWIS A, Rossman. EPANET 2.0 Users Manual. Traducido por Grupo Multidisciplinar de Modelación de Fluidos, Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, 2002.

MATAIX, Claudio. Mecánica de fluido y máquinas hidráulicas. 2 ed. Madrid. Ediciones del Castillo, S.A. 1986.

Ministerio de vivienda, Ciudad y Territorio, viceministerio de Agua y Saneamiento Básico. REGLAMENTO TECNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO. Bogotá D.C, 2000.

Secretaría de Planeación, Alcaldía de Bucaramanga. Plan de Ordenamiento Territorial de Bucaramanga, Segunda Generación. Bucaramanga, 2014.

ZULUAGA Largo, Eugenia. ALZATE Urrego, David Andrés. LOREPA Proaños, Sergio. Optimización de las aducciones La Máquina, La Julia y Canaán y Optimización del Sistema de Almacenamiento del Municipio de Viterbo. Caldas, Empresa de Obras Sanitarias de Caldas, EMPOCALDAS S.A. E.S.P. 2009.

ANEXOS

ANEXO A. ORDENES DE TRABAJO, ESTACIÓN DE BOMBEO

PAG 1 DE 1 F GO 702-004 REV 0	ORDEN DE TRABAJO	 <small>ACUEDUCTO METROPOLITANO DE BUGA RAMANDA S.A. E.S.P.</small>
-------------------------------------	-------------------------	--

GERENCIA DE OPERACIONES

INFORMACIÓN GENERAL

EM N° 01272	SITIO: <u>EJ PABLON.</u> CENTRO DE COSTOS: <u>13010403</u>	FECHA DE INICIO: <u>ENERO 13/13</u>	FECHA DE FIN: <u>ENERO 13/13.</u>
CÓDIGO: <u>EPBM-01</u> EQUIPO: <u>BOMBA # 1 PABLON</u>	HORA INICIO: <u>10:00 AM</u>	HORA FIN: <u>1:00 PM.</u>	
FECHA EMISIÓN: _____	TIPO DE ACTIVIDAD <input type="checkbox"/> M. PREVENTIVO <input checked="" type="checkbox"/> M. CORRECTIVO <input type="checkbox"/> S SERVICIO No. _____		

DESCRIPCIÓN DEL MANTENIMIENTO O SERVICIO:

/

INFORMACIÓN DE MANTENIMIENTO

TRABAJOS REALIZADOS: Se encuentra el bombeo averiado. Se realizan pruebas y se encuentra la bomba 2 desahogada, se deja fuera de servicio y se necesita el servicio con la bomba # 1

OBSERVACIONES:

/

RECURSOS HUMANOS

NOMBRE / CARGO	H ORDINARIA	EXTRAS ORDINARIAS		EXTRAS FESTIVAS	
		D	N	D	N
		HE1	HE2	HE7	HE8
<u>Jefe Técnico Jarama Técnico</u>	/			-3-	
/	/				

MATERIALES Y REPUESTOS

CÓDIGO	DESCONTAR A	MATERIAL O REPUESTO	UNIDAD	CANTIDAD	VAL. TOTAL
/					
/					

RESPONSABLE DEL MANTENIMIENTO: 	RECIBIDO:
------------------------------------	---------------

CONTROLA SGC 12/03/2012

ORDEN DE TRABAJO



GERENCIA DE OPERACIONES

INFORMACIÓN GENERAL

EM N° 2224	SITIO: PABLON	FECHA DE INICIO: FEBREPO 11/13.	FECHA DE FIN: FEBREPO 11/13.
	CENTRO DE COSTOS 43010403		
CÓDIGO: _____	EQUIPO: TANQUE PABLON.	HORA INICIO: 8:00 AM	HORA FIN: 12:00
FECHA EMISIÓN: _____	TIPO DE ACTIVIDAD <input checked="" type="checkbox"/> M. PREVENTIVO <input type="checkbox"/> M. CORRECTIVO <input type="checkbox"/> S. SERVICIO No. _____		

DESCRIPCIÓN DEL MANTENIMIENTO O SERVICIO: *[Redacted]*

INFORMACIÓN DE MANTENIMIENTO

TRABAJOS REALIZADOS: CAMBIO DE PILOTO FLUJADOL, VERIFICACION DE SU CORRECTO FUNCIONAMIENTO, SIEMPRE EN BUEN ESTADO.

OBSERVACIONES: *[Redacted]*

RECURSOS HUMANOS

NOMBRE / CARGO	H ORDINARIA	EXTRAS ORDINARIAS		EXTRAS FESTIVAS	
		D	N	D	N
		HE1	HE2	HE7	HE8
JULIO ALEXANDER ARANGO / MECANICO	-1-				
FERNANDO HENRIQUEZ / MECANICO	-1-				

MATERIALES Y REPUESTOS

CÓDIGO	DESCONTARA	MATERIAL O REPUESTO	UNIDAD	CANTIDAD	VAL. TOTAL
VZ00012	FME	PILOTO FLUJADOL	- UNO -	- 1 -	

RESPONSABLE DEL MANTENIMIENTO: *[Signature]*

RECIBIDO: *[Signature]*

ORDEN DE TRABAJO



GERENCIA DE OPERACIONES

INFORMACIÓN GENERAL

EM N° 3142	SITIO: BOMBEO EL PABLON	FECHA DE INICIO: 31 Mayo /13.	FECHA DE FIN: 01 JUN /13.
	CENTRO DE COSTOS: REDES		
CÓDIGO:	EQUIPO: SISTEMA DE BOMBEO	HORA INICIO:	HORA FIN:
FECHA EMISIÓN: 31-05-13	TIPO DE ACTIVIDAD <input type="checkbox"/> M. PREVENTIVO <input checked="" type="checkbox"/> M. CORRECTIVO <input type="checkbox"/> S. SERVICIO No. _____		
DESCRIPCIÓN DEL MANTENIMIENTO O SERVICIO: REVISIÓN BOMBEO EL PABLON			

INFORMACIÓN DE MANTENIMIENTO

TRABAJOS REALIZADOS: Se realizó revisión general del sistema del bombeo encontrándolo en normal funcionamiento.
Se revisó entrada de caudal encontrándolo en bajo servicio, se destapo el filtro Y y se retiraron piezas que obstaculizaban el paso del Agua y se retiro la lengüeta que estaba partida en el cheque.
OBSERVACIONES: Se instalo todo y queda funcionando en su normal funcionamiento. se le informo a la comunidad y al jefe energico

RECURSOS HUMANOS

NOMBRE / CARGO	H ORDINARIA	EXTRAS ORDINARIAS		EXTRAS FESTIVAS	
		D	N	D	N
		HE1	HE2	HE7	HE8
Diego A. Soler	2				
Juan Carlos Espinosa	2.	3 (1)			

MATERIALES Y REPUESTOS

CÓDIGO	DESCONTAR A	MATERIAL O REPUESTO	UNIDAD	CANTIDAD	VAL. TOTAL

RESPONSABLE DEL MANTENIMIENTO:	RECIBIDO:
	JOYANNY SUAREZ

PAG 1 DE 1
F GO 702-004
REV 0

ORDEN DE TRABAJO



GERENCIA DE OPERACIONES

INFORMACIÓN GENERAL

EM N° 004350	SITIO: <i>Bombeo Pablon</i>	FECHA DE INICIO:	FECHA DE FIN:
	CENTRO DE COSTOS	<i>28 Nov 2013</i>	<i>28 Nov 2013</i>
CÓDIGO:	EQUIPO: <i>Coseta Bombas</i>	HORA INICIO: <i>7am</i>	HORA FIN: <i>02pm</i>
FECHA EMISIÓN: <i>28/11/13</i>	TIPO DE ACTIVIDAD <input type="checkbox"/> M. PREVENTIVO <input type="checkbox"/> M. CORRECTIVO <input type="checkbox"/> S. SERVICIO No. _____		
DESCRIPCIÓN DEL MANTENIMIENTO O SERVICIO: <i>REVISION BOMBEO</i>			

INFORMACIÓN DE MANTENIMIENTO

TRABAJOS REALIZADOS: *Se revisó sistema de arranque de bombas encontrándose en condiciones normales. Se revisaron los tanques de succión y elevado también se encontro en normales niveles. El flotador de entrada tiene poco tiempo de Apertura y sellado.*

OBSERVACIONES:

/ / / / /

RECURSOS HUMANOS

NOMBRE / CARGO	H ORDINARIA	EXTRAS ORDINARIAS		EXTRAS FESTIVAS	
		D	N	D	N
		HE1	HE2	HE7	HE8
<i>Juan Carlos Espinosa C</i>	<i>5</i>	<i>2</i>			
<i>Diego Armando Soler</i>	<i>5</i>	<i>2</i>			

MATERIALES Y REPUESTOS


CÓDIGO	DESCONTARA	MATERIAL O REPUESTO	UNIDAD	CANTIDAD	VAL. TOTAL
<i>/</i>	<i>/</i>	<i>/</i>	<i>/</i>	<i>/</i>	<i>/</i>
<i>/</i>	<i>/</i>	<i>/</i>	<i>/</i>	<i>/</i>	<i>/</i>
<i>/</i>	<i>/</i>	<i>/</i>	<i>/</i>	<i>/</i>	<i>/</i>
<i>/</i>	<i>/</i>	<i>/</i>	<i>/</i>	<i>/</i>	<i>/</i>

RESPONSABLE DEL MANTENIMIENTO:

[Signature]
[Signature]
DIEGO SOLER

RECIBIDO:

[Signature]
Diego Soler

PAG 1 DE 1 F GO 702-004 REV 0	ORDEN DE TRABAJO	 <small>ACQUEDUCTO METROPOLITANO DE BUENARRAMA S.A. S.P.</small>
-------------------------------------	-------------------------	--

GERENCIA DE OPERACIONES

INFORMACIÓN GENERAL			
EM N° 004121	SITIO: <i>Bombas El Pablón</i>	FECHA DE INICIO:	FECHA DE FIN:
	CENTRO DE COSTOS	<i>04-12-2013</i>	<i>04-12-2013</i>
CÓDIGO: <i>EPBM-01</i>	EQUIPO: <i>Bomba 1</i>	HORA INICIO: <i>2:30 PM</i>	HORA FIN: <i>4:00 PM</i>
FECHA EMISIÓN: <i>12-11-2013</i>	TIPO DE ACTIVIDAD <input checked="" type="checkbox"/> M. PREVENTIVO <input type="checkbox"/> M. CORRECTIVO <input type="checkbox"/> S. SERVICIO No. _____		

DESCRIPCIÓN DEL MANTENIMIENTO O SERVICIO:
Mantenimiento general

INFORMACIÓN DE MANTENIMIENTO

TRABAJOS REALIZADOS:
REVISION GENERAL AJUSTE DE TORNILLERIA, ENGRASE DE BALNEAS, LIMPIEZA GENERAL

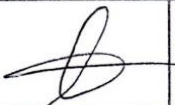


OBSERVACIONES:

RECURSOS HUMANOS

NOMBRE / CARGO	H ORDINARIA	EXTRAS ORDINARIAS		EXTRAS FESTIVAS	
		D	N	D	N
		HE1	HE2	HE7	HE8
<i>FREDDY ARECHUA</i>	<i>2</i>				
<i>MAIKOL MOKENO</i>	<i>2</i>				

MATERIALES Y REPUESTOS

CÓDIGO	DESCONTAR A	MATERIAL O REPUESTO	UNIDAD	CANTIDAD	VAL. TOTAL

RESPONSABLE DEL MANTENIMIENTO:	RECIBIDO:
	 

CONTROLA SGC 12/03/2012

ANEXO B. FACTURACIÓN SERVICIO DE AGUA POTABLE

ACUEDUCTO METROPOLITANO DE BUCARAMANGA S.A. E.S.P.

Diagonal 32 No 30A-51 Bucaramanga Nit. 890.200.162-2
Teléfono: 6320220 Fax: 6323055 Call Center: 262# 6322000 - www.amb.com.co
Grandes Contribuyentes Res. 000041 de Enero 30/2014
Autorretenedores de Renta y CREE Res. 547 de enero 25/2002 y DR 862 de abril 26/2013
Regimen Común - Código CIIU 3600



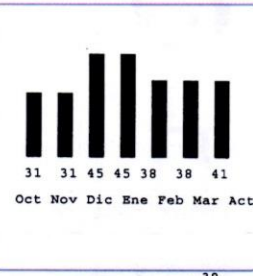
FACTURA DE SERVICIOS PUBLICOS DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y ASEO

PERÍODO FACTURADO ABR/2014	TOTAL A PAGAR \$ 80,870	PAGO OPORTUNO JUN/25/14	SUSPENSIÓN POR MORA
			CÓDIGO PARA RECAUDO ELECTRONICO 1011757

CÓDIGO SUScriptor: 011757	CÓDIGO RUTA: 10346-6194-0000
DIRECCIÓN PREDIO: CRA 20 # 57N-31	
DIRECCIÓN ENVÍO: CRA 20 # 57N-31	
SUScriptor/USUARIO: JUAN PORRAS /	
MUNICIPIO: BUCARAMANGA	BARRIO: PABLON
URBANIZACIÓN: RESIDENCIAL	ZONA:
USO:	CATEGORIA: ESTRATO 1

MEDICIÓN	
No. Medidor	18399
Dímetro	1/2" CL. B
Marca medidor	IBERCONTA
Lectura Anterior	3006
Lectura Actual	3047
Consumo Mes (m ³)	41
Area Común (m ²)	0
Tipo Consumo	REAL

ÚLTIMOS CONSUMOS ACUEDUCTO



FACTURA No.: 9756507	FECHA EXPEDICIÓN: JUN/13/2014	MESES VENCIDOS: 0.00
CICLO: 01	Vr. ÚLTIMO PAGO: \$ 74,080	FECHA ÚLTIMO PAGO: JUN/11/2014

ACUEDUCTO	
REFERENCIA CONSUMO (\$/m ³)	\$ 1,402
REFERENCIA CARGO FIJO (\$/mes)	\$ 7,348
TASAS AMBIENTALES (\$/m ³)	\$ 5,71
CONCEPTOS	VALOR
CARGO FIJO ACUEDUCTO	\$ 7,348
CONSUMO BASICO (1-20)	\$ 28,034
CONSUMO COMPL. (21-40)	\$ 28,034
CONSUMO SUNTU. (41-41)	\$ 1,402
AJUSTE DECENA FACTURA	\$ 1
SUBSIDIO CARGO FIJO (-50%)	-\$ 3,674
SUBSID. CONS BASICO (-50%)	-\$ 14,017
\$ 47,128	
SUBTOTAL MES	
SALDO EN MORA	\$ 47,128
TOTAL ACUEDUCTO	

ALCANTARILLADO	
REFERENCIA CONSUMO (\$/m ³)	\$ 892
REFERENCIA CARGO FIJO (\$/mes)	\$ 3,183
T AMBIENTAL - VERTIMIENTOS (\$/m ³)	\$ 28.85
CONCEPTOS	VALOR
CARGO FIJO ALCANTARILLADO	\$ 3,183
CONSUMO BASICO (1-20)	\$ 17,841
CONSUMO COMPL. (21-40)	\$ 17,841
CONSUMO SUNTU. (41-41)	\$ 892
SUBSID. CONS BASICO (-50%)	-\$ 8,921
SUBSIDIO CARGO FIJO (-50%)	-\$ 1,591
\$ 29,245	
SUBTOTAL MES	
SALDO EN MORA	\$ 29,245
TOTAL ALCANTARILLADO	

ASEO	
EMAB	
RESIDENCIA	ESTRATO 1
FREC. BARRIDO	1
FREC. RECOLECCIÓN	3
ÚLTIMOS COBROS	
	Nov \$ 4,387
	Dic \$ 4,511
	Ene \$ 4,616
	Feb \$ 4,455
	Mar \$ 4,308
	Abr \$ 4,590
ÚLTIMOS TdI	
ACU0090	Hist1,0833 Hist2,0717
CONCEPTOS	VALOR
BARRIDO	\$ 4,639
RECOLECCION	\$ 6,460
DISPOSICION FINAL	\$ 1,917
COMERC. Y MANEJO DEL RECA	\$ 1,973
SUBSIDIO ASEO (-70%)	-\$ 10,492
\$ 4,497	
SUBTOTAL MES	
SALDO EN MORA	\$ 4,497
TOTAL ASEO	

ESTADO DE CUENTA FINANCIACIONES				
FECHA	CONCEPTO	VALOR CUOTA	CUOTA	SALDO

TOTAL FACTURADO POR ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y ASEO		\$ 80,870
RECAUDO OTROS PRODUCTOS Y SERVICIOS		
CONCEPTO	VALOR	
TOTAL RECAUDO OTROS PRODUCTOS Y SERVICIOS		\$ 0

SEÑOR USUARIO NO CANCELE SU FACTURA EN PUNTOS DE RECAUDO DIFERENTES A LOS AUTORIZADOS POR EL ACUEDUCTO METROPOLITANO DE BUCARAMANGA S.A. E.S.P. PARA MAYOR INFORMACION CONSULTE WWW.AMB.COM.CO/PUNTOS DE PAGO.

ACUEDUCTO METROPOLITANO DE BUCARAMANGA S.A. E.S.P.

Diagonal 32 No 30A-51 Bucaramanga Nit. 890.200.162-2
 Teléfono: 6320220 Fax: 6323055 Call Center: 262# 6322000 - www.amb.com.co
 Grandes Contribuyentes Res. 000041 de Enero 30/2014
 Autorretenedores de Renta y CREE Res. 547 de enero 25/2002 y DR 862 de abril 26/2013
 Régimen Común - Código CIU 3600



FACTURA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y ASEO

PERÍODO FACTURADO ABR/2014	TOTAL A PAGAR \$ 286,320	PAGO OPORTUNO JUN/25/14	SUSPENSIÓN POR MORA	CÓDIGO PARA RECAUDO ELECTRONICO 1174833
---	---	--	----------------------------	--

CÓDIGO SUSCRIPTOR: 174833	CÓDIGO RUTA: 10346-2570-0000
DIRECCIÓN PREDIO: SECTOR 5 CASA 178	
DIRECCIÓN ENVÍO: SECTOR 5 CASA 178	
SUSCRIPTOR/USUARIO: J .A. COMUNAL VEREDA EL PABLON /	
MUNICIPIO: BUCARAMANGA	BARRIO: PABLON
URBANIZACIÓN:	ZONA:
USO: PROVISIONAL	CATEGORÍA: PILA PUBLICA

MEDICIÓN	
No. Medidor	3/4 " - CL B
Diametro	
Marca medidor	26363
Lectura Anterior	26977
Lectura Actual	614
Consumo Mes (m ³)	0
Area Común (m ²)	REAL
Tipo Consumo	

ULTIMOS CONSUMOS ACUEDUCTO
SIN PAGAR

FACTURA No. 9756109	FECHA EXPEDICIÓN: JUN/13/2014	MESES VENCIDOS: 0.00
CICLO: 01	Vr. ÚLTIMO PAGO: \$ 260,000	FECHA ÚLTIMO PAGO: JUN/10/2014

PROMEDIO HISTÓRICO M³

ACUEDUCTO	
REFERENCIA CONSUMO (\$/m ³)	\$ 1,402
REFERENCIA CARGO FIJO (\$/mes)	\$ 7,348
TASAS AMBIENTALES (\$/m ³)	\$ 5.71
CONCEPTOS	VALOR
CARGO FIJO ACUEDUCTO	\$ 7,348
CONSUMO BASICO (1-20)	\$ 28,034
CONSUMO COMPL. (21-40)	\$ 28,034
CONSUMO SUNTU. (41-614)	\$ 804,576
INTERESES X MORA ACUEDUCTO	\$ 128
AJUSTE DECENA FACTURA	\$ 5
SUBSIDIO CARGO FIJO (-70%)	-\$ 5,144
SUBSID. CONS BASICO (-70%)	-\$ 602,451
	\$ 260,530
SUBTOTAL MES	\$ 25,790
SALDO EN MORA	\$ 286,320
TOTAL ACUEDUCTO	

ALCANTARILLADO	
REFERENCIA CONSUMO (\$/m ³)	\$ 0
REFERENCIA CARGO FIJO (\$/mes)	\$ 0
T AMBIENTAL - VERTIMIENTOS (\$/m ³)	\$ 0.00
CONCEPTOS	VALOR
	\$ 0
SUBTOTAL MES	\$ 0
SALDO EN MORA	\$ 0
TOTAL ALCANTARILLADO	

ASEO	
EMAB	
FIN C.C.U.	ESPECIAL
0	0
FREC. BARRIDO	ULTIMOS COBROS
FREC. RECOLECCIÓN	Nov \$ 0
	Dic \$ 0
	Ene \$ 0
	Feb \$ 0
	Mar \$ 0
	Abr \$ 0
ULTIMOS Tdi	
ACV0000 His010000 His020000	
CONCEPTOS	VALOR
	\$ 0
SUBTOTAL MES	\$ 0
SALDO EN MORA	\$ 0
TOTAL ASEO	

ESTADO DE CUENTA FINANCIACIONES				
FECHA	CONCEPTO	VALOR CUOTA	CUOTA	SALDO

TOTAL FACTURADO POR ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y ASEO	\$ 286,320
RECAUDO OTROS PRODUCTOS Y SERVICIOS	
CONCEPTO	VALOR
TOTAL RECAUDO OTROS PRODUCTOS Y SERVICIOS	\$ 0

Caderna s.a. Nit. 890.930.534-0

ANEXO C. HOJAS DE VIDA DE EQUIPOS ELÉCTRICOS

NO APLICA	HOJA DE VIDA DE EQUIPOS ELÉCTRICOS	amb <small>ASOCIACIÓN ECUATORIANA DE MANEJADORES DE BOMBEOS ELÉCTRICOS</small>
F ME 706-017		
Rev.:0		
COORDINACIÓN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO - ELECTRÓNICO		


UBICACIÓN:

DATOS DEL EQUIPO	
NOMBRE: BOMBEO EL PABLÓN	CÓDIGO:

RELACION DE ACTIVIDADES									
FECHA			TIPO DE SERVICIO			ACTIVIDAD REALIZADA	LABORES POR REALIZAR	RESPONSABLE	
DD	MM	AA	R	M	IN				
28	03	06			X	Retiro del central de bobinados e instalación, revisión puntos calientes, y revisión de conexiones	cambio de intercambiador bombas.	Juan Carlos	
14	07	06	X			Motor 1 → Limpieza todas partes, cambio rodamientos, revisión bobinado barris dielectro mal ajuste y puesta marcha Motor 2 → Revisión	Rebobinar en malestado # 2	Javier Rog	
23	03	07	X		X	Instalación motobomba de 70HP conexión bornera el amarrador, medición de corrientes y tensión, calibración térmico puesta marcha.		Javier Rog	
05	09	07	X			Cambio bobina Klemmmechanik y Klokner, y contador, #1 #2 → 1 bobina KIONER		Juan Carlos	

TIPO DE SERVICIO: R: Reparación
M: Mantenimiento Preventivo
IN: Instalación nuevo equipo o modificación

Controla: SGC
09/10/2007

NO APLICA	HOJA DE VIDA DE EQUIPOS	
F EM 706-017		
Rev.:0		
DIVISIÓN ELECTROMECÁNICA		


UBICACIÓN: BOMBEO EL PABLÓN

DATOS DEL EQUIPO	
NOMBRE: BOMBA 1	CÓDIGO: EPBM-01

RELACION DE ACTIVIDADES								
FECHA			TIPO DE SERVICIO			ACTIVIDAD REALIZADA	LABORES POR REALIZAR	RESPONSABLE
DD	MM	AA	R	M	V			
26	04	11		X		Inspección general, ajustes y limpieza.	Pintura	Rubén D. Gómez.
28	03	12		X		Mantenimiento preventivo a motor de 30HP.	/	Rubén D. Gómez.
16	05	12	X			Revisión general a motor	/	Rubén D. Gómez.
05	10	12		X		Revisión general a las estancias de bombas.	/	Rubén D. Gómez
19	11	12		X		Cambio de válvulas de chequeo y nipples.	/	José A. Aparicio.
11	01	13		X		Cambio de rodamientos, sello mecánico, retenedores de lubricación.	/	Omar Parra.
18	06	13		X		Verificación de alineación, fugas y pruebas de funcionamiento	/	Fernando Meneses.

TIPO DE SERVICIO: R: Reparación
M: Mantenimiento Preventivo
V: Verificación

Controla: SGC
10/05/2011

NO APLICA	HOJA DE VIDA DE EQUIPOS ELÉCTRICOS	 amb <small>AGENCIA MUNICIPAL DE BARRANQUILLA S.A. S.P.A.</small>
F ME 706-017		
Rev.:0		
COORDINACIÓN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO - ELECTRÓNICO		

UBICACIÓN:

DATOS DEL EQUIPO	
NOMBRE: BOMBEO EL PABLÓN	CÓDIGO:

RELACION DE ACTIVIDADES								
FECHA			TIPO DE SERVICIO			ACTIVIDAD REALIZADA	LABORES POR REALIZAR	RESPONSABLE
DD	MM	AA	R	M	IN			
						Cambio 36 mts THW 8 AWG con manecilla de cobre 80A (6un).		
11	10	09			X	Motor # 1 → desconexión, descarte completo, retiro base, medición base instalación motor nuevo 30HP Conexión, puesta a marcha y verificación de tensiones, de p auto matico.	tanillo aceite Retiro Rex el partido cambio juego de tanillos aco- ple. Escarda motor	Javier Foy
15	10	09	X			Verificación entrada, revisión control, inicio bombeo, verificación llegada, funcionando		Julio Santos
25	10	09	X			Revisión del control, desconexión totalizada 125 Amp desaire tuberías arranque bombas	Revisión sello o chequeo de tubería de llegada al tanque.	Gonzalo O

TIPO DE SERVICIO: R: Reparación
M: Mantenimiento Preventivo
IN: Instalación nuevo equipo o modificación

Controla: SGC
09/10/2007