

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA, MANAGUA

UNAN-MANAGUA

RECINTO UNIVERSITARIO RUBEN DARIO

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIAS

DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCION

INGENIERIA CIVIL



Seminario De Graduación Para Optar Al Título De Ingeniero Civil.

“Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.”

Integrantes:

**Br. Hansel Alexander Rodríguez López
Br. Wilmer José Rivera Jirón**

Tutor:

Msc. ING. Ervin Cabrera Barahona

Asesor metodológico: Msc. Karen Acevedo Mena

Managua, Enero 2018

AGRADECIMIENTO

Agradecemos primeramente a Dios, por permitirnos culminar con éxito nuestras carreras universitarias. Por permitirnos terminar este capítulo lleno de enseñanzas, por permitirnos conocernos y trabajar juntos por tanto tiempo como amigos.

Agradecemos principalmente a nuestros padres por brindarnos la educación superior que hoy culminamos con éxito, gracias especialmente a nuestro tutor Msc Ing. Ervin Cabrera Barahona por guiarnos en la senda correcta en la culminación de este trabajo.

Gracias a nuestros profesores por la enseñanza constante en estos 5 años y el conocimiento compartido y gracias a todos aquellos que indirecta como directamente nos ayudaron en la culminación de este gran logro.

Hansel Rodríguez López

DEDICATORIA

Primeramente a Dios que estuvo siempre a mi lado en este largo camino de 5 años, por haberme dado la oportunidad de vivir este logro junto a mis seres queridos.

A mis padres:

Luis Rodríguez Úbeda en paz descanse y **Xiomara López Sánchez**, por haberme dado el don de la vida y poder disfrutar de este jubilo de haber coronado mi carrera, que con todos los sacrificios y esfuerzos que ellos hicieron para así, hoy poder lograrlo les estaré eternamente agradecido con ellos. Hoy quiero decirles que los quiero mucho y los aprecio, gracias por todo su apoyo en la trayectoria de mi vida.

A mi hijo:

Liam Francisco Rodríguez Gutiérrez por ser la razón principal del salir adelante cada día, por ser el motor que me impulsa diariamente a seguir luchando para ofrecerle un mejor futuro.

DEDICATORIA

Con todo amor y cariño a Dios que me dio la oportunidad de vivir y de regalarme una maravillosa, y darme el valor de enfrentar la vida.

A mi padre Teodoro Rivera, por tantos años de comprensión e infinita paciencia, acompañándome en el largo trayecto de mi vida diaria.

A mi madre, Sandra María Jirón, por su interminable amor y entereza, que me dio la vida y su compañía en todo momento, por darme una carrera, armas para mi futuro, por creer en mí, por su absoluto apoyo en los momentos más difíciles.

A mi esposa Maribel Rodriguez por acompañarme en los momentos más difíciles, a mi hijo Kendrick Rivera, por ser el motor que me impulsa diariamente con su amor único e incomparable, la razón por la que despierto y lucho.

A mis hermanos Bismarck Rivera y Sandra Rivera, a mi abuelo Oscar Jirón, que siempre estuvo a mi lado aconsejándome que me enseñó a hacer un hombre de bien, con principios y valores aunque no esté presente en este logro, sé que desde el cielo me está observando y a toda mi familia, incondicional en todo momento.

“Nunca consideres el estudio como una obligación, sino como una oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber”

(Albert Einstein)

Wilmer José Rivera Jirón

CONTENIDO

CAPÍTULO I: GENERALIDADES.....	1
1.1. Introducción	1
1.2. Planteamiento del problema	2
1.3. Justificación	3
1.4. Objetivos	4
CAPÍTULO II: MARCO REFERENCIAL.....	5
2.1. Antecedentes	5
2.2. Marco teórico conceptual	6
2.2.1. Diagnóstico.....	6
2.2.2. Recolección de información para el diagnóstico.....	6
☐ Funciones del diagnóstico	7
☐ Herramientas del diagnóstico	7
2.2.3. Determinación de las condiciones del terreno por medio de un estudio topográfico.....	8
☐ Equipos topográficos más comunes para realizar levantamientos topográficos.	8
☐ Estudios topográficos.....	9
2.2.4. Datos topográficos	9
2.2.5. Levantamiento topográfico.....	10
2.2.6. Criterios de diseño	10
☐ Proyección de la población	10
2.2.7. Métodos para la proyección de la población	10
2.2.8. Dotaciones y demanda de agua para consumo	13
2.2.9. Diseño de los elementos del sistema.....	17
☐ Fuente.	17
☐ Selección del equipo de bombeo	18
☐ Líneas de conducción	19
☐ Golpe de ariete.....	21
2.2.10. Modelar la red actualizada de agua potable en el software EPANET	23
2.2.11. Sectorizar la red de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote.	24
☐ El modelo computacional.....	25
2.2.12. Ventajas e inconvenientes de la sectorización	26
2.2.13. Etapas para sectorizar una red.....	27

2.2.14. Criterios de sectorización	29
CAPÍTULO III. DISEÑO METODOLÓGICO.....	30
3.1. Tipo de Investigación.....	30
3.2. Métodos y técnicas para la recolección de datos e información.....	30
3.3. Universo y Muestra	31
3.4. Plan de Análisis y procesamiento de datos e información.....	31
CAPÍTULO 4: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	32
4.1. Diagnóstico del estado actual del sistema de agua potable del casco urbano de Nagarote.....	32
4.1.1. Descripción del sistema y sus componentes.....	32
4.1.2. Fuente de Abastecimiento, Obras de Captación.....	34
4.1.3. Estación de Bombeo.....	34
4.1.4. Línea de Conducción	36
4.1.5. Red de Distribución:	38
4.2. Estado Actual de los Elementos del Sistema.....	39
4.2.1. Fuente de Abastecimiento	39
4.2.2. Tanques de Almacenamiento.....	47
4.2.3. Líneas de conducción y red de distribución	50
4.2.4. Resultados del diagnostico.....	51
4.3. Análisis de la red de distribución en epanet versión 2.0 e.....	52
4.3.1. Análisis de resultados.....	75
4.4. Propuesta de sectorización hidráulica del sistema de agua potable del casco urbano de Nagarote.....	76
4.4.1. Análisis de resultados de la sectorización hidráulica.	84
4.4.2. Análisis de resultados.....	85
☐ Evaluación económica de las propuestas.....	91
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	93
5.1. Conclusiones.....	93
5.2. Recomendaciones	94
5.3. Bibliografía	95
Anexos.....	96

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1. Introducción

El municipio de Nagarote, Departamento de León cuenta con una Población Actual de 38,054 habitantes del cual 19355 habitantes pertenecen al casco Urbano según en el censo realizado en el año 2017 proporcionados por el MINSA de Nagarote, cuenta con un sistema de agua potable, en donde el servicio es suministrado por ENACAL a través de pozos perforados que luego es bombeada hacia los tanques donde posteriormente es dirigida hacia la red de distribución. Debido a que la configuración del sistema es fuente – tanque – red. El sistema de abastecimiento de agua potable de esta ciudad se encuentra en operación, a su vez presenta continuidad ya que ofrece servicio de 24 horas al día, sin interrupciones a menos que esta misma presente algún daño en su estructura.

Con esta propuesta de sectorización, se tomó la red del casco urbano creando un sector general luego micro sectores, con el fin de reducir altas presiones en el sistema, pérdidas, ANF. Dos de los beneficios principales que conlleva sectorizar una red es controlar los caudales y las presiones, y como beneficios derivados permite medir el agua que no se contabiliza, hace más fácil en mantenimiento de las redes con fugas, permite llevar a cabo actividades de planificación con facilidad, hace que el sistema de distribución sea más eficiente, e introduce la posibilidad de implementar un control activo de fugas de una forma eficiente y obtener información sobre la cantidad de agua que no se factura en cada uno de los sectores.

El siguiente trabajo contiene 5 capítulos, el contenido de cada capítulo se describe a continuación: Capítulo I: introducción, planteamiento del problema, justificación, objetivos: general y específicos. Capítulo II: marco referencial (antecedentes, marco teórico, marco conceptual, marco legal), Capítulo III: diseño metodológico/ marco metodológico. Capítulo IV: análisis y discusión de resultados Capítulo V: conclusiones, recomendaciones, referencias y bibliografía y anexos

1.2. Planteamiento del problema

La falta de una optimización en el sistema de agua potable genera diversos problemas como el alto índice de presiones en el sistema provocando roturas en tuberías y al mismo tiempo esto ocasiona el mal aprovechamiento del vital líquido.

Además, al no encontrarse sectorizado el sistema de agua potable junto a las altas presiones que dañan las tuberías, hay un incremento en las Aguas No Facturadas (ANF) lo que a su vez conlleva a pérdidas monetarias para la empresa que distribuye el servicio, creando un alto índice de costo en mantenimiento en tuberías y accesorios de la red. Todo lo expuesto anteriormente es uno de los mayores inconvenientes porque cuando en el sistema existe alguna rotura de tubería se tiene que suspender el servicio a gran parte de la población, generando consecuencias en la población como la proliferación de enfermedades, falta de aseo personal y las personas no puede realizar sus quehaceres diarios.

La formulación del problema se plantea de la siguiente manera: ¿La optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable en el casco urbano del Municipio de Nagarote podría solucionar los problemas que presentan la comunidad en estudio?

1.3. Justificación

El proyecto de sectorización del sistema de redes de agua potable del casco urbano de municipio de Nagarote, nace en bases de una demanda para mejorar la distribución de agua potable y disminuir las ANF.

Dos de los beneficios principales que conlleva sectorizar una red es controlar los caudales y las presiones, y como beneficios derivados permite medir el agua que no se contabiliza, hace más fácil el mantenimiento de las redes con fugas, permite llevar a cabo actividades de planificación con facilidad, hace que el sistema de distribución sea más eficiente, e introduce la posibilidad de implementar un control activo de fugas de una forma eficiente y obtener información sobre la cantidad de agua que no se factura en cada uno de los sectores.

Esto a su vez, permite un mejor control sobre el sistema al proporcionar un mejor entendimiento del comportamiento del agua en el mismo. La sectorización respaldada con herramientas de simulación y monitoreo hace posible el estudio de zonas específicas, para conocer y optimizar el flujo, en diversas condiciones normales y de contingencias.

1.4. Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- ✓ Optimizar la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano municipio de Nagarote, departamento de león.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Diagnosticar el estado actual de la red de abastecimiento de agua potable.
- Modelar la situación actual de la red del sistema de agua potable del casco urbano de Nagarote.
- Proponer la sectorización de la red de agua potable del casco urbano de Nagarote.

CAPÍTULO II: MARCO REFERENCIAL

2.1. Antecedentes

El sistema de suministro de agua potable es un procedimiento de obras de ingeniería que con un conjunto de tuberías enlazadas nos permite llevar el agua potable hasta los hogares de las personas de una ciudad, municipio o área rural. En la ciudad de Nagarote en el año 2010 la Empresa Nacional de Acueductos y Alcantarillado, ENACAL, Gobierno Central y Alcaldía Municipal desarrollaron el proyecto estudios y diseños del sistema de agua potable en el municipio de Nagarote, donde se realizaron perforaciones de pozos, construcción de tanques, rehabilitación y ampliación de la red.

En la rehabilitación y ampliación de este sistema en el año 2010, se realizó una visita de campo en todo sistema general el cual se realizó un diagnóstico y se detectó que la red no estaba sectorizada, debido a esto la red presenta altas presiones, es por ello que se propuso realizar una propuesta de sectorización. Se consultó Monografías y Tesis relacionadas con el tema en estudio tomándose como base para la realización del Diagnóstico y sectorización hidráulica.

Vega, Óscar (2012). *Herramientas de ayuda a la sectorización de redes de abastecimiento de agua basadas en la teoría de grafos aplicando distintos criterios*. Tesis para optar al grado de Máster en Ingeniería Sanitaria. El objetivo de esta tesis fue introducir nuevas mejoras y modificaciones a los algoritmos para el diseño de sectores hidrométricos, la principal finalidad de esta tesis fue demostrar que con el método de sectorización se lograra disminuir presiones, pérdidas unitarias, velocidades, etc., en cualquier tipo de red de abastecimiento de agua potable.

Aguilar, Rosa. Y Obando, Francisco. (2010) *Mejoramiento y Ampliación del Sistema de Abastecimiento de agua potable en la comarca Monótono – la paz centro*. Monografía para optar al título de Ingeniero Civil. El objetivo principal de esta tesis fue Mejorar y ampliar el sistema de abastecimiento de agua potable en la Comarca de Momotombo, Municipio La Paz Centro, al momento de modelar la red en epanet obtuvieron velocidades menores al rango establecido, propusieron instalar 5 válvulas de limpieza para que los sedimentos no obstaculicen el flujo del agua.

2.2. Marco teórico conceptual

2.2.1. Diagnóstico

Según, Romero, P. (s.f. p.7) “Implica tanto un proceso de recolección y análisis de información secundaria así como primaria”. La secundaria provendrá de documentos de análisis existente sobre el contexto nacional y específicamente sobre el ámbito territorial donde se pretende llevar adelante uno o varios proyectos de desarrollo.

En el proceso investigativo hay un aspecto de vital importancia y es la recopilación de información. Es preciso que para tal efecto la información recopilada provenga de fuentes confiables y sea de total veracidad.

Un trabajo de esta índole no debe delegarse como cualquier otra tarea, ya que los diversos datos obtenidos durante esta actividad conllevaran a buen término la realización y credibilidad de esta investigación. (Bernal, C. 2006).

2.2.2. Recolección de información para el diagnóstico

En este sentido, se deberá construir una imagen clara del contexto territorial recopilando información secundaria de carácter global que servirá también para tomar decisiones en otras fases del ciclo del proyecto. Es evidente que el diagnóstico y la recopilación de información se realizan considerando un ámbito territorial delimitado, sin embargo, se deberán considerar los datos y la información que existen más allá de los límites territoriales especificados y que tienen relación con nuestra área delimitada, por ejemplo, información de la normativa nacional que afecta a lo local.

➤ **Pasos para realizar un diagnóstico**

1. Observación
2. Descripción (es necesario un lenguaje).
3. Clasificación.
4. Agrupación.
5. Identificación de relaciones significativas.
6. Observación crítica de los atributos (características).
7. Selección de unas prioridades.
8. Desarrollo de un criterio.
9. Desarrollo de una clasificación.
10. Diagnóstico.

(Aguilar, Rosa y Obando, Francisco, 2010)

➤ **Funciones del diagnóstico**

Se puede decir que el diagnóstico presenta tres funciones en relación al campo de actuación, con la metodología, y con la profesión.

➤ **Funciones del diagnóstico en relación con el campo de actuación**

- Marca la dirección específica para la actuación.
- Delimita la actuación.
- Proporciona el objetivo.

(Aguilar, Rosa y Obando, Francisco, 2010)

➤ **Herramientas del diagnóstico**

Para el diagnóstico de este proyecto, se requerirá de instrumentos como encuestas, cuestionarios entre otros para determinar la situación económica y social, así como, cultural de la zona; elaborándose materiales y herramientas de diagnóstico de interés para el levantamiento de datos.

2.2.3. Determinación de las condiciones del terreno por medio de un estudio topográfico.

➤ **Equipos topográficos más comunes para realizar levantamientos topográficos.**

➤ **Teodolito electrónico:**

Es la versión del teodolito óptico, con la incorporación de electrónica para hacer las lecturas del círculo vertical y horizontal, desplegando los ángulos en una pantalla eliminando errores de apreciación, es más simple en su uso, y por requerir menos piezas es más simple su fabricación y en algunos casos su calibración. (Pérez, Wilber, 2013)

Las principales características que se deben observar para comparar estos equipos hay que tener en cuenta: la precisión, el número de aumentos en la lente del objetivo y si tiene o no compensador electrónico. (Pérez, Wilber, 2013)

➤ **Estación total:**

Se denomina estación total a un aparato electro-óptico utilizado en topografía, cuyo funcionamiento se apoya en la tecnología electrónica. Consiste en la incorporación de un distanciómetro y un microprocesador a un teodolito electrónico.

Algunas de las características que incorpora, y con las cuales no cuentan los teodolitos, son una pantalla alfanumérica de cristal líquido (LCD), leds de avisos, iluminación independiente de la luz solar, calculadora, distanciómetro, trackeador (seguidor de trayectoria) y en formato electrónico, lo cual permite utilizarla posteriormente en ordenadores personales.

Vienen provistas de diversos programas sencillos que permiten, entre otras capacidades, el cálculo de coordenadas en campo, replanteo de puntos de manera sencilla y eficaz y cálculo de azimutes y distancias. (Pérez, Wilber, 2013)

➤ **Navegadores GPS**

Estos son más para fines recreativos y aplicaciones que no requieren gran precisión, consta de un dispositivo que cabe en la palma de la mano, tienen la antena integrada, su precisión puede ser de menor a 15 metros, pero si incorpora el sistema WAAS puede ser de menor a 3 metros.

➤ **Estudios topográficos**

El estudio topográfico es una de las partes esenciales en la realización de cualquier proyecto, por lo que en esta ocasión es necesario el conocimiento del relieve en la locación de estudio, pues de ello dependen ciertos criterios de diseño del SAAP. (B.E., 2001).

Se necesitan conocer las alturas de los nodos para la red de distribución, y la determinación de las alturas de pozo-bomba-tanque, por lo que es preciso saber si se puede diseñar el Sistema de Abastecimiento de Agua Potable, por gravedad o por bombeo.

2.2.4. Datos topográficos

👉 Plano topográfico con curvas de nivel a escala 1:5000, y equidistancia entre curvas de nivel a un metro.

- 👉 Localización de la fuente de abastecimiento
- 👉 Localización del sitio para el tanque de almacenamiento
- 👉 Alturas sobre el nivel del mar (elevaciones) de cada nodo.
- 👉 Distancias entre nodos.
- 👉 Pendientes de las tuberías.

2.2.5. Levantamiento topográfico

Considerado para identificar y trazar la red de abastecimiento, involucrando la red de conducción de pozo a tanque de almacenamiento, así como, la red de distribución desde el tanque hacia las instalaciones domiciliarias. De esta forma, elegir el tipo de configuración que tendrán los acueductos, para ello, es necesario contar con información planimetría y altimétrica, para realizar los trazos de la red y determinar la ubicación de las estructuras e instalaciones necesarias.

2.2.6. Criterios de diseño

➤ Proyección de la población

Es necesario determinar las demandas futuras de una población para prever en el diseño las exigencias, de las fuentes de abastecimiento, líneas de conducción, redes de distribución, equipos de bombeo, planta de potabilización y futuras extensiones del servicio. Por lo tanto, es necesario predecir la población futura para un número de años, que será fijada por los períodos económicos del diseño. Normas técnicas para el diseño de abastecimiento y potabilización del agua (Enacal, NTON 09 003-99).

2.2.7. Métodos para la proyección de la población

➤ Método aritmético

Este método se aplica a pequeñas comunidades en especial en el área rural y a ciudades con crecimiento muy estabilizado y que posean áreas de extensión futura casi nulas. (Enacal, NTON 09 003-99).

➤ Tasa de crecimiento geométrico

Este método es más aplicable a ciudades que no han alcanzado su desarrollo y que se mantienen creciendo a una tasa fija y es el de mayor uso en Nicaragua. Se recomienda usar las siguientes tasas basándose en el crecimiento histórico. (Enacal, NTON 09 003-99).

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

- 1) Ninguna de las localidades tendrá una tasa de crecimiento urbano mayor de 4%
- 2) Ninguna de las localidades tendrá una tasa de crecimiento urbano menor del 2.5%
- 3) Si el promedio de la proyección de población por los dos métodos adoptados presenta una tasa de crecimiento:
 - a) Mayor del 4%, la población se proyectará en base al 4%, de crecimiento anual.
 - b) Menor del 2.5% la proyección final se hará basada en una tasa de crecimiento del 2.5%.
 - c) No menor del 2.5%, ni mayor del 4%, la proyección final se hará basada en el promedio obtenido. (Enacal, NTON 09 003-99).

Para el cálculo de la población en este método se utilizara la siguiente ecuación:

$$P_{proy} = P_o(1 + r)^n$$

Ecuación # 1

Dónde:

P_{proy}= población proyectada

P_o= población inicial

r= tasa de crecimiento

n= vida útil del proyecto.

➤ Tasa de crecimiento a porcentaje decreciente

Este método es aplicable a poblaciones que por las características ya conocidas se le note o constate una marcada tendencia a crecer a porcentaje decreciente. (Enacal, NTON 09 003-99).

➤ **Método gráfico de tendencia**

Consiste en dibujar en un sistema de coordenadas, que lleva por abscisas años y por ordenadas las poblaciones, los datos extractados de censos pasados y prolongar la línea definida por esos puntos de poblaciones anteriores, siguiendo la tendencia general de esos crecimientos hasta el año para el cual se ha estimado necesario conocer la población futura. (Enacal, NTON 09 003-99).

➤ **Método gráfico comparativo**

Consiste en seleccionar varias poblaciones que hayan alcanzado en años anteriores la población actual de la localidad en estudio cuidando que ellas muestren características similares en su crecimiento. Se dibujan, a partir de la población actual, las curvas de crecimiento de esas poblaciones desde el momento en que alcanzaron esa población y luego se traza una curva promedio a la de esos crecimientos. Este método, en general, da resultados más ajustados a la realidad. (Enacal, NTON 09 003-99).

➤ **Método por porcentaje de saturación**

Este método (“The Logistic Grid”) trata de determinar la población de saturación para un lugar determinado, luego de conocer sus tasas de crecimiento para varios períodos de tiempos anteriores. Conociendo esa población de saturación, se determinan los porcentajes correspondientes de saturación, basado en las poblaciones de los censos anteriores.

Se construye luego sobre un papel especial de coordenadas “Logistic Grid”, que tiene por abscisas los lapsos de tiempo en años y por ordenadas los tantos por cientos de saturación de la población para esos lapsos de tiempos anteriores.

Se prolonga luego esa línea hasta el año para el cual se desea conocer la nueva población, determinando por intercepción, qué porcentaje de saturación habrá adquirido la población para ese año. Se multiplica ese porcentaje, expresado en

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

decimal, por la población de saturación y se obtiene la población futura para el número de años en el futuro acordados en el diseño. (Enacal, NTON 09 003-99)

2.2.8. Dotaciones y demanda de agua para consumo

➤ Dotaciones

Para determinar las cantidades de agua que se requiere para satisfacer las condiciones inmediatas y futuras de las ciudades o poblaciones proyectadas, se recomienda usar los valores de consumo medio diario contenido en las tablas 1 y 2 para el diseño del sistema de agua potable. (Enacal, NTON 09 003-99).

➤ Consumo doméstico

Para la ciudad de Managua

Se usarán las cifras contenidas en la Tabla siguiente.

Tabla #1. Dotaciones de agua para la ciudad de Managua.

DOTACIONES DE AGUA

Clasificación de barrios	Dotación	
	g/hab/día	L/hab/día
Asentamientos progresivos	10	38
Zonas de máxima densidad y de actividades mixtas.	45	170
Zonas de alta densidad	40	150
Zonas de media densidad	100	378
Zonas de baja densidad	150	568

Fuente: Normativa técnica para diseño de abastecimiento de agua potable de ENACAL

➤ **Clasificación de los barrios**

a- Asentamientos progresivos

Son unidades de viviendas construidas con madera y láminas, frecuentemente sobre un basamento de concreto. Estos barrios no tienen conexiones privadas en la red de agua potable, pero se abastecen mediante puestos públicos. (Enacal, NTON 09 003-99).

b- zonas de máxima densidad y de actividades mixtas

Las viviendas avecinan talleres y pequeñas industrias en un tejido urbano heterogéneo. En términos de superficie, las viviendas ocupan un promedio del 65% del área total del terreno y todas están conectadas a la red de agua potable. (Enacal, NTON 09 003-99).

c- Zonas de alta densidad

En los núcleos de viviendas de estas zonas se encuentran construcciones de todo tipo, desde la más sencilla hasta casas de alto costo pero en lotes con dimensiones y áreas homogéneas (150 m^2 a 250 m^2). Casi todas las viviendas están conectadas a la red de agua potable. (Enacal, NTON 09 003-99).

d- Zonas de media densidad

Se trata de viviendas de buen nivel de vida con áreas de lotes que varían entre los 500 m^2 y 700 m^2 . Todas están conectadas a la red de agua potable. (Enacal, NTON 09 003-99).

e- Zonas de baja densidad

Son áreas de desarrollo con viviendas de alto costo y de alto nivel de vida construidas en lotes con área mínimas de 1.000 m^2 . Todos conectados a la red de agua potable. (Enacal, NTON 09 003-99).

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

Para las ciudades de otras partes del país:

Tabla # 2: Dotaciones de agua para el resto del país.

DOTACIONES DE AGUA

Rango de población	Dotación	
	g/hab/día	L/hab/día
0 - 5.000	20	75
5.000 - 10.000	25	95
10.000 - 15.000	30	113
15.000 - 20.000	35	132
20.000 - 30.000	40	151
30.000 - 50.000	45	170
50.000 - 100.000 y más	50	189

Fuente: Normativa técnica para diseño de abastecimiento de agua potable de ENACAL

➤ Consumo comercial, industrial y público.

Tabla # 3: consumos comercial, industrial y público para la ciudad de Managua.

Se usarán las cifras contenidas en la Tabla siguiente:

Consumo	Dotación	
	g/ha/día	L/ha/día
Comercial	25.000	94.625
Público o institucional	De acuerdo a desarrollo de población.	
Industrial		

Fuente: Normativa técnica para diseño de abastecimiento de agua potable de ENACAL.

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

Tabla # 4: Para las ciudades y localidades del resto del país

Se usarán los porcentajes de acuerdo a la dotación doméstica diaria.

Consumo	Porcentaje
Comercial	7
Público o institucional	7
Industrial	2

Fuente: Normativa técnica para diseño de abastecimiento de agua potable de ENACAL.

➤ **Factores de máximas demandas**

Estas variaciones del consumo estarán expresadas en porcentajes de las demanda promedio diario de la manera siguiente:

a.- Demanda del máximo día

Será igual al 130% de la demanda promedio diaria para la ciudad de Managua. Para las otras localidades del resto del país, este parámetro estará entre el 130% a 150%.

b.- Demanda de la hora máxima

Para la ciudad de Managua el factor será igual al 150% de la demanda del día promedio, y para las localidades del resto del país, será igual al 250% del mismo día.

c- Pérdidas en el sistema

Parte del agua que se produce en un sistema de agua potable se pierde en cada uno de sus componentes. Esto constituye lo que se conoce con el nombre de fugas y/o desperdicio en el sistema. Dentro del proceso de diseño, esta cantidad de agua se puede expresar como un porcentaje del consumo del día promedio. En el caso de Nicaragua, el porcentaje se fijará en un 20%.

2.2.9. Diseño de los elementos del sistema.

Un sistema de abastecimiento de agua potable es donde el agua es bombeada hacia un tanque de almacenamiento ubicado a una altura tal que permite distribuirla por gravedad a los usuarios.

Las principales ventajas de estos sistemas es que permiten impulsar el agua hasta cualquier nivel necesario para brindar el servicio a la localidad, además de que el agua proveniente de fuentes subterráneas suele tener bajo contenido de Coliforme, por lo que la desinfección es menos exigente; su principal desventaja es que requiere de energía eléctrica para hacer funcionar el equipo de bombeo. (Enacal, NTON 09 003-99).

Una red de abastecimiento de agua potable, se compone de los siguientes elementos: Fuente de abastecimiento (generalmente un pozo perforado), estación de bombeo, línea de conducción, depósito y red de distribución

➤ **Fuente.**

La fuente de abastecimiento para el suministro de agua potable, constituye el elemento más importante de todo el sistema, por tanto debe estar lo suficientemente protegida para cumplir dos propósitos fundamentales. (Cabrera, E. 2014)

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

- Suministrar agua en cantidad suficiente para abastecer la demanda de la población durante el período de diseño considerado.
 - Mantener las condiciones de calidad necesarias para garantizar la potabilidad de la misma.

Los pozos perforados se construyen cuando no es posible excavar un pozo a mano y está en dependencia de la formación geológica, particularmente cuando el terreno es rocoso o donde el acuífero se encuentre muy profundo, mayor de 40mts. Para que un pozo perforado sea considerado como una fuente potencial a ser explotada en un MABE, las (NTON 09001-99 sección 5.3.3.) establecen los siguientes criterios de aceptación:

- El caudal de explotación será obtenido a través de una prueba de bombeo de un mínimo de 24 horas a caudal constante y de una prueba a caudal variable con mínimo de cuatro etapas de una hora cada una. La recomendación del caudal máximo de explotación se hará de acuerdo al análisis de la prueba.
- El caudal de explotación de bombeo estará en función de un período de bombeo mínimo de 12 horas y un máximo de 16 horas.
- El caudal máximo recomendado de la explotación de un pozo deberá ser igual o superior a 1.5 del consumo día promedio.

Los equipos de bombeo se seleccionan para un periodo inicial de 5 a 10 años, mientras que los diámetros de las tuberías de impulsión y succión se determinan con base en el caudal necesario para el periodo de diseño final.

➤ **Selección del equipo de bombeo**

Conociendo la altura a vencer por la bomba (H_b) y el caudal que debe suministrar la misma (Q), se selecciona de entre los equipos de bombeo ofrecidos por catálogo aquel modelo que presente una curva característica que trabaje en un rango de altura y caudal lo más parecido posible a los valores calculados. Del catálogo se

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

obtienen las especificaciones de la bomba seleccionada, que incluye: velocidad de giro (n), diámetro del orificio de la bomba (d), potencia (P) y eficiencia (N).

➤ **Potencia hidráulica de la bomba**

$$PB = Q * CTD / 3960 * e \text{ ecuación \# 2}$$

Dónde:

PB: Potencia de la bomba (HP).

Q: CMD (gpm). CTD: Carga total dinámica (pie).

e: Eficiencia de la bomba (para efectos del cálculo teórico se estima en un 70%).

➤ **Potencia del motor**

Se tiene que considerar por norma se debe emplear un factor de 1.15 para calcular la potencia necesaria del motor en base a la potencia neta demandada por la bomba. Este factor cubre ampliamente las pérdidas mecánicas por fricción en el eje y cabezal de descarga de la bomba.

$$PM = 1.15 * PB \text{ (14)}$$

PB: Potencia hidráulica de la bomba (HP).

PM: Potencia del bombeo (HP)

➤ **Líneas de conducción**

La línea de conducción es el conjunto de ductos, obras de arte y accesorios destinados a transportar el agua procedente de la fuente de abastecimiento, desde la captación hasta la comunidad, formando el enlace entre la obra de captación y la red de distribución. Para su dimensionamiento deberá considerarse los siguientes aspectos:

- Se dimensionará para la condición del consumo de máximo día al final del período de diseño (CMD=1.5 CPD, más las pérdidas).

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

- La tubería de descarga deberá ser seleccionada para resistir las presiones altas, y deberán ser protegidas contra el golpe de ariete instalando válvulas aliviadoras de presión en las vecindades de las descargas de las bombas.

➤ Cálculo del Diámetro económico.

$$\varnothing_{\text{econ}} = 0.9 \cdot Q^{0.45} \quad \text{ecuación \# 3}$$

➤ Velocidad

La velocidad en la línea de conducción es calculada a partir de la ecuación de continuidad, que se expresa como sigue:

$$V = 4Q / \pi \varnothing^2 \quad \text{ecuación \# 4}$$

$$0.6 \text{ m/s} < V < 1.5 \text{ m/s}$$

Este límite es una medida para limitar los efectos del golpe de ariete que se pueda presentar en el sistema de bombeo.

➤ Pérdidas

Para el cálculo hidráulico, las pérdidas por fricción se determinarán por el uso de la fórmula de Hazen - Williams, donde se despeja la gradiente hidráulica.

$$H L = S = 10.549 Q^{1.85} C^{1.85} / D^{4.87} \quad \text{ecuación \# 5}$$

Dónde:

H: Pérdida de carga en metros.

L: Longitud en metros.

S: Pérdida de carga en m/m.

Q: CMD en m³ /seg.

D: Diámetro en metros.

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

C: Coeficiente de Hazen-Williams, en dependencia del tipo de tubería.

➤ **Golpe de ariete**

Se denomina golpe de ariete al choque violento que se produce sobre las paredes de un conducto forzado, cuando el movimiento del líquido es modificado bruscamente. (Enacal, NTON 09 003-99).

El mecanismo del golpe de ariete es el siguiente: Inicialmente la tubería conduce el agua en condiciones normales a una velocidad V .

Idealizando el flujo como una serie de láminas, en el momento del cierre de la válvula: La lámina contigua a la válvula se comprime y convierte su energía de velocidad en energía de presión, causando la dilatación de la tubería en un punto, y una dilatación elástica de la lámina.

Lo mismo sucede con las láminas aguas arriba (2,3,...n), y se produce una onda de sobrepresión en la dirección de aguas arriba.

Al llegar la onda de sobrepresión a la última lamina (lamina n contigua al tanque), esta tiende a salir de la tubería con una velocidad igual en magnitud pero de sentido contrario a la que tenía el agua antes de interrumpirse el flujo (V).

Como la extremidad inferior está cerrada, se produce una depresión interna de las láminas y se genera una onda de depresión de magnitud igual a la onda de sobrepresión, la cual se propaga en la dirección de aguas abajo.

El tiempo que la lámina 1, contigua a la válvula, ha permanecido en estado de sobrepresión es:

$$T = 2L/C \quad \text{ecuación \# 6}$$

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

Dónde:

L: Longitud hasta el depósito (m).

C: Velocidad de propagación de la onda o celeridad (m/s).

T: Fase o periodo de cierre (s).

Si la maniobra es rápida, la válvula quedará completamente cerrada antes de comenzar a actuar la onda de depresión.

$$T < 2L/C \text{ sobrepresion maxima}$$

Si el tiempo de cierre es lento, la onda de depresión llegará a la válvula antes de que se halle está completamente cerrada.

$$T > 2L/C \text{ maniobra lenta}$$

En el caso de una maniobra rápida ($T < 2L/C$), la sobrepresión máxima será:

$$G. A = CV/g \text{ ecuación \# 7}$$

Dónde:

G.A: sobrepresión (m).

V: velocidad media del agua (m/s).

C: Celeridad (m/s).

g: aceleración de la gravedad (m/s²).

El valor de la celeridad se calcula mediante fórmula de Allievi:

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

$$C = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + K \frac{D}{e}}}$$

Ecuación # 8

Dónde:

C: Celeridad o velocidad de la onda de compresión o de succión (m/s).

D: Diámetro de la tubería (m).

e: Espesor de los tubos (m).

K: Coeficiente que tiene en cuenta los módulos de elasticidad (adimensional).

Material de la tubería	K
Acero	0.5
Hierro fundido	1.0
Concreto	5.0
Asbesto-cemento	4.4
Plástico	18.0

Tabla #5: Coeficiente que tiene en cuenta los módulos de elasticidad

Fuente: López, R. A. (1999). *Diseño de acueductos y alcantarillados*. (2ª ed.). Bogotá, Colombia: Alfa y Omega.

2.2.10. Modelar la red actualizada de agua potable en el software EPANET

Epanet es un software libre, desarrollado por la EPA (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos), que realiza simulaciones del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de tuberías a presión. Está diseñado para el uso con sistemas de distribución de agua potable, aunque en general puede ser utilizado para el análisis de cualquier fluido no compresible con flujo a presión. (Vega, O. 2012)

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

También permite seguir la evolución del flujo del agua en las conducciones, de la presión en los nudos de demanda, del nivel del agua en los depósitos y de la concentración de cualquier sustancia a través del sistema de distribución durante un periodo prolongado de simulación. Además de las concentraciones, permite también determinar los tiempos de permanencia del agua en la red y su procedencia desde los distintos puntos de alimentación.

Se trata de una herramienta de investigación que mejora nuestro conocimiento del movimiento y destino del agua potable y sus constituyentes en una red de aguas.

El programa permite realizar análisis hidráulicos de redes de tuberías a partir de las características físicas de las tuberías y dinámicas de los nudos (consumos) para obtener la presión y los caudales en nudos y tuberías respectivamente. Adicionalmente, EPANET permite el análisis de calidad de agua a través del cual es posible determinar el tiempo de viaje del fluido desde las fuentes (depósitos y embalses), hasta los nudos del sistema.

Entre los elementos que puede simular el programa se encuentran fundamentalmente tuberías, nudos, depósitos, embalses y adicionalmente permite utilizar elementos más complejos como bombas y válvulas.

Después de que se recalculen los elementos de diseño de la red de abastecimiento de agua potable se procederá a modelarla en EPANET para corroborar que todo se encuentre bien dentro de la red, como por ejemplo ver que no hallan pérdidas, las presiones se encuentren bien, la velocidades, etc. (Vega, O. 2012)

2.2.11. Sectorizar la red de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote.

Uno de los problemas de tener que mejorar las condiciones hidráulicas de redes en servicio, que pueden ser redes que no fueron diseñadas bajo el óptimo, o aun habiendo sido diseñadas bajo criterios óptimos, por algún cambio debido al crecimiento de la población han perdido su eficiencia.

Si quiere mejorar las condiciones de un sistema de suministro de agua en servicio existen dos alternativas: la primera es la gestión de presiones sobre la red mediante la instalación de controles de presión en puntos estratégicos, con lo cual se busca disminuir el nivel de pérdidas de agua por fugas y extender la vida de las tuberías; la segunda alternativa mide la forma cómo la red reaccionará ante la falla de alguno de sus elementos para así determinar cuáles son los elementos más débiles y proponer su intervención, mejorando la respuesta de la red. (Vega, O. 2012)

En el primer caso, una manera de realizar la gestión de presiones es dividiendo físicamente la red en sectores hidráulicos independientes, controlados mediante válvulas reguladoras de presión, metodología que a nivel mundial ha demostrado ser una forma eficiente de disminuir las pérdidas de agua causadas por la presencia de fugas. Sin embargo, y debido a esta división, la sectorización al parecer reduce la respuesta de una red ante el fallo de uno de sus elementos, haciéndola más vulnerable.

Para gestionar eficientemente un sistema de abastecimiento de agua potable, es necesario que su tamaño sea adecuado con el fin de poder analizar su comportamiento a un nivel de detalle que permita focalizar acciones correctoras y establecer objetivos de mejora de la gestión. Muchos investigadores e ingenieros de campo han aportado distintos criterios a la hora de dividir una red en pequeños sectores, facilitando de esta manera el manejo del sistema por áreas. Para ello, es necesario caracterizar una red de distribución como una entidad que puede ser recorrido y explorado. Las que han sido utilizadas para crear la herramienta que permita dividir la red en pequeñas áreas o sectores (Vega, O. 2012).

➤ **El modelo computacional**

Para analizar las posibles alternativas de sectorización se requiere de la implementación de un modelo computacional que represente la situación actual de la red simulada (para fines de diagnóstico) y los posibles efectos de una sectorización u

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

otras soluciones hidráulicas. Posteriormente se harán mediciones de presión en nudos ubicados estratégicamente en el interior de cada sector. (Vega, O. 2012)

Con ayuda del modelo simulado, se analizará en primera instancia si es necesario modificar las válvulas fronteras, y si se requiere la instalación de válvulas adicionales para asegurar el aislamiento buscado. Seguidamente se revisará que la presión al interior de cada sector sea suficiente para dar un buen servicio a los usuarios y que a su vez no llegue a ser tan alta que cause daños a la red y en consecuencia la generación de fugas.

La ubicación de las fuentes y los depósitos también juegan un papel importante en la sectorización final, con el propósito de ahorrar energía (horas de funcionamiento de las bombas). En ello también pueden influir las tarifas eléctricas. Es importante detectar a los altos consumidores de cada sector, para así tenerlos en cuenta en la modelación de la red.

Una sectorización puede llegar a no ser correcta debido a los malos datos de partida; por ejemplo las cotas de los nudos de presión, diámetros o rugosidades, que hacen que las presiones en los nudos puedan verse modificados para agrupar nudos en un mismo sector; o debido a que el modelo de red ha sido mal elaborado o que la calibración (ajuste) no haya sido del todo correcta.

2.2.12. Ventajas e inconvenientes de la sectorización

Entre las ventajas destacamos:

- Mejora la gestión de la red y su eficiencia hídrica
- Permite realizar balances hídricos periódicamente
- Facilita la evaluación del caudal circulante en cada sector y por ende el nivel de fugas, sobre todo en períodos nocturnos
- Se reduce el área de inspección para la detección y localización de anomalías

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

- Mejora el control y seguimiento del estado de la red al poder efectuar auditorías aisladas en cada sector. Esto es, como estrategia de mejora del rendimiento orientado en la búsqueda de fugas en aquellos sectores en peor estado, optimizando la eficiencia de los recursos destinados a tal fin.

Entre las desventajas citamos:

- Disminuye la garantía de suministro respecto a las redes totalmente malladas, ya que una rotura en los puntos de alimentación al sector dejaría sin servicio a todo el sector. Para subsanar este inconveniente es recomendable que el sector esté preparado para poderse alimentar desde otras entradas alternativas que en condiciones normales permanezcan cerradas.
- Aumentan los tiempos de permanencia del agua en la red, lo cual es perjudicial desde el punto de vista de la calidad de la misma. Esto se debe a que aumenta el recorrido que el agua debe hacer hasta llegar al abonado final, ya que las redes adoptan una tipología más ramificada. (Vega, O. 2012)

2.2.13. Etapas para sectorizar una red

Físicamente la sectorización se realiza cerrando válvulas, mediante cortes en ciertos tramos, o con el reemplazo de tuberías nuevas que permitan una mejor redistribución del flujo de la red. Los límites del distrito hidrométrico deben coincidir, siempre que sea posible, con divisiones naturales como grandes avenidas, líneas férreas, carreteras, ríos, etc.

Sectorizar una red de forma inadecuada puede acarrear problemas de abastecimiento y de calidad. Es por ello, que primeramente hay que hacer una revisión de la infraestructura de producción de la red. La sectorización final es específica para las condiciones hidráulicas y de calidad de cada red. (Vega, O. 2012)

Muchos autores recomiendan empezar por las tuberías de transporte y de ahí continuar con las tuberías de distribución. El objetivo es tener separados los sectores

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

hidrométricos respecto de las tuberías de transporte, mejorando el control de la red sin afectar la flexibilidad a la hora de establecer posteriormente las DMAs, y abaratando el coste en la compra de caudalímetros a instalar en diámetros de tubería de menor tamaño. (Vega, O. 2012)

- Las etapas a seguir para sectorizar una red son:

1. Implementar un modelo computacional que represente la situación actual de la red simulada (para fines de diagnóstico) y los posibles efectos que conlleve sectorizar la red u otras soluciones hidráulicas.
3. Llevar a cabo propuestas de ubicación de caudalímetros y válvulas de corte. El distrito hidrométrico deberá tener el menor número de entradas y salidas, preferentemente una entrada única, y como mucho una salida.
3. Simulada la propuesta en condiciones actuales, revisar el cumplimiento de las demandas y las presiones en el interior de cada sector que sea suficiente para dar un buen servicio a los usuarios y que a su vez no llegue a ser tan alta que propicie daños a la red y en consecuencia la generación de fugas. En caso de existir excesos de presión en ciertos sectores se podrán añadir válvulas reductoras de presión en aquellas zonas que se requiera
4. De no cumplir la propuesta inicial se realizarán modificaciones en la localización de las válvulas de corte; asimismo, se podrán añadir otras válvulas adicionales para asegurar el aislamiento buscado.
5. Cada sector hidrométrico obtenido deberá considerar las situaciones de emergencia como: labores de mantenimiento, fallos, etc., de tal manera que sea posible abastecer parcial o totalmente el sector afectado con una fuente de abastecimiento, aun cuando no sea posible asegurar el gasto, presión y continuidad en el servicio.

6. De la propuesta seleccionada y puesta en marcha en el terreno, se deberán hacer pruebas in situ para comprobar el aislamiento real del sector y efectuar mediciones de presión en nudos ubicados estratégicamente en del mismo. (Vega, O. 2012)

2.2.14. Criterios de sectorización

Para poder dividir una red en pequeños sectores es necesario aplicar ciertos criterios, entre ellos: la topografía del terreno, la localización e influencia de tanques de almacenamiento y regulación, zonas de presión, divisiones naturales de la red tales como vías de ferrocarril, grandes avenidas, ríos, barrancos, así como la geometría de la red y las políticas de operación.

No todos los criterios de sectorización siguen motivos netamente hidráulicos; algunos se enfocan sobre alguna evaluación económica, por ejemplo mantener un balance en el costo de las obras de sectorización y detección de fugas contra el ahorro de agua esperado. Otros tienen un carácter comercial, como dividir por estratos socioeconómicos.

La ubicación de las fuentes y los depósitos también juegan un papel importante en la sectorización final, con el propósito de ahorrar energía (horas de funcionamiento de las bombas). En esto también puede influir la tarifa de agua.

Los criterios utilizados en el presente trabajo para dividir una red de abastecimiento en sectores ha sido: microsectores de menos de 3 km cuadrados de superficie, el número máximo de abonados, demanda máxima, longitud de red y estratos de presión. Este último criterio, los sectores generados responderían a los estratos de presión propios de la red objeto de estudio. (Vega, O. 2012)

CAPÍTULO III. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de Investigación

De acuerdo con Piura López, J. (2006); el proceso investigativo en esta propuesta de proyecto, corresponde a un estudio de tipo Cuantitativo-Correlacional porque se recolectaron datos cuantitativos (presiones, caudales, etc.) y Correlacional porque se usaron la correlación entre variables dependientes e independientes, para definir estas últimas.

3.2. Métodos y técnicas para la recolección de datos e información

Fase 1 Diagnóstico del SAP actual: para la realización de esta fase se realizaron consultas bibliográficas en biblioteca central Unan-Managua para poder obtener la información de cómo realizar un diagnóstico, además de visitas en distintas ocasiones tanto a Enacal León como a Enacal-Nagarote para realizar consultas de configuración del sistema: diámetro de tuberías, sarta, longitudes, tanque, característica y estado actual de los equipos de bombeo, esta información fue obtenida por medio de fichas técnicas proporcionada por esta entidad. Se visitó MINSA-Nagarote para obtención de censo poblacional 2017, información proporcionada por medio de fichas de registro.

Fase 2 Modelo hidráulico del SAP actual: la empresa prestadora del servicio facilitó el estudio topográfico de la ciudad, los planos en AutoCAD de la red actual, la información fue obtenida por medio de ficha de registro. Para el cálculo de la demanda base de cada nodo se utilizó el método de tributación de tuberías la cual se requirió información poblacional del sitio proporcionado por Minsa-Nagarote levantada por ellos por encuesta, la dotación de consumo de agua según normativa de Enacal y luego con esta información se montó la red en el software EPANET.

Fase 3 Propuestas de sectorización: para las propuestas de sectorización se siguieron criterios contenidos en la bibliografía para maestría “Herramientas de

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

ayuda para la sectorización de redes de abastecimiento de agua potable” (Vegas, O. 2012.), detallados en el marco teórico. Una de las alternativas propuesta y adoptada en el estudio fue la división de la red del casco urbano en micro sectores, utilizando válvulas de compuertas para la disminución de presiones en el sistema.

3.3. Universo y Muestra

El universo de esta investigación será el Departamento de León, y la muestra será el casco urbano del municipio de Nagarote.

3.4. Plan de Análisis y procesamiento de datos e información

Para el procesamiento de datos se utilizaron los programas EXCEL y EPANET, con Excel se procesó la topografía que esta a su vez fue utilizada en el mismo programa para calcular los caudales nodales de la red del SAP, y longitudes entre tuberías. Con los datos anteriores procesados en Excel, se ingresaron los valores obtenidos en el programa Epanet, antes de este paso se tuvo que dibujar la red del SAP en dicho programa.

CAPÍTULO 4: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Diagnóstico del estado actual del sistema de agua potable del casco urbano de Nagarote.

4.1.1. Descripción del sistema y sus componentes

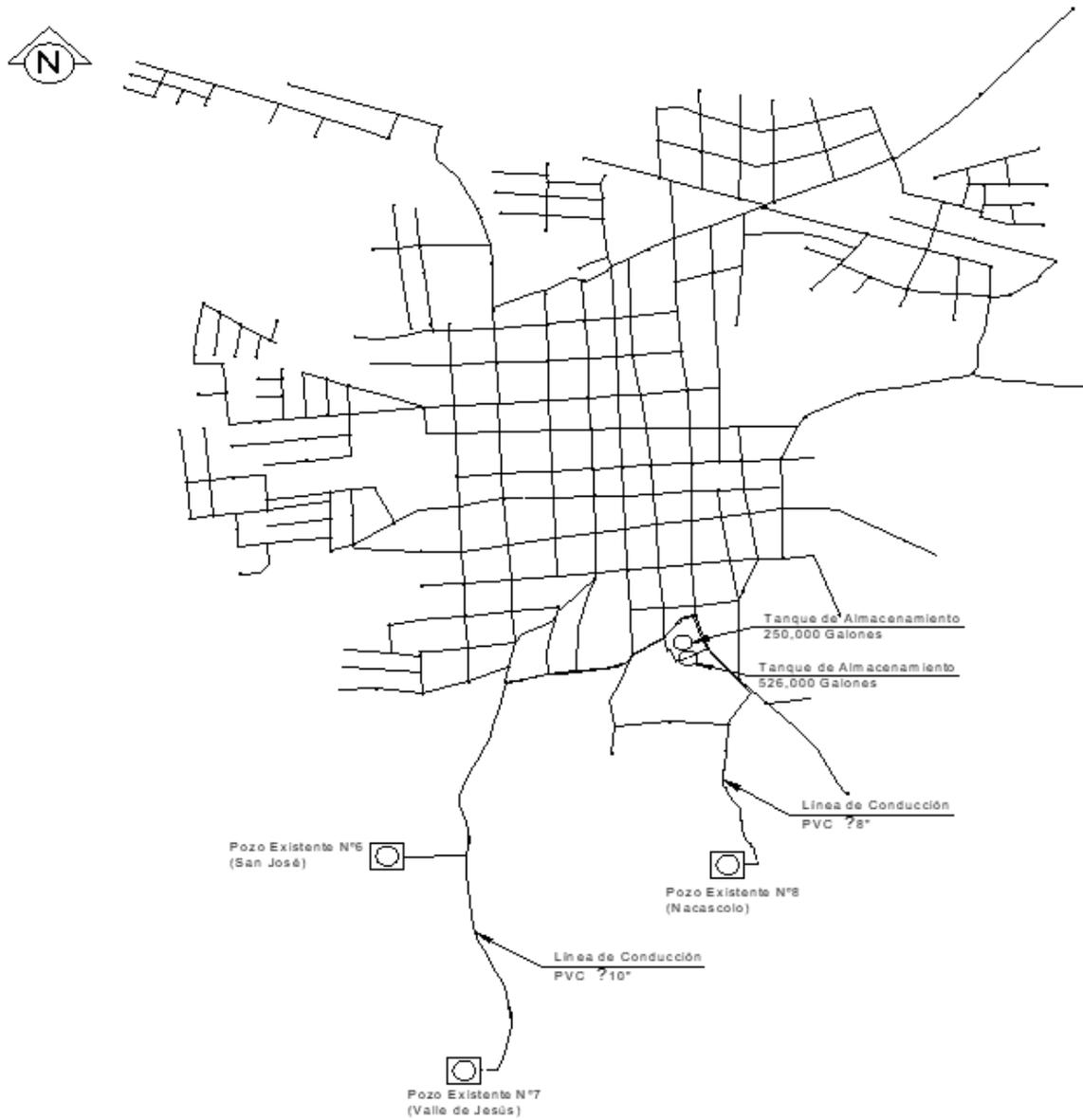
El sistema de agua potable de la ciudad es abastecido por tres pozos perforados ubicado en el sector sur de la ciudad, la cual el agua es transportada mediante por una línea de conducción de 10" hacia 2 tanques de almacenamiento de acero sobre suelo, con una capacidad de 526,000 gln y el de menor capacidad que funciona como refuerzo con una capacidad de 250,000 gln localizados en la parte sur – este de la ciudad, en el Barrio Guadalupe. (Revisión y actualización de los estudios y diseños hidráulicos sanitarios del sistema de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote., 2009)

Este sistema atiende a toda la ciudad en general, suministrando el servicio las 24 horas continuas a los usuarios del casco urbano de la ciudad atendido por Enacal.

La configuración actual del sistema es de tipo Fuente – Tanque – Red.

Las características de los componentes del sistema se detallan a continuación

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.



Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

4.1.2. Fuente de Abastecimiento, Obras de Captación

La fuente de abastecimiento del sistema de agua potable es Subterránea la cual es extraída por un campo de tres pozos perforados, ubicados en la zona sur a unos 2 kilómetros de la ciudad. (Revisión y actualización de los estudios y diseños hidráulicos sanitarios del sistema de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote., 2009)

Los pozos # 6 San José, # 7 valle de Jesús y # 8 Nacascolo son los que se encuentra ubicado en el sector sur de la ciudad, estos pozos son relativamente joven ya que fueron perforado entre el año 2008 y 2010 y que a su vez están equipados, con una profundidad promedio a los 400 pies, los cuales poseen motores vertical y sumergibles, Además poseen una sarta de 6 pulgadas de diámetro de hierro fundido HF, el cual posee sus accesorios tales como válvula de aire, manómetro, medidor de caudal, Entrada de Flujo Clorado, válvula de alivio, válvula de retención. Cada uno de estos pozos tienen horas de operación distintas cabe mencionar que su operación están en dependencia del consumo poblacional o en el déficit en suministro energético, solamente uno de los tres pozos está en operación las 24 horas ya que es el único que se está realización la cloración.

4.1.3. Estación de Bombeo

Cada uno de estos pozos posee un equipo de bombeo diferente en el caso del pozo # 6 (San José) posee un motor vertical de 75 HP modelo 08699418 – 100, para la operación de este equipo de bombeo cuenta con un banco de transformadores compuesto por 3 transformadores de 37.5 KVA, que a su vez existe un medidor para registrar el consumo energético mensual de ese equipo. Este pozo tiene un promedio de operación entre 15 – 18 horas de las 24 con una producción de 132 m³/h.



Imagen #1: pozo No 6 san Jose

Fuente: elaboración propia

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

En el caso del pozo #7 (Valle de Jesús) posee un motor de 60 Hp modelo 260196020, para su operación de este equipo posee un banco de transformadores compuesto por 3 transformadores de 25 KVA, que a su vez posee un medidor para registrar el consumo de energía comercial en el equipo de bombeo. Este pozo tiene un promedio de operación entre 17 – 20 horas de las 24 horas con una producción 121 m³/h.



Imagen #2: pozo No. 7. Valle de Jesús

Fuente: elaboración propia

En el caso del pozo # 8 (Nacascolo) posee un motor sumergible de 60 HP modelo 260196020, para la operación de este equipo de bombeo consta con banco de transformadores compuesto por 3 Transformadores de 25 KVA, el cual también existe un medidor para registrar el consumo de energía comercial del equipo de bombeo, este pozo tiene promedio de operación entre 20 – 24 horas ya que es único pozo del campo del sector sur que está clorando con una producción de 93 m³/h.



Imagen #3: pozo No. 8 Nacascolo.

Fuente: elaboración propia

En el predio de estos pozos se encuentra una caseta de mampostería confinada en el cual está dividida en tres ambientes, el ambiente 1 en donde se encuentra el operador que manipula al equipo en el encendido y apagado. En el ambiente 2 se encuentra ubicado los paneles de controles donde el operador enciende y apaga el motor del pozo debido a un mantenimiento o dependiendo de las horas de operación con respecto a la capacidad del pozo y en el ambiente 3 se encuentra ubicado el área de cloración, donde se encuentran motores desde 0.5 hp hasta 3 hp para dosificación de cloro.

Tabla #6: equipo de bombeo.

Equipo de bombeo Existente

ID	No. Pozo (Nombre)	Caudal (m ³ /h)	Tipo/Marca Mod. Bomba	Tipo/Marca Mod. Motor
1	No. 6 San Jose	132.00	Vertical U.S. Motor	U.S. Motor 75 HP
2	No. 7 Valle Jesus	122.00	Sumergible Franklin Electric	Franklin Electric 60 HP
3	No. 8 Nacascolo	92.70	Sumergible Franklin Electric	Franklin Electric 60 HP

Fuente: datos proporcionados por ENACAL-Nagarote

Calidad de la fuente de abastecimiento.

Se solicitó a la empresa nicaragüense de acueductos y alcantarillad ENACAL el estudio físico - químico - bacteriológicos de las fuentes de abastecimiento del casco urbano de Nagarote, obteniendo una respuestas no satisfactoria debido a que no se llegó a un acuerdo para ser facilitado dicho estudio.

En una de las reiteradas visitas a ENACAL – León se comentó que la calidad del agua presentan buenas condiciones debido a que no se han presentados brotes de enfermados.

4.1.4. Línea de Conducción

El sistema es abastecido por dos líneas de conducción desde los pozos hacia los tanques de almacenamiento; estas líneas son de tubería PVC de 8” y 10” de diámetro; fueron instaladas en el año 2010 en la ampliación y rediseño de la red de la ciudad y en la perforación de los pozos, con una longitud de 2.305 km.

Una de las líneas de conducción parte desde los pozos 6 y 7 hacia los tanques con tubería de PVC 10” diámetro con una longitud de 1.649 km. La otra línea parte del pozo número # 8 el cual posee una tubería PVC de 8” diámetro con una longitud de 0.656 km hasta su punto de acoplamiento en la parte sur -este de la ciudad donde se acoplan la línea del pozo # 6,7 y 8 para ingresar al predio donde están ubicados los tanques de acero sobre suelo de 526,000 gln y 250,000 gln. En estas líneas existe una ampliación de las tuberías de 8” y 10” que son provenientes de los pozos, para ingresar a los tanques con una tubería de PVC 12” de diámetro. La cual continúa con el mismo diámetro pero en hierro fundido HF.

Calculos de diámetro económico.

El diámetro de la línea de conducción se calcula utilizando la fórmula del diámetro económico, tomando como referencia que este cálculo indica el diámetro mínimo a utilizar, es decir, no se puede tomar un diámetro menor al calculado en esta fórmula. En el caso que no se encuentre comercialmente el diámetro calculado, se utilizara el inmediato superior que se encuentre comercio. En este caso se utilizó un diámetro de 8" de diámetro debido a que la velocidad y las perdidas unitarias son de 1.26 m/s y 6.94 m respectivamente, utilizando un diámetro menor o el diámetro menor de 6" se obtuvieron velocidades y pérdidas de 2.12 m/s 23.03 m respectivamente, aumentando sus valores no cumpliendo con el rango de la normativa.

➤ Almacenamiento

El sistema de abastecimiento de agua de la ciudad, cuenta con dos (2) tanques de almacenamiento que suministran al sistema actual.



imagen #4: Tanques Almacenamiento
Fuente: elaboracion Propia

Tanque de Almacenamiento No.1: Es un tanque de acero sobre suelo con diámetro 10.5 m, altura 23.00 m con una capacidad de 526,000 gln. El tanque está ubicado al sur-este de la ciudad, en el Barrio El Guadalupe, en las coordenadas geodésicas UTM 16P 547464 – 1355367. Como ha sido descrito, este tanque almacena el agua del sistema, que abastece la ciudad y que es alimentado por los pozos 6,7 y 8 ubicados en el sector sur de la ciudad. Cabe mencionar que este tanque en épocas del año en consumo normales posee un nivel de

420,000 gln que en ciertas ocasiones se tiene que indicar a los operadores de los pozos que dejen de operar por unas 4 horas ya que el tanque llego al nivel de rebose y en épocas de mayor consumo tal es caso en verano se mantiene con un nivel 330,000 gln.

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

Tanque de Almacenamiento No.2: Es un tanque de acero sobre suelo de 250,000 gln ubicado al sur-este de la ciudad, en el Barrio Guadalupe, en las coordenadas geodésicas UTM 16P 547473 – 1355387. El diámetro del tanque es de 12.00 m, la altura de 8.00 m. Este tanque almacena el agua del sistema que abastece la ciudad y que es alimentado por los pozos 6,7 y 8 ubicados en el sector sur de la ciudad. Este tanque funciona como refuerzo al tanque de mayor capacidad, el cual se des vacía cada día de por medio en abastecimiento a la población y luego es llenado por medio del tanque grande con una tubería que los une entre sí, esto se hace con el fin de no tener el agua acumulada por muchos días ya que se le realizan pruebas bacteriológicas a ambos tanques

Tabla #7: tanques de almacenamiento existentes.

Tanque	Material / Tipo	ϕ (m)	H Util (m)	Capacidad (glns)	Ubicación Sector
Tanque No. 1	Acero Sobre Suelo	10.50	23.00	526,000.00	Sur - Este
Tanque No. 2	Acero Sobre Suelo	12.00	8.00	250,000.00	Sur - Este

Fuente: datos proporcionados por ENACAL-Nagarote.

4.1.5. Red de Distribución:

El levantamiento de la infraestructura de la red existente, indican que la red consta de 44.276 km de tubería, clasificados por diámetro, material y longitud según se indica en el cuadro, la totalidad de la tubería es de PVC.

Tabla #8: red de distribución existente.

ID	Diámetro (Pulg)	Material	Longitud (m)
1	1	PVC	917.87
2	2	PVC	20,641.12
3	3	PVC	15,400.24
4	4	PVC	2,303.21
5	6	PVC	2,050.66
6	8	PVC	1,572.30
7	10	PVC	1,351.33
8	12	PVC	39.79
Total	-	-	44,276.52

Fuente: planos proporcionados por ENACAL Nagarote.

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

4.2. Estado Actual de los Elementos del Sistema

4.2.1. Fuente de Abastecimiento

➤ Pozo No. 6 San José

Este pozo está equipado con un motor vertical marca US Motor de 75 Hp que opera un promedio de 15 -18 horas, este motor presentan condiciones regular ya que en la base del motor presenta fuga constante en el acople con la sarta. Analizando el pozo 6 se encontró el problema con las velocidades de 2.55 m/s y con pérdidas de 42.18 m según la normativa técnica estas se encuentran por encima de lo permitido, esto debido al diámetro de columna de agua de la capacidad del pozo siendo esta capacidad de 581.29 gpm que según tabla 6.2 de la normativa se utilizó un diámetro de 6", siendo el diámetro más adecuado el de 8" constatando que las pérdidas y velocidades disminuyen.



Imagen #5 e imagen #6: motor vertical pozo #6.

Elaboración propia.

➤ Sarta

También consta de una sarta de 6" de diámetro de hierro fundido HF, la cual consta con todos sus accesorios, en donde la mayoría de estos accesorios están en mal estados tal es el caso del manómetro que no funciona desde hace más de un año.



Imagen 7,8, y 9: sarta de hf de 6", medido de caudal y manómetro respectivamente. Fuente: elaboración propia.

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

En lo que se refiere a los accesorios posee un medidor de caudal (Macro medición) que se encuentra en mal estado, el cual se utiliza para registrar la producción de caudal durante su periodo de bombeo.

La válvula de alivio que presenta esta sarta se encontró en mal estado ya que presenta fuga las 24 horas del día creando condiciones inapropiadas en el sitio ya que el agua se dispersa por el previo creando grandes charcas, el cual no permiten dar seguridad a los equipos.

La válvula de retención en la sarta se encontró en buenas condiciones debido a que no presenta fuga y realiza su función de no retorno del flujo cuando el motor sale de operación o cuando el fluido eléctrico comercial en suspendido.



Imagen #10: válvula de alivio.
Fuente: elaboración propia.

➤ **Caseta**

La caseta del pozo No.6 es de mampostería reforzada en donde se encuentra el área del operador, paneles de control y cloración, la cual se encuentra condiciones regular ya que la puerta y Ventanas del cuarto del operador se encuentran en mal estado, el piso se encuentra en condiciones regular ya que solo es una losa de concreto, en lo que se refiere al sistema eléctrico de las luminarias en interior y exterior se encuentran en mal estado, la estructura soportante de techo junto con la cubierta se encuentran en buen estado ya que solo requiere aplicación de pintura.



Imagen #11: caseta
Fuente: elaboración propia.

➤ **Paneles de Control**

Los paneles de control se encuentran en Buenas condiciones, debido a que el comando de encendido y apagado se encuentra en condiciones estables al igual que la caja del corte energía en caso que ocurra un sobre voltaje el sistema eléctrico.



Imagen #12: panel de control.
Fuente propia.

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

➤ Banco de Transformadores

Este pozo cuenta con un banco de transformadores el cual está compuesto por Transformadores de 112.5 KVA que están en buen estado y en funcionamiento el cual se encuentra ubicado en la parte posterior de la caseta, en el portón de acceso principal se encuentra ubicado el medidor del consumo energético comercial del pozo que se encuentra en buen estado.



Imagen #13: medidor de consumo energía. Elaboración propia

➤ Cloración

En este pozo actualmente no se está realizando cloración ya que el sistema se encuentra en mal estado en donde no posee las balanzas para calcular el peso de los cilindros de cloro gas, y el motor que realizaba la propulsión del agua clorada es de una potencia de 3 HP de 220 V Monofásico el cual también se encuentra en mal estado.



Imagen #14: caseta de cloración. Elaboración propia

➤ Pozo No. 7 Valle de Jesús

Este pozo está equipado con un motor sumergible marca Franklin Electric de 60 Hp que opera un promedio de 17-20 horas, este motor presentan Buenas Condiciones. Analizando el pozo 7 se encontró el mismo problema con las velocidades de 3.30 m/s con pérdidas de 67.90 m respectivamente según la normativa técnica estas se encuentran por encima de lo permitido, esto debido al diámetro de columna de agua de la capacidad del pozo siendo esta capacidad de 533.73 gpm que según tabla 6.2

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

de la normativa se utilizó un diámetro de 6", siendo el diámetro más adecuado el de 8" constatando que las pérdidas y velocidades disminuyen.

➤ Sarta

Posee una sarta de 6" de diámetro de hierro fundido HF, la cual consta con todos sus accesorios, en donde la mayoría de estos accesorios están en buen estado tal es el caso del manómetro que funciona correctamente. En lo que se refiere a los accesorios posee un medidor de caudal (Macro medición) que se encuentra en buen estado, el cual se utiliza para registrar la producción de caudal durante su periodo de bombeo.



Imagen #15,16 y 17: sarta de HF de 6", manómetro, y medidor de caudal

Fuente: Elaboración propia.

La válvula de aire que está colocada al inicio de la sarta presentó buenas condiciones ya que al encendido expulsa el aire situado en la tubería garantizando un funcionamiento del equipo. La válvula de alivio que presenta esta sarta se encuentra en buen estado ya que no presenta fuga, garantizando el funcionamiento del equipo a la hora de ser encendido.



Imagen #18: válvula de aire. Fuente: Elaboración propia

La válvula de retención en la sarta se encuentra en buenas condiciones debido a que no presenta fuga y realiza su función de no retorno del flujo cuando el motor sale de operación o cuando fluido eléctrico comercial es suspendido.



Imagen #19: válvula de alivio. Fuente: Elaboración propia.

➤ **Caseta**

La caseta del pozo No.7 es de mampostería reforzada en donde se encuentra el área del operador, paneles de control y cloración, la cual se encuentra en condiciones buenas ya que la puerta y Ventanas de las áreas se encuentran en buen estado, el piso se encuentra en condiciones regular ya que solo es una losa de concreto, en lo se refiere al sistema eléctrico de las luminarias en interior y exterior se encuentran en condiciones regulares, la estructura soportante de techo junto con la cubierta se encuentran en buen estado ya que solo requiere aplicación de pintura en paredes.



Imagen #20: caseta.

Fuente: elaboración propia.

➤ **Paneles de Control**

Los paneles de control se encuentran en Buenas condiciones, debido a que el comando de encendido y apagado se encuentra en condiciones estables al igual que la caja del corte energía en caso que ocurra un sobre voltaje en el sistema eléctrico.



Imagen #21: panel de control. Elaboración propia.

➤ **Banco de Transformadores**

Este pozo cuenta con un banco de transformadores el cual está compuesto por tres Transformadores de 37.5 KVA que están en buen estado y en funcionamiento los cuales se encuentran ubicados en la parte frontal de la caseta, en el portón de acceso principal se encuentra ubicado el medidor del



Imagen #21 y 22: transformadores y medidor de energía.

Fuente: elaboración propia.

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

consumo energético comercial del pozo que se encuentra en buen estado.

Cloración

En este pozo actualmente no se está realizando cloración ya que el sistema se encuentra en mal estado en donde no posee las balanzas para calcular el peso de los cilindros de cloro gas para la dosificación, y el motor que realizaba la propulsión del agua desde el cuarto de cloración es de 3 HP de 220 V Monofásico el cual también se encuentra en funcionamiento.



Imagen #24: cloración.

Fuente propia

➤ **Pozo No. 8 Nacascolo**

Este pozo está equipado con un motor sumergible marca Franklin Electric de 60 Hp que opera un promedio de 20-24 horas, este motor presentan Buenas Condiciones. Con este pozo se determinó que para la situación actual de la fuente con una capacidad de bombeo de 408.19 galones por minutos ($1.6 \text{ m}^3/\text{s}$), utilizando como referencia la tabla 6.2 diámetros para columnas de pozo en relación al caudal, se determinó que para la capacidad de bombeo de este pozo se utilizó un diámetro de 6" para un caudal mencionado anteriormente de 408.19 gpm, verificando el modelo hidráulico se determinó que hay pérdidas de 32.68 m y velocidades de 2.22 m/s, según normativa técnica para agua potable debería de ser entre 0.6 m/s y 2 m/s, a lo que se observa que esta velocidad está por encima de lo establecido en dicha normativa.

Lo cual indica que cambiando datos en EPANET se logró constatar que el diámetro debería de ser 8" con pérdidas de 8.13 metros y velocidad de 1.26 m/s.

En entrevista con el ingeniero jefe técnico de León se constató que el diámetro de la columnas de bombeo está en función de la tabla antes mencionada (tabla 6.2) lo que indica que para caudales entre 100 gpm y 600 gpm el diámetro es de 6", esto es porque el medidor de caudal debe trabajar a tubo lleno y según ENACAL predomina el criterio que el diámetro de bombeo menor al diámetro de la línea de conducción siendo esta de 8" y 10". Se tiene que el diámetro de columna de bombeo debería de

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

ser de 8" pero se decidió colocar de 6", esto debido a que los costos de los accesorios son más elevados en comparación a los de 6", esto gobernando el criterio del diámetro menor al diámetro de la línea de conducción.

➤ Sarta

Posee una sarta de 6" de diámetro de hierro fundido HF, la cual consta con todos sus accesorios, en donde la mayoría de estos accesorios están en buen estado tal es el caso del manómetro que funciona correctamente.

En lo que se refiere a los accesorios posee un medidor de caudal (Macro medición) que se encuentra en buen estado, el cual se utiliza para registrar la producción de caudal durante su periodo de bombeo.



Imagen #25, 26 y 27: sarta de HF de 6", manómetro y medidor de caudal.

Fuente: Elaboración propia.

La válvula de aire que está colocada en el inicio de la sarta presenta buenas condiciones ya que al encendido de la bomba expulsa el aire situado en la tubería garantizando un buen funcionamiento del equipo. La válvula de alivio que presenta esta sarta se encuentra en buen estado ya que no presenta fuga, garantizando el funcionamiento del equipo a la hora de ser encendido. La válvula de retención en la sarta se encuentra en buenas condiciones debido a que no presenta fuga y realiza su función de no retorno del flujo cuando el motor sale de operación o cuando fluido eléctrico comercial en suspendido.



Imagen #28 y 29: válvula de aire y de retención. Fuente: elaboración propia

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

➤ Caseta

La caseta del pozo No.8 es de mampostería confinada en donde se encuentra el área del operador, paneles de control y cloración, la cual se encuentra en condiciones buenas ya que la puerta y Ventanas de las áreas se encuentran en buen estado, el piso se encuentra en condiciones óptimas ya que es de ladrillo rojo, en lo se refiere al sistema eléctrico de las luminarias en interior se encuentran en condiciones regulares y las exterior se encuentran en mal estado, la estructura soportante de techo junto con la cubierta se encuentran buen estado, ya que solo requiere aplicación de pintura en paredes



Imagen #30: caseta. Elaboración propia.

➤ Paneles de Control

Los paneles de control se encuentran en Buenas condiciones, debido a que el comando de encendido y apagado se encuentra en condiciones estables al igual que la caja del corte energía en caso que ocurra un sobre voltaje el sistema eléctrico.



Imagen #31: paneles de control. Fuente: Elaboración propia.

➤ Banco de Transformadores

Este pozo cuenta con un banco de transformadores el cual está compuesto por tres Transformadores de 25 KVA que están en buen estado y en funcionamiento los cuales se encuentran ubicados en el costado sur de la caseta, en el mismo poste donde se encuentra ubicado los transformadores se



Imagen #31 y 32: medidor de energía y transformadores.

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

encuentra ubicado el medidor del consumo energético comercial del pozo que se encuentra en mal estado.

➤ Cloración

En este pozo actualmente se está realizando cloración de forma regular ya que los cilindros se encuentran intemperie debido a que el sistema se encuentra en mal estado en donde no posee las balanzas para calcular el peso de los cilindros de cloro gas para la dosificación, y el motor que realizaba la propulsión del agua desde el cuarto de cloración es de 0.5 HP de 110V Monofásico el cual se encuentra en funcionamiento.



Imagen #33: cloración.

Fuente: Elaboración propia.

4.2.2. Tanques de Almacenamiento

El estado general de los tanques de almacenamiento existentes se resume a:

Tanque de Almacenamiento No.1: Este tanque de acero sobre Suelo de 526,000 gln, presenta buenas condiciones ya que fue construido en el año 2010 en la ampliación y rediseño del sistema de agua potable de la ciudad, requiriéndose cambiar las siguientes partes que se encuentran totalmente en mal estado:

a) La válvula de salida de 12" de Hierro Fundido HF del tanque se encuentra en mal estado ya que presenta filtración continua.



Imagen #34: válvula de salida 12''

Fuente Elaboración propia.

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

b) En la tubería de salida del tanque presenta una reducción de 12" a 8" en un tramo de 2 metros de longitud donde se encuentra ubicado el medidor de caudal que se encuentra en mal estado desde hace más de un año.



Imagen #35: válvula de retención.

Fuente: Elaboración propia.

c) En la Tubería de Salida se Encuentra Ubicada la Válvula de Retención de 12" la cual está en mal estado presentado Filtración continua. Ver anexo en la tabla #9 detalla la situación descrita:



Imagen #36: medidor de caudal.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla #9: estado del tanque #1.

Estado de Situación del Tanque N°1 de Acero Sobre Suelo de 526,000 glns

Componentes	Resultado del Diagnostico del Estado Fisico y Operacional
Tanque No. 1 de Acero Sobre Suelo	<ol style="list-style-type: none"> 1- Tanque de acero sobre Suelo, posee una capacidad de almacenamiento de 526,000 glns, en buenas condiciones. 2- Escalera externa de hierro en buen estado. 3- Tapa de inspección de acero en buen estado. 4- Indicador de nivel en buen estado.
Tuberias y Valvulas	<ol style="list-style-type: none"> 1- Tubería de entrada de Ø12" de HF en buen estado. 2- Tubería de salida de Ø12" de HF en buen estado. 3- Tubería de rebose de Ø6" de PVC en buen estado. 4- Válvula de entrada de Ø12" de HF en buen estado 5- Válvula de salida de Ø12" de HF en mal estado. 6- Valvula de retension de Ø12" de HF en mal estado 7- Medidor de Caudal en Tubo de Ø8" de HF en mal estado
Cerco del Predio	<ol style="list-style-type: none"> 1- Cerco perimetral de alambre de puas en mal estado. 2- Portón principal de acceso de alambre de puas en mal estado. 3- Se requiere limpieza del predio

Fuente Propia

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

Tanque de Almacenamiento No.2: Este tanque de acero sobre Suelo de 250,000 gln se encuentra en buenas condiciones ya que fue acondicionado en el año 2010, por lo que solo demanda de obras y labores menores como limpieza, ya que sus válvulas de entrada y salida y tuberías se encuentran en buen estado al igual el indicador de nivel . En la tabla #10 se resume el estado físico del tanque mencion.

Bajo la condición de provisión para compensacion, eventualidades e incendio, el volumen de almacenamiento requerido es de 2594.59 m³ (685,479.52 galones) en el año 2017. El tanque de acero sobre suelo existente de 250,000 glns (946.3 m³), el volumen adicional demandado lo completa un tanque metálico sobre suelo instalado en el Plantel San Benito, de 10.5 m de diametro y 23 m de altura, con un volumen de 1,990.91 m³ (≈526,000 glns), lo que permite contar con una capacidad total de almacenamiento de 2937.16 m³ (≈776,000.00 glns).

Tabla #10: estado del tanque #2.

Estado de Situación del Tanque N°2 de Acero Sobre Suelo de 250,000 glns	
Componentes	Resultado del Diagnostico del Estado Fisico y Operacional
Tanque No. 2 de Acero Sobre Suelo	<ol style="list-style-type: none"> 1- Tanque de acero sobre Suelo, posee una capacidad de almacenamiento de 250,000 glns, en buenas condiciones. 2- Escalera externa de hierro en buen estado. 3- Tapa de inspección de acero en buen estado. 4- Indicador de nivel en buen estado.
Tuberias y Valvulas	<ol style="list-style-type: none"> 1- Tubería de entrada de Ø12" de HF en buen estado. 2- Tubería de salida de Ø12" de HF en buen estado. 3- Tubería de rebose de Ø6" de PVC en buen estado. 4- Válvula de entrada de Ø12" de HF en buen estado 5- Válvula de salida de Ø12" de HF en buen estado.
Cerco del Predio	<ol style="list-style-type: none"> 1- Cerco perimetral de alambre de puas en mal estado. 2- Portón principal de acceso de alambre de puas en mal estado. 3- Se requiere limpieza del predio

Fuente Propia

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

4.2.3. Líneas de conducción y red de distribución

La línea de conducción compuesta por 2 tuberías de 10" y 8" PVC SDR-26, se encuentran en buen estado, carecen de válvulas de limpieza y de aire. La tubería de la red de distribución compuesta por tubería PVC SDR-26, se encuentra en buen estado, cuenta con válvulas de control que permiten la operación del sistema.

Calculo del diámetro económico en Línea de Conducción.

$$\varnothing_{econ\text{pozo}6} = 0.9Q^{0.45} = 0.9 * 2.2 \frac{m^3}{s}^{0.45} = 1.28" = 2"$$

$$\varnothing_{econ\text{pozo}7} = 0.9Q^{0.45} = 0.9 * 2.02 \frac{m^3}{s}^{0.45} = 1.23" = 2"$$

Colocándose un diámetro de 10" en esta línea de conducción da como resultado una velocidad de 0.92 m/s y unas pérdidas unitarias de 2.69 m, utilizando en el modelo hidráulico diámetros menores como de 8" da como resultado que las velocidades se mantienen en 1.41 m/2 pero las pérdidas unitarias aumentan 7.72 m sobre su rango de 7m/km. El problema se encuentra en la sarta que debido a su diámetro de 6" da una velocidad de 2.80 m/s sobre el rango establecida de la normativa, utilizándose la fórmula de continuidad que dice $Q = V * A$, despejándola se calculó la velocidad con un diámetro de 8". Detallado a continuación:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.05116 \frac{m^3}{s}}{0.2032 \frac{m^2}{s}} = 0.25 \frac{m}{s},$$

haciendo cambio de datos en el modelo hidráulico se verifico que utilizando un diámetro de tubería de 8" en efecto disminuía la velocidad.

En el caso del pozo número 6 sucede la misma situación que en los pozos anteriores con un diámetro mínimo de 2", se colocó una tubería de 10" aunque con este diámetro las pérdidas y las velocidades sobrepasan el rango de la normativa de 2.09 m/s y 12.33 m respectivamente. Dicho lo anterior se decidió cambiar la tubería a 12" utilizando la fórmula de continuidad, con este cambio se obtuvieron los siguientes resultados: una velocidad de 1.54 m/s y unas pérdidas de 5.63 m, de esta manera controlando estos parámetros.

4.2.4. Resultados del diagnostico

En el sistema de agua potable del casco urbano de Nagarote, cuenta con tres pozos perforados que se encuentran en operación la cual satisfacen la demanda actual del casco urbano de la ciudad, pero sin embargo requieren de mantenimiento para un buen desempeño.

En el Pozo N.6 se encuentra en operación, donde todos los accesorios de la sarta se encuentran en mal estado incluyendo válvulas, sobre todo el motor que presenta fuga constante sin embargo es necesario rehabilitar el cuarto de cloración para una dosificación uniforme. Se encontró problemas en la sarta y línea de conducción en las velocidades y pérdidas, esto debido al diámetro de las tuberías se recomienda cambiar el diámetro de LC de 10" a 12" y en la sarta de 6" a 8" para controlar estos valores.

En el pozo N.7 se encuentra en operación, su sarta presenta todos los accesorios en buen estado pero se es necesario que este pozo realice cloración, para que la dosificación sea uniforme en todos los pozos. Este pozo presenta la misma problemática que el pozo 6 debido a esto también se recomienda hacer cambio de diámetro en la línea de conducción y sarta, de 6" a 8" cada una para controlar estos valores.

El pozo N.8 se encuentra en condiciones estables y en operación, este es el único que presenta cloración pero se realiza en condiciones no adecuada a la intemperie la cual se requiere el acondicionamiento de la caseta de cloración. La línea de conducción de este pozo no presenta problemas en las velocidades pero si en su sarta, por esto se recomienda cambio de diámetro de 6" a 8" igual que en los pozos anterior.

Los tanques de almacenamiento del sector sur-este cumplen con la demanda poblacional, los cuales se encuentran en condiciones aceptables, solo se requiere mantenimiento mínimos en válvulas.

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

La red de distribución de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote presenta problemas de rotura en su infraestructura, debido a las altas presiones que presenta el sistema. Sin embargo en algunos tramos tal es el caso que comprenden del nodo 290-311 presenta diámetro de 1", del nodo 311-312 diámetro de 1/2", del 291-297 con diámetro de 1" y del 294-302 con diámetro de 1", este caso no es adecuado debido a que la normativa técnica de diseño de ENACAL orienta que el diámetro mínimo a utilizar es de 2".

4.3. Análisis de la red de distribución en epanet versión 2.0 e

En esta etapa del diseño hidráulico se trabajó con el programa epanet, se procedió a montar la red hidráulica en dicho programa la cual se compone de la siguiente manera: 616 nodos, 844 tuberías en las cuales comprende los distintos diámetros mencionados en el acápite anterior, 3 pozos, 2 tanques, 3 bombas de distintas potencias distribuidos en el casco urbano de Nagarote, luego se realizó el siguiente procedimiento:

Se configuro el programa de la siguiente manera:

- ✓ Unidades de caudal: litros por segundo. Realizando esta configuración se modifican las unidades de medida de los diámetros de tubería en milímetros y cotas de las conexiones en metros.
- ✓ Ecuación de pérdidas: Hazen–Williams
- ✓ Se utiliza tubería pvc con rugosidad de 150.

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

En la figura #37 se presenta el esquema planteado de la red de distribución en el programa epanet tanque-red, en esta se puede observar que las presiones en los nodos de la red están por color. Se tomó la decisión de trabajar el modelo por separado, tanque-red y fuente-tanque, debido a que el análisis se facilitó.

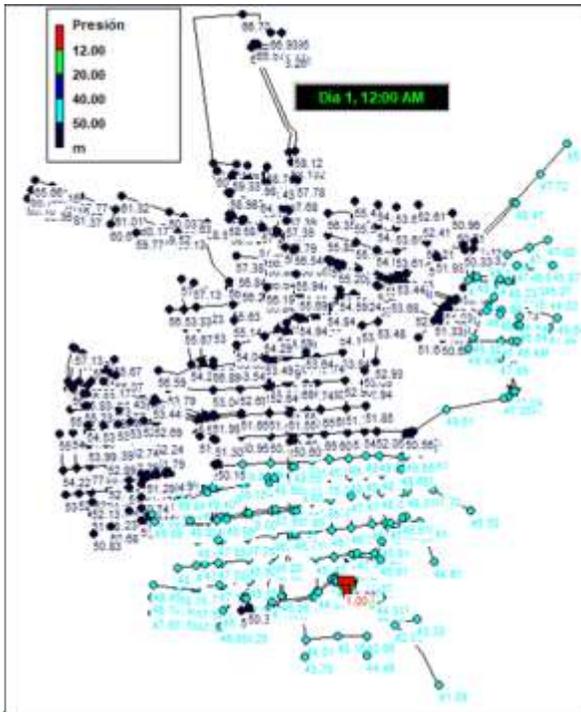


Imagen #37: presiones en nodos. Elaboración propia.

Como se logra ver en la imagen hay presiones por encima del máximo dado en las normativas de diseño, la presión máxima presentada en el modelo es de 66.93 mca, la mínima es de 41.59 mca y una presión promedio de 51.56 mca.

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

➤ Presiones en la red sin sectorizar.

Estado de los Nudos de la Red					Estado de los Nudos de la Red				
ID Nudo	Cota	Demanda Base	Demanda	Presión	ID Nudo	Cota	Demanda Base	Demanda	Presión
	m	LPS	LPS	m		m	LPS	LPS	m
Nudo 311	71.9	0.2142	0.04	66.98	Nudo 298	80.45	0.2002	0.04	58.43
Nudo 312	71.9	0.6395	0.13	66.7	Nudo 378	80.45	0	0	58.43
Nudo 281	73.1	0.0498	0.01	65.76	Nudo 380	80.45	0	0	58.43
Nudo 283	73.2	0.0486	0.01	65.66	Nudo 284	80.55	0.0816	0.01	58.34
Nudo 368	73.3	0	0	65.57	Nudo 296	80.7	0.1444	0.03	58.19
Nudo 367	73.3	0	0	65.57	Nudo 403	80.7	0	0	58.19
Nudo 308	73.3	0.4743	0.09	65.57	Nudo 407	80.7	0	0	58.19
Nudo 369	73.3	0	0	65.57	Nudo 371	80.75	0	0	58.13
Nudo 282	73.7	0.1533	0.03	65.16	Nudo 372	80.75	0	0	58.12
Nudo 280	73.7	0.0601	0.01	65.16	Nudo 370	80.75	0	0	58.12
Nudo 310	73.9	0.1679	0.03	64.95	Nudo 307	80.75	0.4421	0.09	58.12
Nudo 278	74.6	0.1387	0.03	64.25	Nudo 294	80.8	0.2408	0.05	58.08
Nudo 279	75.5	0.0776	0.02	63.36	Nudo 376	81.1	0	0	57.78
Nudo 752	75.6	0	0	63.26	Nudo 373	81.1	0	0	57.78
Nudo 309	75.6	0.1107	0.02	63.26	Nudo 304	81.1	0.1769	0.04	57.78
Nudo 750	75.6	0	0	63.26	Nudo 303	81.2	0.1636	0.03	57.68
Nudo 276	75.7	0.1038	0.02	63.16	Nudo 375	81.2	0	0	57.68
Nudo 277	76.05	0.025	0.01	62.81	Nudo 377	81.2	0	0	57.68
Nudo 273	76.1	0.2107	0.04	62.77	Nudo 297	81.25	0.2071	0.04	57.64
Nudo 274	76.3	0.0841	0.02	62.57	Nudo 408	81.25	0	0	57.64
Nudo 275	76.5	0.051	0.01	62.37	Nudo 409	81.25	0	0	57.64
Nudo 266	77.6	0.1372	0.03	61.32	Nudo 300	81.4	0.0637	0.01	57.49
Nudo 271	77.9	0.2205	0.04	61.01	Nudo 302	81.5	0.1898	0.04	57.39
Nudo 272	78.3	0.042	0.01	60.61	Nudo 255	81.5	0.0821	0.02	57.43
Nudo 290	78.6	0.6235	0.12	60.26	Nudo 599	81.5	0	0	57.39
Nudo 289	78.6	0.0914	0.02	60.27	Nudo 298	81.5	0.0308	0.01	57.39
Nudo 269	78.75	0.1768	0.04	60.17	Nudo 415	81.5	0	0	57.39
Nudo 288	78.85	0.0569	0.01	60.03	Nudo 414	81.5	0	0	57.39
Nudo 265	78.9	0.178	0.04	60.03	Nudo 250	81.55	0.0878	0.02	57.38
Nudo 270	79.15	0.038	0.01	59.77	Nudo 411	81.8	0	0	57.09
Nudo 264	79.3	0.157	0.03	59.63	Nudo 410	81.8	0	0	57.09
Nudo 268	79.4	0.1065	0.02	59.52	Nudo 256	81.8	0.0692	0.01	57.13
Nudo 384	79.55	0	0	59.33	Nudo 188	81.8	0.13	0.03	57.13
Nudo 383	79.55	0	0	59.33	Nudo 449	81.8	0	0	57.13
Nudo 287	79.55	0.1648	0.03	59.33	Nudo 299	81.8	0.1423	0.03	57.09
Nudo 291	79.65	0.032	0.01	59.23	Nudo 249	81.95	0.0214	0	56.98
Nudo 267	79.8	0.0888	0.02	59.13	Nudo 192	82.05	0.1737	0.03	56.89
Nudo 381	79.9	0	0	58.98	Nudo 248	82.05	0.1215	0.02	56.88
Nudo 292	79.9	0.1105	0.02	58.98	Nudo 242	82.1	0.0791	0.02	56.84
Nudo 379	79.9	0	0	58.98	Nudo 412	82.1	0	0	56.79
Nudo 286	79.9	0.1121	0.02	58.98	Nudo 301	82.1	0.1295	0.03	56.79
Nudo 385	79.9	0	0	58.98	Nudo 413	82.1	0	0	56.79
Nudo 751	79.9	0	0	58.98	Nudo 247	82.15	0.1203	0.02	56.79
Nudo 263	80	0.2444	0.05	58.93	Nudo 186	82.3	0.1512	0.03	56.63
Nudo 306	80.15	0.0197	0	58.73	Nudo 262	82.3	0.1919	0.04	56.63
Nudo 295	80.25	0.1139	0.02	58.64	Nudo 243	82.3	0.2243	0.04	56.64
Nudo 305	80.25	0.1336	0.03	58.63	Nudo 190	82.35	0.1221	0.02	56.59
Nudo 401	80.35	0	0	58.54	Nudo 416	82.35	0	0	56.54
Nudo 402	80.35	0	0	58.54	Nudo 313	82.35	0.1564	0.03	56.54
Nudo 285	80.35	0.1206	0.02	58.54	Nudo 189	82.35	0.1141	0.02	56.58
Nudo 400	80.35	0	0	58.54	Nudo 418	82.35	0	0	56.54

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

Continuación

Estado de los Nudos de la Red					Estado de los Nudos de la Red				
ID Nudo	Cota	Demanda Base	Demanda	Presión	ID Nudo	Cota	Demanda Base	Demanda	Presión
	m	LPS	LPS	m		m	LPS	LPS	m
Nudo 417	82.35	0	0	56.54	Nudo 586	83.75	0	0	55.19
Nudo 254	82.4	0.0387	0.01	56.53	Nudo 183	83.75	0.0405	0.01	55.17
Nudo 452	82.5	0	0	56.43	Nudo 237	83.75	0.1414	0.03	55.19
Nudo 450	82.5	0	0	56.43	Nudo 387	83.8	0.1191	0.02	55.14
Nudo 451	82.5	0	0	56.43	Nudo 179	83.85	0.0134	0	55.07
Nudo 124	82.5	0.1504	0.03	56.46	Nudo 184	83.9	0.1356	0.03	55.02
Nudo 153	82.5	0.0592	0.01	56.43	Nudo 473	83.95	0	0	54.99
Nudo 261	82.55	0.074	0.01	56.38	Nudo 208	83.95	0.1056	0.02	54.99
Nudo 316	82.55	0.1635	0.03	56.35	Nudo 589	84	0	0	54.94
Nudo 253	82.6	0.2052	0.04	56.33	Nudo 109	84	0.968	0.19	54.88
Nudo 241	82.65	0.0704	0.01	56.29	Nudo 201	84	0.1167	0.02	54.94
Nudo 257	82.7	0.2543	0.05	56.23	Nudo 236	84.05	0.0813	0.02	54.89
Nudo 518	82.75	0	0	56.19	Nudo 235	84.1	0.0782	0.02	54.84
Nudo 239	82.75	0.2221	0.04	56.19	Nudo 127	84.1	0.2139	0.04	54.85
Nudo 187	82.8	0.0802	0.02	56.12	Nudo 474	84.1	0	0	54.84
Nudo 245	82.85	0.1294	0.03	56.09	Nudo 475	84.1	0	0	54.84
Nudo 246	82.85	0.0183	0	56.09	Nudo 425	84.2	0	0	54.71
Nudo 244	83	0.1492	0.03	55.94	Nudo 421	84.2	0	0	54.71
Nudo 585	83	0	0	55.94	Nudo 156	84.2	0.0376	0.01	54.73
Nudo 315	83.05	0.1989	0.04	55.85	Nudo 320	84.2	0.1814	0.04	54.71
Nudo 240	83.1	0.0275	0.01	55.84	Nudo 389	84.3	0.1469	0.03	54.64
Nudo 152	83.1	0.0964	0.02	55.83	Nudo 234	84.3	0.2363	0.05	54.64
Nudo 453	83.1	0	0	55.83	Nudo 448	84.35	0	0	54.59
Nudo 455	83.1	0	0	55.83	Nudo 233	84.35	0.0643	0.01	54.59
Nudo 454	83.1	0	0	55.83	Nudo 616	84.35	0	0	54.59
Nudo 151	83.2	0.0415	0.01	55.73	Nudo 615	84.35	0	0	54.55
Nudo 181	83.25	0.0389	0.01	55.67	Nudo 390	84.35	0.1397	0.03	54.59
Nudo 252	83.25	0.1515	0.03	55.67	Nudo 325	84.4	0.0574	0.01	54.5
Nudo 238	83.25	0.1976	0.04	55.69	Nudo 323	84.4	0.2491	0.05	54.51
Nudo 584	83.25	0	0	55.69	Nudo 324	84.4	0.2424	0.05	54.5
Nudo 544	83.25	0	0	55.69	Nudo 199	84.45	0.1	0.02	54.49
Nudo 185	83.3	0.06	0.01	55.62	Nudo 154	84.5	0.0174	0	54.43
Nudo 260	83.3	0.1992	0.04	55.63	Nudo 458	84.5	0	0	54.43
Nudo 317	83.4	0.2494	0.05	55.5	Nudo 459	84.5	0	0	54.43
Nudo 182	83.4	0.0946	0.02	55.52	Nudo 149	84.5	0.1096	0.02	54.43
Nudo 258	83.4	0.1476	0.03	55.53	Nudo 158	84.55	0.0373	0.01	54.38
Nudo 108	83.45	0.0982	0.02	55.47	Nudo 155	84.65	0.0677	0.02	54.28
Nudo 318	83.5	0.0452	0.01	55.4	Nudo 251	84.65	0.1009	0.02	54.27
Nudo 419	83.55	0	0	55.35	Nudo 197	84.65	0.0591	0.01	54.29
Nudo 420	83.55	0	0	55.35	Nudo 232	84.7	0.2035	0.04	54.24
Nudo 314	83.55	0.2077	0.04	55.35	Nudo 447	84.7	0	0	54.24
Nudo 180	83.65	0.0702	0.01	55.27	Nudo 107	84.7	0.202	0.04	54.22
Nudo 594	83.7	0	0	55.2	Nudo 445	84.7	0	0	54.24
Nudo 457	83.7	0	0	55.23	Nudo 259	84.7	0.1087	0.02	54.23
Nudo 190	83.7	0.1541	0.03	55.23	Nudo 205	84.75	0.1972	0.04	54.19
Nudo 424	83.7	0	0	55.2	Nudo 159	84.8	0.1241	0.02	54.14
Nudo 456	83.7	0	0	55.23	Nudo 322	84.85	0.1855	0.04	54.07
Nudo 321	83.7	0.1815	0.04	55.2	Nudo 426	84.85	0	0	54.07
Nudo 423	83.7	0	0	55.2	Nudo 422	84.85	0	0	54.07
Nudo 128	83.7	0.2489	0.05	55.25	Nudo 193	84.9	0.0122	0	54.04
Nudo 319	83.75	0.2719	0.05	55.15	Nudo 191	84.9	0.1643	0.03	54.04

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

Continuación

Estado de los Nudos de la Red					Estado de los Nudos de la Red				
ID Nudo	Cota	Demanda Base	Demanda	Presión	ID Nudo	Cota	Demanda Base	Demanda	Presión
	m	LPS	LPS	m		m	LPS	LPS	m
Nudo 388	84.9	0.2168	0.04	54.04	Nudo 143	85.55	0.1153	0.02	53.39
Nudo 142	84.95	0.0466	0.01	53.99	Nudo 462	85.6	0	0	53.34
Nudo 195	84.95	0.0837	0.01	53.99	Nudo 111	85.6	0.0863	0.02	53.33
Nudo 157	84.95	0.1156	0.02	53.98	Nudo 146	85.6	0.155	0.03	53.34
Nudo 148	85.1	0.0846	0.02	53.84	Nudo 106	85.85	0.1037	0.02	53.07
Nudo 204	85.1	0.2016	0.04	53.84	Nudo 207	85.85	0.1424	0.03	53.09
Nudo 460	85.1	0	0	53.84	Nudo 177	85.9	0.3373	0.07	53.04
Nudo 231	85.1	0.1219	0.02	53.84	Nudo 209	86	0.1104	0.02	52.93
Nudo 444	85.1	0	0	53.84	Nudo 170	86	0.094	0.02	52.94
Nudo 446	85.1	0	0	53.84	Nudo 141	86.05	0.0649	0.01	52.89
Nudo 206	85.15	0.3167	0.06	53.79	Nudo 171	86.05	0.2245	0.04	52.9
Nudo 110	85.15	0.202	0.04	53.77	Nudo 145	86.05	0.1327	0.03	52.89
Nudo 178	85.15	0.1255	0.03	53.79	Nudo 463	86.05	0	0	52.89
Nudo 160	85.15	0.1405	0.03	53.79	Nudo 105	86.1	0.139	0.03	52.82
Nudo 202	85.2	0.2756	0.06	53.74	Nudo 172	86.15	0.2468	0.05	52.8
Nudo 210	85.25	0.2708	0.05	53.68	Nudo 144	86.2	0.137	0.03	52.74
Nudo 326	85.25	0.0544	0.01	53.66	Nudo 173	86.2	0.2128	0.04	52.74
Nudo 478	85.25	0	0	53.68	Nudo 532	86.25	0	0	52.69
Nudo 327	85.3	0.2392	0.05	53.61	Nudo 137	86.25	0.2572	0.05	52.69
Nudo 328	85.3	0.2677	0.05	53.61	Nudo 531	86.25	0	0	52.69
Nudo 536	85.3	0	0	53.64	Nudo 464	86.25	0	0	52.69
Nudo 535	85.3	0	0	53.64	Nudo 112	86.25	0.0959	0.02	52.68
Nudo 200	85.3	0.239	0.05	53.64	Nudo 392	86.25	0.2084	0.04	52.69
Nudo 386	85.3	0	0	53.64	Nudo 174	86.25	0.2518	0.05	52.69
Nudo 198	85.3	0.2443	0.05	53.64	Nudo 176	86.25	0.2886	0.06	52.69
Nudo 391	85.3	0.1449	0.03	53.64	Nudo 333	86.3	0.046	0.01	52.61
Nudo 606	85.35	0	0	53.59	Nudo 175	86.3	0.2868	0.06	52.64
Nudo 428	85.35	0	0	53.59	Nudo 533	86.3	0	0	52.64
Nudo 230	85.35	0.2247	0.04	53.59	Nudo 534	86.3	0	0	52.64
Nudo 194	85.4	0.2458	0.05	53.54	Nudo 104	86.4	0.1119	0.02	52.53
Nudo 196	85.45	0.2703	0.05	53.49	Nudo 332	86.5	0.2604	0.05	52.41
Nudo 366	85.45	0	0	53.49	Nudo 140	86.65	0.1337	0.03	52.29
Nudo 208	85.45	0.2163	0.04	53.48	Nudo 138	86.7	0.1464	0.03	52.24
Nudo 538	85.45	0	0	53.49	Nudo 331	86.7	0.2859	0.06	52.21
Nudo 537	85.45	0	0	53.49	Nudo 213	86.7	0.0603	0.01	52.23
Nudo 427	85.5	0	0	53.44	Nudo 465	86.75	0	0	52.19
Nudo 608	85.5	0	0	53.44	Nudo 136	86.75	0.4435	0.09	52.19
Nudo 609	85.5	0	0	53.44	Nudo 466	86.75	0	0	52.19
Nudo 611	85.5	0	0	53.43	Nudo 91	86.8	0.0611	0.01	52.13
Nudo 595	85.5	0	0	53.44	Nudo 102	86.8	0.1201	0.02	52.13
Nudo 467	85.5	0	0	53.44	Nudo 126	86.9	0.1486	0.03	52.05
Nudo 468	85.5	0	0	53.44	Nudo 469	86.95	0	0	51.99
Nudo 329	85.5	0.251	0.05	53.43	Nudo 162	86.95	0.2748	0.05	51.99
Nudo 429	85.5	0	0	53.43	Nudo 470	86.95	0	0	51.99
Nudo 614	85.5	0	0	53.44	Nudo 101	87	0.1235	0.02	51.93
Nudo 430	85.5	0	0	53.43	Nudo 431	87	0	0	51.93
Nudo 161	85.5	0.2394	0.05	53.44	Nudo 432	87	0	0	51.93
Nudo 612	85.5	0	0	53.44	Nudo 330	87	0.2525	0.05	51.93
Nudo 613	85.5	0	0	53.44	Nudo 169	87.1	0.1971	0.04	51.85
Nudo 461	85.55	0	0	53.39	Nudo 139	87.15	0.1084	0.02	51.79
Nudo 147	85.55	0.117	0.02	53.39	Nudo 168	87.2	0.2089	0.04	51.75

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

Continuación

Estado de los Nudos de la Red					Estado de los Nudos de la Red				
ID Nudo	Cota	Demanda Base	Demanda	Presión	ID Nudo	Cota	Demanda Base	Demanda	Presión
	m	LPS	LPS	m		m	LPS	LPS	m
Nudo 362	87.2	0.2008	0.04	51.73	Nudo 562	88.2	0	0	50.74
Nudo 215	87.25	0.0635	0.01	51.68	Nudo 217	88.25	0.0861	0.01	50.68
Nudo 108	87.3	0.0983	0.02	51.63	Nudo 88	88.25	0.0903	0.02	50.68
Nudo 168	87.3	0.2751	0.06	51.65	Nudo 132	88.25	0.2755	0.06	50.7
Nudo 471	87.3	0	0	51.65	Nudo 86	88.25	0.0995	0.02	50.69
Nudo 167	87.3	0.2433	0.05	51.65	Nudo 130	88.3	0.2172	0.04	50.65
Nudo 166	87.3	0.2119	0.04	51.65	Nudo 129	88.35	0.2411	0.05	50.6
Nudo 90	87.35	0.0798	0.02	51.58	Nudo 529	88.35	0	0	50.6
Nudo 92	87.35	0.0538	0.01	51.59	Nudo 530	88.35	0	0	50.6
Nudo 398	87.4	0.1328	0.03	51.55	Nudo 131	88.35	0.242	0.05	50.6
Nudo 165	87.4	0.2385	0.05	51.55	Nudo 394	88.35	0.134	0.03	50.6
Nudo 472	87.4	0	0	51.55	Nudo 125	88.4	0.1741	0.03	50.56
Nudo 135	87.4	0.1261	0.03	51.55	Nudo 405	88.4	0	0	50.56
Nudo 164	87.5	0.2705	0.05	51.45	Nudo 95	88.4	0.1012	0.02	50.54
Nudo 100	87.5	0.0988	0.02	51.43	Nudo 560	88.4	0	0	50.56
Nudo 214	87.6	0.1268	0.03	51.33	Nudo 561	88.4	0	0	50.56
Nudo 568	87.6	0	0	51.33	Nudo 216	88.45	0.152	0.03	50.48
Nudo 569	87.6	0	0	51.33	Nudo 433	88.5	0	0	50.43
Nudo 590	87.65	0	0	51.3	Nudo 336	88.5	0.1571	0.03	50.42
Nudo 212	87.65	0.0984	0.02	51.28	Nudo 435	88.6	0	0	50.33
Nudo 491	87.65	0	0	51.29	Nudo 498	88.6	0	0	50.34
Nudo 134	87.65	0.2456	0.05	51.3	Nudo 434	88.6	0	0	50.33
Nudo 98	87.65	0.0936	0.02	51.29	Nudo 512	88.6	0	0	50.36
Nudo 567	87.65	0	0	51.28	Nudo 85	88.6	0.1024	0.02	50.34
Nudo 592	87.65	0	0	51.3	Nudo 16	88.6	0.1863	0.04	50.36
Nudo 495	87.65	0	0	51.29	Nudo 514	88.6	0	0	50.36
Nudo 496	87.65	0	0	51.29	Nudo 513	88.6	0	0	50.36
Nudo 565	87.65	0	0	51.28	Nudo 340	88.6	0.2454	0.05	50.33
Nudo 87	87.7	0.1402	0.03	51.23	Nudo 359	88.75	0.0677	0.01	50.18
Nudo 495	87.8	0	0	51.14	Nudo 598	88.8	0	0	50.15
Nudo 99	87.8	0.0936	0.02	51.14	Nudo 113	88.8	0.2066	0.04	50.15
Nudo 494	87.8	0	0	51.14	Nudo 591	88.8	0	0	50.15
Nudo 93	87.85	0.098	0.02	51.09	Nudo 500	88.85	0	0	50.09
Nudo 211	87.9	0.2345	0.05	51.03	Nudo 84	88.85	0.0574	0.01	50.09
Nudo 564	87.9	0	0	51.03	Nudo 499	88.85	0	0	50.09
Nudo 490	87.9	0	0	51.04	Nudo 501	88.85	0	0	50.09
Nudo 492	87.9	0	0	51.04	Nudo 439	89	0	0	49.93
Nudo 97	87.9	0.1182	0.02	51.04	Nudo 341	89	0.1311	0.03	49.93
Nudo 566	87.9	0	0	51.03	Nudo 438	89	0	0	49.93
Nudo 334	87.95	0.1283	0.03	50.96	Nudo 437	89	0	0	49.93
Nudo 133	88	0.2772	0.06	50.95	Nudo 508	89.05	0	0	49.89
Nudo 89	88.1	0.0512	0.01	50.83	Nudo 502	89.05	0	0	49.89
Nudo 96	88.15	0.1077	0.02	50.79	Nudo 83	89.05	0.197	0.04	49.89
Nudo 489	88.15	0	0	50.79	Nudo 82	89.1	0.2542	0.05	49.84
Nudo 488	88.15	0	0	50.79	Nudo 114	89.1	0.2694	0.05	49.85
Nudo 487	88.15	0	0	50.79	Nudo 484	89.1	0	0	49.84
Nudo 497	88.2	0	0	50.74	Nudo 485	89.1	0	0	49.84
Nudo 94	88.2	0.1129	0.02	50.74	Nudo 486	89.1	0	0	49.84
Nudo 335	88.2	0.1896	0.04	50.71	Nudo 121	89.3	0.2104	0.04	49.65
Nudo 229	88.2	0.2924	0.06	50.74	Nudo 363	89.3	0.1697	0.03	49.64
Nudo 563	88.2	0	0	50.74	Nudo 115	89.3	0.269	0.05	49.65

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

Continuación

Estado de los Nudos de la Red					Estado de los Nudos de la Red				
ID Nudo	Cota	Demanda Base	Demanda	Presión	ID Nudo	Cota	Demanda Base	Demanda	Presión
	m	LPS	LPS	m		m	LPS	LPS	m
Nudo 120	89.35	0.1427	0.03	49.6	Nudo 76	90.3	0.2147	0.04	48.65
Nudo 223	89.35	0.2777	0.06	49.61	Nudo 72	90.3	0.1488	0.03	48.66
Nudo 116	89.4	0.2358	0.05	49.55	Nudo 557	90.3	0	0	48.66
Nudo 395	89.4	0.1258	0.03	49.55	Nudo 436	90.45	0	0	48.47
Nudo 559	89.4	0	0	49.56	Nudo 339	90.45	0.2866	0.06	48.47
Nudo 527	89.4	0	0	49.55	Nudo 29	90.5	0.0703	0.01	48.45
Nudo 119	89.4	0.2259	0.05	49.55	Nudo 54	90.5	0.1021	0.02	48.45
Nudo 122	89.4	0.2287	0.05	49.56	Nudo 55	90.55	0.0664	0.01	48.4
Nudo 528	89.4	0	0	49.55	Nudo 504	90.6	0	0	48.35
Nudo 219	89.45	0.0833	0.01	49.48	Nudo 60	90.6	0.2826	0.06	48.35
Nudo 118	89.45	0.2326	0.05	49.5	Nudo 345	90.7	0.1455	0.03	48.22
Nudo 117	89.5	0.2142	0.04	49.45	Nudo 343	90.7	0.1045	0.02	48.23
Nudo 123	89.55	0.0569	0.01	49.41	Nudo 441	90.7	0	0	48.23
Nudo 482	89.55	0	0	49.4	Nudo 443	90.7	0	0	48.23
Nudo 605	89.55	0	0	49.4	Nudo 28	90.8	0.17	0.03	48.15
Nudo 483	89.55	0	0	49.4	Nudo 24	90.85	0.0484	0.01	48.1
Nudo 596	89.55	0	0	49.39	Nudo 53	90.85	0.0736	0.01	48.1
Nudo 81	89.55	0.3178	0.06	49.4	Nudo 574	90.9	0	0	48.04
Nudo 218	89.55	0.2518	0.05	49.38	Nudo 227	90.9	0.1755	0.04	48.04
Nudo 17	89.7	0.2007	0.04	49.25	Nudo 344	90.9	0.0961	0.02	48.03
Nudo 481	89.8	0	0	49.15	Nudo 573	90.9	0	0	48.04
Nudo 80	89.8	0.2785	0.06	49.15	Nudo 68	90.95	0.2281	0.05	48.01
Nudo 346	89.8	0.0527	0.01	49.12	Nudo 69	90.95	0.2715	0.05	48.01
Nudo 480	89.8	0	0	49.15	Nudo 526	90.95	0	0	48
Nudo 361	89.85	0.0661	0.01	49.08	Nudo 556	90.95	0	0	48.01
Nudo 571	89.9	0	0	49.03	Nudo 525	90.95	0	0	48
Nudo 228	89.9	0.2265	0.05	49.03	Nudo 61	90.95	0.2978	0.06	48
Nudo 570	89.9	0	0	49.03	Nudo 524	91	0	0	47.95
Nudo 572	89.95	0	0	48.98	Nudo 62	91	0.2851	0.06	47.95
Nudo 360	89.95	0.2288	0.05	48.98	Nudo 25	91	0.1205	0.02	47.95
Nudo 59	90.05	0.1716	0.03	48.89	Nudo 523	91	0	0	47.95
Nudo 479	90.05	0	0	48.9	Nudo 220	91	0.2405	0.05	47.94
Nudo 79	90.05	0.2643	0.05	48.9	Nudo 397	91.02	0.104	0.02	47.93
Nudo 382	90.05	0	0	48.89	Nudo 522	91.05	0	0	47.9
Nudo 374	90.05	0	0	48.89	Nudo 52	91.05	0.072	0.01	47.9
Nudo 601	90.05	0	0	48.9	Nudo 67	91.05	0.2236	0.04	47.91
Nudo 602	90.05	0	0	48.9	Nudo 63	91.05	0.2528	0.05	47.9
Nudo 604	90.06	0	0	48.89	Nudo 521	91.05	0	0	47.9
Nudo 603	90.06	0	0	48.89	Nudo 221	91.05	0.0487	0.01	47.89
Nudo 476	90.1	0	0	48.85	Nudo 505	91.1	0	0	47.85
Nudo 477	90.1	0	0	48.85	Nudo 364	91.1	0.0472	0.01	47.84
Nudo 440	90.1	0	0	48.83	Nudo 56	91.1	0.2601	0.05	47.85
Nudo 78	90.1	0.2349	0.05	48.85	Nudo 64	91.1	0.2329	0.05	47.85
Nudo 342	90.1	0.1463	0.03	48.83	Nudo 66	91.1	0.2377	0.05	47.86
Nudo 442	90.1	0	0	48.83	Nudo 65	91.1	0.2427	0.05	47.86
Nudo 396	90.1	0.1184	0.02	48.85	Nudo 27	91.2	0.0782	0.02	47.75
Nudo 77	90.2	0.204	0.04	48.75	Nudo 30	91.2	0.0738	0.01	47.75
Nudo 74	90.2	0.1335	0.03	48.76	Nudo 338	91.2	0.2156	0.04	47.72
Nudo 73	90.2	0.1955	0.04	48.76	Nudo 70	91.25	0.2038	0.04	47.7
Nudo 75	90.25	0.205	0.04	48.71	Nudo 517	91.3	0	0	47.66
Nudo 558	90.3	0	0	48.66	Nudo 515	91.3	0	0	47.66

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

Continuación

Estado de los Nudos de la Red					Estado de los Nudos de la Red				
ID Nudo	Cota	Demanda Base	Demanda	Presión	ID Nudo	Cota	Demanda Base	Demanda	Presión
	m	LPS	LPS	m		m	LPS	LPS	m
Nudo 15	91.3	0.2148	0.04	47.66	Nudo 43	92.35	0.2586	0.05	46.61
Nudo 19	91.3	0.141	0.03	47.65	Nudo 42	92.4	0.2323	0.05	46.56
Nudo 347	91.3	0.1658	0.03	47.62	Nudo 554	92.4	0	0	46.56
Nudo 509	91.3	0	0	47.65	Nudo 14	92.4	0.3006	0.06	46.56
Nudo 23	91.3	0.0552	0.01	47.65	Nudo 551	92.4	0	0	46.56
Nudo 511	91.3	0	0	47.65	Nudo 516	92.4	0	0	46.57
Nudo 510	91.3	0	0	47.65	Nudo 588	92.4	0	0	46.56
Nudo 22	91.4	0.126	0.03	47.55	Nudo 587	92.4	0	0	46.56
Nudo 26	91.4	0.1429	0.03	47.55	Nudo 32	92.4	0.2514	0.05	46.55
Nudo 365	91.4	0.0913	0.02	47.54	Nudo 41	92.45	0.1761	0.04	46.51
Nudo 506	91.45	0	0	47.5	Nudo 552	92.45	0	0	46.51
Nudo 51	91.45	0.236	0.05	47.5	Nudo 553	92.45	0	0	46.51
Nudo 546	91.55	0	0	47.42	Nudo 225	92.45	0.2871	0.06	46.49
Nudo 547	91.55	0	0	47.42	Nudo 71	92.45	0.1164	0.02	46.5
Nudo 36	91.55	0.2081	0.04	47.42	Nudo 578	92.45	0	0	46.49
Nudo 545	91.55	0	0	47.42	Nudo 555	92.45	0	0	46.51
Nudo 358	91.6	0.057	0.01	47.33	Nudo 337	92.55	0.1074	0.02	46.37
Nudo 357	91.6	0.0637	0.01	47.33	Nudo 40	92.55	0.1637	0.03	46.41
Nudo 351	91.6	0.1005	0.02	47.32	Nudo 49	92.75	0.1793	0.04	46.2
Nudo 352	91.7	0.0932	0.02	47.23	Nudo 33	92.8	0.2031	0.04	46.15
Nudo 57	91.7	0.2698	0.05	47.25	Nudo 349	93.05	0.0581	0.01	45.87
Nudo 21	91.75	0.1882	0.04	47.2	Nudo 353	93.1	0.1113	0.02	45.82
Nudo 507	91.8	0	0	47.15	Nudo 38	93.15	0.0829	0.02	45.81
Nudo 31	91.8	0.2687	0.05	47.15	Nudo 34	93.15	0.2101	0.04	45.81
Nudo 700	91.9	0	0	47.05	Nudo 35	93.25	0.2271	0.05	45.71
Nudo 348	91.9	0.0524	0.01	47.02	Nudo 356	93.3	0.1336	0.03	45.62
Nudo 224	91.9	0.332	0.07	47.05	Nudo 550	93.35	0	0	45.61
Nudo 579	91.9	0	0	47.05	Nudo 37	93.35	0.3177	0.06	45.61
Nudo 580	91.9	0	0	47.04	Nudo 548	93.35	0	0	45.61
Nudo 581	91.9	0	0	47.05	Nudo 549	93.35	0	0	45.61
Nudo 58	92	0.2043	0.04	46.95	Nudo 354	93.65	0.0834	0.01	45.27
Nudo 519	92.05	0	0	46.91	Nudo 406	93.7	0	0	44.57
Nudo 47	92.05	0.1977	0.04	46.91	Nudo 610	93.7	0	0	44.57
Nudo 50	92.05	0.2592	0.05	46.9	Nudo 4	93.7	0.1041	0.02	44.66
Nudo 398	92.05	0.0887	0.02	46.91	Nudo 39	94.05	0.1173	0.02	44.91
Nudo 5	92.1	0.1418	0.03	46.87	Nudo 539	94.5	0	0	44.47
Nudo 20	92.15	0.2074	0.04	46.8	Nudo 13	94.5	0.0548	0.01	44.46
Nudo 46	92.15	0.2477	0.05	46.81	Nudo 8	94.5	0.2223	0.04	44.47
Nudo 508	92.15	0	0	46.8	Nudo 582	94.65	0	0	44.31
Nudo 45	92.2	0.2556	0.05	46.76	Nudo 3	94.65	0.3408	0.07	44.3
Nudo 520	92.25	0	0	46.71	Nudo 583	94.65	0	0	44.31
Nudo 44	92.25	0.268	0.05	46.71	Nudo 355	94.7	0.0451	0.01	44.22
Nudo 48	92.25	0.0967	0.02	46.71	Nudo 7	94.7	0.1591	0.03	44.27
Nudo 399	92.25	0.1871	0.04	46.71	Nudo 540	94.7	0	0	44.27
Nudo 226	92.3	0.1079	0.02	46.64	Nudo 9	94.95	0.2648	0.05	44.01
Nudo 350	92.3	0.1474	0.03	46.62	Nudo 607	95	0	0	43.97
Nudo 575	92.3	0	0	46.64	Nudo 543	95	0	0	43.97
Nudo 576	92.3	0	0	46.64	Nudo 6	95	0.1517	0.03	43.97
Nudo 577	92.3	0	0	46.64	Nudo 541	95	0	0	43.97
Nudo 18	92.3	0.1106	0.02	46.65	Nudo 542	95	0	0	43.97
Nudo 222	92.3	0.0527	0.01	46.64	Nudo 10	95.2	0.0507	0.01	43.76

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

Continuación

Estado de los Nudos de la Red				
ID Nudo	Cota	Demanda Base	Demanda	Presión
	m	LPS	LPS	m
Nudo 2	95.65	0.0675	0.01	43.3
Nudo 11	95.8	0.1743	0.03	43.16
Nudo 1	96.05	0.3716	0.07	42.9
Nudo 404	96.3	0.1547	0.03	42.69
Nudo 600	96.3	0	0	42.67
Nudo 12	96.3	0.1442	0.03	42.66
Nudo 0	97.35	0.2135	0.04	41.59

Tabla #11: presiones en los nodos

Elaboración propia.

Se pueden observar las presiones obtenidas por el software epanet, de las cuales se logran apreciar que están entre 41.59 mca siendo esta la mínima que está en el rango establecido y 66.93 mca siendo esta la máxima, se puede apreciar que no se encuentra en el rango establecido por la norma técnica de abastecimiento de agua potable de ENACAL.

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

➤ Resultado de análisis en la tubería.

sin sectorizada									
Estado de las Líneas de la Red									
ID Línea	Longitud	Caudal	Velocidad	Pérdida Unit.	ID Línea	Longitud	Caudal	Velocidad	Pérdida Unit.
	m	LPS	m/s	m/km		m	LPS	m/s	m/km
Tubería 416	46.91	-0.17	0.08	0.21	Tubería 280	48.86	0.01	0	0
Tubería 227	60.79	0.03	0.02	0.01	Tubería 285	63.71	-0.17	0.04	0.03
Tubería 233	55.28	0.15	0.07	0.16	Tubería 287	36.58	0	0	0
Tubería 229	25.45	0	0	0	Tubería 288	28.06	0.04	0.02	0.01
Tubería 230	54.34	0.01	0	0	Tubería 336	127.17	0.02	0.01	0
Tubería 263	180.46	0.03	0.01	0.01	Tubería 346	117.3	0.03	0.01	0.01
Tubería 261	100.46	-1.07	0.24	0.88	Tubería 343	38.41	0.04	0.02	0.01
Tubería 257	2	-0.7	0.15	0.4	Tubería 347	18.22	0.05	0.02	0.02
Tubería 253	36.42	-0.2	0.04	0.04	Tubería 348	31.12	0	0	0
Tubería 252	107.07	0.92	0.05	0.02	Tubería 295	177.24	-0.35	0.17	0.81
Tubería 422	85.41	-0.01	0.01	0	Tubería 293	89.47	0.67	0.33	2.68
Tubería 430	2	-0.21	0.05	0.04	Tubería 296	65.04	1.67	0.82	14.33
Tubería 428	98.53	0.08	0.04	0.06	Tubería 298	158.79	0.02	0.01	0
Tubería 426	102.97	0.04	0.02	0.02	Tubería 365	67.76	0.33	0.04	0.03
Tubería 425	62.23	0.01	0	0	Tubería 367	60.51	0.32	0.04	0.02
Tubería 434	94.51	0.07	0.03	0.04	Tubería 368	93.22	0.3	0.06	0.08
Tubería 436	82.74	0.01	0.01	0	Tubería 370	106.65	0.25	0.06	0.06
Tubería 441	96.62	0.16	0.08	0.18	Tubería 372	150.24	0.2	0.1	0.28
Tubería 439	90.02	0.07	0.04	0.04	Tubería 373	38.97	0.09	0.04	0.06
Tubería 438	78.45	0.01	0.01	0	Tubería 375	22.12	0.01	0.01	0
Tubería 423	101.22	-0.06	0.03	0.03	Tubería 376	60.99	0.06	0.03	0.03
Tubería 429	89.13	-0.08	0.04	0.05	Tubería 377	36.28	0.01	0	0
Tubería 427	96.29	0.06	0.03	0.03	Tubería 378	52.94	0.04	0.02	0.01
Tubería 361	25.31	0.52	0.03	0.01	Tubería 379	39.93	0.03	0.01	0.01
Tubería 364	58.99	0.06	0.03	0.03	Tubería 382	72.28	0.01	0.01	0
Tubería 366	197.14	0.03	0.01	0.01	Tubería 380	71.2	0.01	0	0
Tubería 337	53.21	0.02	0.01	0	Tubería 381	36.77	-0.03	0.01	0.01
Tubería 344	42.88	0.06	0.03	0.03	Tubería 383	70.14	0.01	0	0
Tubería 384	45.77	-0.01	0	0	Tubería 374	114.29	-0.07	0.03	0.04
Tubería 385	2	0.04	0.02	0.01	Tubería 371	60.66	0.01	0	0
Tubería 391	90.31	0.16	0.08	0.19	Tubería 369	55.03	0.01	0	0
Tubería 345	26.74	0	0	0	Tubería 386	40.73	-0.07	0.04	0.04
Tubería 290	151.94	0.06	0.03	0.03	Tubería 407	100.5	0.08	0.04	0.06
Tubería 286	140.29	0.06	0.03	0.03	Tubería 400	104.98	0.03	0.01	0.01
Tubería 273	2	-0.01	0	0	Tubería 399	99.2	-0.06	0.03	0.03
Tubería 271	56.99	0.09	0.04	0.07	Tubería 397	34.18	0.05	0.02	0.02
Tubería 269	52.43	0.05	0.03	0.02	Tubería 410	56.39	0.05	0.03	0.02
Tubería 267	26.1	0.02	0.01	0.01	Tubería 411	127.14	0.02	0.01	0
Tubería 266	56.27	0.01	0	0	Tubería 413	28.69	0	0	0
Tubería 265	19.73	0	0	0	Tubería 412	66.59	0.11	0.05	0.09
Tubería 272	115.46	0.02	0.01	0	Tubería 408	2	-0.17	0.04	0.03
Tubería 270	86.44	0.01	0.01	0	Tubería 395	70.36	0.06	0.03	0.03
Tubería 268	58.61	0.01	0	0	Tubería 9	24.74	16.26	0.32	0.38
Tubería 358	137.78	-0.41	0.09	0.15	Tubería 67	69.75	0.31	0.07	0.09
Tubería 356	74.75	-0.44	0.1	0.17	Tubería 65	70.49	0.17	0.04	0.03
Tubería 354	48.95	0.12	0.03	0.01	Tubería 50	2	-1.92	0.95	18.67
Tubería 353	118.14	0.02	0.01	0	Tubería 59	62.45	-0.25	0.05	0.06
Tubería 351	73.16	0.05	0.02	0.02	Tubería 58	2	0.01	0	0
Tubería 350	145.08	0.02	0.01	0	Tubería 110	2	0.01	0.01	0
Tubería 352	55.93	0.01	0	0	Tubería 192	58.32	-0.05	0	0
Tubería 355	99.67	0.01	0.01	0	Tubería 46	73.35	-0.02	0.01	0

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

Continuación

sin sectorizada									
Estado de las Líneas de la Red									
ID Línea	Longitud	Caudal	Velocidad	Pérdida Unit.	ID Línea	Longitud	Caudal	Velocidad	Pérdida Unit.
m	LPS	m/s	m/km	m	LPS	m/s	m/km	m	LPS
Tubería 47	105.33	0.09	0.04	0.06	Tubería 140	40.08	0.09	0.02	0.01
Tubería 11	68.89	0.22	0.11	0.33	Tubería 136	56.56	0.03	0.01	0
Tubería 49	106.86	0.1	0.05	0.07	Tubería 38	101.28	0.01	0	0
Tubería 66	117.74	0.2	0.04	0.04	Tubería 201	76.73	-1.87	0.23	0.6
Tubería 99	82.6	0.17	0.04	0.03	Tubería 235	98.05	-1.67	0.37	1.98
Tubería 117	75.55	0.19	0.04	0.04	Tubería 118	63.19	0.27	0.06	0.07
Tubería 68	111.62	0.18	0.04	0.03	Tubería 96	70.56	0.21	0.05	0.04
Tubería 97	89.74	0.18	0.04	0.03	Tubería 116	66.16	0.2	0.04	0.04
Tubería 119	75.38	0.21	0.05	0.04	Tubería 61	84.19	0.45	0.1	0.17
Tubería 85	104.03	0.13	0.03	0.02	Tubería 62	119.42	-0.19	0.04	0.04
Tubería 26	39.41	0.31	0.07	0.09	Tubería 103	7411	-0.02	0	0
Tubería 29	64.33	0.12	0.03	0.01	Tubería 176	60.04	0.17	0.04	0.03
Tubería 44	83.83	0.08	0.04	0.05	Tubería 113	60.12	0.12	0.03	0.02
Tubería 75	83.94	0.15	0.02	0.01	Tubería 100	66.85	0.31	0.07	0.09
Tubería 28	97.45	0.52	0.03	0.01	Tubería 60	125.12	-0.02	0	0
Tubería 30	111.41	0.19	0.04	0.04	Tubería 105	66.77	0.01	0.01	0
Tubería 32	103.4	0.04	0.01	0	Tubería 112	77	0.03	0.02	0.01
Tubería 33	79.6	0.01	0	0	Tubería 181	92.75	0.07	0.01	0
Tubería p310	56.64	0.12	0.03	0.01	Tubería 102	62.08	0.09	0.02	0.01
Tubería 35	103.86	0.03	0.01	0	Tubería 111	58.26	0.08	0.04	0.05
Tubería 34	69.94	0.01	0	0	Tubería 178	51.11	0.06	0.01	0
Tubería 36	45.89	0.06	0.01	0	Tubería 180	82.68	-0.01	0	0
Tubería 41	103.77	0.01	0	0	Tubería 212	98.34	0.06	0.03	0.03
Tubería 37	67.21	0.04	0.01	0	Tubería 216	99.02	0.03	0.02	0.01
Tubería 39	76.8	-0.01	0	0	Tubería 215	67.3	0.01	0	0
Tubería 79	70.54	-0.03	0.01	0.01	Tubería 5	226.13	2.99	0.37	1.44
Tubería 78	35.94	-0.04	0.02	0.02	Tubería 17	73.27	0.01	0	0
Tubería 82	104.47	-0.13	0.03	0.02	Tubería 18	122.38	0.07	0.02	0.01
Tubería 152	71.43	0.11	0.02	0.01	Tubería 19	128.6	0.04	0.01	0
Tubería 163	71.73	0.19	0.04	0.03	Tubería 167	113.65	0.38	0.05	0.03
Tubería 162	52.97	0.17	0.08	0.21	Tubería 125	68.69	0.15	0.02	0.01
Tubería 160	51.66	0.01	0	0	Tubería 91	121.17	0.12	0.02	0
Tubería 159	141.29	0.02	0.01	0	Tubería 84	97	-0.17	0.02	0.01
Tubería 158	98.11	-0.05	0.03	0.02	Tubería 70	86.97	0.11	0.03	0.01
Tubería 156	51.52	0.07	0.04	0.04	Tubería 10	2	-0.25	0.01	0
Tubería 157	98.84	0.07	0.04	0.04	Tubería 187	42.16	0.2	0.01	0
Tubería 161	139.27	0.19	0.1	0.27	Tubería 3	130.38	-0.13	0.02	0
Tubería 208	55.75	0.15	0.03	0.02	Tubería 444	72.32	0.14	0.07	0.15
Tubería 211	57.27	0.06	0.01	0	Tubería 446	83.86	0.07	0.03	0.04
Tubería 213	99.12	0.04	0.01	0	Tubería 448	66.45	0.01	0	0
Tubería 214	93.58	0.01	0	0	Tubería 451	79.09	0.11	0.05	0.09
Tubería 224	1.5	0.12	0.01	0	Tubería 450	60.37	0.06	0.03	0.03
Tubería 232	53.99	0.01	0	0	Tubería 447	133.8	-0.01	0.01	0
Tubería 155	50.32	0.17	0.09	0.22	Tubería 449	124.51	0.04	0.02	0.01
Tubería 129	2	-0.05	0.02	0.02	Tubería 482	16.32	0.19	0.04	0.04
Tubería 145	2	0.02	0	0	Tubería 481	52.3	0.18	0.04	0.03
Tubería 147	22.12	0.04	0.01	0	Tubería 321	115.56	0.21	0.05	0.04
Tubería 134	52.36	-0.07	0.02	0.01	Tubería 322	76.34	0.27	0.06	0.07
Tubería 151	28.95	-0.05	0.01	0	Tubería 306	91.54	-0.01	0.01	0
Tubería 135	79.12	0.17	0.04	0.03	Tubería 307	78.35	-0.27	0.13	0.49
Tubería 137	66.81	0.12	0.03	0.01	Tubería 308	52.2	0.01	0	0

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

Continuación

ID Línea	Longitud	Caudal	Velocidad	Pérdida Unit.	ID Línea	Longitud	Caudal	Velocidad	Pérdida Unit.
	m	LPS	m/s	m/km		m	LPS	m/s	m/km
Tubería 313	70.36	0.01	0	0	Tubería 326	42.2	-0.77	0.17	0.48
Tubería 312	114.34	-0.18	0.09	0.24	Tubería 443	2	-0.07	0.01	0
Tubería 480	192.01	0.15	0.03	0.02	Tubería 445	2	0.02	0	0
Tubería 453	155.62	0.06	0.03	0.03	Tubería 440	100.49	0.04	0.02	0.02
Tubería 452	154.45	0.02	0.01	0	Tubería 442	121.91	0.03	0.01	0.01
Tubería 457	2	0.02	0.01	0	Tubería 437	75.92	0.05	0.03	0.02
Tubería 459	60.91	0.13	0.06	0.13	Tubería 435	77.21	0.06	0.03	0.03
Tubería 461	42.58	0.07	0.03	0.04	Tubería 424	98.1	0.04	0.02	0.02
Tubería 463	76.05	0.01	0.01	0	Tubería 236	109.28	2.14	0.26	0.78
Tubería 460	2	-0.1	0.05	0.08	Tubería 202	67.13	-22.33	4.9	243.17
Tubería 476	45.91	0.05	0.02	0.02	Tubería 206	215.38	-2.71	1.34	35.36
Tubería 474	64.7	0.01	0	0	Tubería 234	2	-2.49	1.23	30.17
Tubería 473	51.38	0	0	0	Tubería 218	2	-1	0.22	0.77
Tubería 472	48.4	0.01	0	0	Tubería 220	2	-0.13	0.03	0.02
Tubería 470	61.3	-0.03	0.02	0.01	Tubería 231	47.42	0.03	0.01	0.01
Tubería 471	18.89	-0.08	0.04	0.06	Tubería 226	2	0	0	0
Tubería 469	54.83	0.03	0.02	0.01	Tubería 228	23.1	0.04	0.02	0.01
Tubería 462	34.81	-0.04	0.02	0.02	Tubería 154	66.71	0.21	0.05	0.04
Tubería 468	55.94	0.06	0.03	0.03	Tubería 133	62.53	-0.19	0.04	0.04
Tubería 466	72.96	0.02	0.01	0	Tubería 142	61.84	-0.03	0.01	0
Tubería 464	90.47	-0.03	0.01	0.01	Tubería 149	64.48	-0.2	0.04	0.04
Tubería 465	75.68	0.01	0.01	0	Tubería 148	63.95	-0.2	0.04	0.04
Tubería 467	83.83	0.01	0.01	0	Tubería 144	68.71	0.09	0.02	0.01
Tubería 56	67	0.06	0.03	0.03	Tubería 146	45.52	0.18	0.04	0.03
Tubería 55	168.78	0.02	0.01	0	Tubería 138	73.86	0.01	0.01	0
Tubería 108	167.38	0.02	0.01	0.01	Tubería 317	260.72	-1.31	0.04	0.01
Tubería 185	134.43	-1.37	0.04	0.01	Tubería 314	69.1	-0.16	0.08	0.19
Tubería 415	2	-0.05	0.03	-0.02	Tubería 316	5.44	-0.17	0.09	0.21
Tubería 417	113.24	0.09	0.18	2.02	Tubería 458	76.8	0.01	0	0
Tubería 398	72.15	-0.02	0.01	0	Tubería 479	94.16	0.11	0.02	0.01
Tubería 402	2	-0.14	0.07	0.15	Tubería 477	97.51	0.01	0	0
Tubería 404	2	-0.15	0.07	0.16	Tubería 475	76.38	0.03	0.02	0.01
Tubería 403	44.66	0.01	0	0	Tubería 324	2	-0.61	0.13	0.31
Tubería 362	248.79	-0.48	0.03	0.01	Tubería 300	249.21	-4.98	2.46	108.76
Tubería 357	157.49	0.62	0.14	0.32	Tubería 309	88.86	-0.31	0.15	0.62
Tubería 275	175.53	0.02	0.01	0	Tubería 310	42.24	0.01	0	0
Tubería 279	95.07	0.86	0.19	0.59	Tubería 311	111.54	-0.18	0.09	0.24
Tubería 278	18.03	0	0	0	Tubería 250	27.85	-0.33	0.16	0.7
Tubería 276	42.61	-0.33	0.07	0.1	Tubería 248	110.02	-1.09	0.06	0.03
Tubería 264	95.33	-1.16	0.14	0.25	Tubería 191	96.42	-1.03	0.06	0.03
Tubería 262	91.4	0.32	0.07	0.1	Tubería 254	105.14	-0.06	0.03	0.03
Tubería 281	118.99	0.6	0.13	0.3	Tubería 246	107.95	-0.19	0.04	0.03
Tubería 259	112.81	-1.07	0.13	0.22	Tubería 193	89.31	-0.22	0.05	0.05
Tubería 260	97.89	0.15	0.03	0.02	Tubería 251	106.3	-0.13	0.03	0.02
Tubería 283	84.48	0.23	0.05	0.05	Tubería 256	103.96	0.28	0.03	0.02
Tubería 505	20.45	1.36	0.04	0.01	Tubería 240	107.95	-0.27	0.06	0.07
Tubería 333	69.61	0.04	0.02	0.01	Tubería 244	106.37	-0.21	0.05	0.04
Tubería 342	2	-0.07	0.04	0.04	Tubería 199	78.74	-0.49	0.11	0.2
Tubería 349	126.31	0.02	0.01	0	Tubería 238	108.99	-0.39	0.08	0.13
Tubería 341	113.97	0.02	0.01	0	Tubería 237	110.66	-2.04	0.11	0.1
Tubería 339	101.41	0.01	0.01	0	Tubería 198	111.53	0.45	0.1	0.17

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

Continuación

ID Línea	Longitud	Caudal	Velocidad	Pérdida Unit.	ID Línea	Longitud	Caudal	Velocidad	Pérdida Unit.
	m	LPS	m/s	m/km		m	LPS	m/s	m/km
Tubería 313	70.36	0.01	0	0	Tubería 200	97.4	2.74	0.6	5.01
Tubería 312	114.34	-0.18	0.09	0.24	Tubería 169	113.61	-0.27	0.06	0.07
Tubería 480	192.01	0.15	0.03	0.02	Tubería 175	104.44	-0.16	0.03	0.02
Tubería 453	155.62	0.06	0.03	0.03	Tubería 164	99.28	0.1	0.05	0.08
Tubería 452	154.45	0.02	0.01	0	Tubería 166	108.57	0.28	0.06	0.07
Tubería 457	2	0.02	0.01	0	Tubería 196	93.06	0.18	0.04	0.03
Tubería 459	60.91	0.13	0.06	0.13	Tubería 194	61.85	0.12	0	0
Tubería 461	42.58	0.07	0.03	0.04	Tubería 170	62.63	0.21	0.05	0.04
Tubería 463	76.05	0.01	0.01	0	Tubería 123	69.85	-0.25	0.06	0.06
Tubería 460	2	-0.1	0.05	0.08	Tubería 93	108.32	-0.27	0.03	0.02
Tubería 476	45.91	0.05	0.02	0.02	Tubería 124	98.91	0.95	0.05	0.02
Tubería 474	64.7	0.01	0	0	Tubería 127	80.82	0.09	0.05	0.07
Tubería 473	51.38	0	0	0	Tubería 89	121.87	0.01	0	0
Tubería 472	48.4	0.01	0	0	Tubería 88	2	0.05	0.01	0
Tubería 470	61.3	-0.03	0.02	0.01	Tubería 87	152.61	0.13	0.03	0.02
Tubería 471	18.89	-0.08	0.04	0.06	Tubería 179	94.9	0.08	0.02	0.01
Tubería 469	54.83	0.03	0.02	0.01	Tubería 243	50.85	-0.23	0.03	0.01
Tubería 462	34.81	-0.04	0.02	0.02	Tubería 245	100.67	0.25	0.03	0.01
Tubería 468	55.94	0.06	0.03	0.03	Tubería 247	72.36	-0.35	0.04	0.03
Tubería 466	72.96	0.02	0.01	0	Tubería 249	107.91	0.31	0.15	0.62
Tubería 464	90.47	-0.03	0.01	0.01	Tubería 189	103.74	-0.08	0.02	0.01
Tubería 465	75.68	0.01	0.01	0	Tubería 183	86.24	0.02	0.01	0
Tubería 467	83.83	0.01	0.01	0	Tubería 186	79.64	-0.16	0.01	0
Tubería 56	67	0.06	0.03	0.03	Tubería 182	2	-0.05	0.01	0
Tubería 55	168.78	0.02	0.01	0	Tubería 109	80.23	0.02	0.01	0
Tubería 108	167.38	0.02	0.01	0.01	Tubería 104	75	0.01	0.01	0
Tubería 185	134.43	-1.37	0.04	0.01	Tubería 106	123.82	0.06	0.03	0.03
Tubería 415	2	-0.05	0.03	0.02	Tubería 177	99.07	-0.99	0.05	0.03
Tubería 417	113.24	0.09	0.18	2.02	Tubería 115	96	-1.04	0.06	0.03
Tubería 398	72.15	-0.02	0.01	0	Tubería 101	77.9	1.07	0.06	0.03
Tubería 402	2	-0.14	0.07	0.15	Tubería 90	102.96	0.13	0.03	0.02
Tubería 404	2	-0.15	0.07	0.16	Tubería 64	119	1.23	0.07	0.04
Tubería 403	44.66	0.01	0	0	Tubería 51	109.64	1.72	0.09	0.07
Tubería 362	248.79	-0.48	0.03	0.01	Tubería 83	103.31	0.06	0.01	0
Tubería 357	157.49	0.62	0.14	0.32	Tubería 76	66.24	-0.06	0.03	0.03
Tubería 275	175.53	0.02	0.01	0	Tubería 74	101.64	0.05	0.02	0.02
Tubería 279	95.07	0.86	0.19	0.59	Tubería 73	104.26	-0.07	0.04	0.04
Tubería 278	18.03	0	0	0	Tubería 4	131.71	-44.16	5.45	211.76
Tubería 276	42.61	-0.33	0.07	0.1	Tubería 2	97.24	0.01	0.01	0
Tubería 264	95.33	-1.16	0.14	0.25	Tubería 1	306.76	-0.04	0.02	0.02
Tubería 262	91.4	0.32	0.07	0.1	Tubería 45	34.05	-0.03	0.01	0.01
Tubería 281	118.99	0.6	0.13	0.3	Tubería 23	94.94	0.2	0.04	0.04
Tubería 259	112.81	-1.07	0.13	0.22	Tubería 24	148.09	0.09	0.04	0.06
Tubería 260	97.89	0.15	0.03	0.02	Tubería 43	110.61	0.02	0.01	0
Tubería 283	84.48	0.23	0.05	0.05	Tubería 42	84.97	-0.06	0.03	0.03
Tubería 505	20.45	1.36	0.04	0.01	Tubería 40	2	0.18	0.09	0.23
Tubería 333	69.61	0.04	0.02	0.01	Tubería 305	2	0.23	0.11	0.37
Tubería 342	2	-0.07	0.04	0.04	Tubería 304	86.98	-0.01	0.01	0
Tubería 349	126.31	0.02	0.01	0	Tubería 303	44.1	0.85	0.42	4.15
Tubería 341	113.97	0.02	0.01	0	Tubería 302	40.3	-0.97	0.48	5.24
Tubería 339	101.41	0.01	0.01	0	Tubería 328	79.21	0.16	0.04	0.03

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

Continuación

ID Línea	Longitud	Caudal	Velocidad	Pérdida Unit.		ID Línea	Longitud	Caudal	Velocidad	Pérdida Unit.
	m	LPS	m/s	m/km			m	LPS	m/s	m/km
Tubería 292	79.99	-0.82	0.05	0.02		Tubería 334	45.86	0.06	0.03	0.03
Tubería 25	129.81	0.06	0.03	0.03		Tubería 289	77.07	2.06	0.04	0.01
Tubería 27	159.07	0.02	0.01	0		Tubería 301	52.86	3.19	1.57	47.76
Tubería 72	120.27	-0.08	0.04	0.05		Tubería 297	124.2	0.58	0.28	2
Tubería 69	2	1.74	0.38	2.15		Tubería 294	114.76	-1.46	0.08	0.05
Tubería 514	2	4.9	0.1	0.04		Tubería 331	57.61	0.04	0.01	0
Tubería 173	107.07	0.21	0.05	0.04		Tubería 20	79.03	0.01	0.01	0
Tubería 195	86.15	0.24	0.05	0.06		Tubería 14	124.17	0.14	0.07	0.16
Tubería 172	64.01	0.17	0.04	0.03		Tubería 15	185.66	0.14	0.03	0.02
Tubería 209	46.64	0.89	0.19	0.62		Tubería 16	116.4	2.08	0.06	0.03
Tubería 255	60.26	0.08	0.02	0.01		Tubería 31	90.12	0.28	0.02	0
Tubería 432	98.18	-0.13	0.07	0.14		Tubería 81	89.15	0.03	0.01	0.01
Tubería 329	2	0.37	0.08	0.12		Tubería 80	2	-0.12	0.03	0.01
Tubería 330	5.25	-0.18	0.04	0.03		Tubería 77	85.51	0.09	0.02	0.01
Tubería 387	2	0.02	0.01	0		Tubería 53	106.7	-0.83	0.18	0.54
Tubería 393	46.32	-0.01	0	0		Tubería 54	92.32	-0.32	0.16	0.67
Tubería 394	2	-0.06	0.03	0.03		Tubería 57	2	-0.59	0.13	0.29
Tubería 396	109.46	0.02	0.01	0.01		Tubería 107	58.68	0.02	0.01	0
Tubería 401	92.06	-0.04	0.02	0.02		Tubería 128	109.26	0.03	0.02	0.01
Tubería 405	91.79	0.01	0.01	0		Tubería 130	2	0.01	0	0
Tubería 421	21.75	0.17	0.04	0.03		Tubería 131	77.42	0.11	0.02	0.01
Tubería 420	100.05	0.04	0.01	0		Tubería 143	47.09	0.05	0.01	0
Tubería 332	2.12	1.19	0.15	0.26		Tubería 132	31.41	0.18	0.04	0.03
Tubería 456	2	0.02	0.01	0		Tubería 291	103.44	0.05	0.03	0.03
Tubería 359	78.69	-0.53	0.03	0.01		Tubería 141	77.62	0.01	0	0
Tubería 360	50.95	1.19	0.07	0.04		Tubería 203	72.04	4.01	0.88	10.12
Tubería 165	2	15.52	3.4	124.04		Tubería 190	93.6	0.06	0	0
Tubería 12e	66.43	56.47	0.77	1.58		Tubería 188	67.77	-0.16	0	0
Tubería 6	18.63	44.13	5.44	211.57		Tubería 222	2	0.02	0	0
Tubería 515	51.62	-44.13	0.6	1		Tubería 217	49.67	0.09	0.02	0.01
Tubería 92	2	-0.07	0.02	0.01		Tubería 219	50.4	0.19	0.04	0.03
Tubería 94	63.99	0.26	0.06	0.06		Tubería 221	53.11	0.15	0.03	0.02
Tubería 71	107.45	0.22	0.05	0.05		Tubería 223	69.16	0.14	0.03	0.02
Tubería 513	108.07	5.94	0.12	0.06		Tubería 225	59.99	0.01	0	0
Tubería 168	95.61	0.2	0.04	0.04		Tubería 315	95.8	-0.08	0.04	0.05
Tubería 95	95.2	0.15	0.03	0.02		Tubería 389	41.69	0.18	0.09	0.23
Tubería 512	95.83	5.72	0.11	0.06		Tubería 388	2	-0.13	0.06	0.13
Tubería 121	70.14	0.27	0.06	0.07		Tubería 210	2	-7.7	1.69	33.86
Tubería 511	74.88	6.45	0.13	0.07		Tubería 406	32.89	0.06	0.03	0.03
Tubería 171	107.62	0.27	0.06	0.07		Tubería 419	173.41	0.15	0.03	0.02
Tubería 510	106.33	6.37	0.13	0.07		Tubería 454	256.31	-0.03	0.02	0.01
Tubería 197	82.37	0.27	0.06	0.07		Tubería 455	2	-0.08	0.04	0.05
Tubería 239	90.62	-1.88	0.1	0.08		Tubería 335	2	-0.07	0.04	0.05
Tubería 241	62.33	-0.22	0.03	0.01		Tubería 340	51.88	-0.06	0.03	0.03
Tubería 509	82.73	6.34	0.13	0.07		Tubería 338	2	-0.1	0.05	0.07
Tubería 242	104.55	0.2	0.04	0.04		Tubería 320	2	-0.29	0.06	0.07
Tubería 508	104.6	4.68	0.09	0.04		Tubería 318	209.23	-0.4	0.09	0.14
Tubería 258	2	-0.11	0.02	0.01		Tubería 478	58.08	0.01	0.01	0
Tubería 507	99.85	3.99	0.08	0.03		Tubería 323	2	0.15	0.03	0.03
Tubería 284	2	0.08	0.02	0		Tubería 325	241.57	-0.3	0.07	0.08
Tubería 506	108.64	3.45	0.07	0.02		Tubería 433	81.16	-0.28	0.06	0.07

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

Continuación

ID Línea	Longitud	Caudal	Velocidad	Pérdida Unit.		ID Línea	Longitud	Caudal	Velocidad	Pérdida Unit.
	m	LPS	m/s	m/km			m	LPS	m/s	m/km
Tubería 409	64.09	0.07	0.03	0.04		Tubería 544	2	0.05	0.03	0.02
Tubería 431	84.13	0.4	0.09	0.14		Tubería 545	63.86	0.46	0.06	0.04
Tubería 13	18.27	-2.26	0.07	0.03		Tubería 546	5	-0.92	0.05	0.02
Tubería 392	804.63	0.03	0.07	0.32		Tubería 547	2	0.19	0.04	0.03
Tubería 319	2	0.19	0.09	0.26		Tubería 548	2	0.03	0.01	0
Tubería 418	1	0.15	0.03	0.02		Tubería 549	2	0.16	0.03	0.02
Tubería 483	108.73	0.05	0.02	0.02		Tubería 550	176.2	-0.95	0.05	0.02
Tubería 484	88.59	-0.15	0.03	0.02		Tubería 551	2	-0.01	0	0
Tubería 485	1	0.1	0.02	0.01		Tubería 552	26.5	-0.94	0.05	0.02
Tubería 486	23.41	-0.24	0.05	0.06		Tubería 553	73.16	-0.79	0.1	0.12
Tubería 487	607.69	-0.24	0.03	0.01		Tubería 554	85.65	-0.86	0.11	0.14
Tubería 488	117.34	-0.27	0.03	0.02		Tubería 555	73.36	-0.36	0.08	0.11
Tubería 489	570.63	-0.04	0.02	0.02		Tubería 556	1.5	-0.14	0.03	0.02
Tubería 490	2	-0.02	0.01	0		Tubería 557	3	0.47	0.1	0.19
Tubería 491	1	0.02	0.01	0.01		Tubería 558	1.5	0.08	0.01	0
Tubería 492	2	0.13	0.06	0.12		Tubería 559	2	0.57	0.13	0.27
Tubería 493	66.11	-0.27	0.06	0.07		Tubería 560	1.5	0.29	0.04	0.02
Tubería 494	1.5	0.07	0.02	0.01		Tubería 561	60.6	-1.15	0.14	0.25
Tubería 495	2	0.11	0.05	0.09		Tubería 562	78.81	0.77	0.09	0.12
Tubería 496	60.16	-0.34	0.04	0.03		Tubería 563	144.06	0.21	0.05	0.04
Tubería 497	1.5	0.04	0.01	0		Tubería 564	2	-0.27	0.06	0.07
Tubería 498	109.22	0.08	0.02	0.01		Tubería 565	121.47	0.49	0.06	0.05
Tubería 499	72.43	0.06	0.01	0		Tubería 566	140.16	0.37	0.05	0.03
Tubería 500	2	0.04	0.02	0.01		Tubería 567	145.07	0.14	0.03	0.02
Tubería 501	1.5	0.02	0	0.01		Tubería 568	2	0.12	0.03	0.01
Tubería 502	70.91	-0.02	0.01	0		Tubería 570	94.54	0.05	0.03	0.02
Tubería 517	1.5	0.04	0.02	0.01		Tubería 571	4	0.22	0.05	0.05
Tubería 518	42.01	0.01	0	0		Tubería 572	260.36	0.09	0.02	0.01
Tubería 520	40.65	-0.03	0.02	0.01		Tubería 573	1.5	0.09	0.02	0.01
Tubería 521	80.12	0.01	0.01	0		Tubería 574	92.33	0.15	0.03	0.02
Tubería 522	1.5	0.14	0.07	0.14		Tubería 575	15	0.15	0.03	0.02
Tubería 523	71.43	-0.12	0.03	0.02		Tubería 576	90.37	0.04	0.02	0.02
Tubería 524	71.75	0.05	0.03	0.02		Tubería 577	2	0.02	0.01	0
Tubería 525	2	0.03	0.01	0		Tubería 578	78.6	0.13	0.03	0.02
Tubería 526	71.43	-0.15	0.03	0.02		Tubería 579	51.6	0.24	0.03	0.01
Tubería 527	85.9	0.05	0.02	0.02		Tubería 580	40.07	0.05	0.02	0.02
Tubería 528	2	0.01	0	0		Tubería 581	2	0.03	0.01	0
Tubería 529	48.29	-0.16	0.03	0.02		Tubería 582	46.36	0.14	0.07	0.15
Tubería 530	41.82	-0.16	0.03	0.02		Tubería 583	1	0.24	0.03	0.01
Tubería 531	75.19	-0.26	0.03	0.02		Tubería 584	42.54	-6.17	0.12	0.06
Tubería 532	78.34	-0.35	0.04	0.03		Tubería 585	80.73	-3.61	0.07	0.02
Tubería 533	32.92	-0.39	0.05	0.03		Tubería 586	2	-2.4	0.53	3.9
Tubería 534	73.67	-0.04	0.02	0.01		Tubería 587	2	-2.56	0.05	0.01
Tubería 535	2	0.11	0.05	0.09		Tubería 588	85.87	-0.17	0.04	0.03
Tubería 536	76.82	-0.06	0.03	0.03		Tubería 589	2	-0.54	0.01	0
Tubería 537	1.5	0.09	0.04	0.06		Tubería 590	115.68	-3.07	0.06	0.02
Tubería 538	2	0.1	0.05	0.07		Tubería 591	165.16	0	0	0
Tubería 539	1.5	0.04	0.02	0.01		Tubería 593	44.84	0.14	0.07	0.14
Tubería 540	47.74	-0.15	0.03	0.02		Tubería 594	140.4	-0.15	0.02	0.01
Tubería 542	103.51	0.51	0.06	0.05		Tubería 596	141.47	-0.02	0.01	0
Tubería 543	2	0.14	0.07	0.14		Tubería 597	2	0.05	0.03	0.02

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

Continuación

ID Línea	Longitud	Caudal	Velocidad	Pérdida Unit.	ID Línea	Longitud	Caudal	Velocidad	Pérdida Unit.
	m	LPS	m/s	m/km		m	LPS	m/s	m/km
Tubería 598	2	-0.15	0.02	0.01	Tubería 658	50.69	0.14	0.03	0.02
Tubería 599	1.59	0.02	0	0	Tubería 659	2	0.12	0.03	0.01
Tubería 600	62.1	-0.16	0.02	0.01	Tubería 660	50.52	0.14	0.03	0.02
Tubería 601	44.95	-0.16	0.02	0.01	Tubería 661	48.36	0.17	0.04	0.03
Tubería 602	2	0.05	0.03	0.02	Tubería 662	2	0.11	0.02	0.01
Tubería 603	2	0.03	0.02	0.01	Tubería 663	2	-0.03	0.01	0
Tubería 604	32.55	-0.2	0.02	0.01	Tubería 664	2	0.09	0.02	0.01
Tubería 605	86.88	-0.22	0.03	0.01	Tubería 665	14.69	0.09	0.02	0.01
Tubería 606	72.46	0.02	0.01	0	Tubería 666	2	0.26	0.06	0.07
Tubería 607	2	0.02	0.01	0.01	Tubería 667	2	0.08	0.02	0
Tubería 608	86.91	0.04	0.02	0.01	Tubería 668	2	0.16	0.04	0.03
Tubería 609	2	-0.08	0.01	0	Tubería 669	2	0.13	0.03	0.02
Tubería 610	67.13	-0.14	0.03	0.02	Tubería 670	2	0	0	0
Tubería 611	52.63	-0.15	0.03	0.02	Tubería 671	46.61	-0.04	0.01	0
Tubería 612	49.92	-0.19	0.04	0.04	Tubería 672	2	-0.09	0.02	0.01
Tubería 613	49.19	-0.2	0.04	0.04	Tubería 673	51.88	-0.07	0.02	0.01
Tubería 614	2	0.01	0	0	Tubería 674	33.82	-0.18	0.04	0.03
Tubería 615	63.72	0.06	0.03	0.03	Tubería 675	2	-0.18	0.04	0.03
Tubería 616	121.57	-0.12	0.06	0.11	Tubería 676	2	0.19	0.04	0.03
Tubería 617	93.35	-0.18	0.09	0.22	Tubería 677	2.5	0.01	0	0
Tubería 618	46.26	-1.02	0.22	0.81	Tubería 678	47.83	0.19	0.04	0.03
Tubería 619	75.06	0.27	0.13	0.49	Tubería 679	1.5	0.17	0.04	0.03
Tubería 620	169.83	-9	0.49	1.54	Tubería 680	50.16	-0.18	0.04	0.03
Tubería 621	114.53	11.34	2.49	69.37	Tubería 681	108.45	-0.22	0.03	0.01
Tubería 623	179.59	2.84	0.35	1.32	Tubería 274	146.95	-0.13	0.03	0.02
Tubería 624	50.22	0.35	0.17	0.8	Tubería 519	2	-0.1	0.02	0.01
Tubería 628	2	-5.02	1.1	15.34	Tubería 595	1.5	0.23	0.05	0.05
Tubería 629	2	-2.18	0.48	3.26	Tubería 631	122.78	0.07	0	0
Tubería 630	97.11	-1.79	0.39	2.28	Tubería 683	93.68	0.01	0.01	0
Tubería 632	2	-0.24	0.03	0.01	Tubería 684	87.3	-0.5	0.03	0.01
Tubería 633	2	4.7	0.09	0.04	Tubería 685	2	0.13	0.06	0.13
Tubería 634	42.38	-1.82	0.04	0.01	Tubería 686	85.03	-0.64	0.03	0.01
Tubería 635	53.23	1.85	0.04	0.01	Tubería 687	106.41	0.01	0.01	0
Tubería 636	2.59	-0.04	0.02	0.01	Tubería 688	84.97	-0.82	0.05	0.02
Tubería 637	62.45	1.88	0.04	0.01	Tubería 689	92.61	-0.66	0.04	0.01
Tubería 638	2	0.02	0	0	Tubería 690	97.41	-0.66	0.04	0.01
Tubería 639	2	-0.02	0	0	Tubería 691	2	-0.66	0.04	0.01
Tubería 640	2	5.46	0.11	0.05	Tubería 692	2	0.66	0.15	0.36
Tubería 641	2	0.42	0.09	0.15	Tubería 693	1.5	0.35	0.08	0.11
Tubería 642	2.44	0.26	0.06	0.06	Tubería 694	39.41	-1.01	0.06	0.03
Tubería 645	90.33	-1.01	0.06	0.03	Tubería 695	98.47	-1.01	0.06	0.03
Tubería 647	2	0.95	0.05	0.02	Tubería 696	2	0.41	0.09	0.15
Tubería 649	100.95	-0.06	0.03	0.02	Tubería 697	1.5	0.21	0.05	0.04
Tubería 650	2.5	-0.92	0.05	0.02	Tubería 698	98.47	-1.22	0.07	0.04
Tubería 651	2.61	-0.71	0.04	0.01	Tubería 699	62.55	-1.35	0.07	0.05
Tubería 652	153.18	0.57	0.03	0.01	Tubería 701	2	0.33	0.07	0.1
Tubería 653	2.5	0.35	0.04	0.03	Tubería 702	1.5	0.12	0.03	0.02
Tubería 654	98.7	0.04	0.02	0.02	Tubería 703	9.5	4.96	0.1	0.04
Tubería 655	2.03	0.09	0.05	0.07	Tubería 704	15.65	5.95	0.12	0.06
Tubería 656	103.63	0.26	0.03	0.02	Tubería 705	17.37	0.68	0.15	0.38
Tubería 657	1.6	0.26	0.06	0.06	Tubería 706	1.5	-1.06	0.23	0.86

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

Continuación

ID Línea	Longitud	Caudal	Velocidad	Pérdida Unit.		ID Línea	Longitud	Caudal	Velocidad	Pérdida Unit.
	m	LPS	m/s	m/km			m	LPS	m/s	m/km
Tubería 707	2	5.74	0.11	0.06		Tubería 760	73.86	0.02	0.01	0.01
Tubería 708	2	0.31	0.07	0.09		Tubería 761	1.5	0.01	0.01	0
Tubería 709	1.5	0.09	0.02	2.08		Tubería 762	80.06	0.01	0	0
Tubería 710	104.33	0.13	0.03	0.02		Tubería 763	75.43	1.64	0.03	0.01
Tubería 711	105.65	0.12	0.03	0.02		Tubería 764	85.95	1.58	0.03	0.01
Tubería 712	90.6	-0.1	0.02	0.01		Tubería 765	2.51	0	0	0
Tubería 713	91.75	0.15	0.03	0.02		Tubería 766	3.78	-0.02	0.01	0
Tubería 714	2	0.22	0.05	0.05		Tubería 768	128.95	-0.21	0.05	0.04
Tubería 715	2	0.11	0.03	0.01		Tubería 769	2	4.37	0.54	2.95
Tubería 716	1.5	0.01	0	0		Tubería 770	45.62	3.97	0.49	2.45
Tubería 717	2	6.39	0.13	0.07		Tubería 771	41.82	0.77	0.09	0.12
Tubería 718	2	0.33	0.07	0.1		Tubería 772	2	4.06	2	74.46
Tubería 719	1.5	0.06	0.01	0.01		Tubería 773	1.5	3.2	1.58	48.07
Tubería 720	2	6.37	0.13	0.07		Tubería 774	2	-0.21	0.1	0.3
Tubería 721	2	0.26	0.06	0.07		Tubería 775	1.5	0.76	0.38	3.35
Tubería 722	1.5	0	0	0		Tubería 776	11.3	-0.24	0.12	0.39
Tubería 723	2	4.03	0.08	0.03		Tubería 777	12.82	0.01	0	0
Tubería 724	101.6	0.18	0.04	0.03		Tubería 778	1.48	0.01	0	0
Tubería 725	1.5	0.29	0.06	0.08		Tubería 779	138.45	-0.12	0	0
Tubería 726	91.15	0.35	0.08	0.11		Tubería 780	2	0.44	0.1	0.17
Tubería 727	92.52	-0.35	0.08	0.11		Tubería 781	2	0.23	0.05	0.05
Tubería 728	1.5	0.35	0.08	0.11		Tubería 782	2	0.08	0.02	0
Tubería 729	96.48	0.08	0.02	0.01		Tubería 784	76.34	0.14	0.01	0
Tubería 730	2	3.47	0.07	0.02		Tubería 785	76.88	-0.2	0.04	0.04
Tubería 731	82.43	0.52	0.06	0.06		Tubería 786	64.9	-0.47	0.06	0.05
Tubería 732	2	0.75	0.16	0.45		Tubería 787	2	0.05	0.01	0
Tubería 733	1.5	0.52	0.11	0.22		Tubería 788	83.36	-0.52	0.06	0.06
Tubería 734	117.76	-6.3	0.09	0.03		Tubería 789	10.78	-0.52	0.06	0.06
Tubería 735	19.45	-6.3	0.09	0.03		Tubería 790	77.38	-0.25	0.05	0.06
Tubería 736	86.42	-6.3	0.09	0.03		Tubería 791	1.24	0.04	0.01	0.01
Tubería 737	86.18	2.44	0.08	0.03		Tubería 792	68.43	-0.56	0.07	0.07
Tubería 738	1.5	2.69	0.08	0.04		Tubería 793	2	0.11	0.03	0.01
Tubería 739	97.32	56.44	0.77	1.58		Tubería 794	2	-0.4	0.09	0.14
Tubería 740	1.5	-8.99	0.12	0.06		Tubería 795	193.45	-0.85	0.1	0.14
Tubería 743	2	1.09	0.54	6.54		Tubería 797	2	0.46	0.01	0
Tubería 744	2	15.17	0.3	0.33		Tubería 799	227.72	10.21	0.31	0.48
Tubería 745	91.14	14.31	0.28	0.3		Tubería 800	2	44.35	5.47	213.53
Tubería 746	91.14	-0.28	0.14	0.52		Tubería 801	1.5	41.37	5.1	187.65
Tubería 747	2	0.58	0.29	2.02		Tubería 802	115.84	-31.16	0.61	1.28
Tubería 748	2	0.86	0.42	4.18		Tubería 8	4.8	1.6	0.03	0.01
Tubería 749	2	1.64	0.81	13.99		Tubería 390	62.48	-0.2	0.04	0.04
Tubería 750	4.5	12.67	0.25	0.24		Tubería 516	2	1.82	0.06	0.02
Tubería 751	119.62	2.46	0.05	0.01		Tubería 592	249.65	1.84	0.06	0.02
Tubería 752	56	1.77	0.03	0.01		Tubería 700	1	0.02	0	0
Tubería 753	11.08	1.77	0.03	0.01		Tubería 12	123.007	-0.1	0.01	0
Tubería 754	53.17	0.1	0.02	0.01		Tubería 21	2	0.03	0.02	0.01
Tubería 755	1.5	0.69	0.15	0.39		Tubería 22	37.84	0.01	0	0
Tubería 756	129.77	0.01	0	0		Tubería 741	102.35	-0.04	0.02	0.01
Tubería 757	2	0.05	0.03	0.02		Tubería 803	117.26	0.04	0.02	0.02
Tubería 758	122.18	1.77	0.03	0.01		Tubería 804	54.36	0.11	0.01	0
Tubería 759	58.17	1.65	0.03	0.01		Tubería 806	2	0.03	0.02	0.01

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

Continuación

ID Línea	Longitud	Caudal	Velocidad	Pérdida Unit.		ID Línea	Longitud	Caudal	Velocidad	Pérdida Unit.
	m	LPS	m/s	m/km			m	LPS	m/s	m/km
Tubería 707	2	5.74	0.11	0.06		Tubería 760	73.86	0.02	0.01	0.01
Tubería 708	2	0.31	0.07	0.09		Tubería 761	1.5	0.01	0.01	0
Tubería 709	1.5	0.09	0.02	2.08		Tubería 762	80.06	0.01	0	0
Tubería 710	104.33	0.13	0.03	0.02		Tubería 763	75.43	1.64	0.03	0.01
Tubería 711	105.65	0.12	0.03	0.02		Tubería 764	85.95	1.58	0.03	0.01
Tubería 712	90.6	-0.1	0.02	0.01		Tubería 765	2.51	0	0	0
Tubería 713	91.75	0.15	0.03	0.02		Tubería 766	3.78	-0.02	0.01	0
Tubería 714	2	0.22	0.05	0.05		Tubería 768	128.95	-0.21	0.05	0.04
Tubería 715	2	0.11	0.03	0.01		Tubería 769	2	4.37	0.54	2.95
Tubería 716	1.5	0.01	0	0		Tubería 770	45.62	3.97	0.49	2.45
Tubería 717	2	6.39	0.13	0.07		Tubería 771	41.82	0.77	0.09	0.12
Tubería 718	2	0.33	0.07	0.1		Tubería 772	2	4.06	2	74.46
Tubería 719	1.5	0.06	0.01	0.01		Tubería 773	1.5	3.2	1.58	48.07
Tubería 720	2	6.37	0.13	0.07		Tubería 774	2	-0.21	0.1	0.3
Tubería 721	2	0.26	0.06	0.07		Tubería 775	1.5	0.76	0.38	3.35
Tubería 722	1.5	0	0	0		Tubería 776	11.3	-0.24	0.12	0.39
Tubería 723	2	4.03	0.08	0.03		Tubería 777	12.82	0.01	0	0
Tubería 724	101.6	0.18	0.04	0.03		Tubería 778	1.48	0.01	0	0
Tubería 725	1.5	0.29	0.06	0.08		Tubería 779	138.45	-0.12	0	0
Tubería 726	91.15	0.35	0.08	0.11		Tubería 780	2	0.44	0.1	0.17
Tubería 727	92.52	-0.35	0.08	0.11		Tubería 781	2	0.23	0.05	0.05
Tubería 728	1.5	0.35	0.08	0.11		Tubería 782	2	0.08	0.02	0
Tubería 729	96.48	0.08	0.02	0.01		Tubería 784	76.34	0.14	0.01	0
Tubería 730	2	3.47	0.07	0.02		Tubería 785	76.88	-0.2	0.04	0.04
Tubería 731	82.43	0.52	0.06	0.06		Tubería 786	64.9	-0.47	0.06	0.05
Tubería 732	2	0.75	0.16	0.45		Tubería 787	2	0.05	0.01	0
Tubería 733	1.5	0.52	0.11	0.22		Tubería 788	83.36	-0.52	0.06	0.06
Tubería 734	117.76	-6.3	0.09	0.03		Tubería 789	10.78	-0.52	0.06	0.06
Tubería 735	19.45	-6.3	0.09	0.03		Tubería 790	77.38	-0.25	0.05	0.06
Tubería 736	86.42	-6.3	0.09	0.03		Tubería 791	1.24	0.04	0.01	0.01
Tubería 737	86.18	2.44	0.08	0.03		Tubería 792	68.43	-0.56	0.07	0.07
Tubería 738	1.5	2.69	0.08	0.04		Tubería 793	2	0.11	0.03	0.01
Tubería 739	97.32	56.44	0.77	1.58		Tubería 794	2	-0.4	0.09	0.14
Tubería 740	1.5	-8.99	0.12	0.06		Tubería 795	193.45	-0.85	0.1	0.14
Tubería 743	2	1.09	0.54	6.54		Tubería 797	2	0.46	0.01	0
Tubería 744	2	15.17	0.3	0.33		Tubería 799	227.72	10.21	0.31	0.48
Tubería 745	91.14	14.31	0.28	0.3		Tubería 800	2	44.35	5.47	213.53
Tubería 746	91.14	-0.28	0.14	0.52		Tubería 801	1.5	41.37	5.1	187.65
Tubería 747	2	0.58	0.29	2.02		Tubería 802	115.84	-31.16	0.61	1.28
Tubería 748	2	0.86	0.42	4.18		Tubería 8	4.8	1.6	0.03	0.01
Tubería 749	2	1.64	0.81	13.99		Tubería 390	62.48	-0.2	0.04	0.04
Tubería 750	4.5	12.67	0.25	0.24		Tubería 516	2	1.82	0.06	0.02
Tubería 751	119.62	2.46	0.05	0.01		Tubería 592	249.65	1.84	0.06	0.02
Tubería 752	56	1.77	0.03	0.01		Tubería 700	1	0.02	0	0
Tubería 753	11.08	1.77	0.03	0.01		Tubería 12	123.007	-0.1	0.01	0
Tubería 754	53.17	0.1	0.02	0.01		Tubería 21	2	0.03	0.02	0.01
Tubería 755	1.5	0.69	0.15	0.39		Tubería 22	37.84	0.01	0	0
Tubería 756	129.77	0.01	0	0		Tubería 741	102.35	-0.04	0.02	0.01
Tubería 757	2	0.05	0.03	0.02		Tubería 803	117.26	0.04	0.02	0.02
Tubería 758	122.18	1.77	0.03	0.01		Tubería 804	54.36	0.11	0.01	0
Tubería 759	58.17	1.65	0.03	0.01		Tubería 806	2	0.03	0.02	0.01

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

Continuación

ID Línea	Longitud	Caudal	Velocidad	Pérdida Unit.
	m	LPS	m/s	m/km
Tubería 807	102.18	-0.25	0.03	0.01
Tubería 809	27.58	-0.24	0.03	0.01
Tubería 810	75.73	-13.62	0.75	3.33
Tubería 812	114.77	1.31	0.07	0.04
Tubería 813	2	-0.35	0.08	0.11
Tubería 814	80.34	1.67	0.09	0.07
Tubería 815	113.5	0.59	0.29	2.08
Tubería 816	2	0.23	0.05	0.05
Tubería 817	29.19	0.3	0.01	0
Tubería 818	2.5	-0.93	0.05	0.02
Tubería 819	87.7	-1.73	0.85	15.39
Tubería 821	2.18	0.02	0	0
Tubería 822	77.96	0.18	0.04	0.03
Tubería 827	78.21	0.18	0.04	0.03
Tubería 828	48.51	0.1	0.02	0.01
Tubería 48	100.58	0.43	0.05	0.04
Tubería 98	2	-7.76	0.43	1.18
Tubería 114	2	5.02	1.1	15.34
Tubería 139	2	2.84	0.35	1.32
Tubería 150	191.29	-8.39	1.84	39.65
Tubería 86	49.91	0.92	0.05	0.02
Tubería 204	2	-14.93	3.27	115.49
Tubería 207	152.02	0.04	0.02	0.01
Tubería 299	108.49	1.04	0.06	0.03
Tubería 363	92.16	-0.17	0.04	0.03
Tubería 503	100.95	-0.18	0.04	0.03
Tubería 541	2	-0.03	0.01	0
Tubería 622	2	-1.04	0.06	0.03
Tubería 625	2	-0.15	0.03	0.02
Tubería 626	2	0.01	0	0
Tubería 627	101.72	0.13	0.03	0.02
Tubería 643	2	0.21	0.05	0.04
Tubería 644	2	0.08	0.02	0.01
Tubería 205	2	1.31	0.04	0.01
Tubería 767	243.09	4.25	0.13	0.09
Tubería 783	2	4.25	0.13	0.09
Tubería 811	249.57	4.94	0.1	0.04
Tubería 824	2	4.25	0.13	0.09
Tubería 825	17.26	-0.85	0.11	0.14
Tubería 826	2	1.15	0.14	0.25
Tubería 838	2	0.77	0.09	0.12
Tubería 843	2	0	0	0
Tubería 7	123.55	-1.26	0.07	0.04
Tubería 120	68.03	-1.33	0.04	0.01
Tubería 122	85.16	-0.06	0.03	0.03
Tubería 282	194.83	-0.14	0.07	0.14

Tabla #12: análisis de tuberías. Fuente: elaboración propia.

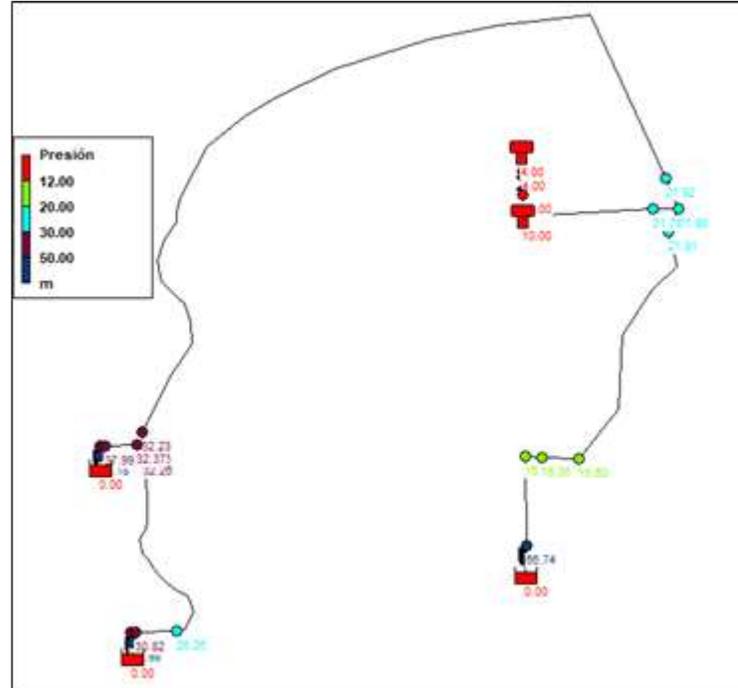
El menor diámetro utilizado es de 2" que equivalen a 50.8 mm, algunas tuberías no cumplen con las velocidades establecidas en las normas de INAA que deben estar entre 0.60 m/s -5 m/s por lo que se propone que el agua se suministre por sectores para ubicar válvulas de pase y de esa manera abastecer a toda la población y tener control del flujo. Las pérdidas en la mayoría de las tuberías están en el rango establecido que es 7m/km.

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

➤ Modelo hidráulico fuente-tanque.

Como se logra apreciar en la imagen #36 y conforme a los colores de los rangos de las presiones, estas se encuentran en los rangos establecidos en la normativa de diseño de las cuales son de 14 mca a 50 mca.

A continuación se presentan los resultados en cada uno de los nodos resumidos en la siguiente tabla.



Fuente: elaboración propia.

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

- Análisis de resultados en los nodos.

Estado de los Nudos de la Red				
ID Nudo	Cota	Demanda Base	Demanda	Presión
	m	LPS	LPS	m
Nudo 608	54.3	0	0	73.93
Nudo 613	54.3	0	0	65.67
Nudo 610	54.6	0	0	67.81
Nudo 605	93.7	0	0	21.48
Nudo 616	93.7	0	0	21.49
Nudo 617	93.7	0	0	21.47
Nudo 615	93.7	0	0	21.49
Nudo 612	96.4	0	0	24.73
Nudo 611	96.4	0	0	25.11
Nudo 600	96.4	0	0	24.72
Nudo 601	96.4	0	0	24.69
Nudo 598	96.4	0	0	25.25
Nudo 599	96.4	0	0	24.71
Nudo 595	104	0	0	23.66
Nudo 596	104	0	0	22.32
Nudo 609	104	0	0	23.57
Nudo 614	104	0	0	15.5
Nudo 603	104	0	0	15.57
Nudo 604	104	0	0	15.32

Tabla #13: presiones en los nodos tanque-red

Fuente: Elaboración propia.

Como se logra apreciar en la tabla anterior la presión máxima es de 73.93 mca debido a que es la presión con la que succiona la bomba desde la fuente, la menor presión es de 15.5 mca que está en el rango establecido.

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

- Análisis de resultado de las tuberías.

Estado de las Líneas de la Red						
ID Línea	Longitud	Diámetro	Rugosidad	Caudal	Velocidad	Pérdida Unit
	m	mm		LPS	m/s	m/km
Tubería 838	2	381	150	152.95	1.34	3.38
Tubería 823	2	304.8	150	112.01	1.54	5.63
Tubería 834	2	203.2	150	62.8	1.94	13.89
Tubería 837	2	203.2	150	40.94	1.26	6.29
Tubería 1	2	304.8	130	50	0.69	1.65
Tubería 2	2	304.8	130	50	0.69	1.65
Tubería 822	2	203.2	150	49.21	1.52	8.85
Tubería 839	2	304.8	150	112.01	1.54	5.63
Tubería 833	8	203.2	130	62.8	1.94	18.11
Tubería 836	8	203.8	130	40.94	1.25	8.08
Tubería 831	8	203.2	130	49.21	1.52	11.53
Tubería 820	27	203.2	150	62.8	1.94	13.89
Tubería 825	29.51	203.8	150	40.94	1.25	6.2
Tubería 832	41.8	203.2	130	62.8	1.94	18.11
Tubería 830	49.7	203.2	130	49.21	1.52	11.53
Tubería 835	49.7	203.2	130	40.94	1.26	8.2
Tubería 828	51.39	381	150	152.95	1.34	3.38
Tubería 818	140.76	203.2	150	49.21	1.52	8.85
Tubería 821	596.42	203.8	150	49.21	1.51	8.72
Tubería 827	655.99	203.2	150	40.94	1.26	6.29
Tubería 826	1048.35	304.8	150	112.01	1.54	5.63

Tabla #14: resultados de tuberías.

Fuente: Elaboración propia.

Se logra apreciar en la imagen anterior que no hay ningún problema en las velocidades las cuales oscilan entre 0.69 m/s siendo esta la menor y 1.94 m/s siendo esta la máxima, donde la normativa técnica indica que en línea de conducción las velocidades tiene que estar entre 0.2 m/s y 2 m/s, las cuales se encuentran en el rango.

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

➤ Fuente

Para la obtención de cada caudal de bombeo se analizó los caudales del año 2017 para cada uno de los 3 pozos, dichos caudales fueron obtenidos por medio de ENACAL.

N°	Código	Localidad	Producción M ³ /2017														
			Ene			Feb			Mar			Abr			May		
		Equipos de Bombeo Nagarote	Hrs	M3	M3/hr	Hrs	M3	M3/hr	Hrs	M3	M3/hr	Hrs	M3	M3/hr	Hrs	M3	M3/hr
02	LEO030	Equipo #6: San José	544	69,522	127.8	536	68,500	127.8	648	82,814	127.8	662	84,641	127.8	534	68,181	127.8
03	LEO031	Equipo #7: El valle último	550	67,065	121.9	592	71,518	120.7	670	78,284	116.8	570	66,267	116.2	517	58,345	112.8
04	LEO032	Equipo #8: Nacascolo	602	46,594	77.4	529	40,944	77.4	603	46,694	77.4	599	46,362	77.4	492	38,041	77.4
		Total Nagarote	1,696	183,181	327	1,657	180,962	326	1,922	207,792	322	1,832	197,270	321	1,542	164,567	318

N°	Código	Localidad	Producción M ³ /2017											
			Jul			Ago			Sep			Oct		
		Equipos de Bombeo Nagarote	Hrs	M3	M3/hr	Hrs	M3	M3/hr	Hrs	M3	M3/hr	Hrs	M3	M3/hr
02	LEO030	Equipo #6: San José	628	80,258	127.8	507	71,246	140.4	517	72,587	140.4	470	65,988	140.4
03	LEO031	Equipo #7: El valle último	553	64,615	116.8	478	53,722	112.3	465	48,904	105.1	444	49,994	112.5
04	LEO032	Equipo #8: Nacascolo	299	23,142	77.4	590	58,086	98.4	537	49,190	91.6	582	54,300	93.4
		Total Nagarote	1,480	168,015	322	1,576	183,054	351	1,519	170,681	337	1,496	170,282	346

Imagen n#39: tabla de caudales de bombeo para cada bomba.

Fuente: proporcionada por ENACAL.

Como se puede ver en la imagen anterior, se proporcionó la tabla de caudales de bombeo hasta octubre del año 2017, para obtener un caudal por cada estación de bombeo lo que se realizó fue obtener un caudal promedio. Dichos caudales obtenidos son los siguientes:

Tabla #15: resumen de caudales de bombeo.

Equipo de bombeo	Caudal (m3/hrs)	Caudal (l/seg)
Equipo #6: San José	132	36.67
Equipo #7: El valle de Jesús	121	33.67
Equipo #8: Nacascolo	93	25.75

Fuente: proporcionada por ENACAL.

Tabla #16: carga total dinámica de cada una de las bombas.

Equipo de bombeo	Caudal (m3/hrs)	Caudal (l/seg)	Carga Total Dinámica (m)
Equipo #6: San José	132	36.67	190.6
Equipo #7: El valle de Jesús	121	33.67	119.02
Equipo #8: Nacascolo	93	25.75	133.8

Fuente: proporcionada por ENACAL.

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

El cálculo de la carga total dinámica se realizó por medio de la ecuación de potencia bomba-motor, para ejemplificar se calculó la carga total dinámica del equipo #6 san Jose:

$$Pb-m = \frac{Q \cdot CTD}{3950 \cdot e}; \quad CTD = \frac{Pb-m \cdot 3950 \cdot e}{Q} = \frac{(70hp \cdot 3950 \cdot 0.70)}{533.37gpm} = 355.51 \text{ pies} = 119.02m.$$

Tabla #17: potencia de cada estación de bombeo.

Equipo de bombeo	Caudal (m3/hrs)	Caudal (l/seg)	Potencia (Hp)
Equipo #6: San José	132	36.67	75
Equipo #7: El valle de Jesús	121	33.67	60
Equipo #8: Nacascolo	93	25.75	60

Fuente: proporcionada por ENACAL.

➤ Distribución de caudales.

Se calculó la demanda base de cada nodo por el método de longitudes. Con la ayuda de AutoCAD 2015 se obtuvieron las longitudes que convergen en cada nodo de la red de distribución y se realizó una hoja de cálculo para la distribución del caudal máximo día.

Se procedió a ingresar los datos de elevación de cada uno de los nodos, se ingresaron las longitudes y diámetros de tuberías pvc.

➤ Almacenamiento.

Se colocaron 2 tanques de almacenamiento en el modelo hidráulico uno de una altura de 23 metros con 10.5 de ancho con una capacidad de 526,000 galones y otro de 250,000 galones

4.3.1. Análisis de resultados.

Como resultado del modelamiento del estado actual de la red de distribución de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León se apreció que las presiones en el modelo hidráulico tanque red no se encuentran en el tango establecido de 12 mca y 50 mca. Se hizo énfasis en los tramos de tubería donde el diámetro eran de ½" y 1" donde se propone hacer cambio de diámetro al mínimo establecido por la normativa de ENACAL que es de 2".

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

En el modelo hidráulico fuente-tanque se tenían problemas con las velocidades las cuales estaban por encima del rango establecido las cuales estaban por encima de 0.2 m/s y 2 m/s, se propone hacer cambio de diámetro de tuberías para así regular dichas velocidades, estos cambios de tuberías que se proponen es en donde hay diámetros de 6" hacer cambio a 8" (sarta), de 10" a 12" y de 12" a 15" (línea de conducción). Hecho esto y haciendo referencia a la tabla #13 se aprecia que todas las velocidades están entre 0.69 m/s y 1.94 m/s. logrando de esta manera reducir las velocidades al rango mencionado.

4.4. Propuesta de sectorización hidráulica del sistema de agua potable del casco urbano de Nagarote.

Si se quiere mejorar las condiciones de una sistema de suministro de agua en servicio existen dos alternativas: la primera es la gestión de presiones sobre la red mediante la instalación de controles de presión en puntos estratégicos, con lo cual se busca disminuir el nivel de pérdidas de agua por fugas y extender la vida de las tuberías; la segunda alternativa mide la forma cómo la red reaccionará ante la falla de alguno de sus elementos para así determinar cuáles son los elementos más débiles y proponer su intervención, mejorando la respuesta de la red.

Para la sectorización de una red de abastecimiento, objetivo de este documento, se necesitó tener una gran cantidad de información que puede clasificarse en tres grandes grupos: Información sobre los abonados, descripción física de las infraestructuras, y localización geográfica de abonados e infraestructuras.

El diseño de los sectores exige un conocimiento exhaustivo de las redes y el manejo de distintos tipos de información: diámetros, conectividad, cotas, modelos de simulación del funcionamiento de la red, etc. Es también clave conocer los usuarios abastecidos desde cada sector y su comportamiento en lo referente a la curva de demanda de agua.

Para poder realizar la sectorización en el software Epanet, este programa propone 6 tipos distintos de válvulas de las cuales son: válvula reductora, válvula sostenedora,

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

válvula de rotura de carga, válvula de limitación de caudal, válvula de regulación, y válvula de propósito general.

- Válvula reductora

Esta válvula es en la consigna se coloca el valor de la carga de presión que se desea debajo de la válvula

- Válvula sostenedora

En esta válvula se pone en la consigna el valor de la carga a presión que se desea aguas arriba.

- Válvula rotura de carga.

Esta válvula es la que permite una caída de presión o una disminución de presión en el micro sector donde se esté trabajando.

- Válvula limitadora de caudal

Con esta válvula se regula el caudal que se quiera dejar circular en las tuberías.

Dicho lo anterior, a continuación se muestra la propuesta de sectorización por circuito.

Se presentaran dos casos de sectorización, la primera es que se colocó una válvula en la tubería de salida, y el otro caso es que se sectorizo en microcircuitos. .

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

Caso número 1: colocación de válvula en la tubería de salida del tanque.



Imagen #40: propuesta de válvula de salida del tanque.

Fuente: Elaboración propia

Considerando la topografía del casco urbano de Nagarote se modeló con una sola válvula reductora de presión a la salida del tanque con una consigna de 40, obteniendo una presión mínima de 5.46 mca y una máxima de 30.29 mca con un promedio de 15.5 mca. Como se logra apreciar en la imagen anterior, la válvula propuesta es de un diámetro de 12" equivalente a 304.6 mm, esto a su vez logra disminuir las presiones que anteriormente se encontraban fuera del rango establecidos, ahora se encuentran en el rango entre 14 mca a 39 mca.

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

Caso número 2: sectorización en micro circuitos de la red de agua potable del casco urbano de Nagarote.

En la imagen siguiente se mostrada en color rojo el circuito número 1 cuando sus respectiva válvula se cierra y queda sin agua, pero a su vez el resto de la población no es afectada.

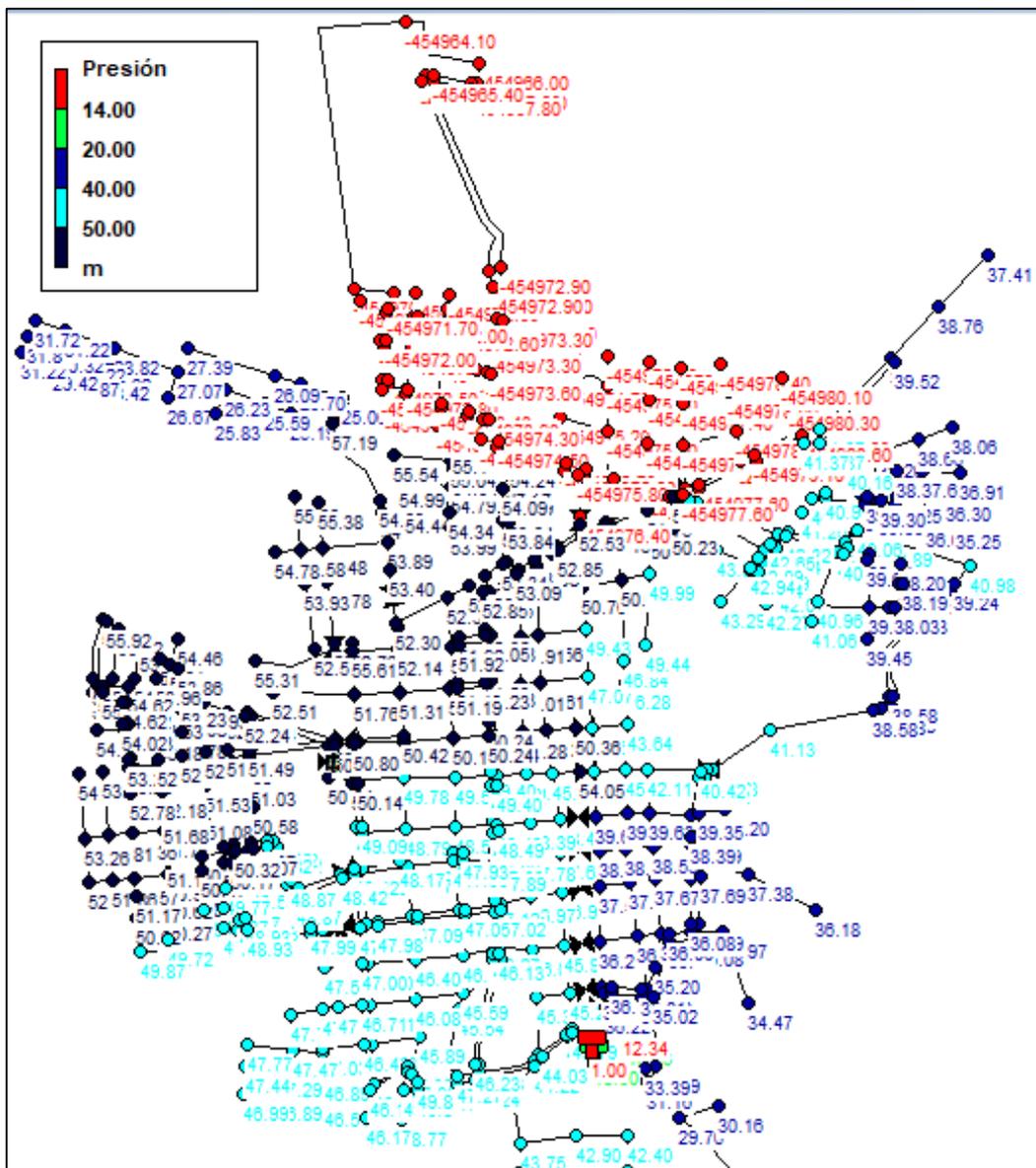


Imagen #41: propuesta de sectorización, circuito 1.

Fuente: Elaboración propia.

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

Micro circuito número 1: se muestran las presiones en rojos debido a que se cerró la válvula que controla el flujo a ese sector para identificar en la imagen el circuito. Se logra ver que aunque ese sector no tenga agua, el resto de la red continua el fluido normalmente.

En la siguiente imagen se muestra el circuito número 2.

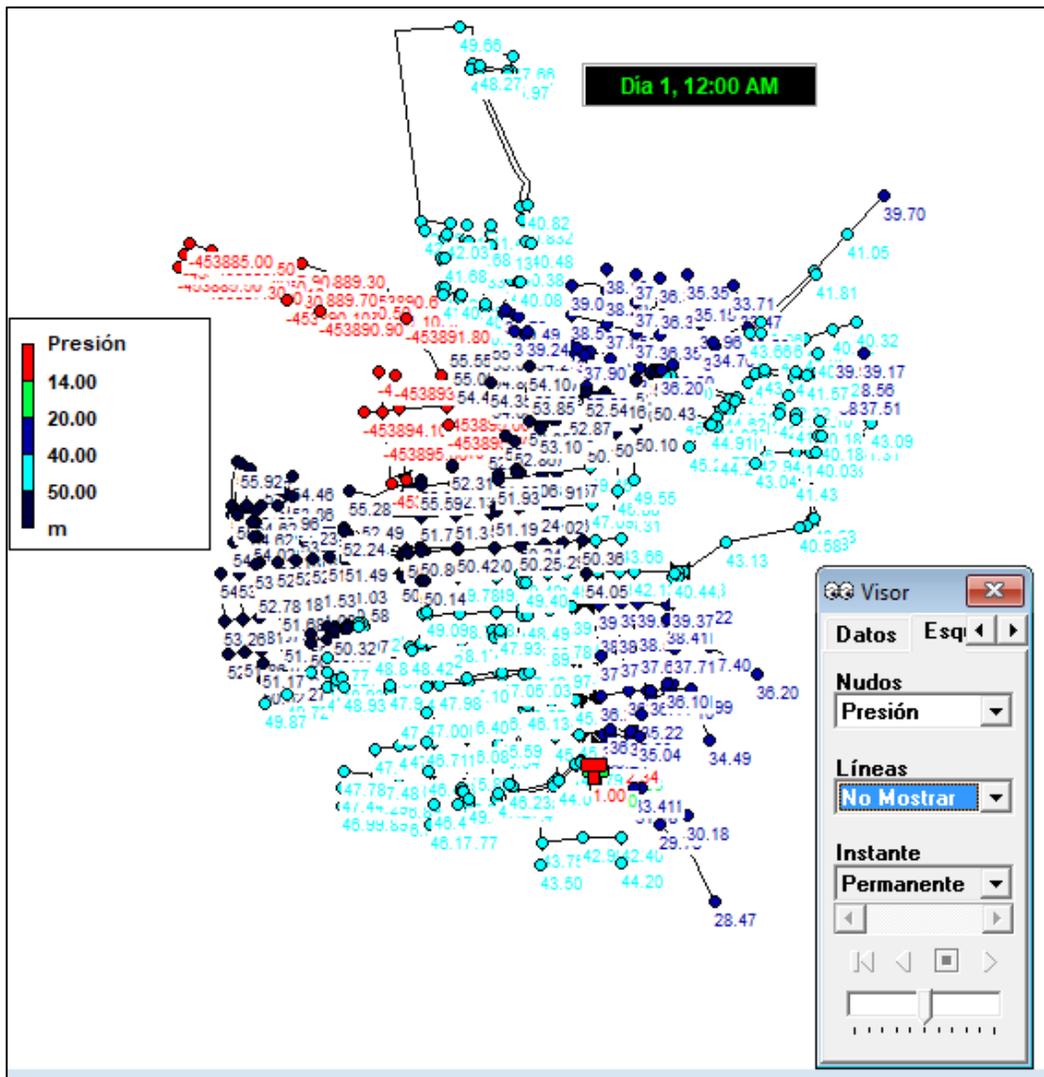


Imagen #42: propuesta de sectorización, circuito 2.

Fuente: Elaboración propia.

Micro circuito número 2: se muestran las presiones en rojos debido a que se cerró la válvula que controla el flujo a ese sector para identificar en la imagen el circuito. Se

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

En la siguiente imagen se muestra el circuito número 4.

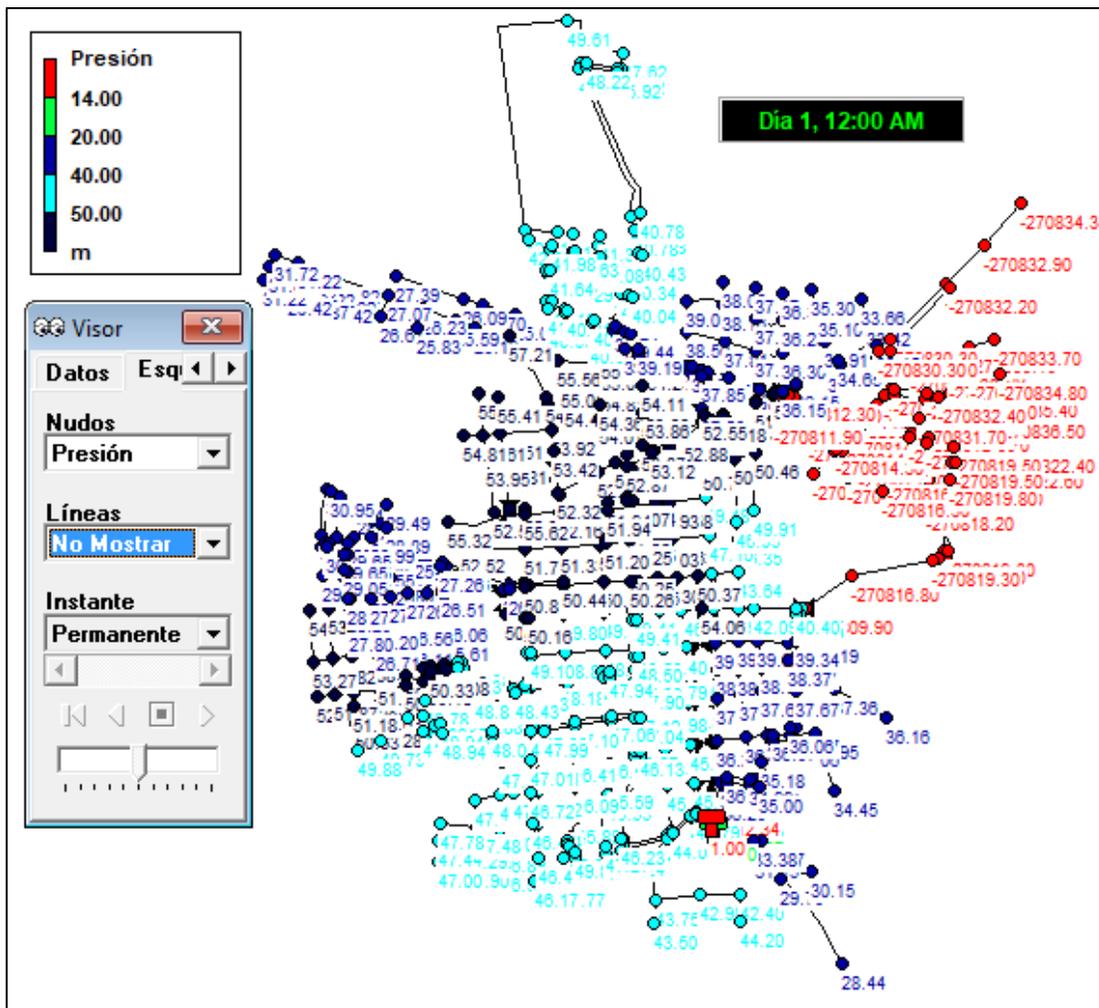


Imagen #44: propuesta de sectorización, circuito 3.

Fuente: elaboración propia.

Circuito número 4, se distingue por las presiones negativas en rojo en sus nodos, mientras se corta el suministro de agua a ese sector el resto de la población no tiene problemas.

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

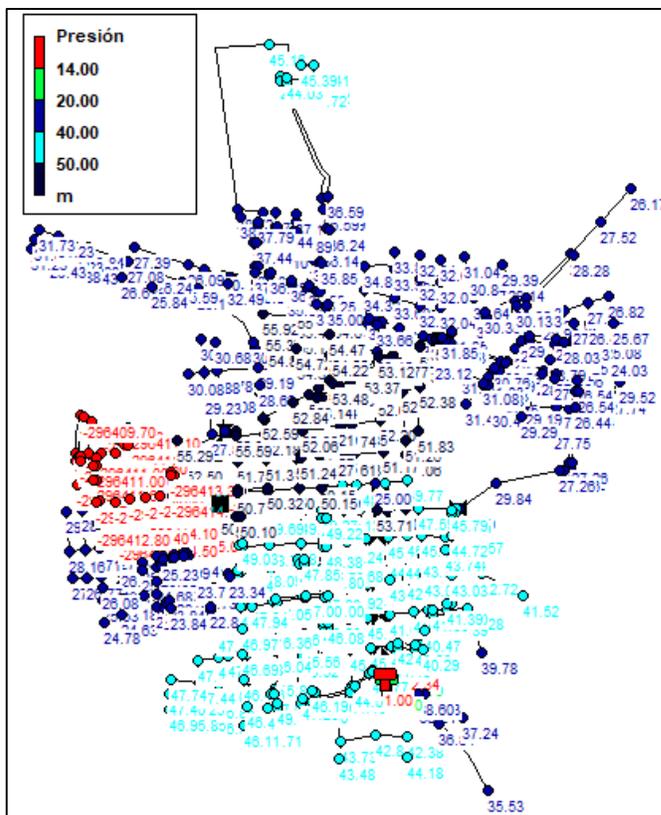


Imagen #45: circuito número 5.

Fuente: Elaboración propia.

Circuito número 5, se distingue por las presiones negativas en rojo en sus nodos, mientras se corta el suministro de agua a ese sector el resto de la población no tiene problemas.

Como se logra observar en las imágenes anteriores, mientras se cierra la válvula para identificar los circuitos estas generan presiones negativas en ese sector pero se puede apreciar que en los demás sectores o circuitos las presiones se mantienen.

En las tuberías donde se forma el anillo no es recomendable obstruir el flujo por que dichas tuberías son las que mantienen presión en las tuberías secundarias o la red de distribución.

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

El objetivo principal de la sectorización hidráulica de cualquier red de cualquier y configuración es disminuir presiones que a su vez se disminuirá las pérdidas en el sistema que también a su vez disminuirá las Aguas No Contabilizadas (ANC) o Aguas No Facturadas (ANF).

4.4.1. Análisis de resultados de la sectorización hidráulica.

En la siguiente imagen se muestra las presiones con la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano de Nagarote ya sectorizada.

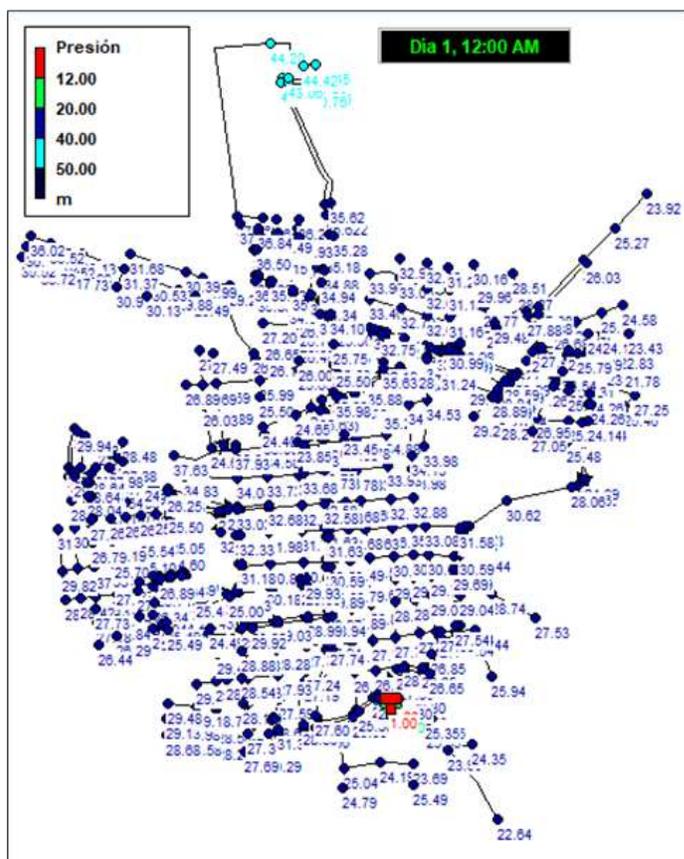


Imagen #46: presiones red de agua potable sectorizada.

Fuente: elaboración propia

Como se logra observar en la imagen anterior en comparación a la red de distribución sin sectorizar (ver imagen #37) se logró disminuir las presiones de 20 mca a 49 mca. A continuación se anexara una tabla comparativa de las presiones con la red sectorizada y sin sectorizar.

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

4.4.2. Análisis de resultados.

A continuación se muestra una tabla comparativa con sus presiones de la red sin sectorizar y sectorizada.

Estado de los Nudos de la Red						Estado de los Nudos de la Red					
ID Nudo	Cota	Demanda Base	Demanda	Presión	Presión	ID Nudo	Cota	Demanda Base	Demanda	Presión	Presión
	m	LPS	LPS	m	m		m	LPS	LPS	m	m
Nudo 311	71.9	0.2142	0.04	44.42	66.98	Nudo 293	80.45	0.2002	0.04	35.94	58.43
Nudo 312	71.9	0.6395	0.13	44.2	66.7	Nudo 378	80.45	0	0	35.93	58.43
Nudo 281	73.1	0.0483	0.01	36.12	65.76	Nudo 380	80.45	0	0	35.93	58.43
Nudo 283	73.2	0.0486	0.01	36.02	65.66	Nudo 284	80.55	0.0316	0.01	35.86	58.34
Nudo 368	73.3	0	0	43.06	65.57	Nudo 296	80.7	0.1444	0.03	35.72	58.19
Nudo 367	73.3	0	0	43.06	65.57	Nudo 403	80.7	0	0	35.72	58.19
Nudo 308	73.3	0.4743	0.09	43.06	65.57	Nudo 407	80.7	0	0	35.72	58.19
Nudo 369	73.3	0	0	43.06	65.57	Nudo 371	80.75	0	0	35.62	58.13
Nudo 282	73.7	0.1533	0.03	35.52	65.16	Nudo 372	80.75	0	0	35.62	58.12
Nudo 280	73.7	0.0601	0.01	35.52	65.16	Nudo 370	80.75	0	0	35.62	58.12
Nudo 310	73.9	0.1679	0.03	42.45	64.95	Nudo 307	80.75	0.4421	0.09	35.62	58.12
Nudo 278	74.6	0.1387	0.03	34.62	64.26	Nudo 294	80.8	0.2408	0.05	35.6	58.08
Nudo 279	75.5	0.0776	0.02	33.72	63.36	Nudo 376	81.1	0	0	35.28	57.78
Nudo 752	75.6	0	0	40.76	63.26	Nudo 373	81.1	0	0	35.28	57.78
Nudo 309	75.6	0.1107	0.02	40.76	63.26	Nudo 304	81.1	0.1769	0.04	35.28	57.78
Nudo 750	75.6	0	0	40.76	63.26	Nudo 303	81.2	0.1696	0.03	35.18	57.68
Nudo 276	75.7	0.1038	0.02	33.52	63.16	Nudo 375	81.2	0	0	35.18	57.68
Nudo 277	76.05	0.025	0.01	33.17	62.81	Nudo 377	81.2	0	0	35.18	57.68
Nudo 273	76.1	0.2107	0.04	33.13	62.77	Nudo 297	81.25	0.2071	0.04	35.18	57.64
Nudo 274	76.3	0.0841	0.02	32.95	62.57	Nudo 408	81.25	0	0	35.18	57.64
Nudo 275	76.5	0.051	0.01	32.73	62.37	Nudo 409	81.25	0	0	35.18	57.64
Nudo 266	77.6	0.1372	0.03	31.68	61.32	Nudo 300	81.4	0.0637	0.01	35.04	57.49
Nudo 271	77.9	0.2205	0.04	31.37	61.01	Nudo 302	81.5	0.1898	0.04	34.88	57.39
Nudo 272	78.3	0.042	0.01	30.97	60.61	Nudo 255	81.5	0.0821	0.02	27.79	57.43
Nudo 290	78.6	0.6235	0.12	37.76	60.26	Nudo 599	81.5	0	0	34.94	57.39
Nudo 289	78.6	0.0914	0.02	37.76	60.27	Nudo 298	81.5	0.0308	0.01	34.93	57.39
Nudo 269	78.75	0.1768	0.04	30.53	60.17	Nudo 415	81.5	0	0	34.88	57.39
Nudo 288	78.85	0.0569	0.01	37.54	60.03	Nudo 414	81.5	0	0	34.88	57.39
Nudo 265	78.9	0.178	0.04	30.39	60.03	Nudo 250	81.55	0.0878	0.02	27.2	57.38
Nudo 270	79.15	0.038	0.01	30.13	59.77	Nudo 411	81.8	0	0	34.64	57.09
Nudo 264	79.3	0.157	0.03	29.99	59.63	Nudo 410	81.8	0	0	34.64	57.09
Nudo 268	79.4	0.1065	0.02	29.88	59.52	Nudo 256	81.8	0.0692	0.01	27.49	57.13
Nudo 384	79.55	0	0	36.84	59.33	Nudo 188	81.8	0.13	0.03	29.94	57.13
Nudo 383	79.55	0	0	36.84	59.33	Nudo 449	81.8	0	0	29.94	57.13
Nudo 287	79.55	0.1648	0.03	36.84	59.33	Nudo 299	81.8	0.1423	0.03	34.64	57.09
Nudo 291	79.65	0.032	0.01	36.74	59.23	Nudo 249	81.95	0.0214	0	26.8	56.98
Nudo 267	79.8	0.0888	0.02	29.49	59.13	Nudo 192	82.05	0.1737	0.03	37.93	56.89
Nudo 381	79.9	0	0	36.49	58.98	Nudo 248	82.05	0.1215	0.02	26.7	56.88
Nudo 292	79.9	0.1105	0.02	36.49	58.98	Nudo 242	82.1	0.0791	0.02	26.65	56.84
Nudo 379	79.9	0	0	36.49	58.98	Nudo 412	82.1	0	0	34.34	56.79
Nudo 286	79.9	0.1121	0.02	36.5	58.98	Nudo 301	82.1	0.1295	0.03	34.34	56.79
Nudo 385	79.9	0	0	36.5	58.98	Nudo 413	82.1	0	0	34.34	56.79
Nudo 751	79.9	0	0	36.5	58.98	Nudo 247	82.15	0.1203	0.02	26.6	56.79
Nudo 263	80	0.2444	0.05	29.29	58.93	Nudo 186	82.3	0.1512	0.03	29.43	56.63
Nudo 306	80.15	0.0197	0	36.23	58.73	Nudo 262	82.3	0.1919	0.04	26.99	56.63
Nudo 295	80.25	0.1139	0.02	36.15	58.64	Nudo 243	82.3	0.2243	0.04	26.45	56.64
Nudo 305	80.25	0.1336	0.03	36.13	58.63	Nudo 190	82.35	0.1221	0.02	37.63	56.99
Nudo 401	80.35	0	0	36.06	58.54	Nudo 416	82.35	0	0	34.1	56.54
Nudo 402	80.35	0	0	36.07	58.54	Nudo 313	82.35	0.1564	0.03	34.1	56.54
Nudo 285	80.35	0.1206	0.02	36.06	58.54	Nudo 189	82.35	0.1141	0.02	29.39	56.58
Nudo 400	80.35	0	0	36.06	58.54	Nudo 418	82.35	0	0	34.1	56.54

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

Continuación

Estado de los Nudos de la Red					sectorizada	s/sectorizar	Estado de los Nudos de la Red					sectorizada	s/sectorizar
ID Nudo	Cota	Demanda Base	Demanda	Presión	Presión		ID Nudo	Cota	Demanda Base	Demanda	Presión	Presión	
	m	LPS	LPS	m	m			m	LPS	LPS	m	m	
Nudo 417	82.35	0	0	34.1	56.54		Nudo 586	83.75	0	0	25	55.19	
Nudo 254	82.4	0.0387	0.01	26.89	56.53		Nudo 183	83.75	0.0405	0.01	27.98	55.17	
Nudo 452	82.5	0	0	29.24	56.43		Nudo 237	83.75	0.1414	0.03	25	55.19	
Nudo 450	82.5	0	0	29.24	56.43		Nudo 387	83.8	0.1191	0.02	25.5	55.14	
Nudo 451	82.5	0	0	29.24	56.43		Nudo 179	83.85	0.0134	0	27.88	55.07	
Nudo 124	82.5	0.1504	0.03	37.48	56.46		Nudo 184	83.9	0.1356	0.03	27.83	55.02	
Nudo 153	82.5	0.0592	0.01	29.24	56.43		Nudo 473	83.95	0	0	36.03	54.99	
Nudo 261	82.55	0.074	0.01	26.74	56.38		Nudo 203	83.95	0.1056	0.02	36.03	54.99	
Nudo 316	82.55	0.1635	0.03	33.9	56.35		Nudo 589	84	0	0	35.98	54.94	
Nudo 253	82.6	0.2052	0.04	26.69	56.33		Nudo 109	84	0.968	0.19	30.48	54.88	
Nudo 241	82.65	0.0704	0.01	26.1	56.29		Nudo 201	84	0.1167	0.02	24.75	54.94	
Nudo 257	82.7	0.2643	0.05	26.59	56.23		Nudo 236	84.05	0.0813	0.02	24.7	54.89	
Nudo 518	82.75	0	0	26	56.19		Nudo 235	84.1	0.0782	0.02	35.88	54.84	
Nudo 239	82.75	0.2221	0.04	26	56.19		Nudo 127	84.1	0.2139	0.04	35.88	54.85	
Nudo 187	82.8	0.0802	0.02	28.93	56.12		Nudo 474	84.1	0	0	35.88	54.84	
Nudo 245	82.85	0.1294	0.03	25.9	56.09		Nudo 475	84.1	0	0	35.88	54.84	
Nudo 246	82.85	0.0183	0	25.9	56.09		Nudo 425	84.2	0	0	32.26	54.71	
Nudo 244	83	0.1492	0.03	25.75	55.94		Nudo 421	84.2	0	0	32.26	54.71	
Nudo 585	83	0	0	25.75	55.94		Nudo 156	84.2	0.0376	0.01	27.54	54.73	
Nudo 315	83.05	0.1989	0.04	33.4	55.85		Nudo 320	84.2	0.1814	0.04	32.26	54.71	
Nudo 240	83.1	0.0275	0.01	25.65	55.84		Nudo 389	84.3	0.1469	0.03	25	54.64	
Nudo 152	83.1	0.0964	0.02	28.64	55.83		Nudo 234	84.3	0.2363	0.05	35.68	54.64	
Nudo 453	83.1	0	0	28.64	55.83		Nudo 448	84.35	0	0	35.63	54.59	
Nudo 455	83.1	0	0	28.64	55.83		Nudo 233	84.35	0.0643	0.01	35.63	54.59	
Nudo 454	83.1	0	0	28.64	55.83		Nudo 616	84.35	0	0	35.63	54.59	
Nudo 151	83.2	0.0415	0.01	28.54	55.73		Nudo 615	84.35	0	0	32.1	54.55	
Nudo 181	83.25	0.0389	0.01	28.48	55.67		Nudo 390	84.35	0.1397	0.03	35.63	54.59	
Nudo 252	83.25	0.1515	0.03	26.03	55.67		Nudo 325	84.4	0.0574	0.01	32.06	54.5	
Nudo 238	83.25	0.1976	0.04	25.5	55.69		Nudo 323	84.4	0.2491	0.05	32.06	54.51	
Nudo 584	83.25	0	0	25.5	55.69		Nudo 324	84.4	0.2424	0.05	32.06	54.5	
Nudo 544	83.25	0	0	25.5	55.69		Nudo 199	84.45	0.1	0.02	24.3	54.49	
Nudo 185	83.3	0.06	0.01	28.43	55.62		Nudo 154	84.5	0.0174	0	27.24	54.43	
Nudo 260	83.3	0.1992	0.04	25.99	55.63		Nudo 458	84.5	0	0	27.24	54.43	
Nudo 317	83.4	0.2494	0.05	33.05	55.5		Nudo 459	84.5	0	0	27.24	54.43	
Nudo 182	83.4	0.0946	0.02	28.33	55.52		Nudo 149	84.5	0.1096	0.02	27.24	54.43	
Nudo 258	83.4	0.1476	0.03	25.89	55.53		Nudo 158	84.55	0.0373	0.01	27.19	54.38	
Nudo 108	83.45	0.0982	0.02	31.07	55.47		Nudo 155	84.65	0.0877	0.02	27.09	54.28	
Nudo 318	83.5	0.0452	0.01	32.95	55.4		Nudo 251	84.65	0.1009	0.02	24.63	54.27	
Nudo 419	83.55	0	0	32.9	55.35		Nudo 197	84.65	0.0591	0.01	24.65	54.29	
Nudo 420	83.55	0	0	32.9	55.35		Nudo 232	84.7	0.2035	0.04	35.28	54.24	
Nudo 314	83.55	0.2077	0.04	32.9	55.35		Nudo 447	84.7	0	0	35.28	54.24	
Nudo 180	83.65	0.0702	0.01	28.08	55.27		Nudo 107	84.7	0.202	0.04	29.82	54.22	
Nudo 594	83.7	0	0	32.75	55.2		Nudo 445	84.7	0	0	35.28	54.24	
Nudo 457	83.7	0	0	28.04	55.23		Nudo 259	84.7	0.1087	0.02	24.59	54.23	
Nudo 150	83.7	0.1541	0.03	28.04	55.23		Nudo 205	84.75	0.1972	0.04	35.23	54.19	
Nudo 424	83.7	0	0	32.75	55.2		Nudo 159	84.8	0.1241	0.02	26.95	54.14	
Nudo 456	83.7	0	0	28.04	55.23		Nudo 322	84.85	0.1855	0.04	31.62	54.07	
Nudo 321	83.7	0.1815	0.04	32.75	55.2		Nudo 426	84.85	0	0	31.62	54.07	
Nudo 423	83.7	0	0	32.75	55.2		Nudo 422	84.85	0	0	31.62	54.07	
Nudo 128	83.7	0.2489	0.05	36.28	55.25		Nudo 193	84.9	0.0122	0	35.08	54.04	
Nudo 319	83.75	0.2719	0.05	32.7	55.15		Nudo 191	84.9	0.1643	0.03	35.08	54.04	

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

Continuación

Estado de los Nudos de la Red					sectorizada	s/sectorizar	Estado de los Nudos de la Red					sectorizada	s/sectorizar
ID Nudo	Cota	Demanda Base	Demanda	Presión			ID Nudo	Cota	Demanda Base	Demanda	Presión		
	m	LPS	LPS	m				m	LPS	LPS	m		
Nudo 388	84.9	0.2168	0.04	24.4			Nudo 143	85.55	0.1153	0.02	26.19		53.39
Nudo 142	84.95	0.0466	0.01	26.79			Nudo 462	85.6	0	0	26.14		53.34
Nudo 195	84.95	0.0337	0.01	35.03			Nudo 111	85.6	0.0863	0.02	28.93		53.33
Nudo 157	84.95	0.1156	0.02	26.79			Nudo 146	85.6	0.155	0.03	26.14		53.34
Nudo 148	85.1	0.0846	0.02	26.64			Nudo 106	85.85	0.1037	0.02	28.67		53.07
Nudo 204	85.1	0.2016	0.04	34.88			Nudo 207	85.85	0.1424	0.03	34.13		53.09
Nudo 460	85.1	0	0	26.64			Nudo 177	85.9	0.3373	0.07	34.08		53.04
Nudo 231	85.1	0.1219	0.02	34.88			Nudo 209	86	0.1104	0.02	33.98		52.93
Nudo 444	85.1	0	0	34.88			Nudo 170	86	0.094	0.02	33.98		52.94
Nudo 446	85.1	0	0	34.88			Nudo 141	86.05	0.0649	0.01	25.7		52.89
Nudo 206	85.15	0.3167	0.06	34.83			Nudo 171	86.05	0.2245	0.04	33.93		52.9
Nudo 110	85.15	0.202	0.04	29.37			Nudo 145	86.05	0.1327	0.03	25.7		52.89
Nudo 178	85.15	0.1255	0.03	34.83			Nudo 463	86.05	0	0	25.7		52.89
Nudo 160	85.15	0.1405	0.03	26.6			Nudo 105	86.1	0.139	0.03	28.42		52.82
Nudo 202	85.2	0.2756	0.06	34.78			Nudo 172	86.15	0.2468	0.05	33.83		52.8
Nudo 210	85.25	0.2708	0.05	34.73			Nudo 144	86.2	0.137	0.03	25.54		52.74
Nudo 326	85.25	0.0544	0.01	31.21			Nudo 173	86.2	0.2128	0.04	33.78		52.74
Nudo 478	85.25	0	0	31.24			Nudo 532	86.25	0	0	33.73		52.69
Nudo 327	85.3	0.2392	0.05	31.16			Nudo 137	86.25	0.2572	0.05	25.5		52.69
Nudo 328	85.3	0.2677	0.05	31.16			Nudo 531	86.25	0	0	33.73		52.69
Nudo 536	85.3	0	0	34.68			Nudo 464	86.25	0	0	25.5		52.69
Nudo 535	85.3	0	0	23.45			Nudo 112	86.25	0.0959	0.02	28.28		52.68
Nudo 200	85.3	0.239	0.05	34.68			Nudo 392	86.25	0.2084	0.04	33.73		52.69
Nudo 386	85.3	0	0	23.45			Nudo 174	86.25	0.2518	0.05	33.73		52.69
Nudo 198	85.3	0.2443	0.05	34.68			Nudo 176	86.25	0.2886	0.06	33.73		52.69
Nudo 391	85.3	0.1449	0.03	34.68			Nudo 333	86.3	0.046	0.01	30.16		52.61
Nudo 606	85.35	0	0	31.14			Nudo 175	86.3	0.2868	0.06	33.68		52.64
Nudo 428	85.35	0	0	34.63			Nudo 533	86.3	0	0	33.68		52.64
Nudo 230	85.35	0.2247	0.04	34.63			Nudo 534	86.3	0	0	33.68		52.64
Nudo 194	85.4	0.2458	0.05	34.58			Nudo 104	86.4	0.1119	0.02	28.13		52.53
Nudo 196	85.45	0.2703	0.05	34.53			Nudo 332	86.5	0.2604	0.05	29.96		52.41
Nudo 366	85.45	0	0	23.85			Nudo 140	86.65	0.1337	0.03	25.1		52.29
Nudo 208	85.45	0.2163	0.04	34.53			Nudo 138	86.7	0.1464	0.03	25.05		52.24
Nudo 538	85.45	0	0	34.53			Nudo 331	86.7	0.2859	0.06	29.77		52.21
Nudo 537	85.45	0	0	34.53			Nudo 213	86.7	0.0603	0.01	29.79		52.23
Nudo 427	85.5	0	0	30.99			Nudo 465	86.75	0	0	25		52.19
Nudo 608	85.5	0	0	30.99			Nudo 136	86.75	0.4435	0.09	25		52.19
Nudo 609	85.5	0	0	30.99			Nudo 466	86.75	0	0	25		52.19
Nudo 611	85.5	0	0	30.99			Nudo 91	86.8	0.0611	0.01	27.73		52.13
Nudo 595	85.5	0	0	30.99			Nudo 102	86.8	0.1201	0.02	27.73		52.13
Nudo 467	85.5	0	0	26.25			Nudo 126	86.9	0.1486	0.03	33.08		52.05
Nudo 468	85.5	0	0	26.25			Nudo 469	86.95	0	0	33.03		51.99
Nudo 329	85.5	0.251	0.05	30.98			Nudo 162	86.95	0.2748	0.05	33.03		51.99
Nudo 429	85.5	0	0	30.98			Nudo 470	86.95	0	0	33.03		51.99
Nudo 614	85.5	0	0	30.99			Nudo 101	87	0.1235	0.02	27.54		51.93
Nudo 430	85.5	0	0	30.98			Nudo 431	87	0	0	29.48		51.93
Nudo 161	85.5	0.2394	0.05	26.25			Nudo 432	87	0	0	29.48		51.93
Nudo 612	85.5	0	0	30.99			Nudo 330	87	0.2525	0.05	29.48		51.93
Nudo 613	85.5	0	0	30.99			Nudo 169	87.1	0.1971	0.04	32.88		51.85
Nudo 461	85.55	0	0	26.19			Nudo 139	87.15	0.1084	0.02	24.6		51.79
Nudo 147	85.55	0.117	0.02	26.19			Nudo 168	87.2	0.2089	0.04	32.78		51.75

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

Continuación

Estado de los Nudos de la Red					sectorizada	s/sectorizar	Estado de los Nudos de la Red					sectorizada	s/sectorizar
ID Nudo	Cota	Demanda Base	Demanda	Presión	Presión		ID Nudo	Cota	Demanda Base	Demanda	Presión	Presión	
	m	LPS	LPS	m	m			m	LPS	LPS	m	m	
Nudo 362	87.2	0.2003	0.04	29.31	51.73		Nudo 562	88.2	0	0	28.29	50.74	
Nudo 215	87.25	0.0635	0.01	29.24	51.68		Nudo 217	88.25	0.0361	0.01	28.24	50.68	
Nudo 103	87.3	0.0983	0.02	27.24	51.63		Nudo 88	88.25	0.0903	0.02	26.29	50.68	
Nudo 163	87.3	0.2751	0.06	32.68	51.65		Nudo 132	88.25	0.2755	0.06	31.73	50.7	
Nudo 471	87.3	0	0	32.68	51.65		Nudo 86	88.25	0.0995	0.02	26.29	50.69	
Nudo 167	87.3	0.2433	0.05	32.68	51.65		Nudo 130	88.3	0.2172	0.04	31.68	50.65	
Nudo 166	87.3	0.2119	0.04	32.68	51.65		Nudo 129	88.35	0.2411	0.05	31.63	50.6	
Nudo 90	87.35	0.0798	0.02	27.18	51.58		Nudo 529	88.35	0	0	31.63	50.6	
Nudo 92	87.35	0.0538	0.01	27.19	51.59		Nudo 530	88.35	0	0	31.63	50.6	
Nudo 393	87.4	0.1328	0.03	32.58	51.55		Nudo 131	88.35	0.242	0.05	31.63	50.6	
Nudo 165	87.4	0.2385	0.05	32.58	51.55		Nudo 394	88.35	0.134	0.03	31.63	50.6	
Nudo 472	87.4	0	0	32.58	51.55		Nudo 125	88.4	0.1741	0.03	31.58	50.56	
Nudo 135	87.4	0.1261	0.03	32.58	51.55		Nudo 405	88.4	0	0	31.58	50.56	
Nudo 164	87.5	0.2706	0.05	32.48	51.45		Nudo 95	88.4	0.1012	0.02	26.14	50.54	
Nudo 100	87.5	0.0988	0.02	27.04	51.43		Nudo 560	88.4	0	0	31.58	50.56	
Nudo 214	87.6	0.1268	0.03	28.89	51.33		Nudo 561	88.4	0	0	31.58	50.56	
Nudo 568	87.6	0	0	28.89	51.33		Nudo 216	88.45	0.152	0.03	28.04	50.48	
Nudo 569	87.6	0	0	28.89	51.33		Nudo 433	88.5	0	0	27.98	50.43	
Nudo 590	87.65	0	0	32.33	51.3		Nudo 336	88.5	0.1571	0.03	27.98	50.42	
Nudo 212	87.65	0.0984	0.02	28.84	51.28		Nudo 435	88.6	0	0	27.88	50.33	
Nudo 491	87.65	0	0	26.89	51.29		Nudo 498	88.6	0	0	25.94	50.34	
Nudo 134	87.65	0.2456	0.05	32.33	51.3		Nudo 434	88.6	0	0	27.88	50.33	
Nudo 98	87.65	0.0936	0.02	26.89	51.29		Nudo 512	88.6	0	0	31.39	50.36	
Nudo 567	87.65	0	0	28.84	51.28		Nudo 85	88.6	0.1024	0.02	25.94	50.34	
Nudo 592	87.65	0	0	32.33	51.3		Nudo 16	88.6	0.1863	0.04	31.39	50.36	
Nudo 493	87.65	0	0	26.89	51.29		Nudo 514	88.6	0	0	31.39	50.36	
Nudo 496	87.65	0	0	26.89	51.29		Nudo 513	88.6	0	0	31.39	50.36	
Nudo 565	87.65	0	0	28.84	51.28		Nudo 340	88.6	0.2454	0.05	27.88	50.33	
Nudo 87	87.7	0.1402	0.03	26.84	51.23		Nudo 359	88.75	0.0677	0.01	27.74	50.18	
Nudo 495	87.8	0	0	26.74	51.14		Nudo 593	88.8	0	0	31.18	50.15	
Nudo 99	87.8	0.0936	0.02	26.74	51.14		Nudo 113	88.8	0.2066	0.04	31.18	50.15	
Nudo 494	87.8	0	0	26.74	51.14		Nudo 591	88.8	0	0	31.18	50.15	
Nudo 93	87.85	0.098	0.02	26.69	51.09		Nudo 500	88.85	0	0	25.69	50.09	
Nudo 211	87.9	0.2345	0.05	28.59	51.03		Nudo 84	88.85	0.0574	0.01	25.69	50.09	
Nudo 564	87.9	0	0	28.59	51.03		Nudo 499	88.85	0	0	25.69	50.09	
Nudo 490	87.9	0	0	26.64	51.04		Nudo 501	88.85	0	0	25.69	50.09	
Nudo 492	87.9	0	0	26.64	51.04		Nudo 439	89	0	0	27.49	49.93	
Nudo 97	87.9	0.1182	0.02	26.64	51.04		Nudo 341	89	0.1311	0.03	27.49	49.93	
Nudo 566	87.9	0	0	28.59	51.03		Nudo 438	89	0	0	27.49	49.93	
Nudo 334	87.95	0.1283	0.03	28.51	50.96		Nudo 437	89	0	0	27.49	49.93	
Nudo 133	88	0.2772	0.06	31.98	50.95		Nudo 503	89.05	0	0	25.49	49.89	
Nudo 89	88.1	0.0512	0.01	26.44	50.83		Nudo 502	89.05	0	0	25.49	49.89	
Nudo 96	88.15	0.1077	0.02	26.39	50.79		Nudo 83	89.05	0.197	0.04	25.49	49.89	
Nudo 489	88.15	0	0	26.39	50.79		Nudo 82	89.1	0.2542	0.05	25.45	49.84	
Nudo 488	88.15	0	0	26.39	50.79		Nudo 114	89.1	0.2694	0.05	30.88	49.85	
Nudo 487	88.15	0	0	26.39	50.79		Nudo 484	89.1	0	0	25.45	49.84	
Nudo 497	88.2	0	0	26.34	50.74		Nudo 485	89.1	0	0	25.45	49.84	
Nudo 94	88.2	0.1129	0.02	26.34	50.74		Nudo 486	89.1	0	0	25.45	49.84	
Nudo 335	88.2	0.1896	0.04	28.27	50.71		Nudo 121	89.3	0.2104	0.04	30.69	49.65	
Nudo 229	88.2	0.2924	0.06	28.29	50.74		Nudo 363	89.3	0.1697	0.03	27.25	49.64	
Nudo 563	88.2	0	0	28.29	50.74		Nudo 115	89.3	0.269	0.05	30.68	49.65	

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

Continuación.

Estado de los Nudos de la Red				sectorizada	s/sectorizar	Estado de los Nudos de la Red				sectorizada	s/sectorizar
ID Nudo	Cota	Demanda Base	Demanda	Presión	Presión	ID Nudo	Cota	Demanda Base	Demanda	Presión	Presión
	m	LPS	LPS	m	m		m	LPS	LPS	m	m
Nudo 120	89.35	0.1427	0.03	30.64	49.6	Nudo 76	90.3	0.2147	0.04	29.69	48.65
Nudo 223	89.35	0.2777	0.06	30.62	49.61	Nudo 72	90.3	0.1488	0.03	29.69	48.66
Nudo 116	89.4	0.2358	0.05	30.59	49.55	Nudo 557	90.3	0	0	29.69	48.66
Nudo 395	89.4	0.1258	0.03	30.59	49.55	Nudo 436	90.45	0	0	26.03	48.47
Nudo 559	89.4	0	0	30.59	49.56	Nudo 339	90.45	0.2866	0.06	26.03	48.47
Nudo 527	89.4	0	0	30.59	49.55	Nudo 29	90.5	0.0703	0.01	29.48	48.45
Nudo 119	89.4	0.2259	0.05	30.59	49.55	Nudo 54	90.5	0.1021	0.02	29.48	48.45
Nudo 122	89.4	0.2287	0.05	30.59	49.56	Nudo 55	90.55	0.0664	0.01	29.43	48.4
Nudo 528	89.4	0	0	30.59	49.55	Nudo 504	90.6	0	0	29.38	48.35
Nudo 219	89.45	0.0333	0.01	27.05	49.48	Nudo 60	90.6	0.2826	0.06	29.38	48.35
Nudo 118	89.45	0.2326	0.05	30.54	49.5	Nudo 345	90.7	0.1455	0.03	25.78	48.22
Nudo 117	89.5	0.2142	0.04	30.49	49.45	Nudo 343	90.7	0.1045	0.02	25.79	48.23
Nudo 123	89.55	0.0569	0.01	30.44	49.41	Nudo 441	90.7	0	0	25.79	48.23
Nudo 482	89.55	0	0	30.43	49.4	Nudo 443	90.7	0	0	25.79	48.23
Nudo 605	89.55	0	0	25	49.4	Nudo 28	90.8	0.17	0.03	29.18	48.15
Nudo 483	89.55	0	0	30.43	49.4	Nudo 24	90.85	0.0484	0.01	29.13	48.1
Nudo 596	89.55	0	0	25	49.39	Nudo 53	90.85	0.0736	0.01	29.13	48.1
Nudo 81	89.55	0.3178	0.06	30.43	49.4	Nudo 574	90.9	0	0	25.62	48.04
Nudo 218	89.55	0.2518	0.05	26.95	49.38	Nudo 227	90.9	0.1755	0.04	25.62	48.04
Nudo 17	89.7	0.2007	0.04	30.29	49.25	Nudo 344	90.9	0.0961	0.02	25.59	48.03
Nudo 481	89.8	0	0	30.18	49.15	Nudo 573	90.9	0	0	25.62	48.04
Nudo 80	89.8	0.2785	0.06	30.18	49.15	Nudo 68	90.95	0.2281	0.05	29.04	48.01
Nudo 346	89.8	0.0527	0.01	26.68	49.12	Nudo 69	90.95	0.2715	0.05	29.04	48.01
Nudo 480	89.8	0	0	30.18	49.15	Nudo 526	90.95	0	0	29.03	48
Nudo 361	89.85	0.0561	0.01	26.64	49.08	Nudo 556	90.95	0	0	29.04	48.01
Nudo 571	89.9	0	0	26.6	49.03	Nudo 525	90.95	0	0	29.03	48
Nudo 228	89.9	0.2265	0.05	26.6	49.03	Nudo 61	90.95	0.2978	0.06	29.03	48
Nudo 570	89.9	0	0	26.59	49.03	Nudo 524	91	0	0	28.99	47.95
Nudo 572	89.95	0	0	26.54	48.98	Nudo 62	91	0.2851	0.06	28.99	47.95
Nudo 360	89.95	0.2288	0.05	26.54	48.98	Nudo 25	91	0.1205	0.02	28.98	47.95
Nudo 59	90.05	0.1716	0.03	24.49	48.89	Nudo 523	91	0	0	28.99	47.95
Nudo 479	90.05	0	0	29.93	48.9	Nudo 220	91	0.2405	0.05	25.53	47.94
Nudo 79	90.05	0.2643	0.05	29.93	48.9	Nudo 397	91.02	0.104	0.02	28.97	47.93
Nudo 382	90.05	0	0	24.49	48.89	Nudo 522	91.05	0	0	28.94	47.9
Nudo 374	90.05	0	0	24.49	48.89	Nudo 52	91.05	0.072	0.01	28.93	47.9
Nudo 601	90.05	0	0	29.93	48.9	Nudo 67	91.05	0.2236	0.04	28.94	47.91
Nudo 602	90.05	0	0	29.93	48.9	Nudo 63	91.05	0.2528	0.05	28.94	47.9
Nudo 604	90.06	0	0	29.92	48.89	Nudo 521	91.05	0	0	28.94	47.9
Nudo 603	90.06	0	0	29.92	48.89	Nudo 221	91.05	0.0487	0.01	25.48	47.89
Nudo 476	90.1	0	0	29.89	48.85	Nudo 505	91.1	0	0	28.88	47.85
Nudo 477	90.1	0	0	29.89	48.85	Nudo 364	91.1	0.0472	0.01	25.46	47.84
Nudo 440	90.1	0	0	26.39	48.83	Nudo 56	91.1	0.2601	0.05	28.88	47.85
Nudo 78	90.1	0.2349	0.05	29.89	48.85	Nudo 64	91.1	0.2329	0.05	28.89	47.85
Nudo 342	90.1	0.1463	0.03	26.39	48.83	Nudo 66	91.1	0.2377	0.05	28.89	47.86
Nudo 442	90.1	0	0	26.39	48.83	Nudo 65	91.1	0.2427	0.05	28.89	47.86
Nudo 396	90.1	0.1184	0.02	29.89	48.85	Nudo 27	91.2	0.0782	0.02	28.78	47.75
Nudo 77	90.2	0.204	0.04	29.79	48.75	Nudo 30	91.2	0.0738	0.01	28.79	47.75
Nudo 74	90.2	0.1335	0.03	29.79	48.76	Nudo 338	91.2	0.2156	0.04	25.27	47.72
Nudo 73	90.2	0.1955	0.04	29.79	48.76	Nudo 70	91.25	0.2038	0.04	28.74	47.7
Nudo 75	90.25	0.205	0.04	29.74	48.71	Nudo 517	91.3	0	0	28.69	47.66
Nudo 558	90.3	0	0	29.69	48.66	Nudo 515	91.3	0	0	28.69	47.66

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

Continuación

Estado de los Nudos de la Red				sectorizada	s/sectorizar	Estado de los Nudos de la Red				sectorizada	s/sectorizar
ID Nudo	Cota	Demanda Base	Demanda	Presión	Presión	ID Nudo	Cota	Demanda Base	Demanda	Presión	Presión
	m	LPS	LPS	m	m		m	LPS	LPS	m	m
Nudo 15	91.3	0.2148	0.04	28.69	47.66	Nudo 43	92.35	0.2586	0.05	27.64	46.61
Nudo 19	91.3	0.141	0.03	28.69	47.65	Nudo 42	92.4	0.2323	0.05	27.59	46.56
Nudo 347	91.3	0.1658	0.03	25.18	47.62	Nudo 554	92.4	0	0	27.59	46.56
Nudo 509	91.3	0	0	28.69	47.65	Nudo 14	92.4	0.3006	0.06	27.6	46.56
Nudo 23	91.3	0.0552	0.01	28.68	47.65	Nudo 551	92.4	0	0	27.59	46.56
Nudo 511	91.3	0	0	28.69	47.65	Nudo 516	92.4	0	0	27.6	46.57
Nudo 510	91.3	0	0	28.69	47.65	Nudo 588	92.4	0	0	27.6	46.56
Nudo 22	91.4	0.126	0.03	28.58	47.55	Nudo 587	92.4	0	0	27.6	46.56
Nudo 26	91.4	0.1429	0.03	28.58	47.55	Nudo 32	92.4	0.2514	0.05	27.59	46.55
Nudo 365	91.4	0.0913	0.02	25.16	47.54	Nudo 41	92.45	0.1761	0.04	27.54	46.51
Nudo 506	91.45	0	0	28.54	47.5	Nudo 552	92.45	0	0	27.54	46.51
Nudo 51	91.45	0.236	0.05	28.53	47.5	Nudo 553	92.45	0	0	27.54	46.51
Nudo 546	91.55	0	0	28.45	47.42	Nudo 225	92.45	0.2871	0.06	24.14	46.49
Nudo 547	91.55	0	0	28.45	47.42	Nudo 71	92.45	0.1164	0.02	27.53	46.5
Nudo 36	91.55	0.2081	0.04	28.45	47.42	Nudo 578	92.45	0	0	24.14	46.49
Nudo 545	91.55	0	0	28.45	47.42	Nudo 555	92.45	0	0	27.54	46.51
Nudo 358	91.6	0.057	0.01	24.89	47.33	Nudo 337	92.55	0.1074	0.02	23.92	46.37
Nudo 357	91.6	0.0637	0.01	24.89	47.33	Nudo 40	92.55	0.1637	0.03	27.44	46.41
Nudo 351	91.6	0.1005	0.02	24.88	47.32	Nudo 49	92.75	0.1793	0.04	27.24	46.2
Nudo 352	91.7	0.0932	0.02	24.79	47.23	Nudo 33	92.8	0.2031	0.04	27.19	46.15
Nudo 57	91.7	0.2698	0.05	28.28	47.25	Nudo 349	93.05	0.0581	0.01	23.43	45.87
Nudo 21	91.75	0.1882	0.04	28.23	47.2	Nudo 353	93.1	0.1113	0.02	23.38	45.82
Nudo 507	91.8	0	0	28.19	47.15	Nudo 38	93.15	0.0829	0.02	26.85	45.81
Nudo 31	91.8	0.2687	0.05	28.19	47.15	Nudo 34	93.15	0.2101	0.04	26.84	45.81
Nudo 700	91.9	0	0	28.06	47.05	Nudo 35	93.25	0.2271	0.05	26.75	45.71
Nudo 348	91.9	0.0524	0.01	24.58	47.02	Nudo 356	93.3	0.1336	0.03	23.18	45.62
Nudo 224	91.9	0.332	0.07	28.06	47.05	Nudo 550	93.35	0	0	26.65	45.61
Nudo 579	91.9	0	0	25	47.05	Nudo 37	93.35	0.3177	0.06	26.65	45.61
Nudo 580	91.9	0	0	24.69	47.04	Nudo 548	93.35	0	0	26.65	45.61
Nudo 581	91.9	0	0	28.06	47.05	Nudo 549	93.35	0	0	26.65	45.61
Nudo 58	92	0.2043	0.04	27.99	46.95	Nudo 354	93.65	0.0334	0.01	22.83	45.27
Nudo 519	92.05	0	0	27.94	46.91	Nudo 406	93.7	0	0	26.3	44.57
Nudo 47	92.05	0.1977	0.04	27.94	46.91	Nudo 610	93.7	0	0	26.3	44.57
Nudo 50	92.05	0.2592	0.05	27.93	46.9	Nudo 4	93.7	0.1041	0.02	26.3	44.66
Nudo 398	92.05	0.0887	0.02	27.94	46.91	Nudo 39	94.05	0.1173	0.02	25.94	44.91
Nudo 5	92.1	0.1418	0.03	27.9	46.87	Nudo 539	94.5	0	0	25.5	44.47
Nudo 20	92.15	0.2074	0.04	27.84	46.8	Nudo 13	94.5	0.0548	0.01	25.49	44.46
Nudo 46	92.15	0.2477	0.05	27.84	46.81	Nudo 8	94.5	0.2223	0.04	25.5	44.47
Nudo 508	92.15	0	0	27.84	46.8	Nudo 582	94.65	0	0	25.35	44.31
Nudo 45	92.2	0.2556	0.05	27.79	46.76	Nudo 3	94.65	0.3408	0.07	25.35	44.3
Nudo 520	92.25	0	0	27.74	46.71	Nudo 583	94.65	0	0	25.35	44.31
Nudo 44	92.25	0.268	0.05	27.74	46.71	Nudo 355	94.7	0.0451	0.01	21.78	44.22
Nudo 48	92.25	0.0967	0.02	27.74	46.71	Nudo 7	94.7	0.1591	0.03	25.3	44.27
Nudo 399	92.25	0.1871	0.04	27.74	46.71	Nudo 540	94.7	0	0	25.3	44.27
Nudo 226	92.3	0.1079	0.02	24.26	46.64	Nudo 9	94.95	0.2648	0.05	25.04	44.01
Nudo 350	92.3	0.1474	0.03	24.18	46.62	Nudo 607	95	0	0	25	43.97
Nudo 575	92.3	0	0	24.26	46.64	Nudo 543	95	0	0	25	43.97
Nudo 576	92.3	0	0	24.26	46.64	Nudo 6	95	0.1517	0.03	25	43.97
Nudo 577	92.3	0	0	24.26	46.64	Nudo 541	95	0	0	25	43.97
Nudo 18	92.3	0.1106	0.02	27.69	46.65	Nudo 542	95	0	0	25	43.97
Nudo 222	92.3	0.0527	0.01	24.29	46.64	Nudo 10	95.2	0.0507	0.01	24.79	43.76

Estado de los Nudos de la Red				sectorizada	s/sectorizar
ID Nudo	Cota	Demanda Base	Demanda	Presión	Presión
	m	LPS	LPS	m	m
Nudo 2	95.65	0.0675	0.01	24.35	43.3
Nudo 11	95.8	0.1743	0.03	24.19	43.16
Nudo 1	96.05	0.3716	0.07	23.95	42.9
Nudo 404	96.3	0.1547	0.03	42.69	42.69
Nudo 600	96.3	0	0	42.68	42.67
Nudo 12	96.3	0.1442	0.03	23.69	42.66

Tabla #18: tabla comparativa de presiones en los nodos sin sectorización y ya sectorizada. Fuente: Elaboración propia.

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

➤ **Análisis de resultados de presiones.**

El objetivo principal de sectorizar una red de abastecimiento de agua potable es optimizarla, disminuir presiones, al disminuir presiones se disminuyen las pérdidas en el sistema, esto a su vez ayuda a reducir el índice de aguas no facturada (ANF).

Conforme a lo dicho en el párrafo anterior, se analizara la tabla #17 conteniendo las presiones en el sistema sectorizada y no sectorizada.

La red de distribución de agua potable del casco urbano de Nagarote se sectorizo en 5 micro circuitos, logrando así de esta manera reducir las presiones en el sistema como por ejemplo en el nodo número 311 que tenía una presión sin sectoriza de 66.93 mca que está por encima del máximo permitido en la normativa de diseño, ya sectorizada la red el nodo se redujo a una presión de 44.42 mca encontrándose en el rango de las presiones permitidas disminuyendo 22.51 mca.

➤ **Evaluación económica de las propuestas.**

Partiendo de los resultados obtenidos en el acápite anterior, se hicieron dos propuestas de optimización hidráulica la cual la primera consiste en colocar una válvula reductora de presión de 12'' en la tubería de salida del tanque y la segunda en sectoriza la red en micro circuito. En la tabla siguiente se muestra una comparación económica en válvulas tanto reductoras de presión como de regulación.

propuesta numero 1, valvula en la tubería de salida del tanque.				
item	descripcion	cantidad	C. Unitario US\$	C. total US\$
1.00	valvula reductora de presion de 12" de diametro	1.00	7,500.00	7,500.00

Sub total	7,500.00
IVA 15%	1,125.00
C.total US\$	8,625.00

propuesta numero 2, sectorizacion hidraulica del sistema				
item	descripcion	cantidad	C. Unitario US\$	C. total US\$
1.00	valvula reductora de presion de 2"	1.00	1,550.00	1,550.00
2.00	valvula reductora de presion de 3"	8.00	1,800.00	14,400.00
3.00	valvula reductora de presion de 4"	1.00	2,120.00	2,120.00
4.00	valvula reductora de presion de 6"	1.00	2,650.00	2,650.00
5.00	valvula reductora de presion de 8"	1.00	2,750.00	2,750.00
6.00	valvula de regulacion de 2"	3.00	147.50	442.50
7.00	valvula de regulacion de 3"	3.00	164.10	492.30
8.00	valvula de regulacion de 4"	3.00	222.50	667.50
9.00	valvula de regulacion de 6"	3.00	374.35	1,123.05
10.00	valvula de regulacion de 8"	2.00	613.13	1,226.26

Sub total	27,421.61
IVA 15%	4,113.24
C. total US\$	31,534.85

Tabla #19: evaluación económica de ambas propuestas.

Fuente: elaboración propia.

Optimización hidráulica de la red de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, departamento de León.

Como se logra apreciar en la imagen anterior la propuesta más viable económicamente es la de colocar una válvula reductora de presión en la tubería de salida del tanque de almacenamiento, la problemática de esta opción es cuando en la red de distribución halla una rotura de tubería o cualquier otro problema en la infraestructura ya sea por presiones altas o eventualidades naturales, se dejara sin el suministro a la población del casco urbano. Mientras con la segunda propuesta se dividirá en micro sectores toda la red de agua potable, es decir, si se produce alguna rotura de tubería en la red solo se verificara a que sector pertenece, se dejara sin suministro del servicio a la población de ese sector para efectos de reparación, sin afectar dicho suministro a la población de los demás micro sectores.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1. Conclusiones

Se diagnosticó el sistema de abastecimiento de agua potable en el casco urbano del municipio de Nagarote, teniendo como principal problema las altas presiones en la red de abastecimiento de agua potable, esto ocasionando problemas en la estructura de la red, incrementando las aguas no facturadas, se encontró que hay tramos de tuberías en la red que no cumplen con el diámetro mínimo de 2", se recomienda hacer cambio de diámetro, en el modelado hidráulico fuente-tanque de la línea de conducción se encontró problemas en las velocidad por encima de 2 m/s máximo establecido en la normativa técnica esto debido a que los diámetros existentes no son los adecuado para mejorar esta situación, para solucionar esta problemática se recomienda hacer cambio de diámetro de 6" a 8" en la sarta, de 10" a 12" en el tramo de tubería que comprende del nodo 601 al 616, de 12" a 15" comprendido del tanque 606 al nodo 605. En lo que respecta a los tres pozos necesitan que los accesorios de la sarta se le cambien por nuevos ya que están en mal estado, en el pozo 6 y 7 se necesita rehabilitar la caseta de cloración y en el pozo número 8 igual porque se hace la cloración a la intemperie y de manera directa.

Se propone una sectorización en la red de agua potable del casco urbano del municipio de Nagarote, esta sectorización comprende una división en 5 microcircuitos, utilizándose 12 válvulas reductoras de presión entre 2" y 8" de diámetro, y 14 válvulas de regulación entre 2" y 8" de diámetro.

Se presentan dieciséis láminas de planos constructivos, donde se refleja: cada uno de los planos de la sectorización, 4 cuadrantes del plano topográfico y dos láminas donde se detallan las interconexiones en los nodos.

5.2. Recomendaciones

Establecido de acuerdo con las conclusiones mencionadas en el apartado anterior, se presentan las recomendaciones siguientes para la implementación satisfactoria del sistema de abastecimiento de agua potable. Las recomendaciones van dirigidas a la empresa distribuidora del servicio “Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL).

- Se recomienda que una vez ejecutada la sectorización se dé la debida atención de reparación y mantenimiento a todos los accesorios y componentes del sistema
- Se recomienda darle reparación y mantenimiento al motor de la bomba del pozo número 6 San José para evitar fugas.
- Se recomienda cambiar el manómetro y medidor de caudal del pozo número 6 San José.
- Se recomienda anexar al pozo número 6 y pozo número 7 equipo de cloración debido a que no cuentan con uno.
- En el equipo de cloración del pozo número 8 se recomienda equipar la caseta debido a que se clora a la intemperie.
- Se recomienda hacer cambio de tuberías en los tramos de la red de distribución donde se encuentren diámetros de ½” y 1”, hacer cambio de diámetros a 2” siendo este el mínimo recomendado por ENACAL.
- En el caso de la línea de conducción se recomienda hacer cambio de diámetro para así controlar y disminuir las velocidades al rango establecido por ENACAL, estos cambios se harán en donde hay diámetros de 6” hacer cambio a 8” (sarta), de 10” a 12” y de 12” a 15” (línea de conducción).

5.3. Bibliografía

- 003-99., N. 0. (1999). *normas tecnicas para el abastecimiento y potabilizacion de agua potable*.
- E., C. (2014). *apuntes de ingenieria sanitaria*. managua.
- ENACAL. (2009). *Estudio topografico del municipio de Nagarote*. Nagarote.
- INIDE. (2005). *Censo Nagarote en cifras*. . Nagarote. .
- Instituto nicaraguense de acueductos y alcantarillados, Enacal. (1999). *Normas tecnicas para el diseño de abastecimiento y potabilizacion del agua* . managua.
- Normas APA. (Citas y referencias bibliograficas segun normas APA 6 edicion). 2016.
- Perez, W. (2016). *Apuntes de ingenieria sanitaria*. Managua.
- salud, M. d. (2017). *Censo 2017 del municipio de Nagarote*. Nagarote.
- Vega., O. (2012). *Herramientas de ayuda a la sectorización de redes de abastecimiento de agua basadas en la teoría de grafos aplicando distintos criterios*. Argentina.

ANEXOS

Anexo #1: censo poblacional Nagarote 2017 (MINSA-Nagarote)

MINISTERIO DE SALUD MIUNICIPIO DE NAGAROTE DISTRIBUCION DE VIVIENDAS Y POBLACION-2017					
VIVIENDAS TOTAL: 13,061			POBLACION TOTAL: 38,054		
sector numero 1 centro de salud Dr. Raul Vargas Perez. 18% 6,850	Barrios	# de Viviendas	# de Habitantes	# de Manzanas	# de Puntos clave
	Bo. Tomas Martinez	247.00	865.00	14.00	1.00
	Bo. Pancaza.	297.00	776.00	15.00	4.00
	Bo. Francisco Estrada	172.00	457.00	7.00	4.00
	Bo. Genizaro	232.00	414.00	9.00	6.00
	Bo. Edgardo Corea	218.00	1,184.00	9.00	2.00
	Bo. Marvin Palacio	615.00	1,630.00	21.00	8.00
	Bo. Camilo Ortega	127.00	347.00	3.00	2.00
	Bo. Guadalupe	203.00	538.00	7.00	2.00
	Sub Total Urbano	2,111.00	6,211.00	85.00	29.00
	Comarcas rural				
	Col. Silvio Mayorga	103.00	418.00	-	8.00
	San Miguelito y traga	48.00	221.00	-	0.00
Sub Total Rural	151.00	639.00		8.00	
Total General	2,262.00	6,850.00	85.00	37.00	
sector numero 2 puesto de salud Ariel Saballos. 16% 6,089	Barrios	# de Viviendas	# de Habitantes	# de Manzanas	# de Puntos clave
	Rep. San antonio	26.00	29.00	15.00	2.00
	Rep. Villa Hermosa	94.00	398.00	5.00	2.00
	Bo. Orlando caseres	436.00	838.00	20.00	10.00
	Bo. Julio Buitrago	255.00	645.00	9.00	3.00
	Bo. Carlos Fonseca	204.00	504.00	6.00	3.00
	Bo. Ariel saballos	255.00	557.00	8.00	2.00
	Rep. San Julian	186.00	505.00	11.00	1.00
	Rep. Jairo Perez #1	112.00	310.00	7.00	2.00
	Rep. Jairo Perez #2	144.00	388.00	7.00	1.00
	Rep. Jairo Perez #3	176.00	482.00	10.00	1.00
	Rep. Santa Elena	112.00	271.00	9.00	1.00
	Rep. Los Angeles	207.00	523.00	18.00	1.00
	San Lucia	122.00	309.00	13.00	
	Sub Total Urbano	2,329.00	5,759.00	138.00	29.00
	Las Ojedas	42.00	141.00	-	0.00
Las Chilamas	50.00	103.00	-	1.00	
Las Limas	20.00	86.00	-	1.00	
Sub Total Rural	112.00	330.00		2.00	
Total General	2,441.00	6,089.00	138.00	31.00	

sector numero 3 puesto de salud Ignacio Perez. 15% 5,708	Barrios	# de Viviendas	# de Habitantes	# de Manzanas	# de Puntos clave
	Bo. Ermita Cor. De Jesus	175.00	470.00	5.00	2.00
	Bo. 18 de Julio	165.00	328.00	4.00	4.00
	Bo. Luis de la Llana	260.00	686.00	6.00	2.00
	Bo Fernando Salazar	483.00	1,270.00	17.00	9.00
	Bo. Santiago	196.00	900.00	11.00	2.00
	Bo. El Triunfo	119.00	251.00	13.00	2.00
	Bo. Jerman Pomares	177.00	462.00	3.00	2.00
	Sub Total Urbano	1,575.00	4,367.00	59.00	23.00
	Valle de Jesus	124.00	297.00	-	2.00
	San Antonio	36.00	192.00	-	1.00
	Peña Ventosa	17.00	92.00	-	0.00
	Copaltepe	62.00	419.00	-	2.00
	La Trinidad	36.00	155.00	-	1.00
	San Roque	30.00	186.00	-	1.00
Sub Total Rural	305.00	1,341.00		2.00	
Total General	1,880.00	5,708.00	59.00	25.00	
sector numero 4 puesto de salud El Porvenir. 21% 7,991	Barrios	# de Viviendas	# de Habitantes	# de Manzanas	# de Puntos clave
	Bo. El Porvenir	322.00	1,054.00	20.00	9.00
	Rep. Sonris de Dios	785.00	838.00	51.00	1.00
	Bo. San Martin	477.00	1,245.00	17.00	5.00
	Jeronimo Lopez #1	232.00	528.00	13.00	1.00
	Jeronimo Lopez #2	292.00	764.00	10.00	7.00
	Jeronimo Lopez #3	576.00	964.00	19.00	5.00
	Rep. Tierra Prometida	214.00	938.00	1.00	1.00
	Sub Total Urbano	2,898.00	6,331.00	131.00	29.00
	El Recreo	52.00	376.00	-	1.00
	Rancho Pando	25.00	228.00	-	0.00
	Los Cocos	34.00	452.00	-	1.00
	San Gabriel	39.00	300.00	-	1.00
	Recorrido Lemurias	33.00	304.00	-	0.00
	Sub Total Rural	183.00	1,660.00		0.00
Total General	3,081.00	7,991.00	131.00	29.00	

	Barrios	# de Viviendas	# de Habitantes	# de Manzanas	# de Puntos clave
sector numero 5 puesto de salud San Lorenzo. 12% 4,566	Ojo de Agua # 1	100.00	638.00	-	4.00
	Ojo de Agua # 2	265.00	764.00	-	0.00
	Nacascolo	38.00	103.00	-	0.00
	Calle Daniel Amador	112.00	456.00	-	2.00
	Las Pilas	52.00	315.00	-	2.00
	Los Carrioners	52.00	181.00	-	1.00
	San Isidro	86.00	352.00	-	1.00
	Tierra Colorada	42.00	216.00	-	1.00
	La Virgen	31.00	171.00	-	0.00
	Santa Lucia	71.00	316.00	-	0.00
	Valle Jimenes	98.00	415.00	-	2.00
	Candelaria	103.00	393.00	-	0.00
	Guayabal/ El Chale	100.00	246.00	-	2.00
	Total General	1,150.00	4,566.00		15.00

	Barrios	# de Viviendas	# de Habitantes	# de Manzanas	# de Puntos clave
sector numero 6 puesto de salud Puerto Sandino. 11% 4,186	Puerto Sandino	851.00	2,220.00	40.00	10.00
	Miramar Punta la Flor	458.00	800.00	-	2.00
	La Gloria el Velero	180.00	870.00	-	4.00
	Proyecto Tanque	54.00	296.00	-	4.00
	Total General	1,543.00	4,186.00	40.00	20.00

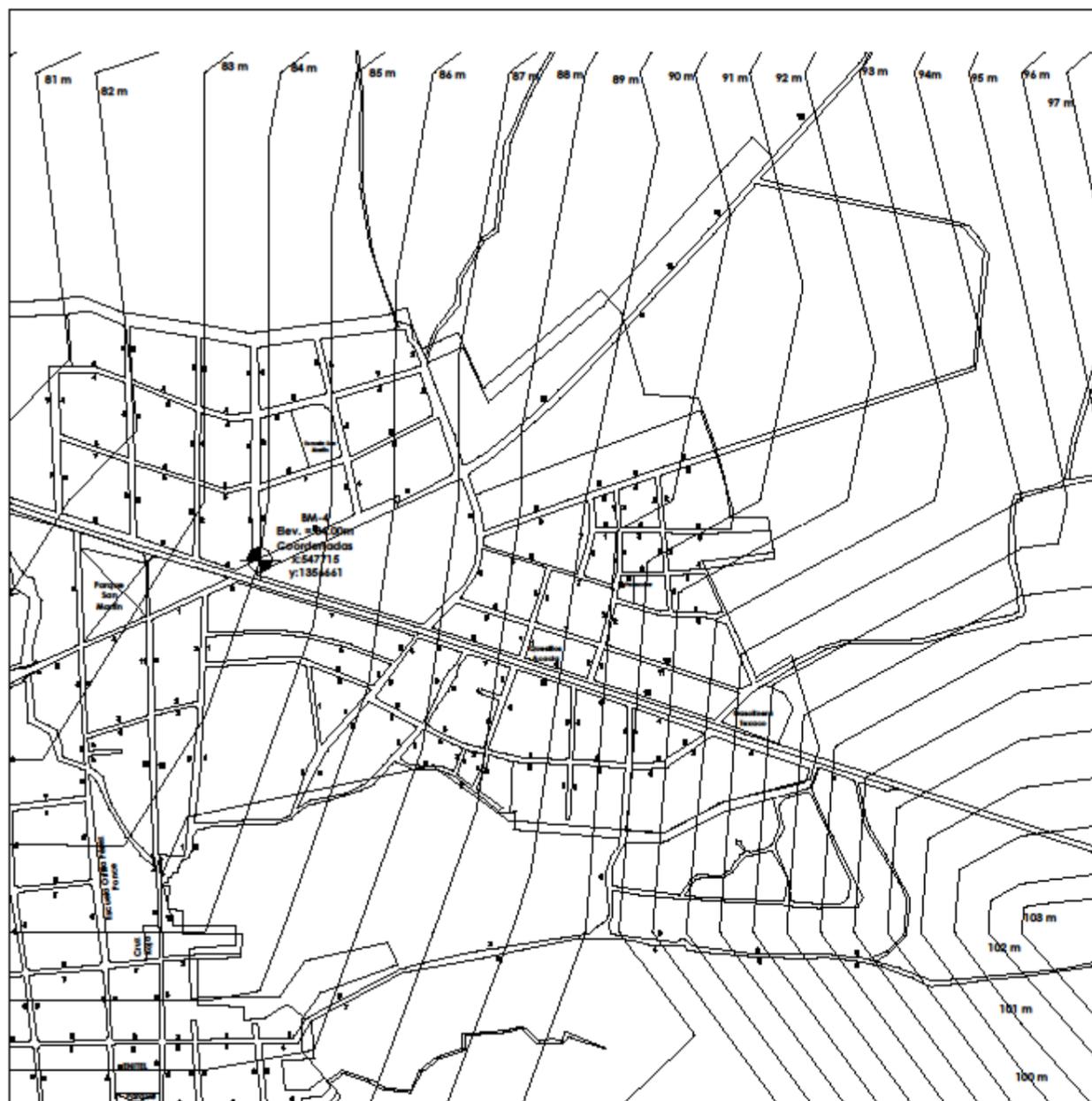
	Barrios	# de Viviendas	# de Habitantes	# de Manzanas	# de Puntos clave
sector numero 7 puesto de salud Gujon Santiago. 7% 2,664	Transito	388.00	1,476.00	49.00	12.00
	Vacacional Transito	110.00	52.00	4.00	0.00
	El Guinellote	12.00	38.00	-	0.00
	Ojo de (Agua Transito)	36.00	134.00	-	0.00
	Tescoloste	40.00	286.00	-	4.00
	San Pablo	54.00	272.00	-	1.00
	Apompua	23.00	139.00	-	1.00
	Tamborcito	39.00	169.00	-	1.00
	Meza Grande	12.00	98.00	-	1.00
	Total General	714.00	2,664.00	53.00	20.00

Anexo #2: proyección de la población.

años	pobla. (n° hab)	dotacion (lppd)	Qdomestico (lpps)	caudales especiales			CPD Zges.+Qdom	hp(20% CPD)	CMH(2.5 CPDT)	CPDT(Σ CPD + HP)	CMD(1.5 cpdt)
				Qcomercial 7%	Qinstitucional 7%	Qindustrial 2%					
2017	19355.0	132.0	29.6	2.1	2.1	0.6	34.3	6.9	85.8	41.2	61.74
2018	19974.4	132.0	30.5	2.1	2.1	0.6	35.4	7.1	88.5	42.5	64
2019	20613.5	151.0	36.0	2.5	2.5	0.7	41.8	8.4	104.5	50.1	75
2020	21273.2	151.0	37.2	2.6	2.6	0.7	43.1	8.6	107.8	51.8	78
2021	21953.9	151.0	38.4	2.7	2.7	0.8	44.5	8.9	111.3	53.4	80
2022	22656.4	151.0	39.6	2.8	2.8	0.8	45.9	9.2	114.8	55.1	83
2023	23381.4	151.0	40.9	2.9	2.9	0.8	47.4	9.5	118.5	56.9	85
2024	24129.7	151.0	42.2	3.0	3.0	0.8	48.9	9.8	122.3	58.7	88
2025	24901.8	151.0	43.5	3.0	3.0	0.9	50.5	10.1	126.2	60.6	91
2026	25698.7	151.0	44.9	3.1	3.1	0.9	52.1	10.4	130.2	62.5	94
2027	26521.0	151.0	46.4	3.2	3.2	0.9	53.8	10.8	134.4	64.5	97
2028	27369.7	151.0	47.8	3.3	3.3	1.0	55.5	11.1	138.7	66.6	100
2029	28245.5	151.0	49.4	3.5	3.5	1.0	57.3	11.5	143.2	68.7	103
2030	29149.4	151.0	50.9	3.6	3.6	1.0	59.1	11.8	147.7	70.9	106
2031	30082.2	151.0	52.6	3.7	3.7	1.1	61.0	12.2	152.5	73.2	110
2032	31044.8	151.0	54.3	3.8	3.8	1.1	62.9	12.6	157.3	75.5	113
2033	32038.2	151.0	56.0	3.9	3.9	1.1	65.0	13.0	162.4	77.9	117
2034	33063.4	151.0	57.8	4.0	4.0	1.2	67.0	13.4	167.6	80.4	121
2035	34121.5	151.0	59.6	4.2	4.2	1.2	69.2	13.8	172.9	83.0	125
2036	35213.4	151.0	61.5	4.3	4.3	1.2	71.4	14.3	178.5	85.7	128
2037	36340.2	151.0	63.5	4.4	4.4	1.3	73.7	14.7	184.2	88.4	133
2038	37503.1	151.0	65.5	4.6	4.6	1.3	76.0	15.2	190.1	91.2	137

PLANOS

PLANO TOPOGRAFICO - CUADRANTE I



LAMINA: 1	DE: 4
ESCALA: 1:6000	FECHA: 22/01/18
TUTOR: MSC. ING. ERVIN CABRERA	
CONTENIDO: PLANOS TOPOGRAFICOS	
ELABORADO POR: BR. WILMER RIVERA BR. HANSEL RODRIGUEZ	REVISADO POR: MSC. ING. ERVIN CABRERA
PROYECTO: OPTIMIZACION HIDRAULICA DE LA RED DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE NAGAROTE	
	

PLANO TOPOGRAFICO - CUADRANTE II



LAMINA:

2

DE:

4

ESCALA:

1:6000

FECHA:

22/01/18

TUTOR:

MSC. ING. ERVIN CABRERA

CONTENIDO:

PLANOS TOPOGRAFICOS

ELABORADO POR:

BR. WILMER RIVERA

BR. HANSEL RODRIGUEZ

REVISADO POR:

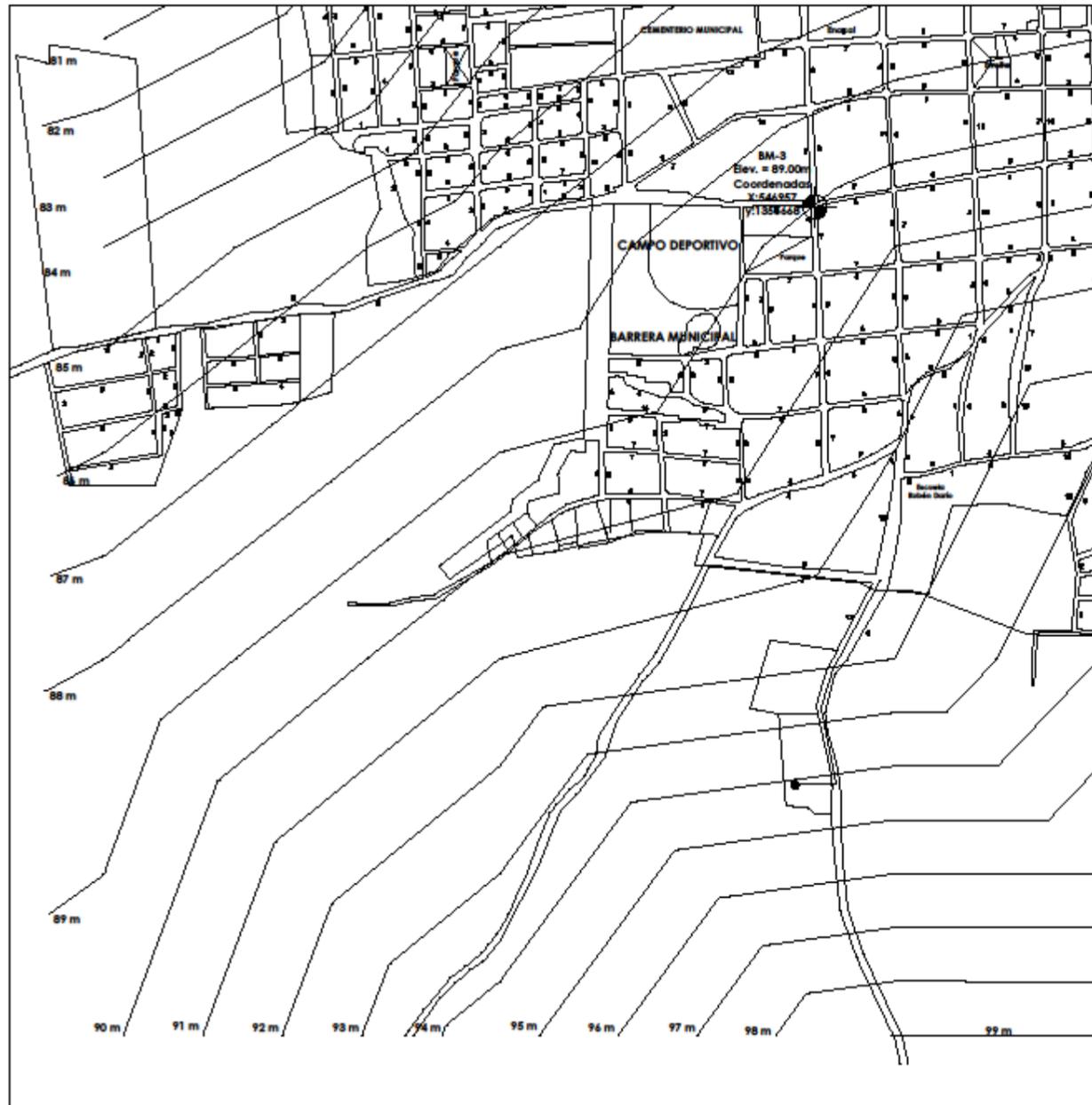
MSC. ING. ERVIN CABRERA

PROYECTO:

OPTIMIZACION HIDRAULICA DE
LA RED DE DISTRIBUCION DE AGUA
POTABLE DEL CASCO URBANO DEL
MUNICIPIO DE NAGAROTE



PLANO TOPOGRAFICO - CUADRANTE III



LAMINA:

3

DE:

4

ESCALA:

1:6000

FECHA:

22/01/18

TUTOR:

MSC. ING. ERVIN CABRERA

CONTENIDO:

PLANOS TOPOGRAFICOS

ELABORADO POR:

BR. WILMER RIVERA

BR. HANSEL RODRIGUEZ

REVISADO POR:

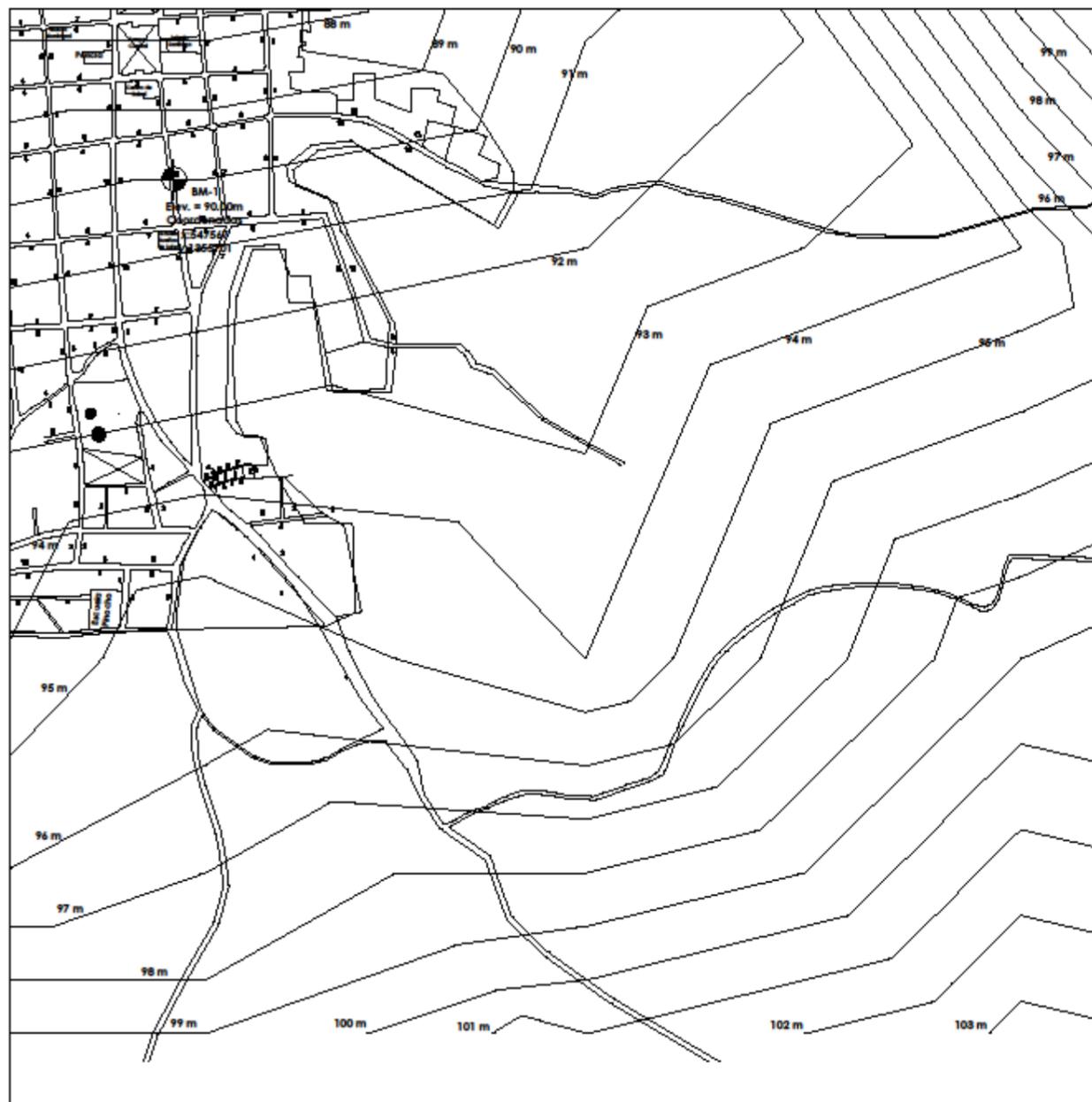
MSC. ING. ERVIN CABRERA

PROYECTO:

OPTIMIZACION HIDRAULICA DE LA RED DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE NAGAROTE



PLANO TOPOGRAFICO - CUADRANTE IV



LAMINA:

4

DE:

4

ESCALA:

1:6000

FECHA:

22/01/18

TUTOR:

MSC. ING. ERVIN CABRERA

CONTENIDO:

PLANOS TOPOGRAFICOS

ELABORADO POR:

BR. WILMER RIVERA

BR. HANSEL RODRIGUEZ

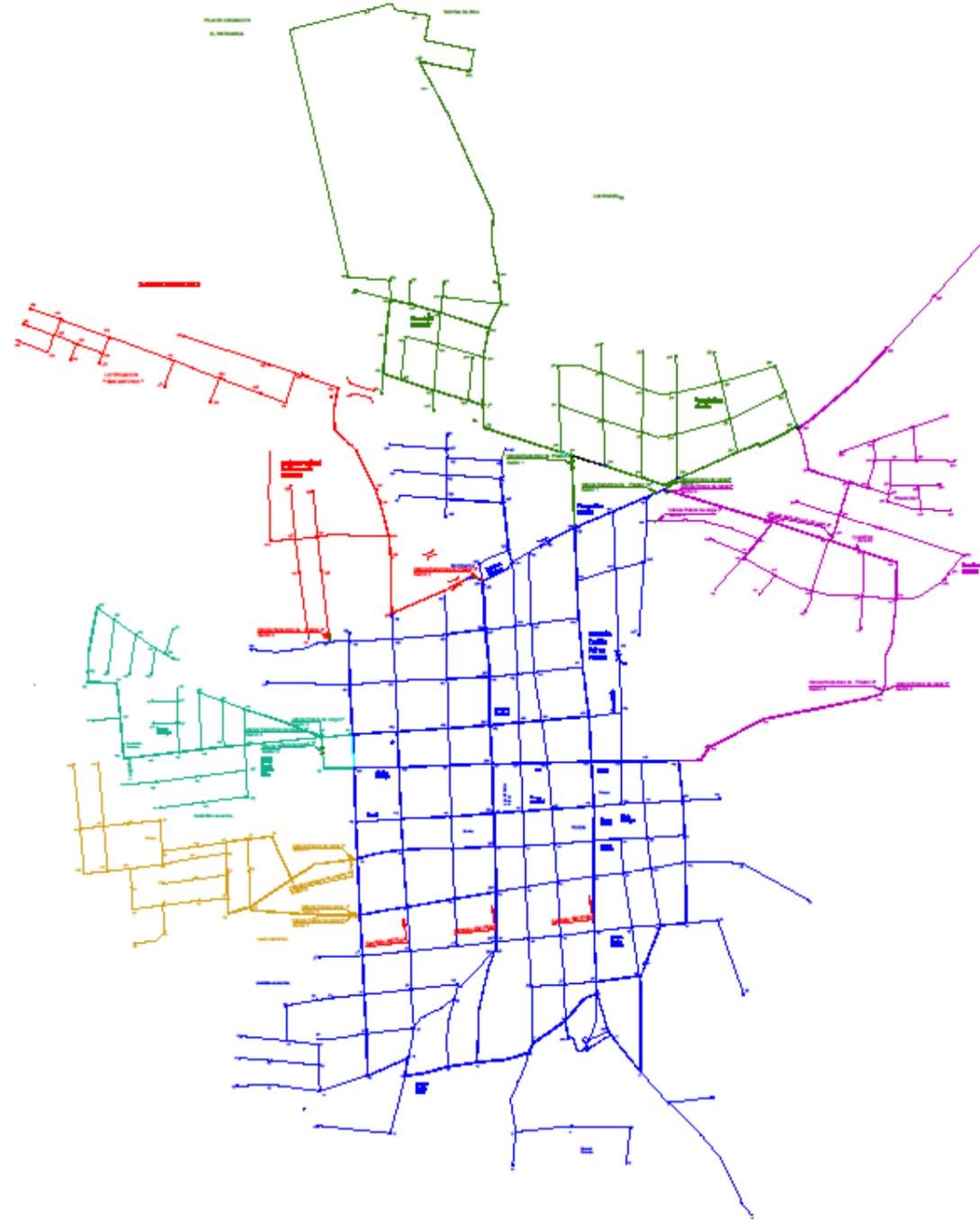
REVISADO POR:

MSC. ING. ERVIN CABRERA

PROYECTO:

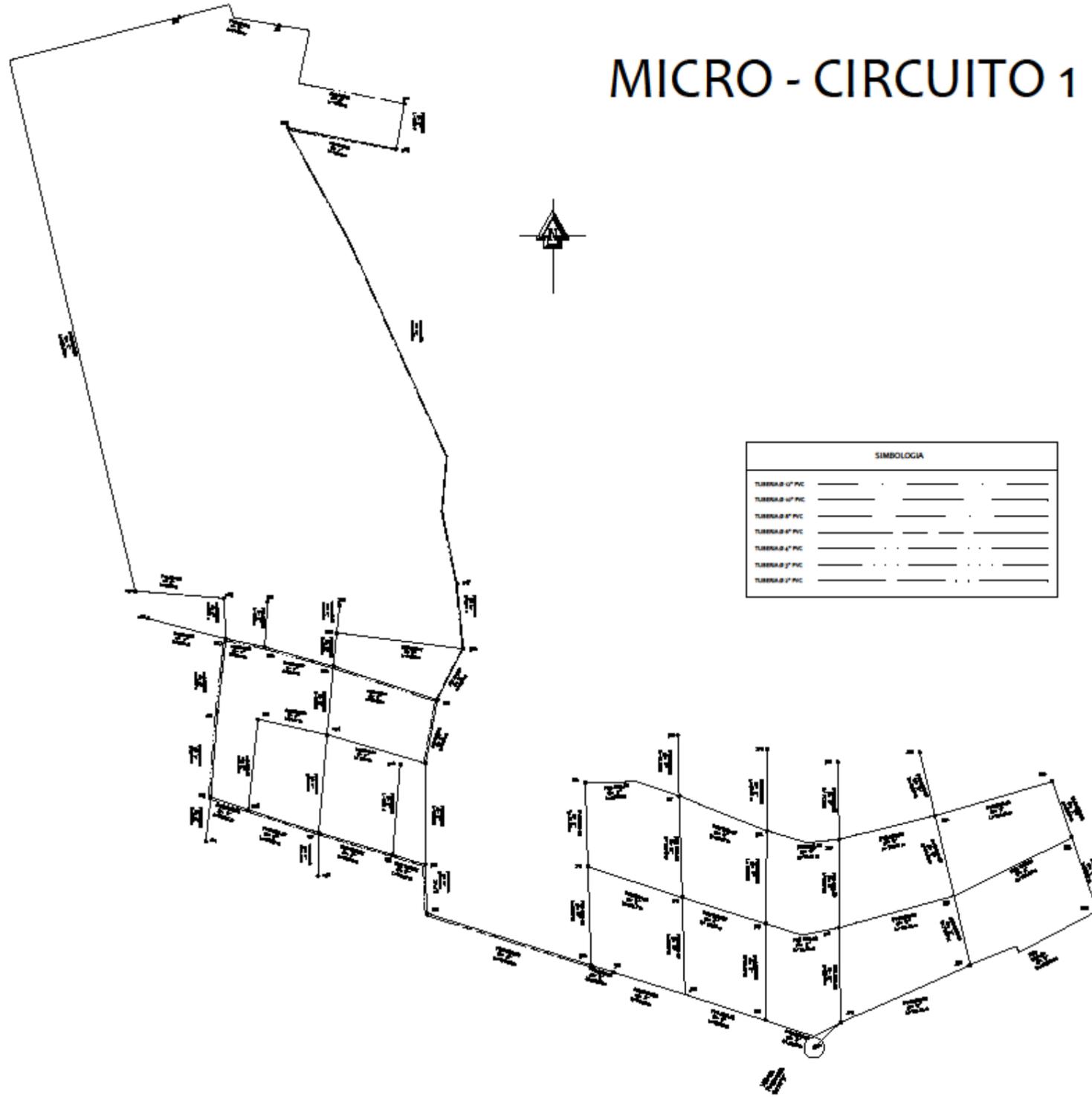
OPTIMIZACION HIDRAULICA DE
LA RED DE DISTRIBUCION DE AGUA
POTABLE DEL CASCO URBANO DEL
MUNICIPIO DE NAGAROTE





LAMINA: 1	DE: 1
ESCALA: SIN ESCALA	FECHA: 22/01/18
TUTOR: MSC. ING. ERVIN CABRERA	
CONTENIDO: CONJUNTO DE CIRCUITOS	
ELABORADO POR: BR. WILMER RIVERA BR. HANSEL RODRIGUEZ	REVISADO POR: MSC. ING. ERVIN CABRERA
PROYECTO: OPTIMIZACION HIDRAULICA DE LA RED DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE NAGAROTE	

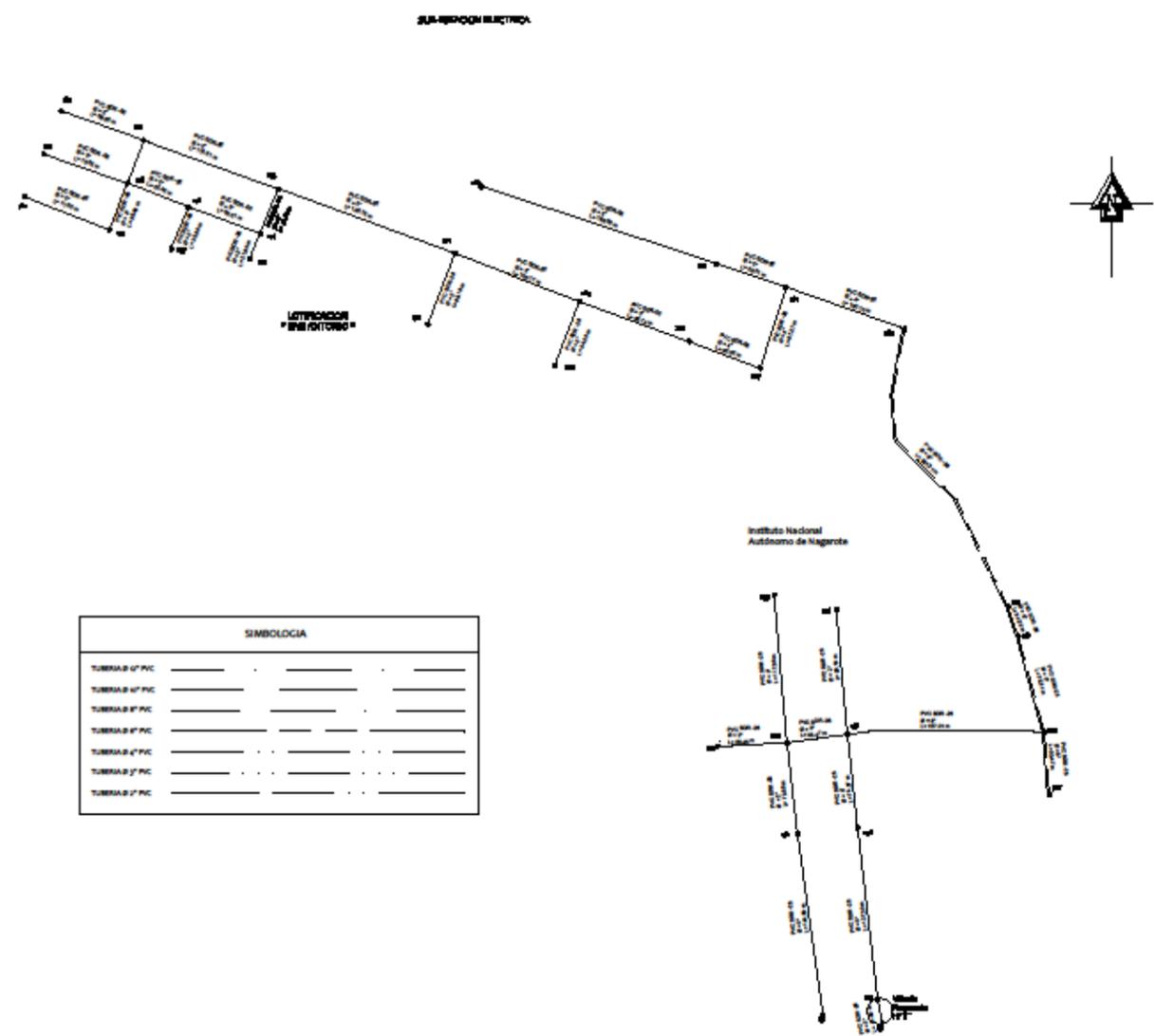
MICRO - CIRCUITO 1



SIMBOLOGIA	
TUBERIA 12" PVC	— — — — —
TUBERIA 10" PVC	— — — — —
TUBERIA 8" PVC	— — — — —
TUBERIA 6" PVC	— — — — —
TUBERIA 4" PVC	— — — — —
TUBERIA 2" PVC	— — — — —
TUBERIA 1" PVC	— — — — —

LAMINA: 1	DE: 5
ESCALA: 1:4000	FECHA: 22/01/18
TUTOR: MSC. ING. ERVIN CABRERA	
CONTENIDO: MICRO – CIRCUITOS	
ELABORADO POR: BR. WILMER RIVERA BR. HANSEL RODRIGUEZ	REVISADO POR: MSC. ING. ERVIN CABRERA
PROYECTO: OPTIMIZACION HIDRAULICA DE LA RED DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE NAGAROTE	
	

MICRO - CIRCUITO 2



LAMINA: 2 DE: 5

ESCALA: 1:4000 FECHA: 22/01/18

TUTOR:
MSC. ING. ERVIN CABRERA

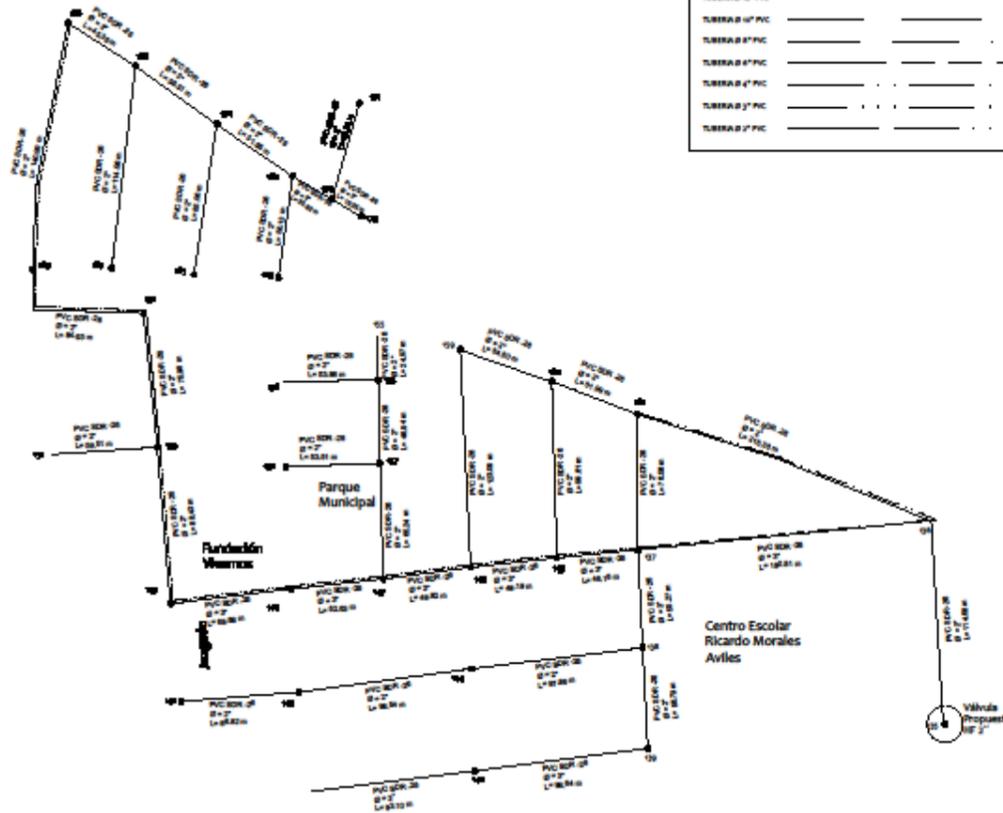
CONTENIDO:
MICRO - CIRCUITOS

ELABORADO POR: REVISADO POR:
BR. WILMER RIVERA MSC. ING. ERVIN CABRERA
BR. HANSEL RODRIGUEZ

PROYECTO:
OPTIMIZACION HIDRAULICA DE LA RED DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE NAGAROTE



MICRO - CIRCUITO 3



SIMBOLOGIA	
TUBERIA 1" PVC	-----
TUBERIA 1.5" PVC	-----
TUBERIA 2" PVC	-----
TUBERIA 3" PVC	-----
TUBERIA 4" PVC	-----
TUBERIA 6" PVC	-----

LAMINA:

3

DE:

5

ESCALA:

1:3000

FECHA:

22/01/18

TUTOR:

MSC. ING. ERVIN CABRERA

CONTENIDO:

MICRO - CIRCUITOS

ELABORADO POR:

BR. WILMER RIVERA

BR. HANSEL RODRIGUEZ

REVISADO POR:

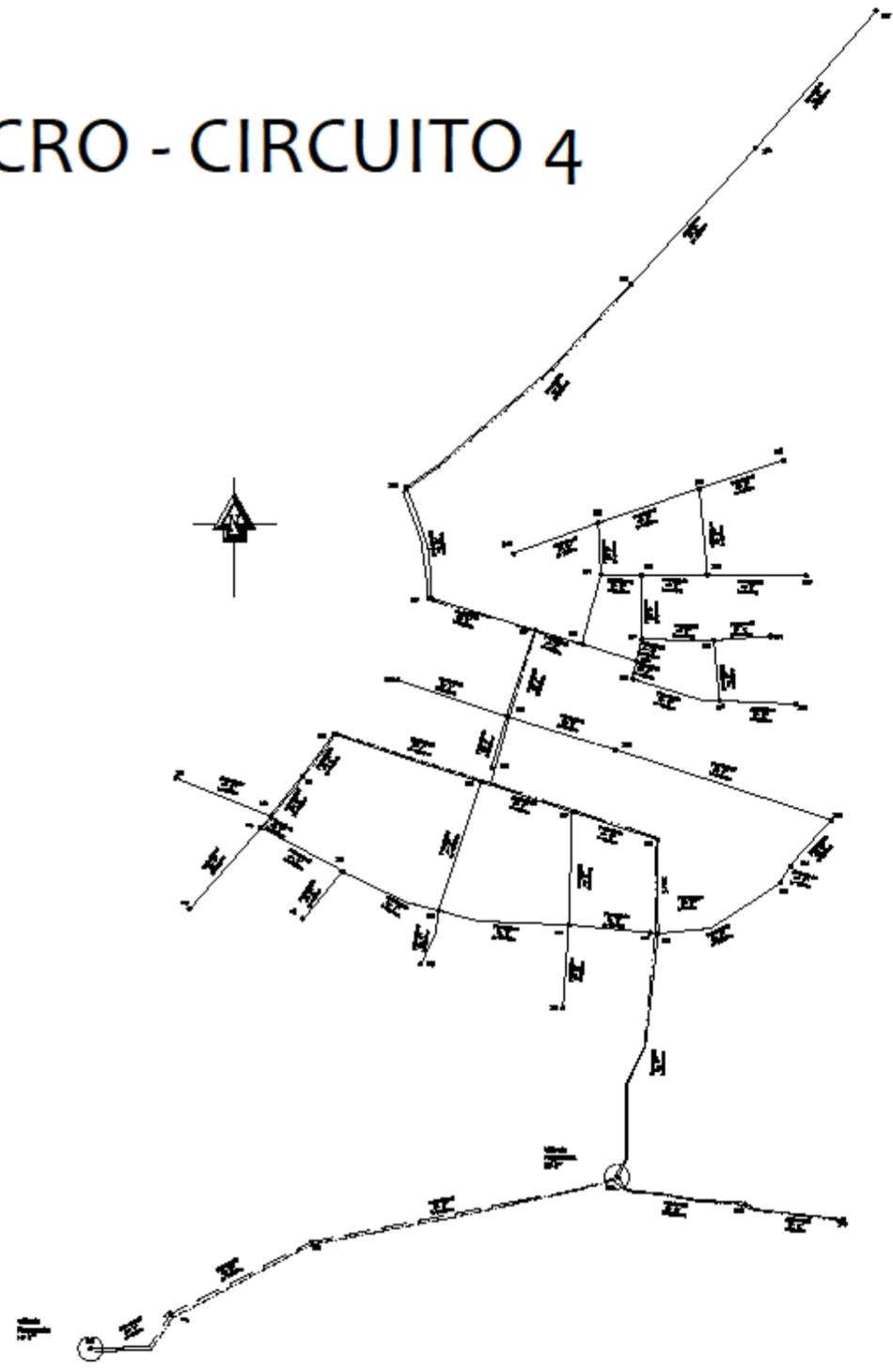
MSC. ING. ERVIN CABRERA

PROYECTO:

OPTIMIZACION HIDRAULICA DE LA RED DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE NAGAROTE



MICRO - CIRCUITO 4



SIMBOLOGIA	
TUBERIA 1" P.C.	_____
TUBERIA 1.5" P.C.	_____
TUBERIA 2" P.C.	_____
TUBERIA 2.5" P.C.	_____
TUBERIA 3" P.C.	_____
TUBERIA 4" P.C.	_____

LAMINA: 4 DE: 5

ESCALA: 1:4000 FECHA: 22/01/18

TUTOR:
MSC. ING. ERVIN CABRERA

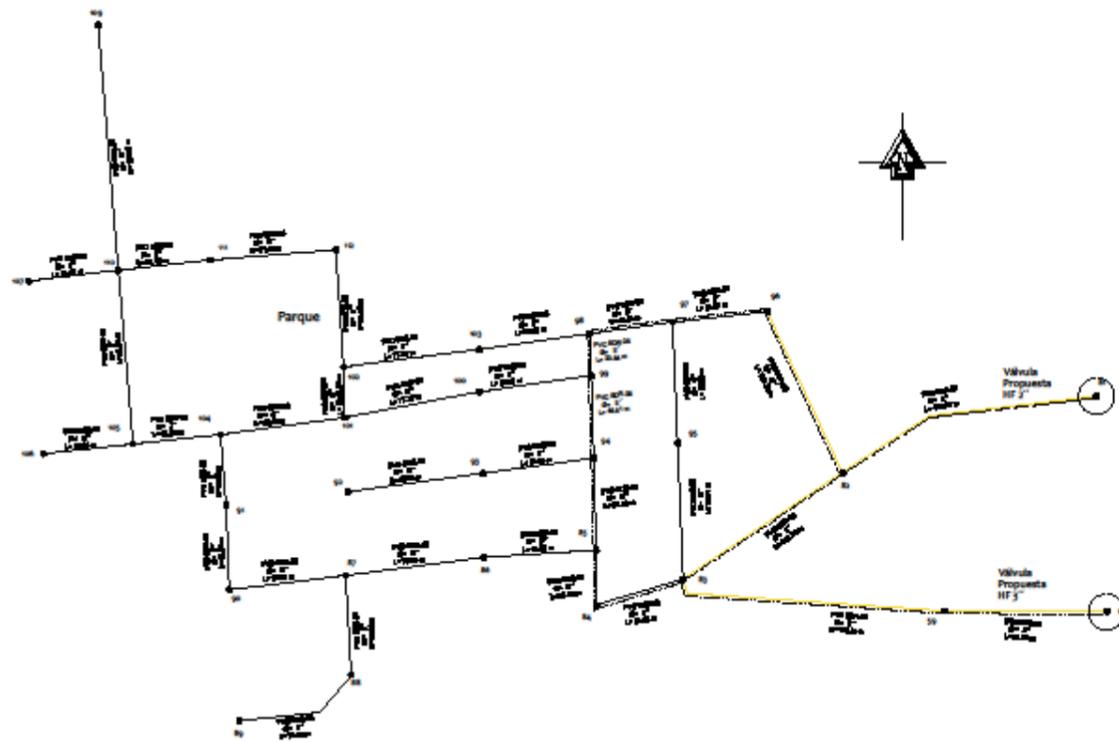
CONTENIDO:
MICRO - CIRCUITOS

ELABORADO POR: BR. WILMER RIVERA BR. HANSEL RODRIGUEZ	REVISADO POR: MSC. ING. ERVIN CABRERA
---	--

PROYECTO:
OPTIMIZACION HIDRAULICA DE LA RED DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE NAGAROTE

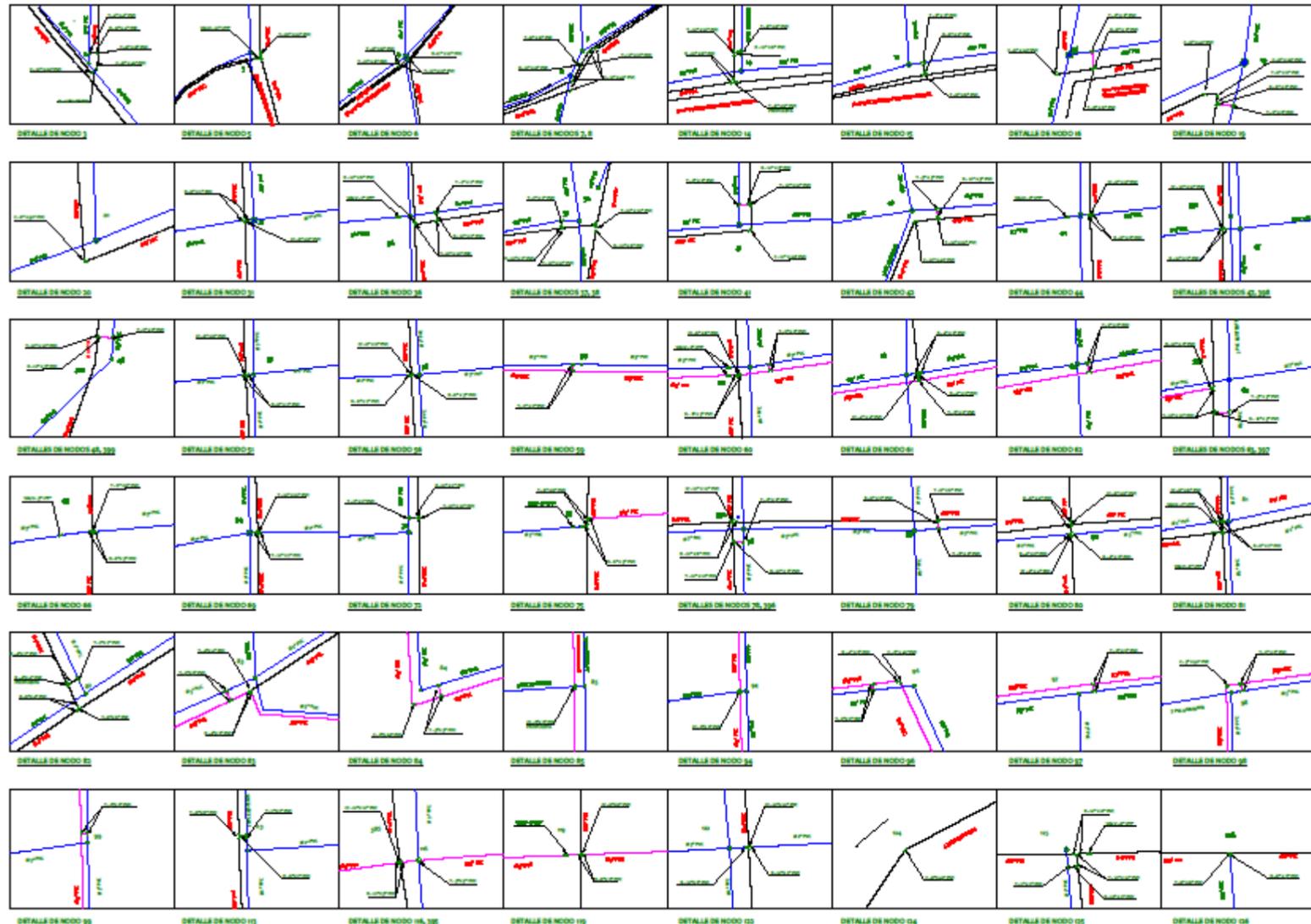


MICRO - CIRCUITO 5



SIMBOLOGIA	
TUBERIA 4" PVC	_____
TUBERIA 6" PVC	_____
TUBERIA 8" PVC	_____
TUBERIA 10" PVC	_____
TUBERIA 12" PVC	_____
TUBERIA 14" PVC	_____
TUBERIA 16" PVC	_____

LAMINA: 5	DE: 5
ESCALA: 1:3000	FECHA: 22/01/18
TUTOR: MSC. ING. ERVIN CABRERA	
CONTENIDO: MICRO - CIRCUITOS	
ELABORADO POR: BR. WILMER RIVERA BR. HANSEL RODRIGUEZ	REVISADO POR: MSC. ING. ERVIN CABRERA
PROYECTO: OPTIMIZACION HIDRAULICA DE LA RED DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE NAGAROTE	
	



DETALLE DE CONEXIONES 1

LAMINA:

1

DE:

3

ESCALA:

SIN ESCALA

FECHA:

22/01/18

TUTOR:

MSC. ING. ERVIN CABRERA

CONTENIDO:

DETALLE DE CONEXIONES

ELABORADO
PDR:

BR. WILMER RIVERA

BR. HANSEL RODRIGUEZ

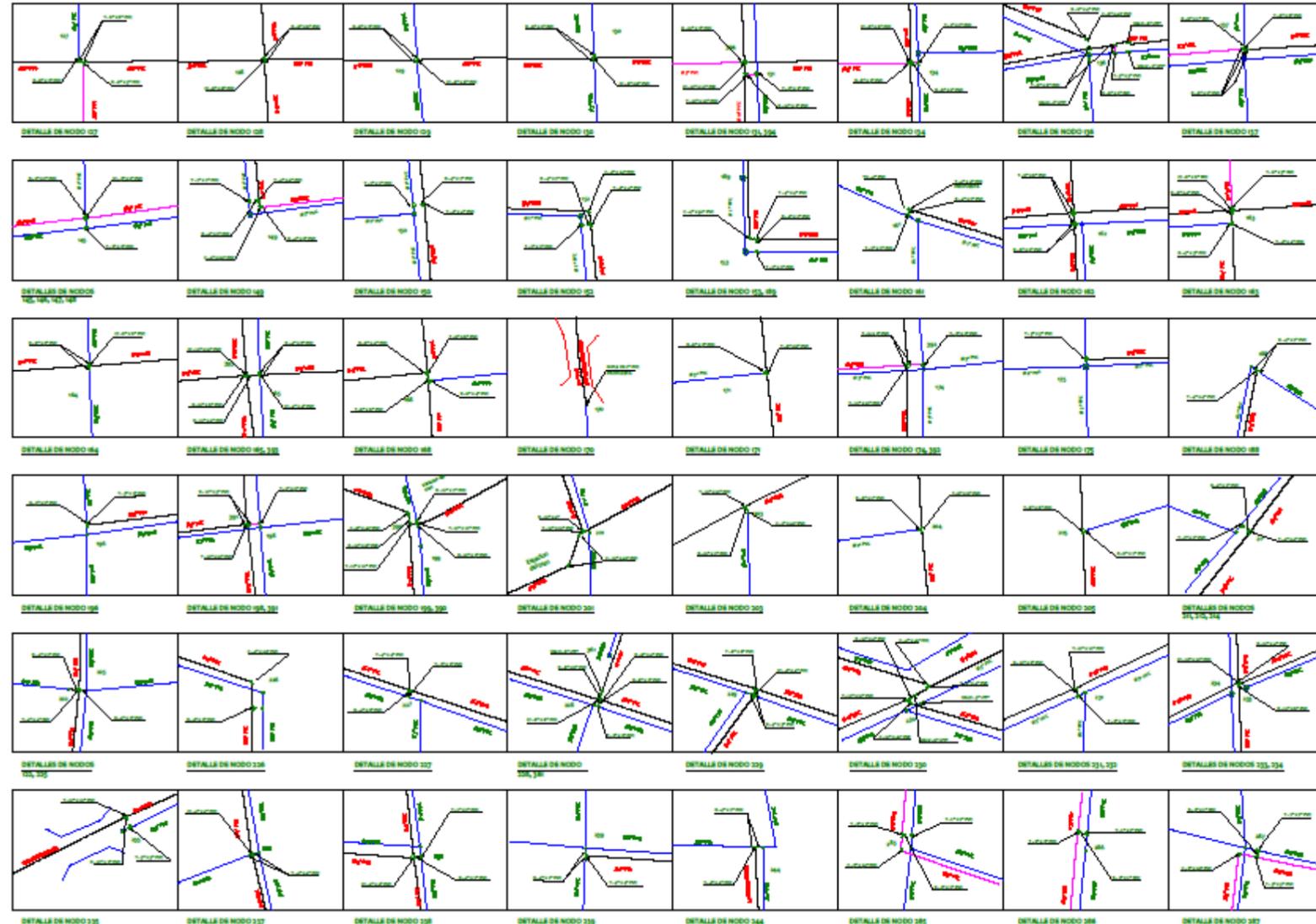
REVISADO
PDR:

MSC. ING. ERVIN CABRERA

PROYECTO:

OPTIMIZACION HIDRAULICA DE
LA RED DE DISTRIBUCION DE AGUA
POTABLE DEL CASCO URBANO DEL
MUNICIPIO DE NAGAROTE





DETALLE DE CONEXIONES 2

LAMINA: DE:

2

3

ESCALA: FECHA:

SIN ESCALA 22/01/18

TUTOR:

MSC. ING. ERVIN CABRERA

CONTENIDO:

DETALLE DE CONEXIONES

ELABORADO
POR:

BR. WILMER RIVERA

BR. HANSEL RODRIGUEZ

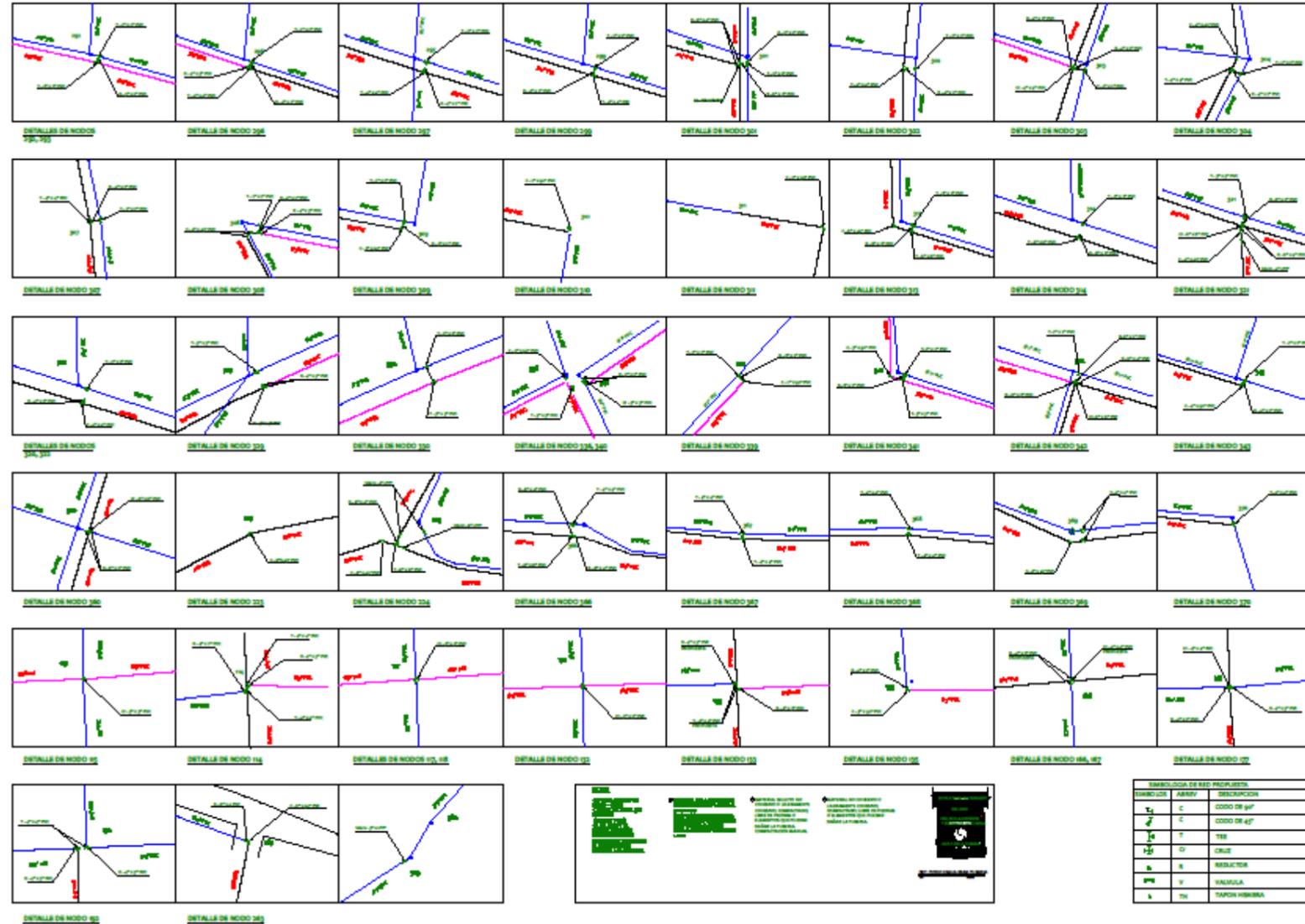
REVISADO
POR:

MSC. ING. ERVIN CABRERA

PROYECTO:

OPTIMIZACION HIDRAULICA DE
LA RED DE DISTRIBUCION DE AGUA
POTABLE DEL CASCO URBANO DEL
MUNICIPIO DE NAGAROTE





DETALLE DE CONEXIONES 3

LAMINA: 3
DE: 3

ESCALA: SIN ESCALA
FECHA: 22/01/18

TUTOR:
MSC. ING. ERVIN CABRERA

CONTENIDO:
DETALLE DE CONEXIONES

ELABORADO POR:
BR. WILNER RIVERA
BR. HANSEL RODRIGUEZ

REVISADO POR:
MSC. ING. ERVIN CABRERA

PROYECTO:
OPTIMIZACION HIDRAULICA DE LA RED DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE NAGAROTE



SIMBOLOGIA DE LOS PROYECTOS		
SIMBOLO	ABRVI.	DESCRIPCION
	100	CONO DE 100
	150	CONO DE 150
	200	CONO DE 200
	250	CONO DE 250
	300	CONO DE 300
	350	CONO DE 350
	400	CONO DE 400
	450	CONO DE 450
	500	CONO DE 500
	600	CONO DE 600
	700	CONO DE 700
	800	CONO DE 800
	900	CONO DE 900
	1000	CONO DE 1000
	V	VALVULA
	T	TANQUE