

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA, MANAGUA
UNAN-MANAGUA
RECINTO UNIVERSITARIO RUBEN DARIO
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIAS
DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCION
CARRERA INGENIERIA CIVIL



MONOGRAFÍA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

Título:

“Propuesta de rediseño hidráulico a nivel de prefactibilidad del sistema de abastecimiento de agua potable en el municipio de El Rosario departamento de Carazo.”

Autores:

Br. Abner Uziel Martínez González.

Br. Eduardo Alexander Duarte Sánchez.

Br. Erick Lennin García.

Tutor: MSc. Ervin Cabrera Barahona.

Asesor metodológico: MSc. Vicente Pérez Torres.

Managua, Noviembre 2016.

CONTENIDO

DEDICATORIA	viii
AGRADECIMIENTOS	xi
RESUMEN	xii
I. INTRODUCCION	14
1.1. ANTECEDENTES	15
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.3. JUSTIFICACION	17
II. OBJETIVOS	18
2.1. Objetivo general	18
2.2. Objetivos específicos	18
III. MARCO TEORICO	19
3.1. Diseño para sistemas de agua potable	19
3.1.1. Criterios para el diseño de sistemas de agua potable	19
3.1.1.1. Estimación de la población.....	19
3.1.1.2. Métodos de proyección de la población.	19
3.1.1.3. Proyección de la población	19
3.1.2. Determinación del caudal (Q) de diseño.....	20
3.1.3. Fuente	21
3.1.4. Tanque de almacenamiento	22
3.1.4.1. Calculo de las dimensiones del tanque	24
3.1.5. Línea de conducción.....	24
3.1.5.1. Cálculo de golpe de ariete para cierre instantáneo	26
3.1.6. Selección de diámetro	28
3.1.7. Velocidades, Presiones y Pérdidas	29
3.1.7.1. Velocidades de diseño	29
3.1.7.2. Las presiones residuales	31
3.1.7.3. Perdidas en el sistema	32
3.1.8. Carga total dinámica (CTD)	33
3.1.9. Cálculo de potencia de bomba y motor	34

3.1.10. Red de distribución.....	34
3.2. Costos	36
3.2.1. Aspectos importantes para la elaboración de un presupuesto	36
3.2.1.1. Costo directo	36
3.2.1.2. Costos indirectos.....	36
3.2.1.3. Impuestos.....	37
IV. PREGUNTAS DIRECTRICES.....	38
V. MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	39
VI. DISEÑO METODOLÓGICO	40
6.1. Área de estudio	40
6.2. Tipo de investigación.....	40
6.3. Enfoque de la investigación	40
6.4. Población beneficiaria	40
6.5. Fuentes de información.....	41
6.6. Muestra	41
6.7. Tipo de muestra	41
6.8. Muestreo	41
6.9. Método	42
6.10. Técnicas de recopilación de datos.....	42
VII. ANALISIS DE LOS RESULTADOS.....	44
7.1. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	44
7.1.1. Caracterización general del área en estudio	44
7.1.1.1. Localización	44
7.1.1.2. Límites.....	45
7.1.1.3. Clima.....	45
7.1.1.4. Hidrología.....	45
7.1.1.5. Geomorfología	45
7.1.1.6. Suelos	46
7.1.1.7. Amenazas naturales	46
7.1.1.8. Equipamiento Social	46

7.1.2. Diagnóstico socio-económico del área en estudio	48
7.1.2.1. Población	48
7.1.2.2. Vivienda	49
7.1.2.3. Consumo de agua	50
7.1.2.4. Capacidad de pago	50
7.1.2.5. Ingresos municipales	50
7.1.2.6. Disponibilidad para ejecutar un proyecto de agua potable.....	51
7.1.2.7. Servicios básicos	51
7.1.3. Diagnóstico técnico del sistema de abastecimiento de agua potable actual del área en estudio.	54
7.1.3.1. Fuentes de abastecimiento.....	54
7.1.3.2. Equipos de bombeo	63
7.1.3.3. Línea de conducción	65
7.1.3.4. Tanque de almacenamiento	68
7.1.3.5. Red de distribución	70
7.2. REDISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE	76
7.2.1. Proyección de la población	76
7.2.2. Determinación del caudal (Q) de diseño.....	77
7.2.2.1. Aplicación de los parámetros de diseño.....	79
7.2.3. Dimensionamiento del tanque de almacenamiento	81
7.2.4. Línea de conducción.....	83
7.2.4.1. Pérdidas en la fuente existente zona rural al tanque de almacenamiento propuesto.	86
7.2.5. Elección diámetro económico	90
7.2.6. Sistema de desinfección propuesto en la fuente rural	92
7.2.7. Diseño de la red de distribución.....	93
7.2.8. Análisis de la red de distribución	93
7.3. PLANOS CONSTRUCTIVOS	97
7.4. COSTO DEL REDISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE	114
7.4.1. Parámetros considerados para la elaboración del presupuesto	114
7.4.2. Beneficios del proyecto.....	119

7.4.3. Relación costos-beneficios	119
VIII. CONCLUSIONES	120
IX. RECOMENDACIONES	121
X. BIBLIOGRAFIA	122
XI. ANEXOS	123
11.1. Abreviaturas.....	123
11.2. Diagrama árbol de objetivos	124
11.3. Encuesta realizada en el diagnóstico socio-económico.....	125
11.4. Sistema de abastecimiento de agua potable casco urbano.....	130
11.5. Pruebas de bombeo escalonada fuente del casco urbano	131
11.6. Resultados del análisis hidráulico en la red de distribución existente.	138
11.7. Resultados del análisis hidráulico en la red de distribución rediseñada	150

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Caudales contra incendio	20
Tabla 2: Dotaciones de agua	21
Tabla 3: Velocidades máximas en dependencia del material	30
Tabla 4: Coeficientes de Hazzen Williams para tuberías	31
Tabla 5: Matriz de operacionalización de variables	39
Tabla 6: Población del municipio El Rosario	48
Tabla 7: Características hídricas de las fuentes existente	55
Tabla 8: Calidad del agua, análisis físico, fuente urbana	57
Tabla 9: Calidad del agua, análisis químico, fuente urbana	57
Tabla 10: Calidad del agua, análisis de cromatografía de gases, fuente urbana	58
Tabla 11: Calidad del agua, análisis físico, fuente rural	61
Tabla 12: Calidad del agua, análisis químico, fuente rural	61
Tabla 13: Longitud total por diámetros en red de distribución	70
Tabla 14: Agua no facturada para el año 2015	72
Tabla 15: Continuidad del sistema por comunidad	76
Tabla 16: Dotación promedio ponderada (Ippd)	78
Tabla 17: Tabla de consumo	80
Tabla 18: Consumos oferta-demanda	81
Tabla 19: Pérdidas por accesorios	86
Tabla 20: Especificaciones de la sarta fuente rural	87
Tabla 21: Pérdidas por accesorios en la sarta	87
Tabla 22: Especificaciones línea de conducción	88
Tabla 23: Pérdidas por accesorios en tubería de conducción	88
Tabla 24: Pérdidas de fuente rural al tanque propuesto	89
Tabla 25: Datos de la potencia bombo-motor	90
Tabla 26: Elección de diámetro económico	90
Tabla 27: Costos para diez años según la potencia	91
Tabla 28: Tipo de cloración	92
Tabla 29: Costo y presupuesto "Propuesta de rediseño hidráulico a nivel de prefactibilidad del sistema de abastecimiento de agua potable en el municipio de El Rosario, departamento de Carazo"	116

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Línea de conducción por gravedad	25
Ilustración 2: Línea de conducción por bombeo	25
Ilustración 3: Relación gasto-pérdida	29
Ilustración 4: Ubicación municipio El Rosario	44
Ilustración 5: Distribución de habitantes	48
Ilustración 6: Sistemas constructivos	49
Ilustración 7: Tarifa de agua potable dispuesta a pagar la población	50
Ilustración 8: Tipos de servicios sanitarios	52
Ilustración 9: Estado de servicios sanitarios	53
Ilustración 10: Tratamiento de desechos sólidos	54
Ilustración 11: Fuente ubicada en área urbana	56
Ilustración 12: Prueba de bombeo software aquifer test	59
Ilustración 13: Fuente ubicada en casco rural	60
Ilustración 14: Sistema de desinfección utilizado	62
Ilustración 15: Especificación de motor quemado y motor nuevo	63
Ilustración 16: Caseta eléctrica para control de equipo de bombeo	64
Ilustración 17: Línea de conducción, fuente área rural	66
Ilustración 18: Sarta de fuente urbana	66
Ilustración 19: Fuente, manómetro, llave de paso y grifo ubicada en área urbana ...	67
Ilustración 20: Tubería de salida al tanque	67
Ilustración 21: Tanque de almacenamiento	68
Ilustración 22: Tubería de rebose y techo del tanque de almacenamiento	68
Ilustración 23: Boya y escalera del tanque de almacenamiento	69
Ilustración 24: Detalle técnico de tanque de almacenamiento	69
Ilustración 25: Tubería saliente de tanque a red de distribución	70
Ilustración 26: Puesto público en reparto Divino Niño, sin flujo	71
Ilustración 27: Sistema de agua potable existente	73
Ilustración 28: Presiones actuales en tubería de agua potable	74
Ilustración 29: Pérdidas actuales en tubería de agua potable	75
Ilustración 30: Proyección de la población	77
Ilustración 31: Consumo máximo diario	81
Ilustración 32: Costos de operación anuales por potencia	92
Ilustración 33: Presiones nodales CMH	94
Ilustración 34: Pérdidas en tubería CMH	95
Ilustración 35: Presiones nodales Sin Consumo en la Red	96

DEDICATORIA

Dedico este trabajo con todo amor principalmente a Dios por haberme dado la existencia y permitido culminar mi carrera universitaria.

A mi madre Melania González, por ser una mujer fuerte y perseverante, que siempre ha luchado en la vida por sacarme adelante, se sacrificó para darme lo mejor y su amor de madre fue lo que me motivó para lograr realizarme como profesional y seguir en la lucha para ejercer mi carrera y continuar alcanzando metas para un futuro lleno de éxitos.

Y a mi padre Ángel Martínez, por su apoyo incondicional durante estos años en la universidad, además por darme consejos para ser un hombre responsable, honesto y dedicado y enseñarme a luchar siempre para alcanzar mis metas.

A mi abuelita Eugenia Urbina, mi segunda madre, que también fue pilar fundamental en mi formación y educación integral.

Abner Martínez

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios por haberme dado la fuerza y la sabiduría en los momentos más difíciles de mi vida, por haberme mostrado que todo se puede lograr con fe, dedicación y perseverancia.

A la persona más importante de mi vida, mi madre Juana Sánchez, me comprendió en los momentos más complicado, se sacrificó para darme lo mejor siempre y me dio todo su amor de madre lo que me motivo a seguir luchando por alcanzar mis metas.

Le estoy agradecido de la misma manera a mi familia por haberme apoyado cuando lo necesite fueron un pilar muy importante en mi formación profesional y en vencer los obstáculos que se me presentaron a lo largo de esta etapa.

Eduardo Duarte

DEDICATORIA

Dedico este trabajo primeramente a Dios todo poderoso, que me ha dado la vida y por ayudarme a cumplir mis metas, cuidar mi familia y darme la sabiduría suficiente para poder cumplir este nuevo paso en mi vida.

Así mismo con mucho amor a mi madre Rosa García y padre Allan Fernández, los cuáles han sido los responsables de forjar mi educación y que pueda concluir mis estudios.

Agradezco de igual forma a Isabel Lorente, quien se ha convertido en una segunda madre para mí, apoyándome incondicionalmente, de igual forma a mi novia Alison Masis por su amor y ayudarme en los momentos más difíciles.

Erick García



AGRADECIMIENTOS

Agradecemos principalmente a Dios por permitirnos culminar nuestra carrera universitaria, por darnos la oportunidad de conocernos y poder trabajar juntos por tanto tiempo como buenos amigos, Abner, Eduardo y Erick.

A nuestros padres por su apoyo incondicional durante estos años en la universidad y por brindarnos la educación superior que hoy estamos culminando con éxito.

Gracias especialmente a nuestro amigo y Tutor MSc. Ervin Cabrera Barahona por guiarnos por el camino correcto para la culminación de nuestra carrera.

De igual manera al Ing. Julio Solís por todo su apoyo durante la realización de este estudio además por su atención y caridad durante nuestras visitas.

A nuestro asesor metodológico MSc. Vicente Pérez Torres por tanta paciencia en todo momento y por su apoyo brindado durante este año.

Gracias especialmente a nuestros profesores por la enseñanza y conocimiento compartido durante estos cinco años, y todas aquellas personas que indirectamente tuvieron participación en la realización de este gran logro.

RESUMEN

Nombre del proyecto:

Propuesta de rediseño hidráulico a nivel de prefactibilidad del sistema de abastecimiento de agua potable en el municipio de El Rosario departamento de Carazo.

Población beneficiada: 7,330 habitantes (2016)

Población proyectada: 12,272 habitantes (2036)

Configuración sistema proyectado: Fuente-Tanque-Red

Fuente de abastecimiento: Agua subterránea

Características de las fuentes:

- Número de fuentes: Dos (2), existentes; ambos suman 423 Gpm
- Profundidad: 1049.70 (fuente urbana) y 1000 (fuente rural) pies (319.95 y 304.8 m respectivamente)
- Método de perforación: Rotativo
- Φ de perforación: 24 pulg (0.6096 m) y 17.5 pulg (0.4445 m)
- Pruebas de bombeo: 16 y 18 horas
- Caudal de diseño: 174 Gpm (10.9765 lps) y 249 Gpm (15.71 lps)
- NEA: 666.24 ft (fuente urbana) y 670 ft (Fuente rural) (203.07 y 204.216 metros respectivamente)
- Nivel dinámico o bombeo: 796.92 (fuente urbana) y 729.99 (fuente rural) pies (242.9 y 222.50 metros respectivamente)
- Análisis de agua: calidad física-química y bacteriológica

Programa de construcción de fuentes:

A inicio del año 1996: fuente urbana

A inicio del año 2011: fuente rural

Estaciones de bombeo:

Equipos de bombeo: Bomba-motor sumergible

Capacidad: 174 Gpm (10.9765 lps) y 249 Gpm (15.71 lps)

Carga total dinámica: Fuente rural (890.924 ft)

Potencia del motor: 60 hp 460 V. 60Hc (fuente urbana)

y 75 hp 460V. 94 Amp (fuente rural)

Sarta de bombeo: 4 pulg y 6 pulg respectivamente

Línea de conducción: Tubería PVC-SDR26 \varnothing 6" 2225.91 m

Tanque de almacenamiento: Acero sobre suelo.

Capacidad 126,200 galones

H= 8.54 m, \varnothing = 8 m

Red de distribución: Tubería PVC-SDR26 \varnothing 1 1/2" 2,811.19 m

Tubería PVC-SDR26 \varnothing 2" 5,450.8 m

Tubería PVC-SDR26 \varnothing 3" 7,809 m

Tubería PVC-SDR26 \varnothing 4" 3,960.92 m

Tubería PVC-SDR26 \varnothing 6" 3,888.8 m

Tubería PVC-SDR26 \varnothing 8" 2,840.6 m

Costo y Presupuesto: Propuesta del rediseño hidráulico del SAAP y la Rehabilitación de la infraestructura existente con un monto total de \$ 1,382,806.9 dólares.

I. INTRODUCCION

La presente monografía es una investigación que tiene por objetivo proponer un rediseño hidráulico a nivel a prefactibilidad en el sistema de abastecimiento de agua potable, para mejorar las condiciones y calidad de vida a la población del municipio de El Rosario. Los datos y recopilación de información se obtuvieron de:

Normas técnicas para el diseño de abastecimiento y potabilización de agua potable (NTON 09 003-99), donde se obtuvieron los parámetros de diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable e Instituciones gubernamentales como: Alcaldía de El Rosario, Ministerio de Salud (MINSA), Ministerio de Educación (MINED), y la Empresa Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL).

El municipio de El Rosario presenta condiciones que propician al desarrollo económico del departamento de Carazo, tal como es la siembra de granos básicos (maíz, trigo, frijoles etc.) La actividad artesanal ocupa un segundo puesto en orden de importancia en la economía, en cuanto al servicio de agua potable el 90% de la población tiene conexión es decir la mayor parte de la población tiene agua potable.

Este trabajo presenta los siguientes capítulos:

Primeramente, se presenta el planteamiento de la investigación, el problema, la justificación, los objetivos, además el marco teórico y aspectos metodológicos.

En el capítulo I se aborda el diagnóstico de la situación actual del sistema de agua potable.

En el capítulo II se ofrece el rediseño hidráulico del sistema de agua potable.

El capítulo III los planos constructivos.

En el capítulo IV el costo del rediseño.

Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones de la monografía.

1.1. ANTECEDENTES

Desde tiempos pasados el agua ha constituido un factor fundamental para el desarrollo político, social y económico de un país, por lo tanto el agua es un elemento fundamental para la vida del ser humano.

En el municipio de El Rosario departamento de Carazo para el año 1996 se construyó una fuente subterránea en el casco urbano llamado pozo número cinco y un tanque de almacenamiento metálico sobre suelo bajo el mandato de Violeta Barrios de Chamorro donado por el gobierno de Japón, según (ENACAL, 2016).

En el año 2011 bajo el gobierno de Daniel Ortega ENACAL construyó una nueva fuente subterránea llamado pozo número seis de la misma naturaleza y características la cual se encuentra ubicada en la zona rural conocida como El Panamá, esta fuente benefició aproximadamente 5,000 habitantes de la comunidad y comarcas aledañas, según (ENACAL, 2016).

Actualmente el municipio se abastece de dos fuentes subterráneas, se les realiza mantenimiento a las fuentes, así como a la línea y red de distribución, sin embargo, no se tiene previsto la construcción o mejoramiento de una nueva fuente.

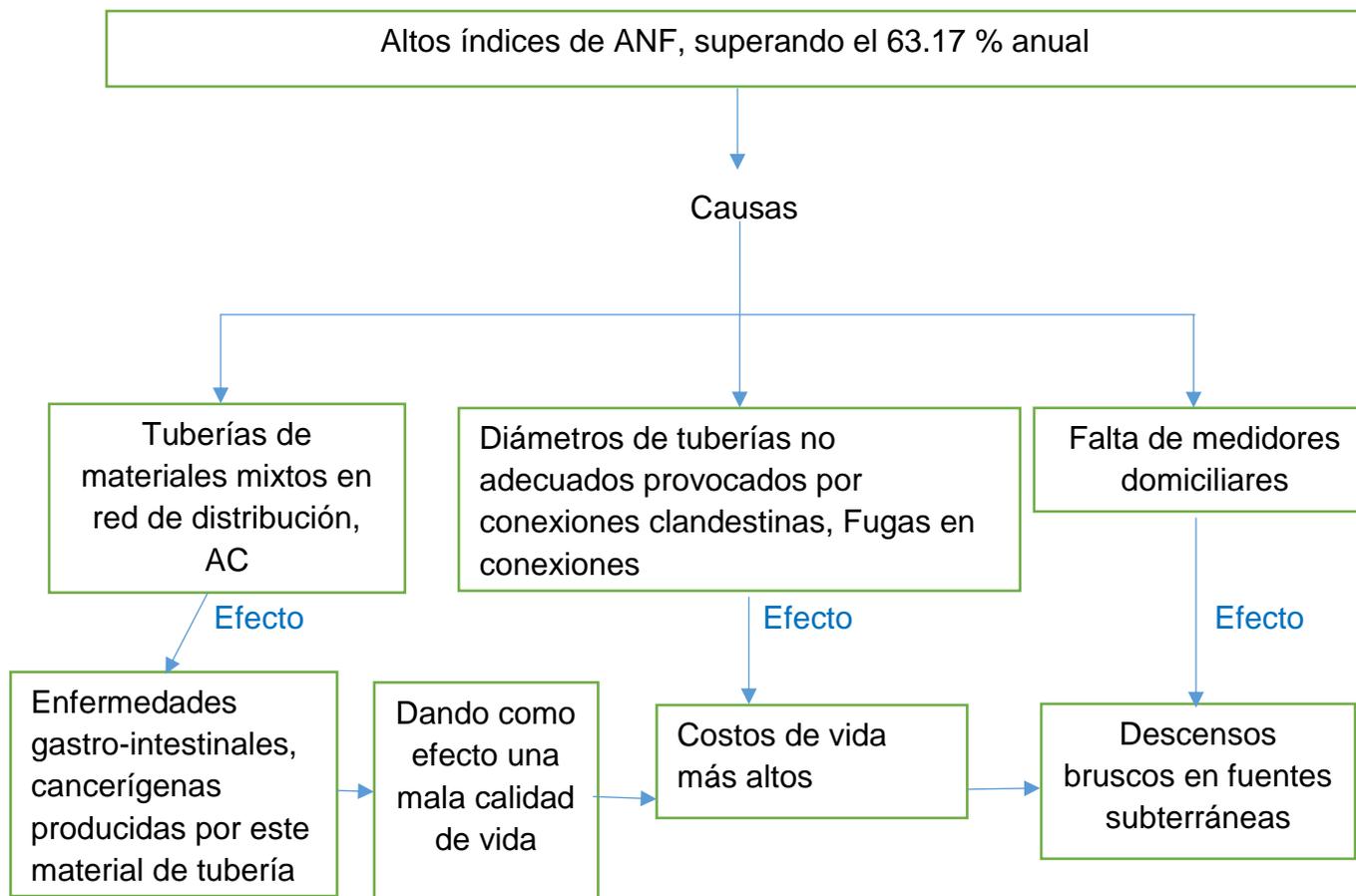
Se consultó monografías relacionadas con el tema en estudio tomándose como base para la realización de la propuesta de diseño hidráulico de agua potable que se realizó.

(Aguilar, 2010). Realizó la tesis monográfica titulada “Mejoramiento y ampliación del sistema de abastecimiento de agua potable en la comarca Momotombo en el municipio de La Paz Centro-León”.

(Barahona, 2013). Desarrolló el trabajo monográfico titulado “Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable en el municipio de Miramar, departamento de León”.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Árbol de problema, Relación Costo-Efecto



1.3. JUSTIFICACION

Este estudio se entiende y justifica en la necesidad de evaluar el estado en que se encuentra el sistema actual de agua potable, mediante la propuesta de rediseño hidráulico a nivel de prefactibilidad del sistema de abastecimiento de agua potable se podrá realizar los correctivos que sean necesarios para dar una solución a la problemática.

Es importante resaltar la conveniencia de hacer este estudio por la disminución del elevado índice de ANF, además es vital realizar un mejoramiento que preste un servicio de buena calidad a los habitantes, acción que beneficia al municipio en conjunto al mejorar la administración de servicios públicos de agua potable, esta tesis tiene un gran alcance social pues se trata de una problemática de vital importancia.

La puesta en práctica de la propuesta de rediseño hidráulico del sistema de agua potable que se hace en este estudio será importante para resolver el problema práctico es decir el servicio de agua potable: Lo que genera un sinnúmero de beneficios y contribución al municipio, entre los datos obtenidos durante la investigación se conoció ciertos problemas para el municipio entre ellos la salud en el área rural que genera el consumo de agua potable de mala calidad.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Proponer un rediseño hidráulico a nivel de prefactibilidad del sistema de abastecimiento de agua potable en el municipio de El Rosario departamento de Carazo.

2.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar la situación actual del sistema de abastecimiento de agua potable en el municipio de El Rosario.
- Rediseñar hidráulicamente el sistema de abastecimiento de agua potable en el municipio de El Rosario.
- Elaborar planos constructivos del sistema de abastecimiento de agua potable propuesto.
- Estimar los costos del rediseño del sistema de abastecimiento de agua potable.

III. MARCO TEORICO

3.1. Diseño para sistemas de agua potable

El sistema de abastecimiento de agua potable permite que llegue el agua desde el lugar de captación al punto de consumo en condiciones correctas, tanto en calidad como en cantidad. Este sistema se puede clasificar por la fuente del agua en: Agua de mar, agua superficial; esta procede de lagos o ríos, agua de lluvia almacenada, agua subterránea y las aguas procedentes de manantiales naturales.

Es importante tener en cuenta que esta agua antes de ser enviadas a las viviendas se transformará en agua potable, dependiendo el origen de estas, se le hará un proceso de saneamiento y desinfección, (Wikipedia, 2016).

3.1.1. Criterios para el diseño de sistemas de agua potable

3.1.1.1. Estimación de la población

Este es uno de los puntos más importantes para un diseño de sistema de abastecimiento de agua potable (SAAP), puesto que de la cantidad de la población estimada dependerán los cálculos para el mismo diseño.

3.1.1.2. Métodos de proyección de la población.

Entre los métodos de proyección están: El método aritmético, tasa de crecimiento geométrico, método por porcentaje de saturación, entre otros.

3.1.1.3. Proyección de la población

La población se proyectó mediante el método geométrico, puesto que es uno de los más factibles y mayormente usados a ciudades que no han alcanzado un desarrollo completo y continúan creciendo a una tasa fija como es el caso del municipio de El Rosario.

Según las normativas establecidas por la empresa nicaragüense de acueductos y alcantarillados (ENACAL), la tasa de crecimiento no deberá ser menor del 2.5%, ni mayor del 4%, por lo que la tasa de crecimiento del municipio debe estar en el rango para poder proyectar la población.

Ecuación:

$$P_{proy} = P_{base}(1 + K_g)^{(t_{proy}-t_{base})} \quad \text{Ec. (1)}$$

Donde:

P_{proy} = población a proyectar. K_g = tasa de crecimiento geométrica

P_{base} = población base. t_{proy} = año a proyectar.

t_{base} = año actual.

3.1.2. Determinación del caudal (Q) de diseño

La determinación del caudal (Q) de diseño está en dependencia de las normas técnicas para el abastecimiento y potabilización del agua (NTON 09 003-99) y establece que para una población mayor de 5000 habitantes se debe tomar en cuenta un volumen de agua para incendios, también establece la dotación de agua que varía según el rango de la población a proyectar.

Tabla 1: Caudales contra incendio

Caudales contra incendio				
Intervalos de población		Caudales		Caudales por toma
0	5000	No se considera		
5000	10000	80 gpm	200 gpm	1 toma de 150 gpm
10000	15000	200 gpm	550 gpm	1 toma de 250 gpm
15000	20000	350 gpm	550 gpm	2 tomas de 250 gpm c/u
20000	30000	550 gpm	1000 gpm	3 tomas de 250 gpm c/u
30000	50000	1000 gpm	1500 gpm	2 tomas de 500 gpm c/u
50000	100000 (y mas)	1500 gpm (y mas)		3 tomas de 500 gpm c/u

Fuente: Normativas técnicas para el abastecimiento y potabilización del agua (INAA), 1999.

Tabla 2: Dotaciones de agua

Dotaciones de agua		
Rango de población	Dotación (g/hab/día)	Dotación (l/hab/día)
0-5000	20	75
5000-10000	25	95
10000-15000	30	113
15000-20000	35	132
20000-30000	40	151
30000-50000	45	170
50000-100000 (y mas)	50	189

Fuente: Normativas técnicas para el abastecimiento y potabilización del agua (INAA), 1999.

La dotación de agua por habitante será de 25 g/hab/día, lo cual equivale a 95 l/hab/día, este parámetro planteado por la normativa. Existe otros parámetros establecidos para determinar el caudal de diseño, tales como:

- Consumo comercial (CC) = 7% CD
- Consumo público (CP) = 7% CD
- Consumo industrial (CI) = 2% CD
- Consumo promedio diario total (CPD) = CD+CP
- Perdidas por fugas (PF) = 20% CPD
- Consumo domiciliar total (CDT) = CD +CP+CI+PF
- Consumo máximo diario (CMD) = 150% CDT
- Consumo máximo hora (CMH) = 250% CDT
- El parámetro que se refiere al caudal de diseño está definido por el consumo máximo diario (CMD).

3.1.3. Fuente

Es el espacio natural desde el cual se derivan los caudales demandados por la población a ser abastecida. Deben ser básicamente permanentes y suficientes, teniendo como mayor o igual a 1.5 del consumo máximo día del año proyectado en el período de diseño.

➤ Tipos de fuentes:

Recordando el ciclo hidrológico del agua, de acuerdo a la forma en que se encuentra en la naturaleza, las distintas fuentes de provisión de agua, son las siguientes:

- a) Aguas atmosféricas: Aguas de lluvia.
- b) Aguas Superficiales: Corrientes: Ríos, arroyos y quebradas. Estancadas: Lagos, lagunas, quebradas, etc.
- c) Aguas sub-superficiales: Manantiales, afloramientos.
- d) Aguas subterráneas: Acuíferos.

El estudio tiene dos fuentes subterráneas, de las cuales podemos decir que las aguas subterráneas son aquellas que se han filtrado desde la superficie de la tierra hacia abajo por los poros del suelo a través de la gravedad, hasta que alcanza un estrato impermeable. Podemos distinguir dos tipos de fuentes subterráneas distintas según la posición del agua en el suelo, una superior no saturada, llamada zona de aireación o vadosa y otra inferior, saturada de agua.

La superficie que separa la zona de aireación de la zona saturada se denomina nivel freático, mismo que fluctuará verticalmente a lo largo del tiempo.

3.1.4. Tanque de almacenamiento

Es fundamental en todo sistema de abastecimiento de agua ya que ellos deberán suplir las máximas demandas que se presenten durante la vida útil del sistema, además de eso deberá tener capacidad en caso de que el suministro de energía se encuentre dañado, como en los casos de daños que sufran las líneas de conducción o de cualquier otro elemento. En los sistemas en donde existan hidrantes para combatir incendios, también será necesario almacenar los volúmenes de agua para enfrentar estas circunstancias.

En el diseño de tanque de almacenamiento el volumen compensador dependerá de la población:

- Para poblaciones menores de 20,000 habitantes, el 25% del consumo promedio diario.
- Para poblaciones mayores de 20,000 habitantes, será necesario determinar este volumen en base al estudio y análisis de las curvas acumuladas (masas) de consumo y de producción, del sistema de agua de la localidad existente o de una similar.

Para este estudio la población es menor de 20,000 habitantes así que tomaremos el primer criterio, para estos cálculos se usó como base el consumo promedio diario total (CPDT), ya que es el día de máxima demanda.

- Capacidad almacenamiento

La capacidad está en función de la población, el 40% del consumo promedio diario total más el volumen de incendio.

$$CPDT_{(m^3)} = ((CPDT_{l/s}) * (86400 \text{ s/d}))/1000 \quad \text{Ec. (2)}$$

- Volumen del compensador (V_{com})

Según la normativa establece que para poblaciones menores a 20,000 habitantes el volumen del compensador será el 25% del consumo promedio diario total.

$$V_{comp} = (CPDT)(0.25) \quad \text{Ec. (3)}$$

- Volumen de emergencia

El volumen de emergencia será el 15 % del consumo promedio diario total

$$V_{emer} = (CPDT)(0.15) \quad \text{Ec. (4)}$$

- Volumen de incendio

Considerando que la población es mixta, el almacenamiento en la zona rural es el 35 % del CPDT y en el sector urbano 40% del CPDT se ha considerado una toma de 150 gpm considerando las condiciones económicas.

- Volumen de almacenamiento final

$$V_{alm\ final} = V_{alm} + V_{inc} - V_{tanque\ existente} \quad \text{Ec. (5)}$$

3.1.4.1. Cálculo de las dimensiones del tanque

- Diámetro del tanque

El diámetro está dado por la siguiente ecuación matemática:

$$\theta = \sqrt[3]{\frac{4V}{\pi}} \quad \text{Ec. (6)}$$

Donde:

θ = diámetro de el tanque (m)

V = volumen de almacenamiento final (m^3)

- Altura del tanque

$$h = (\text{número de láminas})(\text{dimensión de lámina}) \quad \text{Ec. (7)}$$

$$\text{número de láminas} = \theta / \text{dimensión de lámina}$$

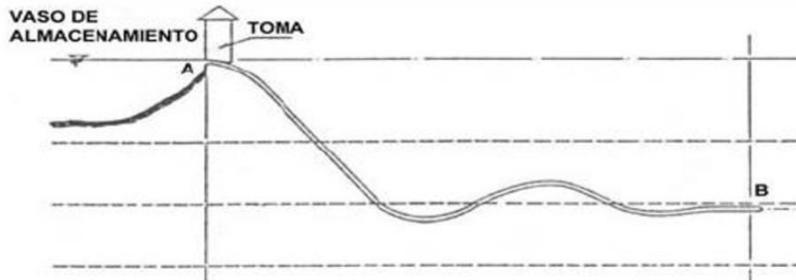
3.1.5. Línea de conducción

Está constituida por la tubería que conduce el agua desde la fuente de captación, hasta el tanque de almacenamiento o red de distribución, así como las estructuras, accesorios, dispositivos y válvulas integradas a ellas, (NTON 09 003-99, 1999).

En la línea de conducción pueden ser de dos tipos:

- Conducción por gravedad
- Conducción por bombeo

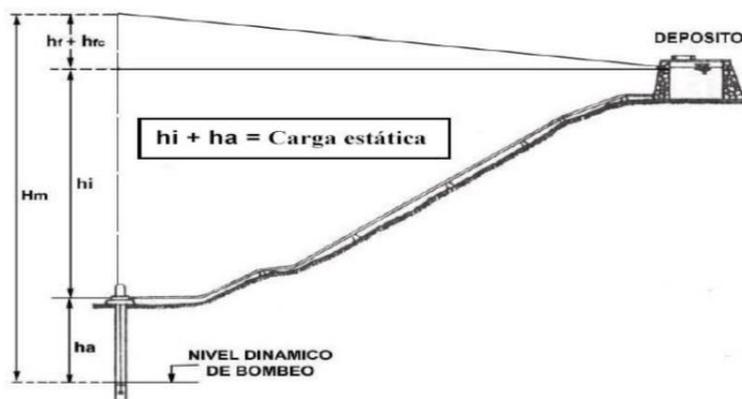
a) Línea de conducción por gravedad



Fuente: Normativas técnicas para el abastecimiento y potabilización del agua (INAA), 1999.
Ilustración 1: Línea de conducción por gravedad

b) Línea de conducción por bombeo

A diferencia de una línea de conducción por gravedad donde la carga disponible es un criterio lógico de diseño que permite la máxima economía, al elegir diámetros cuyas pérdidas de cargas sean máximas, en el caso de líneas por bombes la diferencia de elevación es carga a vencer, que va a verse incrementada en función de la selección de diámetro menores y consecuentemente ocasionará mayores costos de equipos y de energía, por tanto, cuando se tiene que bombear agua mediante una línea directa al tanque de almacenamiento, existirá una relación inversa de costo entre potencia requerida y diámetro de la tubería.



Fuente: Normativas técnicas para el abastecimiento y potabilización del agua (INAA), 1999.
Ilustración 2: Línea de conducción por bombeo

En la conducción por bombeo se plantean dos tipos de casos, el primero en el que se usa un equipo de bombeo con mucha potencia y diámetros de tubería pequeños, pero los costos de operación se disparan y bajan los costos de tubería, y el segundo que tenga equipo de bombeo de poca potencia, pero con diámetros mayores, sin embargo, aquí los costos de operación son bajos y la tubería costaría mucho, éste análisis de costo gira entorno a dos factores como la energía y la tubería.

3.1.5.1. Cálculo de golpe de ariete para cierre instantáneo

Antes de calcular golpe de ariete, se deben tomar en cuenta los siguientes parámetros y se muestran sus ecuaciones:

➤ Cálculo de altura geométrica

$$H_g = [(NTN_{tanque} + H_{tanque}) - (NTN_{pozo})] \quad \text{Ec. (8)}$$

Donde:

H_g = Altura geométrica (m)

H_{tanque} = Altura del tanque (m)

NTN_{tanque} = Nivel del terreno natural del tanque (msnm)

NTN_{pozo} = Nivel de terreno natural del pozo (msnm)

➤ Cálculo de altura manométrica

$$H_m = H_g + \sum h_{p_{Línea\ cond}} \quad \text{Ec. (9)}$$

Donde:

H_m = Altura manométrica (m)

H_g = Altura geométrica (m)

$\sum h_{p_{Línea\ cond}}$ = Sumatoria de pérdidas en línea de conducción (m)

➤ Cálculo de pendiente

$$P = \frac{H_m}{L} \quad \text{Ec. (10)}$$

Donde:

P= Pendiente

L= Longitud de tubería (m)

Hm= Altura manométrica (m)

➤ Cálculo de tiempo de parada

$$T = a \frac{(K)(L)(V)}{(G)(H_m)} \quad \text{Ec. (11)}$$

Donde:

T= Tiempo de parada (seg)

L= Longitud de tubería (m)

Hm= Altura manométrica

a= Celeridad (m/s)

K= Coeficiente K

V= Velocidad del flujo (m/s)

G= Gravedad (m/s²)

➤ Calculo de celeridad

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + k \frac{D_{\text{interno}}}{\text{espesor}}}} \quad \text{Ec. (12)}$$

Donde:

a= Celeridad (m/s)

D_{int}= Diámetro interno de tubería (mm)

K= Coeficiente módulo de elasticidad

Espesor= Espesor de la tubería (mm)

- Cálculo de longitud crítica

Ec. (13)

$$L_c = \frac{a * T}{2}$$

Dónde:

L_c= Longitud crítica (m)

T= Tiempo de parada (seg)

a= Celeridad (m/s)

- Cálculo de sobrepresión ecuación de Allievi

$$\Delta H = \frac{a * V}{G}$$

Ec. (14)

Donde:

ΔH= Sobrepresión en tubería (m)

V= Velocidad en tubería (m/s)

a= Celeridad (m/s)

G= Gravedad (m/s²)

- Cálculo de presión máxima

$$P_{max} = Hg + \Delta H$$

Ec. (15)

Donde:

P_{max}= Presión máxima (psi)

Hg= Altura geométrica (m)

ΔH= Sobrepresión en tubería (m)

3.1.6. Selección de diámetro

De acuerdo el crecimiento poblacional y al desarrollo urbanístico durante el período de diseño se producen aumento en el consumo y se aumentan las pérdidas por fricción en la tubería. La solución a adoptar será la que resulte más económica y que satisfaga los criterios de diseño.

Se procede a graficar los gastos dentro del rango del período de diseño contra las pérdidas (hf), haciendo el análisis económico de 3 ó 4 diámetros diferentes o también de un diámetro para encontrar las pérdidas con diferentes gastos y

posteriormente encontrar para cada caso los costos y la capacidad económica de ese diámetro.

Un pre dimensionamiento comprende hacerse en base a la fórmula de Bresse:

$$D = 1.3 X^{1/4} Q_{\text{bomb}}^{1/2} \quad \text{Ec. (16)}$$

$$X = N/24 \quad \text{Ec. (17)}$$

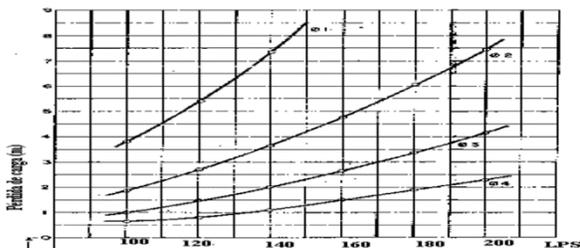
Donde:

D: Diámetro interior aproximado (m). N: Número de horas de bombeo al día.

Q_b: Caudal de bombeo obtenido de la demanda hora por persona, del análisis poblacional y del número de horas de bombeo por día en (m³/s).

$$K_4 = 0.7 - 1.6$$

Este método comparativo es por medio de anualidades, considerando el período para el que se diseña el acueducto. Se hacen 3 o 4 diámetros diferentes y se encuentran las pérdidas ver ilustración 3, para cada uno y se hace análisis económico.



Fuente: Normativas técnicas para el abastecimiento y potabilización del agua (INAA), 1999.
Ilustración 3: Relación gasto-pérdida

3.1.7. Velocidades, Presiones y Pérdidas

3.1.7.1. Velocidades de diseño

Es importante mencionar que predominara el criterio de diámetro mínimo que el de velocidades; Se determinó el diámetro más conveniente de la tubería mediante el análisis económico correspondiente.

Cuando haya suficiente altura de carga o energía de posición, pueden utilizarse las siguientes velocidades máximas para evitar la erosión.

Tabla 3: Velocidades máximas en dependencia del material

Tipo de tubería	Velocidad máxima (m/s)
De concreto simple hasta 18" de diámetro	3
De concreto reforzado	3
De acero sin revestimiento	5
De acero con revestimiento	5
De polietileno de alta densidad	5
De P.V.C. (Cloruro de Polivinilo)	5
De asbesto cemento	4
Túneles sin revestimiento	4

Fuente: Normas de calidad de agua para consumo humano (CAPRE), 1994.

Para determinar el diámetro de la línea de conducción deben considerarse los factores económicos, la vida útil y los caudales de agua a conducir.

$$V = \frac{4Q}{\pi\theta^2} \quad \text{Ec. (18)}$$

Donde:

V= velocidad (m/s)

θ = Diámetro de tubería (m)

Q= Caudal (m³/s)

➤ Hidráulica de tuberías

Las ecuaciones más utilizadas son la Hazzen Williams se usa en problemas de flujo en tuberías.

Ecuaciones:

$$V = 0.8494 C R^{0.63} S^{0.54} \quad \text{Ec. (19)}$$

$$Q = 0.2785 C D^{0.63} S^{0.54} \quad \text{Ec. (20)}$$

$$V = 0.355 C D^{0.63} S^{0.54} \quad \text{Ec. (21)}$$

Donde:

V = Velocidad [m/s]

R = Radio hidráulico [m] (cociente del área de la sección recta por el perímetro mojado simplificando: $D/4$)

S = Pendiente de carga de la línea de alturas piezométrica (perdida de carga por unidad de longitud del conducto [m/m]).

C = Coeficiente de la rugosidad relativa de Hazzen Williams.

Tabla 4: Coeficientes de Hazzen Williams para tuberías

Valores del coeficiente C de Hazzen Williams	
Descripción de la tubería	Valor de C
Tuberías rectas muy lisas	140
Tuberías de fundición lisas y nuevas	130
Tuberías de fundición lisas y nuevas	110
Tuberías de alcantarillado vitrificadas	110
Tuberías de fundición con algunos años de servicio	100
Tuberías de fundición en malas condiciones	80
Tuberías de concreto	120
Tuberías de plástico	150
Tuberías de asbesto-cemento	150

Fuente: *Mecánica de los fluidos e hidráulica Schaum.*

3.1.7.2. Las presiones residuales

En la línea de conducción la presión representa la cantidad de energía gravitacional contenida en el agua.

Las presiones en la red de distribución se clasifican en:

- Presiones mínimas y máximas

Según las normas rurales para brindar presiones adecuadas se recomienda que estas cumplan dentro de un rango permisible: Presión mínima de 5 m y presión máxima 50 m; según las Normas Técnicas para Diseño y Potabilización de Agua la presión mínima en la red principal será de 14 m y la carga estática máxima será de 50 m.

3.1.7.3. Pérdidas en el sistema

En la red de distribución se dan las pérdidas de carga que se producen en los tramos de tubería debido a la fricción del fluido, clase de material, diámetros de tubería, entre otros factores.

En la línea de conducción las pérdidas de carga pueden ser lineales o de fricción y singulares o locales.

- Las lineales o fricción son ocasionadas por la fuerza de rozamiento en la superficie de contacto entre el fluido y la tubería.
- Las singulares o locales son producidas por las deformaciones de flujo, cambio en sus movimientos y velocidad.
- Pérdidas en la tubería de succión

Pérdidas por accesorios:

$$H_a = K \frac{v^2}{2g} \quad \text{Ec. (22)}$$

Donde:

Ha= Pérdidas por accesorios (m)

V= Velocidad del flujo (m/s)

K= Coeficiente K para accesorios

G= Gravedad (m/s²)

Pérdidas por longitud:

$$H_l = \frac{(10.67)\left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852}(L_{succ})}{(\theta_{succ})^{4.87}} \quad \text{Ec. (23)}$$

Donde:

H_l= Pérdidas por longitud (m)

L_{suc}= Longitud de succión de tubería (m)

Q= Caudal de bombeo (m³/s)

θ_{suc}= Diámetro de tubería de succión (m)

- Cálculo de las pérdidas de carga en la sarta de bombeo

Pérdidas por accesorios en sarta de bombeo

$$H_a = K \frac{V^2}{2g} \quad \text{Ec. (24)}$$

Pérdidas de carga en sarta de bombeo

$$H_f = \frac{(10.67) \left(\frac{CMD}{C}\right)^{1.852} (Lsarta)}{(\theta_{succ})^{4.87}} \quad \text{Ec. (25)}$$

$$V = \frac{4Q_{bombeo}}{\pi \theta_{descaarga}^2} \quad \text{Ec. (26)}$$

- Cálculo de las pérdidas de carga en tubería de conducción

Pérdidas por accesorios

$$H_a = K \frac{V^2}{2g} \quad \text{Ec. (27)}$$

Pérdidas por longitud

$$H_l = \frac{(10.67) \left(\frac{Q_{bombeo}}{C}\right)^{1.852} (Ltuberia)}{(\theta_{succ})^{4.87}} \quad \text{Ec. (28)}$$

- Sumatoria de pérdidas por longitud y accesorios

$$Hp_{total} = Hp_{succión} + Hp_{sarta} + Hp_{tubería\ conducción} \quad \text{Ec. (29)}$$

3.1.8. Carga total dinámica (CTD)

La carga total dinámica estará dada por la sumatoria de diferencia estática más sumatoria de pérdidas por longitud y accesorios:

$$CTD = Hp_{total} + \Delta H \quad \text{Ec. (30)}$$

3.1.9. Cálculo de potencia de bomba y motor

La potencia de la bomba estará dada por la siguiente ecuación:

$$P = \frac{(Q * CTD)}{(3960 * \epsilon)} \quad \text{Ec. (31)}$$

Donde:

P= Potencia de bomba (hp)

Q= Caudal de bombeo (m³/s)

CTD= Carga total dinámica (m)

ϵ = Eficiencia de bomba

Por tanto, la potencia del motor es:

$$P_{\text{motor}} = 1.2 P_{\text{bomb}}$$

3.1.10. Red de distribución

La red de distribución se diseña mediante tres parámetros los cuales son:

Consumo máximo hora (CMH): Es el máximo gasto que será requerido en una determinada hora del día, lo cual está definido con un factor de 2.5 del consumo promedio diario total (CPDT), según normativa NTON 09 003 -99

Consumo máximo día (CMD+ Incendio): Es el máximo consumo que se espera realice la población en un día y está definido mediante un factor de 1.5 del consumo promedio diario total (CPDT), según normativa NTON 09 003 -99.

Sin consumo en red: Este consumo en la red es despreciable y generalmente sucede en la noche cuando las presiones estáticas ejercen fuerzas internas en las paredes de las tuberías.

La red de distribución está formada por tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua desde tanques de servicio o de distribución hasta la toma domiciliaria o los hidrantes públicos. Su finalidad es proporcionar agua a los usuarios para consumo doméstico, público, comercial, industrial y para condiciones extraordinarias como el extinguir incendios.

La red debe proporcionar este servicio todo el tiempo, en cantidad suficiente, con la calidad requerida y a una presión adecuada.

- ✓ Componentes de una red

Una red de distribución de agua potable se compone generalmente de:

a) Tuberías: Se le llama así al conjunto formado por los tubos (conductos de sección circular) y su sistema de unión o ensamble. Para fines de análisis se denomina tubería al conducto comprendido entre dos secciones transversales del mismo.

b) Piezas especiales: Son todos aquellos accesorios que se emplean para llevar a cabo ramificaciones, intersecciones, cambios de dirección, modificaciones de diámetro, uniones de tuberías de diferente material o diámetro, y terminales de los conductos, entre otros, (NTON, junio 2000).

c) Válvulas: Son accesorios que se utilizan para disminuir o evitar el flujo en las tuberías. Pueden ser clasificadas de acuerdo a su función en dos categorías:

- Aislamiento o seccionamiento, las cuales son utilizadas para separar o cortar el flujo del resto del sistema de abastecimiento en ciertos tramos de tuberías, bombas y dispositivos de control con el fin de revisarlos o repararlos.
- Control, usadas para regular el gasto o la presión, facilitar la entrada de aire o la salida de sedimentos o aire atrapados en el sistema.

d) Hidrantes: Se le llama de esta manera a una toma o conexión especial instalada en ciertos puntos de la red con el propósito de abastecer de agua a varias familias (hidrante público) o conectar una manguera o una bomba destinadas a proveer agua para combatir el fuego (hidrante contra incendio), (NTON, junio 2000).

e) Tanques de almacenamiento: Es un depósito situado generalmente entre la captación y la red de distribución que tiene por objeto almacenar el agua proveniente de la fuente. El almacenamiento permite regular la distribución o simplemente prever fallas en el suministro, aunque algunos tanques suelen realizar ambas funciones, (NTON, junio 2000).

f) Tomas domiciliarias: Una toma domiciliaria es el conjunto de piezas y tubos que permite el abastecimiento desde una tubería de la red de distribución hasta el predio del usuario, así como la instalación de un medidor. Es la parte de la red que demuestra la eficiencia y calidad del sistema de distribución pues es la que abastece de agua directamente al consumidor.

g) Rebombes: Consisten en instalaciones de bombeo que se ubican generalmente en puntos intermedios de una línea de conducción y excepcionalmente dentro de la red de distribución.

Tienen el objetivo de elevar la carga hidráulica en el punto de su ubicación para mantener la circulación del agua en las tuberías, (NTON, junio 2000).

3.2. Costos

Todos los costos deben considerarse en términos reales y para ello se considera el factor tiempo en el análisis. En nuestro estudio se hizo un presupuesto el cual consiste en una propuesta de rediseño hidráulico a nivel de prefactibilidad del sistema de abastecimiento de agua potable, para ello se aplican cálculos de costos para conocer el costo y presupuesto total del rediseño de manera que se utilizó los siguientes aspectos que se mencionan a continuación.

3.2.1. Aspectos importantes para la elaboración de un presupuesto

3.2.1.1. Costo directo

Los recursos o componentes del costo unitario directo son: Maquinaria o equipos, mano de obra, materiales y herramientas.

El costo unitario directo esta la sumatoria de cada recurso o componente, es decir:

$$CD = \sum \text{maquinaria o equipos} + \text{transporte} + \text{mano de obra} + \text{materiales}$$

3.2.1.2. Costos indirectos

Son los costos a los que se incurrirá de manera global para realizar la construcción.

Los costos indirectos están integrados por los siguientes grupos: Costos de oferta y contratación, costos iniciales, costos de operación, administrativos de campo, gastos por servicios, gastos por afectaciones, y costos imprevistos.

La sumatoria de cada uno de los grupos de los costos indirectos se divide entre el monto total de los costos directos y se obtiene la parte que se deberá sumar a los costos directos para conformar un sub total que se afectará por costos de administración y costos de utilidades.

➤ Costos de administración central

Son los costos en que se incurre al atender y monitorear la construcción, reparación o mantenimiento de un sitio crítico, este costo se presenta en forma de porcentaje de la sumatoria de los costos directos e indirectos con un rango entre el 4% al 10%.

➤ Costos de utilidad

Este costo se presenta en forma de porcentaje de la sumatoria de los costos directos, indirectos y administración, con un rango entre 3% al 10%.

3.2.1.3. Impuestos

Se presentan en forma de porcentaje de la sumatoria de los costos directos, indirectos, de administración y de utilidad, siendo actualmente el 1% del impuesto municipal y el 15% del impuesto de valor agregado, que se aplica a la misma sumatoria anterior, pero agregándole el impuesto municipal.

IV. PREGUNTAS DIRECTRICES

- a) ¿Cuáles son los problemas predominantes en el sistema de abastecimiento de agua potable existente?
- b) ¿Qué parámetros o criterios se deberán tomar en cuenta para realizar el rediseño hidráulico del sistema de abastecimiento de agua potable?
- c) ¿Son importantes los planos constructivos para el sistema de abastecimiento de agua potable?
- d) ¿Cuáles son los principales aspectos para estimar el costo del sistema de abastecimiento de agua potable?

V. MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Tabla 5: Matriz de operacionalización de variables

Objetivos específicos	Variable conceptual	Subvariables o dimensiones	Variables operativas indicador	Procesamiento de datos	Técnicas de recolección de datos e información y actores participantes					
					Encuesta	Entrevista	Grupo focal	Experimentos	Laboratorios	Análisis documental
1. Diagnosticar el sistema de abastecimiento de agua potable en el municipio de El Rosario.	Sistema de abastecimiento	* Fuente * Línea de conducción * Tanque * Red de distribución	* Aguas superficiales * Aguas subterráneas * Pozos * Línea por gravedad * Línea por bombeo * Material del tanque * Accesorios de la red	* Computadora * Microsoft Excel * Microsoft word * Calculadora	si	si	no	no	no	si
2. Estimar los costos del rediseño.	Costos del rediseño	* Costo directo * Costos indirectos * Costos de administración central * Impuestos	* Costo total del rediseño	* Manuales de take off * Calculadora * Computadora	no	no	no	no	no	si
3. Elaborar planos constructivos.	planos constructivos	* Fuente * Sarta * Línea de conducción * Tanque * Red de distribución	* Detalles en planos	* AutoCad 2016	no	no	no	no	no	si

Fuente: Elaboración propia, 2016.

VI. DISEÑO METODOLÓGICO

6.1. Área de estudio

El presente trabajo se realiza en el sistema de abastecimiento de agua potable del municipio de El Rosario, el cual está conformado por el casco urbano y cinco comunidades rurales dicho municipio ubicado en el departamento de Carazo.

6.2. Tipo de investigación

Según (BERNAL, 1998). El diseño de investigación de corte transversal se recolecta datos en un solo momento, en un tiempo único, con el propósito de describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado, por ende, los diseños transversales descriptivos tienen como objetivo indagar la incidencia y los valores en que se manifiestan una o más variables

El presente trabajo de investigación es descriptivo de corte transversal, en él se evidencian características propias de la población como su economía y transversal porque está planeada realizarse en un período de ocho meses, desde el mes de marzo hasta el mes de octubre del año 2016.

6.3. Enfoque de la investigación

Según (BERNAL, 1998). El enfoque cualitativo incorpora características parámetros y cualidades de una determinada área de estudio o población que la incorpora, sin embargo, define el enfoque cuantitativo como representaciones numéricas.

El enfoque es mixto ya que se utilizó las definiciones ya mencionadas, puesto que conjuga ambos enfoques, se analiza una población como, por ejemplo; sus actividades económicas, pero también se centra en el rediseño de un sistema de abastecimiento de agua potable (SAAP).

6.4. Población beneficiaria

(BERNAL, 1998). Se procede a delimitar la población que va ser estudiada y sobre el cual se procede generalizar los resultados. Así, una población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones.

Para desarrollar esta investigación se ha considerado la población de todo el municipio de El Rosario. Esta población es de 7,330 habitantes, distribuidos en sectores urbanos y cinco comunidades rurales, (Felix, 2016).

6.5. Fuentes de información

Primaria: Las diferentes instituciones del estado; alcaldía municipal, Ministerio de Salud (MINSA), Ministerio de Educación (MINED), Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL), todas ellas ubicadas en el sitio de estudio.

Secundaria: Se tomó de libros, monografías, internet, páginas web.

6.6. Muestra

La muestra está contemplada por la población del municipio de El Rosario.

6.7. Tipo de muestra

El método de muestreo que se aplicó es el muestreo probabilístico. El cual establece que se seleccionan las personas al azar, y cualquier individuo tiene la misma posibilidad de ser escogido, (BERNAL, 1998).

6.8. Muestreo

Para la formulación de este proyecto fue necesario plantear a cuantas personas de cada sector y comunidad de estudio se le aplicó esta encuesta.

(BERNAL, 1998). El muestreo proporcional consiste en determinar el tamaño de la muestra a partir de una investigación piloto realizada con anterioridad en el sitio. El tamaño de la muestra se determinó usando la siguiente ecuación:

$$n = \frac{Z^2 P Q N}{\epsilon^2 (N-1) + Z^2 P Q} \quad \text{Ec. (32)}$$

Donde:

n= Tamaño de la muestra necesaria

Z= Margen de confiabilidad o número de unidades de desviación estándar en la distribución normal que producirá el nivel deseado de confianza para una confianza

de 95% o un $\epsilon=0.05$, $Z=1.96$, para una confianza del 99% o un $\epsilon=0.01$ $Z=2.58$ (Se tomó confiabilidad de 99% entonces $z=2.58$).

P = Probabilidad de que el evento ocurra, dato obtenido de la investigación piloto ($P=99\% \approx 0.99$).

Q = Probabilidad de que el evento no ocurra ($Q=1\%-0.01$)

$$Q = 1 - P = 1 - 0.99 = 0.01 \quad \text{Ec. (33)}$$

ϵ = Error o diferencia máxima entre la media muestral y la media de la población que se está dispuesto a aceptar con el nivel de confianza que se ha definido ($\epsilon=0.01$)

N = Tamaño de la población (se tomó el número de casa 1553 casas porque es una encuesta por vivienda no personas).

$$n = \frac{(2.58)^2 \times (0.99) \times (0.01) \times (1553)}{(0.01)^2 \times (1553 - 1) + (2.58)^2 \times (0.99) \times (0.01)} = 462.45 \approx 463 \text{ encuestas.}$$

6.9. Método

(BERNAL, 1998). Se desarrolló mediante el método analítico, puesto que se aplicó las variables separadas por cada objetivo, tales como: Sistema de abastecimiento, costos del rediseño y de planos constructivos.

6.10. Técnicas de recopilación de datos

En primer plano se recopiló la información mediante visitas al sitio y entrevistas realizadas al ingeniero Julio Solís encargado del área de mantenimiento del sistema existente, por parte de la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL).

Se ejecutaron entrevistas a la población para determinar el diagnóstico socio-económico del municipio en estudio. El levantamiento topográfico y de la tubería existente se ejecutó por medio del instrumento topográfico GPS, debido a las limitaciones para adquirir un teodolito o una estación total.

El instrumento GPS se usó para determinar coordenadas de puntos, las elevaciones se obtuvieron del software google earth.

➤ Métodos y técnicas de procesamiento de datos

Se aplicó una investigación de acción participativa, puesto que para la elaboración de este material fue necesaria la participación de la población en general del municipio, donde se tomó en cuenta los siguientes pasos:

a) Contacto con el medio

En este punto se recolectó toda la información necesaria para poder elaborar y desarrollar nuestro trabajo, para esto se realizaron visitas al sitio con el fin de obtener información de la propia comunidad e instituciones que velan por las necesidades del municipio, el objetivo de estas visitas es concientizar a la población de la necesidad de desarrollar este proyecto, para el bienestar a futuro de ellos mismos.

b) Programación

La programación está representada mediante un cronograma de actividades. conclusión y propuestas:

➤ Conclusión

En base a la programación anteriormente presentada, hemos planteado que la elaboración de este proyecto tendrá una duración de ocho meses.

➤ Propuestas

- Trabajar en conjunto con instituciones gubernamentales, como alcaldía municipal de El Rosario y la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL).
- En caso que el proyecto se tome en cuenta por la alcaldía y se llegue a ejecutar, concientizar a la población del uso adecuado del agua puesto que es uno de los elementos indispensables para la supervivencia humana.

VII. ANALISIS DE LOS RESULTADOS

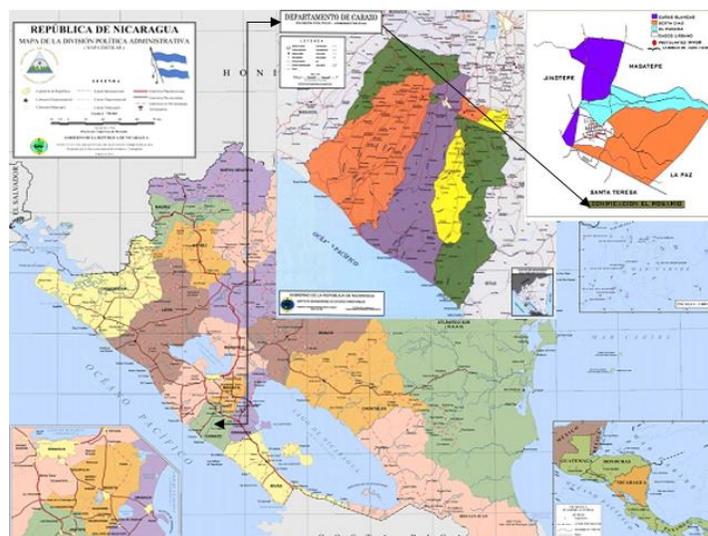
7.1. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Se diagnosticó el sistema teniendo como guía tres parámetros importantes, los cuáles son: Caracterización del sitio de estudio, diagnóstico socio-económico del municipio y el diagnóstico técnico del acueducto de agua potable.

7.1.1. Caracterización general del área en estudio

7.1.1.1. Localización

(Alcaldía, datos poblacionales y de municipio, 2016). El municipio de El Rosario, se encuentra ubicado entre las coordenadas 11° 50' latitud norte y 86° 10' de longitud oeste, en el departamento de Carazo, al occidente de la República de Nicaragua, en la zona del pacífico sur del país, a una altitud de 470 metros sobre el nivel del mar. La cabecera municipal de El Rosario se encuentra ubicado a 51 km al sur de la capital Managua, capital de la República de Nicaragua.



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Ilustración 4: Ubicación municipio El Rosario

Políticamente El Rosario se encuentra dividido en sectores urbanos (Sector 1, Sector 2, Sector 3, Sector 4, Luis Vanegas, Las Cruces) y comunidades rurales (Berta Díaz, Cañas Blancas, Dulce Nombre, Monte Líbano, Panamá).

El año de fundación no se conoce con exactitud, pero el nueve de marzo de 1848 por decreto legislativo se fijó los límites del municipio, dicha ley le otorgó el nombre de El Rosario. Se cree que los primeros pobladores del municipio fué la familia Nicaragua, personas desplazadas del municipio de Catarina hacia estas tierras, y que al inicio la comunidad se conoció con el nombre de Caserío EL CHOMPIPE.

El municipio ocupa el segundo lugar con respecto a la cantidad de habitantes por kilómetro cuadrado, tiene establecido un índice de la densidad poblacional de 520 Habitantes por km², la superficie territorial del municipio de El Rosario es de 14.08 kilómetros cuadrados.

7.1.1.2. Límites

El municipio limita al Norte con el municipio de Masatepe, (Dpto. de Masaya), al Sur con el municipio de Santa Teresa, al Este con La Paz de Carazo y al oeste con el municipio Jinotepe, (Alcaldía, 2016).

7.1.1.3. Clima

El clima del municipio es trópico seco, semi húmedo y sub húmedo que caracteriza a la zona del departamento de Carazo. La temperatura promedio anual es 23.9°C con una oscilación media de 2.7°C. Las temperaturas medias mínimas alcanzan valores entre 19.4 y 21.6 °C y las medias máximas varían entre los 26.9 y 31.3 °C.

La precipitación se presenta distribuida según la época del año, el período lluvioso en la zona se extiende desde mayo a octubre, disminuyendo significativamente las lluvias a partir del mes de noviembre, (Alcaldía, 2016).

7.1.1.4. Hidrología

La región se encuentra en las caderas de Las Sierras, en proximidad del parte aguas de la vertiente del Atlántico y la vertiente del Pacífico, y en una formación, de origen volcánico y piroclásticas, muy permeable, que dispone de un sistema de drenaje compuesto únicamente por quebradas en las que el agua escurre solamente durante las lluvias intensas. Por lo tanto, no existen recursos hídricos idóneos para utilización como posibles fuentes de aprovechamiento de sistemas de agua potable. (INETER, 2016).

7.1.1.5. Geomorfología

Las características físicas de las tierras del municipio no presentan muchas variaciones, no existen alturas de importancia.

7.1.1.6. Suelos

Los suelos son de muy buena capa vegetal o material orgánico de gran fertilidad, varían de tierra vegetal a franco arenoso y franco arcilloso, se concentran en las comunidades de El Panamá, Cañas Blancas y Bertha Díaz. El uso del suelo por sus características permite que la población lo use para la agricultura.

7.1.1.7. Amenazas naturales

La región del pacifico en general está afectada por las amenazas sísmicas, hay que destacar que el municipio de El Rosario esta propensa a este fenómeno natural que en gran parte es por consecuencia de la cadena volcánica localizada en dicha región.

7.1.1.8. Equipamiento Social

El equipamiento social de la ciudad es congruente con su tamaño poblacional, disponiendo de la correspondiente infraestructura para servicios de:

a) Educación

En el municipio existen un total de 5 centros de enseñanza, de los cuales, uno se encuentra ubicado en la zona urbana, mientras que en la zona rural se ubican cuatro centros de estudios. El centro de estudio ubicado en el Barrio Luis Vanegas territorialmente le pertenece al municipio de Santa Teresa.

b) Salud

El municipio de El Rosario cuenta con un centro de salud sin camas, ubicado en el Sector #4 de la zona urbana. Cuenta con un personal de tres médicos, tres enfermeras y tres auxiliares. El estado físico del equipamiento es bueno (módulo nuevo) y en regular estado físico el módulo viejo. El servicio de salud en el municipio es totalmente gratis por orden del gobierno presidencial.

Las enfermedades más comunes en el municipio el año pasado según el Ministerio de Salud (MINSA) y la encuesta aplicada son el chikungunya, resfriados, tos, infecciones intestinales y la diarrea.

c) Mercados

La municipalidad no brinda el servicio de Mercado, debido a que no existe demanda de parte de la población, cubriéndose estos servicios con el mayor centro de comercio ubicado en la cabecera departamental, por la cercanía de este y la facilidad de acceso

d) Parques

El Municipio cuenta con 5 parques, dos de estos ubicados en el área urbana y 3 en el área rural (uno por comunidad). El parque municipal está ubicado frente a la iglesia católica, cuenta con bancas de cemento, andenes, arborización, iluminación pública y juegos infantiles en regular estado físico, una cancha multiuso, cuyo estado físico es regular.

e) Instalaciones deportivas

Actualmente el municipio cuenta con un polideportivo ubicado en el área urbana, el cual presenta muy buenas condiciones físicas y representa una gran garantía para la recreación deportiva en El Rosario. Se cuenta con un cuadro de béisbol de 1 ½ Manzana, un campo deportivo de fútbol y un campo deportivo en la comunidad de Cañas Blanca; a los cuales se les da mantenimiento periódicamente.

Existe una cancha deportiva en muy buen estado físico ubicado en la iglesia mormona, una cancha deportiva en centro de estudio de secundaria. En el Panamá existe una cancha deportiva recién construida, al igual que en los Repartos Virgen de Guadalupe y San Isidro, cuyo estado físico es bueno.

7.1.2. Diagnóstico socio-económico del área en estudio

7.1.2.1. Población

La población a partir de la cual se tomó en cuenta para el rediseño del sistema es la del Ministerio de Salud (MINSA), puesto que esta institución cada semestre ejecuta censos poblacionales y es la más actualizada de diferentes fuentes; (segundo semestre del año 2016, población 7330).

El índice de hacinamiento se calculó mediante la población actual entre el número de viviendas existentes dando como resultado un promedio de habitantes por vivienda, el cual es de 4.72 %.

Tabla 6: Población del municipio El Rosario

Población municipio El Rosario			
ENACAL	MINSA	MINED	INIDE
6843	7330	7129	7426

Fuente: ENACAL, MINSA, MINED, INIDE, 2016

Según el MINSA la tasa de crecimiento actual es de 2.61 %, sin embargo, en los próximos 26 años la población aumentará a un promedio de crecimiento de 121 personas por año y a una tasa anual media de 3.2% para el período proyectado. Esta tasa anual media es inferior a la de su departamento que es de 3.3% entre los años 1994-2020.

Según el MINSA, la población está conformada en un 56% por adultos, 29 % niñas(os) y en un 15 % adolescentes. Se muestra la distribución de habitantes en el siguiente diagrama de pastel. (Personas de tercera edad integradas en personas adultas).

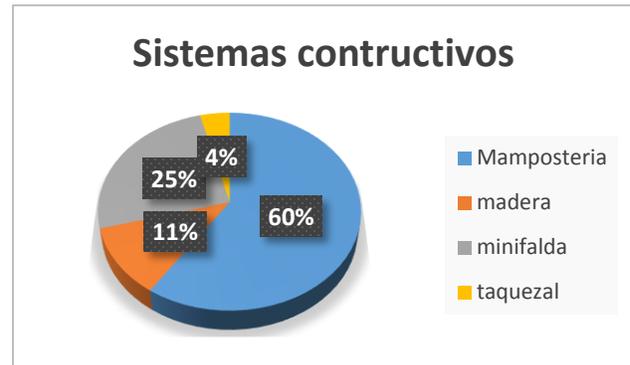


Fuente: Elaboración propia, 2016.

Ilustración 5: Distribución de habitantes.

7.1.2.2. Vivienda

(MINSA, 2016). El municipio de El Rosario cuenta actualmente con 1553 viviendas distribuidas sectores urbanos y comunidades rurales. Estas viviendas están construidas de mampostería reforzada como confinada, minifalda, madera y taquezal.



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Ilustración 6: Sistemas constructivos

Según resultados obtenidos en el levantamiento técnico de evaluación de viviendas más del 50 % de estas se encuentran en estado regular, es decir, son viviendas que generalmente se encuentran bien, pero tienen una falla, tal como el techo, piso o falla en alguna pared.

Gran parte de las viviendas en el casco urbano del municipio de El Rosario se encuentran en un intervalo que va de regular hasta bueno, por otra parte, las viviendas en el área rural no se encuentran en las mejores condiciones, la mayoría van de un estado regular hasta malo.

La aplicación de techos de zinc es ampliamente utilizada por los habitantes del municipio en estudio, puesto que es una de las aplicaciones más rápidas y fácil de ejecutar. Sin embargo, la aplicación de techos de teja se emplea debido a las condiciones económicas de algunos habitantes, puesto que es un material de barro fundido.

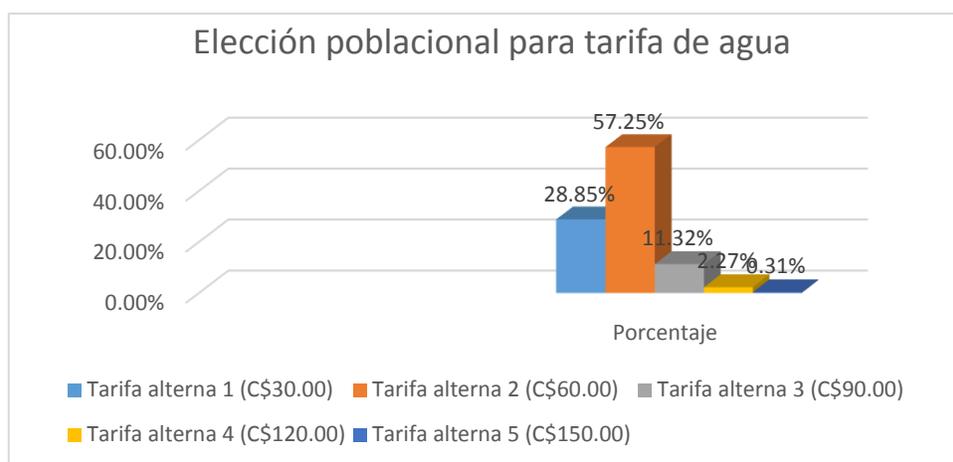
Las construcciones de techos de teja en áreas rurales son muy comunes, sin embargo, hay que mencionar que también se emplea las construcciones de otros materiales, tales como la palma, que son utilizadas por personas de condiciones económicas bastantes críticas.

7.1.2.3. Consumo de agua

Según entrevista con pobladores, la zona urbana consume agua potable en un rango de 50 a 65 litros personas por día y en área rural se consume aproximadamente 30 litros personas por día.

7.1.2.4. Capacidad de pago

Mediante resultados de la encuesta socio-económica se determinó la capacidad de pago que establece cada persona responsable de casa. Se han determinado cinco tarifas para que la población elija la más conveniente. Más de la mitad de la población elige una tarifa de 60 córdobas al mes.



Fuente: *Elaboración propia, 2016.*

Ilustración 7: *Tarifa de agua potable dispuesta a pagar la población*

7.1.2.5. Ingresos municipales

Los ingresos municipales están compuestos por ingresos propios y por los ingresos de transferencias, estos a su vez se subdividen en ingresos corrientes e ingresos de capital.

(Alcaldía, 2016). En el año 2009 la municipalidad recibió un total de ingresos de C\$ 9, 498, 870.36, entre los ingresos corrientes y los ingresos de capital, este comportamiento de los ingresos es el resultado de la producción agrícola y las donaciones a la alcaldía municipal de El Rosario.

Los ingresos propios corrientes lo forman los ingresos por matrículas y licencias, impuestos sobre Ingresos, impuesto de rodamiento, IBI, Tasa por aprovechamiento, tasas por servicios municipales, que para el municipio de El Rosario representa un 7.14% del total de Ingresos Municipales.

Las Transferencias la conforman los fondos entregados por el Gobierno Central, Organismos Descentralizados, Gobiernos Extranjeros y Organizaciones de apoyo. Esto fondos en su mayor porcentaje están destinados a la inversión en proyectos de infraestructura y proyectos sociales, que vienen a satisfacer las necesidades de la población. Los ingresos recibidos por ejecución de proyectos de infraestructura en el año 2009 fue de C\$ 4, 972, 260.61 córdobas.

7.1.2.6. Disponibilidad para ejecutar un proyecto de agua potable

Mediante la encuesta aplicada gran parte de la población aceptó que era importante realizar mejoras al sistema de abastecimiento de agua potable los cuales en su mayoría están dispuestos a trabajar en conjunto para solucionar los problemas de agua.

7.1.2.7. Servicios básicos

Al igual que el resto de los municipios del país, los servicios básicos están compuestos por:

a) Abastecimiento de agua potable

El municipio de El Rosario cuenta con servicio domiciliario de agua potable, el cual está a cargo de la Empresa Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL). Es importante señalar que aproximadamente el 55% de la población cuenta con medidor, lo cual es un bajo índice para poder facturar la cantidad de agua usada.

En el municipio un alto porcentaje de casas no poseen conexiones legales o medidores, por esta razón el promedio pagado de agua potable por vivienda es de 90 córdobas. Es importante señalar que un inventario habitacional registrado por la alcaldía para aproximadamente 1369 viviendas cerca del 91% posee el servicio de agua potable.

b) Saneamiento o higiene ambiental

En el municipio de El Rosario no existe un sistema de alcantarillado sanitario, la forma a través de la cual la población elimina las excretas es la letrina o sumidero (técnica seca).



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Ilustración 8: Tipos de servicios sanitarios

El uso de las letrinas en el municipio es común, o los sumideros, sin embargo, estas prácticas de higiene ambiental traen consecuencias fatales al medio ambiente y principalmente a las fuentes de agua subterráneas. La filtración de aguas negras de las letrinas llega hasta el nivel freático y la contaminación de este es perjudicial para el consumo humano por ende hay que sencitar a la alcaldía municipal a la ejecución de proyectos de esta índole.

Es importante señalar el estado de las letrinas, por esta razón se realizó la valoración de las estructuras sanitarias, las cuales las dividimos en tres estados: buena, regular, mala.

Gran parte de estas (letrinas) se encuentran en buen estado, puesto que son instalaciones nuevas o se les está dando mantenimiento constantemente por los dueños de ellas, unos bajos índices de las letrinas están en mal estado, estas porque están abandonadas o porque ya llegaron a su límite de capacidad. *Fuente: Elaboración propia, 2016.*



Ilustración 9: Estado de servicios sanitarios

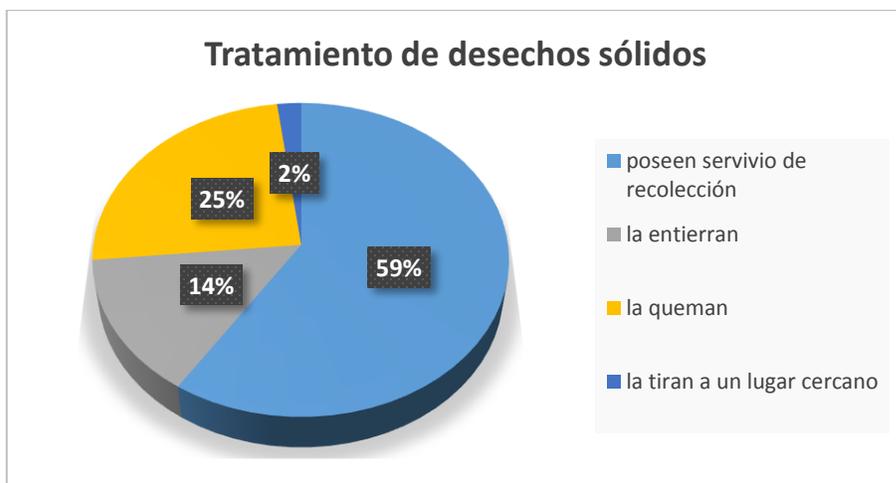
c) Drenaje Pluvial

La ciudad no cuenta con una red de drenaje pluvial como tal, sino con varios ramales independientes que recolectan los escurrimientos pluviales de ciertos sectores del casco urbano y los descargan en cauces afluentes; en las áreas restantes, el drenaje pluvial escurre de manera superficial y es conducido por las cunetas y las calles hasta alcantarillas o puntos más bajos según la topografía del terreno.

d) Manejo de desechos sólidos

La municipalidad brinda el servicio de Recolección, transporte y tratamiento. El modelo gerencial que se oferta es directo o sea que la alcaldía se hace cargo de todo el proceso del servicio desde su generación hasta su disposición final.

El servicio de recolección de basura se establece en el área urbana. Mientras que en la zona rural la población no cuenta con recolección y como segunda opción eligen quemar la basura. Otra gran parte de la población elige enterrar la basura o darle un tratamiento para luego ser utilizada como abono para sus cultivos, (basura orgánica).



Fuente: *Elaboración propia, 2016.*

Ilustración 10: *Tratamiento de desechos sólidos*

7.1.3. Diagnóstico técnico del sistema de abastecimiento de agua potable actual del área en estudio.

El sistema de abastecimiento de agua potable de El Rosario abastece el casco urbano y cinco comunidades rurales suministrado por la Empresa Nicaragüense de Acueducto y Alcantarillados (ENACAL), más del 80% de la población cuenta con el sistema de agua potable, para el área urbana el sistema funciona como fuente-tanque-red y para las comunidades rurales el sistema funciona como fuente-red.

7.1.3.1. Fuentes de abastecimiento

(ENACAL i. J., 2016). Actualmente existen dos fuentes, en la siguiente tabla se muestran las características hidrogeológicas para cada una de estas.

Tabla 7: Características hídricas de las fuentes existente

Descripción	Fuente Urbana	Fuente Rural
Año de construcción	1996	2011
Años de operación	20	5
Profundidad	319.95 m	304.8 m
Diámetro de perforación	0.6096 m	0.4445 m
Método de perforación	Rotativo	Rotativo
Nivel Dinámico del agua	242.9 m	222.50 m
Nivel estático del agua	203.07 m	204.216 m
Descenso	39.83 metros	17.55 m
Producción	114.884 gpm	183.949 gpm
Q.bombeo	174 gpm	249 gpm
Horas de servicio diario	16	18

Fuente: Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL), 2016.

➤ Estado de las fuentes de abastecimiento

a) Fuente ubicada en el casco urbano

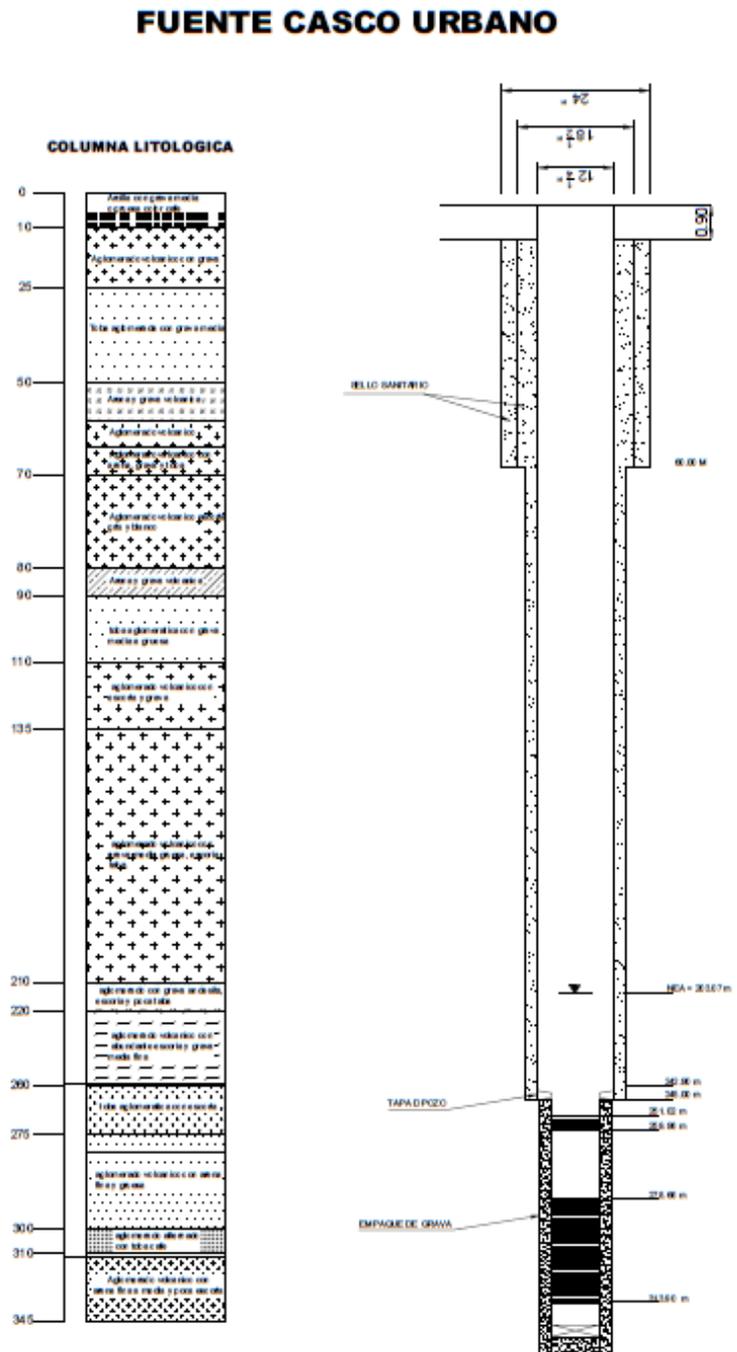
Esta fuente está ubicada en una cota topográfica de 470 msnm y tiene 21 años de estar operando y mediante un levantamiento técnico que se realizó se determinó que las instalaciones exteriores están en condiciones bastantes críticas (caseta, tanque y accesorios, sistema de cloración, accesorios de sarta).

Sin embargo, es importante mencionar que la fuente se construyó en 1996 y se aplicó pruebas de bombeo y se estabilizó con un caudal de 950 l/m (250 gpm) y esta se diseñó con un caudal de 174 Gpm según ENACAL, actualmente la fuente ha sufrido descensos, de manera general la fuente se encuentra en regular estado.



En la ilustración número 11, se presenta la fuente que está ubicada en el casco urbano. En la parte superior izquierda de la página se puede observar la vista superficial de esta fuente, por otra parte en la parte derecha se muestra una figura que representa el perfil litológico y una vista completa de la fuente subterránea.

La figura también representa el NEA=203.07 m, NB= 242.9 m, diámetro y profundidad de esta fuente.



Fuente: Foto tomada por E. Duarte, Elaboración propia, 2016. Ilustración 11: Fuente ubicada en área urbana

➤ Calidad del agua de la fuente urbana

El diagnóstico de calidad de agua para esta fuente se analizó mediante parámetros tales como físicos, químicos, bacteriológicos y de gases. Es importante mencionar que estos estudios fueron proporcionados por ENACAL, Jinotepe 2016.

Como se muestra en la tabla número 9 los valores de análisis físicos **cumplen con los requisitos y parámetros** establecidos por la normativa de potabilización de agua, (CAPRE).

Tabla 8: Calidad del agua, análisis físico, fuente urbana

Análisis Físico				
Parámetro	unidad	Recomendado	M. Admisible	Resultado de fuente
Turbiedad	NTU	1	5	0.14
Color	UC	1	15	ND
Apariencia	-	-	-	Clara
Sabor	-	0	(2-12°C,3-25°C)	ND
olor	-	0	(2-12°C,3-25°C)	ND
temperatura	°C	18-30	-	24.3

Fuente: Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL), 2016.

Si bien es cierto varios elementos químicos no alcanzan el valor recomendado, es importante resaltar que ninguno de estos excede el valor máximo admisible. Los valores de resultados reflejan que la calidad de agua **químicamente no tiene problemas para el consumo humano**.

Tabla 9: Calidad del agua, análisis químico, fuente urbana

Análisis Químico				
Parámetro	unidad	Recomendado	M. Admisible	Resultado de fuente
Ph.	Adim.	-	-	7.84
Cond.eléctrica	µS/cm	400	-	274
Alcalinidad	Mg/l			137.6
Dureza	Mg/l	400	-	124.8
Índice de saturación	Adim.	-	-	0.293
Sodio (Na)	Mg/l	25	200	13.4
Calcio (Ca)	Mg/l	100	-	32.3
Magnesio (Mg)	Mg/l	30	50	10.7
Potasio (K)	Mg/l	-	10	5.5

Análisis Químico				
Parámetro	Parámetro	Parámetro	Parámetro	Parámetro
Hierro total (Fe2+)	Mg/l	-	-	0.068
Bicarbonatos (HCO3)	Mg/l	-	-	167.7
Carbonatos (CO3)	Mg/l	-	-	0.0
Hidroxilo (OH)	Mg/l		--	0.0
Cloruros (Cl)	Mg/l	25	250	12.0
Sulfatos (SO4)	Mg/l	25	250	ND
Nitratos (NO3)	Mg/l	-	-	3.192
Nitritos (NO2)	Mg/l	-	-	0.026
Flúor (F)	Mg/l	-	-	0.27

Fuente: Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL), 2016.

Esta fuente posee una buena calidad de agua, tomando en cuenta estos estudios físicos, químicos y de gases. Además de esto que posee un buen rendimiento para su caudal de bombeo.

Tabla 10: Calidad del agua, análisis de cromatografía de gases, fuente urbana

Análisis cromatografía de gases				
Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Límite de detección
Alfa-BHC	Ug/l	ND	EPA 8081 A	0.002
Beta-BHC	Ug/l	ND	EPA 8081 A	0.001
Líndano	Ug/l	ND	EPA 8081 A	0.001
Delta-BHC	Ug/l	ND	EPA 8081 A	0.003
Heptacloro-epóxido	Ug/l	ND	EPA 8081 A	0.001
Aldrín	Ug/l	ND	EPA 8081 A	0.002
Heptacloro-epóxodo	Ug/l	ND	EPA 8081 A	0.004
Endosulfán I	Ug/l	ND	EPA 8081 A	0.001
P,p-DDE	Ug/l	ND	EPA 8081 A	0.001
Dieldrín	Ug/l	ND	EPA 8081 A	0.001
Endrín	Ug/l	ND	EPA 8081 A	0.002
Endosulfán II	Ug/l	ND	EPA 8081 A	0.002
P,p-DDD	Ug/l	ND	EPA 8081 A	0.001
Endrín aldehído	Ug/l	ND	EPA 8081 A	0.002
Endosulfán sulfato	Ug/l	ND	EPA 8081 A	0.004
P,p-DDT	Ug/l	ND	EPA 8081 A	0.002
metoxicloro	Ug/l	ND	EPA 8081 A	0.002
Toxafeno total	Ug/l	ND	EPA 505	1.0

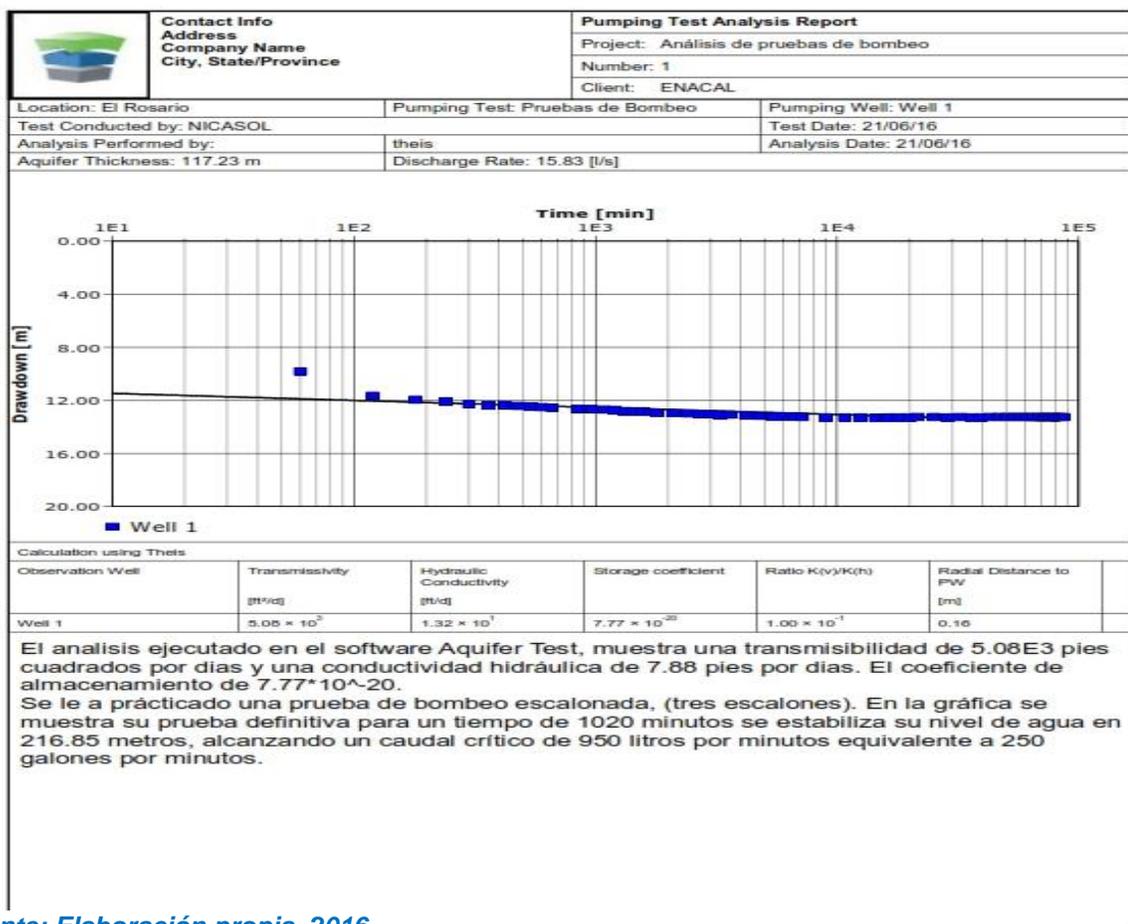
Fuente: Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL), 2016.

➤ Pruebas de bombeo fuente urbana

(ENACAL, 2016) Para determinar el caudal de diseño de la fuente la empresa NICASOL aplicó las pruebas de bombeo de tipo escalonada, tres escalones a un nivel estático de 203.60 m, tomando en cuenta caudales diferentes para cada escalón y donde da como resultado un nivel de bombeo constante de 216.85 m y un caudal de bombeo de **950l/min, equivalente a 250 Gpm.** (Ver tablas de bombeo, anexo número 3).

Se analizó la prueba de bombeo en el software aquifer test con el método de Theis, donde se determinó los parámetros de transmisibilidad y coeficiente de almacenamiento del acuífero.

➤ Análisis de las pruebas de bombeo en el software aquifer test



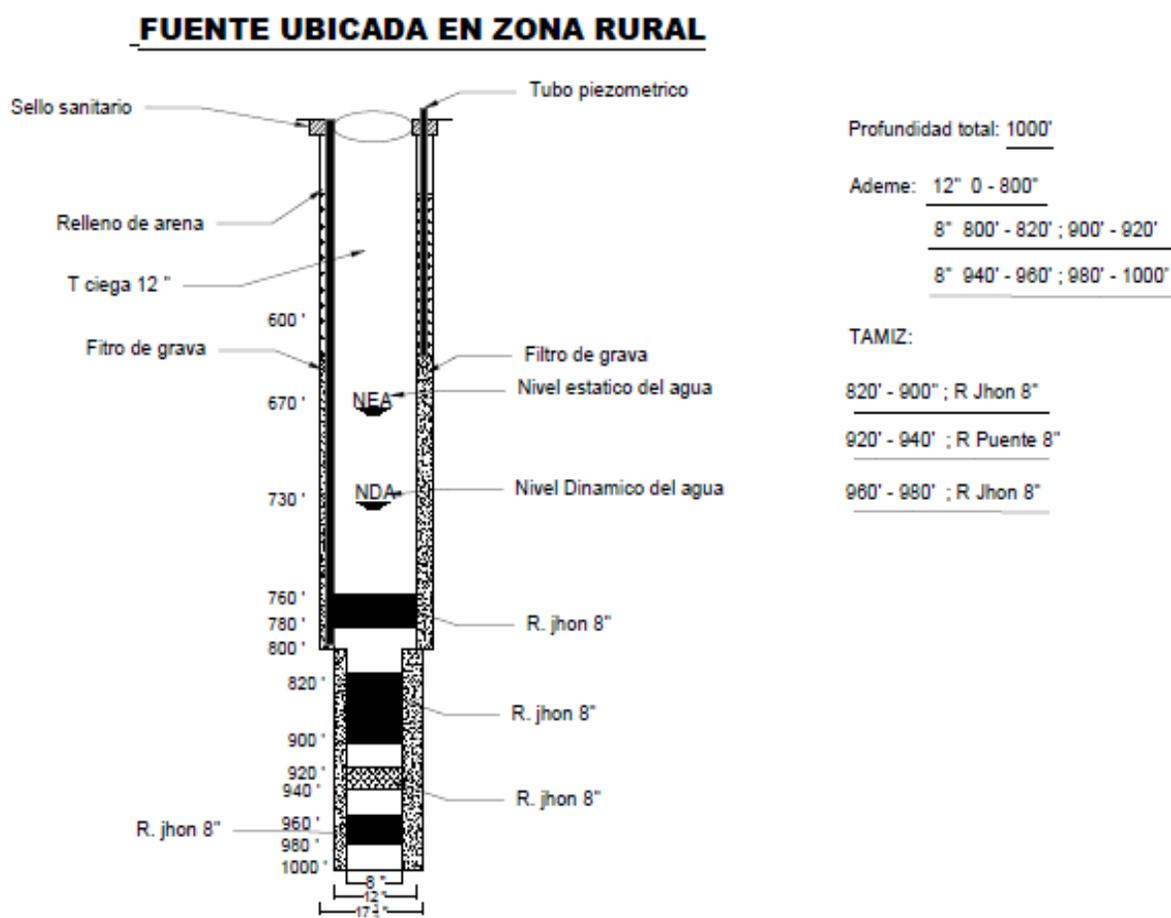
Fuente: Elaboración propia, 2016.

Ilustración 12: Prueba de bombeo software aquifer test

b) Fuente ubicada en la zona rural

Esta fuente está ubicada en una cota topográfica de 490 msnm, tiene cinco años de estar operando, no presenta descenso de agua, su caudal de bombeo es (249 gpm), es el mismo que se encuentra actualmente y **posee un buen rendimiento**.

En la ilustración número 13 se muestra la fuente ubicada en el área rural, esta fuente presenta pocos problemas y **está en buenas condiciones** debido a que tiene solo cinco años de operación. Esta figura representa nivel estático del agua, nivel de bombeo, entre otros datos.



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Ilustración 13: Fuente ubicada en casco rural

➤ Calidad del agua de la fuente rural

Como se muestra en la tabla número 11 los valores de **análisis físicos cumplen** con los requisitos y parámetros establecidos por la normativa de potabilización de agua. Es importante resaltar la similitud de los valores físicos de ambas fuentes.

Tabla 11: Calidad del agua, análisis físico, fuente rural

Análisis Físico				
Parámetro	Unidad	Recomendado	M. Admisible	Resultado de fuente
Turbiedad	NTU	1	5	0.14
Color	UC	1	15	ND
Apariencia	-	-	-	Clara
Sabor	-	0	(2-12°C,3-25°C)	ND
olor	-	0	(2-12°C,3-25°C)	ND
temperatura	°C	18-30	-	24.4

Fuente: Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL), 2016.

Esta fuente tiene **buena calidad de agua**, es importante mencionar que no cuenta con pruebas de bombeo, pero su estado es muy bueno.

Tabla 12: Calidad del agua, análisis químico, fuente rural

Análisis Químico				
Parámetro	unidad	Recomendado	M. Admisible	Resultado de fuente
Ph.	Adim.	-	-	8.00
Cond.eléctrica	µS/cm	400	-	254
Alcalinidad	Mg/l			122.3
Dureza	Mg/l	400	-	108.6
Índice de saturación	Adim.	-	-	0.427
Sodio (Na)	Mg/l	25	200	14.6
Calcio (Ca)	Mg/l	100	-	33.1
Magnesio (Mg)	Mg/l	30	50	6.3
Potasio (K)	Mg/l	-	10	4.3
Hierro total (Fe2+)	Mg/l	-	-	0.148
Bicarbonatos (HCO3)	Mg/l	-	-	149.1

Análisis Químico				
Parámetro	unidad	Recomendado	M. Admisible	Resultado de fuente
Carbonatos (CO3)	Mg/l	-	-	0.0
Hidroxilo (OH)	Mg/l		--	0.0
Cloruros (Cl)	Mg/l	25	250	13.9
Sulfatos (SO4)	Mg/l	25	250	6.46
Nitratos (NO3)	Mg/l	-	-	1.974
Nitritos (NO2)	mg/L	-	-	0.027
Flúor (F)	mg/L	-	-	0.33

Fuente: Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL), 2016.

- Sistema de desinfección utilizado en fuente urbana

(ENACAL i., 2016). El tipo de cloración utilizado en el municipio de El Rosario es por medio de la **cloración tipo gas**, este es inyectado en la tubería de la sarta material hf y diámetro de 4” que sale del pozo antes de llegar al tanque de almacenamiento.



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Ilustración 14: Sistema de desinfección utilizado.

En la ilustración número 14 se observa el tipo de cloración de manera gráfica, también se muestra como se inyecta la cloración gaseosa mediante un tubo de PVC de ½ pulgada a la tubería de la sarta material hierro fundido de 4 pulgadas.

El sistema de cloración está en **muy mal estado**, actualmente este no funciona y el consumo de agua es distribuido sin desinfección por lo tanto se requiere la reparación inmediata del equipo.

7.1.3.2. Equipos de bombeo

- Equipo de bombeo fuente urbana



Fuente: Foto tomada por E. Duarte, 2016.

Ilustración 15: Especificación de motor quemado y motor nuevo

(ENACAL i., 2016). En la ilustración número 15 se pueden observar las especificaciones para el motor sumergible que se quemó (imagen superior izquierda) y las especificaciones para el motor de reemplazo que se cambió (imagen superior derecha).

La bomba posee un tubo de hierro galvanizado (HG), con una columna de 3 pulgadas por 18 pies enflanchada y cable plano flexible de 3*1/0 pies. Entre otras características el equipo posee tubo PVC de 1 pulgada por 20 pies, sonda de nivel de 2*18 milímetro (mm) y empaque de asbesto cemento de 3 pulgadas.



Fuente: foto tomada por E. Duarte, 2016

Ilustración 16: Caseta eléctrica para control de equipo de bombeo

Según entrevista con el técnico de electromecánica de ENACAL Jinotepe el equipo de control eléctrico se encuentra operando correctamente, la caseta de proyección es de mampostería confinada y se encuentra en **buen estado**.

(ENACAL i. J., 2016), Esta fuente posee su respectivo equipo de bombeo, el cual se le practican constante revisión y chequeo general para la mejor y mayor funcionalidad de este. El último cheque a este pozo fue ejecutado el 6 de marzo del año 2014 bajo la responsabilidad del ing. Guillermo Cárdena responsable de electromecánica.

Es importante mencionar que la bomba que tenía la fuente se quemó, por esta razón se reemplazó con un equipo que tiene las mismas especificaciones. Esta bomba 174 Gpm, bomba marca G00105- de 16 etapas con una salida de 4 a 3 pulgadas y un eje de 1 pulgadas, dicha bomba consta con un motor de reemplazo marca Franklin Electric modelo 2366198125 de 60 hp con las siguientes especificaciones: 460 V, 3 PH, 60 HZ y 3450 RPH en 8 pulgadas.

➤ Equipo de bombeo fuente rural

(ENACAL i. J., 2016), La fuente ubicada en el área rural está compuesta por un motor tipo sumergible marca Franklin HP-75 con un voltaje de V-460 y una amplificación Amp-94 (serie-SN10419-02-800078). Esta bombea 249 Gpm, bomba tipo sumergible marca Goulds de 10 etapas con una salida de 6 a 4 pulgadas modelo tipo 7WALC-10. Entre otras características del equipo de bombeo; posee una columna de hierro fundido (HF) de 4 pulgadas por 20 pies, cable plano flexible de 3*10 pies, sonda para nivel 2*14 pies y un tubo PVC de ½ pulgada por 20 pies.

Es importante mencionar que la fuente de la zona rural bombea 249 gpm y su equipo de bombeo actualmente funciona correctamente operando de manera eficiente por lo tanto cumple con el caudal de bombeo requerido.

7.1.3.3. Línea de conducción

El municipio de El Rosario actualmente cuenta con dos líneas de conducción debido a sus dos fuentes. La línea de conducción de la fuente rural tiene 730 m de longitud, con un diámetro de cuatro pulgadas y su material es de PVC y la línea de conducción de la fuente urbana al tanque de almacenamiento de 6 m de longitud con diámetro de 4 pulgadas y es de PVC con entrada de hierro fundido al tanque de almacenamiento.

Es importante mencionar que la tubería de aducción es de **asbesto cemento se recomienda cambiarlas** de manera completa e inmediata, puesto que este material produce ciertas enfermedades en el organismo humano y afecta directamente al consumidor de este líquido.



Fuente: Foto tomada por E. Duarte, 2016
Ilustración 17: Línea de conducción, fuente área rural

En esta figura se muestra la línea de conducción que entra al tanque de la fuente del área rural, que se ha diagnosticado en **buen estado** debido a su corto tiempo de operación (cinco años), esta llega de PVC y entra como hierro fundido al tanque de almacenamiento. En la parte de atrás se puede observar la tubería que sale del tanque hacia la red de distribución.

La ilustración 18 representa la sarta de la fuente que se encuentra en este mismo sitio hasta el tanque, es importante resaltar que varios accesorios de esta sarta se encuentran en **mal estado** y algunos no funcionan.

Gran parte de la tubería está oxidada. Se puede ver al fondo la caseta de entrada en malas condiciones.



Fuente: Foto tomada por E. Duarte, 2016
Ilustración 18: Sarta de fuente urbana



Fuente: Foto tomada por E. Duarte, 2016
Ilustración 19: Fuente, manómetro, llave de paso y grifo ubicada en área urbana

Accesorios de sarta como el manómetro **no funciona, está deteriorado**. La llave de pase y grifo que se muestran en la ilustración 19 están en pésimo estado, ambas presentan fuga de agua.

Se recomienda el mantenimiento a los accesorios y reemplazo a los dañados además pintura anti-corrosiva a la sarta y tratamiento con samblante.



Fuente: Foto tomada por E. Duarte, 2016
Ilustración 20: Tubería de salida al tanque.

En la ilustración 20 se muestra la tubería de salida del tanque, se puede observar la fuga de agua de la válvula y el **mal estado** en la que se encuentra esta.

7.1.3.4. Tanque de almacenamiento

(ENACAL i. J., 2016), El municipio de El Rosario cuenta en la actualidad con un tanque de almacenamiento para sus dos fuentes subterráneas, dicho tanque fue contruido en el año 1996, el mismo año que se llevó a cabo la construcción de la fuente urbana.

El tanque de almacenamiento tiene una capacidad de 50,000 galones, con 6.1 metros de altura y 5.83 metros de diámetro y con 20 años de vida útil. El material que compone el tanque es de acero sobre un anillo de concreto.



*Fuente: Foto tomada por E. Duarte, 2016.
Ilustración 21: Tanque de almacenamiento*

➤ Estado del tanque de almacenamiento y sus componentes



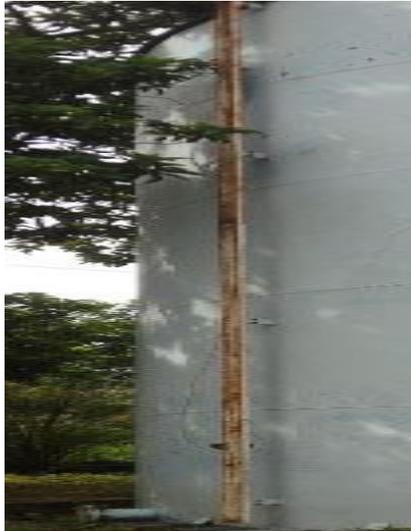
Fuente: Foto tomada por E. Duarte, 2016.

Ilustración 22: Tubería de rebose y techo del tanque de almacenamiento

En estas imágenes se puede observar que las láminas de acero del tanque se han oxidado y necesitan samblante para detener la corrosión. La imagen de la parte derecha muestra la tubería de rebose del tanque, la cual está igualmente oxidada.

Este tanque no ha recibido mantenimiento, ni limpieza interna. Su pintura está muy deteriorada, la bolla no funciona actualmente y accesorios como **la escalera está en malas condiciones** (ver ilustración 23).

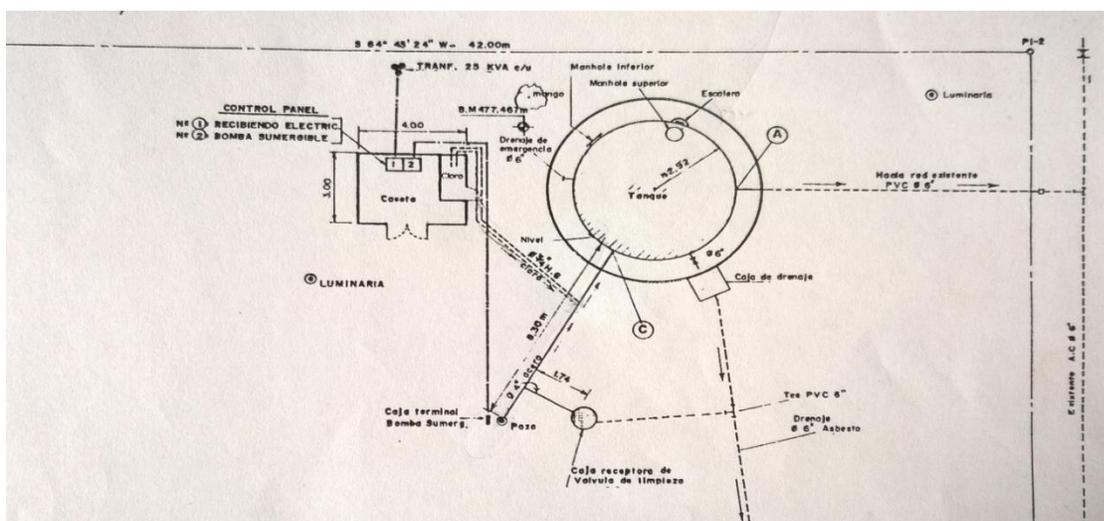
De manera general podemos diagnosticar que el tanque necesita mantenimiento como pintura anticorrosiva, limpieza interior con sandblasting, cambio de escalera y se recomienda ampliar la tubería de rebose a la parte inferior del tanque.



Fuente: Foto tomada por E. Duarte, 2016.

Ilustración 23: Boya y escalera del tanque de almacenamiento.

- Detalles técnicos del tanque de almacenamiento ubicado en el municipio



Fuente: ENACAL, 2016.

Ilustración 24: Detalle técnico de tanque de almacenamiento

7.1.3.5. Red de distribución

La ilustración 25 muestra la tubería que sale del tanque hasta la red de distribución, la cual es de hierro fundido y se encuentra en **buen estado**, pero necesita pintura anticorrosiva. Esta tubería llega a la red de distribución la cual está compuesta por tubería de $\Phi 6''$ hasta $\Phi 1''$ abastecida por tubería de $\Phi 6''$ que proviene del tanque, los materiales de tuberías son de PVC y asbesto cemento (AC).



Fuente: Foto tomada por E. Duarte, 2016.

Ilustración 25: Tubería saliente de tanque a red de distribución

En la tabla número 13 se muestra los diferentes diámetros que componen la red de distribución, la tubería con diámetro de 6 pulgadas es la línea de conducción que sale del tanque de almacenamiento.

Tabla 13: Longitud total por diámetros en red de distribución

Longitud totales por diámetros			
Tubería	1"	25 mm	967.74 m
Tubería	1 1/2 "	38 mm	2891.58 m
Tubería	2"	50 mm	10171.49 m
Tubería	3"	75 mm	5286.99 m
Tubería	4"	100 mm	4796.38 m
Tubería	6"	150 mm	113.53 m

Fuente: Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL), 2016.

El municipio en el área urbana cuenta con una red de distribución de 4 pulgadas de diámetro, con una longitud de 510 metros de tubería de asbesto cemento (AC), ubicado contiguo al parque. Se recomienda cambiar tubería de asbesto cemento a

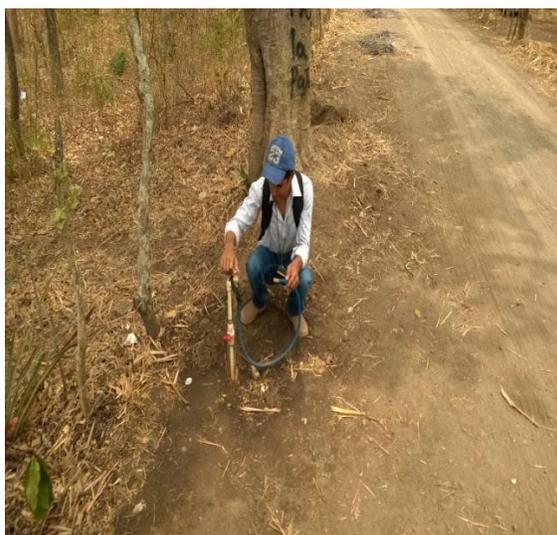
PVC, Cabe destacar que para el resto de área urbana existen más de 11,500 metros de tubería PVC de 2 pulgadas de diámetro.

➤ Problemática en red de distribución

Entre los principales problemas en la red de distribución destaca **presiones negativas** en la zona rural debido a diámetros menores dando como resultado gran cantidad de **pérdidas de agua**.

El problema de agua potable principalmente es sufrido por zonas rurales, según entrevista con los pobladores de la zona rural y valvulero de la empresa ENACAL, la población recibe el vital líquido 5 horas al día 2 veces por semana, esto es generado por diversos factores y uno de los principales es la falta de un diseño a futuro de un acueducto de agua potable eficiente.

En el reparto Divino Niño ubicado en el área rural actualmente existen 15 hogares, los cuales se abastecen de dos puestos públicos ubicados a orillas de la carretera, estos de media pulgada de diámetro, sin embargo, el vital líquido llega un día por semana a los pobladores de dicho sitio.



Fuente: Foto tomada por E. García, 2016.

Ilustración 26: Puesto público en reparto Divino Niño, sin flujo.

En la tabla número 14 se presentan los valores de agua no facturada para el año 2015, todo esto mensualmente según datos de la empresa nicaragüense de acueductos y alcantarillados (ENACAL), filial Jinotepe.

Tabla 14: Agua no facturada para el año 2015

Mes	Producción	Ventas	ANF (M3)	ANF (%)
Enero	54,482.57	15,724.16	38,758	71
Febrero	55,728.88	16,023.06	39,706	71
Marzo	56,574.12	16,150.64	40,423	71
Abril	41,339.00	16,239.87	25,099	61
Mayo	55,269.00	16,239.87	39,029	71
Junio	48,851.00	16,645.68	32,205	66
Julio	46,745.00	16,493.29	30,252	65
Agosto	45,213.00	17,793.44	27,420	61
Septiembre	31,142.93	18,102.92	13,040	42
Octubre	42,021.00	17,866.35	24,155	57
Noviembre	40,093.00	16,468.04	23,625	59
Diciembre	45,961.00	16,883.99	29,077	63

Fuente: Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL), 2015.

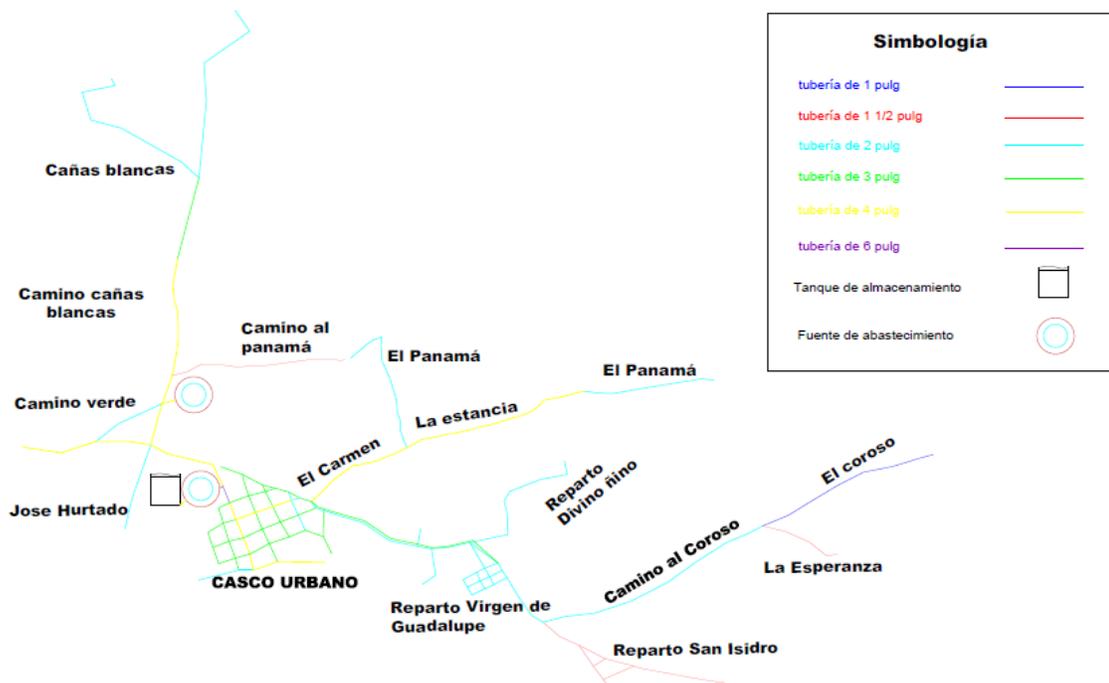
Estos datos son para el año 2015. En promedio el **63.17 %** del agua que producen las fuentes **es agua no facturada** en otras palabras, de 10 litros que genera la fuente, en promedio se pierden 6.317 litros. Estos se dan por diferentes razones, tales como: fugas en tuberías, falta de medidores domiciliarios, diámetros de tuberías no adecuados, etc.

Considerando los caudales de bombeo de ambas fuentes actualmente de **423** galones por minuto equivalente a 1650.15 m^3 al día y los tiempos de operación de cada equipo resulta: **63.17 %** es agua no facturada (ANF) según registros de ENACAL. La cantidad de agua no facturada representa 1042.4 m^3 , lo que quiere decir que más de la mitad de agua producida se pierde actualmente.

El ANF representa $31,272 \text{ m}^3$ por mes, cada metro cúbico de agua cuesta **0.25** dólares según ENACAL, esto quiere decir que al mes se pierde **7,709.4** dólares en pérdida de agua.

Proyectando estas pérdidas mensuales a pérdidas anuales sería de $375,264 \text{ m}^3$ equivalente a **93,816** dólares, analizando las pérdidas de agua con ANF del 20% el costo anual es de **29,702.7** dólares, anualmente se ahorraría **64,113.3** dólares.

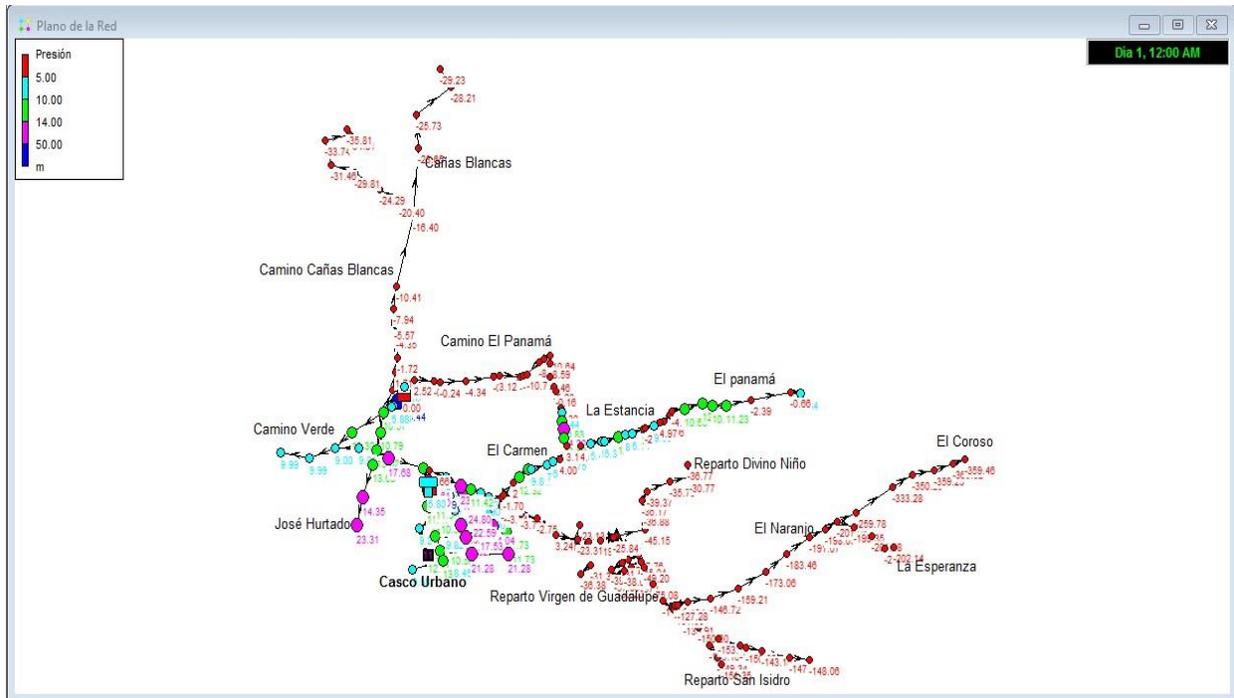
➤ Esquema del sistema de agua potable existente



Fuente: *Elaboración propia, 2016.*
 Ilustración 27: *Sistema de agua potable existente.*

En la ilustración 28 se muestra el sistema de agua potable existente, donde se puede observar los diámetros, también se muestra su tanque de almacenamiento de 50,000 galones con sus dos fuentes, funcionando como fuente-tanque-red. Se muestra la línea de conducción de 4 pulgadas.

➤ Presiones existentes en el sistema de agua potable

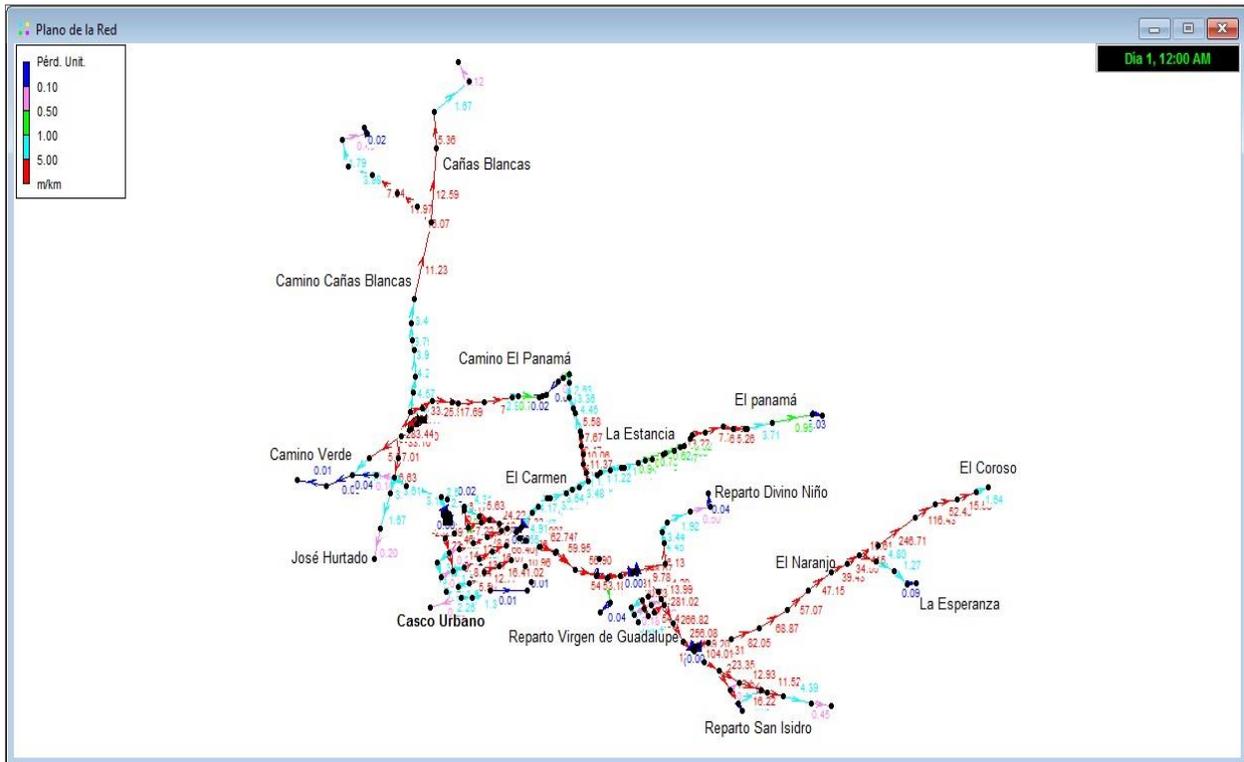


Fuente: Elaboración propia, 2016.

Ilustración 28: Presiones actuales en tubería de agua potable

En la ilustración número 28 se pueden apreciar las presiones en el sistema de agua potable existente. (Ver anexo número 4, resultados de presiones existentes en la red). Según el análisis hidráulicos se destacan presiones residuales negativas en su mayoría en los sectores rurales como: La Esperanza, El Coroso, Reparto Divino Niño, Reparto Virgen de Guadalupe, Cañas Blancas, lo que da como resultado una mala continuidad del servicio de agua potable.

➤ Pérdidas existentes en el sistema de agua potable



Fuente: *Elaboración propia, 2016.*

Ilustración 29: Pérdidas actuales en tubería de agua potable

La ilustración número 29 muestra las pérdidas en el sistema de abastecimiento, uno de los mayores problemas en este acueducto es la cantidad elevada de pérdidas dadas por factores tales como: **fugas, fricciones en diámetros** entre otros. (Ver anexo número 5, resultados de pérdidas en la red existente).

Los mayores problemas de pérdidas se dan en zonas rurales: Reparto Virgen de Guadalupe, El Naranjo, Reparto San Isidro, La Esperanza, El Coroso. El valor máximo de pérdidas es de 120.37 m/km y el valor promedio de pérdidas es de 62.9 m/km.

- Continuidad en el sistema por comunidad

Tabla 15: Continuidad del sistema por comunidad

Continuidad del Servicio		
Comunidad	Horas de servicio	Cada cuanto
El Panamá	24 horas	Cada 5 días
Virgen de Guadalupe	48 horas	Cada 5 días
San Isidro	24 horas	Cada 5 días
El Naranjo	24 horas	Cada 5 días
Cañas Blancas	7 horas	Diarias
Casco Urbano	24 horas	Diarias

Fuente: Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL), 2016.

En la tabla número 15 se muestra la continuidad del servicio para las comunidades rurales y el casco urbano.

7.2. REDISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE

El sistema propuesto incluye dos fuentes, la fuente ubicada en la periferie del casco urbano la cual produce un caudal de 174 gpm, este caudal es impulsado mediante una línea de conducción de 6 m al tanque existente. La fuente ubicada en el área rural bombeará 249 gpm al tanque propuesto con capacidad de 126,200 galones en el punto más alto.

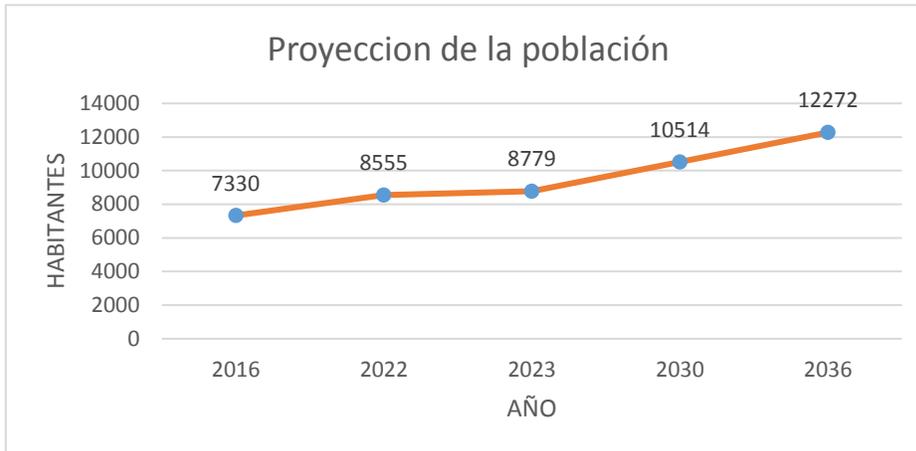
A continuación, se presenta la memoria de cálculo.

7.2.1. Proyección de la población

Aplicación de ecuación (1):

$$P_{proy} = 7330(1 + 0.0261)^{(2036-2016)}$$

$$P_{proy} = 12,272 \text{ habitantes}$$



Fuente: *Elaboración propia, 2016.*

Ilustración 30: Proyección de la población

7.2.2. Determinación del caudal (Q) de diseño

En el casco urbano la población actual es de 3782 habitantes y proyectándola al año 2036 es de 6332 habitantes, según la Norma Técnica de Diseño y Potabilización de agua la dotación es de 75 IPPD y para el año 2027 la población supera los 5000 habitantes por lo tanto la dotación es de 95 IPPD. Con un demanda de consumo máximo diario de 13.41 lps para el último año (2036).

En la zona rural la población actual es de 3548 habitantes y proyectándola al año 2036 es de 5940 habitantes, según las Normas Rurales para sistema de abastecimiento de agua potable por medio de conexiones domiciliarias se asignará una dotación de 60 IPPD, teniendo una demanda de consumo máximo diario de 7.94 lps. Sumando ambos consumos (13.41+7.94) lps, resulta 21.35 lps lo cual es inferior a los 25.99 lps.

Considerando ambas poblaciones tiene un total de 7330 habitantes y para los cálculos del caudal de diseño se utilizó la dotación de 95 IPPD para el casco urbano y zona rural, la cual es capaz de abastecer la demanda del consumo máximo diario que necesita la población al último año proyectado.

A continuación se da conocer la justificación técnica de la dotación de 95 lppd

Estimación de consumos

Aplicando la dotación normada por INAA para la población del horizonte de diseño en el área de estudio, se obtiene que la dotación domiciliar es:

- Dotación para casco urbano: 95 lppd (según NTON 09 033-99)
- Dotación para zona rural: 60 lppd (según normas rurales)
- Dotación promedio ponderada para ambas zonas resulta de 78.06 lppd

El valor de dotación promedio ponderada resulta de 78.06 lppd lo que indica que si se empleará para el cálculo del consumo entrega los mismos valores que si se utilizara la dotación independiente para cada zona de estudio, este valor se obtiene de la siguiente forma:

Tabla 16: Dotación promedio ponderada (lppd)

Zona de estudio	Dotación (lppd)	Población		Porcentaje de población	Dotación ponderada (lppd)
		Base	Proyectado		
Urbana	95	3782	6332	51.6 %	49.02
Rural	60	3548	5940	48.4 %	29.04
Total		7330	12272		78.06

Fuente: Elaboración propia, 2016

La dotación ponderada resulta de multiplicar la dotación por el porcentaje de cada población y luego se suma, este proceso permite obtener los mismos resultados de consumos que realizando las operaciones por separados en cada localidad.

Considerando la zona de proyección del área de estudio que une lo urbano de lo rural, las condiciones socioeconómicas de ambas zonas y la capacidad instalada actual de oferta de agua, se propone emplear una dotación de **95 lppd** siendo ésta la cercana superior de la normativa de INAA a la dotación promedio ponderada calculada.

7.2.2.1. Aplicación de los parámetros de diseño

Se presenta los cálculos para un año específico (2036) de parámetros de diseño y en la tabla número 17 se muestra los cálculos para los 20 años.

$$CD_{2036} = (12272 \text{ hab} * 95 \text{ l/dia}) / (86400 \text{ seg/dia})$$

$$CD_{2036} = 13.494 \text{ l/seg}$$

$$CC_{2036} = (13.494 \text{ l/seg}) * (0.07)$$

$$CC_{2036} = 0.945 \text{ l/seg}$$

$$CP_{2036} = (13.494 \text{ l/seg}) * (0.07)$$

$$CP_{2036} = 0.945 \text{ l/seg}$$

$$CI_{2036} = (13.494 \text{ l/seg}) * (0.02)$$

$$CI_{2036} = 0.270 \text{ l/seg}$$

$$CPD_{2036} = (13.494 \text{ l/seg}) + (0.9451 \text{ l/seg})$$

$$CPD_{2036} = 14.437 \text{ l/seg}$$

$$PF_{2036} = (14.437 \text{ l/seg}) * (0.20)$$

$$PF_{2036} = 2.887 \text{ l/seg}$$

$$CPDT_{2036} = (13.494 \text{ l/seg}) + (0.9451 \text{ l/seg}) + (2.887 \text{ l/seg})$$

$$CPDT_{2036} = 17.326 \text{ l/seg}$$

$$CMD_{2036} = (1.5)(17.326 \text{ l/seg})$$

$$CMD_{2036} = 25.989 \text{ l/seg}$$

$$CMH_{2036} = (2.5)(17.326 \text{ l/seg}) = CMH_{2036} = 43.315 \text{ l/seg}$$

Tabla 17: Tabla de consumo

Tabla de consumo Municipio de El Rosario- Departamento de Carazo										
Año	Población	Dotación (lppd)	Consumo doméstico (lps)	Q institucional (lps)	Q comercial (lps)	CPD (lps)	Pérdidas (lps)	CPDT (lps)	CMD (lps)	CMH (lps)
2016	7330	95	8.059606	0.564172	0.564172	8.623779	1.724756	10.348535	15.522802	25.871337
2017	7521	95	8.269962	0.578897	0.578897	8.848860	1.769772	10.618631	15.927947	26.546579
2018	7718	95	8.485808	0.594007	0.594007	9.079815	1.815963	10.895778	16.343667	27.239444
2019	7919	95	8.707288	0.609510	0.609510	9.316798	1.863360	11.180158	16.770236	27.950394
2020	8126	95	8.934548	0.625418	0.625418	9.559966	1.911993	11.471960	17.207940	28.679899
2021	8338	95	9.167740	0.641742	0.641742	9.809482	1.961896	11.771378	17.657067	29.428445
2022	8555	95	9.407018	0.658491	0.658491	10.065509	2.013102	12.078611	18.117916	30.196527
2023	8779	95	9.652541	0.675678	0.675678	10.328219	2.065644	12.393863	18.590794	30.984656
2024	9008	95	9.904472	0.693313	0.693313	10.597785	2.119557	12.717342	19.076014	31.793356
2025	9243	95	10.162979	0.711409	0.711409	10.874387	2.174877	13.049265	19.573897	32.623162
2026	9484	95	10.428233	0.729976	0.729976	11.158209	2.231642	13.389851	20.084776	33.474627
2027	9732	95	10.700410	0.749029	0.749029	11.449438	2.289888	13.739326	20.608989	34.348315
2028	9986	95	10.979690	0.768578	0.768578	11.748269	2.349654	14.097922	21.146883	35.244806
2029	10246	95	11.266260	0.788638	0.788638	12.054898	2.410980	14.465878	21.698817	36.164695
2030	10514	95	11.560310	0.809222	0.809222	12.369531	2.473906	14.843437	22.265156	37.108594
2031	10788	95	11.862034	0.830342	0.830342	12.692376	2.538475	15.230851	22.846277	38.077128
2032	11070	95	12.171633	0.852014	0.852014	13.023647	2.604729	15.628376	23.442565	39.070941
2033	11359	95	12.489312	0.874252	0.874252	13.363564	2.672713	16.036277	24.054416	40.090693
2034	11655	95	12.815283	0.897070	0.897070	13.712353	2.742471	16.454824	24.682236	41.137060
2035	11959	95	13.149762	0.920483	0.920483	14.070246	2.814049	16.884295	25.326442	42.210737
2036	12272	95	13.492971	0.944508	0.944508	14.437479	2.887496	17.324975	25.987462	43.312437

Fuente: Elaboración propia, (2016).

Tabla 18: Consumos oferta-demanda

CPDT (lps)	17.325
CMD (lps)	25.987462
CMH (lps)	43.312437
Oferta actual (lps)	26.84 (423 gpm)
Balance oferta-demanda (lps)	0.697 (11.05 gpm)

Fuente: Elaboración propia, 2016.



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Ilustración 31: Consumo máximo diario

7.2.3. Dimensionamiento del tanque de almacenamiento

En cualquier proyecto referido al diseño o rediseño de un sistema de abastecimiento de agua potable (SAAP), es indispensable y necesario tomar en cuenta el almacenamiento, con el objetivo de hacer frente a diferentes problemas, tales como: mantenimiento al sistema, suplir demandas máximas que se presentan en la vida útil, tener reservas en caso de cortes energéticos e incendios.

- ✓ Volumen de almacenamiento

Consumo Promedio Diario Total (CPDT)= 17.324975 lps

Aplicación ecuación (2):

$$CPDT_{(m^3)} = ((17.324975l/s) * (86400 S/1 dia))/1000$$

$$CPDT_{(m^3)} = 1496.878 m^3 / dia$$

➤ Volumen Compensador (V_{com})

Aplicación ecuación (3)

$$V_{comp} = (1496.878 \text{ m}^3/\text{dia})(0.25)$$

$$V_{comp} = 374.220 \text{ m}^3$$

➤ Volumen de Emergencia

Aplicación ecuación (4):

$$V_e = (1496.878 \text{ m}^3/\text{dia})(0.15)$$

$$V_e = 224.532 \text{ m}^3$$

➤ Volumen de Incendio

$$V_{inc} = 2 \text{ hr} * 1 \text{ toma de } 150 \frac{\text{gln}}{\text{min}} * 60 \frac{\text{min}}{1\text{hr}}$$

$$V_{inc} = 18,000 \text{ glns}$$

➤ Volumen almacenamiento final

Aplicación ecuación (5):

$$V_{alm} = 0.4 * 1496.878 \text{ m}^3/\text{dia} = 598.75 \text{ m}^3 = 158173.016 \text{ glns} + 18,000 \text{ glns}$$

$$V_{alm} = 176,173.016 \text{ glns}$$

$$V_{alm \text{ final}} = 176,173.016 \text{ glns} - 50000 \text{ glns tanque existente} = 126,173.016$$

$$V_{alm \text{ final}} = 126,200 \text{ Glns} = 477.719 \text{ m}^3$$

➤ Cálculos de las dimensiones del tanque

El tanque de almacenamiento tendrá sus dimensiones basadas en su diámetro, altura y en este caso cota más alta de la topografía.

➤ Diámetro del tanque

Aplicación ecuación (6):

$$\theta = \sqrt[3]{\frac{4(477.719 \text{ m}^3)}{\pi}}$$

$$\theta = 8.47 \text{ m} \approx 8 \text{ metros}$$

➤ Altura del Tanque

Aplicación ecuación (7):

$$\text{ancho de lamina} = 1.22 \text{ metros}$$

$$\text{número de láminas} = \frac{8.47 \text{ m}}{1.22 \text{ m}} = 6.94 \approx 7$$

$$h = 8.54 \text{ metros}$$

7.2.4. Línea de conducción

Es importante mencionar que para el rediseño se tomó en cuenta el diseño existente de línea de conducción. La tubería de succión es de material hierro fundido (HF), dentro de la fuente subterránea con 4 pulgadas de diámetro por 18 pies (ft) de longitud que equivale a 5.486 metros. La línea de conducción posee un diámetro de 4 pulgadas y una longitud de 6 metros.

El pozo número dos ubicado en el área rural posee un tubo de succión de hierro fundido (HF) de 4 pulgadas por 20 pies (ft), equivalente a 6.096 metros. Con una línea de conducción de 4 pulgadas con una longitud de 730 metros de PVC, que va desde la fuente hasta el tanque de almacenamiento.

La línea de conducción del rediseño se instalará en el pozo de la zona rural con 6 pulgadas de diámetro y una longitud de 2225.91 metros, esta abastecerá el nuevo tanque de almacenamiento, para suplir la demanda poblacional.

La línea de conducción que se instalará será de material P.V.C, puesto que su instalación es más fácil y esta soporta las presiones del sistema. El diámetro será de 6 pulgadas, según el análisis económico y simulado en el software Epanet satisface las pérdidas y presiones establecidas en la Norma Técnica para diseño y potabilización de agua.

- Calculo de golpe de ariete para cierre instantáneo

Golpe de ariete para fuente que va del pozo en zona rural hasta el tanque propuesto.

Antes de calcular golpe de ariete, se deben tomar en cuenta los siguientes parámetros y se muestran sus cálculos:

Calculando velocidad (V) en tubería de conducción:

Aplicando ecuación (18):

$$V = \frac{(4)(0.01571)}{(\pi)(0.15^2)}$$

$$V = 0.9 \text{ m/s}$$

Calculando altura geométrica (Hm):

Aplicando ecuación (8):

$$Hg = [(517 \text{ m} + 8.54 \text{ m}) - (490 \text{ m})]$$

$$Hg = 35.54 \text{ m}$$

Calculando altura manométrica (Hm):

Aplicando ecuación (9):

$$Hm = 35.54 \text{ m} + 10.86 \text{ m}$$

$$Hm = 46.4 \text{ m}$$

Valor 10.86 m ver tabla 24

Calculando pendiente (P):

Aplicando ecuación (10):

$$p = \frac{46.4 \text{ m}}{2225.91 \text{ m}}$$

$$p = 0.021$$

✚ Criterio: cuando la longitud > 1500; entonces K= 1

✚ Criterio: cuando la pendiente < 0.2; entonces C= 1

Tiempo de parada (T):

Aplicando ecuación (11):

$$T = 1 + \left[\frac{[(1) * (2225.91) * (0.9)]}{(9.81) * (46.4)} \right]$$

$$T = 4.40 \text{ seg}$$

Celeridad (a):

Aplicando ecuación (12):

$$a = \frac{9900}{\sqrt{(48.3) + (33.3) \left(\frac{155.32}{6.48} \right)}}$$

$$a = 340.13 \text{ m/seg}$$

Longitud crítica (Lc):

Aplicando ecuación (13):

$$Lc = \frac{(340.13) * (4.40)}{2}$$

$$Lc = 748.286 \text{ m}$$

✚ **Criterios**

Caso 1. Longitud < longitud crítica; por lo tanto la impulsión es corta, cierre lento.

Caso 2. Longitud > longitud crítica; por lo tanto, la impulsión es larga, cierre rápido.

$2225.91 \text{ m} > 748.286 \text{ m}$; Cumple con el caso 2

Calculo de sobrepresión (ΔH) con ecuación de Allievi:

Aplicando ecuación (14):

$$\Delta H = \frac{(340.13)(0.90)}{9.81}$$

$$\Delta H = 31.20 \text{ m}$$

Calculo de presión máxima (P_{max}):

Aplicando ecuación (15):

$$P_{max} = 35.54 + 31.20$$

$$P_{max} = 66.74 \text{ m}$$

$$P_{max} = 94.904 \text{ Psi} < 160 \text{ Psi}, P_{max} \text{ SDR} - 26 \text{ } \phi 6''$$

Por esta razón se recomienda usar tubería PVC SDR-26 puesto que esta resiste las máximas presiones en tubería.

7.2.4.1. Pérdidas en la fuente existente zona rural al tanque de almacenamiento propuesto.

Las pérdidas totales en el sistema serán la sumatoria de pérdidas en succión, pérdidas en la sarta y pérdidas en línea de descarga o conducción.

➤ Pérdidas en succión

Las pérdidas en succión o llamadas también pérdidas de carga en el pozo, están definida por la siguiente manera:

Tabla 19: Pérdidas por accesorios

Pérdida de carga en succión por accesorios			
Cantidad	Accesorio	Coeficiente K	Pérdidas accesorios
1	Válvula de pie con alcachofa tipo disco de bisagra	2.27	0.093 m
3	Rejillas	2.5	0.103 m
	Suma		0.196 m

Fuente: *Elaboración propia, 2016.*

- Pérdidas por longitud de tubería

Aplicación ecuación (23):

$$H_f = \frac{(10.67) \left(\frac{0.01571}{130} \right)^{1.852} (222.854)}{(0.1)^{4.87}} = 9.78 \text{ m}$$

Pérdidas de carga total en tubería de succión:

Estas pérdidas en el pozo se calculan mediante la suma de las pérdidas por accesorios más las pérdidas por longitud:

$$H_f \text{ pozo} = 0.196 \text{ m} + 9.78 \text{ m} = 9.976 \text{ m}$$

La normativa para diseño y potabilización de agua (NTON), establece que el 5% de la longitud de succión será mayor que las pérdidas por succión:

5% Longitud succión > pérdidas succión

$$11.1 \text{ m} > 9.976 \text{ m}$$

- Datos de sarta existente en fuente rural

Tabla 20: Especificaciones de la sarta fuente rural

Datos de la sarta	
Material	Hierro fundido (HF)
Diámetro de la sarta	4 pulgadas
Longitud	6 metros

Fuente: *Elaboración propia, 2016.*

- Cálculo de las pérdidas de carga en la sarta

Tabla 21: Pérdidas por accesorios en la sarta

Pérdidas de carga en la sarta por accesorios			
Cantidad	Accesorio	Coefficiente K	Pérdidas accesorios
2	Codos de 45 grados	0.78	0.064 m
1	Medidor	2.5	0.206 m
3	Válvulas de compuerta	0.2	0.016 m
1	Manómetro	1.75	0.144 m
1	Válvula de alivio	1.35	0.111 m
1	Válvula de retención (check)	1.5	0.124 m
	Suma		0.667 m

Fuente: *Elaboración propia, 2016.*

- Pérdidas de carga por longitud de tubería

Aplicación ecuación (25):

$$H_f = \frac{(10.67) \left(\frac{0.01571}{130} \right)^{1.852} (6)}{(0.1)^{4.87}} = 0.263 \text{ m}$$

Las pérdidas de carga total en sarta:

Estas pérdidas en la sarta se calculan mediante la suma de pérdidas por accesorios más las pérdidas por longitud:

$$H_f \text{ sarta} = 0.667 \text{ m} + 0.263 \text{ m}$$

$$H_f \text{ sarta} = 0.930 \text{ m}$$

- Datos para línea de conducción o línea de descarga

Tabla 22: Especificaciones línea de conducción

Datos de la sarta	
Material	Hierro fundido (HF)
Diámetro de la sarta	4 pulgadas
Longitud	2225.91 m

Fuente: *Elaboración propia, 2016.*

- Cálculo de las pérdidas por accesorios en tubería de conducción

Tabla 23: Pérdidas por accesorios en tubería de conducción

Pérdidas de carga en la tubería de conducción			
Cantidad	Accesorio	Coeficiente K	Pérdidas accesorios
2	Válvulas de aire	0.8	0.066 m
6	Codos de 90 grados	1.5	0.372 m
2	Válvulas de compuerta	0.24	0.020 m
	suma		0.457 m

Fuente: *Elaboración propia, 2016.*

- Pérdidas por longitud en tubería de conducción

Aplicación ecuación (28):

$$H_f = \frac{(10.67) \left(\frac{0.01571}{130}\right)^{1.852} (2225.91)}{(0.15)^{4.87}}$$

$$H_f = 10.404 \text{ m}$$

Las pérdidas de carga total en tubería de conducción:

Estas pérdidas en la tubería de conducción se calculan mediante la suma de las pérdidas por accesorios más las pérdidas por longitud:

$$H_f \text{ tub. conducción} = 0.457 \text{ m} + 10.404 \text{ m}$$

$$H_f \text{ tub. conducción} = 10.861 \text{ m}$$

- Sumatoria de pérdidas por accesorios y longitud

Aplicación ecuación (29):

$$H_{p_{total}} = 9.976 \text{ m} + 0.930 \text{ m} + 10.861 \text{ m}$$

$$H_{p_{total}} = 21.769 \text{ m}$$

Tabla 24: Pérdidas de fuente rural al tanque propuesto

Tipo de pérdida	Cantidad
Por succión	9.976 m
En la sarta	0.930 m
Tubería de conducción	10.861 m
Σ pérdidas	21.796 m

Fuente: *Elaboración propia, 2016.*

- Carga total dinámica (CTD)

Aplicación ecuación (30):

$$CTD = 21.796 + 249.854$$

$$CTD = 271.623 \text{ m} \approx 890.924 \text{ pies}$$

- Cálculo de potencia de bomba-motor

Tabla 25: Datos de la potencia bombo-motor

Datos de entrada	
Caudal de bombeo	249 GPM
Carga total dinámica	890.924 pies

Fuente: *Elaboración propia, 2016.*

Aplicación ecuación (31):

$$P = \frac{(249 * 890.924)}{(3960 * 0.90)}$$

$$P = 62.24 \text{ hp} = 75 \text{ hp}$$

Según la normativa, la potencia del motor será 1.2 de la potencia de la bomba.

$P_{motor} = 75 * 1.2 = 90 \text{ hp} = 100 \text{ hp}$, Se recomienda cambiar el equipo de bombeo 75 hp a un equipo de bombeo de 100 hp el cual cumple con el caudal y carga total dinámica, igualmente la revisión de paneles de controles y suministro de energía.

7.2.5. Elección diámetro económico

Para la elección de diámetro económico se tomó en cuenta factores tales como potencia de bomba para diferentes diámetros, el consumo de energía anual y el deslizamiento de moneda para poder tener resultados del diámetro más económico cumpliendo con el diseño en el software Epanet.

En la tabla 26 se muestra los datos y análisis anteriormente mencionados:

Datos	
Factor HP a KWH	0.746
costo de 1 kwh (cord)	2.1383
Potencia bomba	75,80,100
Horas de bombeo	18

Tabla 26: Elección de diámetro económico

Diámetros	Potencia	Consumo de energía anual	Deslizamiento anual
8 "	75 Hp	786020.9045	4.50%
6"	100 Hp	838422.2981	4.50%

Fuente: *Elaboración propia, 2016.*

Para la tubería de 8 pulgadas la potencia calculada es de 74.028 hp, lo cual equivale a 75 hp, con 6 pulgadas de diámetro en línea de conducción la potencia es igual a 76.25 hp equivalente a 100 hp comercial.

Se concluye utilizar el diámetro de 6 pulgadas con una potencia de bomba de 75 hp y 100 hp para su motor.

Costos de operación anuales para un tiempo de diez años

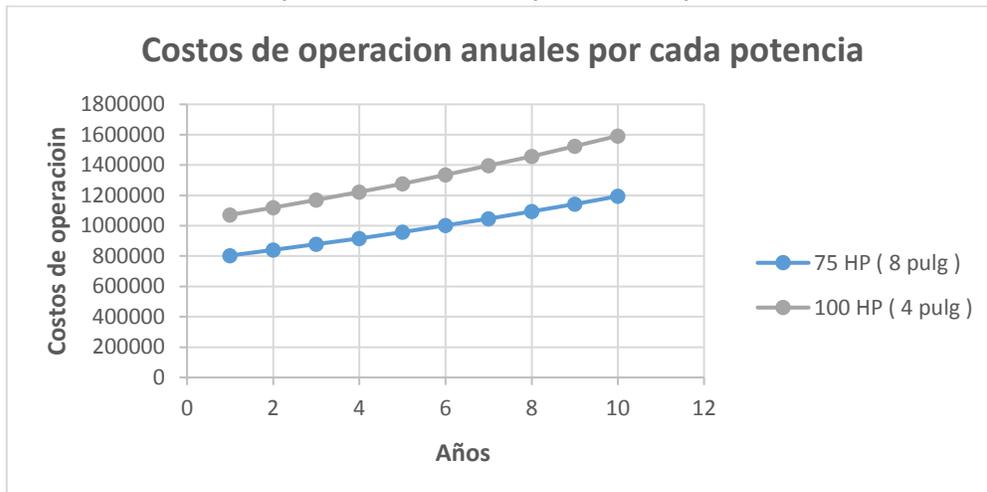
Tabla 27: Costos para diez años según la potencia

Costos de operación anual (75 HP)		Costos de operación anual (100 HP)	
Año 1	803706.3748	Año 1	1071608.5
Año 2	839873.1617	Año 2	1119830.882
Año 3	877667.4539	Año 3	1170223.272
Año 4	917162.4894	Año 4	1222883.319
Año 5	958434.8014	Año 5	1277913.069
Año 6	1001564.367	Año 6	1335419.157
Año 7	1046634.764	Año 7	1395513.019
Año 8	1093733.328	Año 8	1458311.104
Año 9	1142951.328	Año 9	1523935.104
Año 10	1194384.138	Año 10	1592512.184
Total	9876112.207	Total	13168149.61

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Los costos de operación obtenidos en el análisis muestran que el diámetro de 6 pulgadas es económicamente útil y este mismo diámetro cumple con los factores importantes tales como: Velocidad, presión y pérdidas en tuberías.

➤ Costos de operación anuales para cada potencia



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Ilustración 32: Costos de operación anuales por potencia

7.2.6. Sistema de desinfección propuesto en la fuente rural

La fuente de la zona rural no tiene sistema de desinfección por lo tanto se propone un sistema de cloración tipo gaseoso como se muestra en la tabla número 28.

Tabla 28: Tipo de cloración

Cloración Tipo Gaseoso		
Descripción	Unidad	Valor
Q de diseño	lt/hr	56547.9
Dosificación	mg/lt	2
Concentración de solución	mg/lt	3500
Q de agua a inyectar	lb/dia	32.313086
Valor constante		3.6
Capacidad del dosificador	g/seg	113.0958
Capacidad del dosificador	lb/dia	5.9714582
se usará una potencia de bomba booster de 3/4 hp, para impulsar la cloración		

Fuente: Elaboración propia, 2016.

7.2.7. Diseño de la red de distribución

La red de distribución de proyecto para un periodo de 20 años y fue analizada hidráulicamente bajo la condición de consumo de máxima hora para el final de periodo de diseño (año 2036). De acuerdo a la configuración conceptual del proyecto, la red de distribución estará abastecida directamente del tanque de almacenamiento, mediante la fuerza de la gravedad.

Para los cálculos de diámetro, velocidades y presiones residuales, se utilizaron: La ecuación de continuidad y la fórmula de Hazen & Williams. Se complementó la iteración de caudales utilizando el programa para computadora EPANET, el cual desarrolla la metodología de Hardy Cross mediante iteraciones sucesivas.

Se han previsto en la red de distribución, dispositivos de limpieza, válvulas de control hidráulicas, válvulas de aire y vacío e hidrante contra incendio, todos interactuando en el sistema conjunto propuesto, a fin de asegurar un buen funcionamiento y facilitar su mantenimiento.

7.2.8. Análisis de la red de distribución

La red de distribución del presente estudio se diseñó para el escenario más pesimista, el cual es el consumo máximo hora (CMH), ya que este valor supera al valor determinado con el escenario consumo máximo día más incendio (CMD + Incendio), a continuación, se detalla lo antes mencionado:

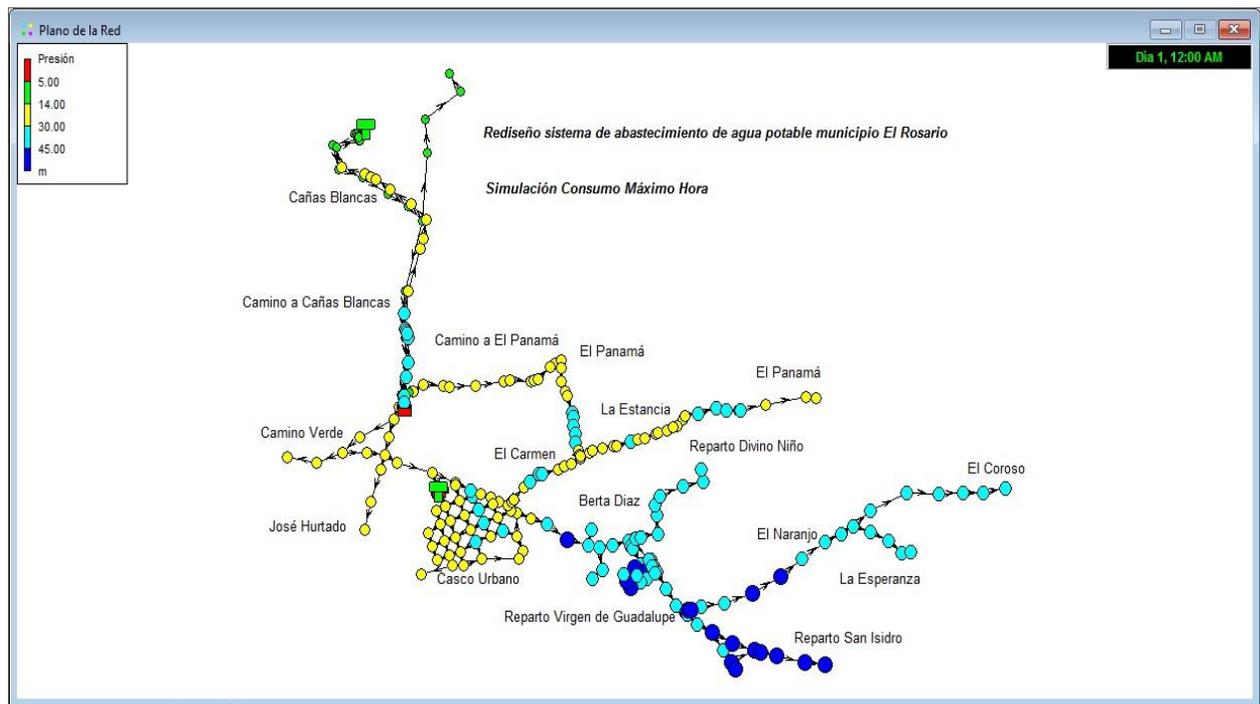
1. CMH= 43.33 lps
2. CMD + Incendio= 25.98+9= 34.98 lps

Por lo tanto, gobierna 43.3 lps del consumo máximo hora (CMH), de igual manera se realizó el análisis sin consumo en la red para determinar las presiones máximas.

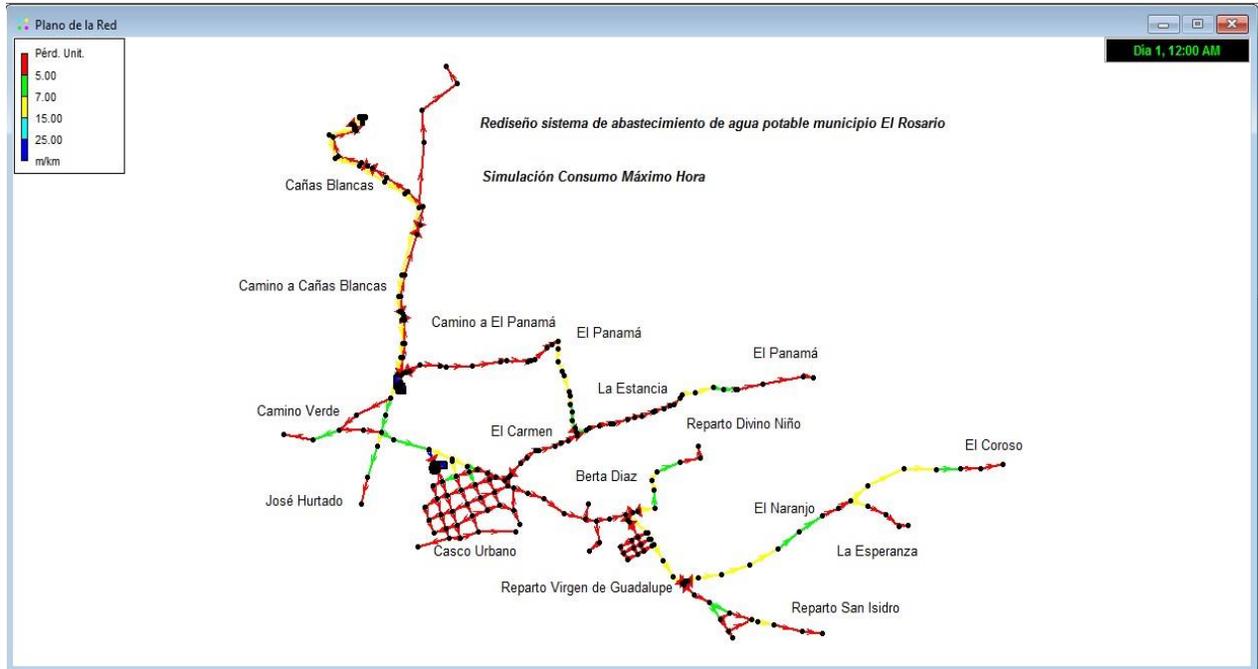
Condición: Consumo máximo hora, para fin del periodo de diseño (año 2036)

Se analizó la red de distribución mediante un esquema de 204 nodos de consumos. El caudal de consumo máximo hora es igual a 686.59 gpm (43.33 lps) y se distribuyó en cada nodo de consumo.

En la ilustración 33 y 34 se muestra los resultados del análisis hidráulico simulado con la condición de consumo máximo hora de la red de distribución realizado mediante el programa de computadora EPANET.



Fuente: *Elaboración propia, 2016.*
 Ilustración 33: *Presiones nodales CMH*



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Ilustración 34: Pérdidas en tubería CMH

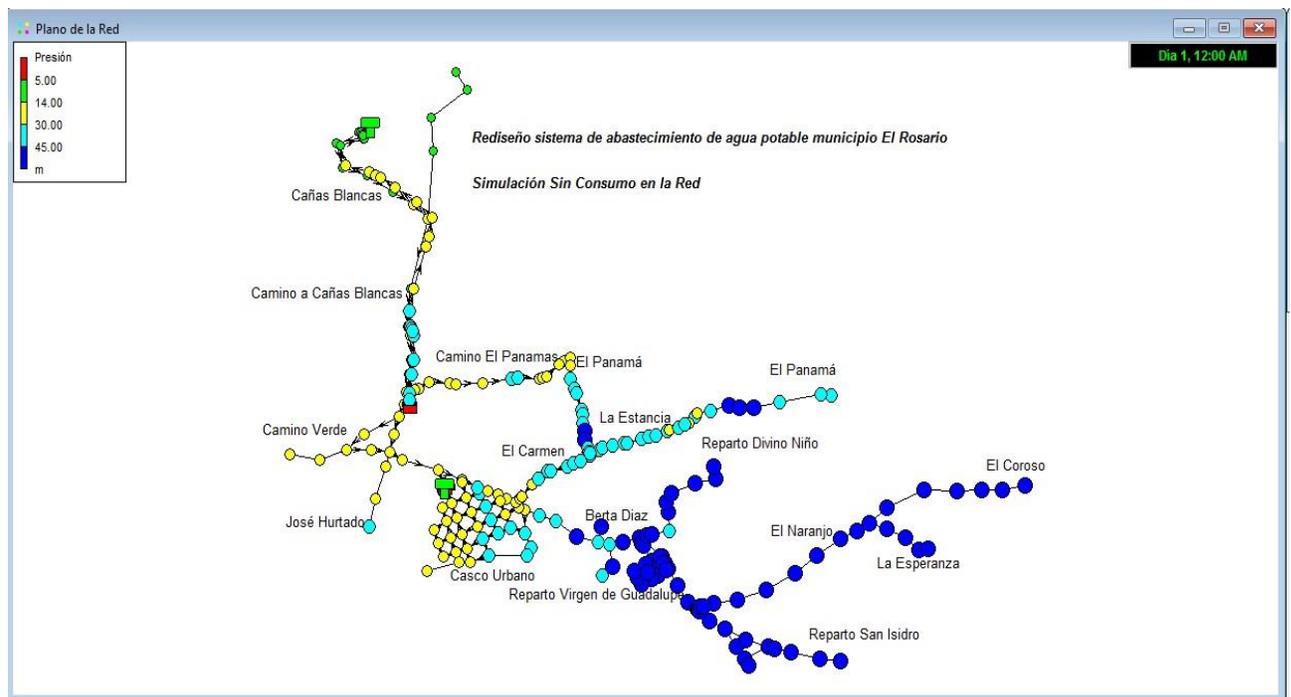
Las presiones residuales obtenidas en el casco urbano varían desde una presión mínima de 15.91 m y máxima de 35.81 m, la cuales están en los rangos de presión establecidos por Normas Técnicas para el Diseño de Abastecimiento y Potabilización de Agua (NTON 09 003-99), en la zona rural las presiones residuales obtenidas varían desde una presión mínima de 5.92 m y una presión máxima de 52.56 m, la cuales están en los rangos de presión establecidos por Normas Rurales, por lo tanto, los diámetros propuestos son adecuados para el abastecimiento de agua potable para el municipio de El Rosario, (ver anexo número 6).

Se muestran los resultados de pérdidas y los valores están comprendidos en el rango normadas por Normas Técnicas para el Diseño de Abastecimiento y Potabilización de Agua (NTON 09 003-99), para el análisis de la red de distribución, (ver anexo número 7).

Condición: Sin consumo en la red

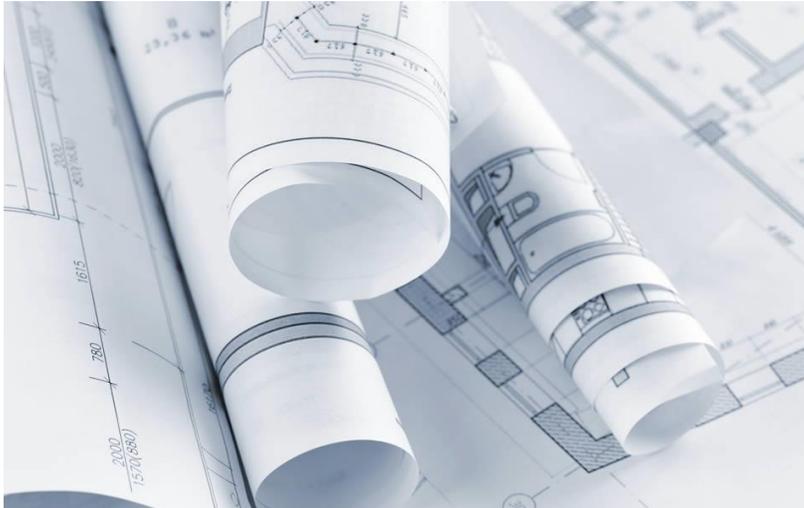
Se analizó la red de distribución cuando el consumo en la red es despreciable, las presiones estáticas ejercen fuerzas internas en las paredes de las tuberías, inclusive se elevan a diferenciales mayores a las presiones residuales que se presentan durante el transcurso del día, por lo que es necesario estimarlas para seleccionar la cédula adecuada mediante esta condición de análisis.

La ilustración número 35 muestra los resultados del análisis hidráulico sin consumo en la red, obteniendo presiones estáticas entre 8.93 m y 70.61 m (12.77 y 100.97psi respectivamente), valores menores a la presión de trabajo de la tubería PVC, con cédula SDR-26, la cual es de 112 m (160 psi). (Ver anexo número 8).



*Fuente: Elaboración propia, 2016.
Ilustración 35: Presiones nodales Sin Consumo en la Red*

7.3. PLANOS CONSTRUCTIVOS



7.4. COSTO DEL REDISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE

El costo de un proyecto constituye uno de los puntos más importantes en cualquier obra ingenieril, puesto que determina la rentabilidad de dicha obra. El ingeniero, en este caso el presupuestista evalúa el costo real, en donde abarca: Gastos por mano de obra, gastos de transporte, gasto de materiales y equipos, que en resumen vienen formando lo que se conoce como costos directos, Por otra parte, incluir los costos indirectos y resaltar la rentabilidad de su ejecución.

Es importante mencionar que estos costos ya mencionados se determinaron teniendo como base el catálogo de etapas y sub-etapas que proporciona el Fondo de Inversión Social de Emergencia (FISE). Esta institución presenta una guía de costos que se va actualizando para que sirva como marco de referencia de los precios de las obras en construcción y otras obras conexas.

Mediante esta guía se garantiza la confiabilidad del módulo de costos y presupuestos ejecutados para el rediseño del sistema de abastecimiento de agua potable para el municipio de El Rosario.

Entre los aspectos importantes tomados en cuenta para la elaboración del presupuesto se destacan los costos definitivos y reales, los cuales son específicos lógicamente para cada proyecto y los costos directos de las actividades los cuales se encuentran a nivel de costos directos, a referencia de la ciudad de Managua y se deben considerar como estimados.

7.4.1. Parámetros considerados para la elaboración del presupuesto

➤ Mano de obra

En la elaboración de costos de mano de obra se consultó a técnicos de la instalación de ENACAL del municipio, otros costos se determinaron de manera porcentual y proporcional.

➤ Materiales y herramientas

Para la elaboración de los costos de materiales y herramientas se consultó el catálogo de etapas y sub-etapas que proporciona el Fondo de Inversión Social de Emergencia (FISE).

➤ Impuestos

Los costos de impuestos estarán compuestos por los siguientes parámetros:

- Los gastos administrativos será el 10 % del sub total del costo directo.
- El impuesto municipal será el 1% del sub-total de los costos directos e indirectos.
- Los costos de supervisión serán el 8% del sub-total de los costos directos.
- Las utilidades estarán presentes por el 10% del sub-total de los costos directo.

Tabla 29: Costo y presupuesto "Propuesta de rediseño hidráulico a nivel de prefactibilidad del sistema de abastecimiento de agua potable en el municipio de El Rosario, departamento de Carazo".

Etapa	Sub-Etapa	Descripción	U/M	Cantidad	Costo Unit.	Costos Desglosados								
						Unitario (US \$)				Total (US \$)				Total
						Materiales	M / Obra	Transporte	Equipos	Materiales	M / Obra	Transporte	Equipos	
1		preliminares								1188.37	2477.17153	23.77	11.88	6607.0066
	1.1	Limpieza inicial	m2	3500	1.47	1	0.47	0	0	594.18	1646.70139	0	0	5146.70139
	1.2	Trazo y nivelacion para tubería	ml	1850	0.79	0.32	0.45	0.01	0.01	594.18	830.47	23.77	11.88	1460.30521
2		Rehabilitación infraestructura existente												
	2.1	Fuente existente casco urbano	glb	1							865.8	1015.2	2160	4041
		Limpieza y desarrollo	Hrs.	144	22.15		3.9	6.25	12		561.6	900	1728	3189.6
		Prueba de bombeo escalonada	Hrs.	12	24.05		8.45	3.6	12		101.4	43.2	144	288.6
		Prueba de flujo continuo de 24 horas, no menos de 19 lps	Hrs.	24	23.45		8.45	3	12		202.8	72	288	562.8
	2.2	Tanque de almacenamiento existente (50,000 glns)	m3	162.84						6936.21	1244	392.9	241.48	8814.59
		Sand blasting en paredes exteriores e interiores	m2	315	6.46	4.42	1.24	0.56	0.24	1392.3	390.6	176.4	75.6	2034.9
		Pintura anticorrosiva en caras exteriores e interiores	m2	315	2.45	1.81	0.52	0.06	0.06	570.15	163.8	18.9	18.9	771.75
		Pintura de aceite en caras externas y accesorios	m2	141	2.52	1.88	0.52	0.06	0.06	265.08	73.32	8.46	8.46	355.32
		Pintura de emulsión epóxica especial para tanques	m2	141	3.29	2.58	0.59	0.06	0.06	363.78	83.19	8.46	8.46	463.89
		Luminaria de mercurio tipo cobra de 250 W	c/u	1	206.4	144	43.2	12	7.2	144	43.2	12	7.2	206.4
		Válvula de salida de 6" HF	c/u	1	1150.35	935.24	140.29	46.76	28.06	935.24	140.29	46.76	28.06	1150.35
		Válvula de altitud de 4" HF	c/u	1	2594.2	2,194.20	250	75	75	2194.2	250	75	75	2594.2
		Codos de 6" x 90° HF	c/u	2	296.3	246.5	34.2	9	6.6	493	68.4	18	13.2	592.6
		Tubos de 6" HF	m	6	107.53	96.41	5.2	4.82	1.1	578.46	31.2	28.92	6.6	645.18
	2.3	Estaciones de bombeo	glb	1						1009	320.9	66.88	51.73	1448.51
		Caseta de mampostería confinada (Operador, controles eléctricos y cloración), incl. Pintura de aceite, persinas y reparación de puertas metálicas	c/u	1	264.61	157.5	94.5	7.88	4.73	157.5	94.5	7.88	4.73	264.61
		Equipo de cloración cloro-gas (bomba de 0.35 gpm y 0.5 hp), incluye kip de repuestos y accesorios	c/u	1	773.5	563.5	140	35	35	563.5	140	35	35	773.5
		Luminaria de mercurio tipo cobra de 250 W	c/u	2	205.2	144	43.2	12	6	288	86.4	24	12	410.4
	2.4	Sarta de bomba	glb	1						3442.68	453.6	172.92	117.6	4186.8
		Tubería de 4" HF	m	6	34.18	23.66	4.6	4.82	1.1	141.96	27.6	28.92	6.6	205.08
		Unión dresser de 4" HF	c/u	2	186	150	24	6	6	300	48	12	12	372
		Abrazadera de 4" x 1/2"	c/u	3	44.63	30.63	7	3.5	3.5	91.89	21	10.5	10.5	133.89
		Tee de 1/2" x 1/2" HG, rosca hembra	c/u	1	3.5	2.5	0.5	0.25	0.25	2.5	0.5	0.25	0.25	3.5
		Llave de chorro de 1/2" Bronce	c/u	1	6.5	5	1	0.25	0.25	5	1	0.25	0.25	6.5
		Manómetro bourdon de 0 a 200 psi	c/u	1	27.75	18.75	3	3	3	18.75	3	3	3	27.75
		Llave de pase de 1/2" Bronce de rosa hembra	c/u	1	11	7.5	1.5	1	1	7.5	1.5	1	1	11
		Válvula de aire y vacío de 1/2" HF	c/u	1	161.13	110.63	25.5	12.5	12.5	110.63	25.5	12.5	12.5	161.13
		Medidor de agua de 4" HF	c/u	1	610	540	45	12.5	12.5	540	45	12.5	12.5	610
		Válvula de check horizontal de 4" con bridas	c/u	1	730	660	45	12.5	12.5	660	45	12.5	12.5	730
		Cruz de HG de 4" con bridas	c/u	1	96	80	8	4	4	80	8	4	4	96
		Reductor de HG de 4" x 3"	c/u	1	32.7	22.2	5.5	2.5	2.5	22.2	5.5	2.5	2.5	32.7

Etapa	Sub-Etapa	Descripción	U/M	Cantidad	Costo Unit.	Costos Desglosados								
						Unitario (US \$)				Total (US \$)				Total
						Materiales	M / Obra	Transporte	Equipos	Materiales	M / Obra	Transporte	Equipos	
		Válvula de alivio de 4" HF con 2 bridas de 8 hoyos	c/u	1	1394.25	1144.25	180	45	25	1144.25	180	45	25	1394.25
		Válvula de gaveta de 4" HF con bridas	c/u	1	354	282	35	25	12	282	35	25	12	354
		Codos de 4" x 45° HG con bridas	c/u	2	24.5	18	3.5	1.5	1.5	36	7	3	3	49
3		Rediseño del SAAP												
	3.1	Equipo de bombeo								43050	18450	1722	861	64083
		Bomba sumergible 75 HP y motor de 100 hp, Q= 249 GPM	Glb	1	64083.00	43050.00	18450	1722	861	43050	18450	1722	861	64083
	3.2	Línea de Conducción								36839.4821	20841.0468	1473.57929	736.7896427	59890.90
		Excavación para tubería	m3	2671.09	3.41		3.41	0	0	0	9098.94505	0	0	9098.95
		Tubería de 6" P.V.C (SDR-26)	m.l	2225.91	20.93	14.83	5.21	0.59	0.30	33015.76	11593.28	1320.63	660.32	46589.98
		Bloques de reacción	c/u	10	18.44	10.42	7.40	0.42	0.21	104.17	73.96	4.17	2.08	184.38
		Codo de 6"x45° P.V.C (S40)	c/u	3	27.20	23.79	1.98	0.95	0.48	71.37	5.94	2.85	1.43	81.59
		Codo de 6"x90° P.V.C (S40)	c/u	5	28.50	25.02	1.98	1.00	0.50	125.10	9.90	5.00	2.50	142.50
		Válvula de aire 6" H.F	c/u	4	655.43	608.51	10.42	24.34	12.17	2434.03	41.67	97.36	48.68	2621.73
		Válvula de compuerta 6" HF	c/u	2	585.89	544.53	8.68	21.78	10.89	1089.07	17.36	43.56	21.78	1171.77
	3.3	Tanque de almacenamiento								49726.17	16575.39	1989.05	994.52	69285.13
		Construcción tanque almacenamiento	Glb	1	69285.13	49726.17	16575.39	1989.05	994.52	49726.17	16575.39	1989.05	994.52	69285.13
	3.4	Red de Distribución								508110.66	319274.44	20324.43	10162.21	857871.74
		Excavación para tubería	m3	8277.012	3.41		3.41	0.00	0.00	0.00	28224.61	0.00	0.00	28224.61
		Tubería de 1.5" pulgada de diámetro PVC SDR-26	c/u	708	2.00	1.39	0.52	0.06	0.03	985.00	368.75	39.40	19.70	1412.85
		Tubería de 3" pulgada de diámetro PVC SDR-26	c/u	653.83	6.19	5.25	0.63	0.21	0.11	3433.66	408.64	137.35	68.67	4048.32
		Tubería de 4" pulgada de diámetro PVC SDR-26	c/u	1120.31	8.12	6.97	0.73	0.28	0.14	7809.39	816.89	312.38	156.19	9094.85
		Tubería de 6" pulgada de diámetro PVC SDR-26	c/u	4162.97	16.56	14.83	0.83	0.59	0.30	61747.15	3469.14	2469.89	1234.94	68921.12
		Bloques de reacción	c/u	10	18.44	10.42	7.40	0.42	0.21	104.17	73.96	4.17	2.08	184.38
		Válvula de compuerta 6" HF	c/u	10	585.89	544.53	8.68	21.78	10.89	1089.07	17.36	43.56	21.78	1171.77
		Válvula de compuerta 4" HF	c/u	1	388.73	359.52	7.64	14.38	7.19	359.52	7.64	14.38	7.19	388.73
		Válvula de compuerta 3" HF	c/u	2	293.16	270.02	6.94	10.80	5.40	540.03	13.89	21.60	10.80	586.32
		Válvula de compuerta 2" HF	c/u	3	264.11	243.26	6.25	9.73	4.87	729.79	18.75	29.19	14.60	792.32
		Válvula de compuerta 1 1/2" HF	c/u	2	233.86	215.32	5.63	8.61	4.31	430.64	11.25	17.23	8.61	467.73
		Válvula de alivio 1" HF	c/u	2	60.42	52.08	5.21	2.08	1.04	104.17	10.42	4.17	2.08	120.83
		Válvula de limpieza 1" HF	c/u	4	391.71	365.28	4.51	14.61	7.31	1461.11	18.06	58.44	29.22	1566.83
		Tee 4"x4"x4" PVC (S-40)	c/u	11	16.47	13.08	2.60	0.52	0.26	143.92	28.65	5.76	2.88	181.20
		Tee 3"x3"x3" PVC (S-40)	c/u	2	13.04	10.00	2.43	0.40	0.20	20.01	4.86	0.80	0.40	26.07
		Tee 2"x2"x2" PVC (S-40)	c/u	6	11.98	9.18	2.26	0.37	0.18	55.05	13.54	2.20	1.10	71.90
		Tee 1 1/2"x1 1/2"x1 1/2" PVC (S-40)	c/u	8	9.19	6.70	2.08	0.27	0.13	53.61	16.67	2.14	1.07	73.49
		Reductor de 6"-2" PVC (S-40)	c/u	3	20.25	17.30	1.91	0.69	0.35	51.91	5.73	2.08	1.04	60.76
		Reductor de 6"-3" PVC (S-40)	c/u	1	18.49	15.74	1.81	0.63	0.31	15.74	1.81	0.63	0.31	18.49
		Reductor de 6"-4" PVC (S-40)	c/u	2	17.39	14.83	1.67	0.59	0.30	29.67	3.33	1.19	0.59	34.78
		Reductor de 4"-2" PVC (S-40)	c/u	3	7.21	5.43	1.46	0.22	0.11	16.29	4.38	0.65	0.33	21.64
		Reductor de 4"-1 1/2" PVC (S-40)	c/u	4	6.67	5.05	1.32	0.20	0.10	20.19	5.28	0.81	0.40	26.68
		Reductor de 4"-3" PVC (S-40)	c/u	2	8.19	5.93	1.91	0.24	0.12	11.85	3.82	0.47	0.24	16.38
		Reductor de 3"-2" PVC (S-40)	c/u	8	5.44	3.50	1.74	0.14	0.07	27.97	13.89	1.12	0.56	43.54
		Reductor de 3"-1 1/2" PVC (S-40)	c/u	14	5.03	3.31	1.53	0.13	0.07	46.29	21.39	1.85	0.93	70.46
		Reductor de 1 1/2"-1" PVC (S-40)	c/u	3	3.57	2.06	1.39	0.08	0.04	6.18	4.17	0.25	0.12	10.72
		Reductor de 2"-1 1/2" PVC (S-40)	c/u	1	2.51	1.22	1.22	0.05	0.02	1.22	1.22	0.05	0.02	2.51

Etapa	Sub-Etapa	Descripción	U/M	Cantidad	Costo Unit.	Costos Desglosados								Total
						Unitario (US \$)				Total (US \$)				
						Materiales	M / Obra	Transporte	Equipos	Materiales	M / Obra	Transporte	Equipos	
		Codo de 6"x45° PVC	c/u	3	27.48	23.80	2.26	0.95	0.48	71.40	6.77	2.86	1.43	82.45
		Codo de 4"x45° PVC	c/u	1	12.11	9.42	2.12	0.38	0.19	9.42	2.12	0.38	0.19	12.11
		Codo de 1 1/2"x45° PVC	c/u	2	3.57	1.76	1.70	0.07	0.04	3.52	3.40	0.14	0.07	7.14
		Codo de 6"x90° PVC	c/u	1	27.48	23.80	2.26	0.95	0.48	23.80	2.26	0.95	0.48	27.48
		Codo de 3"x90° PVC	c/u	6	7.17	4.86	2.01	0.19	0.10	29.18	12.08	1.17	0.58	43.01
		Codo de 2"x90° PVC	c/u	1	4.32	2.30	1.88	0.09	0.05	2.30	1.88	0.09	0.05	4.32
		Codo de 1 1/2"x90° PVC	c/u	4	3.71	1.76	1.84	0.07	0.04	7.05	7.36	0.28	0.14	14.83
		Cruz 6"x6"x6" PVC	c/u	2	414.45	389.09	2.01	15.56	7.78	778.18	4.03	31.13	15.56	828.90
		Cruz 4"x4"x4" PVC	c/u	1	27.18	23.91	1.84	0.96	0.48	23.91	1.84	0.96	0.48	27.18
		Cruz 3"x3"x3" PVC	c/u	7	11.23	8.92	1.77	0.36	0.18	62.47	12.40	2.50	1.25	78.62
		Cruz 2"x2"x2" PVC	c/u	5	7.36	5.34	1.70	0.21	0.11	26.70	8.51	1.07	0.53	36.81
		Yee 6"x45° SDR-26	c/u	6	59.65	54.35	2.05	2.17	1.09	326.07	12.29	13.04	6.52	357.93
		Yee 4"x45° SDR-26	c/u	1	31.57	28.01	1.88	1.12	0.56	28.01	1.88	1.12	0.56	31.57
		Yee 3"x45° SDR-26	c/u	10	11.00	8.90	1.56	0.36	0.18	89.01	15.63	3.56	1.78	109.97
		Yee 1 1/2"x45° SDR-26	c/u	5	5.01	3.42	1.39	0.14	0.07	17.09	6.94	0.68	0.34	25.06
		Tapón hembra de 2" PVC	c/u	1	1.58	1.15	0.36	0.05	0.02	1.15	0.36	0.05	0.02	1.58
		Tapón hembra de 1 1/2" PVC	c/u	6	1.03	0.70	0.29	0.03	0.01	4.21	1.73	0.17	0.08	6.19
		Tapón hembra de 1" PVC	c/u	7	1.88	1.18	0.63	0.05	0.02	8.26	4.44	0.33	0.17	13.19
		Relleno y compactación (vibrocompactadora manual)	c/u	1	9.595623056	4.66	4.66	0.19	0.09	4.66	4.66	0.19	0.09	9.60
		Prueba hidrostática bomba manual, L= 300 m, Diám= 6"	m3	6897.51	107.239613	62.10788438	41.40525556	2.48	1.24	428389.75	285593.16	17135.59	8567.80	739686.30
		Sub Total Costo Directo												1069621.67
		Costos Indirectos												
		Administración 10% de CD												106962.167
		Utilidades 10% de CD												106962.167
		Supervisión 8% de CD												85569.73
		Sub Total Indirectos												299494.07
		Sub Total Directos + Indirectos												1369115.7
		Impuesto Municipal 1% de CD+CI												13691.16
		Total Estimado												1382806.89

Fuente: Elaboración propia, 2016.

7.4.2. Beneficios del proyecto

El proyecto como tal no genera razones de ser, sin embargo, si genera beneficios, y estos beneficios se califican como productivos puesto que son mayores que el costo del proyecto, igualmente se incorporan objetivos que son concretos y consistentes, los cuales generan un mayor beneficio.

- ✓ Planteamiento de beneficios
- Disminuir tiempo ocupado en acarreo de agua.
- Aumentar la cantidad de agua disponible y así satisfacer el crecimiento de la demanda de agua.
- Oferta de agua potable segura y limpia; con el fin de asegurar el bienestar social y económico.
- Aumento en la continuidad de la disponibilidad de agua.
- Aumentar y mejorar las posibilidades productivas.
- Garantizar salud pública por medio de la calidad del agua.
- Aumento de precios en inmuebles.

7.4.3. Relación costos-beneficios

Tomando como partida que los proyectos de agua son con el fin de inversión pública, y que estos estarán estrechamente relacionados con algunos sectores como estabilidad política y estrategias comunitarias, la razón de costo-beneficio es la siguiente:

El agua potable es meramente un tema de estado, en otras palabras, es sumamente importante el vital líquido para generar y aportar al desarrollo de un país y lógicamente al desarrollo de sus comunidades. Normalmente, este tipo de proyectos de inversión pública, no se ejecutan buscando rentabilidad, sino tratando de solucionar los problemas del país, de las ciudades y de sus habitantes.

VIII. CONCLUSIONES

- 👉 Se diagnosticó el sistema de abastecimiento de agua potable en el municipio de El Rosario, teniendo como principal problema las grandes cantidades de aguas no facturadas (ANF), superando el 63.17 % anual, producto de: Fugas en tuberías, falta de medidores domiciliarios, conexiones clandestinas principalmente en áreas rurales, diámetros menores. Se concluye ejecutar obras de rehabilitación y mantenimiento en infraestructura actual.
- 👉 Se propone un rediseño hidráulico tipo fuente-tanque-red, el cual beneficiará una población inicial de 7330 habitantes y en una proyección de 20 años a 12272 distribuidos en el casco urbano y en las 5 comunidades rurales del municipio de El Rosario. La continuidad del servicio será 24 horas diario, la calidad del agua cumple con los parámetros de normativa CAPRE y cumpliendo con las presiones exigidas por la normativa NTON. El rediseño propuesto contempla disminuir gradualmente el ANF de 63.17 % a 20 %.
- 👉 Se presentan dieciséis láminas de planos constructivos, donde se refleja: Línea de conducción, tanque, red de distribución, levantamiento topográfico, sectorización del sistema, entre otros.
- 👉 Se determinó el costo total del rediseño del sistema de agua potable, teniendo como principal base el catálogo de etapas y sub-etapas del Nuevo-FISE, dicho costo será de \$1,382.806.9 dólares. Se tendrá un costo percápite de \$ 95 por persona, el cual está dentro del rango establecido.

IX. RECOMENDACIONES

- 👉 Se recomienda dar mantenimiento a las instalaciones del sistema de abastecimiento de agua potable existente en el casco urbano como el sistema de desinfección, pintura anticorrosiva en la sarta, tratamiento con samblante, manómetro, válvula de pase, escalera del tanque, la boya, pintura del tanque y caseta de control.
- 👉 Se recomienda realizar a la propuesta del rediseño del sistema de agua potable el debido mantenimiento a todos los accesorios y componentes del sistema para tener un diseño exitoso a lo largo del periodo proyectado.
- 👉 Revisar las elevaciones o cotas topográficas del levantamiento de la red de agua potable para fines constructivos, con instrumentos específicos tales como teodolito o estación total.
- 👉 Efectuar un estudio de suelo para cimentación del tanque de almacenamiento propuesto con el objetivo de obtener las características que posee el subsuelo a fin de alcanzar una construcción segura.
- 👉 Proponer el diseño estructural para el tanque de almacenamiento de 126,200 galones, con el fin de garantizar una vida a largo plazo de este y seguridad en su operación.
- 👉 Educar a la población por medio de campañas, sobre la importancia que tiene el agua, para la mejora de la calidad de vida y evitar el desperdicio del vital líquido.

X. BIBLIOGRAFIA

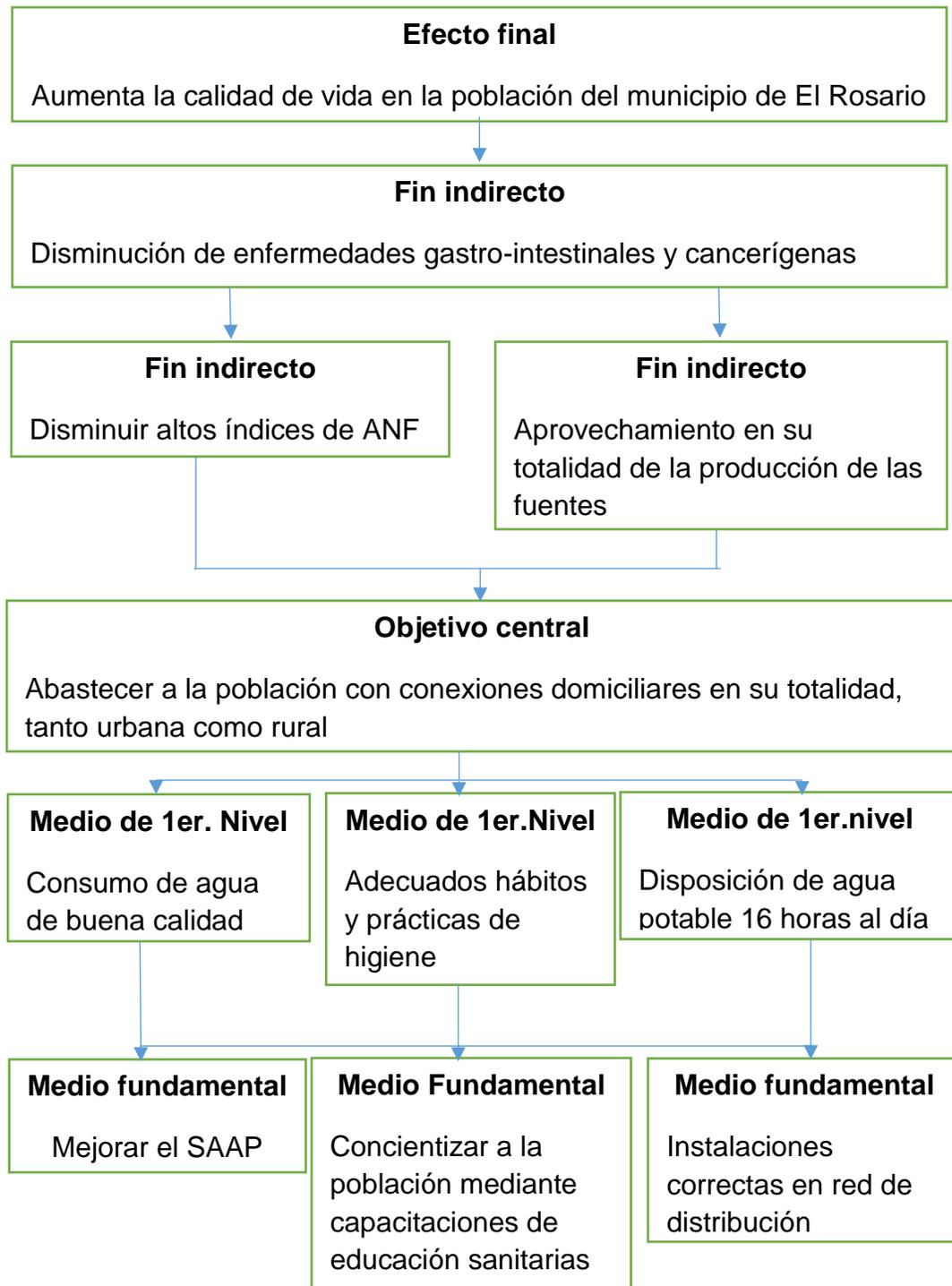
- Aguilar, R. (2010). mejoramiento y ampliacion del sistema de agua potable. Leon .*
- Alcaldía, C. D. (22 de febrero de 2016). datos poblacionales y de municipio. (S. M. García, Entrevistador)*
- Alcaldía, C. D. (22 de febrero de 2016). información del municipio. (D. G. Martínez, Entrevistador)*
- Alcaldía, C. M. (22 de febrero de 2016). datos poblacionales y de municipio. (S. M. García, Entrevistador)*
- Barahona. (2013). diseño del sistema de abastecimiento de agua potable. León.*
- ENACAL. (2016). fuente subteranea. antecedentes.*
- ENACAL, I. S. (Marzo de 2016). Abastecimiento de Agua, municipio El Rosario. (M. S. García, Entrevistador)*
- INETER. (2016). hidrologia de El Rosario. hidrologia.*
- MINSA, D. D. (marzo de 2016). Censo poblacional y Enfermedades. (M. S. García, Entrevistador)*
- NTON 09 003-99. (1999). normas tecnicas para el abastecimiento y potabilizacion de agua potable.*
- NTON. (junio 2000). Normas tecnicas para el Diseño de abastecimineto y potabilizacion del agua (NTON 09 003-99) . Managua.*
- Wikipedia. (6 de Enero de 2016). Obtenido de Wikipedia:
https://es.wikipedia.org/wiki/Red_de_abastecimiento_de_agua_potable*
- Normas APA 2016 – Citas y Referencias Bibliográficas según Normas APA 6ta ed.*

XI. ANEXOS

11.1. Abreviaturas

ENACAL	Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados
MINSA	Ministerio de Salud
MINED	Ministerio de Educación
SAAP	Sistema de Abastecimiento de Agua Potable
ENITEL	Empresa Nicaragüense de Telecomunicaciones
INAA	Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados
CMD	Consumo Máximo Día
CMH	Consumo Máximo Hora
CPD	Consumo Promedio Diario
CPDT	Consumo Promedio Diario Total
NTON	Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense
RNC	Reglamento Nacional de la Construcción
ANF	Agua No Facturada
AC	Asbesto Cemento
PVC	Policloruro de Vinilo
mca	Metros columna de agua
OMS	Organización Mundial de la Salud
pH	Potencial de hidrógeno
l/min	Litros por Minuto
lps	Litros por segundo
m	Metros
INETER	Instituto nicaragüense de Estudios Territoriales
gpm	galones por minuto
UTM	Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator
°C	Grados Celsius
Hf	Hierro Fundido
CAPRE	Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana.

11.2. Diagrama árbol de objetivos



11.3. Encuesta realizada en el diagnóstico socio-económico

Anexo 1: Encuesta socioeconómica

I. Datos a ser llenados por el (la) encuestador(a)											
1.1 Datos del Entrevistado:											
Nombre: _____					No.Cedula: _____						
Sexo: <input type="checkbox"/> M			<input type="checkbox"/> F			Edad: _____					
Parentesco: 1[<input type="checkbox"/>] Padre 2[<input type="checkbox"/>] Madre 3[<input type="checkbox"/>] Hijo(a) 4[<input type="checkbox"/>] Suegro(a) 5[<input type="checkbox"/>] Nuera/Yerno 6[<input type="checkbox"/>] Nieto(a)											
7[<input type="checkbox"/>] Servicio Domestico 8[<input type="checkbox"/>] Otro _____											
1.2 Quien es Responsable del Hogar:											
1[<input type="checkbox"/>] Padre 2[<input type="checkbox"/>] Madre 3[<input type="checkbox"/>] Otro _____											
1.3 ¿Cuántas personas viven en esta casa? (Pasar a matriz de personas)											
No.	Parentesco	Sexo		Edad						Nivel de	Ocupación
		M	F	<1	01-may	jun-15	16-25	26-60	60	escolaridad	
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											

II. Condiciones de la Vivienda	
2.1.	Uso de la Propiedad: a) Vivienda _____ b) Vivienda/Negocio ____ c) Otros _____
2.2.	La vivienda es: a) Propia _____ b) Prestada ____ c) Alquilada _____ d) Administrada _____
2.3.	Tipo de Sistema Constructivo: a) Mamposteria Confinada ____ b) Mamposteria Reforzada ____ c) Madera ____ d) Minifalda _____ e) Otros _____
2.4.	Las paredes son de: a) Bloque ____ b) Ladrillo ____ c) Madera ____ d) Adobe ____ e) Minifalda _____ f) Zinc ____ g) Otros _____
2.5.	El piso es de: a) Madera _____ b) Tierra ____ c) Ladrillo ____ d) Otros _____
2.6.	El techo es de: a) Zinc ____ b) Teja ____ c) Madera ____ d) Palma ____ e) Otros _____
2.7.	Cuántas divisiones tiene la vivienda: 1[<input type="checkbox"/>] Tres 2[<input type="checkbox"/>] Dos 3[<input type="checkbox"/>] No tiene _____
2.8.	Resumen del estado de la vivienda: 1[<input type="checkbox"/>] Buena 2[<input type="checkbox"/>] Regular 3[<input type="checkbox"/>] Mala
III. Acceso a Servicios Básicos y Egresos Mensuales	
3.1 Servicios básicos:	
3.1.1.	Disponen de Energía Eléctrica: 1[<input type="checkbox"/>] Si 2[<input type="checkbox"/>] No 3[<input type="checkbox"/>] Horas/Día _____
3.1.2.	Disponen de Alumbrado Público: 1[<input type="checkbox"/>] Si 2[<input type="checkbox"/>] No
3.1.3.	Disponen de Servicio de Telecomunicación: 1[<input type="checkbox"/>] Si 2[<input type="checkbox"/>] No
3.1.4.	Existe Vía de Acceso: 1[<input type="checkbox"/>] Si 2[<input type="checkbox"/>] No
3.2 Información de egresos de los miembros de la vivienda	
3.2.1.	Realizan pagos por energía eléctrica: 1[<input type="checkbox"/>] Si 2[<input type="checkbox"/>] No
3.2.2.	Realizan pagos por Alumbrado Público: 1[<input type="checkbox"/>] Si 2[<input type="checkbox"/>] No
3.2.3.	Realizan pagos por Servicio de Telecomunicación: 1[<input type="checkbox"/>] Si 2[<input type="checkbox"/>] No
3.2.4.	Realizan pagos por Servicios de TV: 1[<input type="checkbox"/>] Si 2[<input type="checkbox"/>] No
3.2.5.	Realizan pagos por Servicios de transporte colectivo: 1[<input type="checkbox"/>] Si 2[<input type="checkbox"/>] No
3.2.6.	Realizan pagos por Servicios de Salud (Exámenes, medicamentos, etc.): 1[<input type="checkbox"/>] Si 2[<input type="checkbox"/>] No
3.2.8.	Realizan pagos por Servicios de Educación (étiles, uniformes, colegiatura, etc.): 1[<input type="checkbox"/>] Si 2[<input type="checkbox"/>] No

IV. Situación económica de la familia			
4.1	¿Cuántas Personas aportan a los gastos del hogar? _____		
4.2	De las Personas que aportan al hogar, cuántas de ellas reciben ingresos en concepto de:		
4.2.1.	Actividad económica propia o negocia propio: _____		
4.2.2.	Apoyo económico de un familiar o amigo residente en el país o el extranjero: _____		
4.2.3.	Pensión de entidad Pública o Privada: _____		
4.3	¿Cuántas Personas del hogar trabajan?		
4.3.1.	Dentro de la Comunidad: 1[] Hombres _____ 2[] Mujeres _____ 3[] Total _____		
4.3.2.	Fuera de la comunidad: 1[] Hombres _____ 2[] Mujeres _____ 3[] Total _____		
4.4	¿Cual es el ingreso económico del mes, en este Hogar? 1[] C\$ _____		
4.5	¿De cuanto fue el último pago de energía eléctrica realizado en el hogar? 1[] C\$ _____		
4.6	¿En que trabajan las personas del hogar? 1[] Ganadería 2[] Agricultura 3[] Jornaleros 4[] Pesca 5[] Otros, ¿Cual? _____		
4.7	¿Que cultivos realizan? 1[] Arroz 2[] Frijoles 3[] Maíz 4[] Otros _____		
4.8	¿Tienen Ganado? 1[] Si (pase a 4.9) 2[] No (pase a 4.10)		
4.9	¿Cuánto? : 1[] Vacuno _____ 2[] Equino _____ 3[] Caprino _____		
4.10	¿Tienen animales Domésticos? 1[] Si (pase a 4.11) 2[] No (pase a 5.1)		
4.11	¿Cuánto? 1[] Cerdos _____ 2[] Gallinas _____		
4.12	¿Los animales domésticos están? 1[] Encerrados 2[] Amarrados 3[] Suelto		
4.13	¿Los animales domésticos se abastecen de agua en? 1[] El Río 2[] Quebrada 3[] Pozo		
V. Saneamiento e higiene ambiental de la vivienda (observar, verificar)			
5.1	¿Con que tipo de servicio sanitario cuenta la vivienda?		
	1[] Inodoro Ecológico 2[] Tanque séptico 3[] Sumidero 4[] Letrina 5[] Otro _____		
5.2	¿En que estado se encuentra su servicio sanitario?		
	1[] Buena (pase a 4.4) 2[] Regular (pase a 4.3) 3[] Mala [verificar] (pase a 4.3)		
5.3	De no tener servicio, ¿Estaría dispuesto(a) a construir su letrina? 1[] Si 2[] No		
5.4	¿Quienes usan la Letrina? 1[] Adultos: _____ 2[] Niños(as): _____ 3[] Otros familiares: _____		
5.5	¿Tipo de suelo en el que está construida la letrina? 1[] Rocoso 2[] Arenoso 3[] Arcilloso		
5.6	¿Que hacen con las aguas grises de la casa? 1[] La riegan 2[] Las dejan correr		
5.7	¿Tienen zanja de drenaje? 1[] Si (pase a 4.9) 2[] No		
5.8	¿Tiene filtro para drenaje? 1[] Si 2[] No		
5.9	¿Existen charcas en el patio? 1[] Si (pase a 5.10) 2[] No (pase a 6.1)		
5.10	¿Como eliminan las charcas? 1[] Drenando 2[] Aterrando 3[] Otros: _____		

VI. Recursos y servicios de agua	
6.1	¿De donde obtienen ustedes habitualmente el agua que utilizan para uso domésticos? 1[] Cuentan con algún tipo de servicio 2[] La acarrear 3[] Pozo Propio
6.4	¿Cuanto pagan de agua al mes? C\$ _____
6.5	Si la acarrear: 6.5.1 ¿Quién busca o acarrea el agua? 1[] La mujer 2[] El hombre 3[] Los niños 4[] Mujer/Hombre 5[] Mujer/niños 6[] Todos 7[] Otros, ¿Quién? _____
	6.5.2 ¿Cuántos viajes realizan diario para buscar el agua que utilizan? Cantidad _____
	6.5.3 ¿Distancia de su casa al puesto de agua? Metros _____
	6.5.4 ¿En que medio traslada el agua? 1[] Caminando 2[] En bestia 3[] Bicicletas 4[] Vehículo motorizado 5[] Otros _____
6.6	Si es Pozo Propio: 6.6.1 ¿Cuántos días por semana saca agua del pozo? Cantidad _____ 6.6.2 ¿Cuántos baldes saca por día? Cantidad _____
6.6	¿Cuántos baldes de agua consume diariamente? Cantidad _____
6.7	¿En qué almacena el agua? 1[] Barriles 2[] Bidones 3[] Pilas
6.8	¿Los recipientes en que se almacena el agua los mantienen? 1[] Tapados 2[] Destapados 3[] Como _____ [verificar]
6.9	¿La calidad del agua que consumen en el hogar, la considera? 1[] Buena 2[] Regular 3[] Mala _____
6.10	¿Que condiciones tiene el agua que consumen? [Se puede marcar varias situaciones] 1[] Tiene mal sabor 2[] Tiene mal olor 3[] Tiene mal color _____
6.11	ENCUESTADOR: Leer detenidamente y pedir atención del encuestado ENACAL está preparando un proyecto de agua potable para esta comunidad, que le permitirá proveer el servicio de agua a cada vivienda mediante una conexión domiciliar. El proyecto suministrará agua de calidad, todo el tiempo y con presiones adecuadas, lo que contribuirá a mejorar la calidad de vida de la población. Sin embargo, al ejecutarse el proyecto se requerirá que las familias conectadas paguen una cuota mensual por el servicio recibido, por eso nos gustaría saber si: ¿Usted estaría dispuesto a pagar (mencionar la cantidad de abajo marcada con una "X") mensuales por el servicio de agua que se le será suministrado en su vivienda? () C\$. 30.00 [Tarifa Alterna 1] () C\$. 60.00 [Tarifa Alterna 2] () C\$. 90.00 [Tarifa Alterna 3] () C\$. 120.00 [Tarifa Alterna 4]
	1[] Si (pase a 7.1) 2[] No (pase a 6.12) 3[] No sabe / rehúsa a responder (pase a 5.12)
6.12	¿Cuál fue el principal motivo por el cual usted respondió que No o No sabe o No responde, estar dispuesto a pagar mensualmente la suma indicada por utilizar el sistema de agua potable? 1[] No tengo recursos para pagar esa cantidad 2[] Esa cuota mensual es muy alta 3[] Por el momento tengo otras prioridades 4[] Estoy satisfecho con el servicio que recibo ahora 5[] Otras: _____
6.13	Entonces, ¿Cuanto estaría dispuesto a pagar mensualmente? 1[] C\$ _____

VII. Tratamiento de desechos solidos					
7.1 ¿Los miembros de este hogar pertenecen a alguna organización?					
1[] Poseen servicio de recolección 2[] Depositán en botadero público 3[] La entierran 3[] La queman 4[] La tiran en un lugar cercano 5[] Otra _____					
VIII. Organización comunitaria					
8.1 ¿Los miembros de este hogar pertenecen a alguna organización?					
1[] Si (pase a 8.2) 2[] No (pase a 8.3)					
8.2 ¿Que tipo? 1[] Productiva 2[] Social 3[] Religiosa 4[] Otra _____ (pase a 8.4)					
8.3 ¿Porque? _____ (pase a 8.5)					
8.4 ¿Cuántos miembros del hogar participan en la organización comunitaria? 1[] Hombres ____ 2[] Mujeres ____ 3[] Total ____					
8.5. ¿Las personas de este hogar participarían de forma organizada, en la construcción de un proyecto de agua potable y saneamiento para su comunidad?					
1[] Si 2[] No, ¿Por qué? _____					
IX. Situación de salud en la vivienda					
9.1 ¿Cuántas anfermedades padecidas por los miembros del hogar durante el pasado año?					
	Grupos de edad				Observaciones
Enfermedades	< 5 años	6-15 años	16-25 años	> 25 años	
Diarrea					
Tos					
Resfriados					
Malaria					
Dengue					
Parasitosis					
Infección renal					
Tifoidea					
Hepatitis					
Infecciones dérmicas(piel)					
Otras					
9.2. ¿Están vacunados los niños y niñas? 1[] Si 2[] No ¿Por qué? _____					
9.3. ¿Las personas que habitan en esta vivienda practican hábitos de higiene como Lavado de Manos?					
1[] Si 2[] No, ¿Por qué? _____					
9.4. ¿Las personas que habitan en esta vivienda hacen buen uso del Agua?					
1[] Si 2[] No ¿Por qué? _____					
9.5. ¿Las personas que habitan en esta vivienda hacen buen uso de la letrina?					
1[] Si 2[] No ¿Por qué? _____					
9.6 ¿Cuántos niños y niñas nacieron en este hogar, durante el año pasado?					
1[] Niñas ____ 2[] Niños ____ 3[] Total ____					
9.7 ¿Cuántos niños y niñas fallecieron en este hogar, durante el año pasado?					
1[] Niñas ____ 2[] Niños ____ 3[] Total ____					
Clasificar el grado de confiabilidad de las respuestas del encuestado (a criterio del encuestador)					
1. Muy confiables [] 2. Algo confiables [] 3. Poco confiables [] 4. Nada confiables []					

Fuente: ENACAL.

11.4. Sistema de abastecimiento de agua potable casco urbano

Anexo 2: Sarta, caseta de control y tanque de almacenamiento



Fuente: Foto tomada por E. Duarte, 2016.

11.5. Pruebas de bombeo escalonada fuente del casco urbano

Anexo 3: Pruebas de bombeo

POZO N° 1 EL ROSARIO: Nivel estático del agua (m): 203.60 y Caudal (m³/h): 16

FECHA	HORA	TIEMPO (min)	CAUDAL (lt/min)	NIVEL DE BOMBEO	DESCENSO(m)	PRESION (Kg/cm)	OBSERVACIONES		
							T(°C)	Ph	mS/c
12/03/1996	08:20	0	266.67	203.6	0	14			
		1		208.1	4.5				
		2		207.32	3.72				
		3		206.94	3.34		27.4	7.9	3.44
		4		206.08	2.48				
		5		206.06	2.46				
		6		206.02	2.42				
		7		205.98	2.38				
		8		205.92	2.32				
		9		205.85	2.25				
		10		205.8	2.2				
		12		205.8	2.2				
		14		205.8	2.2				
		16		205.74	2.14				
		18		205.74	2.14				
		20		205.74	2.14				
		25		205.74	2.14				
		30		205.75	2.15				
		35		205.75	2.15				
		40		205.75	2.15				
		45		205.75	2.16				
		50		205.76	2.26				
		55		205.77	2.17		27.5	7.85	3.33
		60		205.77	2.17				
		70		205.76	2.16				
		80		205.75	2.15				
		90		205.75	2.15				
		100		205.73	2.13				
		110		205.69	2.09				
		120		205.68	2.08				

POZO N° 1 EL ROSARIO: Nivel estático del agua (m): 203.60 y Caudal (m³/h): 32

FECHA	HORA	TIEMPO (min)	CAUDAL (lt/min)	NIVEL DE BOMBEO	DESCENSO (m)	PRESION (Kg/cm)	OBSERVACIONES		
							T(°C)	Ph	mS/c
12/03/1996	10:20	0	533.33	205.68	2.08				
		1		208.5	4.90	11.5			
		2		209.3	5.70				
		3		209.75	6.15				
		4		210.09	6.49				
		5		210.20	6.60				
		6		210.28	6.68				
		7		210.28	6.68				
		8		210.28	6.68				
		9		210.31	6.71				
		10		210.34	6.74				
		12		210.34	6.74				
		14		210.36	6.76				
		16		210.36	6.76				
		18		210.35	6.75				
		20		210.33	6.73				
		25		210.32	6.72				
		30		210.32	6.72				
		35		210.35	6.75		27.30	8.03	2.80
		40		210.35	6.75				
		45		210.36	6.76				
		50		210.37	6.77				
		55		210.39	6.79				
		60		210.39	6.79		27	8.05	2.93
		70		210.39	6.79				
		80		210.39	6.79				
		90		210.40	6.80				
		100		210.41	6.81		27.10	8.08	2.83
		110		210.41	6.81				
		120		210.41	6.81				

POZO N°1 EL ROSARIO: Nivel estático del agua (m): 203.60 y Caudal (m³/h): 48

FECHA	HORA	TIEMPO (min)	CAUDAL (lt/min)	NIVEL DE BOMBEO	DESCENSO(m)	PRESION (Kg/cm)	OBSERVACIONES		
							T(°C)	Ph	mS/c
12/03/1996	12.20	0	800.00	210.41	6.81				
		1		213.10	9.50				
		2		214.30	10.70				
		3		213.90	10.30				
		4		214.25	10.65				
		5		214.39	10.79				
		6		214.53	10.93				
		7		214.60	11				
		8		214.65	11.05				
		9		214.68	11.08				
		10		214.72	11.12				
		12		214.81	11.21				
		14		214.83	11.23				
		16		214.84	11.24				
		18		214.85	11.25				
		20		214.86	11.26				
		25		214.87	11.27				
		30		214.90	11.30				
		35		214.91	11.31				
		40		214.92	11.32				
		45		214.93	11.33				
		50		214.94	11.34				
		55		214.95	11.35				
		60		214.97	11.37		27.50	7.93	2.97
		70		214.98	11.38				
		80		214.98	11.38				
		90		214.99	11.39				
		100		214.99	11.39				
		110		214.99	11.39				
		120		214.99	11.39				

POZO N° 1 EL ROSARIO: Nivel estático del agua (m): 203.60

FECHA	HORA	TIEMPO DESDE INICIO DE BOMBEO (m)	TIEMPO DESDE CESE DE BOMBEO (min)	PROFUNDIDAD DEL AGUA (m)	ABATIMINETO RESIDUAL (m)
12/03/1996	16.20	480	0	217.20	13.60
		481	1	208.29	1.47
		482	2	205.07	0.66
		483	3	204.26	0.51
		484	4	204.11	0.43
		485	5	204.03	0.38
		486	6	203.98	0.34
		487	7	203.94	0.32
		488	8	203.92	0.29
		489	9	203.89	0.27
		490	10	203.87	0.24
		492	12	203.84	0.21
		494	14	203.81	0.19
		496	16	203.79	0.18
		498	18	203.78	0.17
		500	20	203.77	0.17
		502	22	203.77	0.17
		504	24	203.77	0.19
		506	26	203.79	0.20
		508	28	203.80	0.20
		510	30	203.80	0.22
		515	35	203.82	0.24
		520	40	203.84	0.24
		525	45	203.84	0.22
		530	50	203.82	0.20
		535	55	203.80	0.20
		540	60	203.79	0.19
		550	70	203.76	0.16
		560	80	203.74	0.14
		570	90	203.71	0.11
		880	100	203.70	0.10
		900	120	203.67	0.07
		930	150	203.67	0.07
		965	185	203.65	0.05
		1625	185	203.65	0.05
		1640	200	203.64	0.04
		1665	215	203.63	0.03
		1670	230	203.62	0.02

POZO N° 1 EL ROSARIO: Nivel estático del agua (m): 203.60 y Caudal (m³/h): 57

Fecha	Hora	Tiempo (min)	Caudal (lt/min)	Nivel de bombeo	Descenso (m)	Presión (kg/cm)	Observaciones		
							T (°C)	Ph	Ms/c
12/03/96	19:30	0	950.00	203.60	0.00				
		1		213.40	9.80	4			
		2		215.25	11.65				
		3		215.54	11.94				
		4		215.70	12.10				
		5		215.86	12.26				
		6		215.95	12.35				
		7		215.98	12.38				
		8		216.02	12.42				
		9		216.07	12.47				
		10		216.11	12.51		26.2	7.82	3.08
		12		216.16	12.56				
		14		216.21	12.61				
		16		216.26	12.66				
		18		216.29	12.69				
		20		216.33	12.73				
		22		216.39	12.79				
		24		216.43	12.83				
		26		216.45	12.85				
		28		216.47	12.87				
		30		216.50	12.90		26.20	7.58	3.15
		35		216.57	12.97				
		40		216.59	12.99				

		45		216.62	13.02				
		50		216.65	13.05		26.00	7.54	2.14
		55		216.68	13.08				
		60		216.67	13.07				
		70		216.74	13.14				
		80		216.78	13.18				
		90		216.79	13.19				
		100		216.81	13.21				
		110		216.82	13.22				
		120		216.84	13.24				
		150		216.87	13.27				
		180		216.88	13.28		25.40	7.62	3.32
		210		216.89	13.29				
		240		216.90	13.30				
		270		216.89	13.29				
		300		216.88	13.28		25.60	7.80	3.20
		330		216.87	13.27				
		360		216.84	13.24				
		420		216.85	13.25				
		480		216.87	13.27				
		540		216.86	13.26		25.70	7.80	3.20
		600		216.88	13.28		25.60	7.80	3.16
		660		216.88	13.28				
		720		216.85	13.25				
		780		216.85	13.25				
		840		216.85	13.25				

		900		216.85	13.25				
		960		216.85	13.25				
		1020		216.85	13.25				
		1080		216.85	13.25				
		1140		216.85	13.25				
		1200		216.85	13.25				
		1260		216.85	13.25				
		1320		216.85	13.25				
		1380		216.85	13.25				
		1440		216.85	13.25				

Fuente: *Elaboración propia, 2016.*

11.6. Resultados del análisis hidráulico en la red de distribución existente

Anexo 4: Conexiones de la red de distribución existente condición CMH

ID Nudo	Cota (m)	Demanda Base (LPS)	Presión (m)
Conexión N1	472	0.16	12.81
Conexión N2	473	0.24	11.94
Conexión N3	476	0.16	9.21
Conexión N5	475	0.31	10.54
Conexión N4	476	0.13	11.47
Conexión N6	474	0.33	10.93
Conexión N7	473	0.3	11.7
Conexión N8	471	0.32	13.64
Conexión N10	476	0.27	8.46
Conexión N11	474	0.34	10.56
Conexión N12	475	0.34	9.82
Conexión N13	475	0.34	10.53
Conexión N14	477	0.32	11.95
Conexión N16	469	0.39	21.57
Conexión N17	478	0.48	12.89
Conexión N18	476	0.28	7.34
Conexión N19	476	0.11	7.5
Conexión N20	476	0.35	8.09
Conexión N21	476	0.36	8.02
Conexión N22	469	0.35	14.92
Conexión N23	461	0.37	22.92
Conexión N24	463	0.43	21.28
Conexión N26	468	0.09	11.73
Conexión N27	468	0.3	11.73
Conexión N28	471	0.25	7.2
Conexión N29	473	0.16	5.51
Conexión N30	471	0.3	2.52
Conexión N31	469	0.16	9.45
Conexión N32	475	0.16	5.82
Conexión N33	474	0.25	7.9
Conexión N34	474	0.34	6.96
Conexión N35	457	0.25	24.04
Conexión N36	465	0.26	17.53
Conexión N37	460	0.34	22.59

Conexión N38	458	0.34	24.8
Conexión N39	463	0.25	19.82
Conexión N40	459	0.21	23.81
Conexión N9	475	0.19	9.58
Conexión N25	463	0.22	21.28
Conexión N41	471	0.18	11.42
Conexión N50	482	0.18	9.99
Conexión N49	482	0.35	9.99
Conexión N48	483	0.45	9
Conexión N47	482	0.36	10.3
Conexión N43	483	0.52	10.57
Conexión N44	482	0.2	10.79
Conexión N45	479	0.38	13.02
Conexión N46	483	0.26	9.01
Conexión N51	478	0.26	13.68
Conexión N53	477	0.34	14.35
Conexión N54	468	0.16	23.31
Conexión N128	465	0.19	1.81
Conexión N129	457	0.25	-1.86
Conexión N130	441	0.28	-1.59
Conexión N131	459	0.29	-32.13
Conexión N132	450	0.09	-23.13
Conexión N133	459	0.27	-37.3
Conexión N134	453	0.2	-31.38
Conexión N135	458	0.07	-36.38
Conexión N136	446	0.18	-28.92
Conexión N137	452	0.4	-40.17
Conexión N138	455	0.29	-45.15
Conexión N139	446	0.16	-36.88
Conexión N140	445	0.11	-36.17
Conexión N141	448	0.2	-39.37
Conexión N142	444	0.28	-35.7
Conexión N143	439	0.19	-30.77
Conexión N144	445	0.07	-36.77
Conexión N145	450	0.44	-37.76
Conexión N146	446	0.3	-37.35

Conexión N151	444	0.2	-37.02
Conexión N153	450	0.16	-44.01
Conexión N154	447	0.16	-40.37
Conexión N155	440	0.11	-33.2
Conexión N149	444	0.15	-37.05
Conexión N148	447	0.11	-39.91
Conexión N147	439	0.16	-31.58
Conexión N150	445	0.2	-38.04
Conexión N152	452	0.15	-45.04
Conexión N156	451	0.21	-49.2
Conexión N157	444	0.22	-75.08
Conexión N158	443	0.17	-107.28
Conexión N159	442	0.27	-124.2
Conexión N160	442	0.2	-139.91
Conexión N161	439	0.36	-150.6
Conexión N162	440	0.26	-155.16
Conexión N163	433	0.28	-149.34
Conexión N164	435	0.05	-151.35
Conexión N165	438	0.34	-153.17
Conexión N166	430	0.33	-147.17
Conexión N167	433	0.14	-150.82
Conexión N168	424	0.28	-143.15
Conexión N169	427	0.29	-147
Conexión N170	428	0.12	-148.06
Conexión N171	440	0.24	-134.2
Conexión N172	438	0.32	-146.72
Conexión N173	434	0.37	-159.21
Conexión N174	433	0.36	-173.06
Conexión N175	433	0.33	-183.46
Conexión N176	432	0.28	-191.07
Conexión N177	434	0.19	-198.03
Conexión N178	434	0.32	-201.04
Conexión N179	433	0.39	-259.78
Conexión N180	433	0.4	-333.28
Conexión N181	432	0.28	-350.2
Conexión N182	433	0.25	-359.29
Conexión N183	432	0.19	-360.32
Conexión N184	431	0.08	-359.46

Conexión N185	431	0.23	-199.35
Conexión N186	433	0.22	-201.98
Conexión N187	432	0.16	-201.13
Conexión N188	433	0.05	-202.14
Conexión N55	488	0.31	4.24
Conexión N70	503	0.55	-23.65
Conexión N71	504	0.44	-25.73
Conexión N72	506	0.38	-28.21
Conexión N73	507	0.12	-29.23
Conexión N85	477	0.08	-9.68
Conexión N86	478	0.08	-10.64
Conexión N111	471	0.08	-1.09
Conexión N110	472	0.09	-2.06
Conexión N98	466	0.09	4.64
Conexión N97	465	0.17	5.75
Conexión N127	470	0.23	2.59
Conexión N120	460	0.06	5.34
Conexión N119	466	0.31	-0.66
Conexión N118	468	0.4	-2.39
Conexión N116	469	0.09	-2.69
Conexión N52	474	0.31	17.68
Conexión N56	490	0.18	1.71
Conexión N57	493	0.22	-1.72
Conexión N58	495	0.18	-4.35
Conexión N59	496	0.14	-5.57
Conexión N60	498	0.21	-7.94
Conexión N61	500	0.52	-10.41
Conexión N62	501	0.88	-16.4
Conexión N63	503	0.25	-20.4
Conexión N64	505	0.32	-24.29
Conexión N65	509	0.33	-29.81
Conexión N66	510	0.28	-31.46
Conexión N67	512	0.29	-33.74
Conexión N68	513	0.19	-34.81
Conexión N69	514	0.04	-35.81
Conexión N74	480	0.14	8.02
Conexión N75	482	0.19	2.52
Conexión N76	480	0.16	-0.02
Conexión N77	479	0.2	-0.24

Conexión N78	480	0.33	-4.34
Conexión N79	475	0.21	-0.74
Conexión N80	471	0.17	3.12
Conexión N81	479	0.14	-4.99
Conexión N82	479	0.02	-4.99
Conexión N83	478	0.1	-10.71
Conexión N84	476	0.14	-8.7
Conexión N87	476	0.11	-8.59
Conexión N88	472	0.13	-4.46
Conexión N89	473	0.09	-5.28
Conexión N90	468	0.12	-0.16
Conexión N91	464	0.11	4.3
Conexión N92	461	0.08	7.44
Conexión N93	458	0.1	10.83
Conexión N94	455	0.09	14.2
Conexión N95	456	0.09	13.69
Conexión N96	467	0.09	3.18
Conexión N99	466	0.09	4.59
Conexión N126	460	0.13	12.32
Conexión N125	461	0.11	10.95
Conexión N124	462	0.13	9.81
Conexión N123	464	0.14	7.38
Conexión N122	465	0.09	6.19
Conexión N121	467	0.11	4
Conexión N100	465	0.13	5.49
Conexión N101	465	0.1	5.38
Conexión N102	464	0.12	6.35
Conexión N103	458	0.14	12.24
Conexión N104	462	0.09	8.18
Conexión N105	465	0.11	5.14
Conexión N106	468	0.09	2.07
Conexión N107	473	0.08	-2.95
Conexión N108	461	0.1	9
Conexión N109	465	0.08	4.97
Conexión N112	474	0.11	-4.11
Conexión N113	458	0.2	10.68
Conexión N114	455	0.18	12.36
Conexión N115	456	0.13	10.82
Conexión N29'	473	0.08	-2.26

Conexión N28'	471	0.13	-3.14
Conexión N128'	465	0.19	-3.72
Conexión N129'	457	0.25	-2.75
Conexión N130'	441	0.28	3.24
Conexión N133'	459	0.15	-27.37
Conexión N136'	446	0.18	-19.07
Conexión N131'	459	0.2	-23.31
Conexión N137'	452	0.26	-30.87
Conexión N117	455	0.16	11.23
Conexión N42'	222.5	0.06	283.44
Conexión N17'	485	0.13	-1.66

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Anexo 5: Tuberías de la red de distribución existente condición CMH

ID línea n°	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Rugosidad Const	Caudal (LPS)	Velocidad (m/s)	Pérd. Unit (m/Km)
TUB49	92.16	75	150	-1.35	0.31	1.46
TUB41	85.28	75	150	-2.04	0.46	3.11
TUB16	93.58	75	150	-2.2	0.5	3.58
TUB34	85.73	75	150	5.92	1.34	22.5
TUB42	101.5	75	150	2.92	0.66	6.09
TUB50	96.93	75	150	1.73	0.39	2.3
TUB57	67.22	75	150	1.1	0.25	0.99
TUB58	88.87	100	150	-2.47	0.31	1.1
TUB51	93.18	100	150	-4.07	0.52	2.77
TUB43	105.5	100	150	-6.57	0.84	6.71
TUB35	95.99	100	150	-16.18	2.06	35.65
TUB29	96.65	150	150	-31.3	1.77	16.79
TUB28	28.09	75	150	-2.84	0.64	5.75
TUB30	94.26	75	150	-2.95	0.67	6.17
TUB36	97.02	75	150	0.91	0.21	0.7
TUB44	96.27	75	150	1.13	0.26	1.05
TUB52	86.28	75	150	-0.19	0.04	0.04
TUB59	105.7	75	150	-2.14	0.48	3.41
TUB61	100.6	75	150	-0.09	0.02	0.01
TUB56	140	75	150	4.02	0.91	10.96

TUB55	43.37	50	150	-1.09	0.55	7.05
TUB48	41.39	50	150	5.04	2.57	120.36
TUB47	63.92	75	150	-11.51	2.61	77.04
TUB40	63.42	75	150	-7.79	1.76	37.37
TUB39	44.49	50	150	-2.12	1.08	24.22
TUB46	88.23	50	150	1.36	0.69	10.57
TUB54	90.26	50	150	-0.34	0.17	0.8
TUB53	92.42	75	150	-0.89	0.2	0.67
TUB45	90.4	75	150	-1.73	0.39	2.31
TUB37	90.04	75	150	-0.5	0.11	0.23
TUB32	37.91	75	150	0.59	0.13	0.31
TUB1	212.7	50	150	-0.19	0.1	0.28
TUB5	91.09	75	150	1.19	0.27	1.15
TUB10	89.7	75	150	0.44	0.1	0.19
TUB22	63.08	75	150	-6.05	1.37	23.43
TUB17	68.69	75	150	0.49	0.11	0.23
TUB11	77.14	75	150	1.31	0.3	1.38
TUB6	78.17	75	150	1.52	0.34	1.81
TUB2	76.16	50	150	0.59	0.3	2.26
TUB3	132.9	100	150	2.79	0.36	1.37
TUB7	115.3	75	150	2.78	0.63	5.56
TUB12	108.2	75	150	3.47	0.78	8.34
TUB18	107.9	100	150	9.77	1.24	14
TUB23	105.1	75	150	8.74	1.98	46.29
TUB31	124.5	75	150	2.43	0.55	4.31
TUB24	92.16	75	150	4.54	1.03	13.75
TUB19	97.7	100	150	9.19	1.17	12.49
TUB13	100.9	75	150	4.44	1	13.17
TUB8	109.2	75	150	4.36	0.99	12.77
TUB4	248	100	150	0.22	0.03	0.01
TUB60	99.97	75	150	-4.41	1	13.02
TUB15	97.7	75	150	-6.29	1.42	25.16
TUB21	46.49	50	150	-3.88	1.98	74.16
TUB38	73.19	75	150	-5.83	1.32	21.84
TUB33	69.2	75	150	2.8	0.63	5.63
TUB25	55.61	75	150	3.21	0.73	7.22
TUB20	102.3	100	150	7.61	0.97	8.81
TUB14	101.1	75	150	-4.94	1.12	16.07

TUB9	90.82	75	150	-4.99	1.13	16.41
TUB72	198.5	100	150	-0.18	0.02	0.01
TUB71	190.1	100	150	-0.53	0.07	0.06
TUB65	149.3	50	150	-0.55	0.28	2
TUB63	251.5	50	150	-0.91	0.46	5.06
TUB62	111.1	100	150	6.73	0.86	7.01
TUB64	116.5	100	150	6.53	0.83	6.63
TUB69	123.4	100	150	0.69	0.09	0.1
TUB70	162.1	100	150	0.43	0.05	0.04
TUB66	93.32	50	150	0.76	0.39	3.62
TUB67	202.7	50	150	0.5	0.25	1.67
TUB68	176.6	50	150	0.16	0.08	0.2
TUB148	101.4	50	150	4.86	2.47	112.27
TUB149	112	50	150	4.67	2.38	104.27
TUB150	167	50	150	4.42	2.25	94.17
TUB151	150.3	50	150	4.14	2.11	83.41
TUB152	95.53	50	150	0.09	0.05	0.07
TUB153	74.15	50	150	3.76	1.91	69.78
TUB154	143.7	50	150	0.27	0.14	0.53
TUB155	83.38	50	150	0.07	0.04	0.04
TUB156	88.33	50	150	3.22	1.64	52.34
TUB159	119.1	50	150	1.01	0.51	6.13
TUB160	63.8	50	150	0.85	0.43	4.45
TUB161	58.75	50	150	0.74	0.38	3.44
TUB162	170.5	50	150	0.54	0.28	1.92
TUB163	141.7	50	150	0.26	0.13	0.5
TUB164	74.77	50	150	0.07	0.04	0.04
TUB165	182.6	50	150	-0.59	0.3	2.25
TUB167	75.71	50	150	3.05	1.55	47.49
TUB172	52.39	50	150	2.46	1.25	31.87
TUB179	47.79	50	150	1.95	0.99	20.72
TUB182	51.08	50	150	-1.49	0.76	12.65
TUB183	76.35	50	150	-0.59	0.3	2.24
TUB177	48.05	50	150	-0.7	0.35	3.08
TUB170	45.75	50	150	-0.7	0.35	3.07
TUB168	46.59	50	150	-2.22	1.13	26.26
TUB169	82.38	50	150	0.81	0.41	4.03
TUB175	53.72	50	150	0.17	0.09	0.22
TUB176	74.25	50	150	0.15	0.08	0.18
TUB171	50.34	50	150	1.25	0.64	9.11

TUB178	48.92	50	150	1.07	0.54	6.79
TUB174	74.5	50	150	0.14	0.07	0.16
TUB181	77.03	50	150	3.28	1.67	54.4
TUB173	46.18	50	150	4.9	2.5	114.29
TUB180	45.34	50	150	4.9	2.49	113.99
TUB184	117	50	150	7.97	4.06	281.02
TUB185	124.4	50	150	7.75	3.95	266.82
TUB186	69.98	50	150	7.58	3.86	256.08
TUB188	113.7	38	150	2.45	2.16	120.37
TUB190	135.1	38	150	1.08	0.95	26.37
TUB193	86.89	38	150	0.76	0.67	13.62
TUB195	53.57	38	150	0.05	0.04	0.09
TUB191	73.53	38	150	0.06	0.06	0.14
TUB194	174.6	38	150	0.43	0.38	4.7
TUB189	153	38	150	1.01	0.89	23.35
TUB192	154.2	38	150	0.73	0.65	12.93
TUB196	40.27	38	150	0.83	0.73	16.22
TUB197	115.5	38	150	0.69	0.61	11.52
TUB198	193.4	38	150	0.41	0.36	4.39
TUB199	134.7	38	150	0.12	0.11	0.45
TUB201	154	50	150	4.42	2.25	94.31
TUB202	200.9	50	150	4.1	2.09	82.05
TUB203	215.7	50	150	3.73	1.9	68.87
TUB204	182.2	50	150	3.37	1.72	57.07
TUB205	182.5	50	150	3.04	1.55	47.15
TUB206	125.8	50	150	2.76	1.41	39.43
TUB207	87.24	50	150	2.57	1.31	34.55
TUB208	143.8	25	150	1.59	3.24	415.46
TUB210	153.9	25	150	0.8	1.63	116.43
TUB211	154.4	25	150	0.52	1.06	52.43
TUB212	130.3	25	150	0.27	0.55	15.58
TUB213	87.45	25	150	0.08	0.16	1.64
TUB214	123	38	150	0.66	0.58	10.61
TUB215	133.3	38	150	0.43	0.38	4.8
TUB216	117.9	38	150	0.21	0.19	1.27
TUB217	56.33	38	150	0.05	0.04	0.09
TUB75	159.8	100	150	7.39	0.94	8.35
TUB91	201.4	50	150	0.94	0.48	5.36
TUB92	292.6	50	150	0.5	0.25	1.67
TUB93	134	50	150	0.12	0.06	0.12

TUB105	48.87	50	150	-0.32	0.16	0.73
TUB130	61.81	100	150	-1.72	0.22	0.56
TUB117	68.01	100	150	-3.03	0.39	1.6
TUB139	63.67	50	150	-0.06	0.03	0.03
TUB138	280.8	50	150	-0.37	0.19	0.95
TUB74	247.8	100	150	-4.39	0.56	3.18
TUB73	94.41	100	150	-4.7	0.6	3.61
TUB76	107.8	100	150	5.52	0.7	4.86
TUB77	95.26	100	150	5.34	0.68	4.57
TUB78	148.4	100	150	5.12	0.65	4.23
TUB79	55.61	100	150	4.94	0.63	3.96
TUB80	97.25	100	150	4.8	0.61	3.75
TUB81	138.2	100	150	4.59	0.58	3.46
TUB82	443.9	75	150	4.07	0.92	11.23
TUB83	124.8	50	150	1.7	0.87	16.07
TUB84	157.8	50	150	1.45	0.74	11.97
TUB85	201.7	50	150	1.13	0.58	7.54
TUB86	162.9	50	150	0.8	0.41	3.98
TUB87	155.8	50	150	0.52	0.26	1.79
TUB88	174	50	150	0.23	0.12	0.4
TUB89	41.3	50	150	0.04	0.02	0.02
TUB90	416.9	50	150	1.49	0.76	12.59
TUB94	80.83	38	150	1.56	1.38	52.17
TUB95	79.89	38	150	1.42	1.25	43.84
TUB96	135.1	38	150	1.23	1.08	33.6
TUB97	47.04	38	150	1.07	0.94	25.95
TUB98	175.3	38	150	0.87	0.77	17.69
TUB99	190.9	38	150	0.54	0.48	7.31
TUB100	49.56	38	150	0.33	0.29	2.94
TUB101	138.4	38	150	0.16	0.14	0.77
TUB102	22.67	38	150	0.02	0.02	0.02
TUB103	110.1	50	150	-0.1	0.05	0.08
TUB104	43.12	50	150	-0.24	0.12	0.43
TUB106	45.22	50	150	-0.4	0.2	1.1
TUB107	79.16	50	150	-0.51	0.26	1.73
TUB108	67.63	50	150	-0.64	0.33	2.63
TUB109	35.28	50	150	-0.73	0.37	3.36
TUB110	103.5	50	150	-0.85	0.43	4.45
TUB111	24.92	50	150	-0.96	0.49	5.58
TUB112	60.21	50	150	-1.04	0.53	6.47

TUB113	48.18	50	150	-1.14	0.58	7.67
TUB114	55.05	50	150	-1.23	0.63	8.82
TUB115	49.62	50	150	-1.32	0.67	10.06
TUB116	49.44	50	150	-1.41	0.72	11.37
TUB118	31.26	100	150	2.94	0.37	1.52
TUB146	58.01	100	150	5.32	0.68	4.54
TUB145	85.91	100	150	5.19	0.66	4.34
TUB144	32.82	100	150	5.08	0.65	4.17
TUB143	108.7	100	150	4.95	0.63	3.97
TUB142	52.26	100	150	4.81	0.61	3.77
TUB141	49.85	100	150	4.72	0.6	3.64
TUB140	73.85	100	150	4.61	0.59	3.48
TUB119	71.69	100	150	2.85	0.36	1.43
TUB120	78.73	100	150	2.72	0.35	1.31
TUB121	32.03	100	150	2.62	0.33	1.22
TUB122	96.73	100	150	2.5	0.32	1.12
TUB123	55.17	100	150	2.36	0.3	1.01
TUB124	47.21	100	150	2.27	0.29	0.94
TUB125	80.75	100	150	2.16	0.28	0.86
TUB126	24.76	100	150	2.07	0.26	0.79
TUB127	64.2	100	150	1.99	0.25	0.73
TUB128	46.27	100	150	1.89	0.24	0.67
TUB129	43.55	100	150	1.81	0.23	0.62
TUB131	30.56	100	150	1.64	0.21	0.52
TUB132	92.01	50	150	1.53	0.78	13.22
TUB133	129.1	50	150	1.33	0.68	10.2
TUB134	69.73	50	150	1.15	0.59	7.79
TUB135	81.1	50	150	1.02	0.52	6.24
TUB48'	41.39	75	150	10.7	2.42	67.33
TUB55'	43.37	75	150	10.62	2.4	66.4
TUB148'	101.4	75	150	10.49	2.38	64.9
TUB149'	112	75	150	10.3	2.33	62.74
TUB150'	167	75	150	10.05	2.28	59.95
TUB151'	150.3	75	150	9.77	2.21	56.9
TUB153'	74.15	75	150	9.57	2.17	54.76
TUB156'	88.33	75	150	9.42	2.13	53.18
TUB166	157.42	50	150	-1.92	0.98	20.23
TUB165'	182.6	75	150	8.98	2.03	48.67
TUB136	14.49	50	150	0.93	0.47	5.26
TUB137	168.66	50	150	0.77	0.39	3.71

TUB209	297.89	25	150	1.2	2.44	246.71
TUB187	102.9	38	150	2.65	2.34	139.2
TUB187'	10	38	150	2.65	2.34	139.2
TUBY	16.88	150	150	27.78	1.57	13.46
TUB200'	20	50	150	4.66	2.37	104.01
TUB200	95.4	50	150	4.66	2.37	104.01
TUB27	150	75	150	-0.13	0.03	0.02
TUB157	93	50	150	3.04	1.55	47.05
TUB157*	20	50.8	150	3.04	1.5	43.55
TUB158	203	50	150	1.3	0.66	9.78
TUB157+	20	75	150	9.24	2.09	51.31
TUB157'	93	75	150	9.24	2.09	51.31
TUB147	144.3	100	150	5.55	0.71	4.91
TUB147'	50	101.6	150	-5.55	0.68	4.55
TUB26	110	100	150	3.91	0.5	2.56
TUB26'	14.5	100	150	3.91	0.5	2.56
Tubería 1	267.5	100	150	15.55	1.98	33.1
Tubería 2	6	100	150	15.55	1.98	33.1
Tubería 3	100	100	150	15.55	1.98	33.1
Tubería 5	227.1	100	130	10.07	1.28	19.29
Tubería 6	6	100	130	10.07	1.28	19.29
Tubería 7	5	100	130	10.07	1.28	19.29

Fuente: Elaboración propia, 2016.

11.7. Resultados del análisis hidráulico en la red de distribución rediseñada

Anexo 6: Conexiones de la red de distribución rediseñada condición CMH

ID Nudo	Cota (m)	Demanda Base (lps)	Presión (m)
Conexión N1	472	0.15	20.79
Conexión N2	473	0.22	19.8
Conexión N3	476	0.15	16.81
Conexión N5	475	0.29	17.87
Conexión N4	476	0.12	16.89
Conexión N6	474	0.3	18.82
Conexión N7	473	0.27	19.79
Conexión N8	471	0.29	21.76
Conexión N10	476	0.24	16.79
Conexión N11	474	0.31	18.8
Conexión N12	475	0.31	17.84
Conexión N13	475	0.31	17.9
Conexión N14	477	0.29	15.9
Conexión N16	469	0.19	23.89
Conexión N17	478	0.43	18.82
Conexión N18	476	0.26	18.96
Conexión N19	476	0.1	18.61
Conexión N20	476	0.32	17.46
Conexión N21	476	0.33	17
Conexión N22	469	0.32	23.85
Conexión N23	461	0.34	31.8
Conexión N24	463	0.4	29.72
Conexión N26	468	0.08	24.65
Conexión N27	468	0.28	24.66
Conexión N28	471	0.23	21.58
Conexión N29	473	0.15	19.72
Conexión N30	471	0.24	21.83
Conexión N31	469	0.14	24.05
Conexión N32	475	0.15	18.26
Conexión N33	474	0.23	19.05
Conexión N34	474	0.31	18.83
Conexión N35	457	0.23	35.77

Conexión N36	465	0.24	27.8
Conexión N37	460	0.31	32.85
Conexión N38	458	0.31	35.04
Conexión N39	463	0.23	30.59
Conexión N40	459	0.19	34.98
Conexión N9	475	0.17	17.72
Conexión N25	463	0.2	29.65
Conexión N41	471	0.16	22.61
Conexión N50	482	0.16	16.29
Conexión N49	482	0.32	16.44
Conexión N48	483	0.41	16.56
Conexión N47	482	0.33	17.92
Conexión N43	483	0.35	17.63
Conexión N44	482	0.19	17.91
Conexión N45	479	0.35	20.17
Conexión N46	483	0.23	16.32
Conexión N51	478	0.24	20.09
Conexión N53	477	0.31	20.03
Conexión N54	468	0.14	28.22
Conexión N128	465	0.17	27.22
Conexión N129	457	0.23	34.84
Conexión N130	441	0.26	50.29
Conexión N131	459	0.26	31.81
Conexión N132	450	0.08	40.81
Conexión N133	459	0.25	31.59
Conexión N134	453	0.19	37.52
Conexión N135	458	0.07	32.51
Conexión N136	446	0.16	44.34
Conexión N137	452	0.37	38.05
Conexión N138	455	0.26	32.54
Conexión N139	446	0.15	40.9
Conexión N140	445	0.1	40.96
Conexión N141	448	0.19	37.28
Conexión N142	444	0.26	40.2
Conexión N143	439	0.18	44.97
Conexión N144	445	0.06	38.96
Conexión N145	450	0.4	38.28
Conexión N146	446	0.27	43.51
Conexión N151	444	0.19	45.32

Conexión N153	450	0.14	39.29
Conexión N154	447	0.14	42.3
Conexión N155	440	0.1	49.3
Conexión N149	444	0.14	45.3
Conexión N148	447	0.1	42.31
Conexión N147	439	0.15	50.35
Conexión N150	445	0.19	44.31
Conexión N152	452	0.14	35.88
Conexión N156	451	0.2	36.49
Conexión N157	444	0.2	42.54
Conexión N158	443	0.17	42.59
Conexión N159	442	0.24	43.07
Conexión N160	442	0.19	42.59
Conexión N161	439	0.33	45.18
Conexión N162	440	0.24	43.41
Conexión N163	433	0.23	50.17
Conexión N164	435	0.04	48.17
Conexión N165	438	0.31	45.41
Conexión N166	430	0.3	52.98
Conexión N167	433	0.13	49.42
Conexión N168	430	0.25	51.3
Conexión N169	427	0.27	53.56
Conexión N170	428	0.11	52.51
Conexión N171	440	0.22	43.66
Conexión N172	438	0.29	43.96
Conexión N173	434	0.34	46.02
Conexión N174	433	0.33	45.27
Conexión N175	433	0.3	44.05
Conexión N176	432	0.25	44.04
Conexión N177	434	0.17	41.45
Conexión N178	434	0.29	41.09
Conexión N179	433	0.36	40.35
Conexión N180	433	0.37	38.21
Conexión N181	432	0.25	37.25
Conexión N182	433	0.23	35.34
Conexión N183	432	0.18	36.11
Conexión N184	431	0.07	37.09
Conexión N185	431	0.21	42.97

Conexión N186	433	0.21	40.41
Conexión N187	432	0.14	41.28
Conexión N188	433	0.05	40.28
Conexión N55	488	0.24	13.95
Conexión N70	503	0.51	9.31
Conexión N71	504	0.4	8.18
Conexión N72	506	0.35	6.12
Conexión N73	507	0.11	5.12
Conexión N85	477	0.08	20.47
Conexión N86	478	0.08	19.35
Conexión N111	471	0.08	18.76
Conexión N110	472	0.09	17.88
Conexión N98	466	0.08	26.26
Conexión N97	465	0.32	27.63
Conexión N127	470	0.21	22.78
Conexión N120	460	0.05	25.59
Conexión N119	466	0.28	19.59
Conexión N118	468	0.37	17.8
Conexión N116	469	0.08	17.39
Conexión N52	474	0.28	24.52
Conexión N56	490	0.17	13.02
Conexión N57	492	0.2	11.98
Conexión N58	495	0.17	10.49
Conexión N59	496	0.12	10.06
Conexión N60	498	0.19	9.05
Conexión N61	500	0.48	8.48
Conexión N62	501	0.81	11.93
Conexión N63	503	0.23	11.34
Conexión N64	505	0.29	11.15
Conexión N65	509	0.3	9.47
Conexión N66	510	0.26	10.37
Conexión N67	512	0.27	10.2
Conexión N68	513	0.18	11.27
Conexión N69	514	0.03	10.76
Conexión N74	480	0.13	21.54
Conexión N75	482	0.18	19.14
Conexión N76	480	0.15	20.51

Conexión N77	479	0.18	21.3
Conexión N78	480	0.3	19.56
Conexión N79	475	0.2	23.85
Conexión N80	471	0.15	27.68
Conexión N81	479	0.13	19.22
Conexión N82	479	0.1	19.16
Conexión N83	478	0.17	19.88
Conexión N84	476	0.13	21.58
Conexión N87	476	0.1	20.91
Conexión N88	472	0.12	24.19
Conexión N89	473	0.08	22.6
Conexión N90	468	0.11	27.31
Conexión N91	464	0.1	30.5
Conexión N92	461	0.07	33.32
Conexión N93	458	0.09	35.89
Conexión N94	455	0.08	38.57
Conexión N95	456	0.09	37.22
Conexión N96	467	0.08	25.92
Conexión N99	466	0.08	26.1
Conexión N126	460	0.12	32.74
Conexión N125	461	0.1	31.7
Conexión N124	462	0.12	30.68
Conexión N123	464	0.13	28.65
Conexión N122	465	0.08	27.64
Conexión N121	467	0.1	25.64
Conexión N100	465	0.12	26.75
Conexión N101	465	0.09	26.4
Conexión N102	464	0.11	27.26
Conexión N103	458	0.12	32.89
Conexión N104	462	0.08	28.7
Conexión N105	465	0.1	25.55
Conexión N106	468	0.09	22.31
Conexión N107	473	0.07	17.24
Conexión N108	461	0.09	29.08
Conexión N109	465	0.07	24.97
Conexión N112	472	0.1	17.4
Conexión N113	458	0.18	30.38

Conexión N114	455	0.16	32.28
Conexión N115	456	0.12	30.82
Conexión N117	455	0.15	31.33
Conexión N204	485	0.14	16.14
Conexión N189	492	0.17	37.49
Conexión N190	492	0.17	37.19
Conexión N191	493	0.2	35.93
Conexión N192	495	0.17	33.54
Conexión N193	496	0.12	32.39
Conexión N194	498	0.32	30.15
Conexión N195	500	0.47	27.82
Conexión N196	500	0.46	26.82
Conexión N197	503	0.23	23.57
Conexión N198	505	0.29	21.27
Conexión N199	509	0.3	16.9
Conexión N200	510	0.26	15.61
Conexión N201	512	0.27	13.36
Conexión N202	513	0.18	12.09
Conexión N203	514	0.05	11.03

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Anexo 7: Tuberías de la red de distribución rediseñada condición CMH

ID Línea	Longitud	Diámetro	Rugosidad	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.
n°	(m)	(mm)	const	(LPS)	(m/s)	(m/km)
TUB34	85.73	50	150	0.18	0.09	0.24
TUB42	101.5	50	150	0.25	0.13	0.47
TUB50	96.93	50	150	0.2	0.1	0.3
TUB57	67.22	50	150	0.24	0.12	0.42
TUB28	28.09	75	150	4.35	0.98	12.7
TUB30	94.26	75	150	4.25	0.96	12.16
TUB36	97.02	75	150	2.55	0.58	4.74
TUB44	96.27	75	150	1.4	0.32	1.55
TUB52	86.28	75	150	0.79	0.18	0.54
TUB59	105.7	50	150	0.33	0.17	0.77
TUB56	140	75	150	0.83	0.19	0.59
TUB39	44.49	75	150	2.59	0.59	4.85
TUB46	88.23	75	150	1.8	0.41	2.49
TUB54	90.26	75	150	0.82	0.19	0.58
TUB5	91.09	50	150	0.05	0.02	0.02
TUB17	78.17	75	150	0.36	0.08	0.12
TUB6	132.9	50	150	0.27	0.14	0.53
TUB3	115.3	75	150	0.05	0.01	0
TUB7	108.2	75	150	0.36	0.08	0.12
TUB12	107.9	100	150	2.29	0.29	0.96
TUB18	105.1	75	150	2.73	0.62	5.35
TUB23	124.5	150	150	20.82	1.18	7.89
TUB31	92.16	75	150	1.35	0.31	1.46
TUB24	97.7	100	150	1.47	0.19	0.42
TUB19	100.9	75	150	0.07	0.01	0.01
TUB13	109.2	75	150	0.06	0.01	0.01
TUB8	248	50	150	0.2	0.1	0.31
TUB4	69.2	150	150	16.77	0.95	5.28
TUB33	55.61	75	150	0.66	0.15	0.38
TUB25	102.3	100	150	0.49	0.06	0.05
TUB20	111.1	200	150	39.87	1.27	6.47
TUB62	116.5	200	150	39.68	1.26	6.41
TUB64	93.32	38	150	0.69	0.61	11.52
TUB66	202.7	38	150	0.45	0.4	5.22
TUB67	176.6	25	150	0.14	0.29	4.62

TUB149	112	150	150	13.24	0.75	3.41
TUB150	167	150	150	13.01	0.74	3.3
TUB151	150.3	150	150	12.75	0.72	3.18
TUB152	95.53	50	150	0.08	0.04	0.06
TUB153	74.15	150	150	12.41	0.7	3.03
TUB154	143.7	50	150	0.26	0.13	0.5
TUB155	83.38	50	150	0.07	0.04	0.04
TUB156	90	150	150	11.9	0.67	2.8
TUB159	119.1	50	150	0.94	0.48	5.36
TUB160	63.8	38	150	0.79	0.7	14.8
TUB161	58.75	38	150	0.69	0.61	11.52
TUB162	170.5	38	150	0.5	0.44	6.34
TUB163	141.7	38	150	0.24	0.21	1.63
TUB164	74.77	38	150	0.06	0.05	0.12
TUB165	182.6	100	150	8.01	1.02	9.69
TUB172	52.39	50	150	0.76	0.38	3.58
TUB179	47.79	50	150	0.27	0.14	0.54
TUB176	82.38	50	150	0.25	0.13	0.47
TUB171	53.72	50	150	0.15	0.08	0.19
TUB178	74.25	50	150	0.11	0.06	0.1
TUB174	50.34	50	150	0.33	0.17	0.78
TUB181	48.92	50	150	0.19	0.1	0.27
TUB173	46.18	100	150	7.61	0.97	8.82
TUB180	45.34	100	150	7.47	0.95	8.52
TUB184	117	100	150	7.27	0.93	8.1
TUB185	124.4	100	150	7.07	0.9	7.69
TUB186	69.98	100	150	6.9	0.88	7.35
TUB188	113.7	75	150	2.21	0.5	3.62
TUB190	135.1	50	150	0.97	0.49	5.69
TUB193	86.89	50	150	0.67	0.34	2.84
TUB195	53.57	50	150	0.04	0.02	0.02
TUB191	73.53	50	150	0.06	0.03	0.04
TUB194	174.6	50	150	0.4	0.2	1.09
TUB189	153	50	150	0.91	0.46	5.04
TUB192	154.2	50	150	0.66	0.34	2.81
TUB196	40.27	38	150	0.76	0.67	13.77
TUB197	115.5	38	150	0.63	0.56	9.73
TUB198	193.4	38	150	0.38	0.34	3.82

TUB199	134.7	38	150	0.11	0.1	0.38
TUB201	154	75	150	4.04	0.91	11.08
TUB202	200.9	75	150	3.75	0.85	9.65
TUB203	215.7	75	150	3.41	0.77	8.09
TUB204	182.2	75	150	3.08	0.7	6.7
TUB205	182.5	75	150	2.78	0.63	5.54
TUB206	125.8	75	150	2.53	0.57	4.66
TUB207	87.24	75	150	2.36	0.53	4.09
TUB208	143.8	50	150	1.46	0.74	12.12
TUB210	153.9	38	150	0.73	0.64	12.78
TUB211	154.4	38	150	0.48	0.42	5.88
TUB212	130.3	38	150	0.25	0.22	1.76
TUB213	87.45	38	150	0.07	0.06	0.17
TUB214	123	38	150	0.61	0.54	9.17
TUB215	133.3	38	150	0.4	0.35	4.2
TUB216	117.9	38	150	0.19	0.17	1.06
TUB217	56.33	38	150	0.05	0.04	0.09
TUB91	201.4	75	150	0.86	0.19	0.63
TUB92	292.6	75	150	0.46	0.1	0.2
TUB93	134	75	150	0.11	0.02	0.01
TUB105	48.87	100	150	3.83	0.49	2.47
TUB90	61.81	75	150	1.57	0.36	1.92
TUB95	416.9	75	150	1.37	0.31	1.5
TUB96	79.89	100	150	5.6	0.71	5
TUB98	135.1	100	150	5.42	0.69	4.7
TUB99	175.3	100	150	5.09	0.65	4.19
TUB100	190.9	100	150	4.79	0.61	3.74
TUB101	49.56	100	150	4.59	0.58	3.46
TUB102	138.4	100	150	4.44	0.57	3.25
TUB103	22.67	100	150	4.31	0.55	3.08
TUB104	110.1	100	150	4.04	0.51	2.73
TUB106	43.12	100	150	3.91	0.5	2.57
TUB107	45.22	75	150	3.75	0.85	9.66
TUB108	79.16	75	150	3.65	0.83	9.19
TUB109	67.63	75	150	3.53	0.8	8.64
TUB110	35.28	75	150	3.45	0.78	8.28
TUB111	103.5	75	150	3.34	0.76	7.8
TUB112	24.92	75	150	3.24	0.73	7.37
TUB113	60.21	75	150	3.17	0.72	7.08

TUB115	48.18	75	150	3.08	0.7	6.71
TUB116	55.05	75	150	3	0.68	6.39
TUB118	49.62	75	150	2.91	0.66	6.04
TUB146	31.26	75	150	2.68	0.61	5.18
TUB145	58.01	75	150	0.9	0.2	0.68
TUB144	85.91	75	150	0.78	0.18	0.52
TUB143	32.82	75	150	0.68	0.15	0.41
TUB142	108.7	75	150	0.56	0.13	0.28
TUB141	52.26	75	150	0.43	0.1	0.17
TUB140	49.85	75	150	0.35	0.08	0.12
TUB119	73.85	75	150	0.25	0.06	0.06
TUB120	71.69	75	150	2.6	0.59	4.9
TUB121	78.73	75	150	2.48	0.56	4.49
TUB122	32.03	75	150	2.39	0.54	4.19
TUB123	96.73	75	150	2.28	0.52	3.84
TUB124	55.17	75	150	2.16	0.49	3.47
TUB125	47.21	75	150	2.08	0.47	3.24
TUB126	80.75	75	150	1.98	0.45	2.96
TUB127	24.76	75	150	1.89	0.43	2.71
TUB128	64.2	75	150	1.82	0.41	2.53
TUB129	46.27	75	150	1.73	0.39	2.3
TUB131	43.55	75	150	1.66	0.38	2.13
TUB132	30.56	50.8	150	1.49	0.74	11.65
TUB133	92.01	50	150	1.39	0.71	11.07
TUB134	129.1	50	150	1.21	0.62	8.56
TUB135	69.73	50	150	1.05	0.53	6.58
TUB136	81.1	50	150	0.93	0.47	5.26
TUB137	14.49	50	150	0.85	0.43	4.45
TUB209	168.66	50	150	0.7	0.36	3.11
TUB187	297.89	50	150	1.1	0.56	7.18
TUB187'	102.9	75	150	2.4	0.54	4.22
TUB200'	10	75	150	2.4	0.54	4.22
TUB200	20	75	150	4.26	0.96	12.22
TUB158	95.4	75	150	4.26	0.96	12.22
TUB147	144.3	100	150	1.11	0.14	0.25
TUB26	110	100	150	15.17	1.93	31.61
TUB26'	14.5	100	150	15.17	1.93	31.61

TUB102	100	101.6	150	4.21	0.52	2.73
TUB219	16.88	150	150	16.72	0.95	5.25
TUB27	163.03	150	150	25.43	1.44	11.42
TUB97	47.04	100	150	5.27	0.67	4.47
TUB48	41.39	150	150	11.79	0.67	2.75
TUB55	43.37	150	150	12.81	0.73	3.21
TUB148	101.4	150	150	13.41	0.76	3.49
TUB94	40.83	100	150	5.73	0.73	5.22
TUB94'	40	101.6	150	5.73	0.71	4.83
TUB75	101.19	200	150	44.47	1.42	7.92
TUB218	64.88	200	150	44.33	1.41	7.88
TUB222	107.8	150	150	11.9	0.67	2.8
TUB223	95.26	150	150	11.73	0.66	2.72
TUB224	148.4	150	150	11.53	0.65	2.64
TUB226	97.25	150	150	11.24	0.64	2.52
TUB227	138.2	150	150	10.92	0.62	2.39
TUB234	174	150	150	8.64	0.49	1.55
TUB236	20	150	150	8.41	0.48	1.47
TUB233	155.8	150	150	8.91	0.5	1.64
TUB225	40	150	150	11.36	0.64	2.57
TUB228	300	150	150	10.45	0.59	2.2
TUB228'	152.4	150	150	10.45	0.59	2.2
TUB235	21.3	150	150	8.46	0.48	1.49
Tubería 4	267.5	100	130	12.07	1.54	26.98
Tubería 5	6	100	130	12.07	1.54	26.99
TUB221	101.19	150	150	12.07	0.68	2.87
TUB225'	15.61	150	150	11.36	0.64	2.57
TUB229	124.8	150	150	9.99	0.57	2.02
TUB230	157.8	150	150	9.76	0.55	1.94
TUB231	101.7	150	150	9.47	0.54	1.83
TUB231'	100	150	150	9.47	0.54	1.83
TUB232	162.9	150	150	9.17	0.52	1.73
TUB235'	20	150	150	8.46	0.48	1.49
Tubería 9	227.1	100	130	9.93	1.26	18.8
Tubería 8	6	100	130	9.93	1.26	18.81
Tubería 7	5	150	130	9.93	0.56	2.61
TUB220	20	200	150	55.52	1.77	11.95
TUB89	41.3	200	150	55.49	1.77	11.94

TUB88	174	200	150	55.31	1.76	11.86
TUB87	155.8	200	150	55.04	1.75	11.76
TUB86	162.9	200	150	54.78	1.74	11.65
TUB85	201.7	200	150	54.48	1.73	11.54
TUB84	157.8	200	150	54.19	1.72	11.42
TUB83	124.8	200	150	53.96	1.72	11.33
TUB82	423.9	200	150	51.78	1.65	10.5
TUB81	138.2	200	150	51.3	1.63	10.32
TUB80	97.25	200	150	51.11	1.63	10.25
TUB79	55.61	200	150	50.99	1.62	10.2
TUB78	148.4	200	150	50.82	1.62	10.14
TUB77	95.26	200	150	50.62	1.61	10.07
TUB76	107.8	200	150	50.45	1.61	10.01
TUB73	94.41	200	150	41.3	1.31	6.91
TUB74	247.8	200	150	41.02	1.31	6.82
TUB63	251.5	100	150	4.12	0.52	2.82
TUB65	149.3	100	150	3.79	0.48	2.42
TUB69	123.4	100	150	2.67	0.34	1.26
TUB70	162.1	100	150	2.9	0.37	1.47
TUB71	190.1	38	150	0.48	0.42	5.88
TUB72	198.5	38	150	0.16	0.14	0.77
TUB147'	50	100	150	1.11	0.14	0.25
TUB117	68.01	75	150	2.76	0.62	5.47
TUB138	280.8	50	150	0.33	0.17	0.77
TUB139	63.67	50	150	0.05	0.03	0.02
TUB168	46.59	50	150	0.73	0.37	3.4
TUB170	45.75	50	150	0.15	0.08	0.18
TUB177	48.05	50	150	0.12	0.06	0.12
TUB183	76.35	50	150	0.02	0.01	0
TUB182	51.08	50	150	0.07	0.03	0.04
TUB1	212.7	50	150	0.17	0.09	0.23
TUB2	76.16	50	150	0.22	0.11	0.37
TUB58	88.87	100	150	0.73	0.09	0.12
TUB61	100.6	50	150	0.08	0.04	0.06
TUB9	90.82	75	150	0.59	0.13	0.32
TUB60	99.97	75	150	1.19	0.27	1.14
TUB49	92.16	50	150	0.1	0.05	0.09
TUB51	93.18	100	150	1.35	0.17	0.36

TUB53	92.42	75	150	0.77	0.17	0.51
TUB10	89.7	50	150	0.18	0.09	0.26
TUB11	77.14	75	150	0.43	0.1	0.18
TUB14	101.1	75	150	0.5	0.11	0.23
TUB15	97.7	75	150	1.17	0.27	1.12
TUB41	85.28	50	150	0.14	0.07	0.16
TUB43	105.5	100	150	1.73	0.22	0.57
TUB45	90.4	75	150	1.65	0.37	2.1
TUB47	63.92	150	150	13.14	0.74	3.36
TUB40	63.42	150	150	13.22	0.75	3.4
TUB21	46.49	100	150	0.06	0.01	0
TUB17	68.69	75	150	0.65	0.15	0.38
TUB16	93.58	50	150	0.29	0.15	0.61
TUB35	95.99	150	150	0.4	0.02	0.01
TUB22	63.08	75	150	0.3	0.07	0.09
TUB37	90.04	75	150	2.94	0.66	6.14
TUB38	73.19	150	150	15.95	0.9	4.82
TUB32	37.95	75	150	3.86	0.87	10.19
TUB29	96.65	150	150	1.74	0.1	0.08
TUB157	103	150	150	11.74	0.66	2.73
TUB166'	7.42	75	150	2.16	0.49	3.47
TUB166	150	75	150	2.16	0.49	3.47
Tubería 2	75.71	75	150	0.4	0.09	0.15
Tubería 6	74.5	50	150	0.14	0.07	0.16
Tubería 10	77.03	50	150	0.2	0.1	0.31
TUB158'	100	50	150	1.2	0.61	8.43
Tubería 158	198	50	150	1.2	0.61	8.43
Tubería 116'	9.44	75	150	2.83	0.64	5.73
Tubería 116	40	75	150	2.83	0.64	5.74

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Anexo 8: Conexiones de la red de distribución rediseñada condición Sin Consumo en la Red

ID Nudo	Cota (m)	Demanda Base (lps)	Presión (m)
Conexión N1	472	0	23.67
Conexión N2	473	0	22.57
Conexión N3	476	0	19.32
Conexión N5	475	0	20.04
Conexión N4	476	0	18.52
Conexión N6	474	0	21.61
Conexión N7	473	0	22.78
Conexión N8	471	0	24.8
Conexión N10	476	0	19.82
Conexión N11	474	0	21.81
Conexión N12	475	0	20.65
Conexión N13	475	0	20.01
Conexión N14	477	0	17.47
Conexión N16	469	0	24.4
Conexión N17	478	0	23.14
Conexión N18	476	0	23.69
Conexión N19	476	0	23.16
Conexión N20	476	0	21.38
Conexión N21	476	0	20.76
Conexión N22	469	0	27.71
Conexión N23	461	0	35.69
Conexión N24	463	0	33.3
Conexión N26	468	0	30.33
Conexión N27	468	0	30.33
Conexión N28	471	0	27.61
Conexión N29	473	0	25.62
Conexión N30	471	0	27.63
Conexión N31	469	0	29.63
Conexión N32	475	0	23.69
Conexión N33	474	0	24.43
Conexión N34	474	0	24.23
Conexión N35	457	0	41.12

Conexión N36	465	0	32.6
Conexión N37	460	0	37.63
Conexión N38	458	0	39.78
Conexión N39	463	0	35.48
Conexión N40	459	0	40.02
Conexión N9	475	0	20.8
Conexión N25	463	0	33.3
Conexión N41	471	0	27.82
Conexión N50	482	0	22.44
Conexión N49	482	0	22.44
Conexión N48	483	0	21.44
Conexión N47	482	0	22.77
Conexión N43	483	0	22.32
Conexión N44	482	0	22.58
Conexión N45	479	0	24.81
Conexión N46	483	0	21.08
Conexión N51	478	0	25.81
Conexión N53	477	0	26.81
Conexión N54	468	0	35.81
Conexión N128	465	0	33.61
Conexión N129	457	0	41.61
Conexión N130	441	0	57.61
Conexión N131	459	0	39.61
Conexión N132	450	0	48.61
Conexión N133	459	0	39.61
Conexión N134	453	0	45.61
Conexión N135	458	0	40.61
Conexión N136	446	0	52.61
Conexión N137	452	0	46.61
Conexión N138	455	0	43.61
Conexión N139	446	0	52.61
Conexión N140	445	0	53.61
Conexión N141	448	0	50.61
Conexión N142	444	0	54.61
Conexión N143	439	0	59.61
Conexión N144	445	0	53.61
Conexión N145	450	0	48.61
Conexión N146	446	0	52.61
Conexión N151	444	0	54.61

Conexión N153	450	0	48.61
Conexión N154	447	0	51.61
Conexión N155	440	0	58.61
Conexión N149	444	0	54.61
Conexión N148	447	0	51.61
Conexión N147	439	0	59.61
Conexión N150	445	0	53.61
Conexión N152	452	0	46.61
Conexión N156	451	0	47.61
Conexión N157	444	0	54.61
Conexión N158	443	0	55.61
Conexión N159	442	0	56.61
Conexión N160	442	0	56.61
Conexión N161	439	0	59.61
Conexión N162	440	0	58.61
Conexión N163	433	0	65.61
Conexión N164	435	0	63.61
Conexión N165	438	0	60.61
Conexión N166	430	0	68.61
Conexión N167	433	0	65.61
Conexión N168	430	0	68.61
Conexión N169	427	0	71.61
Conexión N170	428	0	70.61
Conexión N171	440	0	58.61
Conexión N172	438	0	60.61
Conexión N173	434	0	64.61
Conexión N174	433	0	65.61
Conexión N175	433	0	65.61
Conexión N176	432	0	66.61
Conexión N177	434	0	64.61
Conexión N178	434	0	64.61
Conexión N179	433	0	65.61
Conexión N180	433	0	65.61
Conexión N181	432	0	66.61
Conexión N182	433	0	65.61
Conexión N183	432	0	66.61
Conexión N184	431	0	67.61
Conexión N185	431	0	67.61

Conexión N186	433	0	65.61
Conexión N187	432	0	66.61
Conexión N188	433	0	65.61
Conexión N55	488	0	18.62
Conexión N70	503	0	12.93
Conexión N71	504	0	11.93
Conexión N72	506	0	9.93
Conexión N73	507	0	8.93
Conexión N85	477	0	28.01
Conexión N86	478	0	26.95
Conexión N111	471	0	30.48
Conexión N110	472	0	29.48
Conexión N98	466	0	35.48
Conexión N97	465	0	36.48
Conexión N127	470	0	28.9
Conexión N120	460	0	41.48
Conexión N119	466	0	35.48
Conexión N118	468	0	33.48
Conexión N116	469	0	32.48
Conexión N52	474	0	29.07
Conexión N56	490	0	17.56
Conexión N57	492	0	16.39
Conexión N58	495	0	14.69
Conexión N59	496	0	14.17
Conexión N60	498	0	13.02
Conexión N61	500	0	12.23
Conexión N62	501	0	14.93
Conexión N63	503	0	14.02
Conexión N64	505	0	13.4
Conexión N65	509	0	11.16
Conexión N66	510	0	11.58
Conexión N67	512	0	10.94
Conexión N68	513	0	11.46
Conexión N69	514	0	10.83
Conexión N74	480	0	26.51
Conexión N75	482	0	24.4
Conexión N76	480	0	26.21

Conexión N77	479	0	27.15
Conexión N78	480	0	25.91
Conexión N79	475	0	30.64
Conexión N80	471	0	34.57
Conexión N81	479	0	26.38
Conexión N82	479	0	26.35
Conexión N83	478	0	27.22
Conexión N84	476	0	29.07
Conexión N87	476	0	28.69
Conexión N88	472	0	32.25
Conexión N89	473	0	30.87
Conexión N90	468	0	35.67
Conexión N91	464	0	39.09
Conexión N92	461	0	41.95
Conexión N93	458	0	44.62
Conexión N94	455	0	47.35
Conexión N95	456	0	46.04
Conexión N96	467	0	34.76
Conexión N99	466	0	35.48
Conexión N126	460	0	39.22
Conexión N125	461	0	38.71
Conexión N124	462	0	37.89
Conexión N123	464	0	36.5
Conexión N122	465	0	35.79
Conexión N121	467	0	34.07
Conexión N100	465	0	36.48
Conexión N101	465	0	36.48
Conexión N102	464	0	37.48
Conexión N103	458	0	43.48
Conexión N104	462	0	39.48
Conexión N105	465	0	36.48
Conexión N106	468	0	33.48
Conexión N107	473	0	28.48
Conexión N108	461	0	40.48
Conexión N109	465	0	36.48
Conexión N112	472	0	29.48
Conexión N113	458	0	43.48

Conexión N114	455	0	46.48
Conexión N115	456	0	45.48
Conexión N117	455	0	46.48
Conexión N204	485	0	20.83
Conexión N189	492	0	38.99
Conexión N190	492	0	38.69
Conexión N191	493	0	37.42
Conexión N192	495	0	35
Conexión N193	496	0	33.85
Conexión N194	498	0	31.57
Conexión N195	500	0	29.19
Conexión N196	500	0	27.91
Conexión N197	503	0	24.56
Conexión N198	505	0	22.12
Conexión N199	509	0	17.56
Conexión N200	510	0	16.1
Conexión N201	512	0	13.66
Conexión N202	513	0	12.17
Conexión N203	514	0	11.06

Fuente: *Elaboración propia, 2016.*