



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

“REHABILITACION Y AMPLIACION DEL MINIAUEDUCTO POR GRAVEDAD DE LA COMUNIDAD ARANJUEZ, MUNICIPIO DE SAN FERNANDO, DEPARTAMENTO DE NUEVA SEGOVIA”

Para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por:

Br. Miguel Ángel Martínez Cerna

Br. Donal Yovany González Ortez

Tutor

M.Sc. Ing. Ricardo Javier Fajardo González

Managua, Septiembre 2021

DEDICATORIA

A Dios

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor. De darnos el don de la sabiduría durante la realización de nuestra monografía y sobre todo la fortaleza de no rendirnos en esta etapa importante de nuestras vidas.

A mi madre

Francisca del Rosario Cerna Carrasco, por haberme apoyado en todo momento del transcurso de mi carrera universitaria, por sus consejos y ánimo de nunca rendirme y decirme siempre que todo se puede en esta vida, por la motivación de ser persona de bien pero más que nada por todo el amor que me brindo.

A mi padre

Teófilo de Jesús Martínez, por su ejemplo de perseverancia y constancia que me caracterizo y que me a infundado siempre, por los valores de respeto, puntualidad, trabajo y honestidad que me ayudó a forjar durante mi preparación profesional.

Miguel Martínez Cerna

DEDICATORIA

A Dios

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor. De darnos el don de la sabiduría durante la realización de nuestra monografía y sobre todo la fortaleza de no rendirnos en esta etapa importante de nuestras vidas.

A mi madre

Armidia del Rosario Ortez Beltrán, por haberme apoyado en todo momento del transcurso de mi carrera universitaria, por sus consejos y ánimo de nunca rendirme y decirme siempre que todo se puede en esta vida, por la motivación de ser persona de bien pero más que nada por todo el amor que me brindo.

A mi padre

Oscar Noel González Pérez, por su ejemplo de perseverancia y constancia que me caracterizo y que me a infundado siempre, por los valores de respeto, puntualidad, trabajo y honestidad que me ayudo a forjar durante mi preparación profesional.

Donal González Ortez

AGRADECIMIENTO

Agradecemos primeramente a Dios por la salud que nos dio, la fuerza y el entusiasmo a los docentes de la universidad, a los amigos compañeros de clases y a la misma universidad por brindarnos el cupo para estudiar en ella y ser un profesional de éxito.

A la alcaldía municipal de **San Fernando, Nueva Segovia** por apoyarnos en todo lo necesario para realizar nuestra monografía.

Gracia una vez más a docentes y a nuestro tutor de monografía que siempre estuvo atento a nuestras consultas **M.Sc. Ing. Ricardo Javier Fajardo González.**

RESUMEN EJECUTIVO

La finalidad del presente documento es rehabilitar y realizar el diseño o ampliación de un sistema de agua potable, que brinde un servicio eficiente y continuo durante su periodo de diseño de 20 años, para la comunidad Aranjuez, del municipio de San Fernando, Nueva Segovia.

Los parámetros de diseño se definieron de acuerdo con la información básica obtenida de las siguientes actividades previas realizadas en el área contemplada por el proyecto:

- **Encuesta socioeconómica**
- **Recopilación de información**
- **Levantamiento topográfico**

La comunidad en estudio presenta características de dispersión y concentración de su población, abasteciéndose actualmente de agua de pozos excavados a mano y otros métodos de abastecimiento con altos riesgos de contaminación; por lo que actualmente demanda dicha población un sistema de aprovisionamiento de agua que les garantice la salud de sus habitantes.

De acuerdo con los resultados del estudio socioeconómico que se realizaron casa a casa en la comunidad, cada una de las personas proporcionó la información necesaria para la elaboración de este documento. Otro aspecto importante para la ejecución de dicho proyecto es que sus pobladores están dispuestos a participar en las actividades para su realización y garantizar la sostenibilidad de este una vez ejecutado; así como también fortalecer la participación comunitaria, promoción comunal y educación sanitaria.

Según las características topográficas del sitio y la ubicación de la obra de captación se determinó que la conducción del sistema se realice por gravedad.

El presente documento fue estructurado en los siguientes capítulos:

Capítulo I. Generalidades

Se dan a conocer los aspectos metodológicos de la investigación como es la introducción a la problemática actual de la zona en estudio, sus antecedentes, la justificación y el planteamiento del problema, los objetivos necesarios para darle solución y las estrategias teóricas para darle salida a los objetivos.

Capítulo II. Marco teórico

En este capítulo se delimitó el problema, se formularon definiciones que se verificaron, e interpretaron los resultados de estudio.

Capítulo III. Diseño metodológico

Se describen las metodologías de diseño de cada uno de los elementos hidráulicos para el funcionamiento del sistema, donde se detalla de forma general cada una de las redes, ubicación de la fuente y tanque de almacenamiento.

Capítulo IV. Cálculos y resultados

En este capítulo se presentan detalladamente los pasos de los cálculos y resultados obtenidos tanto para los estudios básicos como el diseño hidráulico y los correspondientes planos de la red.

Capítulo V. Conclusiones y recomendaciones

En este capítulo se detallan los aspectos importantes a considerar para la ejecución del proyecto.

Anexos

Contiene la información complementaria de los capítulos anteriores.

CAPÍTULO I

Aspectos generales.....	16
1.1 Introducción.....	1
1.2 Antecedentes.....	2
1.3 Justificación.....	3
1.4 Objetivos	5
1.4.1 Objetivo general.....	5
1.4.2 Objetivos específicos:.....	5
1.5 Descripción del sitio	6
1.5.1 Localización	6
1.5.2 Aspectos políticos.....	7
1.5.3 Topografía	8
1.5.4 Recursos hídricos.....	8
1.5.5 La micro cuenca de la quebrada La Puerta.	9
1.5.6 Climatología	11
1.5.7 Vías de comunicación y transporte.....	11
1.5.8 Servicios públicos	12
1.5.8.1 Energía eléctrica:	12
1.5.8.2 Telecomunicaciones:.....	12
1.5.8.3 Agua potable y alcantarillado:.....	13
1.5.8.4 Las aguas bicarbonatadas sódicas	13
1.5.8.5 Aguas bicarbonatadas cálcicas y magnésicas.....	13
1.5.8.6 Aguas pluviales	14
1.5.8.7 Aguas negras.....	14
1.5.8.8 Aguas residuales.....	14
1.5.8.9 Letrinificación	14
1.5.8.10 Salud.....	14

1.5.8.11 Educación.....	15
1.5.9 Población.....	15
1.5.10 Aspectos económicos.....	15
CAPÍTULO II	16
Marco teórico	16
2.1 Estudio socio económico	18
2.2 Estudio topográfico.....	18
2.3 Calidad del agua de la fuente	18
2.3.1 Parámetro bacteriológico.....	19
2.3.2 Filtración gruesa	24
2.3.3 Tratamiento por filtración lenta	24
2.3.4 Desarenadores	25
2.3.5 Desinfección.....	25
2.4 Diseño hidráulico	27
2.4.1 Período de diseño	27
2.4.2 Variaciones de consumo	27
2.4.3 Obras de captación.....	27
2.4.4 Línea de conducción	28
2.4.5 Tanque de almacenamiento	28
2.4.6 Red de distribución	28
2.4.7 Resistencia de las tuberías	29
2.4.8 Tipos de redes.....	29
2.4.8.1 Tipos ramificados.....	29
2.4.8.2 Tipos malladas	30
2.4.9 Carga hidráulica disponible.....	30
2.4.10 Sobrepresión o depresión	30

2.4.11	Normas y reglamentos	30
2.5	Planos constructivos y especificaciones técnicas	30
2.6	Costo y presupuesto	31
2.6.1	Presupuesto de construcción.....	31
2.6.2	Costos unitarios.....	31
2.6.3	Take-off	31
CAPÍTULO III		32
Diseño metodológico		32
3.1	Inspección física de la ubicación del área en estudio	33
3.2	Estudio socioeconómico	33
3.2.1	Fuentes de recolección de datos	33
3.2.2	Muestra y muestreo de estudio	34
3.2.3	Instrumentos de recolección de datos	34
3.2.4	Métodos para recolección de datos	35
3.2.5	Herramientas para recolección de datos	35
3.2.6	Procesamiento y análisis de datos	35
3.3	Parámetros de diseño	36
3.3.1	Población de diseño	36
3.3.2	Periodo de diseño.....	36
3.4	Levantamiento topográfico.....	37
3.5	Caudal de diseño.....	37
3.5.1	Consumo doméstico (CD).....	37
3.5.2	Consumo promedio diario (CPD)	38
3.5.3	Diámetro de tubería de conducción	41
3.5.4	Velocidad en la tubería de conducción.....	42

3.5.5	Celeridad de Allievi.....	42
3.5.6	Accesorios para tanques	46
3.6	Red de distribución	47
3.6.1	Accesorios y obras complementarias de la red de distribución. 49	
3.7	Análisis y cálculo hidráulico del sistema	49
3.8	Elaboración de planos	50
3.9	Especificaciones técnicas	50
3.10	Estimación de costos y presupuesto	50
CAPÍTULO IV		51
Cálculos y resultados.....		51
4.1	Estudio socioeconómico	52
4.1.1	Distribución de la población	52
4.1.2	Rango de edades	53
4.1.3	Nivel de escolaridad	53
4.1.4	Adquisición de la vivienda	54
4.1.5	Estado actual de la vivienda	54
4.1.6	Situación económica de las familias.....	54
4.1.7	Ocupación de los beneficiarios	56
4.1.8	Situación de salud en la vivienda.....	57
4.2	Características topográficas	58
4.2.1	Reconocimiento de terreno y levantamiento topográfico	58
4.3	Evaluación actual del sistema.....	58
4.3.1	Fuente de abastecimiento	59
4.3.2	Obra de captación.....	59

4.3.3	Línea de conducción	59
4.3.4	Tanque de almacenamiento	59
4.3.5	Red de distribución	60
4.4	Cálculos y estudios de la fuente	60
4.4.1	Calidad del agua	60
4.4.2	Ubicación de la fuente	60
4.4.3	Resultados de la calidad del agua.....	61
4.4.3.1	Calidad físico- químico	61
4.4.3.2	Calidad bacteriológica	62
4.5	Diseño hidráulico	62
4.5.1	Población beneficiaria del proyecto.....	62
4.5.2	Tasa de crecimiento poblacional.....	62
4.5.3	Cálculo de población:.....	63
4.5.4	Proyección de la demanda de agua	64
4.5.5	Obra de captación.....	65
4.5.6	Línea de conducción	65
4.5.7	Red de distribución hidráulica.....	67
4.5.8	Determinación de los caudales nodales	67
4.5.9	Cálculo de caudal unitario	67
4.6	Análisis con el software EPANET	69
4.6.1	Línea de conducción	69
4.6.1.1	Presiones máximas y mínimas	69
4.7	Red de distribución	69
4.7.1	Presiones máximas y mínimas	69
4.8	Velocidades y diámetros	70
4.9	Demanda cero.....	70

4.10 Presupuesto general.....	82
CAPÍTULO V.....	90
Conclusiones y recomendaciones.....	90
5.1 Conclusiones.....	91
5.2 Recomendaciones.....	92
Anexos.....	I
Bibliografía	

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1.Ubicación del proyecto, Comunidad Aranjuez, Municipio de San Fernando; Departamento de Nueva Segovia	7
Ilustración 2.Ubicación de la fuente en la microcuenca La Puerta	10
Ilustración 3.Ubicación de la fuente que alimentan la obra de captación ...	61
Ilustración 4.Análisis de la presión en los nodos con Software EPANET ...	77
Ilustración 5.Diámetro de tuberías en línea de conducción y red de distribución con el Software EPANET	78
Ilustración 6.Velocidades en la línea de conducción y red de distribución con Software EPANET	79
Ilustración 7.Análisis de presiones cuando el consumo es cero con el Software EPANET	80
Ilustración 8.Análisis de velocidades cuando el consumo es cero con Software EPANET	81
Ilustración 9.Captación actual del sistema	XII
Ilustración 10.Tratamiento actual del agua potable	XII
Ilustración 11.Tratamiento actual del agua potable	XII
Ilustración 12.Tanque existente	XIII

Índice de Tablas

Tabla 1.Parámetros bacteriológicos	20
Tabla 2.Parámetros físico – químicos.....	21
Tabla 3.Niveles mínimos de calidad según el uso a que se destinen.....	23
Tabla 4.Parámetros para desinfectantes y subproductos de la desinfección	26
Tabla 5.Períodos de diseño	41
Tabla 6.Coeficiente de rugosidad (C) de Hazen –Williams para los diferentes tipos de materiales en los conductos.....	43
Tabla 7.Dotaciones de servicio del sistema	63
Tabla 8.Proyección de la demanda de agua.....	64
Tabla 9.Distribución de caudales.....	68
Tabla 10.Presiones y demandas base en los nodos	71

Tabla 11.Longitud ,diametro,rugosidad y velocidad en las tuberías	74
Tabla 12.Presupuesto general	82
Tabla 13.Presupuesto detallado	83
Tabla 14.Gastos de cloro	VIII
Tabla 15.Gastos de cloro	VIII
Tabla 16.Costo teórico de la tarifa	X
Tabla 17.Calculo de la factura promedio	XI

Índice de Gráficos

Gráfico 1.Distribucion de la población	52
Gráfico 2.Rango de edades	53
Gráfico 3.Nivel de escolaridad	53
Gráfico 4.Adquisición de la vivienda	54
Gráfico 5.Estado actual de la vivienda	54
Gráfico 6.Ingreso mensual.....	55
Gráfico 7.Ocupacion de los beneficiarios	56
Gráfico 8.Situacion de salud	57

Acrónimos

AMUNIC:	Asociación de Municipios de Nicaragua
CAPRE:	Comité coordinador regional de instituciones de agua potable y saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana
ENACAL:	Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados
FISE:	Fondo de Inversión Social de Emergencia
INAA:	Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados
INAFOR:	Instituto Nacional Forestal
INIDE:	Instituto Nacional de Información de Desarrollo
INETER:	Instituto Nacional de Estudios Territoriales
INIFOM:	Instituto Nicaragüense de Fomento Municipal
MABE:	Mini acueducto por bombeo eléctrico
MAGFOR:	Ministerio Agropecuario y Forestal
MARENA:	Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales
MIFAMILIA:	Ministerio de la familia
MINED:	Ministerio de Educación
MINSA:	Ministerio de Salud
MTI:	Ministerio de Transporte e Infraestructura
OMS:	Organización Mundial de la Salud
ONGs:	Organizaciones no Gubernamentales
As:	Arsénico
°C:	Grados Celsius
Ca:	Calcio
CaCO ₃ :	Carbonato de calcio
CO ₃ :	Carbonatos
Cl:	Cloruros

E. Coli:	Escherichia coli
Fe 2+:	Hierro total
g.p.p.d:	Galones por persona por día
H°.G°	Hierro galvanizado
H°.F°	Hierro fundido
HCO ₃ :	Bicarbonatos
Km:	Kilómetros
lppd:	Litros por persona por día
lps:	Litros por segundo
msnm:	Metros sobre el nivel del mar
m.c.a:	Metros de columna de agua
ml:	Mililitros
mg/l:	Miligramos por litro
mts:	Metros
mm:	Milímetros
Mg:	Magnesio
m/s:	Metros por segundo
NMP:	Número más probable
n:	Número de años que comprende el período de diseño
NO ₃ :	Nitratos
NO ₂ :	Nitritos
pH:	Potencial de hidrógeno
Pt-Co:	Escala de color
P _n :	Población del año "n"
P _o :	Población al inicio del período de diseño

PVC:	Polivinilo de Cloruro
r:	Tasa de crecimiento en el periodo de diseño expresado en notación decimal
UNT:	Unidades de turbidez
VMA:	Valores Máximos Admisibles
$\mu\text{s/cm}$:	Conductividad eléctrica
$\mu\text{g/L}$:	Microgramos por litro

CAPÍTULO I

Aspectos generales

1.1 Introducción

El agua es el componente más abundante e importante de nuestro planeta; el hecho de que todos los seres vivos dependan de la existencia del agua nos da una pauta para percibir su importancia vital. La mayor parte de la superficie de la Tierra está compuesta de agua, pero sólo un poco más del 2% es agua dulce. De este modo, el agua constituye un insumo indispensable para la vida humana pero extremadamente escaso, la demanda de agua es cada vez mayor y su contaminación resulta preocupante.

La falta de servicios adecuados de suministro de agua y saneamiento conduce a enfermedades como la diarrea o brotes de malaria y de cólera. Los que más sufren los desafíos que representa el agua son las poblaciones pobres de las ciudades que, con frecuencia, viven en zonas suburbanas o en asentamientos irregulares en rápido proceso de expansión y donde no están cubiertas las necesidades más básicas para la vida como un agua potable saludable, un saneamiento adecuado.

Los habitantes de la comunidad de Aranjuez del municipio de San Fernando Nueva Segovia actualmente se abastecen del agua captada por un sistema de acueducto por gravedad existente (MAG) el cual se encuentra en mal estado técnicamente, principalmente la forma que es captada el agua directamente del río, además de tener este sistema más de 20 años de haberse construido dando así por concluido su vida útil de servicio, además que actualmente la población se ha proyectado significativamente por lo que hay hogares existentes en la comunidad que no cuentan con el servicio de agua potable. Por tal razón se propone la Rehabilitación del mini acueducto por gravedad y ampliación de red de agua potable en la comunidad de Aranjuez con el fin de resolver la problemática que ellos tienen actualmente con el abastecimiento de agua.

1.2 Antecedentes

En Nicaragua, alrededor de un tercio de la población se abastecen de agua potable a través de fuentes gestionadas por personas de la comunidad que conforman los comités de agua y saneamiento (CAPS). La mayoría de las comunidades de Nicaragua, en lo rural los sistemas de agua potable son por gravedad (MAG), algunos de estos sistemas ya dieron su vida útil.

Actualmente se estima que en Nicaragua existen alrededor de 5200 CAPS que en conjunto trabajan para garantizar el derecho humano al agua y saneamiento a 2 millones de personas en el país, principal mente en las áreas rurales, aunque también se encuentran organizados en barrios periurbanos. (Gestión de los comités de agua y saneamiento en Nicaragua).

En el municipio de San Fernando departamento de Nueva Segovia hay un total de 12 mini acueductos por gravedad incluyendo el de Aranjuez, en el cual este se encuentra en mal estado, principalmente la forma que es captada el agua directamente del rio que pasa directamente al desarenador arrastrando consigo partículas de arenas graníticas de diferentes diámetros, es de color blanco el cual se satura constantemente de arena, razón por lo cual tiene que estarse limpiando constante mente, porque este a la vez aterra la tubería de arena lo cual produce déficit con el abastecimiento de agua a la población.

Debido a estos problemas existe una parte de la población que hace uso del agua del rio directamente sin ningún tipo de tratamiento higiénico sanitario. Además, existe gran parte de las viviendas que las letrinas están en mal estado y otras viviendas que carecen de ellas.

1.3 Justificación

El sistema de abastecimiento del casco urbano de San Fernando está conformado por un acueducto por sistema de bombeo eléctrico, dicho sistema esta administrado y supervisado por ENACAL. Lamentablemente este sistema no satisface al resto de comunidades debido a la demanda al 100 % de los usuarios del municipio de san Fernando, la distancia de estas comunidades y la escasez de agua en épocas de verano en la fuente de captación que es el rio de san Fernando, por lo que las comunidades del municipio deben de realizar sus propios sistemas de agua potable por medio de comités de agua potable (CAPS).

Actualmente, el agua con que se abastece a la población de la comunidad de Aranjuez es de mala calidad en invierno y regular en verano, esto es debido a que la fuente actual del sistema que es el rio La Horca proviene de agua superficial y en invierno se enturbia, debido a la concentración de sedimentos y materia orgánica que provienen de las áreas aledañas arrastrando estos desechos que se depositan en la toma y por consiguiente viajan a través de la tubería, contaminando el agua de consumo humano, a pesar de poseer un desarenador, estos no funcionan adecuadamente debido a la colmatación de los mismos por falta de mantenimiento y además de la vida útil de este sistema que ya caducó, teniendo en cuenta también que la comunidad de Aranjuez ha aumentado significativamente su densidad de población por lo que hay que realizar una ampliación de red de tuberías para las nuevas familias existentes.

Esta rehabilitación y ampliación de sistema de agua potable pretende resolver la problemática que se está viviendo en la comunidad de Aranjuez del municipio de San Fernando Nueva Segovia. En la cual consiste en que las personas de esas localidades están recibiendo una mala calidad de agua potable debido a que las tuberías están demasiadas viejas y tienen que vivir reparándolas con hules de neumáticos de vehículos y estas reparaciones son frecuentes, la población está cansada ya que en invierno se les complica la situación el agua es turbia e incluso presenta mal olor en ciertas ocasiones.

Según el MINSA San Fernando, el municipio cuenta con un centro de salud general ubicado en el casco urbano, este da cobertura a todo el municipio incluyendo las comunidades; la comunidad de Aranjuez cuenta con un centro de salud monitoreado por el centro de salud antes mencionado. Estos mismos reportan que las enfermedades más comunes padecidas son: micosis, dermatitis, gastritis, urticaria, parasitosis y gastroenteritis obteniendo un total de casos atendidos durante el mes de enero 2019 de 21 personas afectadas relacionadas por el consumo de este vital líquido que es de mala calidad.

La escasez de agua afecta a más del 40 por ciento de la población mundial, una cifra alarmante que probablemente crecerá con el aumento de las temperaturas globales producto del cambio climático. Aunque 2.100 millones de personas han conseguido acceso a mejores condiciones de agua y saneamiento desde 1990, la decreciente disponibilidad de agua potable de calidad es un problema importante que aqueja a todos los continentes.

Ante lo mencionado anteriormente se hace necesario mejorar la calidad de este vital líquido mediante la rehabilitación y ampliación de este sistema actual, haciendo un tratamiento habilitado (cloración); para que así se pueda reducir aun mínimo las enfermedades producidas por el consumo de este vital líquido.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

- ❖ Rehabilitar y ampliar la red de tuberías de un mini acueducto por gravedad (MAG) existente en la comunidad de Aranjuez, municipio de San Fernando, departamento Nueva Segovia.

1.4.2 Objetivos específicos:

- ❖ Realizar un estudio socio económico de la población a beneficiar.
- ❖ Realizar un levantamiento topográfico que servirá para determinar la pendiente y longitud total de la red de tuberías
- ❖ Evaluar el sistema de abastecimiento de agua potable actual.
- ❖ Diseñar los componentes del nuevo sistema de abastecimiento considerando aquellos elementos que se consideran útil para su funcionamiento.
- ❖ Elaborar presupuesto general de la obra.

1.5 Descripción del sitio

El origen de la población de Aranjuez data desde mediados del siglo pasado, en los planteles y campamentos minerales de San Juan y de los trabajadores de la mina Babilonia. Sin embargo, el verdadero incremento de la población es de los años 1928 y 1929 con motivo de la conocida "Guerra de las Segovia", dirigida por el general Augusto C. Sandino iniciada poco después del Pacto de Tipitapa el 4 de mayo de 1927.

1.5.1 Localización

La comunidad de Aranjuez está ubicada en el municipio de San Fernando, departamento de Nueva Segovia, se encuentra a 269 kilómetros de distancia de la ciudad de Managua y se viaja en carretera adoquinada y pavimentada, esta comunidad se localiza entre los 13° 46' 24.8" latitud norte y los 86° 12' 56.6' longitud oeste.

Comunidad Aranjuez, Municipio de San Fernando; Departamento de Nueva Segovia **(ver Planos de proyecto)**

Limites:

Al norte: Comunidad de Mosuli.

Al sur: Comunidad German Pomares.

Al este: Comunidad Valle Muyuca.

Al oeste: Comunidad San Antonio.

Ilustración 1. Ubicación del proyecto, Comunidad Aranjuez, Municipio de San Fernando; Departamento de Nueva Segovia



Fuente: Google Earth

1.5.2 Aspectos políticos

Entre las representaciones de entidades del gobierno central: Ministerios y Entes Autónomos, con presencia en el municipio están:

MINSA, Ministerio de Educación (MINED), Ministerio de la familia (MIFAMILIA), Juzgado local, Policía Nacional, Ministerio Agropecuario y Forestal (MAGFOR), Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (MARENA), Instituto Nacional Forestal (INAFOR), Fondo de Inversión Social de Emergencia (NUEVO FISE), Instituto Nicaragüense de Fomento Municipal (INIFOM), Asociación de

Municipios de Nicaragua (AMUNIC), Ministerio de Hacienda y crédito Público (MHCP), Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI).

El Gobierno Municipal: (representación de partidos políticos y de los ámbitos urbano y rural y por sexo) compuesto por 8 miembros propietarios e igual número de suplentes: 4 mujeres y 4 hombres.

1.5.3 Topografía

Las diferentes rocas reconocidas en el municipio de San Fernando presentan un relieve muy característico de cada unidad, los esquistos generalmente presentan cerros en forma piramidal, cuando se observan meteorizados y erosionados originan un relieve del tipo semicircular originados por la erosión lineal, en torno.

El municipio cuenta con una extensión territorial de 269 km², de los cuales 5 km² corresponden al área urbana y 264 km² al área rural. Cuenta con elevaciones que oscilan entre los 760 y 1,800 metros sobre el nivel del mar, con una altitud de 729.14 m.s.n.m.

Estratigráficamente el área del municipio está compuesta por una secuencia de rocas del cuaternario y del terciario y primario; pertenecientes a la eras paleozoico y cenozoico. Las principales estructuras lineales geológicas, manifestándose fallas lineales con rumbo noroeste a sureste siendo cubiertas por los depósitos del cuaternario, estas son de origen terciario y por lo tanto se consideran inactivas.

1.5.4 Recursos hídricos

En el municipio está constituido por un relieve de montañas elevadas que forman sistema de “partes de aguas” (división de aguas superficiales y subterráneas), que forman las cuencas y microcuencas más importantes del municipio y el departamento.

El municipio de San Fernando, está constituido por una extensa red hidrográfica, que descienden de la cordillera de Dipilto Jalapa, con dirección del noroeste a sureste a desembocar a otras microcuencas importantes del municipio de Ciudad Antigua y estas a la vez a la cuenca del Rio Coco.

Otras micro cuencas hidrográficas del municipio de San Fernando descargan sus aguas al río Santa Clara y este a la vez al Río El Júcaro.

En todo el territorio del municipio de San Fernando, se han delimitado 15 microcuencas unas más extensas y otras pequeñas. Todas estas quebradas son influentes con respecto a las aguas subterráneas, ya que en época de verano están conectadas hidráulicamente. La fuente de abastecimiento para el sistema de agua potable para la comunidad Aranjuez pertenece a la microcuenca quebrada La Puerta. (CIRA/UNAN, 2016)

1.5.5 La micro cuenca de la quebrada La Puerta

Formada por Las micro cuencas de Ocho (8) afluentes que no hay registro de sus nombres y derraman sus aguas al río el Júcaro, fuera del territorio municipal.

La Cuenca de la quebrada El Zarzal.

La micro cuenca de la quebrada El Caracol.

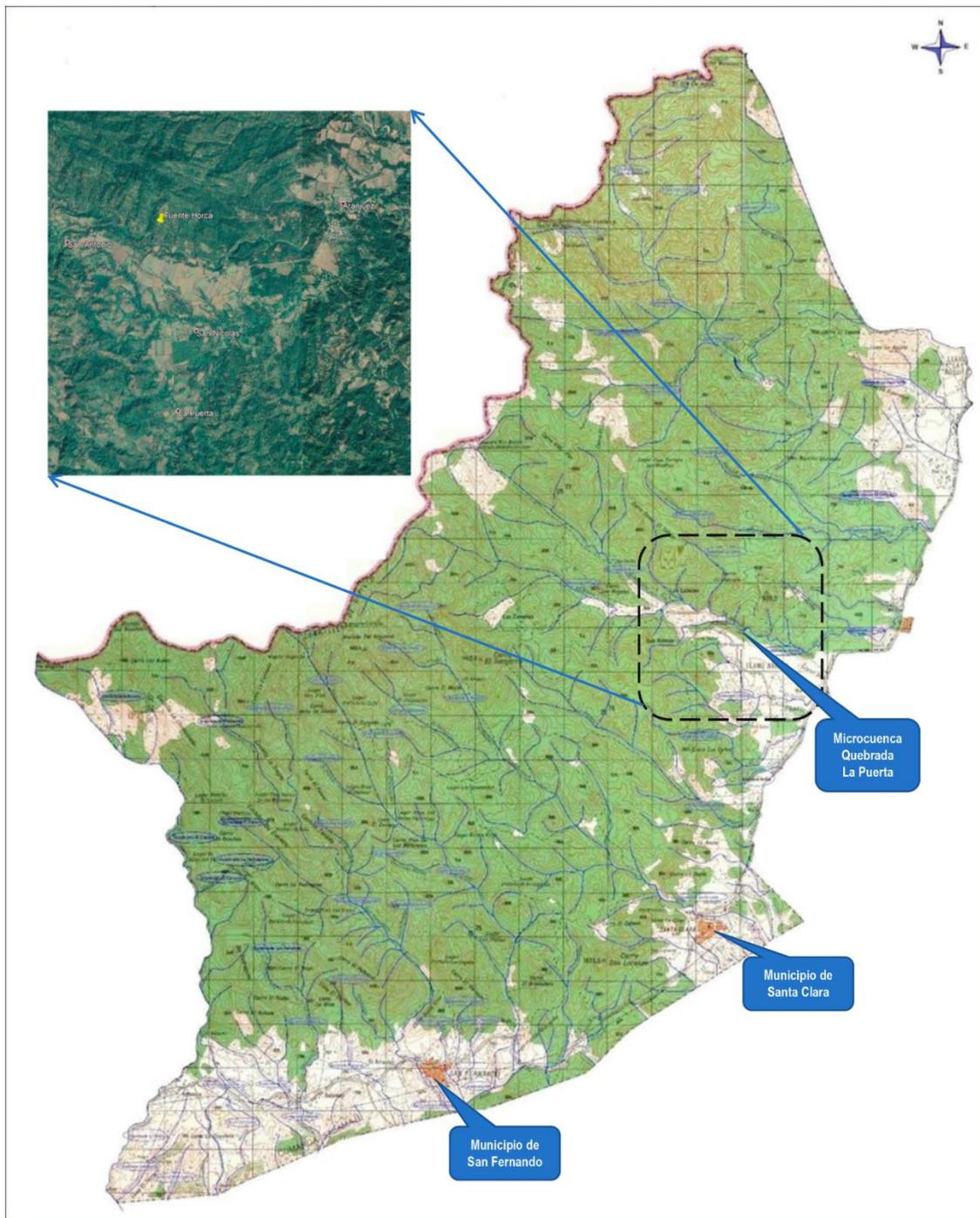
Formada por tres (3) afluentes.

La micro cuenca de la quebrada Arriba.

La conforman a la vez ocho (8) afluentes que no hay registro de sus nombres, desembocan o drenan sus aguas a la cuenca del río El Júcaro en el municipio de el Júcaro.

La cuenca del Río La Horca, que nace en la cordillera de Dipilto Jalapa. cuya cabecera está conformada por Once (11) afluentes que no hay registro de sus nombres. (CIRA/UNAN, 2016)

Ilustración 2. Ubicación de la fuente en la microcuenca La Puerta



Fuente: Mapa Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER)

1.5.6 Climatología

Según la clasificación de Köppen del periodo de 1971-2000 el clima clasificado de sabana tropical de la zona es cálido sub húmedo con menor humedad, con algunas variables en las partes altas modificada a esta zona en la que existen dos estaciones bien marcadas:

Estación seca (verano) que dura desde noviembre - abril.

Estación lluviosa (invierno) que va de mayo a noviembre.

La temperatura promedio es de 23° a 24° registrando máximas hasta 26° y mínimas hasta 16°, el periodo más caluroso ocurre desde marzo hasta abril y el más fresco es de diciembre hasta enero.

La vegetación más abundante es de pinares, robles y arbustos menores, es en general un área muy deforestada en algunas micro regiones, para caracterizar la climatología se tomó la estación meteorológica de Ocotal. Perteneciente al INETER, por ser la más próxima al área del presente estudio. (CENEPRED C. N., 2016)

1.5.7 Vías de comunicación y transporte

Nueva Segovia es un departamento de la República de Nicaragua cuya cabecera departamental es la ciudad de Ocotal localizada a 226 kilómetros de Managua, cerca del puesto aduanero y migratorio de "Las Manos" en la frontera con Honduras.

La única vía de acceso a la comunidad de Aranjuez, Municipio de San Fernando está enlazada con Managua, capital del país, a una distancia de 269 kilómetros a través de una carretera transitable en toda época del año. (INIFOM, 2005)

1.5.8 Servicios públicos

1.5.8.1 Energía eléctrica:

La subestación eléctrica en Ocotal de los municipios de Nueva Segovia verá mejorada su capacidad de desarrollo con una energía de mejor calidad, esta nueva subestación tendrá una capacidad de 20 megavatios (MVA), energía que será distribuida a los habitantes de las dos localidades, así como a los municipios de Dipilto, Santa María y Macuelizo para un total de 62 mil 868 habitantes protagonistas.

La subestación Ocotal también incluye 22 kilómetros de líneas de transmisión, una bahía de transformación y línea de fibra óptica. Con este proyecto los departamentos de Nueva Segovia, Madriz y Estelí, con todos sus municipios tendrán tres nuevas subestaciones que les garantizarán energía segura y constante todo el tiempo.

En los últimos tiempos gracias al desarrollo que está alcanzando esta región, la población demanda mayor capacidad de distribución y en ese sentido se está realizando las inversiones para sobrepasar el 70 por ciento de cobertura que existe en esta zona del país.

1.5.8.2 Telecomunicaciones:

Las telecomunicaciones se han convertido en una necesidad, y su accesibilidad es un derecho de todos; por tal motivo con el proyecto Banda Ancha, ejecutado por ENATREL en coordinación con el Instituto Nicaragüense de Telecomunicaciones y Correos (TELCOR), llevará este servicio básico a todos los rincones del país. En Nueva Segovia ya se ha avanzado desde Ocotal hasta Jalapa; la ruta comprende 80 km, pasando por las principales comunidades y municipios. El avance es de 20 km en el tramo Subestaciones Ocotal y Santa Clara. Los hilos de ADSS son 48, es decir capacidad suficiente, además estos se pueden explotar ya que en estos años se ha venido trabajando con nuevas tecnologías que permiten derivar múltiples servicios y usuarios a través de un solo hilo, a velocidades superiores, lo que significa verdadera Banda Ancha pues se superan los 3 Gb.

1.5.8.3 Agua potable y alcantarillado:

Las fuentes de agua potable y para riego del municipio son de dos tipos: Bicarbonatadas sódicas y bicarbonatadas cálcicas y magnésicas. Generalmente estos tipos de agua son subterráneas y abundantes en esta zona.

Los tipos hidro geoquímicos predominantes de agua en el área de estudio:

Aguas bicarbonatadas cálcicas y bicarbonatadas magnésicas, según estudios realizados por el INETER, la mayor parte de las muestras fueron tomadas en manantiales, que son las principales formas de descarga de las aguas que se acumulan en zonas de fallas propias de esta región.

1.5.8.4 Las aguas bicarbonatadas sódicas

Corresponden también a un tipo de agua más reciente que las anteriores debido a que aún contienen una relativa elevada concentración del ion sodio, proveniente del núcleo de las gotas de lluvia, formadas por la evaporación del agua del mar. Las aguas de esta región, prácticamente conservan la concentración de las aguas meteóricas, baja concentración de iones, debido a la dureza de la roca por donde circulan, los minerales de silicatos son resistentes a la intemperización, por lo que no hay un rápido enriquecimiento iónico.

1.5.8.5 Aguas bicarbonatadas cálcicas y magnésicas

Este es el tipo de agua que predomina, cubriendo básicamente en su totalidad el área de estudio, debido a las características climáticas, topográficas y litológicas de la región; lo que da lugar a un tiempo corto de tránsito, que no permite la evolución geoquímica natural del agua subterránea a través del intercambio catiónico.

Dentro de este tipo de agua, se presenta una subdivisión en orden de predominio: Las cálcicas, magnésicas, sódicas, sulfatadas y cloruradas. En general la región de estudio está dominada por este tipo de aguas, las que se localizan en la zona de recarga de las cuencas estudiadas; por tanto, la infiltración del agua es reciente, con poco tiempo de circulación que no facilita la disolución de los materiales de las rocas. En concentraciones altas el calcio provoca que el agua se vuelva cada vez

más pesada, sin llegar a ser tóxico; la presencia alta de este ion en el agua subterránea se asocia a la presencia de rocas de composición cálcicas.

1.5.8.6 Aguas pluviales

Tanto la ciudad como las comunidades rurales carecen de sistemas adecuados de drenaje, en el casco urbano no existe drenaje por tuberías siendo éste superficial careciendo de un diseño adecuado por lo cual las calles se dañan severamente todos los años con las lluvias, igual problema se presenta en los caminos de las áreas rurales.

1.5.8.7 Aguas negras

En su totalidad tanto en el medio urbano como rural se hace uso de sumideros y letrinas, no existiendo alcantarillado sanitario. Existe un proyecto diseñado para dotar a la ciudad con un sistema de alcantarillado sanitario y correspondientes lagunas de oxidación.

1.5.8.8 Aguas residuales

En el municipio no existe un buen sistema de drenaje de las aguas residuales, procedentes de las cocinas o lavaderos, éstas son vertidas en las calles lo que provoca el mal estado permanente de las mismas.

1.5.8.9 Letrinificación

Como se dijo con anterioridad la comunidad carece de drenaje sanitario lo que se recurre normalmente al sistema de letrinas y frecuentemente al fecalismo al aire libre, ya que la comunidad de Aranjuez, Municipio de San Fernando cuenta con un promedio de 1412 personas que habitan en 282 viviendas, las cuales 167 carecen de letrina o inodoro con lo cual el índice de letrinificación es del 72.2%.

1.5.8.10 Salud

Según el MINSA-SILAIS Nueva Segovia, el municipio cuenta con 1 centro de salud de cobertura municipal ubicado en el área urbana, en buen estado físico. Dispone de 18 camas y 2 ambulancias de las cuales una se encuentra en mal estado y dos en buen estado, que hace el traslado de enfermos hacia el hospital del municipio de Ocotul.

1.5.8.11 Educación

Conforme las estadísticas del MINED, existen 133 centros educativos, con un total de 12,244 alumnos en el Municipio de San Fernando. El sistema educativo local, en sus tres niveles formales, dispone de un total de 274 aulas distribuidas en los tres niveles educativos de la siguiente forma:

Preescolar 25, Primaria 220, Secundaria 29.

Con relación a la infraestructura disponible, en los centros escolares, ésta es precaria, puesto que en su mayoría (área rural) no dispone de condiciones sanitarias adecuadas ni de energía eléctrica. Esto último reduce drásticamente las posibilidades de utilizar las instalaciones para educación de adultos durante la noche.

1.5.9 Población

La población actual del casco urbano de la localidad de Aranjuez, es de 1,412 personas, que habitan en 282 viviendas, con una densidad de 5.00 hab/viv.

1.5.10 Aspectos económicos

Las actividades económicas de la población económicamente activa, son principalmente la caficultura, la agricultura y la ganadería (granos básicos, ganado de engorde y leche) destinadas al consumo local y nacional. (IV Censo Nacional Agropecuario MAGFOR, 2013)

Esta población no cuenta con servicios de alcantarillado sanitario, el medio más utilizado para la disposición final de las excretas, es la letrina tradicional. Sin embargo, existe fecalismo al aire libre en las áreas perimetrales del casco urbano.

CAPÍTULO II

Marco teórico

Para efectos del presente trabajo monográfico, a continuación, se definen las variables que permitirán dar salida al problema en estudio:

2.1 Estudio socio económico

El estudio socioeconómico es el análisis de la dinámica de la población, la estructura demográfica, el estado de la salud humana, los recursos de infraestructura, además de los atributos económicos, como el empleo, el ingreso per cápita, la agricultura, el comercio y el desarrollo industrial en el área de estudio. (Ravelo, 1979)

2.2 Estudio topográfico

Los levantamientos topográficos se realizan con el fin de determinar la configuración del terreno y la posición sobre la superficie de la tierra de elementos naturales o instalaciones construidas por el hombre. En el diseño de un Sistema de Agua Potable, la topografía sirve de guía para determinar las diferencias de alturas en el terreno, la carga por elevación y los niveles de descarga del agua.

2.3 Calidad del agua de la fuente

Según la normativa relativa al diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural se estima que el 80% de todas las enfermedades en el mundo están asociadas con el agua de mala calidad. Normas Rurales. (FISE, 2006)

Muchas de las enfermedades tales como las infecciones de los ojos y la piel se deben probablemente a la falta de agua. Si se mejora la calidad y cantidad del suministro de agua, la proliferación de las enfermedades será disminuida previendo de esta forma epidemias futuras.

El objetivo de estas normas es proteger la salud pública y por consiguiente ajustar, eliminar o reducir al mínimo aquellos componentes o características del agua, que puedan representar un riesgo para la salud de la comunidad e inconvenientes para la preservación de los sistemas de abastecimiento de agua, para lo cual se deberán seguir las siguientes instrucciones:

La fuente de agua a utilizarse en el proyecto, se le deberá efectuar un análisis fisicoquímico, de metales pesados cuando se amerite y bacteriológico antes de su aceptación como tal.

- Los parámetros mínimos de control de calidad para el sector rural son: coliforme total, coliforme fecal, olor, sabor, color, turbiedad, temperatura, concentraciones de iones de hidrógeno y conductividad.
- El análisis de las fuentes de agua tales como manantiales, pozos perforados, pozos excavados a mano deberán cumplir con las normas de calidad del agua vigentes aprobadas por el Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA) y Ministerio de Salud (MINSAL) (FISE, 2006)

El suministro de agua potable para el sector rural procedente de fuentes superficiales, sean éstas pequeños ríos o quebradas, o afloramientos de agua subterráneas como los manantiales, pueden presentar características físico-químicas y bacteriológicas no aptas para el consumo humano, esto implica que se requiere de una serie de procesos unitarios con el objeto de corregir su calidad y convertirla en agua potable acorde con las normas del comité coordinador regional de instituciones de agua potable y saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana (CAPRE).

Según el artículo No. 3 el objetivo de la norma de calidad del agua de consumo humano es proteger la salud pública y, por consiguiente, ajustar, eliminar o reducir al mínimo aquellos componentes o características del agua que pueden representar un riesgo para la salud de los habitantes de la comunidad e inconvenientes para la preservación de los sistemas de abastecimiento del agua. (CAPRE, 2004)

2.3.1 Parámetro bacteriológico

Se miden en NMP/100 ml, en el caso que el análisis sea por tubos múltiples o colonias/ 100 ml y en el caso que el análisis sea por membranas filtrantes. El indicador bacteriológico para medir el grado de contaminación fecal y de mayor precisión es la E. Coli, no así la bacteria coliforme total se puede tomar como un

indicador aceptable de la calidad sanitaria de acueductos rurales, particularmente en área tropicales donde muchas bacterias sin significado sanitario se encuentran en la mayoría de los acueductos sin tratamiento.

En las tablas siguientes se muestran las concentraciones máximas permisibles de algunos parámetros que indican la calidad del agua.

Tabla 1. Parámetros bacteriológicos

Origen	Parámetro	Valor recomen.	Valor admi	Observaciones
Todo tipo de agua de bebida	Coliforme fecal	Negativo	Negativo	
Agua que entra al sistema de distribución	Coliforme fecal	Negativo	Negativo	
	Coliforme total	Negativo	≤ 4	En muestras no consecutivas
Agua en el sistema de distribución	Coliforme total	Negativo	≤ 4	En muestras puntuales no debe de ser detectado
	Coliforme fecal	Negativo	Negativo	En el 95% de las muestras anuales.

Fuente: Normas de calidad de agua para consumo humano, CAPRE (2004).

Parámetros: En caso de detectarse una muestra positiva de coliformes totales se procede al muestreo y se investiga la presencia de coliforme fecal. Si el re-muestreo da resultados negativos, no se toman en consideración las muestras adicionales, recolectadas cuando se intensifican las actividades de inspección sanitaria, no deben ser consideradas para la valoración anual de calidad.

En los sistemas donde se recolectan menos de 20 muestras al año, el porcentaje de muestras negativas debe ser $\geq 90\%$. La verificación de la calidad microbiológica del agua de consumo incluye el análisis de la presencia de *Escherichia coli*, un indicador de contaminación fecal.

No debe haber presencia en el agua de consumo de *E. coli*, ya que constituye una prueba concluyente de contaminación fecal reciente. En la práctica, el análisis de la presencia de bacterias coliformes termo tolerantes puede ser una

alternativa aceptable en muchos casos. La calidad del agua puede variar con gran rapidez y todos los sistemas pueden presentar fallos ocasionales. Por ejemplo, la lluvia puede hacer aumentar en gran medida la contaminación microbiana en aguas de origen, y son frecuentes los brotes de enfermedades transmitidas por el agua después de periodos de lluvias. Esta circunstancia debe tenerse en cuenta a la hora de interpretar los resultados de los análisis. (CAPRE, 2004) (ver tabla No. 2)

Tabla 2. Parámetros físico – químicos

Parámetro	Unidad	Valor recomendad	Valor admisible
Temperatura	°C	18 a 30	
concentración de iones de	Valor PH	6.5 a 8.5 ^(a)	
Cloro residual	mg/l	0.5 a 10 ^(b)	(c)
Cloruros	mg/l	25	250
Conductividad	us/ cm	400	
Dureza	mg/lCaC	400	
Sulfatos	mg/lCaC _{o3}	25	250
Aluminio	M		0.2
Calcio	mg/lCaC _{o3}	100	
Cobre	M	1	2.0
Magnesio	M	30	50
Sodio	M	25	200
Potasio	M		10
Sol. Tot. Dis.	M		1000
Zinc	M		3

Fuente: Normas de calidad de agua para consumo humano, CAPRE (2004)

De conformidad con lo antes mencionado para este caso el tipo de agua en estudio según las normas para sistemas de tratamientos de aguas servidas domésticas, los parámetros biológicos y microbiológicos. (INAA, 1999) las clasifica en:

Tipo 1:

Aguas destinadas al uso doméstico y al uso industrial que requiera de agua potable, siempre que ésta forme parte de un producto o sub-producto destinado al consumo humano o que entre en contacto con él. Las aguas de este tipo se subdividen en dos categorías:

- **Categoría 1-A**

Aguas que desde el punto de vista sanitario pueden ser acondicionadas con la sola adición de desinfectantes.

- **Categoría 1-B**

Aguas que pueden ser acondicionadas por medio de tratamientos convencionales de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y/o cloración.

Tabla 3. Niveles mínimos de calidad según el uso a que se destinen

Parámetro	Limite o rango máximo	
	Categoría 1 A	Categoría 1 B
Oxígeno disuelto (OD)	> 4.0 mg/l	> 4.0 mg/l
Demanda bioquímica de oxígeno (DB05, 20)	2.0 mg/l	5.0 mg/l
PH	mín. 6.0 y máx	mín. 6.0 y máx 8.5
Color real	< 15 U Pt-Co	< 150 U Pt-Co
Turbiedad	< 5 UNT	< 250 UNT
Fluoruros	mín 0.7 y máx	1.5 < 1.7 mg/l
Hierro Total	0.3 mg/l	3 mg/l
Mercurio Total	0.001 mg/l	0.01 mg/l
Sólidos Totales disueltos	0.01 mg/l	0.05 mg/l
Sulfatos	1000 mg/l	1500 mg/l
Zinc	250 mg/l	400 mg/l
Cloruros	3 mg/l	5 mg/l
Organismos Colif. Totales	250 mg/l	600 mg/l
Parámetro	Límite o rango máximo	
Cianuro	0.1 mg/l	
Cobre total	2.0 mg/l	
Cromo total	0.05 mg/l	
Detergentes	1.0 mg/l	
Dispersantes	1.0 mg/l	
Dureza como CaCo ³	400 mg/l	
Extracto de carbono al cloroformo	0.15 mg/l	
Fenoles	0.002 mg/l	
Manganes total	0.5 mg/l	
Nitritos + Nitratos (N)	10.0 mg/l	
Plata total	0.05 mg/l	
Selenio	0.01 mg/l	
Sodio	200 mg/l	
Organofosforado y Carbonatos	0.1 mg/l	
Organoclorados	0.2 mg/l	
Actividad α	Máx. 0.1 becquerelio por litro (Bq/l)	
Actividad β	Máx. 1.0 becquerelio por litro (Bq/l)	

Fuente: Normas para Sistemas de Tratamientos de Aguas Servidas Domesticas (NTON 09-001-99). Managua, Nicaragua. (INAA, 1999)

Oxígeno disuelto: También puede ser expresado como porcentaje de saturación y debe ser mayor de 50%.

Organismos coliformes totales: Promedio mensual menor de 2000 NMP por cada 100 ml. Promedio mensual menor de 10000 NMP por cada 100 ml.

En el caso de las fuentes superficiales es recomendable realizar los siguientes tipos de tratamiento:

2.3.2 Filtración gruesa

La filtración gruesa es un proceso que se realiza en una estructura de material filtrante que lo constituye únicamente la grava de $\frac{1}{4}$ de pulgada, contenida en una caja de concreto, junto al filtro lento, con la finalidad de remover la turbiedad excesiva. El sentido del flujo es descendente.

2.3.3 Tratamiento por filtración lenta

La filtración lenta es un proceso de tratamiento del agua, que consiste en hacerla pasar por un lecho de arena en forma descendente o ascendente y a muy baja velocidad. Un filtro lento de flujo descendente consiste en una caja rectangular o circular que contiene un lecho de arena, un lecho de grava, un sistema de drenaje, dispositivos simples de entrada y salida con sus respectivos controles y una cámara de agua tratada para realizar la desinfección.

La utilización de la filtración lenta es apropiada para pequeñas poblaciones, siendo sus principales ventajas:

- No hay que utilizar productos químicos (excepto cloro para desinfección)
- Sencillez del diseño, construcción y operación
- No requiere energía eléctrica.
- Facilidad de limpieza (no requiere retro lavado).

2.3.4 Desarenadores

En los casos en que la fuente de abastecimiento de agua sea del tipo superficial, se hace necesaria la instalación de un dispositivo que permita la remoción de la arena y partículas de peso específico similar (2.65), que se encuentran en suspensión en el agua y son arrastradas por ella.

Esta es la función que cumplen los desarenadores, cuyos componentes principales son los siguientes:

- Dispositivos de entrada y salida que aseguren una distribución uniforme de velocidades en la sección transversal.
- Volumen útil de agua para la sedimentación de las partículas, con sección transversal suficiente para reducir la velocidad del flujo por debajo de un valor predeterminado, y con longitud adecuada para permitir el asentamiento de las partículas en su trayectoria.
- Volumen adicional en el fondo, para almacenar las partículas removidas, durante el intervalo entre limpiezas.
- Dispositivos de limpieza y rebose.

2.3.5 Desinfección

El agua que se utiliza para el abastecimiento de una población, para usos básicamente domésticos, debe ser, específicamente agua exenta de organismos patógenos que evite brotes epidémicos de enfermedades de origen hídrico. Para lograr esto, será necesario desinfectar el agua mediante tratamientos físicos o químicos que garanticen su buena calidad. Existen varias sustancias químicas que se emplean para desinfectar el agua, siendo el cloro el más usado universalmente, por sus propiedades oxidantes y su efecto residual para eliminar contaminaciones posteriores; también es la sustancia química que más económicamente y con mejor control y seguridad se puede aplicar al agua para obtener su desinfección. (ver tabla No. 4).

El cloro se presenta puro en forma líquida, o compuesta como hipoclorito de calcio el cual se obtiene en forma de polvo blanco y en pastillas, y el hipoclorito de sodio de configuración líquida. En el caso de acueductos rurales se utiliza para

la desinfección el cloro en forma de hipocloritos, debido a su facilidad de manejo y aplicación. Se deberá tener el debido cuidado para el transporte, manipuleo del equipo requerido, disponibilidad suficiente y seguridad en cuanto al almacenamiento. El tiempo de almacenamiento para el hipoclorito de sodio no debe ser mayor de un mes y para el de calcio no mayor de tres meses. La aplicación al agua, de la solución de hipoclorito de calcio o de sodio se efectuará mediante el hipoclorador de carga constante.

Tabla 4. Parámetros para desinfectantes y subproductos de la desinfección

Parámetros	Valor máximo admisible (mg/l)
A- Desinfectantes	
Monocloramina	4000
B- Subproductos de la desinfección	
Bromato	25
Clorito	200
Clorato	
Clorofenoles	
2- Clorofenol	
2,4 Diclorofenol	200
2,4,6 Tricolofenol o formaldeido	900
Trihalometanos	
Bromoformo	100
Dibromoclorometano	100
Bromodiclorometano	60
Cloroformo	200
Acidos aceticos clorados	
Ac. Monocloroacético	
Ac. Dicloroacético	50
Ac. Tricloroacético	100
Tricloroacetaldhido/cloralhidrat o cloropropanonas	100
Heloacetoneitrilos	
Dicloroacetoneitrilo	90
Dibromoacetoneitrilo	100
Bromocloroacetoneitrilo	
Tricloroacetoneitrilo	1
Cloruro de Cianógeno (CN-)	70

Fuente: Normas INAA (NTON 09 001 99) pág. 22

Dependiendo de los resultados obtenidos en el análisis físico- químico y bacteriológico del agua se proponen diferentes tipos de tratamientos que eliminen o reduzcan los valores alterados en dichas pruebas.

2.4 Diseño hidráulico

Es el dimensionamiento de la red de tuberías, utilizadas en el diseño de la red que abastece las comunidades.

2.4.1 Período de diseño

En los diseños de proyectos de abastecimiento de agua se recomienda fijar la vida útil de cada uno de los componentes del sistema, con el propósito de:

- Determinar cuáles son los períodos de estos componentes del sistema, deben satisfacer las demandas futuras de la comunidad.
- Qué elementos del sistema deben diseñarse por etapas.
- Cuáles serán las previsiones que deben de considerarse para incorporar los nuevos elementos al sistema.

(FISE, 2006)

2.4.2 Variaciones de consumo

Las variaciones de consumo están expresadas como factores de la demanda promedio diario, y sirven de base para el dimensionamiento de la capacidad de: Obras de captación, línea de conducción y red de distribución, etc.

2.4.3 Obras de captación

Las obras de captación son las obras civiles y equipos electromecánicos que se utilizan para reunir y disponer adecuadamente del agua superficial o subterránea. Dichas obras varían de acuerdo con la naturaleza de la fuente de abastecimiento su localización y magnitud.

2.4.4 Línea de conducción

La determinamos como la línea de tubería constituida por el conjunto de conductos, estructuras de operación, de protección y accesorios que transporta el agua desde la fuente de abastecimiento, hasta un punto que puede ser un tanque de regulación, una planta potabilizadora, o la red de distribución.

Las aguas captadas deben de ser conducidas y distribuidas a la población, se pueden transportar por gravedad o bombeo; a través de canales abiertos o conductores cerrados a presión dependiendo de la topografía del terreno.

2.4.5 Tanque de almacenamiento

El tanque de almacenamiento es una estructura con dos funciones: almacenar la cantidad suficiente de agua para satisfacer la demanda de una población y regular la presión adecuada en el sistema de distribución dando así un servicio eficiente.

Es preferible instalar estos tanques de almacenamiento a una cota tal que esté por encima de cualquier punto o casa a beneficiar. Esto es así, para efectuar la distribución por gravedad. El tanque deberá estar diseñado para suplir la demanda de agua a lo largo del período de diseño, y además ser capaz de sobrellevar cualquier eventualidad que pueda surgir.

Funciones:

- Compensar las variaciones de consumo diario (durante el día).
- Mantener las presiones de servicio en la red de distribución.
- Atender situaciones de emergencia, tales como interrupciones en el servicio por daños de tuberías de conducción.

2.4.6 Red de distribución

Una red de distribución de agua potable es el conjunto de instalaciones que la empresa de abastecimiento tiene para transportar desde el punto o puntos de captación y tratamiento hasta hacer llegar el suministro al cliente en unas condiciones que satisfagan sus necesidades.

Las conducciones primarias o arterias principales forman el esqueleto del sistema de distribución, se sitúa de tal forma que transporta grandes cantidades de agua desde la estación elevada a los depósitos y de estos a las diferentes partes del área abastecida. Las conducciones secundarias forman anillos más pequeños dentro de las arterias principales entrelazándolas entre sí, transportando grandes cantidades de agua desde las arterias principales a las diferentes áreas para cubrir el suministro normal.

2.4.7 Resistencia de las tuberías

Las tuberías para el transporte de agua a presión pueden sufrir diferentes tipos de daños y defectos debido a causas diversas ocurridas en toda la cadena de valor del producto; desde la producción industrial del tubo hasta su instalación y el final de su vida útil. Desde los defectos micro estructurales como pueden ser diminutos agujeros por aire o una mala gelificación en el proceso de fabricación, pasando por un embalaje inadecuado y una carga mal asegurada en el transporte, la instalación y las malas prácticas de manipulación, hasta su uso en redes que no son de presión, etc.

2.4.8 Tipos de redes

Una clasificación de las redes de abastecimiento puede contemplar numerosos puntos de vistas puede analizarse aspectos como el uso final que puede tener el agua, la propia tipología o distribución de la red, la influencia que tiene el sistema en cuanto a su fuente de suministro. (Valencia, 2003)¹, dependiendo de la distribución en planta que presenten las redes de distribución de agua pueden ser de tipo ramificada, malladas o mixta.

2.4.8.1 Tipos ramificados

Son redes de distribución constituidas por ramales, troncal y una serie de ramificaciones o ramales que puedan constituir pequeñas mallas o constituidas por ramales ciegos todas estas a partir de una línea principal. La red abierta puede

aplicarse en poblaciones semi-dispersas y dispersas o cuando por razones topográficas o de conformación de la población no es posible un sistema cerrado.

2.4.8.2 Tipos malladas

Son aquellas redes constituidas por tuberías interconectadas formando mallas. Este tipo de red de distribución es el más conveniente y se trata siempre de lograrse mediante la interconexión de las tuberías a fin de crear circuitos cerrados que permitan un servicio más eficiente y permanente.

2.4.9 Carga hidráulica disponible

Es la energía en metros de columna de agua que poseen los sistemas, al encontrarse la fuente de abastecimiento a un nivel superior respecto de un sitio sobre el trazo de la conducción en direcciones al área de distribución.

2.4.10 Sobrepresión o depresión

Son las cargas de presión en exceso y por debajo de la presión a flujo estacionario respectivamente, que existen después de presentarse los fenómenos transitorios.

2.4.11 Normas y reglamentos

Para el diseño de un sistema de agua potable en la zona rural se requiere de una serie de normas y criterios. A nivel nacional los proyectos de agua potable y saneamiento rural deben desarrollarse de conformidad con los estatutos establecidos por el INAA, en sus respectivas normativas. Normas técnicas de diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable (NTON 09 001-99).

2.5 Planos constructivos y especificaciones técnicas

Representación gráfica de un proyecto.

Es necesario hacer notar que, para los proyectos de agua potable, deben tomarse diferentes aspectos y consultar las normas vigentes para este tipo de sistemas, para así cumplir con las condiciones hidráulicas en el diseño de este tipo de proyecto, el contexto de las restricciones que tienen sus propias normas que deben respetarse.

Para el diseño de un buen sistema deben considerarse factores como: pendientes, longitud de tramos, ubicación de nodos, ubicación de accesorios, cruces de las tuberías. Para luego proponer profundidad de la tubería, altura del tanque y todos los materiales a emplearse al momento de ejecutarse el proyecto.

Los planos son el instrumento para cumplir las siguientes funciones:

- Recoger los antecedentes que existan antes de realizarse el proyecto.
- Definir de una manera exacta, unívoca y completa todos y cada uno de los componentes del proyecto, tanto en formas como dimensiones y características esenciales.
- Representar la función de elementos que componen el proyecto.

2.6 Costo y presupuesto

(FISE F. d., 2011) Para abordar este tema es necesario tener como base una fuente de información que sea confiable y eficiente, en nuestro país mejor que ninguna otra es la Guía de costos del fondo de inversiones del cual se extrajeron los siguientes conceptos fundamentales:

2.6.1 Presupuesto de construcción

Es el cálculo anticipado a la ejecución, en una fecha dada, del costo de una obra a partir de un diseño técnico y sus especificaciones técnicas de construcción. Este presupuesto se elabora haciendo un seguimiento de cada una de las etapas y sub-etapas constructivas de la obra.

2.6.2 Costos unitarios

Es un sistema de cálculo que permite valorar a partir de rendimientos, obtener el costo de una actividad a realizar por unidad de medida.

2.6.3 Take-off

Vocablo del idioma inglés utilizado en el lenguaje del sector construcción para definir el cálculo de cantidades de obras de las actividades de un proyecto con sus correspondientes unidades de medida. Se analizará detalladamente cada uno de los costos de las actividades involucradas para llevar a cabo el proyecto del diseño del sistema de abastecimiento de agua potable del tipo MAG.

CAPÍTULO III

Diseño metodológico

3.1 Inspección física de la ubicación del área en estudio

La inspección del área en estudio es el inicio de las examinaciones, las características, sus componentes y una serie de especificaciones donde se determinará los detalles para la realización del proyecto.

3.2 Estudio socioeconómico

Se realizó un estudio socioeconómico mediante la aplicación de una encuesta formato elaborado por el FISE, este fue modificado para adaptarse a la situación actual de la comunidad, esta nos permitió conocer las características sociales, económicas, culturales, salud y de género de la población beneficiaria.

El estudio socioeconómico en la comunidad se aplicó en el mes de junio del año 2019 en la comunidad Aranjuez del municipio de San Fernando, Nueva Segovia.

Este capítulo consta de dos partes, en la primera se hace una sistematización obtenida de fuentes secundarias (documentos oficiales de la municipalidad, entre otras) para caracterizar el municipio de San Fernando. En la segunda parte se presentan los datos encontrados por fuentes primarias y presentados en tablas y gráficos.

La recolección de datos se llevó a cabo mediante la aplicación de entrevistas haciendo uso de la encuesta como técnica **(Ver anexo No. 1)**, con la participación de los pobladores beneficiarios del proyecto, encuestándose un total de 282 (100%) viviendas de las cuales corresponden a hombres (52.93%) y a mujeres (47.07%). (Ver anexos No. 1).

3.2.1 Fuentes de recolección de datos

Fuentes primarias

- Reconocimiento del área en estudio
- Cantidad de agua en un determinado tiempo
- Características del agua
- Situación socioeconómica de cada familia beneficiada

- Identificación de las posibles líneas de conducción y distribución del agua.
- Datos y mapas de la zona en estudio.

Fuentes secundarias

- Consultas a especialistas en la materia (Alcaldía Municipio de San Fernando, ENACAL San Fernando- Nueva Segovia).

ENACAL: Visita para obtener información sobre diferentes proyectos de agua potable en la zona.

Alcaldías: Obtención de datos generales del municipio.

INETER: Para obtener mapa topográfico del municipio de San Fernando, comunidad Aranjuez, Nueva Segovia.

FISE: Visita para consultas.

3.2.2 Muestra y muestreo de estudio

Muestreo: Realizado por conveniencia

Muestra: Sistema de conducción, almacenamiento y distribución de agua potable a considerar en el proyecto de acuerdo con las condiciones del sitio.

3.2.3 Instrumentos de recolección de datos

- Encuestas socio- económicas a población beneficiada.
- Resultado de análisis físico- químico y bacteriológico de las fuentes en estudio
- Levantamiento topográfico para la elaboración de línea de conducción, distribución y el almacenamiento.

3.2.4 Métodos para recolección de datos

- Observación in situ para analizar condiciones de la zona.
- Entrevistas a personas involucradas en el proyecto.
- Selección de información y bibliografía.

3.2.5 Herramientas para recolección de datos

- Mapas de la zona
- Plano topográfico
- GPS (Garmin)
- Equipo para aforo
- Equipo topográfico
- Libreta de campo
- Cámara fotográfica

3.2.6 Procesamiento y análisis de datos

El procesamiento se realizó con los siguientes programas: Excel, Word, AutoCAD y Epanet.

- Procesamiento de datos obtenidos en la encuesta socio-económica en Microsoft Excel.
- Procesamiento de datos obtenidos del aforo a la fuente con el fin de analizarlos.
- Se seleccionó la información recopilada para redacción de este documento.
- Estudio de manuales de programas a utilizar.
- Digitalización de datos de instrumentos topográficos utilizados.
- Identificación de posibles líneas de distribución del agua.
- Obtención de ecuaciones y normas de diseño.
- Análisis de diferencias de niveles en la topografía.
- Análisis de posibles correcciones del sistema.

Una vez procesados los datos en los diferentes programas, se organizó en tablas, cuadros, gráficos y dibujos, posteriormente se realizó el análisis de estos.

3.3 Parámetros de diseño

3.3.1 Población de diseño

Para el diseño del sistema de agua potable se debe de determinar el número de habitantes de la comunidad que ha de ser beneficiado por el proyecto, se utilizó el método geométrico, como recomiendan las normas de INAA. Determinado por la siguiente ecuación:

$$Pf = Po(1 + r)^n$$

Donde:

pf: Población futura

po: Población inicial

r: Índice de crecimiento geométrico

n: Número de años

3.3.2 Periodo de diseño

El período de diseño es el número de años durante los cuales una obra determinada prestará con eficiencia el servicio para el cual fue diseñada. Debe ser adoptado en función del componente del sistema, la característica de la población y las posibilidades de financiamiento. Por general en Nicaragua se utiliza de 20 a 25 años. Se define basándose en la vida útil de la estructura y equipos componentes, tomando en cuenta la antigüedad, el desgaste y el daño; nuestro caso se definió con un horizonte de 20 años comprendido entre 2019 y 2039 basándonos en las (NTON 09001-009).

3.4 Levantamiento topográfico

Se realizó un recorrido de campo con el propósito de identificar los lugares de cobertura del proyecto en coordinación con la alcaldía del municipio, realizándose un levantamiento con estación total de las posibles viviendas beneficiadas, obteniendo con ello la cota topográfica.

3.5 Caudal de diseño

3.5.1 Consumo doméstico (CD)

Para la determinación de las dotaciones se utilizó los datos de consumo de agua establecido en las “Normas y Procedimiento para Proyecto de Agua Potable y Saneamiento en el Sector Rural Disperso de Nicaragua” elaborada por INAA. (INAA, 1999)

$$CD = \text{Pob.} * \text{Dotación}; (\text{gal/día})$$

Pob: Población

Dot: Dotación en el área rural

Nota:

No se tomó en cuenta el consumo comercial e industrial debido a que en la zona no hay presencia de estas dado que es rural.

- Se consideró una población servida de 100% en todo el período de diseño por conexiones domiciliarias.
- Las pérdidas totales de agua no controlada en el sistema se consideraron en un 20 % del consumo promedio diario.
- Los consumos de máximo día y consumo máximo hora equivaldrían al 1.5 y 2.5 del consumo promedio diario respectivamente.

3.5.2 Consumo promedio diario (CPD)

Es el consumo promedio de los consumos diarios durante un año de registro sus unidades de medida pueden ser: (m³/s, gal/min).

$$\text{CPD} = \text{CD} + \text{CC} + \text{CI} + \text{CP}$$

Caudal por fugas (Q_f)

$$Q_f = 20\% \text{ CPD}$$

Factores de máximas demandas

- Consumo Máximo Diario (CMD)

$$\text{CMD} = 1.5 \text{ CPD} + Q_f$$

- Consumo Máximo Horario (CMH)

$$\text{CMH} = 2.5 \text{ CPD} + Q_f$$

La dotación de agua, expresada como la cantidad de agua por persona por día está en dependencia de:

- Nivel de servicio adoptado
- Factores geográficos
- Factores culturales
- Uso del agua.
- Para sistemas de abastecimiento de agua potable, por medio de puestos públicos, se asignará un caudal de 30 a 40 lppd.
- Para sistemas de abastecimiento de agua potable por medio de conexiones domiciliarias de patio, se asignará un caudal de 50 a 60 lppd.

Población servir

- En los mini acueductos por gravedad y captaciones de manantial la población a servir estará en dependencia de las características de la población objeto del estudio, el tipo y configuración de la comunidad y las características tecnológicas de las instalaciones a establecerse.

Puestos públicos

Son tomas de agua que se implantan particularmente en el sector rural para abastecer de dos a un máximo de 20 casas.

Consideraciones:

- Deberá instalarse en terreno comunal y si es privado garantizar que pase a ser comunal.
- El puesto público no deberá ser usado para el lavado de ropa, baño de personas o animales, lavado de maíz etc.
- Se cercará el puesto de tal forma que se garantice su protección evitando el acceso de animales.
- En cada puesto público se colocará como máximo 2 grifos.

Ubicación:

- El número de puestos a instalarse dependerá de la cantidad de casas, el número de personas y la ubicación de las casas, para su ubicación deberá abastecer como mínimo dos casas.
- Se ubicarán puestos en las escuelas, centro de salud, centros infantiles.
- El puesto se ubicará centralizado a las casas a servir.
- La distancia máxima entre puesto y casa más alejada será de 100 m.

(FISE, 2006)

Criterios técnicos:

- El flujo de un grifo deberá ser de 0.10 lps mínimo y 0.30 lps máximo.
- Se recomienda usar un flujo menor para no desgastar los empaques en muy corto tiempo. Se puede controlar el flujo con una válvula de tapón (globo de ½" en la entrada del puesto).
- Al instalar la válvula, tiene que ajustarse, para que se obtenga el flujo deseado.
- La carga residual mínima deberá ser de 5 m y máxima 50 m.
- Se recomienda cargas menores que la máxima permisible, porque se controla mejor el sistema y se presenta menor desgaste de los empaques y accesorios.
- El diámetro de las conexiones y de los grifos será de ½" (12 mm).

(FISE, 2006)

Conexiones domiciliarias

Son tomas de agua que se aplican en el sector rural, pero en ocasiones esporádicas y sujetas a ciertas condiciones, tales como disponibilidad suficiente de agua, bajos costos de operaciones (sistemas por gravedad), capacidad de pago de la población, y número de usuarios del servicio.

En la siguiente tabla se indican los períodos de diseños económicos de los elementos componentes de un sistema de abastecimiento de agua potable.

Tabla 5. Períodos de diseño

Tipos de componentes	Periodo de diseño años
pozos excavados	10
Pozos perforados	15
Captaciones superficiales y manantiales	20
Desarenador	20
Filtro lento	20
Líneas de conducción	15
Tanque de almacenamiento	20
Red de distribución	15

Fuente: Normas de abastecimiento de agua potable en el medio rural, FISE (2006).

3.5.3 Diámetro de tubería de conducción

Para el cálculo del diámetro de la línea de conducción se utilizó la fórmula de Bresse

$$D = 0.9 * Q^{0.45}$$

Donde:

D: Diámetro de la tubería (m)

Q: Caudal Máximo Diario QMD (m³)

3.5.4 Velocidad en la tubería de conducción

Para el cálculo de la velocidad de la línea de conducción se utilizó la siguiente fórmula:

$$V = \frac{4Q}{\pi\phi^2}$$

ϕ : Diámetro de la tubería (m)

Q: Caudal Máximo Diario QMD (m³)

3.5.5 Celeridad de Allievi

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

C: Celeridad en m/s

D: Diámetro interior en mm

e: Espesor del tubo en mm.

Ko: Para PVC según tabla

Diámetro interno y espesor para tubería SDR 26 ASTM 2241

- **Sobrepresion**

$$ha = \frac{C * V}{g}$$

C: Celeridad en m/s

V: Velocidad en m/s

g: Aceleración de la gravedad m/s²

Presiones máximas y mínimas

Para brindar presiones adecuadas en el funcionamiento del sistema de abastecimiento, se recomienda una presión mínima residual en la red principal y una presión máxima y así mismo se permitirán en puntos aislados presiones estáticas cuando el área de servicio sea de relieve irregular, los valores correspondientes serán siguientes:

Presión mínima: 5.00 metros

Presión máxima: 50.0 metros

(INAA, 1999)

Tabla 6. Coeficiente de rugosidad (C) de Hazen –Williams para los diferentes tipos de materiales en los conductos.

Material del conducto	Coeficiente de rugosidad (C)
Tubo de hierro Galvanizado (H)	100
Tubo de concreto	130
Tubo de asbesto cemento	140
Tubo de Hierro fundido (Ho. Fo)	130
Tubo plástico (PVC)	150

Fuente: Normas INAA, (NTON 09 001 99).

Velocidades permisibles en tuberías

Se recomienda fijar valores de las velocidades del flujo en los conductos en un rango para evitar erosión interna o sedimentación en las tuberías.

Los valores permisibles son los siguientes:

Velocidad mínima = 0.4 m/s

Velocidad máxima = 2.0 m/s.

(INAA, 1999)

Cobertura de tuberías

Para sitios donde las tuberías colocadas en cruces de carreteras y caminos con mayor afluencia de tráfico se recomienda mantener una cobertura mínima de 1.20 metros sobre la corona de las tuberías, y en caminos de poco tráfico vehicular, una cobertura de 0.70 metro sobre la corona del tubo. (INAA, 1999)

Diámetro mínimo

El diámetro mínimo de la red de conducción será de 2 pulgadas (50 mm) siempre y cuando se demuestre que su capacidad sea satisfactoria para atender la demanda máxima, aceptándose en ramales abiertos en extremos de la red, para servir a usuarios de reducida capacidad económica; y en zonas donde no se vaya a producir un aumento de densidad poblacional considerado, podrá usarse el diámetro mínimo de 1 pulgada y media (37.5 mm) en longitudes no superiores a 100 m.

Pérdidas de agua en el sistema

Cuando se proyectan sistemas de abastecimiento de agua potable, es necesario considerar las pérdidas que se presentan en cada uno de sus componentes, la cantidad total de agua perdida se fija como un porcentaje del consumo promedio diario cuyo valor no deberá ser mayor del 20%.

Estos parámetros permitieron diseñar adecuadamente las obras hidráulicas del sistema las cuales se analizaron utilizando como herramienta el software **EPANET**, es un software libre que permite la simulación del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de tuberías a presión. Una red de distribución de agua, además de las propias tuberías de conducción, pueden aparecer elementos como nudos, bombas, válvulas y depósitos de almacenamiento o embalses. Con **EPANET**, a través de la introducción de datos para cada uno de los elementos, podremos seguir la evolución del flujo del agua en las tuberías, de la presión en los nudos de demanda, del nivel del agua en los depósitos, y de la concentración de cualquier sustancia a través del sistema de distribución durante un período prolongado de simulación. Aun cuando en el

mercado existe una variedad de programas para el cálculo de sistemas de distribución de agua potable, **EPANET** tiene la gran ventaja de que es un programa gratuito que, además, resulta extremadamente fiable para la modelación de sistemas complejos.

Con **EPANET** podremos calcular el caudal que circula por cada una de las conducciones, la presión en cada uno de los nudos, el nivel de agua en cada tanque, la concentración de diferentes componentes químicos a través de la red, el tiempo de permanencia del agua en las tuberías, la procedencia del agua en cada punto de la red. (www.blogdelagua.com/epanet)

Válvulas y estructuras complementarias

- **Válvula de compuerta**

Diseñada para permitir el flujo de gas o líquido en línea recta con una caída de presión. Se usan donde el disco de la válvula se mantiene totalmente abierta o totalmente cerrada. No son adecuadas para estrangulación dejando las válvulas parcialmente abiertas, causa erosión y daña el disco. Al inicio y al final de la línea de conducción, deberán instalarse válvulas de compuerta para regular o cortar el flujo cuando sea necesario.

- **Válvula de globo**

Estas válvulas permiten regular el paso del fluido, el cual al pasar por la válvula cambia de dirección debido a su diseño por lo que ofrece una gran resistencia a su circulación. Con estas válvulas es posible alcanzar un cierre hermético.

El fluido sufre una desviación en su recorrido en el interior de la válvula y las pérdidas de carga son significativas.

- **Válvulas de admisión y expulsión de aire**

Se utiliza para expulsar el aire que pueda haber entrado en la tubería de impulsión mezclado con el agua o que esté presente en esta antes de comenzar su funcionamiento. Igualmente, para admitir aire en la tubería y romper así el vacío

que pueda producirse dentro de esta e impedir la falla por aplastamiento al producirse el cierre de las válvulas de compuerta.

- **Cámara de válvula de aire**

Las válvulas de aire son utilizadas para controlar la cantidad de aire presente dentro de las tuberías que transportan fluidos a través de la presión de una bomba, como las tuberías de agua del suministro municipal.

- **Cámara de válvula de purga**

Los sedimentos acumulados en los puntos bajos de la línea de conducción con relieve accidentado, provocan la reducción del área de flujo del agua, siendo necesario instalar válvulas de purga que permitan periódicamente la limpieza de tramos de tuberías.

3.5.6 Accesorios para tanques

- **Tubo de entrada**

El diámetro está definido por la tubería de conducción, debiendo estar provista de una válvula compuerta de igual diámetro antes de la entrada.

- **Tubería de salida**

El diámetro de la tubería de salida será el correspondiente al diámetro de la línea de aducción, y debe estar provista de una válvula compuerta que permita regular el abastecimiento de agua a la población.

- **Tubería de limpieza**

La tubería de limpieza debe tener un diámetro tal que facilite la limpieza del reservorio de almacenamiento en un periodo no mayor de 2 horas. Esta tubería será provista de una válvula compuerta.

- **Tubería de rebose**

La tubería de rebose se conecta con descarga libre a la tubería de limpia y sin ser provista de válvula de compuerta, permitiendo la descarga de agua en cualquier momento.

3.6 Red de distribución

El diseño se hará para las condiciones más desfavorables en la red, con el fin de asegurar su correcto funcionamiento para el periodo de diseño. Deberá de tratarse de servir directamente al mayor porcentaje de la población dentro de las viviendas, en forma continua, de calidad aceptable y cantidad suficiente.

Para el cálculo de las pérdidas se utilizará la fórmula de HAZEN-WILLIAMS:

Que está dada por la siguiente ecuación:

- Formula de Hazen - Williams

$$hf = 10.67 * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.85} \frac{L}{\phi^{4.87}}$$

Donde:

Q: Caudal (m³/s)

L: Longitud de tubería (m)

C: Coeficiente de rugosidad Hazen-Williams

Ø: Diámetro interno de la tubería (m)

Hf: Pérdida de carga (m)

Caudales nodales

Son muchos los métodos que pueden emplearse para la determinación de los caudales nodales, de entre estos sobresale el método del área tributaria unitaria, por su fiabilidad, sencillez y fácil aplicación. El método consiste en calcular un caudal unitario, dividiendo el consumo máximo horario entre el área total. Para obtener el caudal en cada tramo, se debe multiplicar el caudal unitario por el área tributaria unitaria correspondiente.

La expresión característica del método es la siguiente:

$$Q_i = q * A_i$$

$$q = \frac{CMH}{A_{total}}$$

Donde:

Q: Caudal unitario por metro lineal de tubería (l/s/m)

Q_i: Caudal en el tramo "i" (l/s).

CMH: Consumo máximo horario (l/s).

A_t: Area total del proyecto (Ha).

A_i: Area tributaria unitaria "i" (Ha).

Los caudales nodales resultan de la repartición en partes iguales de los caudales por tramo, a los nudos de sus extremos (el caudal en un nudo será la suma de los Caudales de los tramos medios adyacentes).

Cobertura de tuberías

Para sitios que correspondan a cruces de carreteras y caminos con mayor afluencia de tráfico se recomienda mantener una cobertura mínima de 1.20 metros sobre la corona de las tuberías, y en caminos de poco tráfico vehicular, una cobertura de 1.0 metro sobre la corona del tubo.

3.6.1 Accesorios y obras complementarias de la red de distribución.

- **Válvulas de pase**

Deben espaciarse de tal manera que permitan aislar tramos máximos de 400 metros de tuberías, cerrando no más de cuatro válvulas. Son instaladas siempre en las tuberías de menor diámetro y deben ser protegidas mediante cajas metálicas subterráneas u otras estructuras accesibles especiales.

- **Válvulas de limpieza**

Estos dispositivos permiten las descargas de los sedimentos acumulados en las redes, deben instalarse en los puntos extremos y más bajos de ellas.

- **Válvula reductora de presión y cajas rompe presión**

Deben diseñarse siempre y cuando las condiciones topográficas de la localidad así lo exijan.

- **Nivel de servicio y cobertura**

Los caudales para el diseño de cada tramo fueron obtenidos en función de su área tributaria, se asignó áreas proporcionales de acuerdo a la figura geométrica y de la topografía del terreno

3.7 Análisis y cálculo hidráulico del sistema

Para realizar el procesamiento y análisis de cálculos hidráulicos como: Demanda, dotación de agua, proyección, dimensionamiento de línea de conducción, dimensionamiento del tanque de almacenamiento y el diseño de la red de distribución.

Se realizaron apegándose a las normas técnicas para el abastecimiento de agua potable (NTON, 09 001 -99) y auxiliándose software como: Microsoft Excel, Word, AutoCAD, CivilCad y EPANET.

- Análisis de estudio socio económico.
- Análisis topografía de acuerdo con los planos.
- Análisis de diseño de línea de conducción, tanque y red de distribución.

3.8 Elaboración de planos

Se elaboraron los planos en AutoCAD según el levantamiento topográfico y los resultados que se obtuvieron de los análisis hidráulicos realizados en EPANET.

3.9 Especificaciones técnicas

Se elaboraron según los planos correspondientes a cada obra a ejecutarse en el proyecto y normas que rigen a los proyectos de agua potable y saneamiento. (FISE F. d., 2011)

3.10 Estimación de costos y presupuesto

Se realizó el presupuesto por etapa, calculando las cantidades de cada una de las actividades propuestas.

Se hicieron memorias de cálculo utilizando el software Microsoft Excel para realizar la estimación de costo (Take off), para materiales y equipos a utilizar. La estimación de los costos de construcción en referencia a precios actualizados del mercado actual y local.

CAPÍTULO IV

Cálculos y resultados

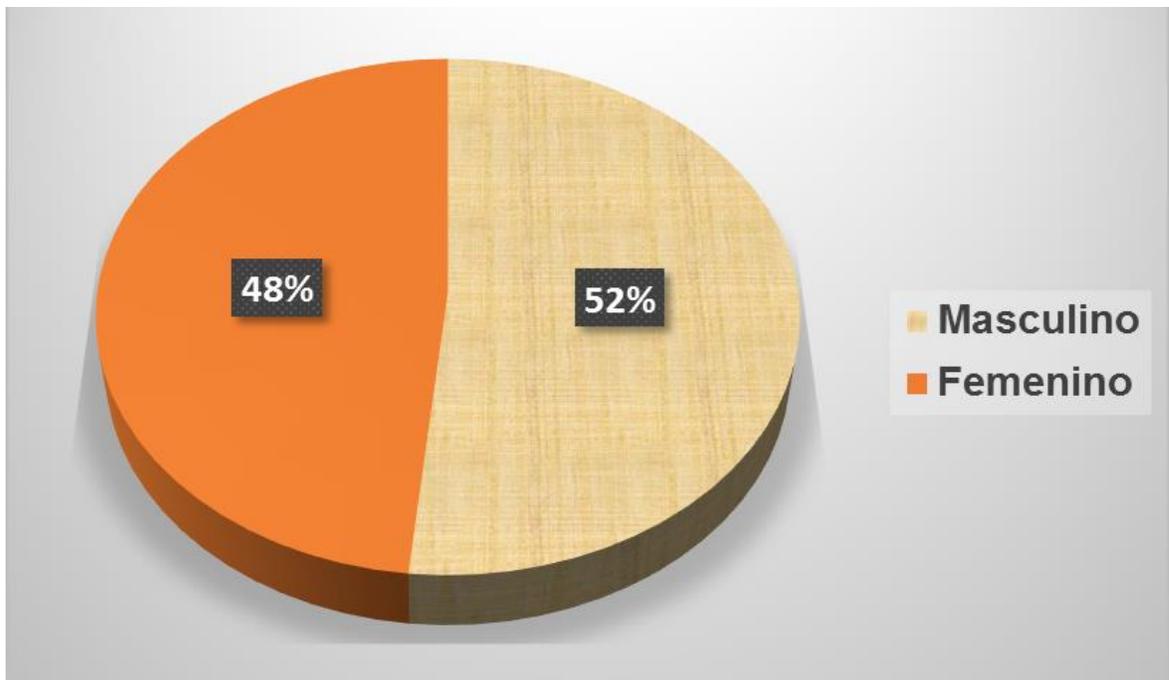
4.1 Estudio socioeconómico

A partir de la información primaria recolectada, se obtuvieron los siguientes resultados:

4.1.1 Distribución de la población

De la Comunidad encuestada se obtuvo que el sexo predominante son los hombres con 52%, seguido de las mujeres con 36%.

Gráfico 1. Distribución de la población

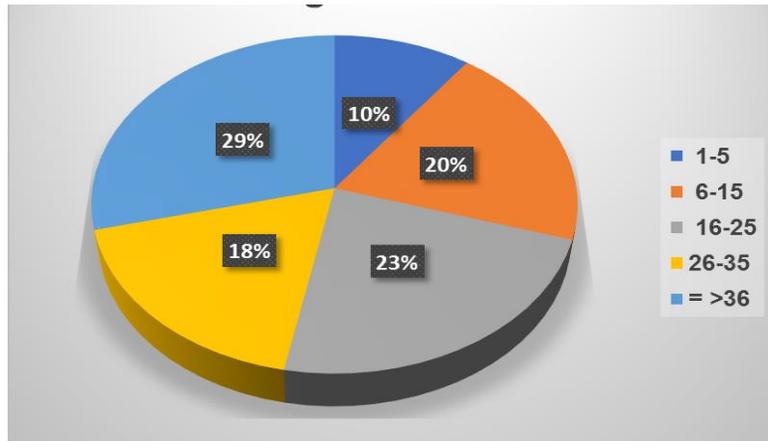


Fuente: Elaboración propia 2020

4.1.2 Rango de edades

Los resultados arrojan que un 29% de la población es mayor de 36 años y que la otra gran parte de esta son personas jóvenes menores de 35 años.

Gráfico 2. Rango de edades

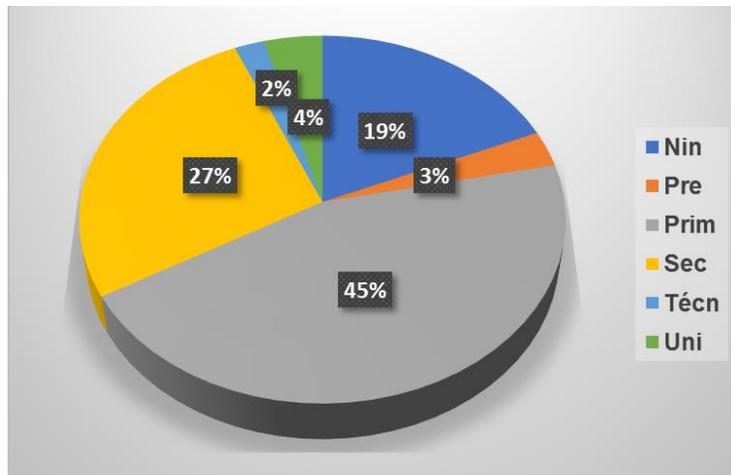


Fuente: Elaboración propia 2020

4.1.3 Nivel de escolaridad

De acuerdo a las encuestas realizadas la mayoría de la población ha cursado primaria con un 45%, y un 2% de esta no obtuvo ningún tipo de estudio.

Gráfico 3. Nivel de escolaridad

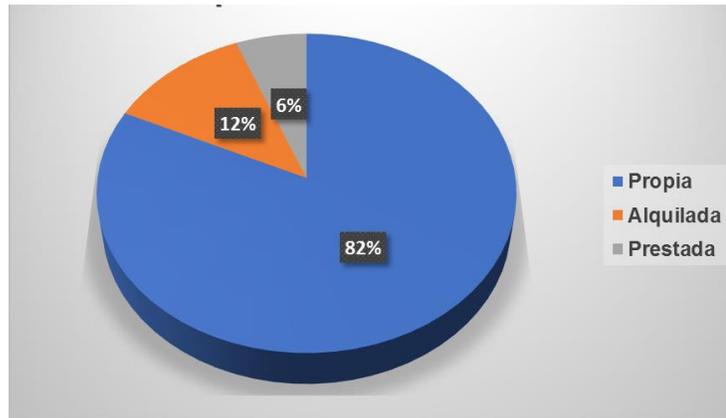


Fuente: Elaboración propia 2020

4.1.4 Adquisición de la vivienda

De las 282 viviendas sujetas a estudio, se encontró que la mayoría (82%) son propias, prestadas (6%) y alquiladas (12%).

Gráfico 4. Adquisición de la vivienda



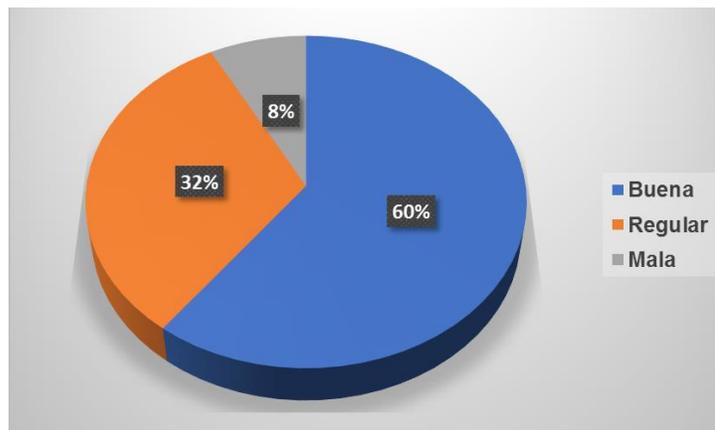
Fuente: Elaboración propia 2020

4.1.5 Estado actual de la vivienda

De acuerdo con la información obtenida el estado actual de las viviendas que corresponde al (60%) se puede observar que se encuentran en buen estado, el (8%) en mal estado, el 32% manifiestan que sus viviendas están regulares.

Gráfico 5. Estado actual de la vivienda

Fuente: Elaboración propia 2020

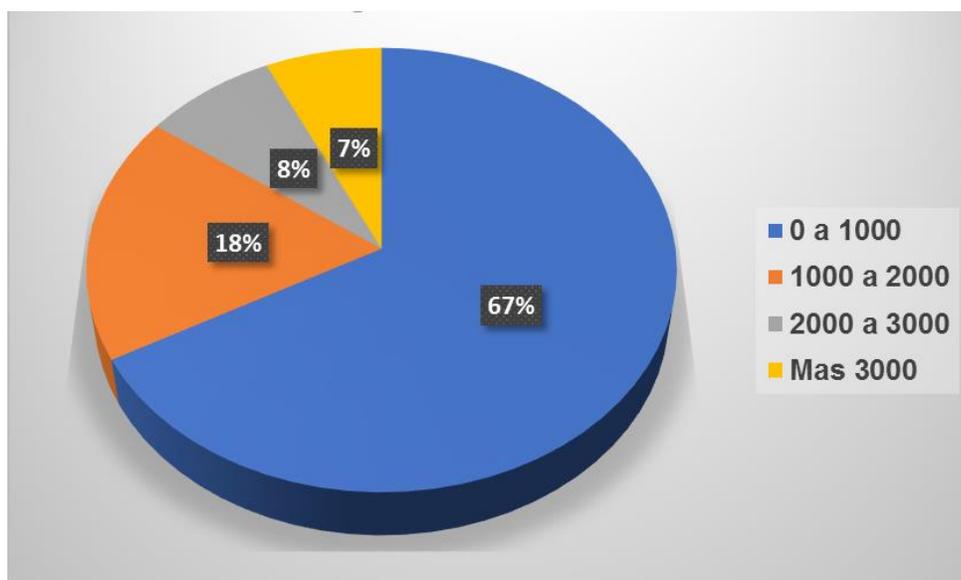


4.1.6 Situación económica de las familias

De las 282 viviendas encuestadas, se encontró que el 7% de sus habitantes tiene un ingreso mensual en córdobas entre 1,000 - 2,000. El 18% de esta

población tiene ingresos mensuales que oscilan entre 2000- 3000, en su mayoría obtiene ingresos mensuales sobre de los tres mil córdobas (C\$3000.00). Estos resultados permiten conocer que la comunidad beneficiaria del proyecto es de recursos económicos moderados.

Gráfico 6.Ingreso mensual



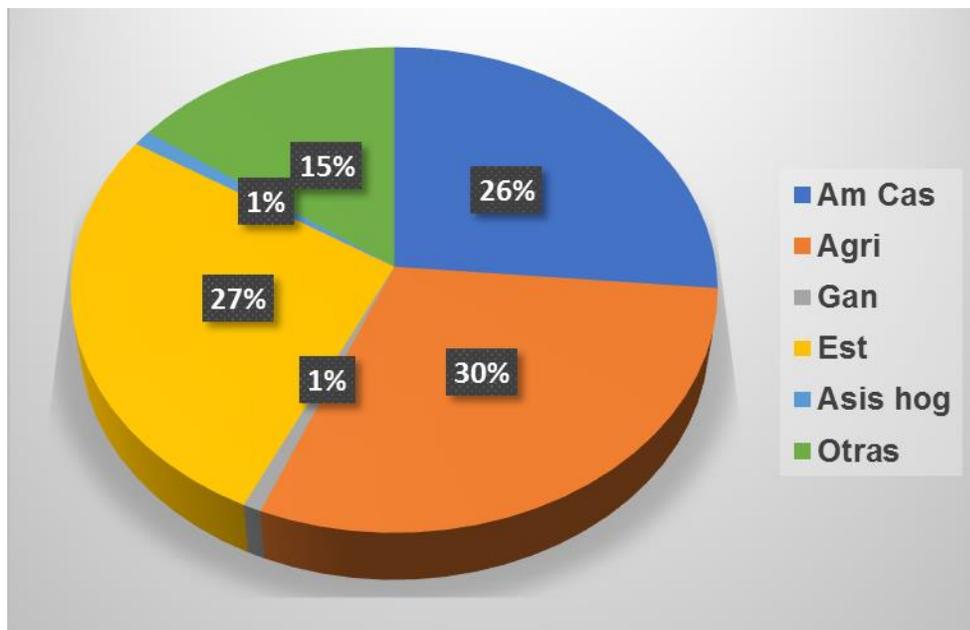
Fuente: Elaboración propia 2020

4.1.7 Ocupación de los beneficiarios

Las actividades de las familias beneficiarias son un aspecto de mucha importancia para el desarrollo de la comunidad, siendo la agricultura la de mayor practica la cual corresponde (30%) y en un menor porcentaje la ganadería y asistente de hogar con (1%).

Recalcando que los estudiantes son la segunda actividad desarrollada por los habitantes de la comunidad (27%),

Gráfico 7.Ocupacion de los beneficiarios

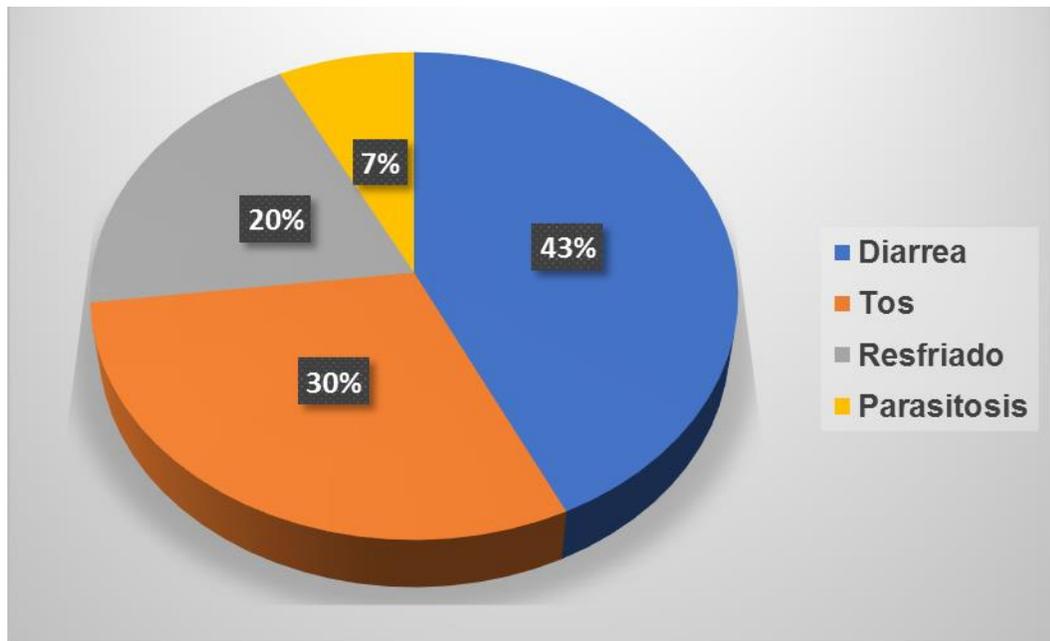


Fuente: Elaboración propia 2020

4.1.8 Situación de salud en la vivienda

Dentro de la comunidad los habitantes encuestados manifestaron que presentaron más de algún tipo de enfermedades de las cuales (43%) de los habitantes tuvieron diarrea, el 30% tos, el 20% resfriados y el 7% parasitosis.

Gráfico 8. Situación de salud



Fuente: Elaboración propia 2020

4.2 Características topográficas

4.2.1 Reconocimiento de terreno y levantamiento topográfico

Se realizó la visita de campo para evaluar los lugares donde posiblemente pasaría la línea de conducción y red de distribución, así como los lugares donde se construirán nuevas obras, la Alcaldía Municipal nos facilitó los datos necesarios del estudio topográfico.

Teniendo los datos planimétricos y altimétricos, conocimos las distancias y elevaciones del terreno, con rumbo predominante O-E desde sus nacientes con una altura estimada a 1697 m.s.n.m, tomando como referencia un punto inicial donde se construirá la obra de captación a 676.45 msnm y donde inicia su línea de conducción. Su punto más bajo a lo largo de la red se encuentra a una altitud de 617.9 m.s.n.m.

4.3 Evaluación actual del sistema

En esta comunidad Aranjuez existe un mini acueducto por gravedad (MAG), el cual se encuentra en mal estado técnicamente, principalmente la forma que es captada el agua directamente del río La Horca, que pasa directamente al desarenador arrastrando consigo partículas de arenas graníticas de diferentes diámetros, es de color blanco el cual se satura constantemente de arena, razón por lo cual tiene que estarse limpiando constante mente, porque este a la vez aterra la tubería de arena lo cual produce déficit con el abastecimiento de agua a la población. Además del mal estado técnico del proyecto, este ya cumplió su vida útil de servicio de 20 años y la demanda del servicio de agua ha crecido de una forma rápida, ya que la comunidad cuenta con un promedio de 282 familias con 1,412 habitantes. Debido a estos problemas existe una parte de la población que hacen uso del agua del río La Horca directamente sin ningún tipo de tratamiento higiénico sanitario. Además, existe gran parte de las viviendas que las letrinas están en mal estado y otras viviendas que carecen de ellas.

4.3.1 Fuente de abastecimiento

Este sistema cuenta con una fuente de abastecimiento, La Horca, esta es una fuente superficial, tiene un caudal aproximado de 3815.89 gpm equivalente a 240.72 lps, el área de la cuenca es de 1.06 km² cabe señalar que dicho caudal es mayor que la demanda actual Consumo Máximo Día, la cual es de 3.80 LPS.

4.3.2 Obra de captación

La obra de toma está compuesta por una tubería que conduce hacia el desarenador, además de los diques de retención, estos se encuentran en regular estado, aunque presentan fugas en distintas partes, en especial el dique ubicado en la fuente La Horca, el cual por no presentar compuertas de limpieza y no cuenta con válvula de limpieza.

4.3.3 Línea de conducción

La línea de conducción tiene una longitud de 3,566.13 metros, compuesta por tubería PVC de Φ 3. La diferencia de altura entre la fuente y el tanque es de 28.199 m aproximadamente. La línea abastece por gravedad a la población iniciando en el dique de toma (Presa) y terminando en el tanque de almacenamiento. El recorrido de la tubería de Conducción no es muy accidentado, se puede considerar como una topografía moderada.

4.3.4 Tanque de almacenamiento

Existen un tanque de almacenamiento de mampostería que está funcionando actualmente su capacidad es de 40,000 galones, equivalente a 151.40 metros cúbicos en buen estado, éste se encuentra en la parte más alta de la localidad, y su ubicación cubre para dar suficiente presión a la población actual y futura de Aranjuez, ya que la altura del tanque es óptima. A dicho tanque llegan la línea de conducción de 3" de la fuente que alimenta el sistema principal, como es la fuente La Horca.

4.3.5 Red de distribución

La red de distribución que sale del tanque hacia la localidad, está conformada por tuberías de 4" salida del tanque y 3", 2" y 1 1/2" de la población de diámetro de PVC, con una longitud total de 11,448.9 metros. La red se conecta al tanque en donde se almacena el agua por un determinado tiempo, se desinfectaba por medio de cloro con un dosificador por goteo.

4.4 Cálculos y estudios de la fuente

Este capítulo está dividido en tres partes producto de la observación y análisis del área de influencia del proyecto, en el podemos encontrar los estudios importantes que permitieron el diseño de las obras hidráulicas que requiere este sistema para facilitar la distribución del agua potable a estas familias.

4.4.1 Calidad del agua

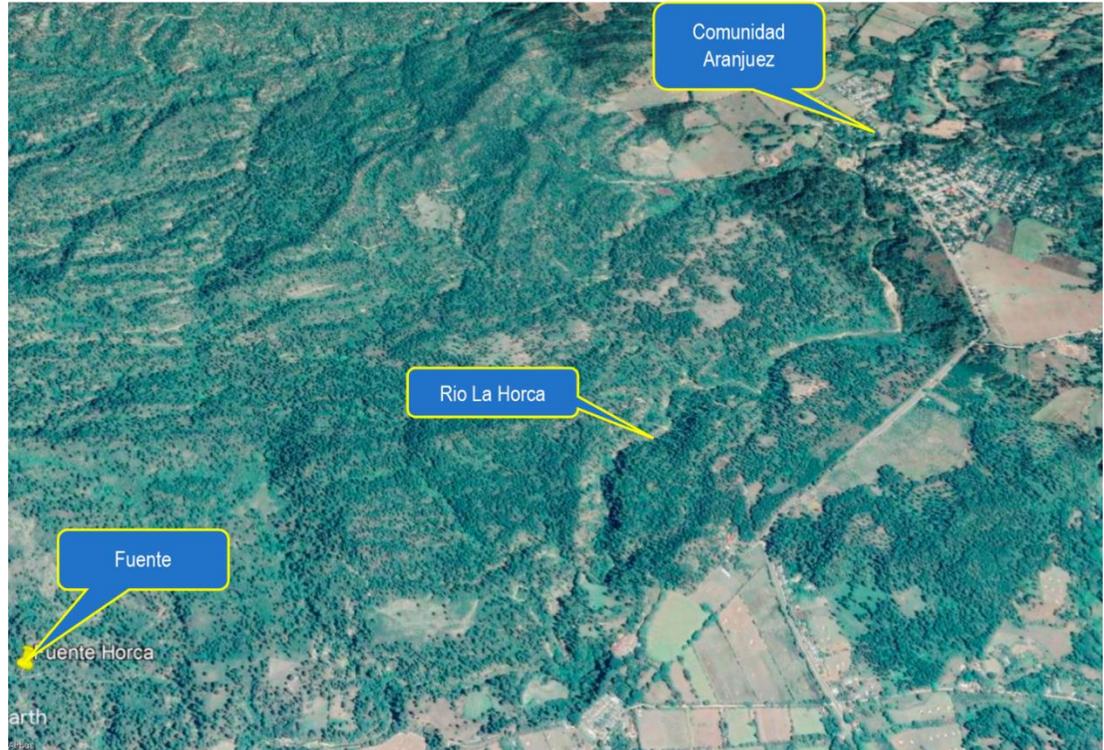
Este estudio es basado en las características físico- químicas y bacteriológicas de la fuente, con el objetivo de determinar si ésta es apta o no para consumo humano y con ello sugerir los diferentes tratamientos que se le pueden realizar para que sea potable.

De los 3 componentes, los aspectos físicos y bacteriológicos se pueden mejorar con procesos de filtros y desinfección, no obstante, los aspectos químicos no se pueden modificar por tal razón se debe de tener sumo cuidado.

4.4.2 Ubicación de la fuente

La fuente está ubicada en la micro- cuenca - Nueva Segovia, uno de los puntos más altos con relación al área urbana a 684 msnm y en el cuadrante 16P con coordenadas en X= 581,271 y en Y= 1,522,110

Ilustración 3. Ubicación de la fuente que alimentan la obra de captación



Fuente: Google Earth.

4.4.3 Resultados de la calidad del agua

La fuente llamada la horca ha sido vista como una posible solución al problema de escasez de agua potable en la comunidad, es por ello que la alcaldía municipal de San Fernando en conjunto con ENACAL Nueva Segovia le realizaron estudios físico- químico y bacteriológicos en el mes de junio 2019

4.4.3.1 Calidad físico- químico

El análisis físico- químico realizado en junio 2019, reflejó turbidez con 3.6 UNT (tomada in situ), determinada en el laboratorio 3.52 UNT, hierro con 0.21 mg/l, dentro del rango de las normas CAPRE (5.0 UNT, 0.3 mg/l).

4.4.3.2 Calidad bacteriológica

Las muestras para este estudio se recolectaron en el mes de junio 2019 directamente donde se construirá la obra de captación. En estas pruebas se incluyó el análisis del arsénico ya que es uno de los principales problemas en las fuentes de agua en la zona. Debido a la relevancia que tiene el arsénico es importante destacar que en esta fuente el valor encontrado (3 µg/L) está dentro de los rangos permitidos por las normas CAPRE para que sea consumible (10 µg/L).

4.5 Diseño hidráulico

4.5.1 Población beneficiaria del proyecto

Considerando la información histórica con que se dispone, es posible observar las bajas tasas de crecimiento poblacional del municipio, lo que podría estar asociado a la alta movilización social de sus habitantes a Honduras y municipios aledaños forzados por los altos niveles de pobreza y marginalización social característico de este municipio. Por tanto, la tasa de crecimiento que consideramos es del 2.5% para un período de diseño de 20 años ya que es un tiempo máximo económico para las obras de este tipo. Se utilizó el método geométrico debido a que es el más aplicable a ciudades que no han alcanzado su desarrollo como es la comunidad Aranjuez y que se mantienen creciendo a una tasa fija, y es el de mayor uso en Nicaragua.

4.5.2 Tasa de crecimiento poblacional

La tasa de crecimiento nacional de la población rural es de 1.33% en el período 1995 - 2005, según datos publicados por el Instituto Nicaragüense de Estadísticas y Censos (INEC).

Tasa de crecimiento departamental de Nueva Segovia de 1.20%

Tasa de crecimiento Municipal de San Fernando es de 1.15 %

Pero por defecto se establece una tasa de crecimiento mínima del 2.5% cumpliendo con la norma NTON 09001-99.

Tabla 7. Dotaciones de servicio del sistema

Dotaciones de servicio	Normas INNA	
Domiciliar rural	60	l/hab/día
Escuelas =2	32	l/Est/día
245 estudiantes	7840	lpd
Puesto de salud =1	1000	l/PS/Día
Gestión del agua y saneamiento, en la emergencia. Ley 337	15	l/hab/día

Fuente: Elaboración propia 2020

4.5.3 Cálculo de población:

Datos:

- Población total beneficiaria (P_0): 1412 habitantes
- Tasa de crecimiento adoptada (r): 2.5%
- Período de diseño (n): 20 años
- Población futura: P_n

4.5.4 Proyección de la demanda de agua

Con los datos de proyección de población y a una dotación de 60 lppd según Norma de INAA para acueductos rurales con conexiones domiciliarias; se estimó la demanda de agua de la población por quinquenio, así como el volumen de almacenamiento, en el siguiente cuadro se resume los valores obtenidos para una proyección a 20 años:

Tabla 8. Proyección de la demanda de agua

Año	Población	Dotación	Consumo Domiciliar	Consumo Extra Domiciliar	Consumo Promedio Diario CPD	Caudal por fugas Qf=CPD+20%		Consumo Máximo Día (CMD) 1,5CPDT	Consumo Máximo Hora (CMH) 2,5CPDT	Alm. Req 35% CPD
	(HAB)	(LPPD)	(LPD)	(LPD)	(LPD)	(LPD)	(LPS)	(LPS)	(LPS)	(m³)
2019	1412	60	84720,00	30020,00	114740,00	137688,00	1,59	2,39	3,98	48,19
2024	1597	60	95852,90	32803,23	128656,13	154387,36	1,79	2,68	4,47	54,04
2029	1807	60	108448,76	35952,19	144400,95	173281,14	2,01	3,01	5,01	60,65
2034	2045	60	122699,82	39514,96	162214,78	194657,73	2,25	3,38	5,63	68,13
2039	2313	60	138823,58	43545,90	182369,48	218843,38	2,53	3,80	6,33	76,60

Fuente: Elaboración propia 2020

4.5.5 Obra de captación

Debido al estado físico actual de las obras de toma, se deberán realizar mejoras en la obra de captación ubicada en la fuente La Horca; a la cual se le construirá una cerca de protección, un pozo de captación previo al desarenador.

Así como construcción de un nuevo desarenador, reemplazo de la tubería que comunica la fuente con el desarenador, instalación de válvulas y protección de los sistemas antes descritos. La obra de captación estará conformada por una estructura de concreto ciclópeo con proporción 60% (Concreto) y 40% (piedra bolón), y a su vez se contemplará una estructura para la limpieza de la tubería que estará en un costado de la estructura de captación se construirá de concreto reforzado.

4.5.6 Línea de conducción

La tubería de conducción que compone este sistema, se encuentra en mal estado, los diámetros no son adecuados para la conducción del agua necesaria para cubrir la demanda de la población, en el caso de las tuberías de la fuente La Horca, estas conducciones requieren sustitución de válvulas de alivio para proveer una presión adecuada y un buen mantenimiento y así optimizar las condiciones hidráulicas de las mismas.

Se propone la instalación de tubería de " de diámetro PVC en combinación con materia HG para salvar pasos aéreos y luego conectar con tubería de 3" PVC permitiendo un aumento en la presión y asegurar así un flujo continuo que abastezca al tanque de almacenamiento.

La línea conducirá el caudal de 60.23 gpm (3.80 lt/s) para un período de diseño de 20 año se utilizó la fórmula de Bresse.

- **Diámetro de la tubería**

$$D = 0.9 * (0.00380 \text{ m}^3/\text{s})^{0.45}$$

$$D \approx 7 \text{ cm} \approx 2.75 \text{ pulg. Se propondrá un diámetro comercial 3"}$$

- **Velocidad en la tubería**

$$V = \frac{4(0.00380 \frac{m^3}{s})}{\pi(0.07)^2}$$

$$V = 0.98 \text{ m/s}$$

0.4 m/s ≤ **0.98 m/s** < 2 m/s

- **Calculo golpe de ariete para la línea de conducción**
- Primer Tramo Fuente hacia el tanque

Lc1= 2,894.93 m

ΔH= 684.00 – 637.376 = 46.62m

- **Cálculos de perdidas por longitud**

$$hf = 10.67 * \left(\frac{0.00380}{150}\right)^{1.85} * \frac{2894.93}{0.07^{4.87}}$$

$$hf = 40.83 \text{ m}$$

- **Cálculo de SDR en tuberías (Standard Dimensión Ratio)**

$$C = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + 33.3 \frac{0.820}{0.003302}}}$$

$$C = 108.55 \text{ m/s}$$

D= 82.0 mm

e= 3.302 mm

KO= Para PVC = 33.3

- **Cálculo de la sobre presión**

$$h_a = \frac{108.55 \frac{m}{s} * 0.98 m/s}{9.81 m/s^2}$$

$$h_a = 10.84m$$

- **Comprobación del cálculo de la tubería**

$$\Delta H + h_f + h_a = 46.62 m + 40.83 m + 10.84 m = 98.29 m < 112.00 m.c.a$$

4.5.7 Red de distribución hidráulica

Para efectos de pre- dimensionamiento se presentará el análisis hidráulico con la condición de consumo máximo horario (CMH) a tanque lleno, puesto que la condición más crítica en el cual las tuberías trabajan a su máxima capacidad, de igual forma conocer las presiones máximas esperadas en la misma.

4.5.8 Determinación de los caudales nodales

Para el modelado de hidráulico de la red de distribución se calculó por medio del método de áreas tributarias. Posterior se determinó el caudal unitario para determinar el caudal correspondiente a cada tramo de tubería y seguidamente repartir equitativamente los caudales para obtener la demanda base de donde se pretende que se extraerá caudal.

4.5.9 Cálculo de caudal unitario

Para determinar el caudal por unidad de longitud de tuberías se dividió el consumo máximo horario (CMH) al final del periodo de diseño entre el total de las áreas tributarias. Habiendo determinado el caudal unitario se realizó el siguiente paso, que consiste en multiplicar el caudal unitario por el área tributaria unitaria del tramo correspondiente para obtener el caudal en cada tramo de tubería.

$$q = \frac{6.33 lps}{38.386456 Ha}$$

$$q = 0.1649 lps/Ha$$

Tabla 9. Distribución de caudales

Tabla válida para plano de Evaluación del sistema de Agua Potable. (20 años)					
Nodos	Área Tributaria (m²)	Área Tributaria (Ha)	Caudal Unitario (lt*seg)/Ha	Caudal Nodo (lps)	Elevación de Nodos
33	14154,9660	1,4154966	0,16490191	0,23	634,941
34	26284,3445	2,62843445	0,16490191	0,43	622,046
35	13675,0317	1,36750317	0,16490191	0,23	621,104
36	13041,7686	1,30417686	0,16490191	0,22	621,356
37	11597,3298	1,15973298	0,16490191	0,19	619,063
38	12093,5739	1,20935739	0,16490191	0,20	619,535
39	13412,6336	1,34126336	0,16490191	0,22	620,202
40	16060,2050	1,6060205	0,16490191	0,26	621,181
42	3564,7660	0,3564766	0,16490191	0,06	589,741
43	10516,2910	1,0516291	0,16490191	0,17	596,374
44	23830,9280	2,3830928	0,16490191	0,39	580,728
45	8131,5990	0,8131599	0,16490191	0,13	614,712
46	5949,8208	0,59498208	0,16490191	0,10	613,912
47	6036,0176	0,60360176	0,16490191	0,10	612,802
48	3751,3475	0,37513475	0,16490191	0,06	612,720
49	7008,8556	0,70088556	0,16490191	0,12	610,337
50	7524,3715	0,75243715	0,16490191	0,12	611,711
51	7408,8093	0,74088093	0,16490191	0,12	610,383
52	16673,2815	1,66732815	0,16490191	0,27	607,516
53	23670,8649	2,36708649	0,16490191	0,39	612,726
54	13748,4515	1,37484515	0,16490191	0,23	625,714
56	22686,6441	2,26866441	0,16490191	0,37	616,956
57	16752,7975	1,67527975	0,16490191	0,28	618,533
58	23090,9629	2,30909629	0,16490191	0,38	615,864
59	14070,6091	1,40706091	0,16490191	0,23	618,003
60	17742,0370	1,7742037	0,16490191	0,29	618,578
61	11650,2099	1,16502099	0,16490191	0,19	618,520
62	19736,0480	1,9736048	0,16490191	0,33	629,480

Fuente: Elaboración propia 2020

4.6 Análisis con el software EPANET

4.6.1 Línea de conducción

La línea de conducción tiene una longitud de 2176,834m, con tuberías de PVC SDR-26 con diámetros de 101.6 mm y 76.2 mm, también tubería propuesta de HG para cruces aéreos, dichas tuberías conducirán el CMD.

Según las normas, la línea de conducción debe realizarse para la demanda máxima diaria CMD al final de su periodo de diseño, la línea se analizó para un caudal de 3,80 LPS.

4.6.1.1 Presiones máximas y mínimas

El nodo con la menor presión calculada en la línea de conducción es el nodo 25 el cual tiene una cota topográfica de 665.49 msnm y la presión es de 0.16 m según el análisis realizado dicho nodo está ubicado en la sarta de la captación. El nodo con la mayor presión calculada en la red es el nodo 26 con una cota topográfica de 650.67 msnm y la presión es de 21.31 mca. (Ver Tabla).

4.7 Red de distribución

La red de distribución, estará conformada por tubería PVC SDR-26 con una longitud de 10.806,71 mts Debido a las características topográficas que presenta el terreno, el sistema global de la red, se dividió en 2 ramales principales, la tubería propuesta es de 101.6 mm, 76.2 mm, 50.8 mm y 38.1 mm.

El sistema de la red contiene válvulas de control para la interrupción del suministro de agua por mantenimiento, válvulas de limpieza y aire. Ver Planos Constructivos.

4.7.1 Presiones máximas y mínimas

El nodo con la menor presión calculada en la red de distribución es el nodo 33 el cual tiene una cota topográfica de 635.23 msnm y la presión es de 0.28 m según el análisis realizado dicho nodo está ubicado en un área denominada crítica por su topografía. El nodo con la mayor presión calculada en la red es el nodo 44 con una cota topográfica de 628.67 msnm y la presión es de 47.94 mca. (Ver Tabla).

4.8 Velocidades y diámetros

Las velocidades al ser un sistema de baja demanda no cumplen en el análisis de EPANET mientras tanto las presiones que son las de mayor importancia están dentro del rango establecido, los diámetros de la tubería de conducción son 101.6 mm, 76.2 mm y la de distribución son 101.6 mm, 76.2 mm, 50.8 mm y 38.1 mm. (Ver Gráficos).

4.9 Demanda cero

El análisis de la red cuando la presión está sometida a su máximo trabajo, es decir cuando el consumo es cero la mayor presión arroja que es el nodo 44 con una cota 580.728 msnm con una presión de 56.96 mca dentro de la norma para casos críticos.

Y el de menor presión de acuerdo a su demanda es el nodo 33 con una cota de 637.96 msnm, con una presión de 2.75 mca.

Tabla 10.Presiones y demandas base en los nodos

ID Nudo	Demanda Base(lps)	Altura (m)	Presión(m)
Conexión n1	0	651.65	14.23
Conexión n2	0	650.94	18.29
Conexión n3	0	653.05	11.05
Conexión n4	0	653.62	13.46
Conexión n5	0	654.61	20.24
Conexión n6	0	654.64	19.98
Conexión n7	0	654.78	13.36
Conexión n8	0	654.83	12.72
Conexión n9	0	655.08	11.83
Conexión n10	0	655.06	11.38
Conexión n11	0	655.12	12.55
Conexión n12	0	655.19	16.22
Conexión n13	0	655.8	18.28
Conexión n14	0	655.75	16.78
Conexión n15	0	658.35	10.98
Conexión n16	0	658.31	10.55
Conexión n17	0	658.78	9.68
Conexión n18	0	658.74	10.15
Conexión n19	0	660.68	11.28
Conexión n20	0	660.65	11.89
Conexión n21	0	662.17	7.34
Conexión n22	0	662.11	7.13
Conexión n23	0	664.62	1.88
Conexión n24	0	664.6	1.74

Fuente: Elaboración propia 2020

Continuación Tabla 10

ID Nudo	Demanda Base(lps)	Altura (m)	Presión(m)
Conexión n25	0	665.49	0.16
Conexión n26	0	650.67	21.31
Conexión n27	0	649.3	15.32
Conexión n28	0	637.98	4
Conexión n29	0	637.73	0.65
Conexión 63	0	635.32	2.49
Conexión 41	0	631.43	41.64
Conexión 42	0.06	631.35	41.61
Conexión 43	0.170	629.13	32.76
Conexión 45	0.130	627.45	12.74
Conexión 46	0.100	622.69	8.78
Conexión 48	0.060	622.34	9.62
Conexión 51	0.120	622.31	11.93
Conexión 53	0.390	627.05	14.32
Conexión 54	0.230	632.77	7.06
Conexión 73	0.000	630.6	9.5
Conexión 38	0.200	630.38	10.85
Conexión 35	0.230	630.79	8.92
Conexión 74	0.000	630.25	8.9
Conexión 61	0.190	630.25	12.3
Conexión 72	0.000	628.05	10.87
Conexión 59	0.230	628.05	11.41
Conexión 36	0.220	628.25	4.9

Fuente: Elaboración propia 2020

Continuación Tabla 10

ID Nudo	Demanda Base(lps)	Altura (m)	Presión(m)
Conexión 40	0.260	628.32	8.22
Conexión 37	0.190	630.28	10.92
Conexión 34	0.430	631	8.95
Conexión 39	0.220	628.57	8.37
Conexión 67	0.000	628.29	11.09
Conexión 68	0.000	628.28	11.07
Conexión 66	0.000	628.29	13.43
Conexión 70	0.000	628.16	11.18
Conexión 71	0.000	628.09	11.43
Conexión 69	0.000	628.17	11.39
Conexión 56	0.370	628.08	11.12
Conexión 57	0.280	628.05	12.16
Conexión 58	0.380	628.04	12.18
Conexión 62	0.330	634.91	4.08
Conexión 49	0.120	622.32	11.98
Conexión 52	0.270	621.6	11.61
Conexión 60	0.290	634.68	15.11
Conexión 33	0.230	635.23	0.28
Conexión 75	0.000	630.27	11.91
Conexión 64	0.000	637.68	0.59
Conexión 65	0.000	631.66	7.95
Conexión 44	0.390	628.67	47.94
Conexión 47	0.100	622.37	9.57
Conexión 50	0.120	622.33	10.62
Embalse OC1	No Disponible	665.52	0
Depósito TQE1	No Disponible	637.69	0.6

Fuente: Elaboración propia 2020

Tabla 11. Longitud ,diámetro,rugosidad y velocidad en las tuberías

ID Línea	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Rugosidad	Velocidad (m/s)
Tubería p1	31.34	76.2	150	1.36
Tubería p2	24.98	76.2	150	1.36
Tubería p3	5.447	101.6	150	0.77
Tubería p4	8.528	101.6	150	0.77
Tubería p5	3.369	101.6	150	0.77
Tubería p6	11.78	101.6	150	0.77
Tubería p7	7.763	101.6	150	0.77
Tubería p8	6.052	101.6	150	0.77
Tubería p9	6.547	101.6	150	0.77
Tubería p10	6.072	101.6	150	0.77
Tubería p11	10.85	101.6	150	0.77
Tubería p12	4.671	101.6	150	0.77
Tubería p13	154.8	101.6	150	0.77
Tubería p14	433.1	101.6	150	0.77
Tubería p15	255.2	101.6	150	0.77
Tubería p16	333.5	101.6	150	0.77
Tubería p17	70.7	101.6	150	0.77
Tubería p18	449.8	101.6	150	0.77
Tubería p19	100.5	101.6	150	0.77
Tubería p20	7.575	101.6	150	0.77
Tubería p21	41.39	101.6	150	0.77
Tubería p22	25.78	101.6	150	0.77
Tubería p23	43.56	76.2	150	1.36
Tubería p24	61.63	76.2	150	1.36
Tubería p25	11.54	76.2	150	1.36
Tubería p26	60.36	76.2	150	1.36

Fuente: Elaboración propia 2020

Continuación Tabla 11

ID Línea	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Rugosidad	Velocidad (m/s)
Tubería p27	498.2	76.2	150	1.36
Tubería p28	22.05	76.2	150	0.92
Tubería p29	415.1	101.6	150	0.78
Tubería p30	6.652	50.8	150	0.77
Tubería p31	160	50.8	150	0.7
Tubería p32	261.1	38.1	150	0.78
Tubería p34	101.5	38.1	150	0.34
Tubería p35	496.8	76.2	150	0.45
Tubería p36	109.5	50.8	150	0.29
Tubería p37	91.83	50.8	150	0.29
Tubería p38	288.5	50.8	150	0
Tubería p39	112.9	50.8	150	0
Tubería p40	207.9	50.8	150	0.11
Tubería p41	106.2	50.8	150	0.19
Tubería p42	54.86	50.8	150	0.4
Tubería p43	166.6	76.2	150	0.7
Tubería p44	125.2	50.8	150	0.97
Tubería p45	56.16	50.8	150	0.44
Tubería p46	66.91	50.8	150	0.42
Tubería p47	41.84	50.8	150	0.2
Tubería p48	116.7	50.8	150	0
Tubería p49	49.39	50.8	150	0.33
Tubería p50	97.93	50.8	150	0.11
Tubería p51	51.38	50.8	150	0.29
Tubería p52	77.45	50.8	150	0.21
Tubería p53	49.81	50.8	150	0.09
Tubería p54	78.4	50.8	150	0.21

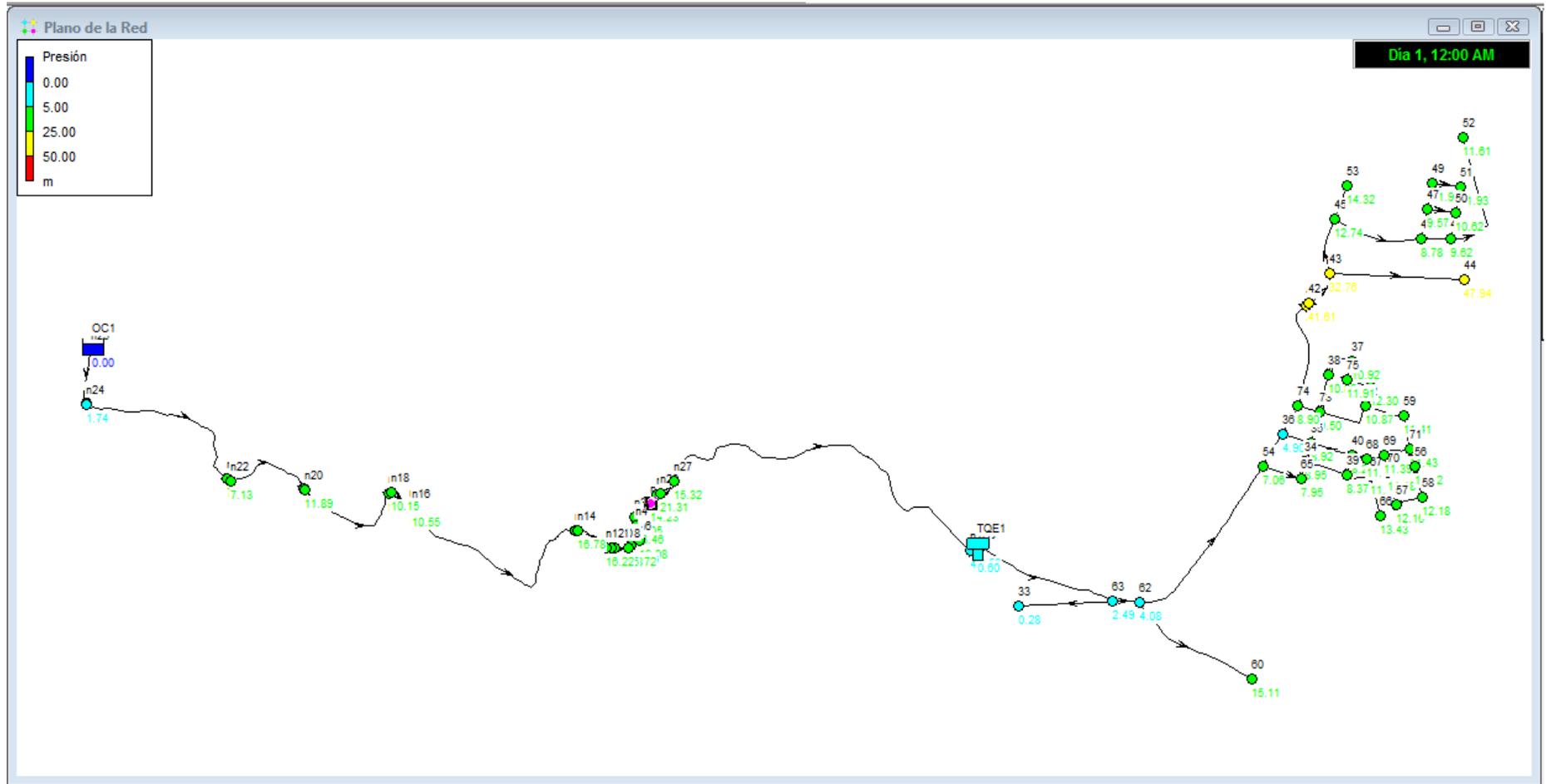
Fuente: Elaboración propia 2020

Continuación Tabla 11

ID Línea	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Rugosidad	Velocidad (m/s)
Tubería p55	94.66	50.8	150	0.21
Tubería p56	92.56	50.8	150	0.11
Tubería p57	75.41	50.8	150	0.07
Tubería p58	78.97	101.6	150	0.75
Tubería p59	493.2	101.6	150	0.67
Tubería p60	113.4	50.8	150	0.97
Tubería p62	83.21	38.1	150	0.35
Tubería p63	372.7	38.1	150	0.24
Tubería p64	81.15	38.1	150	0.03
Tubería p65	60.76	50.8	150	0.09
Tubería p66	50.77	50.8	150	0.08
Tubería p67	396.3	50.8	150	0.14
Tubería p68	266.5	50.8	150	0.11
Tubería p69	53.7	50.8	150	0.09
Tubería p70	69.12	50.8	150	0.09
Tubería L1	16.88	101.6	150	0.42
Tubería L2	2	76.2	150	1.36
Tubería L3	2	101.6	150	0.78
Tubería L4	100	76.2	150	0.7
Tubería L5	476.3	50.8	150	0.19
Tubería L6	81.6	38.1	150	0.34
Tubería L7	79.02	38.1	150	0.14
Tubería L8	63.88	38.1	150	0.06
Tubería L9	84.08	38.1	150	0.07
Tubería L10	82.21	38.1	150	0.11
Válvula V1	No Disponible	76.2	No Disponible	0.44
Válvula V2	No Disponible	101.6	No Disponible	0.35
Válvula V3	No Disponible	50.8	No Disponible	0.23

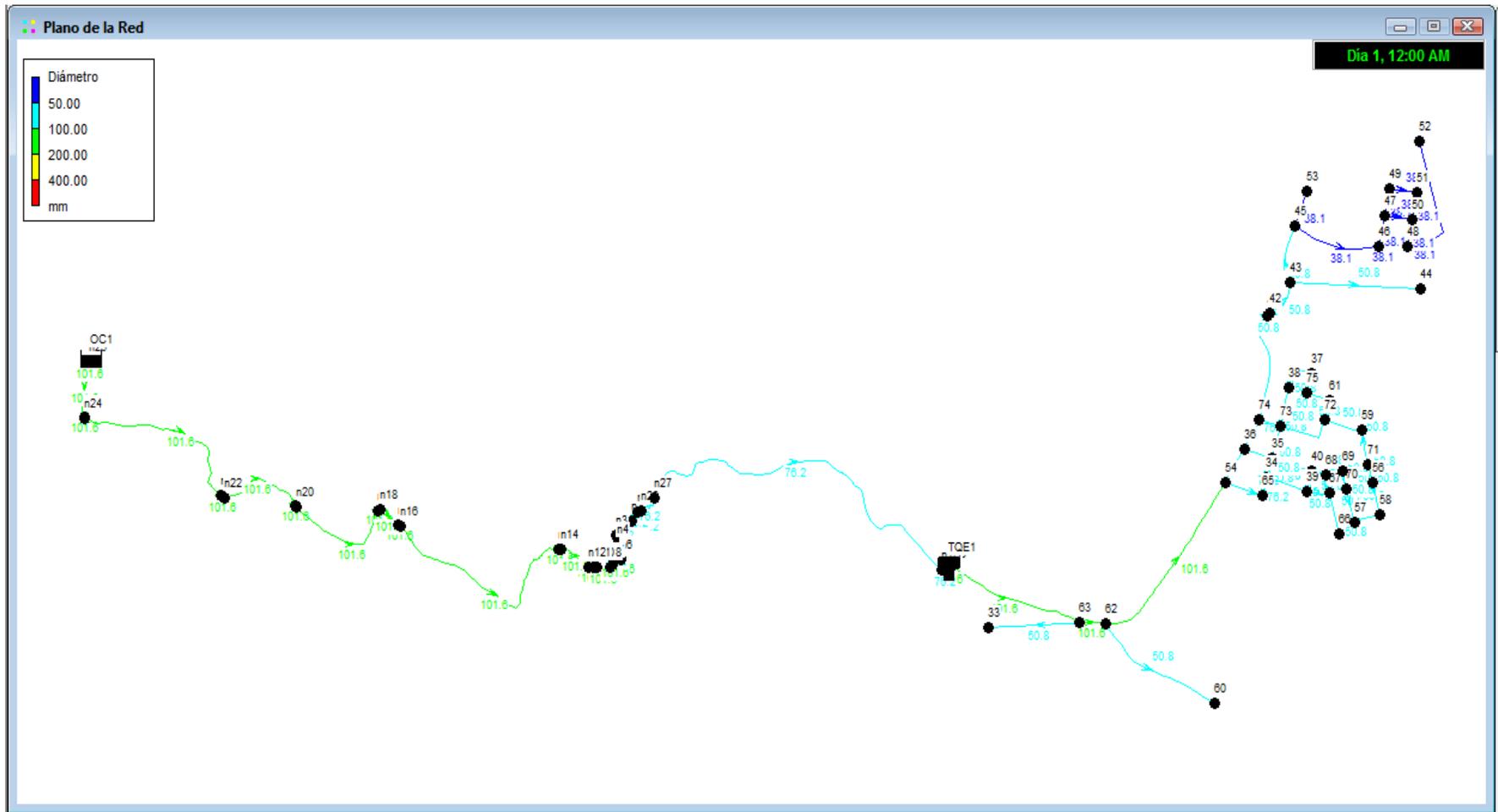
Fuente: Elaboración propia 2020

Ilustración 4. Analisis de la presión en los nodos con software EPANET



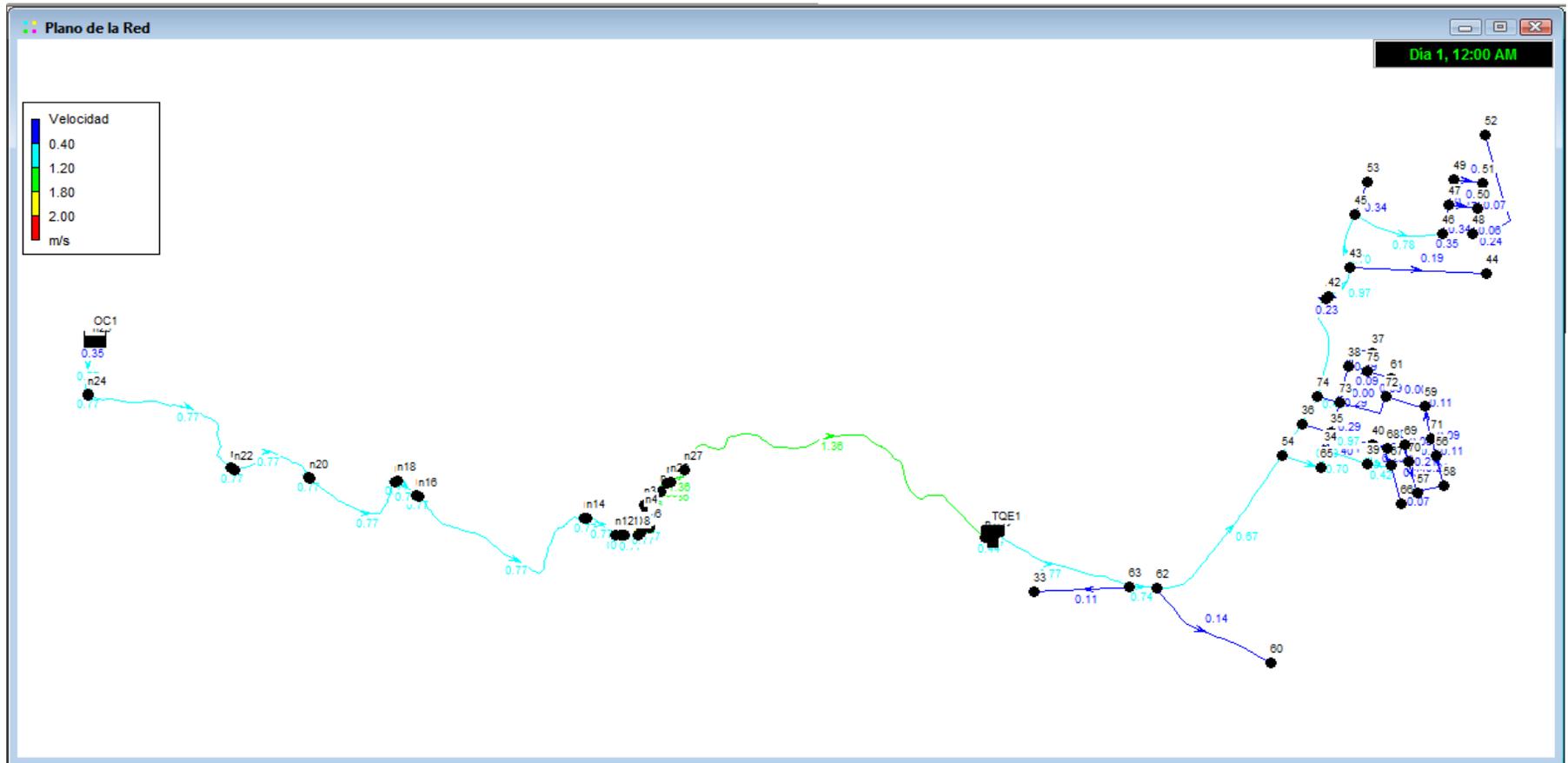
Fuente: Elaboración propia 2020

Ilustración 5. Diametro de tuberías en línea de conducción y red de distribución con el software EPANET



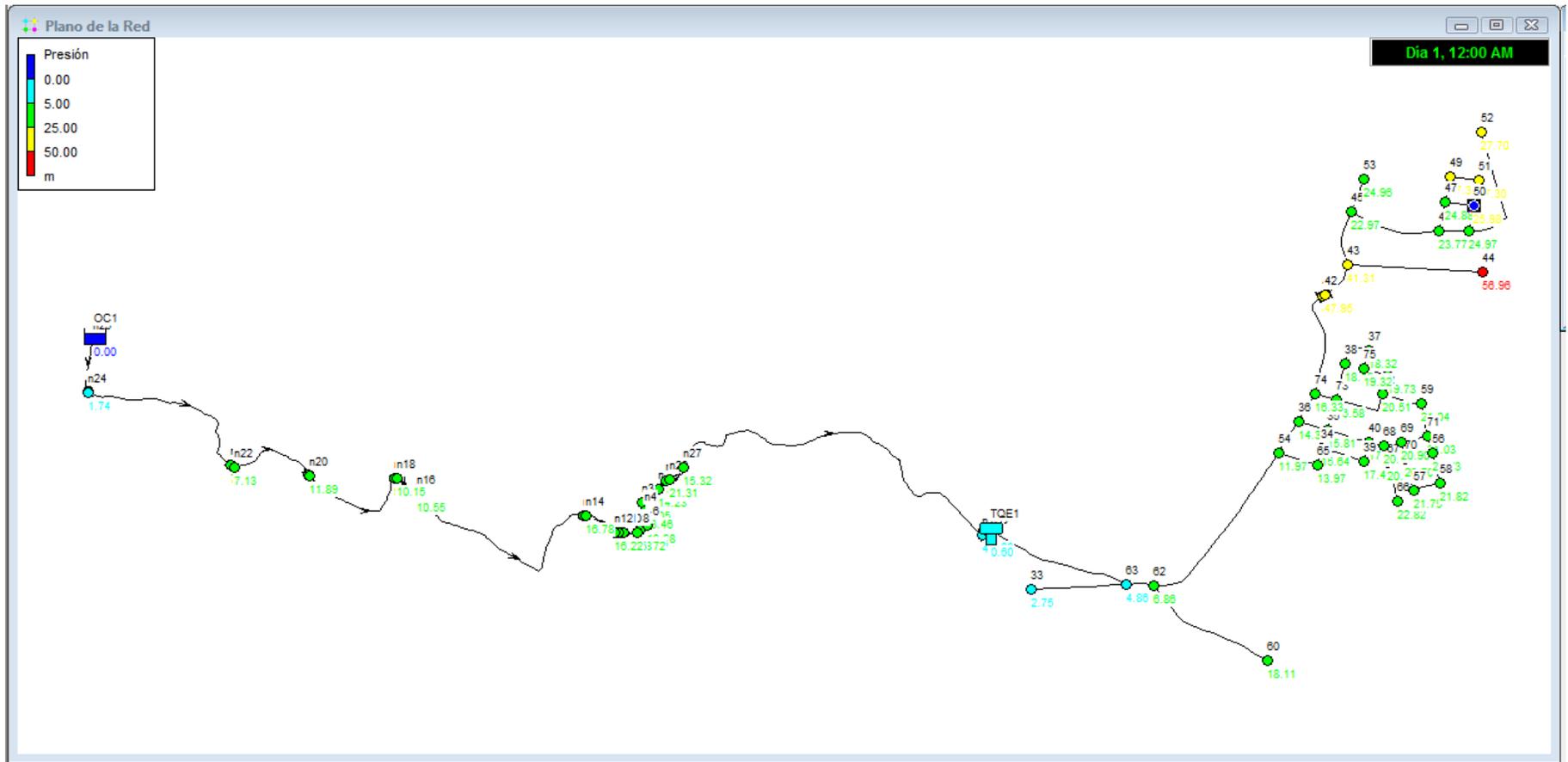
Fuente: Elaboración propia 2020

Ilustración 6. Velocidades en la línea de conducción y red de distribución con software EPANET



Fuente: Elaboración propia 2020

Ilustración 7. Analisis de presiones cuando el consumo es cero con el software EPANET



Fuente: Elaboración propia 2020

4.10 Presupuesto general

El costo aproximado de inversión para la ejecución del proyecto de agua potable para la comunidad Aranjuez, Municipio de Nueva Segovia es de C\$ 5.826.737,24 el cual se detalla en la siguiente Tabla.

Tabla 12. Presupuesto general

PRESUPUESTO - GENERAL		
CODIGO	DESCRIPCIÓN	COSTO TOTAL
310	PRELIMINARES	415.435,51
320	LÍNEA DE CONDUCCIÓN	1.904.720,11
330	LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN	1.396.356,42
335	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	1.447.974,25
340	FUENTE Y OBRAS DE TOMA	257.315,26
350	CONEXIONES	404.935,70
TOTAL:		5.826.737,24

Fuente: Elaboración propia 2020

Tabla 13.Presupuesto detallado

Presupuesto Detalles					
Código	ETAPA \ SUBETAPA \ ACTIVIDAD	U.M	Cantidad	Precio Unitario C\$	Total C\$
310	PRELIMINARES	GLB			415.435,51
	LIMPIEZA INICIAL	M ²			32.804,53
	LIMPIEZA INICIAL POZO DE ABSORCION	M ²	400,00	6,89	2.757,28
	LIMPIEZA INICIAL LINEA DE CONDUCCION Y DISTRIBUCION	M ²	5.279,67	5,43	28.668,61
	LIMPIEZA INICIAL DE DESARENADOR	M ²			0,00
	LIMPIEZA INICIAL ASENTADOR DE PARTICULAS	M ²			0,00
	LIMPIEZA INICIAL PREDIO DEL TANQUE	M ²	200,00	6,89	1.378,64
	TRAZO Y NIVELACIÓN	Mts			157.724,68
	REPLANTEO DEL TRAZO Y NIVELACION PARA TUBERIAS DE AGUA POTABLE(INCL. ESTACAS DE MADERA+MANO DE OBRA+EQUIPO DE TOPOGRAFIA)	Mts	19.978,30	7,89	157.724,68
	ELIMINACION DE TUBERIAS	Mts			224.906,30
	DESINTALACION MANUAL DE TUBERIA PVC DIAM.=1 1/2"(NO INCL.EXCAVACION)	Mts	10.801,36	13,78	148.842,74
	DESINTALACION MANUAL DE TUBERIA PVC DIAM.=3"(NO INCL.EXCAVACION)	Mts	4.414,60	17,23	76.063,56

Fuente: Elaboración propia 2020

Continuación Tabla 13

320	LÍNEA DE CONDUCCIÓN	Mts			1.904.720,11
	RELLENO Y COMPACTACIÓN	M³	2.648,76	52,04	137.841,47
	RELLENO Y COMPACTACIÓN MANUAL	M³	2.648,76	52,04	137.841,47
	TUBERIA DE 3" DE DIAMETRO	Mts			223.746,78
	TUBERIA DE PVC Diám.=3" (SDR-26) (ASTM D2241) (JUNTA CEMENTADA) (NO INCL. EXCAVACIÓN) (INCL. UNIÓN LISA DE PVC ENTRE TUBO y TUBO)	Mts	1.082,00	206,79	223.746,78
	TUBERIA DE 4" DE DIAMETRO	Mts			1.445.758,62
	TUBERIA DE PVC Diám.=4" (SDR-26) (ASTM D2241) (JUNTA CEMENTADA) (NO INCL. EXCAVACIÓN) (INCL. UNIÓN LISA DE PVC ENTRE TUBO y TUBO)	Mts	3.054,85	292,96	894.948,86
	CRUCE DE CAUCE CON TUBERIA HG DIAM.=4"		127,85	4.308,25	550.809,76
	PRUEBAS HIDROSTÁTICAS	C/U			30.327,00
	PRUEBA HIDROSTÁTICA (DE PRESIÓN y DE ESTANQUEIDAD)(CON BOMBA MANUAL) EN TUBERIA y ACCESORIOS PVC Diám.=4" L=HASTA 300 m PARA PROYECTOS DE AGUA POTABLE	C/U	15,00	2.021,80	30.327,00
	VÁLVULAS Y ACCESORIOS	C/U			67.046,24
	REDUCTOR 4"-3" PVC	C/U	1,00	165,74	165,74
	UNIONES 4"	C/U	30,00	1.506,02	45.180,60
	VALVULA DE AIRE Y VACIO DE HIERRO FUNDIDO Diám.=3" CON SUS ACCESORIOS	C/U	30,00	34,01	1.020,30
	VALVULA DE LIMPIEZA DE HIERRO FUNDIDO Diám.=3"	C/U	2,00	10.339,80	20.679,60

Fuente: Elaboración propia 2020

Continuación Tabla 13

330	LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN	Mts			1.396.356,42
	TUBERIA DE 1 ½" DE DIAMETRO	Mts			19.229,57
	TUBERIA DE PVC Diám.=1½" (SDR-26) (ASTM D2241) (JUNTA CEMENTADA) (NO INCL. EXCAVACIÓN)	Mts	335,01	57,40	19.229,57
	TUBERIA DE 2" DE DIAMETRO	Mts			860.479,89
	TUBERIA DE PVC Diám.=2" (NO INCL. EXCAVACION)	Mts	8.916,89	96,50	860.479,89
	TUBERIA DE 3" DE DIAMETRO	Mts			100.002,43
	TUBERIA DE PVC Diám.=3" (SDR-26) (ASTM D2241) (JUNTA CEMENTADA) (NO INCL. EXCAVACIÓN) (INCL. UNIÓN LISA DE PVC ENTRE TUBO y TUBO)	Mts	506,85	182,13	92.312,59
	TUBERIA DE HG Diám.=3" (SDR-26) (ASTM D2241) (JUNTA CEMENTADA) (NO INCL. EXCAVACIÓN)		12,00	640,82	7.689,84
	TUBERIA DE 4" DE DIAMETRO	Mts			303.494,84
	TUBERIA DE PVC Diám.=4" (SDR-26) (ASTM D2241) (JUNTA CEMENTADA) (NO INCL. EXCAVACIÓN) (INCL. UNIÓN LISA DE PVC ENTRE TUBO y TUBO)	Mts	1.035,96	292,96	303.494,84
	PRUEBAS HIDROSTÁTICAS	C/U	42,00		77.151,89
	PRUEBA HIDROSTÁTICA (DE PRESIÓN y DE ESTANQUEIDAD)(CON BOMBA MANUAL) EN TUBERIA y ACCESORIOS PVC Diám.<=4" L=HASTA 300m PARA PROYECTOS DE AGUA POTABLE	C/U	38,16	2.021,80	77.151,89

Fuente: Elaboración propia 2020

Continuación Tabla 13

	VÁLVULAS Y ACCESORIOS	<i>C/U</i>			35.997,80
	VALVULA DE PASE DE BRONCE Diám.=1½"	<i>C/U</i>	6,00	50,37	302,22
	VALVULA DE PASE DE BRONCE Diám.=2"	<i>C/U</i>	1,00	78,11	78,11
	VALVULA DE COMPUERTA DE HIERRO FUNDIDO Diám.=3" CON 2 BRIDAS (o FLANGES) DE HIERRO FUNDIDO Diám.=2"	<i>C/U</i>	1,00	231,33	231,33
	VALVULA DE LIMPIEZA TIPO BOLA DE HIERRO GALVANIZADO DIAM.=2"	<i>C/U</i>	1,00	69,77	69,77
	VALVULA DE LIMPIEZA DE BRONCE Diám.=1½"	<i>C/U</i>	8,00	50,37	402,96
	BLOQUE DE REACCION DE CONCRETO C/ANCLAJE P/ACCESORIOS DE TUBOS	<i>C/U</i>	17,00	625,12	10.627,04
	CODO DE 1½*45° PVC	<i>C/U</i>	5,00	88,65	443,25
	CODO DE 1½*90° PVC	<i>C/U</i>	7,00	139,65	977,55
	TAPON HEMBRA 2" PVC	<i>C/U</i>	1,00	102,80	102,80
	TAPON HEMBRA 1½" PVC	<i>C/U</i>	38,00	18,77	713,26
	TEE PVC DE 1½"	<i>C/U</i>	24,00	117,47	2.819,28
	TEE PVC DE 2"	<i>C/U</i>	2,00	206,60	413,20
	TEE REDUCTORA LISA DE PVC DE 3"*3"*2" (S40)	<i>C/U</i>	1,00	311,73	311,73
	TEE REDUCTORA LISA DE PVC DE 4"*4"*2" (S40)	<i>C/U</i>	1,00	430,98	430,98
	CRUZ DE 2"	<i>C/U</i>	32,00	442,88	14.172,16
	CRUZ DE 1½"	<i>C/U</i>	2,00	190,71	381,42
	YEE DE PVC DE 4"*45° SDR-26	<i>C/U</i>	2,00	985,02	1.970,04
	YEE DE PVC DE 1½"*45° SDR-26	<i>C/U</i>	1,00	50,11	50,11
	REDUCTOR LISO DE PVC DE 3"*2" (S40)	<i>C/U</i>	5,00	92,17	460,85
	REDUCTOR LISO DE PVC DE 4"*3" (S40)	<i>C/U</i>	4,00	140,34	561,36
	REDUCTOR LISO DE PVC DE 2"*1½" (S40)	<i>C/U</i>	14,00	34,17	478,38

Continuación Tabla 13

335	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	M³			1.447.974,25
	MOVIMIENTO DE TIERRA PARA TANQUE DE ALMACENAMIENTO	M³			17.961,60
	DESCAPOTE MANUAL	M³	3,00	73,60	220,80
	EXCAVACIÓN MANUAL EN TERRENO NATURAL	M³	16,00	74,13	1.186,08
	RELLENO Y COMPACTACIÓN MANUAL	M³	21,00	52,04	1.092,84
	BOTAR (MANUALMENTE) TIERRA SOBRANTE DE EXCAVACION A 100 MTS	M³	20,80	64,81	1.348,05
	ACARREO (CON CAMION VOLQUETE) DE MAT.SELECTO A 1 KM,CARGA MANUAL	M³	27,30	516,99	14.113,83
	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE MAMPOSTERIA	M³			601.762,15
	TAPA DE CONCRETO DE 3000 PSI,REF.DIAM.=3/8,DE 0,5*1 MT	C/U	1,00	526,94	526,94
	PELDAÑOS DE HIERRO CORRUGADO DE 5/8,W=0,30M	C/U	12,00	86,90	1.042,80
	CONCRETO CICLOPEO CONSIDERANDO PIEDRA BOLON	M³	92,45	1.616,68	149.462,07
	REPELLO CORRIENTE	M²	458,63	92,05	42.216,89
	FINO CORRIENTE	M²	215,00	69,25	14.888,75
	FORMALETA DE MADERA DE PINO PARA MUROS	M²	333,90	254,06	84.830,63
	HIERRO (EN VARILLAS) CORRUGADO (GRADO 40) Diám. <= AL No. 4	Lbs	569,00	43,08	24.512,52
	HIERRO (EN VARILLAS) CORRUGADO (GRADO 40) Diám. > AL No. 4	Lbs	1.014,00	34,46	34.942,44
	IMPERMEABILIZACION DE PAREDES DE TANQUE DE CONCRETO CON EPOXICO	M²	148,84	516,99	76.948,79
	CONCRETO DE 4000 PSI (CON MEZCLADORA)	M³	22,23	7.754,85	172.390,32

Fuente: Elaboración propia 2020

Continuación Tabla 13

	OTRO TIPO DE OBRAS	<i>GLB</i>			85.747,05
	TUBERIA DE REBOSE HG DIAM.=4"	<i>Mts</i>	4,00	603,15	2.412,60
	ANDEN DE CONC.2500 PSI (E=7 CM)	<i>M²</i>	25,56	275,30	7.036,67
	VALVULA DE BOYA (FLOTADOR) HF DIAM.=4"	<i>C/U</i>	1,00	28.778,38	28.778,38
	RESPIRADERO DE TUBO HG DIAM.=2"	<i>C/U</i>	1,00	603,15	603,15
	TUBERIA DE SALIDA HG DIAM.=4"	<i>Mts</i>	3,00	9.478,15	28.434,45
	VALVULA DE LIMPIEZA HF DIAM.=4"	<i>C/U</i>	1,00	8.616,50	8.616,50
	BLOQUES DE REACCION	<i>C/U</i>	6,00	1.077,28	6.463,68
	TUBERIA HG ENTRADA AL TANQUE DIAM.=2"	<i>C/U</i>	1,00	3.101,94	3.101,94
	VALVULA DE PASE DE HF DIAM.=4"	<i>C/U</i>	1,00	299,68	299,68
	CERCOS PERIMETRALES Y PORTONES	<i>Mts</i>			736.265,61
	CERCO DE MALLA CICLON CAL#13.1/2 H=8 PIES ARBOTANTE TUBO ØHG	<i>Mts</i>	469,00	1.545,64	724.905,16
	PUERTA DE TUBO ØHG =1,1/2" CON FORRO DE MALLA CICLON	<i>C/U</i>	7,35	1.545,64	11.360,45
	HIPOCLORADOR DE CARGA CONSTANTE 100 LTS	<i>C/U</i>	1,00	6.237,84	6.237,84
340	FUENTE Y OBRAS DE TOMA	<i>C/U</i>			257.315,26
	OBRAS DE CAPTACION	<i>C/U</i>			48.752,01
	REPARACION DE DIQUE DE CONTENCIÓN	<i>C/U</i>	1,00	8.616,50	8.616,50
	POZO DE CAPTACION DE LADRILLO DE CUARTERON REF.DE DIAM.=1,50MT * H=0,20MT	<i>C/U</i>	1,00	34.466,00	34.466,00
	TUBERIA DE HG=4"	<i>Mts</i>	4,00	393,58	1.574,32
	VALVULA DE HF=4"	<i>C/U</i>	1,00	299,68	299,68
	CERCO DE MALLA CICLON CAL#13.1/2 H=8 PIES ARBOTANTE TUBO ØHG	<i>Mts</i>	24,10	157,49	3.795,51

Fuente: Elaboración propia 2020

Continuación Tabla 13

	DESARENADOR	C/U			208.563,25
	LIMPIEZA Y REPARACION (MAT.,M/O)	GLB	1,00	68.932,00	68.932,00
	VALVULA DE PASE DE HF DIAM.=4"	C/U	3,00	299,68	899,04
	TUBERIA DE REBOSE HG=4"	Mts	3,00	393,58	1.180,74
	VALVULA DE BOYA (FLOTADOR) HF DIAM.=4"	C/U	1,00	28.778,38	28.778,38
	CERCO DE MALLA CICLON CAL#13.1/2 H=8 PIES ARBOTANTE TUBO ØHG	Mts	53,65	1.545,64	82.923,59
	REPARACION DE FLOCULADOR L=5,36MT * B=2,86MT(MAT.,M/O)	GLB	1,00	25.849,50	25.849,50
350	CONEXIONES	C/U			404.935,70
	CONEXIONES DOMICILIARES Y PUBLICAS	C/U			404.935,70
	MEDIDORES DE FLUJO DE AGUA POTABLE DIAM.=5/8 CON CAJA DE PVC	C/U	290,00	1.396,33	404.935,70
TOTAL					5.826.737,24

Fuente: Elaboración propia 2020

CAPÍTULO V

Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

- El censo/encuesta realizado en la comunidad sirvió de base para el cálculo de la tasa de crecimiento, así también para la futura concluyendo el proyecto con 2313 hab.
- La topografía del terreno y la ubicación de los diferentes componentes actuales del sistema de tratamiento de agua potable, son técnicamente adecuados para el mejoramiento del sistema de agua potable de la comunidad Aranjuez, como resultado de la topografía se tiene q la línea de conducción es de 2176.834 mts y la red de distribución de 10806.71 mts.
- Los resultados obtenidos en el aspecto de evaluación del sistema actual del sistema son favorables algunas obras rescatables el cual será rehabilitado por su buen estado y con el fin de minimizar costos, es necesario el cambio de diámetros dentro de la red existente de Aranjuez, debido a la concentración de viviendas y a las probabilidades de crecimiento de esta población en las áreas periféricas del poblado.
- Utilizando las normas (NTON 09003 - 99) y simulando en EPANET se encontró que la presión máxima es de 47.94 mca y la mínima de 0.16 mca, cumpliendo con la norma cuya presión máxima es de 50 mca, la tubería propuesta están dentro de los rangos recomendados PVC-SDR-26, con diámetros de 1.5, 2 , 3 y 4 pulgadas.
- Se estima el monto del proyecto asciende a 5.826.737,24 córdobas basado en las cotizaciones actuales del mercado y mano de obra según FISE ,con un aporte de mano de obra brindado por la comunidad no reflejado en el presupuesto que disminuye los costos de mano de obra.

5.2 Recomendaciones

De forma general se recomienda realizar los siguientes cambios en la administración del sistema.

- Dotar al Comité de Agua Potable y Saneamiento de un local exclusivo para realizar sus actividades de gerencia del o los proyectos que conforman el sistema de agua de la comunidad de Aranjuez.
- Equipar al CAPS con un stock de repuestos de los diferentes componentes del sistema, así como las herramientas necesarias para realizar las reparaciones pertinentes.
- Capacitar al personal, en gerencia, operación y mantenimiento de los sistemas de agua potable.
- Instalar medidores de flujo domiciliario, para poder realizar el control de consumo de la población y regular de esta forma el gasto de agua dentro del sistema.
- Realizar las obras de reparación en las paredes del dique, anexar un tubo de salida y conectarlo a un pozo recolector, para evitar las fugas en esta sección, fijarlo como pre filtro, estas mejoras se realizarán en la captación de la fuente La Horca.
- Instalar válvulas de limpieza en las partes bajas del recorrido, así como válvulas de aire en las partes altas del mismo, además de instalar la tubería de hierro galvanizado, en los cruces de quebradas y cauce

Bibliografía

- CAPRE. (Marzo de 2004). *Norma Regional CAPRE*. Obtenido de www.biblioteca.enacal.com.ni
- CENEPRED. (2016). dirección de gestión de proyectos.
- CENEPRED, C. N. (2016). Guía metodológica para elaborar el estudio socioeconómico y cultural para el reacentamiento poblacional. *Guía Técnica 07*, 59.
- CIRA/UNAN, C. p. (15 de 06 de 2016). *Unidades hidrográficas de Nicaragua bajo la metodología de Pfafstetter*. Obtenido de CIRA/UNAN: www.cira-unan.edu.ni
- FISE. (2006). Normas Rurales.
- FISE, F. d. (2011). MAG-FISE. *Cartilla de Operación y mantenimiento de mini acueducto por gravedad (MAG)*, 56.
- INAA. (1999). *Diseño de Abastecimiento de Agua en el Medio Rural*. Managua.
- INIFOM, F. t. (15 de Enero de 2005). Ficha técnica San Fernando nueva segovia. *EcuRed*, 6. Obtenido de EcuRed: www.inifom.gov.ni
- IV Censo Nacional Agropecuario MAGFOR, I. (2013). Uso de la tierra y el agua en el sector agropecuario. *IV Censo Nacional Agropecuario*, 96.
- Ravelo, S. A. (1979). *Abastecimiento de agua Teoría y diseño*. Caracas.

Anexos

Anexo 1. Encuesta socioeconómica

Departamento: _____ Municipio: _____

Comunidad: _____ Fecha: _____

Quien es Responsable del Hogar:

Padre _____ Madre _____ Otro _____

Nombre de la persona Encuestada: _____

Tipo de Proyecto: _____

Datos personales: (iniciar con responsable del hogar)

Nombres y Apellidos	Parentesco	Sexo		E d a d					Nivel de escolaridad	Ocupación
		M	F	1 - 5	6 - 15	16- 25	26- 35	+ 36		

I. CONDICIONES DE LA VIVIENDA (Preg. 2, 3, 4, marcar con X una o más repuestas)

1. La vivienda es: a) Propia_____ b) Prestada___ c) Alquilada_____
2. Las paredes son: a) Bloque_b) Ladrillo___ c) Madera___ d) Otros_____
3. El piso es: a) Madera_____ b) Tierra___ c) Ladrillo___ d) Otros_____
4. El techo es: a) Zinc_____ b) Teja___ c) Madera___ d) Palma___ e) Otros_____
5. Cuantas divisiones tiene la vivienda: a) Tres_b) Dos___ c) No tiene
6. Resumen del estado de la vivienda: a) Buena_b) Regular___ c) Mala

II. SITUACIÓN ECONOMICA DE LA FAMILIA

7. ¿Cuántas Personas del hogar trabajan?

Dentro de la Comunidad: H___M___Total_____

Fuera de la comunidad: H___M___Total_____

¿Cuál es el ingreso económico del mes, en este Hogar? C\$

¿De cuánto fue el último pago de energía eléctrica, realizado en el hogar?

8. ¿En que trabajan las personas del hogar? a) Ganadería
b) Agricultura_____

c) Jornaleros_____Otros_____Cual?

9. ¿Qué cultivos realizan? a) Arroz_b) Frijoles___ c) Maíz___ d) Otros_

10. ¿Tienen Ganado? Si___No_____

Cuánto: a) Vacuno___ b) Equino___ c) Caprino___

11. ¿Tienen animales Domésticos? Si___No_____

Cuántos: a) Cerdos___ b) Gallinas_____

12. ¿Los animales domésticos están? a) Encerrados_____ b)
Amarrados_____ c) Suelos

13. ¿Los animales domésticos se abastecen de agua en?

a) El Río___ b) Quebrada___ c) Pozo_____

III. SANEAMIENTO E HIGIENE AMBIENTAL DE LA VIVIENDA (Observar, verificar)

14. ¿Tienen Letrina?

¿Si___ En qué estado se encuentra? a) Buena_____ b)

Regular_____

c) Mala_____ (verificar) No___ Estaría dispuesto/a en

construir su letrina Si_____ No_____

15. ¿Quiénes usan la Letrina? a) Adultos___) Niños/as___ c) Otros
familiares_____

16. ¿La letrina está construida en suelo? a) Rocoso___ b) Arenoso_____ c) Arcilloso_____

17. ¿Qué hacen con las aguas servidas de la casa?

a) La riegan_____ b) La dejan correr_____

c) Tienen zanja de drenaje___ d) Tiene filtro para drenaje_____

18. ¿Existen charcas en el patio? a) Si_ (pasar # 19) b) No_____

19. ¿Como eliminan las charcas? a) Drenando_ b) Aterrando___ c) Otros

IV. RECURSOS Y SERVICIOS DE AGUA

20. ¿Cuentan con servicio de agua?

a) Si___ Cual: _____

b) No___ Como se abastecen:_____

c) ¿Cuánto pagan de agua al mes?_____

21. ¿Quién busca o acarrea el agua?

a) La mujer___b) El hombre___c) Los niños/as___d) Otros___ Quien?

22. ¿Cuántos viajes realizan diario para buscar el agua que utilizan?

23. ¿En qué almacena el agua? a) Barriles_b) Bidones___c) Pilas

24. Los recipientes en que se almacena el agua los mantienen:

a) Tapados_____b) Destapados_____c) Como_____(verificar)

25. La calidad del agua que consumen en el hogar, la considera:

a) Buena_____b) Regular___c) Mala_____

26. Qué condiciones tiene el agua que consumen (se puede marcar varias situaciones)

a) Tiene mal sabor___b) Tiene mal olor___c) Tiene mal color_____

V. PROGRAMA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO RURAL (PASR)

27. ¿Conoce el Programa de Agua Potable y Saneamiento Rural del FISE?

a) Si___b) _No__c) Poco___ Que sabe? _____

28. ¿Le gustaría tener Servicio de Agua Potable en su hogar?

a) Si_____b) No___c) Porque_____

29. Cuanto estaría dispuesto/a en pagar por este servicio? (marcar una) a)

C\$ 20 a 35_____b) C\$ 36 a 50_____c) C\$ 51 a mas_____

d) No estaría dispuesto/a____ Por qué? _____

VI. ORGANIZACIÓN COMUNITARIA:

30. ¿Los miembros de este hogar pertenecen a alguna organización?

¿Si __ Que tipo? a) Productiva____b) Social____c) Religiosa____d) Otra

_____ No_____ Por qué? _____

31. ¿Cuántos miembros del hogar participan en la organización comunitaria?

a) Hombres____b) Mujeres____c) Total_____

32. ¿Las personas de este hogar participarían de forma organizada, en la construcción de un proyecto de agua potable y saneamiento para su comunidad?

a) Si____b) No____c) Por qué?_____

VII. SITUACION DE SALUD EN LA VIVIENDA

Enfermedades padecidas por los miembros del hogar durante el pasado año (cuantos).

Enfermedades	Grupos de edad				Observaciones
	- 5	6- 15	16- 25	+ 26	
Diarrea					
Tos					
Resfriados					
Malaria					
Dengue					
Parasitosis					
Infección renal					
Tifoidea					
Hepatitis					
Infecciones dérmicas(piel)					
Otras					

1. ¿Están vacunados los niños y niñas? a) Si _____ b) No
____ Por qué? _____

2. Las personas que habitan en esta vivienda practican hábitos de higiene como: ¿Lavado de manos a) Si b) No
c) Por qué? _____

¿Hacer buen uso del Agua a) Si b) No c) Por qué?

¿Hacer buen uso de la letrina a) Si b) No c) Por qué?

3. Cuantos niños y niñas nacieron y/o fallecieron en este hogar, durante el año pasado?

Vivos/as: Niñas _____ Niños _____ Total _____

Fallecidos/as: Niñas _____ Niños _____ Total _____

GRACIAS

Nombre del Encuestador(a)

Nombre del Supervisor(a)

Anexo 2. Gastos de hipoclorito de sodio

En este caso se propone la utilización una dosis de 1618.765 Lts de hipoclorito calcio, su presentación es en disolución al 12% de concentración, su costo mensual es de C\$22,680.

En la siguiente tabla se presenta el gasto diario de cloro, tomando como parámetro, una concentración del 1%, para de esta forma obtener un cloro residual equivalente a 2 ppm, y de esta forma asegurar la desinfección del agua de consumo de la población servida.

Tabla 14. Gastos de cloro

CALCULO DE HIPOCLORITO									
A	Poblacion Proyectada a Pn	CMD Ips	Dosis Diaria ml/min	Volumen Solucion 1%	Tiempo de vaciado (dias) de un vidon de 100 lts	Cantidade s vaciadas bidon de 100 lts	Cantidad de solucion 1% x mes (lts)	Cantidad de hipoclorito al 12% x mes (lts)	Cantidad de hipoclorito al 12% por año (lts)
2019	1,412	2.39	24.08	34.67	3	10.40	1040.16	86.680	1040.157
2039	2,314	3.80	37.47	53.96	2	16.19	1618.77	134.897	1618.765

Fuente: Elaboración Propia

Consumo de cloro

De esta tabla se desprende que el consumo promedio al inicio del periodo de diseño será de 24.08 ml/min y al final del periodo de diseño será de 37.47 ml/min.

Tabla 15. Gastos de cloro

N°	Actividad	Gastos	
		Mensual	Anual
1	Cloración del sistema	22,680	272160
2	Pago de Operario	4,000	48000
3	Administración	20,000	240000
4	Operación y Mantenimiento	1,068.07	12816.84
Total		47,748	572,977

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 3. Costo de operación y mantenimiento

Para brindar un servicio eficiente y continuo a la población es necesario determinar los costos de operación y mantenimiento del sistema durante su periodo de diseño.

Gastos administrativos

Para la operación y mantenimiento del sistema, se propondrá una persona para que realice las actividades de responsable administrativo, fontanero y clorador.

Debido a la complejidad del sistema los gastos administrativos están dados por los gastos de papelería, movilización, alquiler de local, pago de personal y subcontratación de personal para labores de limpieza.

En los siguientes cuadros se reflejan los gastos estimados, en base a los gastos actuales y futuros en el aspecto administrativo. Cabe señalar que los gastos actuales son inferiores a los considerados, ya que no cuentan con el personal adecuado y necesario para efectuar la operación y mantenimiento del sistema, esto debido a la falta de capacitación de este personal y la falta de obras de tratamiento del agua de consumo humano, por lo que la demanda de personal es inferior a lo requerido por un sistema con todos sus componentes necesarios.

Costos de mantenimiento

- **Limpieza de predios**

Esta actividad consiste en limpiar de monte y maleza el predio del tanque de almacenamiento y predio de captación, esta actividad se realizará tres veces al año y tendrá un costo de C\$ 300.0 por limpieza.

Costo anual de limpieza = $8 \times \text{C\$ } 300.00 \times 3 = \text{C\$ } 7,200.0$

- **Mantenimiento del sistema**

De acuerdo con los datos actuales los costos de mantenimiento del sistema, en lo que se refiere a reparaciones varias, tiene un costo anual de C\$ 12,816.88 y sumado a las labores de limpieza de predios, nos da un total de C\$ 20,016.88 anuales.

- **Tarifa de agua potable**

Para establecer la cuota de pago del agua mínima, que la población de la localidad, tiene que aportar mensualmente para la operación y mantenimiento del sistema de agua potable, se propone dividir los egresos debido a gastos operacionales y mantenimientos, que se van a realizar anualmente en el funcionamiento continuo y eficiente del acueducto, contra el número de viviendas que se van a beneficiar en el proyecto dejando siempre una utilidad, para cubrir los gastos de cualquier eventualidad que se puedan dar en todo el período de diseño.

Para realizar el análisis financiero del proyecto, desde el punto de vista de gastos operacionales versus tarifa de agua, se analizarán tomando en cuenta los gastos administrativos correspondientes a las personas, que se encarguen de la operación, mantenimiento y administración del acueducto y también se propone que el mantenimiento de la infraestructura de la captación y tratamiento y cercos sea cada 5 años; y los tanques de almacenamiento sea cada 10 años.

De acuerdo con lo anterior el costo de la tarifa promedio, tomando en cuenta que se tiene un total de 282 viviendas a beneficiar es de 11.80 C\$/m³, para evitar problemas de colecta de cuotas y previendo la situación económica de algunos pobladores.

Tabla 16. Costo teórico de la tarifa

Gasto total anual en salarios y prestaciones	60,000
Costo total anual de productos químicos	272,160
Costo total anual de mantenimiento	12,816.88
Gastos administrativos	20,000
Volumen de agua producida anual m ³	30,922.8
Esta consultoría estima que el costo mensual por servicio de agua deberá ser de 11.80 C\$/m ³	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 17. Calculo de la factura promedio

El consumo mensual de una familia es (m ³ /mes) =	7
Costo de la factura mensual en C\$: 11.80 m ³ =	82.6

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 4. Ilustraciones del sistema actual

Ilustración 9. Captación actual del sistema



Ilustración 10. Tratamiento actual del agua potable



Ilustración 12. Tanque existente



PLANOS