UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

"ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE LA CONSTRUCCION DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA (MABE) PARA LAS COMUNIDADES LOS COCOS, VERONICA LACAYO Y EL PANAL, MUNICIPIO DE TELICA, DEPARTAMENTO DE LEON".

Para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por

Br. Estefany Lucía Borda Ruiz

Tutor

M.Sc. Yader Molina Lagos

Managua, Agosto 2021

A mi familia.

A Dios:

Por guiarme en este largo camino y permitirme culminar mis estudios.

A mi familia:

Por apoyarme de manera incondicional.

A mis maestros:

*Agradezco de manera especial a **Ing. Miguel Fonseca**, porque ha sido quien me apoyo desde el inicio de mi carrera y quien creyó en mí, a **Ing. Matilde Avilés**, quien me educó y apoyó de manera incondicional a lo largo de la grandiosa carrera como lo es Ingeniería Civil, a **Ing. Silvia Lindo** quien me enseñó y apoyó de manera incondicional, durante la carrera y después de haberla culminado, debo resaltar que gracias a todos los maestros que me educaron es por eso que ahora estoy aquí, gracias por no solo educarme para la profesión sino que también para la vida.*

Índice de contenido

CAPÍTULO I: GENERALIDADES 1

1.1. Introducción 1

1.2. Antecedentes 2

1.3. Justificación 3

1.4. Objetivos 4

1.4.1. Objetivo general 4

1.4.2. Objetivos específicos 4

1.5. Marco teórico 5

1.5.1. Aspectos de formulación y evaluación de proyectos 5

1.5.2. Aspectos de diseño hidráulico 7

1.5.3. Aspectos de evaluación socioeconómica. 16

1.6. Diseño metodológico 22

1.6.1. Tipo de investigación. 22

1.6.2. Descripción del universo de estudio 22

1.6.3. Descripción de fuentes de información. 23

1.6.4. Procedimiento para la recolección de la información. 23

1.6.5. Tipo de análisis y procesamiento de la información. 24

1.6.6. Estudio técnico 24

1.6.7. Estudio socioeconómico 27

CAPÍTULO II: DIAGNÓSTICO SITUACIÓN ACTUAL 29

2.1. Límites y localización 29

2.1.1. Macro localización 29

2.1.2. Micro localización 30

2.2. Aspectos generales del municipio 31

2.2.1. Medio ambiente 32
2.2.2. Suelos 33
2.2.3. Relieve 33
2.2.4. Clima 34
2.2.5. Precipitación 35
2.2.6. Recursos hídricos 35
2.2.7. Amenazas naturales 35
2.2.8. Recursos geológicos existentes 37

2.3. Características socioeconómicas 38

2.3.1. Estructura económica del municipio 38
2.3.2. Prestación de servicios básicos en el municipio 38

2.4. Situación actual del abastecimiento del agua de las comunidades Los Cocos, Verónica Lacayo y El Panal 40

2.5. Dinámica poblacional 41

2.5.1. Población económicamente activa 41
2.5.2. Beneficios y beneficiarios del proyecto 42
2.5.3. Tasa de desempleo en las comunidades según datos oficiales 43
2.5.4. Tasa de crecimiento anual de la población de las comunidades 43
2.5.5. Densidad poblacional 43
2.5.6. Cálculo de la tasa de crecimiento poblacional 44
2.5.7. Proyección de población 45

CAPITULO III: ESTUDIO TÉCNICO 47

3.1. Dotación y población beneficiada 47

3.1.1. Período de diseño 47
3.1.2. Consumo poblacional 48
3.1.3. Variaciones de consumo 49
3.1.4. Pérdidas en el sistema 51

3.2. Esquema hidráulico propuesto 51

3.2.1. Fuente y obra de toma 52

3.2.2. Producción mínima de fuente según estudio hidrogeológico 53
3.2.3. Análisis de calidad del agua 54
3.2.4. Tratamiento.....56
3.2.5. Cloración 56
3.2.6. Hipoclorito de calcio 57

3.3. Diseño 59

3.3.1. Esquema fuente-tanque-red mediante una distribución domiciliar 59
3.3.2. Diseño de la obra de toma 60
3.3.3. Tiempo de bombeo 62
3.3.4. Selección de la bomba 62
3.3.5. Línea de conducción.....69
3.3.6. Filtro 76
3.3.7. Tanque de almacenamiento 77
Diseño de red de distribución 80
3.3.8. Resultados obtenidos en el análisis del software EPANET 89
3.3.9. Actividades de construcción.....97

3.4. Aspectos legales y de funcionamiento 99

3.4.1. Organigrama 100

CAPITULO IV: ESTUDIO SOCIOECONÓMICO.....103

4.1. Generalizaciones.....103

4.1.1. Vida útil 103
4.1.2. Moneda utilizada para evaluar los costos 103

4.2. Inversión del proyecto 103

4.2.1. Activos fijos.....104
4.2.2. Activos diferidos.....108

4.3. Costos de funcionamiento 110

4.4. Ingresos.....116

4.5. Análisis de beneficio 118

4.6. Tasa Mínima de Rendimiento TREMA 122

4.7. Flujo Neto de Efectivo (FNE) 122

4.8. Periodo de Recuperación de la Inversión (PROI) 123

4.9. Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIRE).....124

4.10. Relación Beneficio/Costo (B/C).....124

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....125

5.1. Conclusiones 125

5.2. Recomendaciones 127

Índice de Tablas

Tabla 1 Periodos de diseños económicos de los componentes de un sistema de abastecimiento de agua potable..... 12

Tabla 2 Presiones propicias en el funcionamiento del sistema de agua potable 15

Tabla 3 Criterios de selección del valor actual neto 17

Tabla 4 Criterios de selección de la tasa interna de retorno 18

Tabla 5 Criterios de elección del periodo de recuperación de inversión 18

Tabla 6 Criterio de selección de la relación beneficio - costo 19

Tabla 7 VAN y TIRE Combinados para tomar decisiones de inversión 19

Tabla 8 Criterios para interpretación de resultados 20

Tabla 9 Estimación de la tasa de crecimiento 44

Tabla 10 Cálculo de proyección para ajuste de inicio del período de diseño46

Tabla 11 Periodos de diseño..... 47

Tabla 12 Variaciones de consumo y diseño del tanque para conexiones domiciliares 50

Tabla 13 Dosificaciones de cloro..... 58

Tabla 14 Ademes mínimo de pozos según caudal 61

Tabla 15 Pérdidas en los accesorios de la sarta 65

Tabla 16 Pérdidas en los accesorios de la entrada al tanque..... 66
Tabla 17Cálculo del diámetro de la línea de conducción..... 69
Tabla 18 Cálculo del diámetro de la línea de conducción según (NTON).... 69
Tabla 19 Cálculo del diámetro más económico 70
Tabla 20 Precio de tubería según diámetro..... 71
Tabla 21 Valores de K según material 72
Tabla 22 Datos de la línea de conducción..... 73
Tabla 23 Datos de instalación 73
Tabla 24 Tiempo de parada de la bomba..... 74
Tabla 25 Criterio para estimar la sobrepresión..... 75
Tabla 26 Distribución nodal de consumo..... 86
Tabla 27 Características de trabajo durante consumo máximo horario de las tuberías en la red 92
Tabla 28 Resumen de resultados de EPANET, en ambos casos (con consumo y sin consumo) 95
Tabla 29 Actividades de construcción del proyecto..... 106
Tabla 30 Resumen de activos fijos..... 107
Tabla 31 Resumen de activos diferidos..... 109
Tabla 32 Inversión total del proyecto..... 109
Tabla 33 Costos anuales por salario 110
Tabla 34 Producción de agua por año 111
Tabla 35 Costos anuales por gastos de energía eléctrica 112
Tabla 36 Capacidad del equipo de bombeo 113
Tabla 37 Costo anual de producción de químicos..... 113
Tabla 38 Resumen de gastos anuales de mantenimiento 113
Tabla 39 Resumen de costos anuales de administración..... 114
Tabla 40 Gastos anuales de operación 114
Tabla 41 Costos totales anuales 115
Tabla 42 Costos anuales proyectados 115
Tabla 43 Metodología utilizada en la elaboración de la tarifa 117
Tabla 44 Cuadro Ingresos..... 118

Tabla 45 Beneficios por incrementos productivos 120
Tabla 46 Metodología de beneficio por reducción de enfermedades..... 120
Tabla 47 Beneficios por enfermedades e incremento por productividad ... 121
Tabla 48 Flujo Neto de Efectivo, usando tarifa social. 123
Tabla 49 Relación Beneficio/Costo 124

Índice de ilustraciones

Ilustración 1 Macro localización 30
Ilustración 2 Micro localización..... 31
Ilustración 3 Ubicación de Telica en zona de amenaza de alta sismicidad.. 36
Ilustración 4 Red principal de distribución 52
Ilustración 5 Diseño preliminar de pozo propuesto El Panal - Telica 53
Ilustración 6 Resultados de análisis de calidad de agua físico - químico normas (CAPRE, 1993) 55
Ilustración 7 Resultados de análisis bacteriológicos..... 56
Ilustración 8 Fuente - tanque - red 60
Ilustración 9 Diseño de obra de toma..... 62
Ilustración 10 Potencia de motores 68
Ilustración 11 Selección con curva característica 68
Ilustración 12 Vista elevación filtro presurizado y de pastilla clorador 77
Ilustración 13 Vista en planta-perfil de tanque de almacenamiento 79
Ilustración 14 Ejemplo de red de distribución de agua potable abierta 82
Ilustración 15 Esquema hidráulico, ubicación de nodos a utilizar para la simulación hidráulica..... 84
Ilustración 16 Elevaciones de cada nodo 85
Ilustración 17 Velocidades en el sistema con consumo máximo horario 90
Ilustración 18 Presiones en el sistema con consumo máximo horario..... 91
Ilustración 19 Organigrama 101

Índice de ecuaciones

Ecuación 1 Cálculo de consumo promedio diario 15
Ecuación 2 Consumo máximo día 15
Ecuación 3 Consumo máxima hora 15
Ecuación 4 Proyección de la población para n años 25
Ecuación 5 Consumo promedio diario 49
Ecuación 6 Consumo promedio diario total 49
Ecuación 7 Consumo máximo día 49
Ecuación 8 Consumo máximo hora 49
Ecuación 9 Pérdidas de agua en el sistema 51
Ecuación 10 Volumen de cloro 56
Ecuación 11 Hipoclorito de calcio 57
Ecuación 12 Volumen de solución 57
Ecuación 13 Gastos por goteo del hipoclorador 57
Ecuación 14 Diámetro de tazones 60
Ecuación 15 Diámetro de ademe 60
Ecuación 16 Caudal de bombeo 63
Ecuación 17 Potencia de la bomba 63
Ecuación 18 Diferencia de energía 64
Ecuación 19 Carga total dinámica 64
Ecuación 20 Pérdidas en la columna de succión 64
Ecuación 21 Pérdidas en la tubería de la sarta de bombeo 64
Ecuación 22 Pérdidas en los accesorios de la sarta de bombeo 65
Ecuación 23 Pérdidas en la tubería de entrada al tanque 66
Ecuación 24 Pérdidas en los accesorios de la entrada al tanque 66
Ecuación 25 Pérdidas totales entre la fuente y el tanque 67
Ecuación 26 Carga total dinámica 67
Ecuación 27 potencia del motor 67
Ecuación 28 Diámetro de la línea de conducción 69
Ecuación 29 Diámetro de la línea de conducción según (NTON) 69

Ecuación 30 Valor presente 70
Ecuación 31 Costo anual de tubería 71
Ecuación 32 Factor de recuperación de capital 71
Ecuación 33 Costo anual de energía 71
Ecuación 34 Costo anual equivalente 71
Ecuación 35 Coeficiente función del módulo de elasticidad del material 72
Ecuación 36 Celeridad 72
Ecuación 37 L tub/L critica 73
Ecuación 38 Tiempo de parada de la bomba 74
Ecuación 39 Longitud crítica 74
Ecuación 40 Fórmula de MICHAUD 75
Ecuación 41 Fórmula de ALLIEVI 75
Ecuación 42 Capacidad del tanque 78
Ecuación 43 Dimensionamiento de base del tanque de almacenamiento ... 78
Ecuación 44 Dimensionamiento de la longitud del tanque de almacenamiento 78
Ecuación 45 Altura de agua en el tanque 79
Ecuación 46 Cálculo de tarifa para pequeños sistemas de agua potable .. 116
Ecuación 47 Flujo Neto de Efectivo 122

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1. Introducción

El recurso agua, es fundamental para la vida, sin embargo, en la actualidad son muchas las comunidades nicaragüenses que no cuentan con un abastecimiento de agua potable.

En Nicaragua, la entrega de servicios de abastecimiento de agua potable en las zonas rurales, suelen ser inversiones relativamente altas y el estado a través de los Comité de Agua Potable y Saneamiento (CAPS), es quien provee y administra los servicios para que la población tenga una mejor condición de vida al tener acceso al agua potable apta para un consumo óptimo, cabe destacar que aún existen zonas en las que todavía el acceso es deficiente o inexistente.

Desde su fundación, las comunidades Los Cocos, Verónica Lacayo y El Panal del municipio de Telica, departamento de León, han carecido de un sistema de agua potable para abastecerse, hasta el momento, los pobladores consumen agua de los pozos excavados de manera artesanal, en algunas viviendas estos pozos no poseen condiciones higiénico-sanitarias, ni control de calidad de agua, que garanticen que el agua consumida por la población es apta para el consumo humano.

En este proyecto se presenta, una alternativa hidráulica para el abastecimiento de agua potable en las comunidades en mención, la alternativa plantea que el abastecimiento de la población sea, de forma domiciliar con conexiones en cada patio, en esta propuesta se proyecta un sistema de bombeo tipo fuente-tanque-red, este proyecto se evalúa a nivel de prefactibilidad con el objetivo de analizar su rentabilidad desde el punto de vista social.

1.2. Antecedentes

El municipio de Telica, cuenta con los recursos hídricos existentes en la zona, y éste recurso es el manto de agua subterránea, en las comunidades Los Cocos, Verónica Lacayo y El Panal la profundidad del agua subterránea se localiza entre 25.30 metros y 32.00 metros.

De acuerdo, al censo poblacional elaborado por el Fondo de Inversión Social Económica (FISE) en abril del año 2017, se sabe que las comunidades Los Cocos, Verónica Lacayo y El Panal cuentan con una población total de 2,754 habitantes, distribuidos en 779 familias, de los cuales 1,088 son hombres representando el 40% de la población y 1,666 mujeres representando el 60% de la población total.

En la actualidad, las comunidades objeto del presente estudio no cuentan con un sistema de agua potable y se abastecen únicamente por medio de pozos excavados artesanalmente. El agua es extraída por medio de bombas manuales de mecate, otros por medio de malacates, jalan agua a caballo y una minoría hace uso de equipos de bombeo sumergible.

Generalmente, el agua de estos pozos artesanales se encuentran contaminados, esto se deriva del simple hecho de que las estructuras de los mismos no tienen protección sanitaria, agregado a esto, la forma de extraer el agua y la contaminación constante de la acción eólica (polvaleras). Desde el punto de vista bacteriológico estos pozos están altamente contaminados. Ésta situación debe ser atendida, porque podría causar serias afectaciones en la salud de los pobladores.

1.3. Justificación

La elaboración del estudio de prefactibilidad del proyecto del sistema de abastecimiento de agua potable para las comunidades Los Cocos, Verónica Lacayo y El Panal del municipio de Telica, departamento de León, es de gran importancia para determinar la viabilidad en cuanto a términos económicos y el impacto social que tendría éste en la región, lo cual favorece a todos los habitantes de esa zona.

Este proyecto, provee la mejora en el sector salud, puesto que la carga bacteriológica que posee el agua que consumen los pobladores de las comunidades, es la causa principal de enfermedades renales y de parasitosis.

El invertir en un sistema que sea sostenible a mediano y a largo plazo y además que ayude a desarrollar el capital humano, social y físico de estas comunidades, a su vez aportará para la mejora de las condiciones de vida de los pobladores.

Se pretende proveer el desarrollo económico a estas comunidades en un futuro, y a su vez reducir los índices de enfermedades en esa zona, causado por el mal manejo de higiene y sanidad de las aguas consumidas por la población.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Formular y evaluar el proyecto de la construcción de un Mini Acueducto por Bombeo Eléctrico (MABE), de las comunidades Los Cocos, Verónica Lacayo y El Panal en el municipio de Telica, del departamento de León, a nivel de prefactibilidad para analizar su rentabilidad socioeconómica.

1.4.2. Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico de la situación actual en las comunidades Los Cocos, Verónica Lacayo y El Panal para establecer la demanda en las zonas de estudio.

- Establecer los requerimientos técnicos necesarios de diseño para la construcción del MABE.

- Elaborar una evaluación socioeconómica para analizar la rentabilidad del proyecto.

1.5. Marco teórico

Para la realización de esta investigación será necesaria la definición de ciertos aspectos teóricos que a continuación se muestran.

1.5.1. Aspectos de formulación y evaluación de proyectos

Se entiende como proyecto “la búsqueda de una solución inteligente al planteamiento de un problema tendente a resolver, entre muchas, una necesidad humana”. (Urbina G. B., 2001)

En un estudio de evaluación de proyectos se distinguen tres niveles de profundidad. Al más simple se le llama perfil, gran visión o identificación de la idea, el cual se elabora a partir de la información existente, el juicio común y la opinión que da la experiencia. En términos monetarios sólo presenta cálculos globales de las inversiones, los costos y los ingresos, sin entrar a investigaciones de terreno.

El siguiente nivel se denomina estudio de prefactibilidad o anteproyecto. Este estudio profundiza el examen en fuentes secundarias y primarias en investigación de mercado, detalla la tecnología que se empleará, determina los costos totales y la rentabilidad económica del proyecto y es la base en que se apoyan los inversionistas para tomar una decisión (Urbina G. B., 2001).

El nivel más profundo y final es conocido como proyecto definitivo. Contiene toda la información del anteproyecto, pero aquí son tratados los puntos finos; no sólo deben presentarse los canales de comercialización más adecuados para el producto, sino que deberá presentarse una lista de contratos de venta ya establecidos; se deben actualizar y preparar por escrito las cotizaciones de la inversión, presentar los planos arquitectónicos de la construcción, etc. La información presentada en el proyecto definitivo no debe alterar la decisión tomada respecto a la inversión, siempre que los cálculos hechos en el anteproyecto sean confiables y hayan sido bien evaluados.

Diagnóstico de situación actual “es una técnica para el análisis de alternativas y la valoración de sus consecuencias”. (Vilar, 1992).

Este diagnóstico debe ser integral y está referido a conocer los grupos involucrados en el proyecto, cantidad y características, el área de influencia, las condiciones de entrega de los bienes y servicios en los que el proyecto intervendrá, medios sustitutos o alternativos empleados por la población beneficiaria. Debe aplicarse un enfoque sistémico para realizar un adecuado diagnóstico situacional.

El estudio técnico, presenta la determinación del tamaño óptimo de la planta, la determinación de la localización óptima de la planta, ingeniería del proyecto y análisis organizativo, administrativo y legal (Urbina G. B., 2010).

El estudio del tamaño de un proyecto es fundamental para determinar el monto de las inversiones y el nivel de operación que, a su vez, permitirá cuantificar los costos de funcionamiento y los ingresos proyectados. Varios elementos se conjugan para la definición del tamaño: la demanda esperada, la disponibilidad de los insumos, la localización del proyecto, el valor de los equipos, entre otros.

El propósito de la localización “es seleccionar la ubicación más conveniente para el proyecto, es decir aquella que frente a otras alternativas posibles produzca el mayor nivel de beneficio para los usuarios y para la comunidad, con el menor costo social”. (SNIP, 2001)

El objetivo principal de la micro localización “es llevar a la definición puntual del sitio del proyecto”. (SNIP, 2001)

Macro localización nos lleva a la preselección de una o varias áreas de mayor conveniencia. (SNIP, 2001).

Se entiende por beneficiarios de un proyecto a las personas que obtienen algún tipo de beneficio de la implementación del mismo. Se pueden identificar dos tipos de beneficiarios: directos e indirectos.

Los beneficiarios directos, son aquéllos que participan directamente en el proyecto, y, por consiguiente, se beneficiarán de su implementación. Así, las personas que están empleadas en el proyecto, que los suplen con materia prima u otros bienes y servicios, o que usan de alguna manera el producto del proyecto se pueden categorizar como beneficiarios directos.

Los beneficiarios indirectos son, con frecuencia, pero no siempre, las personas que viven al interior de la zona de influencia del proyecto.

Un diseño es el resultado final de un proceso, cuyo objetivo es buscar una solución idónea a cierta problemática particular, pero tratando en lo posible de ser práctico y a la vez estético en lo que se hace. Para poder llevar a cabo un buen diseño es necesario la aplicación de distintos métodos y técnicas de modo tal que pueda quedar plasmado bien sea en bosquejos, dibujos, bocetos o esquemas lo que se quiere lograr para así poder llegar a su producción y de este modo lograr la apariencia más idónea y emblemática posible.

1.5.2. Aspectos de diseño hidráulico

Se define como agua potable, aquella que se puede consumir o beber sin que exista peligro para nuestra salud. El agua potable no debe contener sustancias o microorganismos que puedan provocar enfermedades o perjudicar nuestra salud. (ENACAL, 2006)

Referente al consumo de agua, es el líquido utilizado por un grupo cualquiera radicado en un lugar, este consumo estará en proporción directa al número de habitantes e igualdad al mayor o menor desarrollo de sus actividades comerciales e industriales.

Aforo de fuente de agua consiste en medir el caudal del agua. En vez de “caudal” también se puede emplear los términos “gasto”, “descarga” y a nivel de campo “riesgos”.

Se define como fuentes de abastecimiento de agua “a un sistema de obras de ingeniería, concatenadas que permiten llevar hasta la vivienda de los habitantes de una ciudad, pueblo o área rural relativamente densa, el agua potable”. Las fuentes de abastecimiento por lo general deben de ser permanentes y suficientes, cuando no son suficientes se busca la combinación de otras fuentes de abastecimiento para suplir la demanda o es necesario su regulación. En cuanto a su presentación en la naturaleza, pueden ser fuentes superficiales (ríos, lagos, mar) o subterráneas (acuíferos). (Angarita, s.f.)

Cuando se habla de sistema de abastecimiento de agua potable, se define como el conjunto de tuberías, instalaciones y accesorios destinados a conducir las aguas requeridas bajo una población determinada para satisfacer sus necesidades, desde su lugar de existencia natural o fuente hasta el hogar de los usuarios. El sistema de abastecimiento de agua se clasifica dependiendo del tipo de usuario, el sistema se clasificará en urbano o rural. Los sistemas de abastecimientos rurales suelen ser sencillos y no cuentan en su mayoría con red de distribución, sino que utilizan piletas públicas o llaves para uso común, en muchas oportunidades tienen como fuente las aguas subterráneas captadas mediante una bomba manual o hidráulica. (ENACAL, 2006)

Una red de distribución, es el conjunto de tuberías, accesorios y estructuras, que conducen el agua desde tanques de almacenamiento hasta las tomas domiciliares o hidrantes públicos.

La red de distribución está formada por tubería principal, llamada circuitos troncales o maestras y por tuberías secundarias o de relleno.

- 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 y el caudal para la extinción de incendios.

La red de distribución, tiene las funciones de suministrar agua a los diferentes consumidores en cantidad suficiente y entregar agua sanitariamente segura. Así mismo, se diseña para el consumo de máximo hora al final del período de diseño para determinar los diámetros de las tuberías y presiones mínimas de operación en el sistema de distribución.

El sistema de bombeo sumergible MABE es un sistema de levantamiento artificial que emplea la energía eléctrica convertida en energía mecánica para levantar una columna de fluido desde un nivel determinado hasta la superficie, descargándolo a una determinada presión por medio de los diferentes elementos del sistema.

Las fuentes de agua (fuente de abastecimiento) constituyen el elemento primordial en el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable y previo a cualquier fase es necesario definir su ubicación, tipo, cantidad y calidad.

La capacidad de la fuente de abastecimiento estará sujeta al consumo promedio diario y a las variaciones de consumo, los estudios de agua subterránea deberán de hacerse para un período que comprenda el período de diseño. Los criterios de aceptación del pozo serán los siguientes:

- El caudal de explotación será obtenido a través de una prueba de bombeo de un mínimo de 24 horas a caudal constante y de una prueba a caudal variable con mínimo de cuatro etapas de una hora cada una. La recomendación del caudal máximo de explotación se hará de acuerdo al análisis de la prueba.

- El caudal de explotación de bombeo estará en función de un período de bombeo mínimo de 12 horas y un máximo de 16 horas.

- El caudal máximo recomendado de la explotación de un pozo deberá ser igual o superior a 1.5 del consumo promedio día (QPD).

- Disposición de la comunidad para operar y mantener el sistema.

Para determinar las dotaciones de agua para el sector rural es necesario expresar la cantidad de agua por persona por día está en dependencia de:

- Nivel de servicio adoptado.

- Factores geográficos.

- Factores culturales.

- Uso del agua.

a) Para sistemas de abastecimiento de agua potable, por medio de puestos públicos, se asignará un caudal de 30 a 40 litros por persona por día (lppd).

b) Para sistemas de abastecimiento de agua potable por medio de conexiones domiciliares de patio, se asignará un caudal de 50 a 60 litros por personas por día (lppd).

c) Para los pozos excavados a mano y pozos perforados se asignará una dotación de 20 a 30 litros por personas por día (lppd). (INAA, 1989)

Se entiende por obras de captación **"**a la estructura que construimos para captar el agua de la fuente, puede ser un dique toma (captación abierta) o caja de captación (cerrada). De esta obra sale la línea de conducción hacia el resto de los elementos del acueducto". (FISE, 2008)

Los depósitos para el almacenamiento en los sistemas de abastecimiento de agua, tienen como objetivo suplir la cantidad necesaria para compensar las máximas demandas que se presenten durante su vida útil, brindando presiones adecuadas en la red de distribución y de esta manera disponer de una reserva ante

eventualidades e interrupciones en el suministro de agua. (BANCO MUNDIAL, 2012)

Un tanque de almacenamiento cumple tres propósitos fundamentales:

- Compensar las variaciones de consumo diario (durante el día).
- Mantener las presiones de servicio en la red de distribución.
- Conservar un volumen de reserva para atender situaciones de emergencia, tales como: incendios, interrupciones en el servicio por daños en la tubería de conducción o de desabastecimiento de bombeo.

Existen dos tipos de tanques:

- Tanques apoyados en el suelo.
- Tanques elevados.

Posteriormente de haber comprendido algunos conceptos de valiosa importancia, para la realización de este documento, se presentan algunos criterios de las normas rurales referidas al “Diseño de abastecimiento de agua en el medio rural”, las cuales han sido actualizadas y ampliadas por el Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado (INAA). (INAA, 1989)

La población en la zona rural de Nicaragua, ha crecido paulatinamente y con ello la demanda de agua potable; en este acápite se dan a conocer las normativas que se aplicarán para el diseño de abastecimiento de agua y el saneamiento en la zona rural, las cuales fueron aprobadas por el INAA en 2006 con el título: “Normas rurales de sistemas de abastecimiento de agua y saneamiento” estas normas afirman que:

La población rural se puede dividir en los siguientes segmentos:

- Rural concentrado: son poblaciones rurales de estabilidad relativa, en algunos casos con altas tasas de crecimiento poblacional. Su actividad socioeconómica está orientada principalmente a la comercialización, a la ganadería y agricultura, y que cuentan con algunos servicios básicos e infraestructura.

- Rural disperso: son grupos poblacionales que se asientan de forma diseminada en valles y comarcas de las diferentes regiones del país. Carecen de servicios básicos e infraestructura mínima, de alto esparcimiento de viviendas y bajos ingresos, con tendencia a niveles de subsistencia.

Un sistema de abastecimiento de agua se proyecta para atender las necesidades de la comunidad durante un determinado periodo. En este, se establece para cada uno de los componentes de un sistema de abastecimiento de agua potable. (INAA, 2006)

Tabla 1 Periodos de diseños económicos de los componentes de un sistema de abastecimiento de agua potable.

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

Fuente: ENACAL 1989.

La línea de conducción debe de tener capacidad suficiente para conducir el caudal del consumo máximo día (CMD), el cual resulta en aplicar el factor de 1.5 al consumo promedio diario (CPD) en los próximos 20 años, existen dos tipos de líneas de conducción debido a las características y naturaleza de la fuente de abastecimiento, son las siguientes:

Línea de conducción por bombeo; se hace uso de una fuente externa de energía para impulsar el agua, desde la toma hasta el diseño de una línea de conducción por bombeo, venciendo la carga estática y las perdidas por fricción en el conducto a trasladarse.

Línea de conducción por gravedad; esta se dispone, para transportar el caudal requerido aguas abajo, de una carga potencial entre sus extremos que puede utilizarse para vencer las pérdidas por fricción originadas en el conducto al producirse el flujo, pero en punto crítico deberá mantener una presión de 5 metros como mínimo y una presión estática máxima de 70 metros, incorporando en la línea taquillas rompe presión donde sea necesario.

Una proyección de población es un cálculo que refiere el crecimiento aproximado previsto en el número de habitantes de un lugar para un año futuro, dado la determinación del número de habitantes para los cuales ha de diseñarse el acueducto, es un parámetro básico en el cálculo del caudal de diseño para una comunidad.

Es necesario determinar las demandas futuras de una población para prever en el diseño las exigencias, de las fuentes de abastecimiento, líneas de conducción, redes de distribución, equipo de bombeo, tanque de almacenamiento y futura extensiones del servicio. Por lo tanto, es necesario predecir la población futura para un número de años.

La dotación es la cantidad de agua, que se le asigna en un día a una persona, se expresa en litros por persona por día (lppd). La dotación debe cubrir las necesidades de consumo de la persona.

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

1- Nivel de servicio adoptado.
2- Factores geográficos.
3- Factores culturales.
4- Uso del agua

a) Para Sistemas de abastecimiento de agua potable, por medio de puestos públicos, se asignará un caudal de 30 a 40 lppd.

b) Para sistemas de abastecimiento de agua potable por medio de conexiones domiciliares de patio, se asignará un caudal de 50 a 60 lppd.

c) Para los pozos excavados a mano y pozos perforados se asignará una dotación de 20 a 30 lppd.

Respecto a 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. La población a servir por los pozos excavados a mano se estima como mínimo 6 familias de 6 miembros o sea 36 personas por pozo. En los pozos perforados la población a servir se estima como mínimo de 100 personas por pozo.

En lo que concierne al nivel de servicio, es la forma de suministrar el agua potable, para esta comunidad es una conexión domiciliares de patio, a los cuales se les aplicará una dotación de 50 - 60 l/p-d, lo cual es la indicada por las Normas Técnicas Obligatorias Nicaragüense (NTON 09001-99), esto fue asumido de esta manera dado que consiste en una llave domiciliar única colocada en el patio de la vivienda.

Se denominan tres tipos de nivel de servicio según la capacidad de la fuente de abastecimiento:

Respecto a la conexión domiciliar de patio podemos afirmar que reciben el servicio individualmente en sus viviendas, por medio de conexiones domiciliares conectadas a una red pública. Esta puede estar ubicada fuera de la vivienda (un punto de agua al exterior de la vivienda).

Es la instalación que se deriva de la tubería de la red de distribución de agua y termina dentro del predio del usuario alimentando varios artefactos sanitarios. Reciben el servicio a través del acceso de pequeñas fuentes de abastecimientos de agua de uso exclusivo, o a partir de piletas publicas

abastecidas por una red. Las familias deben trasportar el agua hasta su domicilio.

El consumo promedio diario se obtiene de la dotación de acuerdo al nivel de servicio adoptado por la cantidad de usuarios.

Formulado de la siguiente manera:

CPD = Dotación * Habitantes = l/d

Ecuación 1 Cálculo de consumo promedio diario

La variación de consumo de divide en consumos de máximo día (CMD) y consumo máximo hora (CMH), se vinculan los factores de consumo 1.5 para (CMD) y 2.5 para (CMH) con respecto al consumo promedio diario respectivamente.

CMD = 1.5 * CPD

Ecuación 2 Consumo máximo día

CMH = 2.5 * CPD

Ecuación 3 Consumo máxima hora

Para brindar presiones propicias en el funcionamiento del sistema de agua potable se recomienda que éstas se cumplan dentro de un rango permisible en los valores siguientes:

Tabla 2 Presiones propicias en el funcionamiento del sistema de agua potable

Presión mínima	**5 metros**
Presión máxima	**50 metros**

Fuente**:** ENACAL.

La velocidad recomendada para el flujo en la línea de los conductos está brindada de las normas de INAA de modo de prevenir una degradación o erosión en las tuberías esta son las siguientes:

- Velocidad mínima 0.4 m/s.

- Velocidad máxima 2.0 m/s.

Las pérdidas totales se fijan como un porcentaje del consumo promedio diario cuyo valor no deberá ser mayor del 20%, para sistemas nuevos.

1.5.3. Aspectos de evaluación socioeconómica.

La evaluación socioeconómica, será definida como una medida total que combina la parte económica y sociológica de la preparación laboral de una persona, y de la posición económica y social individual o familiar en relación a otras personas. Además, es un indicador importante en todo estudio demográfico; según Gottfried, 1985 y Hauser, 1994; incluye tres aspectos básicos: los ingresos económicos, nivel educativo y ocupación de los padres.

La inversión es la aportación de recursos para obtener un beneficio futuro. Conjunto de recursos que se emplean para producir un bien o servicio y generar una utilidad.

Cabe destacar que una inversión contempla tres variables: el rendimiento esperado (cuánto se espera ganar), el riesgo aceptado (qué probabilidad hay de obtener la ganancia esperada) y el horizonte temporal (cuándo se obtendrá la ganancia).

Proyecto de inversión es aquel que genera efectos o impactos de naturaleza diversa, directos, indirectos, externos e intangibles. Estos últimos rebasan con mucho las posibilidades de su medición monetaria y sin embargo, no considerarlos resulta pernicioso, por lo que representan en los estados de ánimo y definitiva satisfacción de la población beneficiaria o perjudicada. El proyecto de inversión es un plan que, si se le asigna determinado monto de capital y se le proporcionan insumos de varios tipos, producirá un bien o un servicio, útil al ser humano o a la sociedad (Urbina G. B., 2001)

La evaluación económica describe los métodos actuales de evaluación que toman en cuenta el valor del dinero a través del tiempo, como son la tasa interna de

rendimiento y el valor presente neto; se anotan sus limitaciones de aplicación y se comparan con métodos contables de evaluación que no toman en cuenta el valor del dinero a través del tiempo, y en ambos se muestra su aplicación práctica (Urbina G. B., 2001)

Se entiende como flujo neto efectivo "la diferencia entre los ingresos netos y los desembolsos netos, descontados a la fecha de aprobación de un proyecto de inversión con la técnica de "valor presente".

El Valor Actual Neto (VAN) es el método más conocido, mejor y más generalmente aceptado por los evaluadores de proyectos. Mide el excedente resultante después de obtener la rentabilidad deseada o exigida y después de recuperar toda la inversión.

Tabla 3 Criterios de selección del valor actual neto

Criterio	Interpretación de los resultados
VAN > 0	Mostrará cuánto se gana con el proyecto, después de recuperar la inversión por sobre la tasa de retorno que se exigía al proyecto.
VAN = 0	Indica que el proyecto reporta exactamente la tasa que se quería obtener después de recuperar el capital invertido.
VAN < 0	Muestra el fondo que hace falta para ganar la tasa que se deseaba, después de recuperada la inversión. Un VAN negativo indica que la rentabilidad es inferior a la exigida por los inversionistas.

Fuente: (N.S, Chain, 2011)

El criterio de la tasa interna de retorno (TIRE) evalúa el proyecto en función de una única tasa de rendimiento por periodo, con la cual la totalidad de los beneficios actualizados son exactamente iguales a los desembolsos expresados en moneda actual.

El TIRE mide la rentabilidad como porcentaje. El TIRE tiene cada vez menos aceptación como criterio de evaluación. Por tres razones principalmente:

- No sirve para comparar proyectos, por cuanto una TIRE mayor no es mejor que una menor, ya que la conveniencia se mide en función de la cuantía de la inversión realizada.

- Múltiples TIRE. Cuando hay cambios de signo en el flujo de caja durante la operación del proyecto puede haber tantas TIRE como cambios de signos.

- No sirve en los proyectos de desinversión. La TIRE muestra la tasa que hace equivalentes los flujos actualizados negativos con los positivos, sin discriminar cuál es de costo y cuál es de beneficio para el inversionista.

Tabla 4 Criterios de selección de la tasa interna de retorno

Criterio	Interpretación de los resultados
TIRE>Criterio	Se acepta la inversión.
TIRE<Criterio	Se rechaza la inversión.

Fuente: (N.S, Chain, 2011)
Nota**:** La TIRE será máxima cuando el VAN es “cero”

El periodo de recuperación de la inversión (PRI) es el tercer criterio más usado para evaluar un proyecto y tiene por objeto medir en cuánto tiempo se recupera la inversión, incluyendo el costo de capital involucrado.

Tabla 5 Criterios de elección del periodo de recuperación de inversión

Criterio	Interpretación de los resultados
PRI>Criterio	Se rechaza la inversión.
PRI<Criterio	Se acepta la inversión.

Fuente: www.google.com
Nota: Cuanto más corto el periodo de reembolso, mejor.

La relación beneficio costo pretende determinar la conveniencia de un proyecto mediante la valoración en términos monetarios de todos los costos y beneficios

derivados directa e indirectamente del proyecto. Se calcula dividiendo el valor presente de los beneficios divido por el valor presente de todos los costos.

Tabla 6 Criterio de selección de la relación beneficio - costo

Criterio	Interpretación de los resultados
B/C>1	Si la razón de costo-beneficio es mayor que 1, los beneficios son mayores que los costos.
B/C=1	Si la razón de costo-beneficio es igual que 1, los costos son iguales que los beneficios y tenemos una situación o punto de equilibrio financiero.
B/C<1	Si la razón de costo-beneficio es menor que 1, los costos son mayores que los beneficios.

Fuente: www.google.com
Nota: Cuanto mayor sea la razón B/C, mejor.

En un flujo de inversión (egreso inicial y flujos positivos a futuro), pueden darse varias situaciones en la relación del VAN con la TIRE:

Tabla 7 VAN y TIRE Combinados para tomar decisiones de inversión

Criterio	Interpretación de los resultados
VAN>0 y TIRE>Criterio	La rentabilidad es superior a la exigida después de recuperar toda la inversión; a determinada tasa de corte.
VAN=0 y TIRE=Criterio o Máxima	La rentabilidad es igual a la exigida después de recuperar toda la inversión; a determinada tasa de corte.
VAN<0 y TIRE<Criterio	La rentabilidad es inferior a la exigida. Es decir que el proyecto no brinda el retorno mínimo según el criterio.
VAN<0 y TIRE=0	La rentabilidad es 0. No invertir. No considerar el proyecto.
VAN<0 y TIR<0	La rentabilidad es menor que 0. No considerar el proyecto.

Fuente: www.google.com

Nota. Por lo general los evaluadores de proyectos realizan los análisis de factibilidad de los proyectos combinando los métodos de VAN, TIRE y Periodo de recuperación.

Tabla 8 Criterios para interpretación de resultados

Criterio	Interpretación de los resultados
Valor presente (VP)	Se escogerá el proyecto con el valor presente más alto.
Valor presente neto (VPN, NPV, VAN)	Se escogerá el proyecto con el VPN más alto, o por lo menos VPN≥0.
Tasa interna de retorno (TIRE)	Se escogerá el proyecto con el TIRE más alto y además TIRE≥ que el costo de capital de la empresa.
Periodo de recuperación (Payback period)	Se escogerá el proyecto que tenga el periodo de recuperación (semana, meses, años) más corto.
Análisis costo-beneficio (B/C)	Se escogerá el proyecto que tenga la razón costo beneficio más alta o en su defecto que sea por lo menos igual a 1.

Fuente: www.google.com

Nota: Todos los métodos indicados se utilizan para comparar dos o más proyectos entre sí.

Se denominan activos fijos a aquellos que representan bienes tangibles propiedad de la empresa que se encuentran clasificados dentro del activo no circulante fijo que tienen como objetivo utilizarlos en las operaciones normales de la misma (Contabilidad financiera).

Mientras que los activos diferidos están integrados por valores cuya recuperabilidad está condicionada generalmente por el transcurso del tiempo; es el caso de inversiones realizadas por el negocio y que en un lapso se convertirán en gastos.

Referente al capital de trabajo, como su nombre lo indica es el fondo económico que utiliza la empresa para seguir reinvirtiendo y logrando utilidades para así mantener la operación corriente del negocio.

“Los costos de operación o costos de funcionamiento del proyecto son aquellos que ocurren luego del inicio, construcción o instalación de la nueva capacidad productiva hasta la finalización de su vida útil. Se obtienen a partir de la valoración monetaria de los bienes y servicios que deben adquirirse para mantener la operatividad y los beneficios generados o inducidos por el proyecto” (Guía de diseño de proyectos sociales, 2011)

(Urbina G. B., 2010) Enseña que el cálculo del mantenimiento es similar al del control de calidad. Los promotores del proyecto deberán decidir si esta actividad se realiza dentro de la empresa o si se contrata un servicio externo. Si se decide realizarla internamente existe la misma consideración de necesidades de inversión en equipo, área disponible, personal capacitado.

Se conocen como costos de administración a los costos que provienen de realizar la función de administración en la empresa. Sin embargo, tomados en un sentido amplio, no sólo significan los sueldos del gerente o director general y de los contadores, auxiliares, secretarias, así como los gastos generales de oficina (Urbina G. B., 2010)

Costos financieros son los intereses que se deben pagar en relación con capitales obtenidos en préstamo. Algunas veces estos costos se incluyen en los generales y de administración, pero lo correcto es registrarlos por separado, ya que un capital prestado puede tener usos muy diversos y no hay por qué cargarlo a un área específica. La ley tributaria permite cargar estos intereses como gastos deducibles de impuestos (Urbina G. B., 2010)

La inversión inicial comprende la adquisición de todos los activos fijos o tangibles y diferidos o intangibles necesarios para iniciar las operaciones de la empresa, con excepción del capital de trabajo (Urbina G. B., 2010)

Activo tangible (que se puede tocar) o fijo, a los bienes propiedad de la empresa, como terrenos, edificios, maquinaria, equipo, mobiliario, vehículos de transporte, herramientas y otros. Se le llama fijo porque la empresa no puede desprenderse

fácilmente de él sin que ello ocasione problemas a sus actividades productivas (a diferencia del activo circulante) (Urbina G. B., 2010)

Se percibe por activo intangible al conjunto de bienes propiedad de la empresa, necesarios para su funcionamiento, y que incluyen: patentes de invención, marcas, diseños comerciales o industriales, nombres comerciales, asistencia técnica o transferencia de tecnología, gastos pre operativos, de instalación y puesta en marcha, contratos de servicios (como luz, teléfono, internet, agua, corriente trifásica y servicios notariales) (Urbina G. B., 2010)

1.6. Diseño metodológico

1.6.1. Tipo de investigación

Esta investigación será de tipo descriptiva, ya que se recopilarán y procesarán los datos a través de la realización de censos, encuestas, guías de observación, guías de análisis documental o revisión bibliográfica.

La investigación se realizará en las comunidades: Los Cocos, Verónica Lacayo y El Panal, municipio de Telica, departamento de León. Se realizarán visitas de campo in situ, así como una recopilación de información esencial para el proyecto como características de población en las comunidades, registros de datos económicos (economía y empleo), datos sobre salud, educación, otros servicios básicos como la energía eléctrica, situación base de los indicadores de agua (cobertura de agua potable, sistemas de abastecimiento e higiene), disponibilidad de la población para participar en el proyecto y características topográficas de la localidad misma para proponer la ubicación idónea del sistema de agua.

1.6.2. Descripción del universo de estudio

Las comunidades de Los Cocos, Verónica Lacayo y El Panal tienen una población total de 2,754 habitantes, según el censo poblacional realizado por FISE en abril del año 2017. La encuesta se realizó a las 779 familias que habitan estas comunidades, y no se hizo uso de una muestra representativa, esto último con la

finalidad de conocer a fondo los aspectos sociales y económicos de las comunidades, puesto que es imprescindible recolectar información de todos los futuros beneficiarios del proyecto que se ejecutará.

1.6.3. Descripción de fuentes de información.

Para este tipo de investigación se hará uso de dos tipos de fuentes de información:

- Fuentes primarias: se refiere a las fuentes documentales que se consideran material proveniente de alguna fuente del momento, en relación a un fenómeno o suceso que puede tener interés en ser investigado o relatado, por ejemplo: encuestas, informes de observación, entrevistas.

- Fuentes secundarias: son aquellas que reúnen la información escrita que existe sobre el tema, ya sean estadísticas del gobierno, libros, datos, manuales, fuentes de información.

En este proyecto la fuente primaria de estudio, serán los pobladores de las comunidades de Los Cocos, Verónica Lacayo y El Panal; a los que se les practicará una encuesta, para conocer de manera amplia, los aspectos sociales y económicos de las comunidades.

1.6.4. Procedimiento para la recolección de la información.

Las encuestas son, sin duda, una de las más confiables fuentes de información, debido a su naturaleza de implementación, logrando un contacto directo con la población, la cual es objeto de estudio.

En este trabajo monográfico se realizarán encuestas, dirigidas a la población en general, de las comunidades Los Cocos, Verónica Lacayo y El Panal, cabe resaltar que esta fuente servirá para conocer aspectos económicos y sociales, que serán de gran utilidad para proponer una alternativa viable, que dé solución a la problemática que viven los pobladores de la zona en estudio, además de hacer énfasis en temas como niveles de ingresos y facilidades de pago de los pobladores de estas comunidades.

1.6.5. Tipo de análisis y procesamiento de la información.

La información obtenida mediante los diferentes tipos de fuentes, será procesada para obtener datos numéricos reales que faciliten la creación de gráficos, utilizando la herramienta de cálculo Excel. La información sintetizada se implementará para la creación de los gráficos y esquemas pertinentes, que permitirán mostrar su debida interpretación, todo esto con el objetivo de una mejor comprensión, para proponer una alternativa más factible.

1.6.6. Estudio técnico

- Determinación del tamaño óptimo de la planta.

En un estudio técnico es necesario determinar el tamaño adecuado que tendrá el proyecto para que este cumpla con la demanda requerida por la población, para este tipo de proyecto (Sistema MABE) es de suma importancia proyectar la demanda a 20 años, ya que según normas técnicas éste es la vida útil de este tipo de sistemas por lo tanto será de suma importancia proyectar la población dicho período.

La población a servir es el parámetro básico para dimensionar los elementos que constituyen el sistema.

La metodología generalmente aplicada, requiere la investigación de las tasas de crecimiento histórico, las que sirven de base para efectuar la proyección de la población.
El método utilizado para la proyección poblacional es el método geométrico, ya que este presenta mejores representaciones de crecimiento en países en desarrollo el cual es el caso de Nicaragua.

Con la siguiente formula se calcula la población futura a través del método geométrico:

$$P_n = P_0(1 + r)^n$$

Ecuación 4 Proyección de la población para n años

Donde:

Pn= Población del año “n”

Po= Población al inicio del periodo de diseño

r= Tasa de crecimiento en el periodo de diseño expresado en notación decimal.

n= Número de años que comprende el periodo de diseño.

Si no se dispone de datos de población al inicio del periodo de diseño, deberá efectuarse un censo poblacional por medio de los representantes comunitarios previamente entrenados. Conviene conocer la tasa de crecimiento histórico nacional, para compararla con la obtenida en cada caso particular. Los valores anuales varían de 2.5% a 4%. El proyectista deberá justificar la adopción de tasas de crecimiento diferente a los valores indicados.

- Variaciones de consumo:

Para suministrar eficientemente agua a la comunidad, es necesario que cada una de las partes que constituyen el sistema satisfaga las necesidades reales de la población; diseñando cada estructura de tal forma que las cifras de consumo y variaciones de las mismas, no desarticulen todo el sistema, sino que permitan un servicio de agua eficiente y continuo. La variación del consumo está influenciada por diversos factores tales como: tipo de actividad, hábitos de la población, condiciones de clima, entre otros.

Las variaciones de consumo se expresarán como factores de demanda promedio diaria, y sirven de base para el dimensionamiento de la capacidad de obras de captación, línea de conducción y red de distribución, etc. Estos valores son los siguientes:

- ✓ Consumo máximo día (CMD)=1,5CPD (Consumo promedio diario).
- ✓ Consumo máximo hora (CMH)=2.5CPD (Consumo promedio diario).

- Determinación de la localización óptima de la planta

El estudio topográfico se realizará con la estación total para conocer las distancias, elevaciones y ángulos de dibujo, aplicando los principios básicos obtenidos en clase para elaborar el diseño geométrico de la red, y así proceder al cálculo hidráulico de la tubería de la línea de conducción y red de distribución.

Se obtendrá información a través de la población, para determinar las fuentes de abastecimiento más cercanas (pozos). Con la obtención de la información respecto a la ubicación y con los datos que se obtendrán en el levantamiento topográfico se puede determinar, cual es la fuente más eficiente para el diseño hidráulico.

Para la ubicación del tanque se analizará el sitio adecuado topográficamente lo más cerca posible de la red de distribución y de acuerdo a su ubicación el tanque de almacenamiento puede ser de alimentación cuando se ubica entre la fuente de abastecimiento y la red de distribución o de excedencia (cola), cuando se ubica dentro o fuera de la red. Posterior al punto geográfico de ubicación de éste se procederá a un análisis topográfico e hidráulico para determinar si la elevación a nivel de suelo es adecuada para abastecer la demanda o si será necesario la construcción de un tanque elevado (con torre).

- Ingeniería del proyecto

La ingeniería a emplear será un sistema de bombeo sumergible (MABE: Mini Acueducto de Bombeo Eléctrico), éste consiste en un levantamiento artificial que emplea la energía eléctrica convertida en energía mecánica para levantar una columna de fluido desde un nivel determinado hasta la superficie, descargándolo a una determinada presión por medio de los diferentes elementos del sistema.

1.6.7. Estudio socioeconómico

La realización de un estudio socioeconómico permite desarrollar de manera más eficiente el proyecto, porque éste proporciona información útil, como las necesidades básicas y la situación actual de la población donde se llevará a cabo la obra, esta averiguación estará acorde a la encuesta del Manual de Administración del Ciclo del Proyecto (MACPM) publicado por el FISE.

- Análisis económico social.

Durante el estudio socioeconómico de estas comunidades se determinará la disposición de pagos de la población, tanto en efectivo, durante la construcción del proyecto y en el proceso de operación y mantenimiento del sistema.

Además, se identificarán los beneficios sociales que obtendrá la población una vez puesto en operación un sistema de abastecimiento de agua potable, el cual será mejorado en calidad y también en su funcionamiento. Cabe destacar que el sistema reducirá grandemente el índice de enfermedades de origen hídrico, así como el ahorro de dinero efectivo.

En éste se presentará el análisis de costos de inversión, así como los egresos en concepto de construcción del sistema (inversión) y los gastos a realizar durante la etapa de operación y mantenimiento del proyecto.

Durante el estudio socioeconómico se revisará el nivel de eficiencia y eficacia de la inversión medida mediante indicadores económicos, los cuales serán comparados con los indicados en el Manual de Ejecución de Proyectos de Agua y Saneamiento (MEPAS) del nuevo FISE.

- Estimación de costos

Se estimarán los costos del proyecto construcción del sistema de agua potable para su posterior análisis de prefactibilidad. Las estimaciones de dichos costos serán determinados mediante la elaboración de un presupuesto.

- Indicadores sociales de rentabilidad

Al igual que en el sector privado se consideran el VAN, TIR, R B/C como indicadores de carácter económico, en este con sus análogos VANE, TIRE, R B/C respectivamente. Las definiciones de estos se encuentran plasmadas en el marco teórico.

CAPÍTULO II: DIAGNÓSTICO SITUACIÓN ACTUAL

2.1. Límites y localización

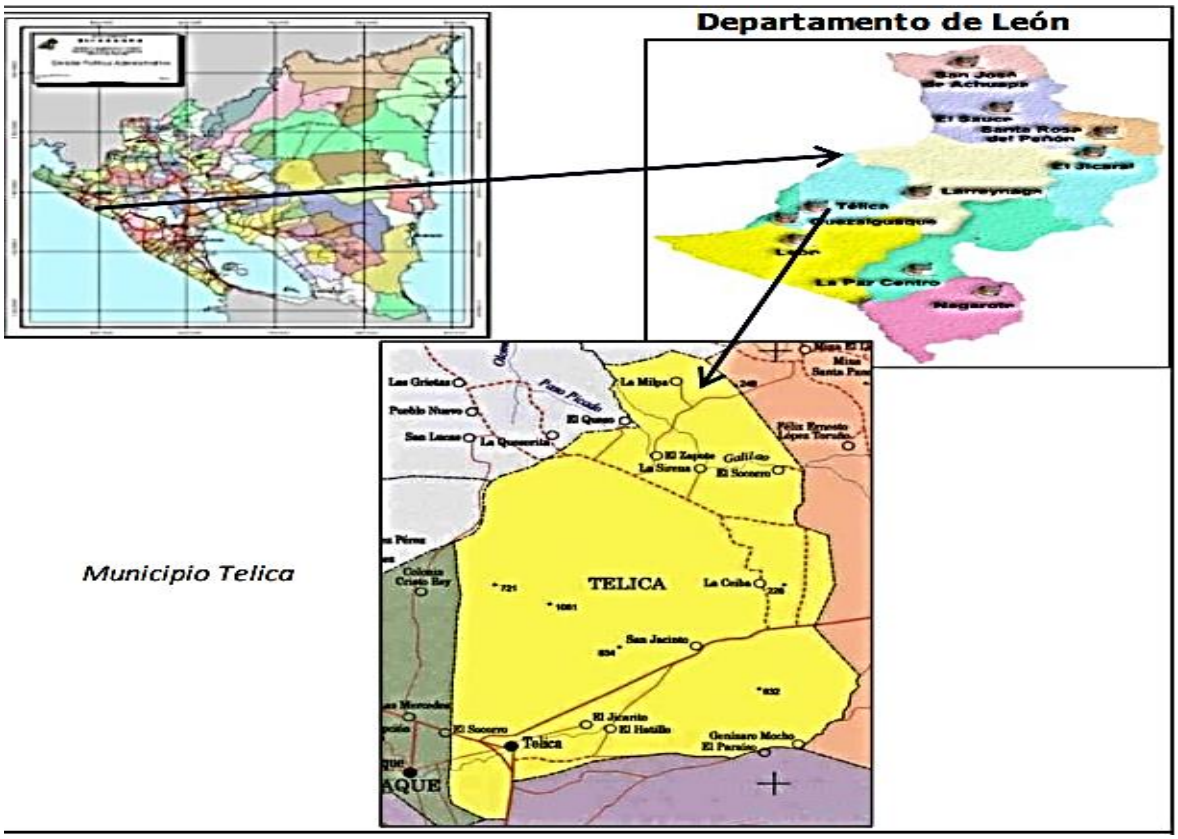
2.1.1. Macro localización

El municipio de Telica, se encuentra ubicado en el departamento de León, a 11 km de la cabecera departamental, conectado por medio de la carretera León – Chinandega, limita al norte con los municipios de Chinandega y Villanueva; al sur con el municipio de León; al este con municipio de Larreynaga y al oeste con los municipios Quezalguaque y Posoltega, las coordenadas geográficas de Telica son 12° 31' de latitud norte y 86° 51' de longitud oeste.

Las comunidades base objetos del estudio para el proyecto son tres: Los Cocos, Verónica Lacayo y El Panal, estas comunidades están unificadas entre ellas y tienen una población total de 2,754 habitantes en total, para el final del diseño del proyecto 4,512 habitantes, datos proporcionados de acuerdo al censo de poblacional realizado en todas las comunidades.

Mediante la utilización de herramientas Sistema de Posicionamiento Global (GPS), se logró la ubicación y delimitación del área de influencia de cada comunidad que abarca en un 100% toda la población de las mismas, como se muestra a continuación.

Ilustración 1 Macro localización



Fuente: Atlas de Nicaragua.

2.1.2. Micro localización

El proyecto está micro localizado en el municipio de Telica, a continuación se describe la organización territorial de cada comunidad base de este estudio.

La comunidad Los Cocos está ubicada a 12 km al norte de la ciudad de León, 1km al oeste de Telica, en el km 103 de la carretera León – Chinandega, se extiende a ambos lados de la carretera. La comunidad limita al norte con el Garrobo Empinado, al sur Félix Pedro Carrillo, al este con el empalme de Telica y al oeste con la comunidad de Verónica Lacayo. Sus coordenadas topográficas son 12°31’49” de latitud norte y 86°52’37” de longitud oeste.

La comunidad Verónica Lacayo está ubicada a 12 km al norte de la ciudad de León, 1km al oeste del empalme Telica, en el km 104 de la carretera León – Chinandega. La comunidad limita al norte con la Pedrera, al sur Quezalguaque, al

este con Los Cocos y al oeste con comunidad El Porvenir. Sus coordenadas topográficas son 12°31’50” de latitud norte y 86°53’19” de longitud oeste.

La comunidad El Panal está ubicada a 12 km al norte de la ciudad de León, 1km al oeste del empalme Telica. La comunidad limita al norte con El Garrobo Empinado, al sur empalme de Telica, al este con el poblado de Telica y al oeste con comunidad Los Cocos. Sus coordenadas topográficas son 12°31’45” de latitud norte y 86°52’17” de longitud oeste.

Ilustración 2 Micro localización

Fuente: Google maps.

2.2. Aspectos generales del municipio

El territorio de lo que es actualmente el Municipio de Telica, era parte del Cacicazgo de Sutiaba, al cual rendían tributo. Su nombre se deriva del término náhuatl "tlillican" que significa "Lugar Negro", llamado así probablemente por el

color negro de las arenas volcánicas ahí localizadas. Etimológicamente su nombre significa "lugar negro o negruzco", por las numerosas manchas de lava negra que se encuentran en sus tierras aledañas y procede del idioma mejicano antiguo, de las palabras "tlili", contil negro; y el adverbio de lugar "Can" o "apan".

Telica fue en la época aborigen un poblado netamente indígena hasta comienzos de la dominación española, pero sus vecinos fueron diezmados por los colonizadores Iberos, hasta consumarse su total extinción. Aunque no existen datos escritos, es aceptado por los historiadores, el origen náhuatl de los primeros pobladores de la región; apoyados por pruebas arqueológicas, tales como: piedra de moler y cerámica, plenamente identificadas con la cultura azteca.

Corresponde a Telica el séptimo lugar en extensión territorial, el sexto en población y el tercero en densidad poblacional de todos los municipios del departamento de León. Por ley del 11 de mayo de 1871, durante la administración de Don Vicente Cuadra, se le confirió el título de Villa, llamándose desde entonces orgullosamente Villa de Telica.

2.2.1. Medio ambiente

La región se caracteriza por contener muestras representativas del bosque tropical seco de la región del pacifico de Nicaragua. La formación del ecosistema forestal se caracteriza por presentar extensiones de tacotales muy degradados o bosques secundarios, resultados de una sucesión forestal que se establece luego de intervenciones humanas continuas para el uso de leña, y cambio de uso del suelo (Agricultura o Ganadería). A lo largo de los años han venido apareciendo problema de deforestación, ya que históricamente las prácticas del aprovechamiento forestal han sido indiscriminadas, sin planes de manejo y sin un efectivo control de las autoridades competentes y la sociedad misma, lo que han permitido la pérdida de extensas áreas de bosques, convirtiéndose todas estas áreas en suelos de uso agrícolas.

Además, estas áreas de bosque que se encuentran en la parte alta del municipio alimentan la cobertura de agua de quebradas que desembocan en el rio Telica, pero estas han sido afectadas por el despale, incendio y sequía en los últimos años.

2.2.2. Suelos

Luego de realizar una serie de estudios, con el propósito de clasificar los suelos de la zona, se logró categorizar como se muestra a continuación.

Suelos Arenosos: corresponden al orden de los entisoles; son originados de materiales frescos de piroclásticos de origen muy reciente, se caracterizan por presentar un tipo de perfil de tipo A-C, y presentan texturas arenosas francas en la superficie y arenosas en el subsuelo. Ubicados en la mayoría de las comunidades con una mezcla de suelos limosos, lo que los hace tierras fértiles para uso agrícola.

Suelos Rocosos: Están formados por rocas, piedras y gravillas por lo que suelen ser muy permeables impidiendo que el agua sea retenida, de la misma manera los materiales orgánicos suelen perderse en ellos. Ubicado en una parte de la comunidad Verónica Lacayo, colindantes con una montaña de piedra.

2.2.3. Relieve

Su sistema montañoso - volcánico está representado por una sección de la cordillera de los Maribios o Marrabios, destacándose las alturas de El Cacao, Agüero, Divisadero y El Carrizal. De la cadena volcánica forman parte dentro de su jurisdicción, los volcanes Telica y Santa Clara. Cuenta con un solo río que lleva su mismo nombre: Telica.

La cordillera volcánica del pacífico atraviesa el territorio municipal en dirección Noroeste-Sureste, constituyéndose en el parte de agua de dos cuencas: la de la planicie o llanura costera del pacífico, con elevaciones de 100 msnm a 300 msnm, al Sur, y la de la depresión Nicaragüense, con elevaciones desde los 10 msnm

hasta los 300 msnm al norte. El municipio de Telica se encuentra a una altitud sobre el nivel del mar de 119 metros.

La geomorfología del terreno es casi plana, con una pendiente muy suave orientada hacia el Sur. La elevación topográfica promedio en el área de interés es de106 msnm en el área que abarcan las tres comunidades. Hacia el norte, fuera de los límites de las comunidades de interés la elevación topográfica se incrementa considerablemente hasta culminar con el volcán Telica (1060 msnm) y volcán Santa Clara (867 msnm).

Las características topográficas predominantes, están representadas por extensas planicies hacia el Este, Oeste y Sur, con una pendiente promedio del 2.5%. Hacia el Norte, y NW tenemos cerros y volcanes, los cuales son parte de la denominada cordillera de Los Maribios.

2.2.4. Clima

En general el clima del área de interés es de tipo seco (tropical de sabana), y la temporada de lluvias se extiende hasta noviembre.

La temperatura media anual se encuentra entre 26°- 28°C respectivamente. El período más caluroso ocurre desde el mes de marzo hasta mediados del mes de Mayo y el más fresco desde el mes de Diciembre hasta el mes de Febrero.

De acuerdo a la observación de campo, en los sitios en que se emplazarán las obras del proyecto, las condiciones del clima, tipo de suelo, y actividades agrícolas extensivas en los alrededores del área de estudio en período seco, se pueden presentar fenómenos de partículas sólidas suspendidas en el aire (polvo/polvaredas) que afectan algunos puntos del área base de este estudio. Así mismo, contaminación del aire por humo y ceniza, producto de la actividad volcánica tanto del volcán Telica, como del volcán Cerro Negro, en eventos extraordinarios y esporádicos.

2.2.5. Precipitación

La zona en estudio, presenta una precipitación pluvial promedio anual de 1400 y 1800 mm, en los meses de Mayo a Octubre.

2.2.6. Recursos hídricos

El área que abarca las comunidades El Panal, Los Cocos y Verónica Lacayo se localizan dentro de la Sub-provincia hidrogeológica del Graben nicaragüense, esta representa un conjunto de cuerpos hidrogeológicos (acuíferos y acuitardos) extenso, formado principalmente por sedimentos de edad reciente (cuaternario) como son depósitos aluviales, coluviales, piroclásticos y flujos de lava.

En la periferia Oeste, conforme nos aproximamos al océano Pacifico hace presencia la formación Tamarindo, la cual es menos permeable y sirve de barrera hidrogeológica, a través de esta solo una parte insignificante de agua subterránea se sigue moviendo hacia el océano Pacifico.

En conclusión, el acuífero presente en el área de interés se desarrolla y mueve en un medio poroso, estos poros se encuentran interconectados entre sí, lo cual hace que se acumulen o formen acuíferos de gran importancia.

2.2.7. Amenazas naturales

Referente a las principales vulnerabilidades a las que está expuesta la población del municipio de Telica según la caracterización realizada son: sismicidad, vulcanismo e inundaciones.

Ante sismicidad

El municipio de se encuentra en una zona de frecuentes movimientos sísmicos, por su proximidad a las fracturas de la estructura geológica de la cordillera volcánica y de la zona sur-este y este de la región.

Ilustración 3 Ubicación de Telica en zona de amenaza de alta sismicidad.

Fuente: Google maps.

Es una zona que por estar paralela y cercana a la zona de subducción entre las placas de Coco y Caribe está bajo la constante amenaza de los sismos que aquí se generan, asociados a actividad volcánica.

Ante vulcanismo

Telica, es un estratovolcán bien conocido por sus erupciones frecuentes, representa una amenaza permanente a sus alrededores.

El estudio geológico y reconocimiento de la amenaza geológica - área de León, la Paz Centro y Malpaisillo, Nicaragua ha realizado por medio del Instituto de Estudios Territoriales (INETER) y el Servicio Geológico Checo (CGU), basados en datos instrumentales sobre la actividad registrada en últimos 40 años, así como testimonios históricos desde los tiempos de la conquista expresa que:

Las erupciones históricas más frecuentes son de tipo estromboliano, acompañado por columnas altas de ceniza. La ceniza se mueve, por la dirección del viento,

normalmente hacia el SOE, amenazando así las comunidades base de este estudio y sus alrededores.

En la actualidad, el mayor peligro volcánico consiste en la caída de ceniza basáltica pesada, sobre casas, pozos y tierra agrícola.

Ante inundación

Las comunidades base de este estudio fueron escenario de inundaciones ante la llegada del huracán Mitch, debido a las constantes lluvias por éste provocadas, esto a causa del drenaje de la escorrentía que viene de las faldas del volcán Telica.

2.2.8. Recursos geológicos existentes

Las comunidades El Panal, Los Cocos y Verónica Lacayo se encuentran dentro de la provincia geológica del pacífico. Esta provincia se extiende desde Chinandega (cercanías del volcán Cosigüina) hasta la frontera con Costa Rica.

Desde el punto de vista geológico, las formaciones aquí presentes son depósitos aluviales, coluviales y suelos residuales indiferenciados (pertenecientes al cuaternario), además hay presencia de depósitos piroclásticos y flujos de lava indiferenciados (también del cuaternario).

El primero compuesto principalmente por flujos de ceniza, lavas e ignimbritas. En superficie, en las comunidades de interés, el tipo de sedimentos pertenece al cuaternario indiferenciado. Cerca hacia el norte de El Panal, en la parte alta de la comunidad Pueblo Redondo tenemos presencia de flujos de lava del cuaternario.

2.3. Características socioeconómicas

2.3.1. Estructura económica del municipio

Principales actividades económicas

La principal actividad economía en la zona, es la agricultura. El maní es el producto más importante, se cultiva para el consumo local y la exportación. Otros productos que se cultivan son: el maíz, frijol, y el sorgo.

La ganadería se practica en mediana escala, debido a las características del terreno, existen aproximadamente 1,500 cabezas de ganado utilizadas para la producción de carne y leche, ambas para el consumo local y en pequeña proporción para la comercialización.

2.3.2. Prestación de servicios básicos en el municipio

Educación

El municipio cuenta con 42 centros educativos, de los cuales 41 son centros de educación primaria y 1 de educación secundaria, contando con una población estudiantil de 4,954 alumnos, 168 profesores, 52 turnos en 103 aulas.

Para el 100% de la población, el principal problema es la falta de docentes y/o mobiliario, siguiendo el orden, la mala calidad de la enseñanza con un 51.9% y la deserción escolar con un 48.1%.

En dos de las tres comunidades en estudio se cuenta con escuelas para la educación primaria, siendo esto una problemática para la población.

Si bien hay importantes avances en los indicadores de educación en este municipio, la continuidad de los esfuerzos educativos ya iniciados para aumentar el alfabetismo y ampliar las oportunidades educativas de niñas, jóvenes y adultas en la educación formal y no formal, debe ser siempre una prioridad.

Se cuenta con la problemática del servicio de agua potable en un 70% de la infraestructura escolar rural, teniendo como posible solución la instalación de cisternas para el almacenamiento de agua.

Energía

El municipio presta el servicio público de energía domiciliar, el que está bajo la administración, de la Empresa Nicaragüense de Electricidad (ENEL).

ENEL brinda un servicio domiciliar alrededor de 795 viviendas, representando un 20.56% del total de viviendas del municipio. En lo que se refiere al Servicio de alumbrado público, según ENEL, existen 72 luminarias en el casco urbano y otras 8 en el área rural.

El problema principal es que sólo el 60% de las luminarias está funcionando, problema al que no se puede dar solución inmediata debido a que no existe material disponible.

Salud

En las comunidades en estudio, la falta de agua potable expone a la población a una serie de enfermedades, que afectan de gran manera la calidad de vida, entre las principales enfermedades se pueden mencionar; Diarrea, parasitosis, infección renal.

El puesto de salud “Los Cocos” es el único puesto que atiende a las 3 comunidades. Dentro del cual trabajan 1 médico y 3 enfermeras, el médico proviene de la ciudad de León y las enfermeras son de la ciudad de Telica.

A parte de las 3 comunidades el puesto de salud atiende el sector del Garrobo Empinado y Nuevo Belén. El horario de atención es de 7:30 am – 3:30pm. La cantidad de población que atienden son el 60% mujeres y 40% hombres (según datos proporcionados por la responsable del centro, son 2052 mujeres y 1,368 hombres).

Agua potable y alcantarillado sanitario

Telica cuenta con servicio público de agua potable cuya administración está a cargo del Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA), que abastece el 60.00% de las viviendas de la cabecera municipal.

Según INAA existen 458 conexiones domiciliares que benefician al porcentaje de viviendas urbanas antes señalado. En Telica no existe sistema de drenaje sanitario. El medio comúnmente empleado para la disposición de excretas es la "letrina tradicional", de la cual dispone el 70.9% de las viviendas.

Se destaca con preocupación el hecho de que el 21.3% de los hogares no dispone de ningún tipo de medio para la eliminación de excretas, de estos, el 18.6% se encuentra en el sector rural.

Vialidad

La principal vía de acceso del municipio la constituye la carretera pavimentada que comunica León, Telica y San Isidro, la cual se encuentra en buen estado, teniendo acceso a esta las comunidades que están en estudio.

2.4. Situación actual del abastecimiento del agua de las comunidades Los Cocos, Verónica Lacayo y El Panal

Según cifras de la encuesta realizada para éste documento, la forma en que la población tiene acceso a este líquido de vital importancia para su sobrevivencia, es de la siguiente manera, el 97% de la población total de estas comunidades, se abastece de agua de pozo domiciliar, el 3% de la población restante utilizan puestos públicos. (Ver gráfico 8, pág. ix de Anexos)

Los pobladores de las comunidades Los Cocos, Verónica Lacayo y El Panal, no cuentan con sistema de agua y es por esta situación que decidieron auto abastecerse de pozos domiciliares artesanales. (Ver gráfico 7, pág. viii de Anexos)

Los recipientes en los que la población almacena agua es de la siguiente manera, el 10% de los pobladores almacena agua en barriles, el 5% en bidones y el 85% restante en pilas, de los cuales solo el 75% de la población los mantiene tapados y el otro 25% los mantiene destapados. (Ver gráfico 9, pág. ix; y gráfico 10, pág. x de Anexos)

El 15% de los habitantes de estas comunidades afirman que la calidad del agua consumida es buena y el 85% afirma que es mala, así mismo el 10% de los ciudadanos encuestados atestigua que el agua la consumen sin sentir nada diferente al gusto, el 78% dice que tiene mal sabor y el 12% asevera que tiene color. (Ver gráfico 11, pág. x; y gráfico 12, pág. xi de Anexos)

El 90% de la población presenta gran disponibilidad para aportar a solucionar la problemática (Ver gráfico 13, pág. xi de Anexos). Referente a la tarifa en la que están dispuestos a pagar, el 66% de los pobladores están dispuestos a pagar lo que cueste el servicio. (Ver gráfico 14, pág. xii de Anexos)

En lo que respecta a las enfermedades más frecuentes padecidas a causa del consumo del agua sin potabilización, en las diferentes edades de los pobladores existe un total de 59% de la población total ha padecido de parasitosis, y un total de 48% de la población total padeció infección renal el año pasado, según datos proporcionados por el departamento de estadística del centro de salud de las comunidades en estudio. (Ver gráficos 15, 16 y 17, págs. xii y xiii de Anexos)

2.5. Dinámica poblacional

2.5.1. Población económicamente activa

Las comunidades de Los Cocos, Verónica Lacayo y El Panal, poseen una población económicamente activa 1078, la cual está distribuida de la siguiente forma: hombres entre las edades de 16 a 65 años: 688 y mujeres entre las edades de 16 a 65 años: 390. (Ver gráfico 3, pág. vi de Anexos)

2.5.2. Beneficios y beneficiarios del proyecto

Beneficios

Este proyecto trae consigo grandes beneficios en las comunidades de Los Cocos, Verónica Lacayo y El Panal, los cuales servirán de apoyo para el crecimiento económico y social de la población, entre los beneficios más importantes se destacan:

- Disminuirá el gasto de dinero en compra de medicamentos y transporte para combatir las enfermedades de origen hídrico las cuáles son provocadas por el consumo de agua no potable.

- Incrementará la productividad dentro de la comunidad una vez puesta en operación el sistema, porque las personas dispondrán de mayor tiempo para las actividades.

- Mejorará las condiciones de vida en general de la población, por tanto, la incidencia de enfermedades se verá reducida en gran medida con la puesta en marcha del proyecto.

Beneficiarios

Los beneficiarios de este proyecto socioeconómico es la población de las comunidades en general, porque estas comunidades no cuentan con el suministro de agua potable, lo que tendrá un efecto positivo en el desarrollo económico-social de los habitantes en las tres comunidades. (Ver gráfico 6, pág. viii de Anexos)

La población de las tres comunidades en estudio, tendrán beneficios por reducción de enfermedades, puesto que obtendrán un total de C$2640 de ahorro anual por cada habitante, también obtendrán beneficios por incrementos productivos, teniendo en este último un ahorro total anual por habitante que labora de C$750, los datos descritos en este párrafo serán desarrollados en el capítulo IV, en el acápite de análisis de beneficios.

2.5.3. Tasa de desempleo en las comunidades según datos oficiales

La situación actual del desempleo de la población en las comunidades no es tan delicado puesto que se estima que al menos un 40% de la población trabaja en las zonas francas, y aproximadamente un 25% de la población con empleos temporales en algunas empresas con menor cobertura de empleo, y un 20% en trabajos de campo, agricultura y ganadería.

El 15% de la población es empleada en las diferentes entidades del Estado presentes en el municipio, la Alcaldía, Ministerio de Salud (MINSA), Ministerio de Educación (MINED). (Ver gráfico 18, pág. xiv de Anexos)

El 39.15% de la población total labora y los empleos están distribuidos como se describió anteriormente, cabe resaltar que con éste porcentaje se calcularán los beneficios por incremento productivo.

Existen 4 empresas en el municipio entre las cuales tenemos: CUKRA.S.A., siendo ésta una planta manisera, POLARIS, la cual es una planta generadora de energía, PEPSI.S.A, siendo ésta una fábrica y distribuidora de bebidas carbonatadas, YASAKY.S.A, siendo ésta última una de las zonas francas con gran influencia económica puesto que es la que más genera empleos en el municipio.

2.5.4. Tasa de crecimiento anual de la población de las comunidades

Éstas presentan un perfil demográfico dinámico, con ritmo de crecimiento anual de la población de 2.5 %, por ser comunidades pequeñas y con una actividad eminentemente agrícola existe un alto índice de migración a lo interno de otros departamentos y al exterior.

2.5.5. Densidad poblacional

De acuerdo a los estudios realizados con anterioridad, se estimó que el municipio de Telica tiene una densidad de 62 habitantes por kilómetro cuadrado (km^2).

Se observa que el municipio de Telica es uno de los cuatro municipios que creció en una tasa menor que la tasa promedio del departamento de León que es de 0.5 %.

2.5.6. Cálculo de la tasa de crecimiento poblacional

El cálculo de la tasa de crecimiento poblacional se realizó de acuerdo a los datos del censo realizado por FISE a inicios del año 2017 y el último censo nacional realizado en el año 2005 con la siguiente ecuación:

$$r = \left(\left(\frac{Pn}{Po}\right)^{\frac{1}{n}} - 1\right) * 10$$

Ecuación 5 Tasa de crecimiento poblacional

Tabla 9 Estimación de la tasa de crecimiento

Estimación de la tasa de crecimiento			
Comunidades	Censos (habitantes)		% Crecimiento
	Año 2005	Año 2020	
Los Cocos	1120	1494	2.43%
Verónica Lacayo	459	613	2.44%
El Panal	484	646	2.44%
Total	2063	2754	2.43%

Fuente: Elaboración propia

Para la estimación del crecimiento poblacional utilizadas en la estimación y proyección de la demanda hídrica de las comunidades de Los Cocos, Verónica Lacaya y El Panal, se hizo uso la tasa de crecimiento del 2.50%, debido a que es la tasa mínima recomendada por la NTON 09001 – 99 y estimada a través del método de proyección geométrica; utilizando la siguiente fórmula:

Pn = Pi (1 + r) n

Donde:

r = Tasa de crecimiento poblacional

Pn = Población del año n (hab.)

Pi = Población inicial (hab.)

n = Años a proyectar

Para esto se ha utilizado la información obtenida en dicha comunidad por el censo poblacional realizado por FISE, en la cual se define un total de 2754 habitantes (hombres y mujeres), distribuidos en 671 viviendas.

2.5.7. Proyección de población

A partir de los estudios realizados por FISE, se estimó la población futura a beneficiar por el proyecto considerando un período de diseño de 20 años, adoptando en el inicio del periodo de diseño (año 2017) una población inicial de 2754 habitantes, el resultado obtenido en el final del periodo de diseño (año 2041) es de 4511 hab.

Tabla 10 Cálculo de proyección para ajuste de inicio del período de diseño

Tasa de crecimiento	**2.50%**	**Población (habitantes)**			
Número	Año	Los Cocos	Verónica Lacayo	El Panal	Total
0	2021	1494	613	646	2754
1	2022	1531	628	662	2822
2	2023	1570	644	679	2892
3	2024	1609	660	696	2965
4	2025	1649	677	713	3039
5	2026	1690	694	731	3115
6	2027	1733	711	749	3193
7	2028	1776	729	768	3272
8	2029	1820	747	787	3354
9	2030	1866	766	807	3438
10	2031	1912	785	827	3524
11	2032	1960	804	848	3612
12	2033	2009	824	869	3702
13	2034	2059	845	891	3795
14	2035	2111	866	913	3890
15	2036	2164	888	936	3987
16	2037	2218	910	959	4087
17	2038	2273	933	983	4189
18	2039	2330	956	1008	4294
19	2040	2388	980	1033	4401
20	2041	2448	1004	1059	4511

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO III: ESTUDIO TÉCNICO

3.1. Dotación y población beneficiada

3.1.1. 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 que períodos de estos componentes del sistema, deberán 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.

A continuación, se indican los períodos de diseños económicos de los elementos componentes de un sistema de abastecimiento de agua potable.

Tabla 11 Periodos de diseño

Tipos de Componentes	Período de diseño
Pozos excavados	10 años
Pozos perforados	15 años
Captaciones superficiales y manantiales	20 años
Desarenador	20 años
Filtro Lento	20 años
Líneas de Conducción	15 años
Tanque de almacenamiento	20 años
Red de distribución	15 años

Fuente: INAA

Con la información de población final a beneficiar para las tres comunidades se analiza el escenario de atención para las comunidades de Los Cocos, Verónica Lacayo y El panal, por lo tanto, se procede a definir el consumo o demanda hídrica de las comunidades en un periodo de 20 años utilizando la normativa establecida por INAA para este tipo de proyecto.

3.1.2. Consumo poblacional

El consumo poblacional depende directamente del tipo de distribución de agua, es por ello que, según norma, la dotación depende de la propuesta de solución. La alternativa hidráulica que se propone es realizar el abastecimiento de agua potable hacia la población de forma domiciliar con conexiones de patio, en la cual se considera un sistema tipo fuente-tanque-red.

Considerando que de manera preliminar se está en la etapa de pre factibilidad técnica, la cual implica la búsqueda de fuente se considera dentro de este análisis la estimación de demanda según las normas “Diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural” (NTON., 1999)

- Para sistemas de abastecimiento de agua potable por medio de conexiones domiciliares de patio, se asignará un caudal de 50 a 60 litros por persona por día (lppd). Para criterio de cálculos se decidió utilizar una dotación de 55 lppd.

También se considera en este cálculo de dotación hídrica el consumo extra domiciliar, en este caso las escuelas, ya que el proyecto cuenta con la demanda de 2 centros escolares, y un centro de salud. De acuerdo a la norma de INAA la dotación a considerar es de 32 litros/alumno/día.

La población del turno con mayores alumnos resulto ser 370 alumnos, en el caso de la escuela de la comunidad Los Cocos y un total de 98 alumnos para el caso de la escuela ubicada en la comunidad El Panal, para un total de población del turno con mayores alumnos de 468 alumnos incluyendo los que asisten por encuentro, referente al Centro de Salud se cuenta con la máxima demanda en la

atención de 31 pacientes en promedio por día. No se cuenta otros consumos extra domiciliares aparte de los indicados anteriormente.

3.1.3. Variaciones de consumo

Las variaciones de consumo estarán 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. Teniendo una dotación de agua y población de diseño se realiza en cálculo para determinar estas variaciones haciendo uso de las siguientes ecuaciones.

$$\text{Consumo Promedio Diario (CPD)} = \text{Dotación} * \text{Población de diseño}$$

Ecuación 5 Consumo promedio diario

$$\text{Consumo Promedio Diario Total (CPDT)} = \text{CPD} + \text{Hf (Pérdidas en el sistema)}$$

Ecuación 6 Consumo promedio diario total

$$\text{Consumo máximo día (CMD)} = 1.5 * \text{CPDT}$$

Ecuación 7 Consumo máximo día

$$\text{Consumo máximo hora (CMH)} = 2.5 * \text{CPDT}$$

Ecuación 8 Consumo máximo hora

El tipo de distribución que se va a hacer toma en cuenta conexiones domiciliares con dotaciones de 50-60 lppd según normas de abastecimiento de agua potable para el medio rural, para el caso de estudio se decidió proporcionar una dotación de 55lppd para la población y de 32 lppd para la población estudiantil y de salud. A continuación, en la siguiente tabla se muestra los consumos calculados para el sistema, proyectados para un funcionamiento de 20 años.

Tabla 12 Variaciones de consumo y diseño del tanque para conexiones domiciliares

Año	Dotación de agua domiciliar	Dotación de agua escuela	Dotación de agua puesto de salud	Pb	Pb Est.	Pb. Aten.	Demandas - Caudales para diseño														Capacidad del tanque
							CPD PobD.*Dota	Q Centros escolares PobE.*Dota.	Q Centro de salud PobA. *Dota.	Consumo Promedio	Pérdidas en el sistema 0.2*CP	Demanda (CPDT) Total		CMD		CMH		
	lppd	lad	lpd	pers.	pers.	Pers.	l/d	l/d	l/d	l/d	l/d	l/d	l/s	l/d	l/s	l/d	l/s	l	m3
2021	55	32	32	2892.37	468	31	159,080.38	14,976.00	992	175,048.38	35009.68	210,058.06	2.43	315,087.09	3.65	525,145.15	9.12	73,520.32	74
2022	55	32	32	2964.68	468	31	163,057.39	14,976.00	992	179,025.39	35805.08	214,830.47	2.49	322,245.71	3.73	537,076.18	9.32	75,190.67	75
2023	55	32	32	3038.8	468	31	167,133.83	14,976.00	992	183,101.83	36620.37	219,722.19	2.54	329,583.29	3.81	549,305.49	9.54	76,902.77	77
2024	55	32	32	3114.77	468	31	171,312.17	14,976.00	992	187,280.17	37456.03	224,736.21	2.6	337,104.31	3.9	561,840.52	9.75	78,657.67	79
2025	55	32	32	3192.64	468	31	175,594.98	14,976.00	992	191,562.98	38312.6	229,875.57	2.66	344,813.36	3.99	574,688.94	9.98	80,456.45	80
2026	55	32	32	3272.45	468	31	179,984.85	14,976.00	992	195,952.85	39190.57	235,143.42	2.72	352,715.14	4.08	587,858.56	10.21	82,300.20	82
2027	55	32	32	3354.26	468	31	184,484.47	14,976.00	992	200,452.47	40090.49	240,542.97	2.78	360,814.45	4.18	601,357.42	10.44	84,190.04	84
2028	55	32	32	3438.12	468	31	189,096.59	14,976.00	992	205,064.59	41012.92	246,077.50	2.85	369,116.26	4.27	615,193.76	10.68	86,127.13	86
2029	55	32	32	3524.07	468	31	193,824.00	14,976.00	992	209,792.00	41958.4	251,750.40	2.91	377,625.60	4.37	629,376.00	10.93	88,112.64	88
2030	55	32	32	3612.17	468	31	198,669.60	14,976.00	992	214,637.60	42927.52	257,565.12	2.98	386,347.68	4.47	643,912.80	11.18	90,147.79	90
2031	55	32	32	3702.48	468	31	203,636.34	14,976.00	992	219,604.34	43920.87	263,525.21	3.05	395,287.81	4.58	658,813.02	11.44	92,233.82	92
2032	55	32	32	3795.04	468	31	208,727.25	14,976.00	992	224,695.25	44939.05	269,634.30	3.12	404,451.45	4.68	674,085.75	11.7	94,372.00	94
2033	55	32	32	3889.92	468	31	213,945.43	14,976.00	992	229,913.43	45982.69	275,896.12	3.19	413,844.18	4.79	689,740.29	11.97	96,563.64	97
2034	55	32	32	3987.16	468	31	219,294.07	14,976.00	992	235,262.07	47052.41	282,314.48	3.27	423,471.72	4.9	705,786.20	12.25	98,810.07	99
2035	55	32	32	4086.94	468	31	224,776.42	14,976.00	992	240,744.42	48148.88	288,893.30	3.34	433,339.95	5.02	722,233.26	12.54	101,112.66	101
2036	55	32	32	4189.02	468	31	230,395.83	14,976.00	992	246,363.83	49272.77	295,636.59	3.42	443,454.89	5.13	739,091.49	12.83	103,472.81	103
2037	55	32	32	4293.74	468	31	236,155.72	14,976.00	992	252,123.72	50424.74	302,548.47	3.5	453,822.70	5.25	756,371.17	13.13	105,891.96	106
2038	55	32	32	4401.08	468	31	242,059.62	14,976.00	992	258,027.62	51605.52	309,633.14	3.58	464,449.71	5.38	774,082.85	13.44	108,371.60	108
2039	55	32	32	4511.11	468	31	248,111.11	14,976.00	992	264,079.11	52815.82	316,894.93	3.67	475,342.39	5.5	792,237.32	13.75	110,913.23	111
2040	55	32	32	4623.89	468	31	254,313.89	14,976.00	992	270,281.89	54056.38	324,338.26	3.75	486,507.39	5.63	810,845.66	14.08	113,518.39	114
2041	55	32	32	4739.49	468	31	260,671.73	14,976.00	992	276,639.73	55327.95	331,967.68	3.84	497,951.52	5.76	829,919.20	14.41	116,188.69	116
														CMD	**5.76**	**CMH**	**14.41**		

Fuente: Elaboración propia

3.1.4. Pérdidas 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%.

$$\mathrm{Hf} = 20\% * \mathrm{CPD}$$

Ecuación 9 Pérdidas de agua en el sistema

3.2. Esquema hidráulico propuesto

El sistema concebido consiste en uno del tipo fuente-tanque-red, requiriéndose en este caso impulsión mecánica desde la fuente hasta el tanque y desde éste hasta la red, se propone distribuir el agua por gravedad. En las imágenes siguientes se muestra la configuración prevista del sistema propuesto. Dado que en el sitio de toma existe suministro de energía eléctrica se ha considerado un sistema por bombeo de 16 horas.

Ilustración 4 Red principal de distribución

Fuente: Gogle Earth

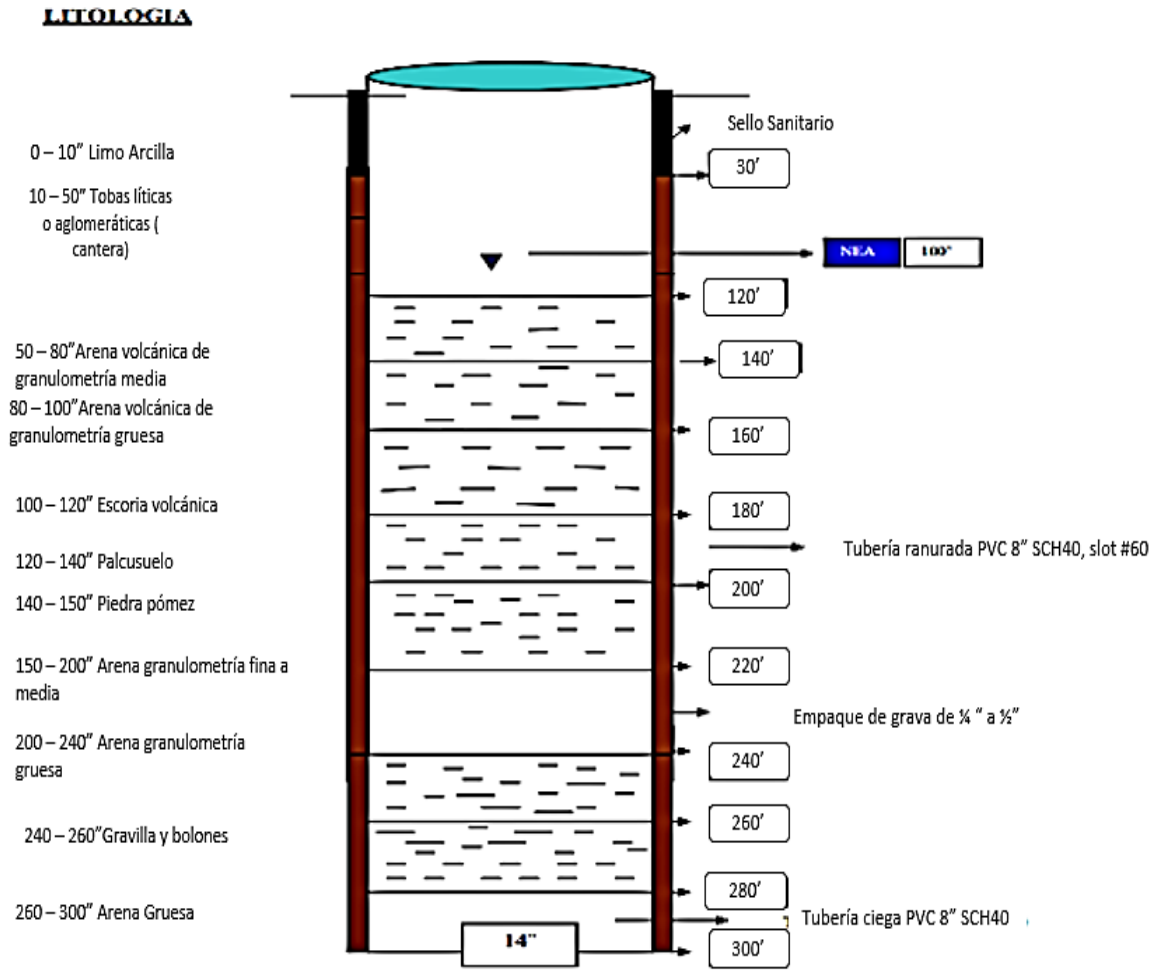
3.2.1. Fuente y obra de toma

Para determinar la fuente de abastecimiento de agua para el sistema de la comunidad de Los Cocos, Verónica Lacayo y El panal, el FISE ha realizado en el año 2018 un estudio hídrico que incluye un estudio hidrogeológico, el cual establece como fuente óptima la utilización de un pozo perforado, las coordenadas de la fuente son las siguientes:

UTM E 514230, N 1385113, a una elevación de 102.49 metros sobre el nivel del mar (msnm), dicho pozo, tiene una profundidad aproximada de 91.44 metros.

Se utilizará una bomba sumergible para impulsar el agua desde el nivel mínimo de bombeo hasta un tanque sobre suelo localizado a aproximadamente 2000.00 metros de la fuente.

Ilustración 5 Diseño preliminar de pozo propuesto El Panal - Telica



Fuente: Estudio hidrogeológico.

3.2.2. Producción mínima de fuente según estudio hidrogeológico

Según el estudio que realizó el FISE[1] (Estudio Hidrogeológico) para poder determinar la producción mínima que podría generar la fuente (pozo la rastra), según este estudio la fuente tiene una producción mínima de 3.67 litros por segundo (lps); realizando una comparación con los datos obtenidos de las variaciones de consumo a lo largo del período de diseño (20 años), se observa que esta producción mínima de la fuente es mayor que el consumo máximo día en el año 20 (5.76 lps), por lo tanto, la fuente es adecuada ya que sobrepasa la

[1] (FISE, 2018)

demanda a la que estará expuesta por la población de las comunidades de Los Cocos, Verónica Lacayo y El Panal.

3.2.3. Análisis de calidad del agua

Esto se refiere a las características químicas, físicas, biológicas y radiológicas del agua. Es una medida de la condición del agua en relación con los requisitos de una necesidad humana.

Para que el agua sea potable, es decir para que se pueda consumir, según INAA debe ser: limpia, pulcra, inodora, insípida, sin partículas que la hagan turbia; además debe tener minerales, tales como sodio, yodo, cloro, en las cantidades adecuadas.

Para evaluar tanto la potabilidad del agua, como sus características en estado natural a ser tratada, se recurrió al monitoreo y posterior análisis de parámetros de calidad definido en la norma para la clasificación del recurso hídrico (NTON 05 00798), incluyendo estos parámetros físico – químicos y análisis bacteriológicos, donde los resultados obtenidos se presentan en el siguiente cuadro:

Ilustración 6 Resultados de análisis de calidad de agua físico - químico normas *(CAPRE, 1993)*

Parámetro	Valor obtenido Pozo Enacal	Valor obtenido Pozo Excavado Los Cocos	Categoría 1 A	Categoría 1 B
Oxígeno disuelto (OD)	-	-	> 4.0 mg/l (*)	> 4.0 mg/l (*)
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5, 20)	-	-	2.0 mg/l	5.0 mg/l
pH	6.56	6.10	mín. 6.0 y máx. 8.5	mín. 6.0 y máx. 8.5
Color real			< 15 U Pt-Co	< 150 U Pt-Co
Turbiedad	ND(<0.05)		< 5 UNT	< 250 UNT
Fluoruros	0.44	0.63	mín 0.7 y máx. 1.5	< 1.7 mg/l
Hierro Total	ND(<0.06)		0.3 mg/l	3 mg/l
Mercurio Total	ND -		0.001 mg/l	0.01 mg/lt
Plomo Total	-	-	0.01 mg/l	0.05 mg/lt
Sólidos Totales disueltos	576.4	-	1000 mg/l	1,500 mg/lt
Sulfatos	55.85	43.95	250 mg/l	400 mg/lt
Zinc	-	-	3 mg/l	5 mg/lt
Cloruros	48.53	28.58	250 mg/l	600 mg/lt
Organismos Colif. Totales	0.00	0.00	(**)	(***)
Cianuro total	ND -		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 CaCO3	160	212.68	400 mg/l	
Extracto de carbono al cloroformo	-	-	0.15 mg/l	
Fenoles	-	-	0.002 mg/l	
Manganeso total	ND -	< 0.02	0.5 mg/l	
Nitritos + Nitratos (N)	ND -	ND	10.0 mg/l	
Plata total	-	-	0.05 mg/l	
Selenio	-	-	0.01 mg/l	
Sodio	38.95	21.31	200 mg/l	
Organofosforados y Carbamatos	-	-	0.1 mg/l	
Organoclorados	-	-	0.2 mg/l	
Actividad	-	-	max. 0.1 becquerelio por litro (Bq/l)	
Actividad	-	-	max. 1.0 becquerelio por litro (Bq/l)	

Fuente: Laboratorios Químicos S.A (LAQUISA).

Ilustración 7 Resultados de análisis bacteriológicos

Análisis	Unidad	Resultado
Coliformes totales	NMP/100ml	0
Coliformes fecales	NMP/100ml	0

Fuente: Laboratorios Químicos S.A (LAQUISA).

3.2.4. Tratamiento

Los resultados de calidad físico química obtenidos del agua del pozo de la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios (ENACAL), ubicado en la comunidad El Panal, generan una clasificación de este recurso como tipo 1A, aguas que desde el punto de vista sanitario pueden ser acondicionadas con la sola adición de desinfectantes.

3.2.5. Cloración

La cloración de los abastecimientos públicos de agua representa uno de los procesos principales en la obtención de agua de calidad. El proceso de desinfección será tan efectivo como lo sea el control que se ejerza para el aseguramiento de la continua cloración y aplicaciones de cantidades proporcionales al gasto. La desinfección significa una disminución de la población de bacterias hasta una concentración innocua para el consumo humano.

Para determinar el volumen de cloro que se aplicará en la desinfección se hará uso de la siguiente formula:

$$\mathrm{Vc} = \mathrm{CMD} * \frac{\mathrm{d}}{1000}$$

Ecuación 10 Volumen de cloro

Donde:

Vc= Volumen de cloro a agregar para la desinfección

en gr/día CMD= consumo de máximo día en lts/día

d= dosis de cloro (1.3) mg/lt

3.2.6. Hipoclorito de calcio

Para calcular el volumen adecuado para la desinfección del agua, se toma una concentración comercial estimada de 70% de cloro en hipoclorito de calcio.

$$\text{Vhipoclorito} = \frac{\text{Vc}}{70\%}$$

Ecuación 11 Hipoclorito de calcio

Volumen de solución

Para el volumen de solución de cloro que se debe agregar al agua apoyada de la norma la concentración mínima de solución es de 1% de cloro, por lo tanto:

$$\text{Vsolución} = \frac{\text{Vc}}{1\% * 1000}$$

Ecuación 12 Volumen de solución

Gastos por goteo del hipoclorador

El hipoclorador funciona por sistema de goteo; por tanto, el gasto se calcula en gotas por minuto, usando un gotero de 20gtt por CC.

$$\text{Gastos} = \frac{\text{Vsolución} * 20000}{1440}$$

Ecuación 13 Gastos por goteo del hipoclorador

Tabla 13 Dosificaciones de cloro

			Hipoclorador de calcio		Vol. Solución concentración 1%		Vol. Solución concentración 12%		
			concentración 70%						
Año	CMD (lpd)	Dosis Diaria (gr/d)	gr/d	gr/mes	lt/d	gotas/min	lts/d	lt/mes	gotas/min
0	315,087.09	409.61	585.16	18,140.01	40.96	568.91	3.41	105.82	7
1	322,245.71	418.92	598.46	18,552.15	41.89	581.83	3.49	108.22	7
2	329,583.29	428.46	612.08	18,974.58	42.85	595.08	3.57	110.69	7
3	337,104.31	438.24	626.05	19,407.58	43.82	608.66	3.65	113.21	8
4	344,813.36	448.26	640.37	19,851.40	44.83	622.58	3.74	115.8	8
5	352,715.14	458.53	655.04	20,306.31	45.85	636.85	3.82	118.45	8
6	360,814.45	469.06	670.08	20,772.60	46.91	651.47	3.91	121.17	8
7	369,116.26	479.85	685.5	21,250.55	47.99	666.46	4	123.96	8
8	377,625.60	490.91	701.3	21,740.45	49.09	681.82	4.09	126.82	9
9	386,347.68	502.25	717.5	22,242.59	50.23	697.57	4.19	129.75	9
10	395,287.81	513.87	734.11	22,757.28	51.39	713.71	4.28	132.75	9
11	404,451.45	525.79	751.12	23,284.85	52.58	730.26	4.38	135.83	9
12	413,844.18	538	768.57	23,825.60	53.8	747.22	4.48	138.98	9
13	423,471.72	550.51	786.45	24,379.87	55.05	764.6	4.59	142.22	10
14	433,339.95	563.34	804.77	24,948.00	56.33	782.42	4.69	145.53	10
15	443,454.89	576.49	823.56	25,530.33	57.65	800.68	4.8	148.93	10
16	453,822.70	589.97	842.81	26,127.22	59	819.4	4.92	152.41	10
17	464,449.71	603.78	862.55	26,739.03	60.38	838.59	5.03	155.98	11
18	475,342.39	617.95	882.78	27,366.14	61.79	858.26	5.15	159.64	11
19	486,507.39	632.46	903.51	28,008.93	63.25	878.42	5.27	163.39	11
20	497,951.52	647.34	924.77	28,667.78	64.73	899.08	5.39	167.23	11

Fuente: Elaboración propia.

3.3. Diseño

Para el diseño de un sistema de agua potable en la zona rural se requiere de una serie de normas y criterios que no necesariamente deben ser las normas del sector urbano, debido a que existen diferencias en ambos medios, considerando dentro de esas diferencias los factores culturales, económicos y sociales.

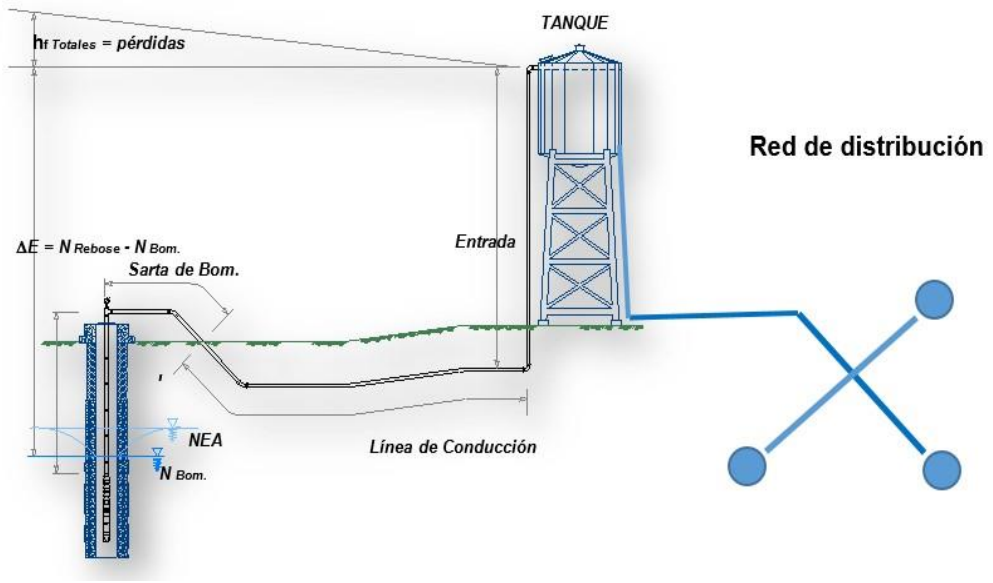
3.3.1. Esquema fuente-tanque-red mediante una distribución domiciliar

Al realizar los estudios correspondientes, se determinó que el sistema más adecuado a las necesidades de la población es un sistema fuente tanque red.

Este sistema consta de una bomba sumergible que succiona y expulsa el líquido a través de la línea de conducción hacia el tanque de almacenamiento, posteriormente se dispone de una carga potencial para transportar el caudal requerido aguas abajo que permite el abastecimiento de toda la red.

A continuación se les presentará la propuesta de la red de distribución.

Ilustración 8 Fuente - tanque - red



Fuente: Elaboración propia.

3.3.2. Diseño de la obra de toma

De acuerdo a la naturaleza de la fuente, el equipo de bombeo que se instalará será una bomba sumergible de eje vertical. El caudal de diseño de la fuente es la producción que se obtuvo del estudio hidrogeológico que tiene un valor de 18.58 l/s (294.54 galones por minuto).

Cálculo del diámetro de perforación

Ecuación 14 $$\text{Diámetro de tazones (plg)} = \sqrt{Q_{\text{diseño}}} + 1 \text{ plg}$$ Diámetro de tazones

Diámetros tazones (plg) = $\sqrt{18.58} + 1plg = 5\ plg$

Diámetro de ademe = Diámetro de tazones + 3 plg

Ecuación 15 Diámetro de ademe

Diámetro de ademe = 5 plg + 3 plg = 8 plg

Tabla 14 Ademes mínimo de pozos según caudal

Capacidad del Pozo		Diámetro de ademe	
Gpm	(L/s)	Pulg	Mm
125	7.9	6	150
300	18.9	8	200
600	37.8	10	250
900	56.78	12	300
1300	82	14	350
1800	113.55	16	400

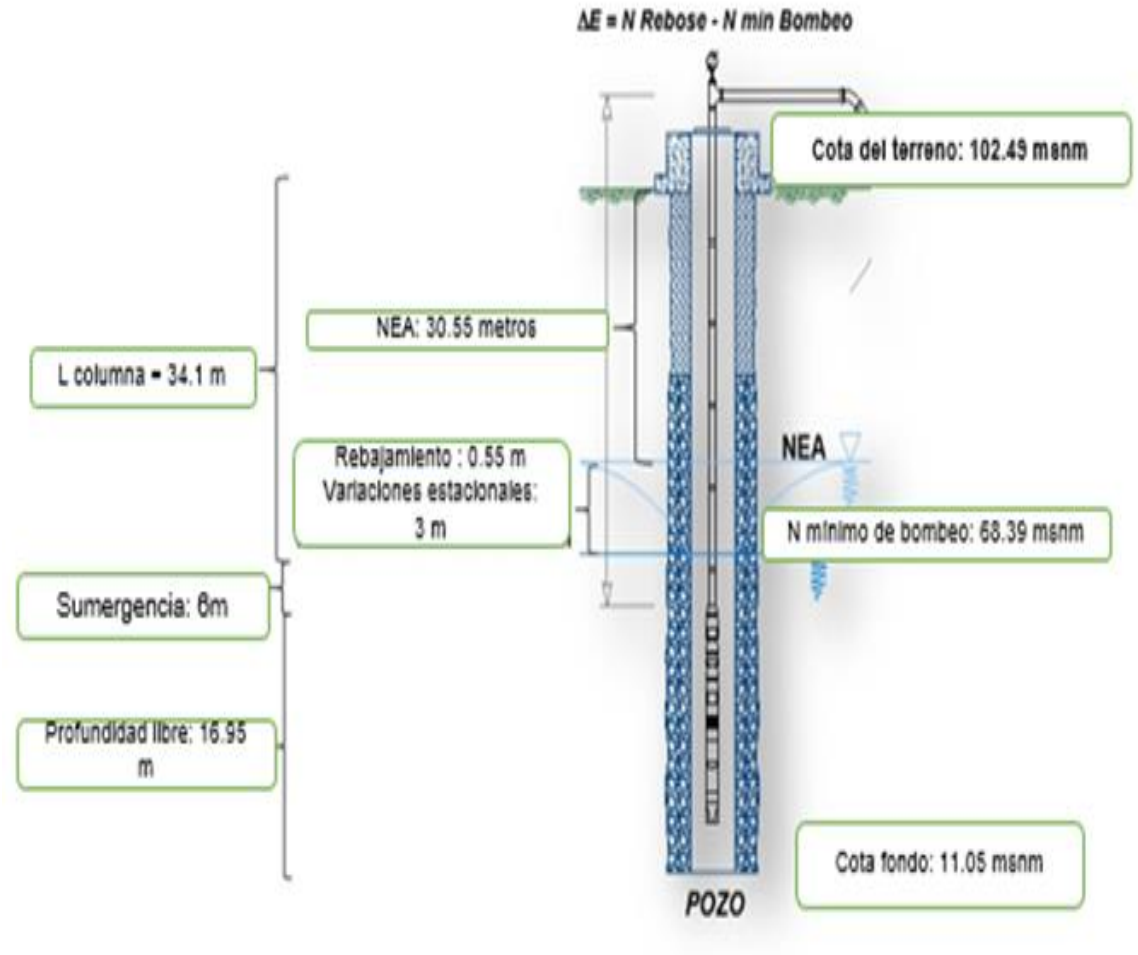
Fuente: INAA.

Dimensionamiento de la fuente

Para el dimensionamiento de la fuente se propuso el siguiente diseño:

Se determinó que el sistema más adecuado a las necesidades de la población es un sistema fuente-tanque-red. Este sistema consta de una bomba sumergible que succiona y expulsa el líquido a través de la línea de conducción hacia el tanque de almacenamiento, posteriormente se dispone de una carga potencial para transportar el caudal requerido aguas abajo que permite el abastecimiento de toda la red.

Ilustración 9 Diseño de obra de toma



Fuente: Elaboración propia

3.3.3. Tiempo de bombeo

Dado que en el sitio de toma existe suministro de energía eléctrica, se ha considerado que existen las condiciones para poder tener al equipo de bombeo trabajando durante un período de 16 horas.

3.3.4. Selección de la bomba

Por la naturaleza de la fuente se propuso una bomba sumergible, la cuál debe ser capaz de poder abastecer la demanda, con gran eficiencia, confiabilidad, y además que sea resistente a la corrosión ideal para el suministro de agua.

Determinación de la potencia de la bomba y requerimiento eléctrico.

La selección de bomba está basada en la demanda de agua y la altura necesaria, la demanda de agua depende del número de consumidores conectados; es importante señalar que, para seleccionar la bomba adecuada, otro factor influyente es la presión que se ejerce en la tubería.

Para esta debida selección se ha recurrido a la ecuación de cálculo de potencia de la bomba la cual consiste en tomar el valor del caudal de bombeo multiplicado por la carga total dinámica expresada en metros, este resultado será dividido por la constante de ecuación que es equivalente a 76 veces la eficiencia para que el resultado esté expresado en caballos de fuerza (HP).

$$Qb = \frac{24\ horas * CPDT}{Horas\ de\ bombeo}$$

Ecuación 16 Caudal de bombeo

$$Qb = \frac{24\ h * 3.84\ l/s}{16\ h} = 5.76\ lps$$

$$\mathrm{P_{bomba}} = \frac{\mathrm{Q_{bombeo}} * \mathrm{CTD}}{76 * \mathrm{Eff\ bomba}}$$

Ecuación 17 Potencia de la bomba

Cálculo de la carga total dinámica

Para determinar la carga total dinámica de la bomba (CTD) primeramente es necesario conocer la energía que debe suministrar la bomba (diferencia de energía que hay entre la fuente y el rebose del tanque de almacenamiento) en condiciones ideales, es decir, en caso de que no hubiera pérdidas a lo largo del sistema, una vez obteniendo este valor, la CTD será igual a ésta diferencia de energía más todas las pérdidas que se generan en el sistema desde la fuente hasta el tanque de abastecimiento.

$$\Delta E = \text{Niv. Rebose tanque} - \text{Niv. mín de bombeo}$$

Ecuación 18 Diferencia de energía

ΔE = 127.62 m – 68.39 = 59.23 m

$$\text{CTD} = \Delta E + \text{hf totales}$$

Ecuación 19 Carga total dinámica

Pérdidas totales en el sistema

Pérdidas en la columna de succión

Según las normas NTON – 09001-99 el valor de las pérdidas en la columna de succión es equivalente a un valor no mayor que 5% de la columna de succión; el valor de la columna de succión se muestra en el diseño de la fuente de abastecimiento.

Hf columna de succión = 5% × columna de succión

Ecuación 20 Pérdidas en la columna de succión

Hf columna de succión = 5% x 34.1 m = 1.71 m

Pérdidas en la sarta de bombeo

El diámetro de la sarta se selecciona según la norma NTON – 09001-99 y ésta establece que para un caudal de bombeo mayor a 5 lps el diámetro debe ser 3 pulg. Se utilizará una sarta de longitud de 3 metros. Por lo tanto, las pérdidas en la tubería de la sarta de bombeo se calcularán de la siguiente forma:

$$h_{f\,tub\,sarta} = 10.549 \times Q_{bomb}\left(m^3/seg\right)^{1.85} \times \frac{L_{sarta}\,(m)}{\emptyset_{sarta}(m)^{4.87} \times C^{1.85}}$$

Ecuación 21 Pérdidas en la tubería de la sarta de bombeo

$$h_{f\ tub\ sarta} = 10.549\ x\ (\frac{5.76\ lps}{1000})^{1.85}\quad x\quad \frac{3\ m}{(3\ pulg\ x\ 2.54)^{4.87}\ x\ 100^{1.85}}$$

$$= 0.23014\ m$$

Las pérdidas en los accesorios se determinan mediante la siguiente ecuación:

$$\mathrm{h_{f\ accesorios\ sarta}} = \text{cantidad de accesorios} \times \mathrm{k} \times \frac{\mathrm{v}^2}{2\mathrm{g}}$$

Ecuación 22 Pérdidas en los accesorios de la sarta de bombeo

$$V_{sarta} = \frac{5.76\ lps}{\frac{\pi\ x\ 3^2}{4}} = 0.82\ {}^{m}/_{seg}$$

Tabla 15 Pérdidas en los accesorios de la sarta

Cantidad	Accesorios	K	hf (m)
1	Codo de 90°	0.9	0.0376
1	Tee pase directo	0.6	0.0251
1	Controlador de caudal	2.5	0.1045
1	Valv. compuerta abierta	0.2	0.0084
1	Valv. de retención	2.5	0.1045
2	Codo de 45°	0.4	0.0334
1	Entrada normal en tubo	0.5	0.0209
1	Val. ángulo abierta	5	0.2090
Total pérdidas accesorios en la sarta:			**0.5433**

Fuente: Elaboración propia

hf totales en la sarta = hf accesorios sarta + hf tub sarta

hf totales en la sarta = 0.5433m + 0.2301 m = 0.7734 m

Pérdidas en la línea de conducción

$$\mathrm{h_{f\,LC}} = 10.549 \times \mathrm{Q_{bomb}}\left({}^{\mathrm{m}^3}/_{\mathrm{seg}}\right)^{1.85} \times \frac{\mathrm{L_{LC}\,(m)}}{\mathrm{\emptyset_{LC}(m)}^{4.87} \times \mathrm{C}^{1.85}}$$

$$h_{f\ Lc} = 10.549\ x\ \left(\frac{5.76\ lps}{1000}\right)^{1.85}\ x\ \frac{2000}{(2\ pulg\ x\ 0.0254)^{4.87}\ x\ 150^{1.85}} = 286.88\ m$$

La selección del diámetro de la línea de conducción se especifica más adelante mediante el cálculo del diámetro más económico, y el valor del coeficiente de Hazen-Williams es igual a 150 ya que esta tubería es de PVC.

Pérdidas en la entrada al tanque

$$h_{f\,tub} = 10.549 \times Q_{bomb}\left(m^3/seg\right)^{1.85} \times \frac{L_{columna}\,(m)}{\emptyset_{tubo}(m)^{4.87} \times C^{1.85}}$$

Ecuación 23 Pérdidas en la tubería de entrada al tanque

El coeficiente de Hazen-Williams tiene un valor de 130 porque la tubería es de hierro fundido y el diámetro del tubo será de 2 pulg.

$$h_{f\ tub} = 10.549\ x\ \left(\frac{5.76\ lps}{1000}\right)^{1.85}\ x\ \frac{5\ metros}{(2\ x\ 0.0254)^{4.87}\ x\ 130^{1.85}} = 0.9346\ m$$

Las pérdidas en los accesorios se determinan al igual que en la sarta, mediante la siguiente ecuación:

$$h_{f\,accesorios} = \text{cantidad de accesorios} \times k \times \frac{v^2}{2g}$$

Ecuación 24 Pérdidas en los accesorios de la entrada al tanque

$$V_{tub} = \frac{5.76}{\frac{\pi\ x\ (0.0508)^2}{4}} = 2.84\ m/s$$

Tabla 16 Pérdidas en los accesorios de la entrada al tanque

Cantidad	Accesorio	K	Hf (m)
3	Codo de 90°	0.9	0.3908
1	Entrada normal en tubo	0.5	0.0724
1	Salida de tubo	1	0.1448
1	Rejilla	0.75	0.1086
1	Valv. compuerta abierta	0.2	0.0290
Pérdidas por accesorio entrada tanque =			**0.7455**

Fuente: Elaboración propia.

$$h_{f\ \ totales\ entrada\ al\ tanque} = h_{f\ \ accesorios\ de\ entrada\ al\ tanque} + h_{f\ tub\ entrada\ al\ tanque}$$

$$h_{f\ totales\ entrada\ al\ tanque} = 0.7455\ m + 0.9346\ m = 1.6801\ m$$

Después de calculadas todas las pérdidas, se procede a calcular las pérdidas totales entre la fuente y el tanque, que sería la suma de todas las pérdidas calculadas anteriormente.

$$h_{f\ total} = h_{f\ columna\ de\ succión} + h_{f\ totales\ en\ la\ sarta} + h_{f\ sistema\ de\ filtros} + h_{f\ LC} + h_{f\ totales\ entrada\ al\ tanque}$$

Ecuación 25 Pérdidas totales entre la fuente y el tanque

$$h_{f\ total} = 1.71\ m + 0.7734\ m + 4.9\ m + 286.88\ m + 1.6801\ m = \mathbf{295.9435\ m}$$

Por lo tanto, la carga total dinámica será igual a:

$$\mathrm{CTD} = \Delta\mathrm{E} + \mathrm{hf\ totales}$$

Ecuación 26 Carga total dinámica

$$CTD = 59.23\ m + 295.9435\ m = \mathbf{355.1735\ m}$$

$$\mathrm{P_{bomba}} = \frac{1.76\ \mathrm{lps} * 125.89\ \mathrm{m}}{76 * 75\%}$$

$$P_{bomba} = \frac{5.76\ lps * 355.1735\ m}{76 * 75\%} = \mathbf{3.58912\ HP}$$

$$\mathrm{P_{motor}} = \frac{\mathrm{P_{bomba}}}{\mathrm{Eff\ motor}}$$

Ecuación 27 potencia del motor

$$P_{motor} = \frac{3.58912\ HP}{80\%} = \mathbf{4.486\ HP}$$

Ilustración 10 Potencia de motores

6.5.1 Motores

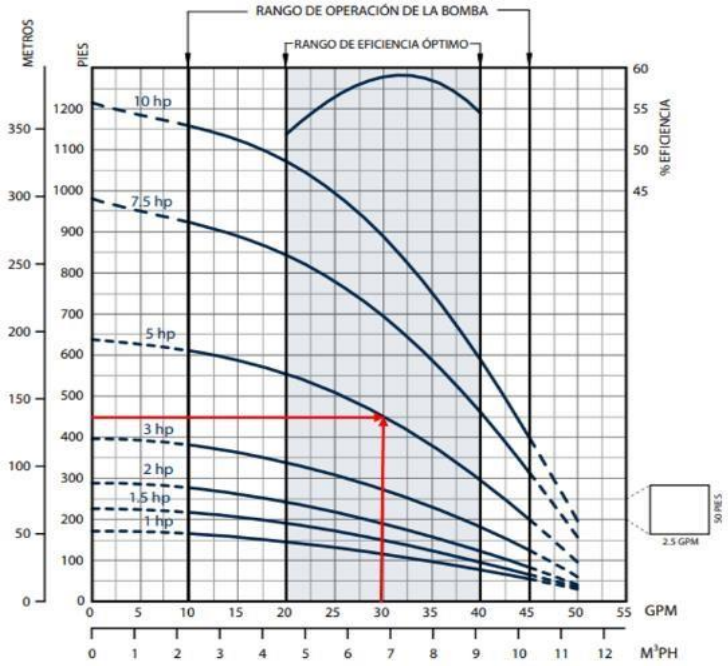
Los motores eléctricos serán del tipo jaula de ardilla, de eje hueco y las capacidades de uso standard elaborados por los fabricantes son:

3, 5, 7.5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 75, 100, 125, 150, 200 HP.

Fuente: Franklin Electric.

Se seleccionó la bomba Franklin Electric 150SS140F66-2463 puesto que es la adecuada, debido a que cumple con todas las especificaciones, tiene una potencia de 5 HP que es mayor a los 4.486 HP que se requieren, además de generar un caudal de bombeo de 400 litros por minuto que satisface la demanda de 345.6 litros por minuto que se tomó en el diseño y genera una carga total dinámica de 359.98 metros columna de agua. Con un motor eléctrico tipo jaula de ardilla de eje hueco con una potencia de 5 HP.

Ilustración 11 Selección con curva característica



Fuente: Franklinagua.com

3.3.5. Línea de conducción

A continuación, se muestra el análisis de diseño de la línea de conducción, la cual inicia en la fuente de abastecimiento (altura: 102.49 msnm) y termina en el reservorio (longitud: 2000.00 m).

Para determinar el diámetro (más económico) puede aplicarse la siguiente formula, ampliamente usada en los Estados Unidos de Norte América.

$$D_{metros} = 0.9 * (Q_{bombeo} m^3/s)^{\,0.45}$$

Ecuación 28 Diámetro de la línea de conducción

Tabla 17Cálculo del diámetro de la línea de conducción

Año	DEMANDA PROMEDIO (CPDT) a 20 años		Régimen de bombeo (hrs)	CPDT (final del periodo) lps	Caudal de bombeo (final del periodo) lps	Diámetro calculado (pulg)	Diámetro comercial (pulg)	Velocidad	Longitud (m)
	total								
	l/d	l/s							
2041	331,967.68	3.84	16	3.84	5.76	1.9789	2	0.002934	355.1735

Fuente: Elaboración propia

Según la NTON se calcula de la siguiente manera:

$$\mathrm{D(metros)} = 1.3 * \left({}^{\mathrm{t\ bombeo\ (hrs)}}/_{24\ \mathrm{hrs}}\right)^{0.25} * \left(\frac{\mathrm{CMD}\left(\mathrm{m}^3/\mathrm{s}\right)^{0.5}}{1000}\right) * \frac{1}{0.0254}$$

Ecuación 29 Diámetro de la línea de conducción según (NTON)

Tabla 18 Cálculo del diámetro de la línea de conducción según (NTON)

Año	DEMANDA PROMEDIO (CPDT) a 20 años		Régimen de bombeo (hrs)	CPDT (final del periodo) lps	Caudal de bombeo (final del periodo) lps	Diámetro calculado (pulg)	Diámetro comercial (pulg)	Velocidad	Longitud (m)
	total								
	l/d	l/s							
2041	331,967.68	3.84	16	3.84	5.76	2	2	0.002934	355.1735

Fuente: Elaboración propia

Ambos métodos son válidos para el dimensionamiento de una línea de conducción, sin embargo, se realizó un análisis para estimar cuál sería el costo del diámetro.

Cálculo del diámetro

Para la determinación del diámetro, se aplicaron los métodos aprendidos en la asignatura de Ingeniería Sanitaria 1.

Tabla 19 Cálculo del diámetro más económico

	Diámetro (pulg)	Longitud (m)	V.P	CAT	hf (m)	CTD (m)	Pot. Bomba (HP)	Pot. Motor (HP)	Pot. Comercial	CAE
Diámetro	2	2,000	C$38,111.30	C$4,451.40	295.9435	355.1735	3.58912	4.486	5	C$1,545,985.24

Fuente: Elaboración propia

Donde:

V.P: Valor presente

CAT: Costo anual de tubería

CTD: Carga total dinámica

CAE: Costo anual de energía

CAEq: Costo anual equivalente

$$V_p = \text{Longitud} \times \frac{\text{Precio de la tubería de 6m según diámetro}}{\text{Longitud efectiva de la tubería}}$$

Ecuación 30 Valor presente

Se tomó una longitud efectiva de tubería de 5.75 m y los precios se tomaron de la siguiente tabla:

Tabla 20 Precio de tubería según diámetro

Diámetro	Costos
1.50 pulg	C$100.09
2 pulg	C$109.57
3 pulg	C$178.73
4 pulg	C$239.68
6 pulg	C$397.19
8 pulg	C$451.97
10 pulg	C$582.61

Fuente: Durman S.A

$$CAT = V_p \times Crf$$

Ecuación 31 Costo anual de tubería

$$\mathrm{Crf} = \frac{\mathrm{i}}{1-(1+\mathrm{i})^{-\mathrm{n}}}$$

Ecuación 32 Factor de recuperación de capital

Dónde el valor interés que se tomó es del 8% y el plazo n es igual a 15 años.

$$\mathrm{CAE} = 0.7457 * \mathrm{POT\ motor} * \mathrm{COSTO\ DE\ ENERGIA} * \mathrm{tbombeo} * 365\mathrm{dias}$$

Ecuación 33 Costo anual de energía

El valor del costo de energía por Kilowatt hora es 7.10 córdobas.

$$\mathrm{CAEq} = \mathrm{CAE} + \mathrm{CAT}$$

Ecuación 34 Costo anual equivalente

Determinación de la cédula de la tubería

Se propone cédula SDR 26 la cual será revisada por medio del golpe de Ariete, para comprobar si la tubería soporta el incremento de presión de agua.

Para la propuesta de esta cédula se necesitó realizar los siguientes cálculos:

$$K = \frac{10^{10}}{\varepsilon}$$

Ecuación 35 Coeficiente función del módulo de elasticidad del material

Tabla 21 Valores de K según material

Material	Ɛ (kg/m^2)	K
Hierro y Acero	2.00E+10	0.50
Hierro Fundido	1.00E+10	1.00
Hormigón (sin Armar)	2.00E+09	5.00
Fibrocemento	1.85E+09	5.41
PVC	3.00E+08	33.33
PE baja densidad	2.00E+07	500.00
PE alta densidad	9.00E+07	111.11

Fuente: FISE

Se seleccionó ε= 300000000 kg/m2 para PVC, por tanto el valor para K=33.33, estos datos obtenidos nos permitieron determinar la celeridad, como se presenta a continuación.

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

Ecuación 36 Celeridad

Siendo:

K: coeficiente función del módulo de elasticidad.

D: diámetro interior de la tubería.

e: espesor de la tubería.

Tabla 22 Datos de la línea de conducción

Datos de la Conducción	
Diámetro exterior (mm)	60.32
Espesor (mm)	3.77
Diámetro Interno (mm)	52.78
Material	`PVC`
Ɛ	3.00E+08
Longitud (m)	**2000**
K	33.330

Fuente: Elaboración propia

Se determinó el valor de la celeridad y el resultado fue a= **436.28 m/s**

La relación entre la longitud de la línea de conducción y la longitud crítica está dada por:

$$L = \frac{2*L}{a}$$

Ecuación 37 L tub/L critica

L = **9.18**

Tabla 23 Datos de instalación

Datos de la Instalación	
ΔE	59.23 m.c.a
CTD	355.1735 m.c.a
Q b	5.76 lps
V	0.82 m/s
Hm/L	0.1776
0.4m/s< = V = < 2 m/s	OK

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24 Tiempo de parada de la bomba

Cálculo del tiempo de parada de la bomba	
K	1
C	1
T	5.32s

Fuente: Elaboración propia

Para estimar el valor del tiempo de parada de la bomba, se realizó el siguiente proceso de cálculo:

$$T = C + \frac{K*L*v}{g*H_m}$$

Ecuación 38 Tiempo de parada de la bomba

Donde:

T: tiempo en parada en segundos

C: coeficiente según la pendiente de la conducción

K: valor que depende de la conducción

L: longitud real de la conducción en metros

V: velocidad del agua en la conducción en m/s

g: constante de la gravedad (9.8 m/s2)

Hm: altura manométrica en metros

L	K
L<500	2
L≈500	1.75
500<L<1500	1.5
L≈1500	1.25
L>1500	1

$$\frac{Hm}{L} < 0.20 \rightarrow C = 1$$

$$\frac{Hm}{L} \geq 0.40 \rightarrow C = 0$$

$$\frac{Hm}{L} \approx 0.30 \rightarrow C = 0.60$$

El resultado del cálculo del tiempo de parada de la bomba es

T =5.32s

La longitud crítica está dada por:

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

Ecuación 39 Longitud crítica

El valor obtenido de la Longitud crítica es:

Lc = **1160.5048 m**

La determinación de la sobrepresión producida por el golpe de ariete, se estimó de acuerdo a los siguientes criterios.

Tabla 25 Criterio para estimar la sobrepresión

Criterios de selección		
Si L<Lc (Impulsión Corta)	T>2*L/2	Formula de MICHAUD
Si L>Lc (impulsión Corta) →	T>2*L/2	Formula de ALLIEVI

Fuente: FISE

$$\Delta H = \frac{2*L*V}{g*T}$$

Ecuación 40 Fórmula de MICHAUD

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

Ecuación 41 Fórmula de ALLIEVI

Al realizar la evaluación, de acuerdo a cada uno de los criterios mostrados en la tabla, se encontró que la fórmula más conveniente es la fórmula de ALLIEVI.

$$\Delta H = \frac{436.28\ m/s * 0.82\ m/s}{9.81\ m/s^2} = \mathbf{36.4678\ m.c.a}$$

Cálculo en el punto presión de trabajo más $\Delta \boldsymbol{H}$

$$\Delta H + CTD = 36.4678\ m.c.a + 355.1735\ m.c.a = \mathbf{391.6413\ m.c.a}$$

$$\mathbf{391.6413\ m.c.a < 400.00\ m.c.a.}$$

Luego de realizar los cálculos correspondientes, con el fin de estimar si la cédula de la tubería es capaz de resistir el incremento de presiones en las tuberías, podemos afirmar que cumplen con todos los criterios para resistir las presiones requeridas, ya que la presión en la tubería es menor que los 391.6413 m.c.a. que resiste una cédula SDR-26.

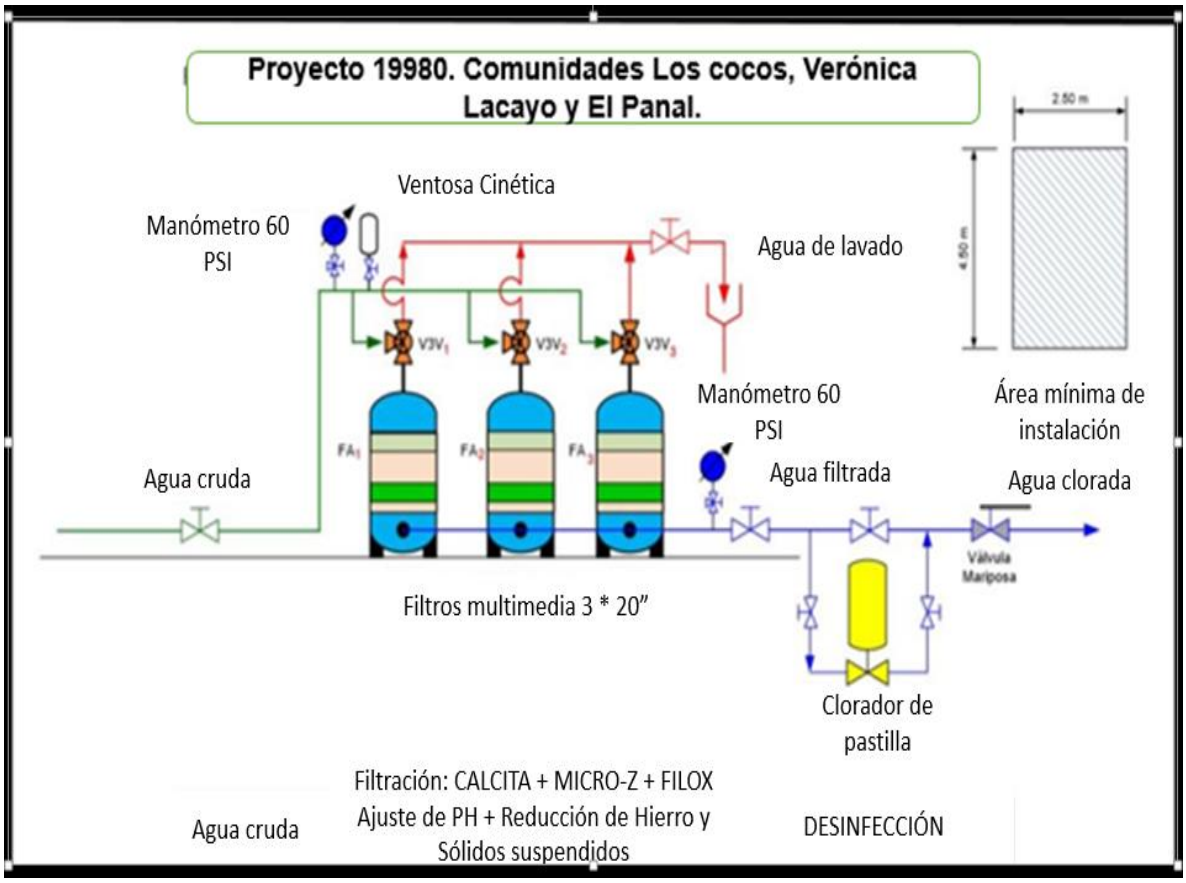
3.3.6. Filtro

La filtración es una operación unitaria de gran importancia dentro de un sistema de tratamiento y acondicionamiento de aguas. Generalmente la filtración se efectúa después de la separación de la mayoría de los sólidos suspendidos por sedimentación, aunque dependiendo de las características del agua, es posible que esta entre directamente a la etapa de filtración, sin ser sedimentada previamente.

Esto puede presentarse dependiendo de la cantidad y naturaleza de los sólidos en suspensión. Si la cantidad de sólidos suspendidos no es muy grande puede pasarse directamente a la etapa de filtración. Si la concentración de sólidos suspendidos en el agua a tratar es muy alta y se pasa directamente a la filtración, el filtro se satura rápidamente y es necesaria su limpieza con mucha mayor frecuencia, ya que los ciclos de filtración son de poca duración. Si previamente se separan los sólidos sedimentables, la carga en el filtro disminuye, y se tiene una mejor operación y un proceso de remoción de sólidos suspendidos más eficiente.

El método seleccionado en este proyecto es por medio de *filtro presurizado* ubicado en el predio del tanque de almacenamiento a una altitud de 124.62 msnm. El sistema de tratamiento el cual consiste en filtración multimedia de profundidad con medio filtrante MICRO-Z + CALCITA + FILOX para poder ajustar el PH, reducir el hierro y los sólidos suspendidos.

Ilustración 12 Vista elevación filtro presurizado y de pastilla clorador



Fuente: FISE.

Los filtros estarán ubicados en una caseta de 5.0 m de largo y 3.00 m de ancho con protección de malla ciclón.

3.3.7. Tanque de almacenamiento

El emplazamiento del tanque de almacenamiento se ubica en la cota 124.62 msnm, la ubicación del tanque será en una comunidad aledaña a las que están en estudio, llamada Garrobo Empinado, siendo ésta la que tiene mayor altura en la zona y la entrada superior al tanque de almacenamiento, se ubica en la cota 128.12 msnm (nivel de rebose).

El tanque de almacenamiento se proyectará para el final del período de diseño, el cual es de 20 años con una capacidad de 117 m³, que corresponde al 35% del consumo promedio diario total (CPDT) en el año 20. Este volumen es suficiente

para cubrir la demanda de agua de la población en caso de falla por reparación en la línea de conducción o mantenimiento de la fuente. El tanque propuesto es completamente nuevo de concreto reforzado sobre suelo.

Para garantizar la buena operación y mantenimiento del tanque, se consideraron todas las obras complementarias como: válvulas de 2” en las tuberías de entrada y salida, boca de acceso con tapa metálica, peldaños de acceso, respiradero, tubería de rebose y limpieza, y válvula de boya de 2”.

Cálculo del dimensionamiento del tanque de almacenamiento

Para el cálculo de las dimensiones del tanque de almacenamiento, será necesario usar el consumo promedio diario total, pues el volumen a almacenar es un porcentaje de dicho dato.

$$Vol_{Tanque} = 35\% \ * \ CPDT_{\text{año } 20 \ de \ proyección}$$

Ecuación 42 Capacidad del tanque

$Volumen\ total = 35\% * 331{,}967.68\ l.p.d.$

$Volúmen\ total = 116{,}188.688\ l.p.d \ \approx \mathbf{117\ m^3}$

Cálculo de la base del tanque

Teniendo en cuenta esa consideración la base del tanque, se calcula con la siguiente ecuación:

$$\mathrm{B} = \sqrt[3]{\mathrm{V}}$$

Ecuación 43 Dimensionamiento de base del tanque de almacenamiento

$$B = \sqrt[3]{117\ m^3} \ = \mathbf{4.8909\ m}$$

Longitud del tanque

$$\mathrm{L} = 1.5\mathrm{B}$$

Ecuación 44 Dimensionamiento de la longitud del tanque de almacenamiento

$$L = 1.5 * 4.8909 = \mathbf{7.34\ m} \ \cong \mathbf{7.50\ m}$$

Altura de agua en el tanque

$$\mathrm{H} = \frac{2}{3}\mathrm{B}$$

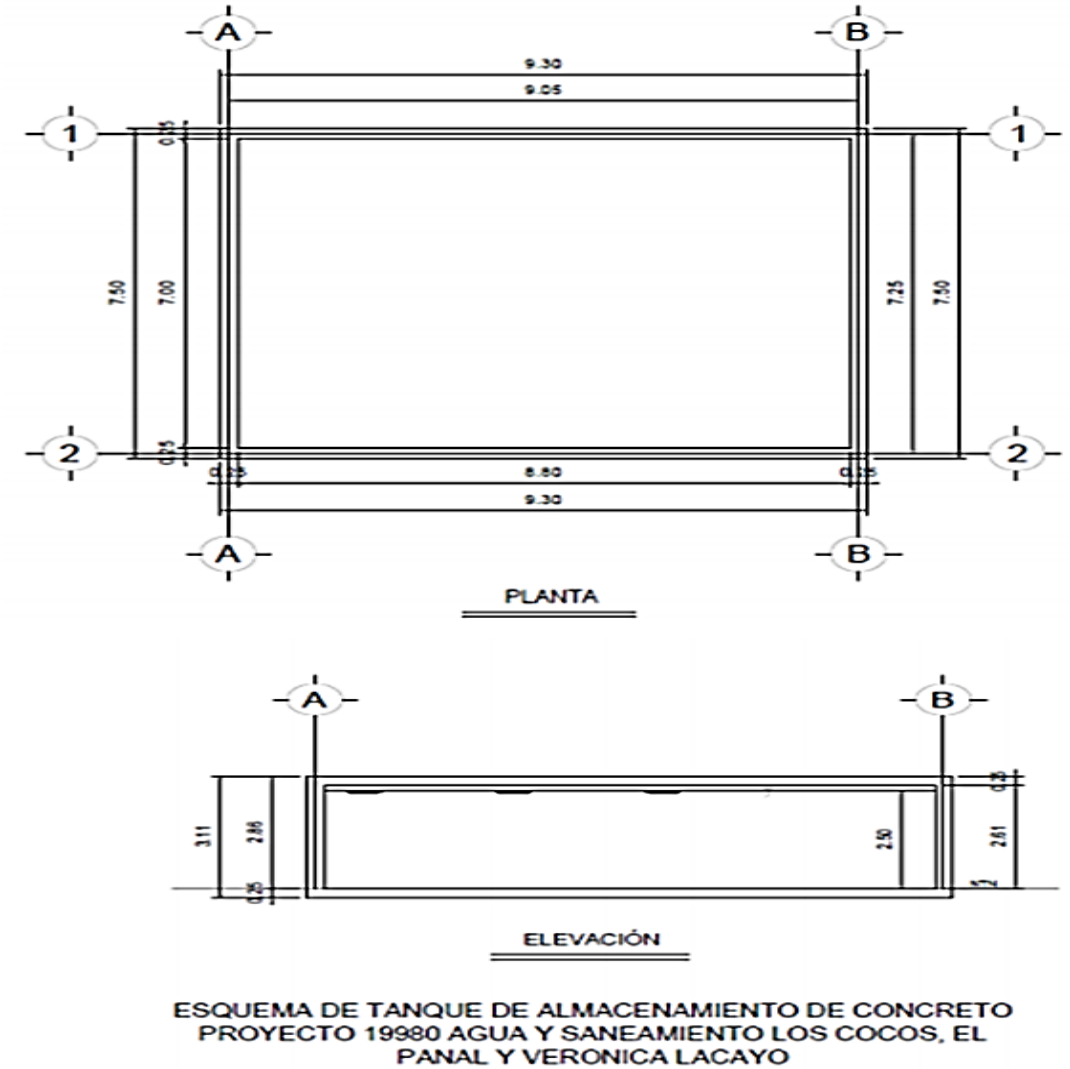
Ecuación 45 Altura de agua en el tanque

$$H = \frac{2}{3} * 4.8909 = \mathbf{3.25\ m}$$

Altura total del tanque

$$H = 3.25\ m + 0.25\ m = \mathbf{3.50\ m}$$

Ilustración 13 Vista en planta-perfil de tanque de almacenamiento



Fuente: Elaboración propia.

Diseño de red de distribución

Generalidades

En el diseño de la red de distribución de una localidad, se debe de considerar los siguientes aspectos fundamentales:

- El diseño se hará para las condiciones más desfavorables en la red, con el fin de asegurar su correcto funcionamiento para el período 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.
- La distribución de los gastos, debe hacerse mediante hipótesis que esté acorde con el consumo real de la localidad durante el período de diseño.
- Las redes de distribución deberán dotarse de los accesorios y obras necesarias, con el fin de asegurar el correcto funcionamiento, dentro de las normas establecidas y para facilitar su mantenimiento.
- El sistema principal de distribución de agua puede ser de red abierta, de malla cerrada, o una combinación de ambas y se distribuirán las tuberías en la planimetría de la localidad, tratando de abarcar el mayor número de viviendas mediante conexiones domiciliares.

Parámetros de diseños

En estos se incluyen las dotaciones por persona, el período de diseño, la población futura y los factores específicos (velocidades permisibles, presiones mínimas y máximas, diámetro mínimo, cobertura sobre tubería y resistencia de las tuberías).

Velocidades permisibles

Se permitirán velocidades de flujo de 0.4 m/s a 2.00 m/s.

Presiones mínimas y máximas

La presión mínima residual en la red principal será de 5 m; la carga estática máxima será de 50 m. Se permitirán en puntos aislados, presiones estáticas hasta de 70 m, cuando el área de servicio sea de topografía muy irregular.

Diámetro mínimo

El diámetro mínimo de la tubería de la red de distribución será de 2 pulgadas (50mm) 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 pocos usuarios de reducida capacidad económica; y en zonas donde razonablemente no se vaya a producir un aumento de densidad de población, podrá usarse el diámetro mínimo de una pulgada y media 1 ½" (37.5 mm) en longitudes no superiores a los 100.00 m.

Cobertura sobre tuberías

En el diseño de tuberías colocadas en calles de tránsito vehicular se mantendrá una cobertura mínima de 1.20 m, sobre la corona del conducto en toda su longitud, y en calles peatonales esta cobertura mínima será 0.70 m.

Tipo de red

Se utilizará una red de distribución de agua potable abierta o ramificada:

Este tipo de red de distribución se caracteriza por contar con una tubería principal de distribución (la de mayor diámetro) desde la cual parten ramales que terminarán en puntos ciegos, es decir sin interconexiones con otras tuberías en la misma red de distribución de agua potable.

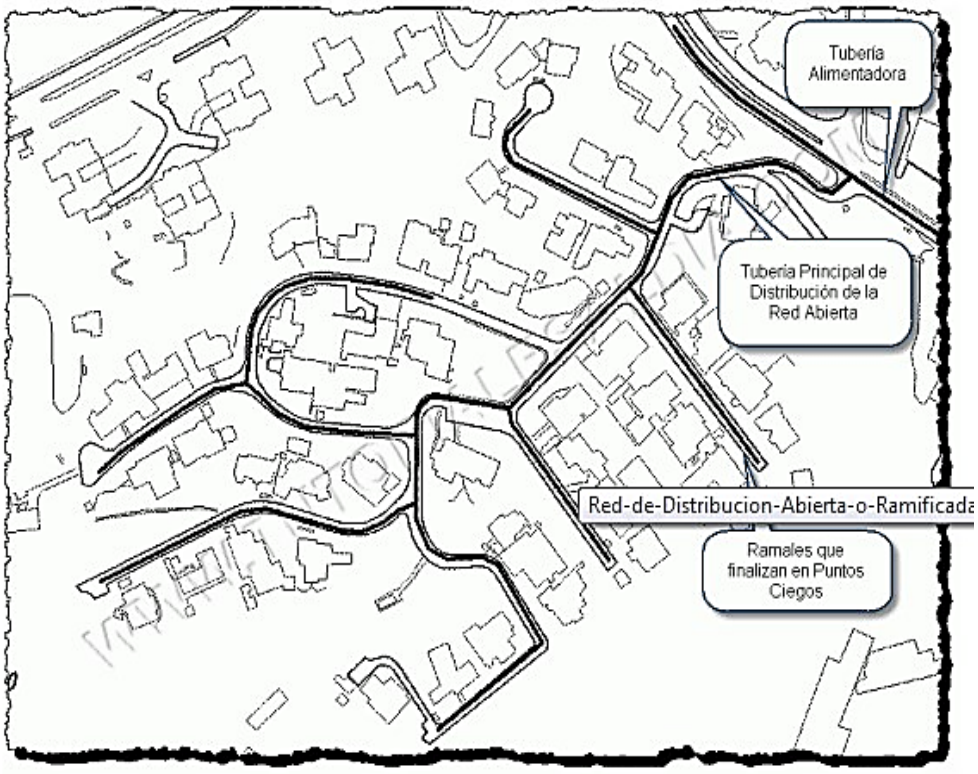
La red de distribución proyectada tiene cobertura del 100% de la población al final del periodo de diseño. Se ha previsto un sistema de red completamente nuevo.

El sistema de distribución de agua potable se diseña a fin de reducir problemas de operatividad, costos de construcción y mantenimiento. En base a esta premisa, el sistema se basa en la distribución de flujos a gravedad desde una estructura de almacenamiento con capacidad de 117 m³ ubicados en la salida de un filtro presurizado rural, el cual es alimentado directamente desde la fuente u obra de captación a través de la línea de conducción anteriormente descrita

La red de distribución sale del tanque y el trazado de la misma se realizó de acuerdo a características topográficas y urbanísticas de la comunidad y tendrá la capacidad para abastecer adecuadamente la población hasta el año 20 del período de diseño.

La red deberá contar con un diámetro de 50 mm (2”) y 38 mm (1 ½´´) cedula SDR-17.

Ilustración 14 Ejemplo de red de distribución de agua potable abierta

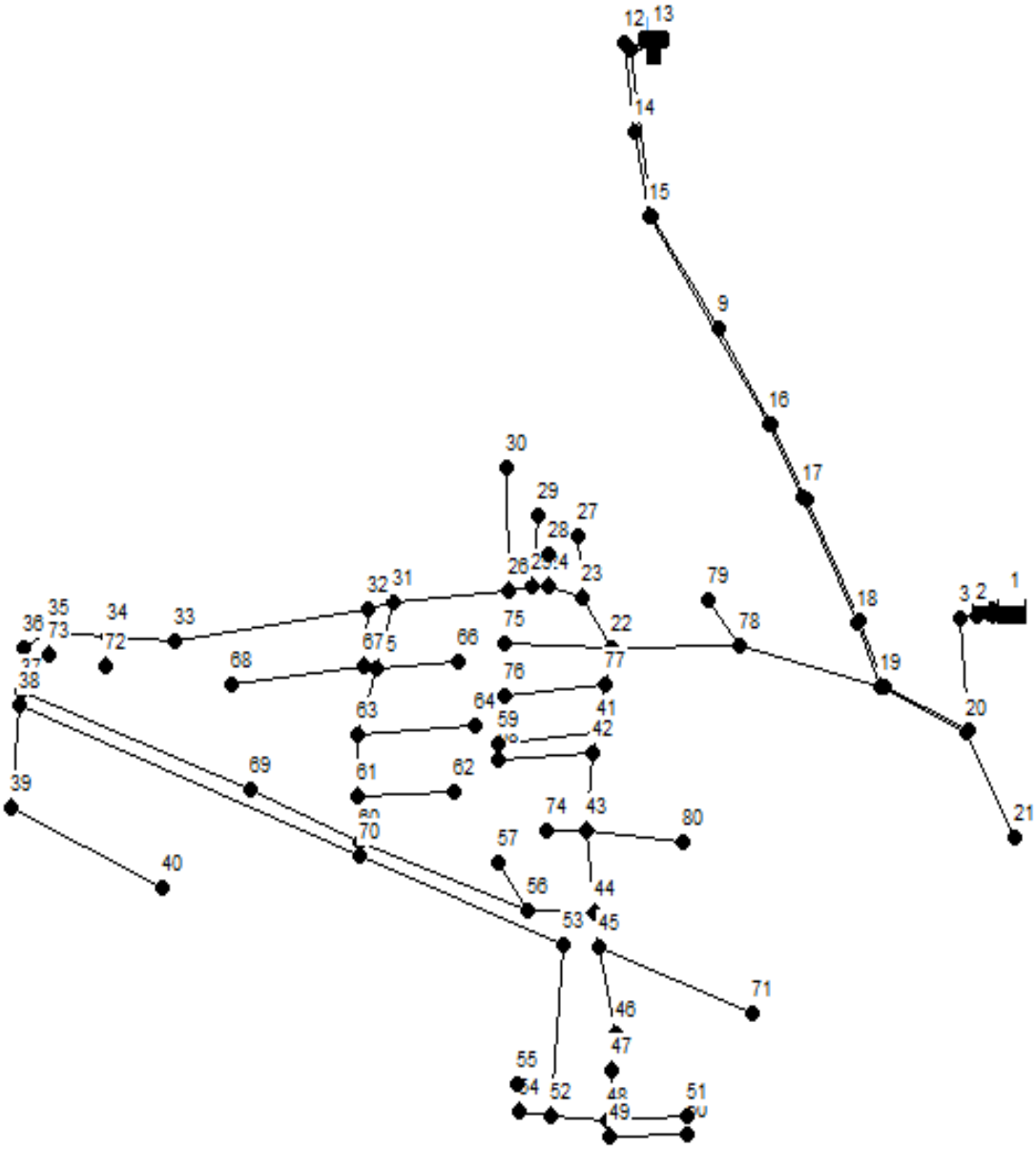


Fuente: FISE

En el análisis hidráulico de la red de distribución se utilizó el método iterativo de HardyCross, mediante el uso del simulador por computadora EPANET v2 para analizar el comportamiento estático (sin consumo) y dinámico (con consumo máxima hora en la red) del sistema con todas las conexiones domiciliares instaladas.

La red de distribución se analizó con el caudal de consumo de máximo hora (5.46 lps), en base a la proyección de consumo hasta el final del período de diseño de (20 años), el cual se distribuyó en todos los nodos de la red para concentrar el caudal, también se analizó la condición sin consumo en la red, para determinar las presiones máximas y cédulas de las tuberías.

Ilustración 15 Esquema hidráulico, ubicación de nodos a utilizar para la simulación hhidráulica

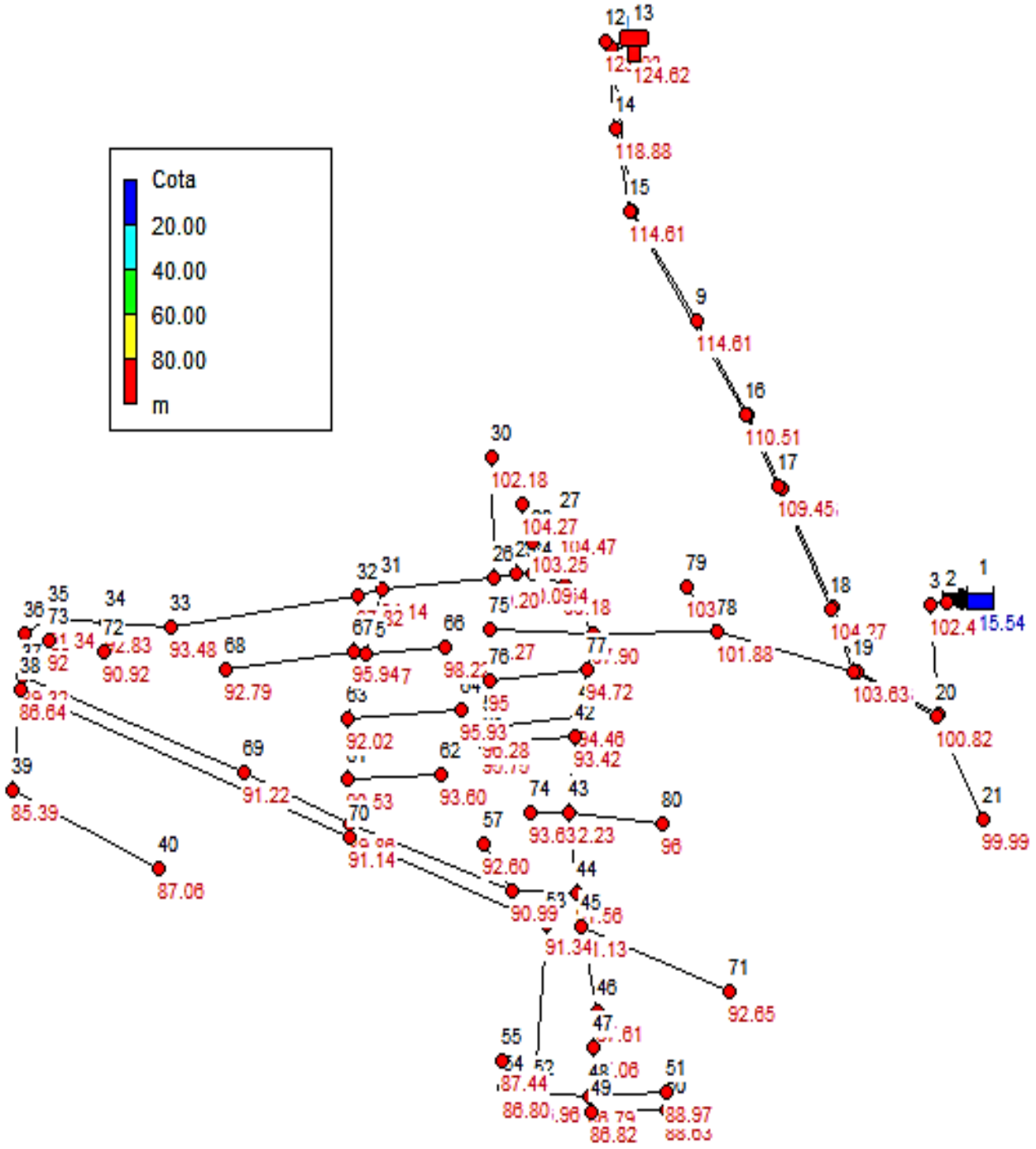


Fuente: Elaboración propia

Epanet datos

En el siguiente esquema, se muestran las cotas de influencia en los nodos de la red de distribución, las cuales se encuentran entre los 85.39 y 124.62 metros de altura.

Ilustración 16 Elevaciones de cada nodo



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 26 Distribución nodal de consumo

Tabla de Red - Líneas		Tabla de Red - Nodos								
ID Línea	Longitud	ID Nodos	Cota (m)	C	N	E	S	O	Long.	Q asig (lps)
Tubería 2	114.15	Nodo 2	107							
Tubería 3	242.33	Nodo 3	102.49							
Tubería 4	213.25	Nodo 4	100.82							
Tubería 5	170.05	Nodo 5	103.63							
Tubería 6	274.33	Nodo 6	104.27							
Tubería 7	193.576	Nodo 7	109.45							
Tubería 8	266.82	Nodo 8	110.51							
Tubería 9	315.81	Nodo 9	114.61							
Tubería 10	380.36	Nodo 10	118.88							
Tubería 11	7.37	Nodo 11	123.93							
Tubería 12	10	Nodo 12	123.93	1			390		390.36	0
Tubería 13	380.36	Nodo 14	118.88	1	315				315	0.022
Tubería 14	315.81	Nodo 15	114.61	2	266.82				266.82	0.096
Tubería 15	266.82	Nodo 16	110.51	0					0	0
Tubería 16	193.58	Nodo 17	109.45	0					0	0.088
Tubería 17	274.33	Nodo 18	104.27	1	170				170	0.07
Tubería 18	170.05	Nodo 19	103.63	2	213.25		355		568.25	0.001
Tubería 19	213.25	Nodo 20	100.82	0					0	0
Tubería 20	260	Nodo 21	99.99						0	0
Tubería 21	355	Nodo 22	97.9						0	0
Tubería 22	140	Nodo 23	99.18	2	130		80		210	0.022
Tubería 23	80	Nodo 24	101.54	2			40	69	109	0.096
Tubería 24	40	Nodo 25	100.09	2			60	148	208	0.07
Tubería 25	60	Nodo 26	99.2	2			270	293	563	0.015
Tubería 26	130	Nodo 27	104.47	0					0	0

Tabla de Red - Líneas		Tabla de Red - Nodos								
ID Línea	Longitud	ID Nodos	Cota (m)	C	N	E	S	O	Long.	Q asig (lps)
Tubería 27	69	Nodo 28	103.25	0					0	0
Tubería 28	148	Nodo 29	104.27	0					0	0
Tubería 29	293	Nodo 30	102.18	0					0	0
Tubería 30	270	Nodo 31	94.14	2		150	70		220	0.034
Tubería 31	70	Nodo 32	97.82	2		127	480		607	0.053
Tubería 32	480	Nodo 33	93.48						0	0
Tubería 33	170	Nodo 34	92.83	0					0	0
Tubería 34	130	Nodo 35	91.34	2		68	130		198	0.016
Tubería 35	74	Nodo 36	90.56	0					0	0
Tubería 36	92	Nodo 37	89.32	0					0	0
Tubería 37	27	Nodo 38	86.64	2		372	27		399	0.019
Tubería 38	225.45	Nodo 39	85.39	2	864	225.45			1089.5	0.02
Tubería 39	412	Nodo 40	87.06	0					0	0
Tubería 40	81	Nodo 41	94.46						0	0
Tubería 41	40	Nodo 42	93.42	2		40	229		269	0.066
Tubería 42	159	Nodo 43	92.23	1	222.19		97		319.19	0.076
Tubería 43	167	Nodo 44	91.56	2		75	164		239	0.015
Tubería 44	75	Nodo 45	91.13	2	392.58		190		582.58	0.088
Tubería 45	190	Nodo 46	87.61						0	0
Tubería 46	86	Nodo 47	87.06						0	0
Tubería 47	98	Nodo 48	86.79						0	0
Tubería 48	38	Nodo 49	86.82	1	177				177	0.015
Tubería 49	175	Nodo 50	88.63	0					0	0

Tabla de Red - Líneas		Tabla de Red - Nodos								
ID Línea	Longitud	ID Nodos	Cota (m)	C	N	E	S	O	Long.	Q asig (lps)
Tubería 50	177	Nodo 51	88.97	0					0	0
Tubería 51	130	Nodo 52	86.96	2			90	372	462	0.16
Tubería 52	90	Nodo 53	91.34	0					0	0
Tubería 53	125	Nodo 54	86.8	0					0	0
Tubería 54	372	Nodo 55	87.44	0					0	0
Tubería 55	164	Nodo 56	90.99	0					0	0
Tubería 56	189	Nodo 57	92.6	0					0	0
Tubería 57	97	Nodo 58	95.75	2			403	189	592	0.015
Tubería 58	229	Nodo 59	96.28						0	0
Tubería 59	242	Nodo 60	89.86						0	0
Tubería 60	228	Nodo 61	90.53	2	228			235	463	0.078
Tubería 61	272	Nodo 62	93.6	0					0	0
Tubería 62	199	Nodo 63	92.02	2	272			151	423	0.005
Tubería 63	137	Nodo 64	95.93	0					0	0
Tubería 64	235	Nodo 65	93.27	1	199				199	0.026
Tubería 65	150	Nodo 66	98.22	0					0	0
Tubería 66	151	Nodo 67	95.94	0					0	0
Tubería 67	127	Nodo 68	92.79	0					0	0
Tubería 68	318	Nodo 69	91.22	0					0	0
Tubería 69	372	Nodo 70	91.14	0					0	0
Tubería 70	200	Nodo 71	92.65	0					0	0
Tubería 71	403	Nodo 72	90.92	0					0	0
Tubería 72	520	Nodo 73	92	0					0	0

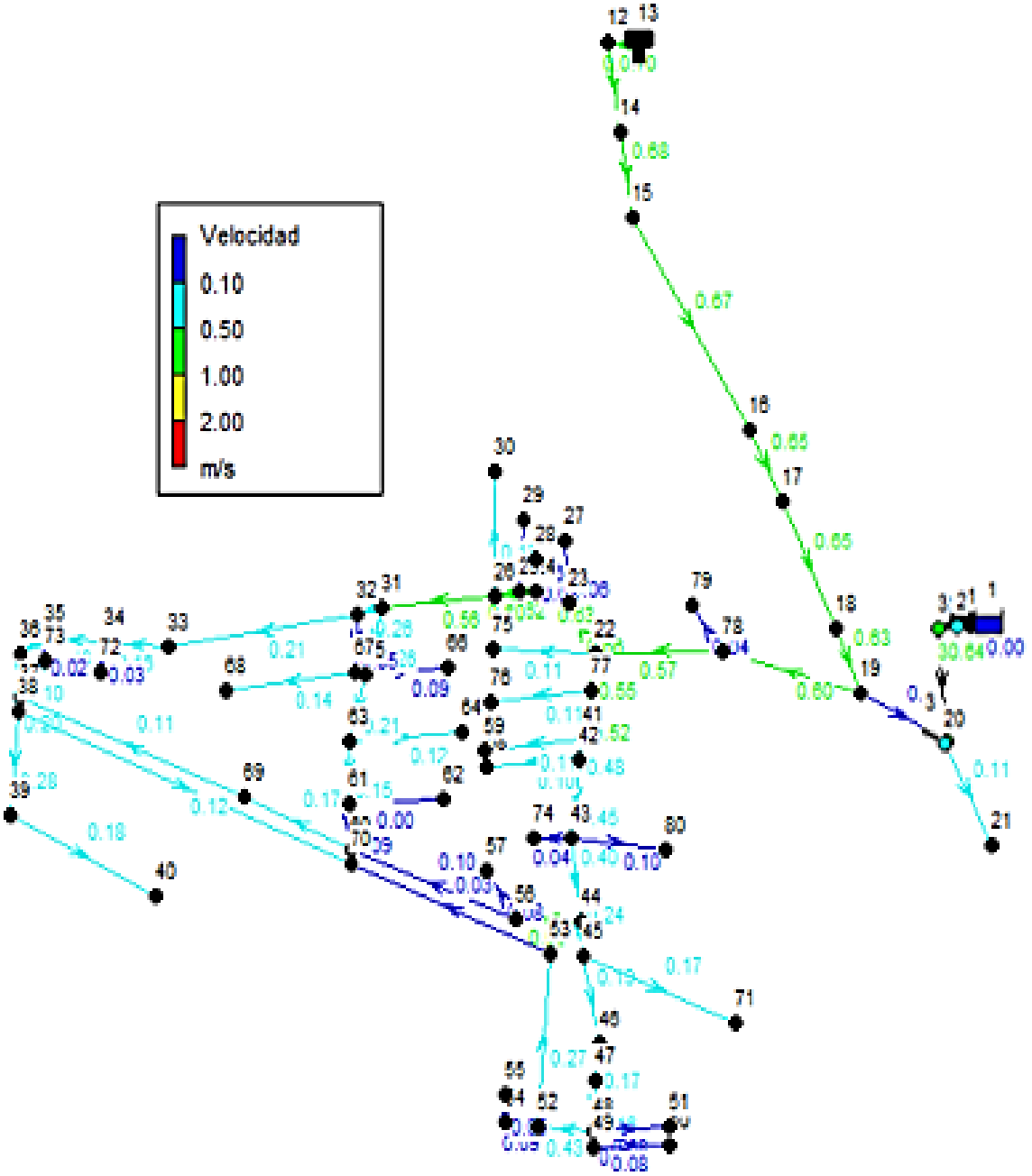
Tabla de Red - Líneas		Tabla de Red - Nodos								
ID Línea	Longitud	ID Nodos	Cota (m)	C	N	E	S	O	Long.	Q asig (lps)
Tubería 73	864	Nodo 74	93.63	0					0	0
Tubería 74	55	Nodo 75	99.27	0					0	0
Tubería 75	68	Nodo 76	95						0	0
Tubería 76	392.58	Nodo 77	94.72	2		110	244		354	0.014
Tubería 77	244	Nodo 78	101.88	2					0	0
Tubería 78	244	Nodo 79	103	0			300	340	640.17	0.019
Tubería 79	110	Nodo 80	96	0					0	0
Tubería 80	300	Embalse 1	15.54						0	
Tubería 81	340.17	Depósito 13	124.62						0	
Tubería 82	222.19									
Bomba 1									0	
				Total						1.12

Fuente: Elaboración propia.

3.3.8. Resultados obtenidos en el análisis del software EPANET

Al obtener dichos resultados de la simulación en el programa EPANET, se determinó que los nodos de la red, cumplen con parámetros de diseño, en los puntos críticos se ubicarán válvulas de limpieza con el objetivo de mantener las tuberías libres de sedimentaciones, esto permitirá un funcionamiento correcto del sistema.

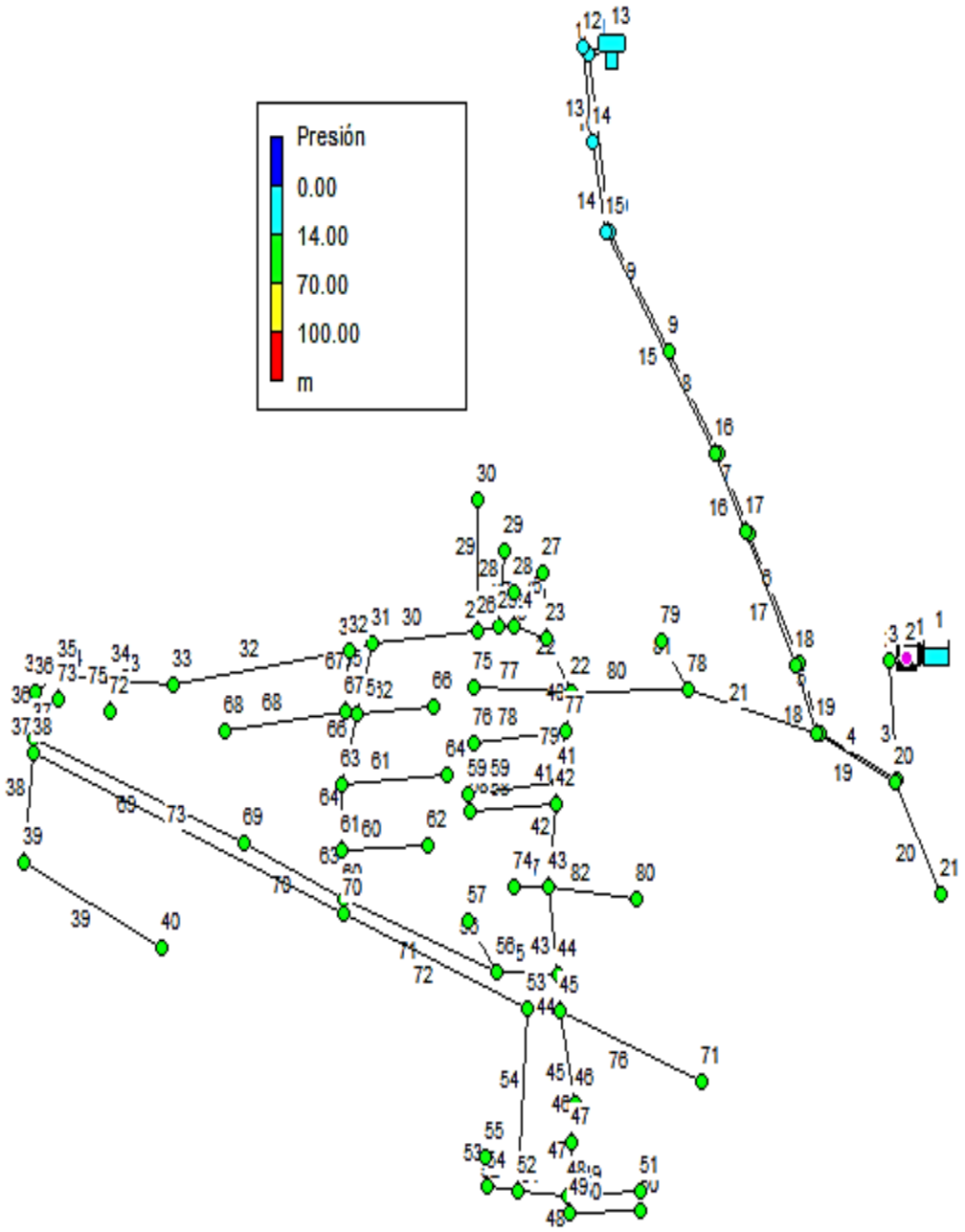
Ilustración 17 Velocidades en el sistema con consumo máximo horario



Fuente: Elaboración propia.

Uno de los parámetros de mayor importancia en el análisis del sistema es la presión en cada nodo, según las Normas Rurales ENACAL las presiones tienen que estar estimadas entre 14 m.c.a y 70 m.c.a, de tal forma que los resultados obtenidos están de acuerdo a lo indicado en las normas antes mencionadas.

Ilustración 18 Presiones en el sistema con consumo máximo horario



Fuente: Elaboración propia.

En esta tabla se presentan las características de trabajo de la red, además, muestra los elementos de cada una de las tuberías, tales como el diámetro, la longitud, las pérdidas, entre otros, además, aspectos como el caudal y la velocidad que pasan por las tuberías.

Tabla 27 Características de trabajo durante consumo máximo horario de las tuberías en la red

Tabla de las Líneas de la Red					
	Longitud	Diámetro	Caudal	Velocidad	Pérdida Unit.
ID Línea	m	mm	LPS	m/s	m/km
Tubería 2	114.15	200	4.84	0.15	3.16
Tubería 3	242.33	200	4.84	0.15	3.16
Tubería 4	213.25	200	4.84	0.15	3.16
Tubería 5	170.05	200	4.84	0.15	3.16
Tubería 6	274.33	200	4.84	0.15	3.16
Tubería 7	193.576	200	4.84	0.15	3.16
Tubería 8	266.82	200	4.84	0.15	3.16
Tubería 9	315.81	200	4.84	0.15	3.16
Tubería 10	380.36	200	4.84	0.15	3.16
Tubería 11	7.37	200	4.84	0.15	3.16
Tubería 12	10	150	1.05	0.53	6.55
Tubería 13	380.36	150	0.78	0.4	3.8
Tubería 14	315.81	150	0.62	0.32	2.5
Tubería 15	266.82	150	0.22	0.19	1.36
Tubería 16	193.58	150	0.02	0.02	0.02
Tubería 17	274.33	150	0.02	0.02	0.02
Tubería 18	170.05	150	0.02	0.01	0.01
Tubería 19	213.25	150	0.03	0.01	0.01
Tubería 20	260	50	0.03	0.01	0.01
Tubería 21	355	150	0.09	0.08	0.25
Tubería 22	140	150	-0.03	0.03	0.04
Tubería 23	80	150	-0.06	0.05	0.12
Tubería 24	40	150	0.04	0.03	0.05
Tubería 25	60	150	0.15	0.13	0.69
Tubería 26	130	50	0.12	0.11	0.47
Tubería 27	69	50	0.03	0.02	0.03
Tubería 28	148	50	0.34	0.17	0.82
Tubería 29	293	50	-1.05	0.53	6.55
Tubería 30	270	150	0.05	0.03	0.03
Tubería 31	70	150	0.46	0.24	1.44
Tubería 32	480	150	0.06	0.05	0.12
Tubería 33	170	150	0.04	0.04	0.06
Tubería 34	130	150	0.78	0.4	3.8
Tubería 35	74	150	0.02	0.01	0.01

Tabla de las Líneas de la Red					
	Longitud	Diámetro	Caudal	Velocidad	Pérdida Unit.
Tubería 36	92	150	0.34	0.3	3.11
Tubería 37	27	150	0.02	0.02	0.01
Tubería 38	225.45	50	0.1	0.09	0.33
Tubería 39	412	50	0.08	0.07	0.19
Tubería 40	81	150	0.08	0.07	0.19
Tubería 41	40	150	0.05	0.04	0.09
Tubería 42	159	150	2.15	1.09	24.77
Tubería 43	167	150	2.15	1.09	24.77
Tubería 44	75	150	2.15	1.09	24.77
Tubería 45	190	100	2.15	1.09	24.77
Tubería 46	86	100	2.15	1.09	24.77
Tubería 47	98	100	2.15	1.09	24.77
Tubería 48	38	100	2.15	1.09	24.77
Tubería 49	175	50	2.15	1.09	24.77
Tubería 50	177	50	2.15	1.09	24.77
Tubería 51	130	50	1.46	0.74	12.08
Tubería 52	90	50	-0.08	0.07	0.19
Tubería 53	125	50	1.38	0.7	10.94
Tubería 54	372	50	2.15	1.09	24.77
Tubería 55	164	50	2.15	1.09	24.77
Tubería 56	189	50	2.15	1.09	24.77
Tubería 57	97	50	2.15	1.09	24.76
Tubería 58	229	50	0.03	0.11	0.04
Tubería 59	242	50	0.34	0.02	0.12
Tubería 60	228	50	-1.05	0.17	0.05
Tubería 61	272	50	0.05	0.53	0.69
Tubería 62	199	50	0.46	0.03	0.47
Tubería 63	137	50	0.06	0.24	0.03
Tubería 64	235	50	0.04	0.05	0.82
Tubería 65	150	50	0.78	0.04	6.55
Tubería 66	151	50	0.02	0.4	0.03
Tubería 67	127	50	0.34	0.01	1.44
Tubería 68	318	50	0.02	0.3	0.12
Tubería 69	372	50	0.1	0.02	0.06
Tubería 70	200	50	0.08	0.09	3.8
Tubería 71	403	100	0.22	0.03	0.01
Tubería 72	520	100	0.02	0.05	3.11

Tabla de las Líneas de la Red					
	Longitud	Diámetro	Caudal	Velocidad	Pérdida Unit.
Tubería 73	864	100	0.02	0.03	0.01
Tubería 74	55	50	0.02	0.13	0.33
Tubería 75	68	50	0.03	0.11	0.19
Tubería 76	392.58	50	0.03	0.02	0.19
Tubería 77	244	50	0.09	0.17	0.09
Tubería 78	244	50	-0.03	0.53	24.77
Tubería 79	110	150	-0.06	0.03	24.77
Tubería 80	300	200	0.04	0.24	24.77
Tubería 81	340.17	50	0.15	0.05	12.08
Tubería 82	222.19	50	0.12	0.04	0.19
Bomba 1			4.84	0	-514.22

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla siguiente se muestra las conexiones de cada una de las tuberías, posterior a la simulación realizada en el software, estas fueron realizadas con consumo y sin consumo máxima hora, obteniendo resultados de forma exitosa, ya que los rangos de presiones están dentro de los parámetros establecidos por las Normas Rurales.

Tabla 28 Resumen de resultados de EPANET, en ambos casos (con consumo y sin consumo)

Tabla de Red -Nodos							
		Prueba con consumo máxima hora			Prueba sin consumo		
	Cota	Demanda	Altura	Presión	Demanda	Altura	Presión
ID Nodo	m	LPS	m	m	LPS	m	m
Nodo 2	107	0	133.49	26.49	0	133.89	26.54
Nodo 3	102.49	0	133.13	30.64	0	133.23	31.64
Nodo 4	100.82	0.12	132.37	31.55	0	132.87	31.66
Nodo 5	103.63	0.2	131.69	28.06	0	131.99	28.76
Nodo 6	104.27	0	131.16	26.89	0	131.16	26.99
Nodo 7	109.45	0.19	130.29	20.84	0	130.29	20.94
Nodo 8	110.51	0	129.68	19.17	0	129.68	19.87
Nodo 9	114.61	0.07	128.84	14.23	0	128.84	14.93
Nodo 10	118.88	0.1	127.84	18.96	0	127.84	19.96
Nodo 11	123.93	0	126.64	22.71	0	126.64	23.71
Nodo 12	123.93	0.1	126.62	22.69	0	127.06	22.89
Nodo 14	118.88	0.01	126.62	17.74	0	127.06	17.94
Nodo 15	114.61	0.03	126.62	15.01	0	127.06	15.39
Nodo 16	110.51	0.02	126.62	16.11	0	127.06	16.78
Nodo 17	109.45	0.05	126.62	17.17	0	127.06	17.99
Nodo 18	104.27	0.03	126.62	22.35	0	127.06	22.65
Nodo 19	103.63	0.04	126.62	22.99	0	127.06	22.98
Nodo 20	100.82	0.02	126.62	25.8	0	127.06	26.8
Nodo 21	99.99	0.02	126.62	26.63	0	127.06	27.63
Nodo 22	97.9	0.03	126.62	28.72	0	127.06	28.92
Nodo 23	99.18	0.02	126.62	27.44	0	127.06	27.94
Nodo 24	101.54	0.03	126.62	25.08	0	127.06	25.98
Nodo 25	100.09	0.05	126.62	26.53	0	127.06	26.59
Nodo 26	99.2	0.04	126.62	27.42	0	127.06	27.92
Nodo 27	104.47	0.02	126.62	22.15	0	127.06	22.95
Nodo 28	103.25	0.03	126.62	23.37	0	127.06	23.38
Nodo 29	104.27	0.03	126.62	22.35	0	127.06	22.65
Nodo 30	102.18	0	126.62	24.44	0	127.06	24.84
Nodo 31	94.14	0.01	126.62	32.48	0	127.06	32.78
Nodo 32	97.82	0.02	126.62	28.8	0	127.06	29.8
Nodo 33	93.48	0.02	126.62	33.14	0	127.06	33.84
Nodo 34	92.83	0.09	126.62	33.79	0	127.06	33.89
Nodo 35	91.34	0	126.62	35.28	0	127.06	35.98

Tabla de Red -Nodos							
	Prueba con consumo máxima hora				Prueba sin consumo		
Nodo 36	90.56	0.08	126.62	36.06	0	127.06	36.86
Nodo 37	89.32	0	126.62	37.3	0	127.06	37.83
Nodo 38	86.64	0	126.62	39.98	0	127.06	39.68
Nodo 39	85.39	0	126.62	41.23	0	127.06	41.73
Nodo 40	87.06	0	126.62	39.56	0	127.06	39.86
Nodo 41	94.46	0	126.62	32.16	0	127.06	32.86
Nodo 42	93.42	0	126.62	33.2	0	127.06	33.72
Nodo 43	92.23	0	126.62	34.39	0	127.06	34.99
Nodo 44	91.56	0	126.62	35.06	0	127.06	35.86
Nodo 45	91.13	0	126.62	35.49	0	127.06	35.99
Nodo 46	87.61	0	126.62	39.01	0	127.06	39.19
Nodo 47	87.06	0	126.62	39.56	0	127.06	39.86
Nodo 48	86.79	0	126.62	39.83	0	127.06	39.89
Nodo 49	86.82	0.1	126.62	39.8	0	127.06	39.88
Nodo 50	88.63	0.01	126.62	37.99	0	127.06	38.99
Nodo 51	88.97	0.03	126.62	37.65	0	127.06	37.85
Nodo 52	86.96	0.02	126.62	39.66	0	127.06	39.96
Nodo 53	91.34	0.05	126.62	35.28	0	127.06	35.88
Nodo 54	86.8	0.03	126.62	39.82	0	127.06	39.92
Nodo 55	87.44	0.04	126.62	39.18	0	127.06	40.18
Nodo 56	90.99	0.02	126.62	35.63	0	127.06	35.93
Nodo 57	92.6	0.02	126.62	34.02	0	127.06	34.82
Nodo 58	95.75	0.03	126.62	30.87	0	127.06	31.87
Nodo 59	96.28	0.02	126.62	30.34	0	127.06	30.74
Nodo 60	89.86	0.03	126.62	36.76	0	127.06	36.86
Nodo 61	90.53	0.05	126.62	36.09	0	127.06	37.09
Nodo 62	93.6	0.04	126.62	33.02	0	127.06	34.02
Nodo 63	92.02	0.02	126.62	34.6	0	127.06	34.76
Nodo 64	95.93	0.03	126.62	30.69	0	127.06	31.69
Nodo 65	93.27	0.03	126.62	33.35	0	127.06	34.35
Nodo 66	98.22	0	126.62	28.4	0	127.06	29.54
Nodo 67	95.94	0.01	126.62	30.68	0	127.06	31.68
Nodo 68	92.79	0.02	126.62	33.83	0	127.06	33.23
Nodo 69	91.22	0.02	126.62	35.4	0	127.06	36.4
Nodo 70	91.14	0.09	126.62	35.48	0	127.06	35.88
Nodo 71	92.65	0	126.62	33.97	0	127.06	33.97
Nodo 72	90.92	0.08	126.62	35.7	0	127.06	35.97

Tabla de Red -Nodos							
		Prueba con consumo máxima hora			Prueba sin consumo		
Nodo 73	92	0	126.62	34.62	0	127.06	35.62
Nodo 74	93.63	0	126.62	32.99	0	127.06	33.99
Nodo 75	99.27	0	126.62	27.35	0	127.06	27.75
Nodo 76	95	0	126.62	31.62	0	127.06	31.92
Nodo 77	94.72	0	126.62	31.9	0	127.06	32.9
Nodo 78	101.88	0	126.62	24.74	0	127.06	24.94
Nodo 79	103	0	126.62	23.62	0	127.06	24.62
Nodo 80	96	0	126.62	30.62	0	127.06	31.62
Embalse 1	15.54	-2.58	15.54	0	2.58	15.54	0
Depósito 13	124.62	0.69	126.62	1.45	-2.58	127.62	1.45

Fuente: Elaboración propia.

Nivel de servicio

El suministro de agua potable a las viviendas será por medio de conexiones domiciliares, las cuales se instalarán completamente con sus respectivos medidores y cajas de protección (779 Viviendas), para dar una cobertura del 100%.

3.3.9. Actividades de construcción

Preliminares

Dentro de las actividades preliminares, podemos mencionar la limpieza inicial, la cual consiste en la limpieza o el desmonte del terreno para la construcción del tanque de almacenamiento y la instalación del sistema de bombeo. Posterior a la limpieza del terreno se procede a al trazo y nivelación del terreno, esta consiste en determinar las dimensiones del terreno, así como las elevaciones del mismo. También dentro de esta etapa se debe tomar en cuenta, un sistema de señalización para indicar que, en el terreno, se está realizando una obra de construcción. Respecto a la fuente de abastecimiento se realizarán perforaciones para determinar en cuál de ellas habrá mejor caudal.

Línea de conducción

En esta etapa de construcción, se tienen en cuenta actividades como excavación de terreno en los ejes donde serán ubicadas las tuberías de la línea de conducción, luego se instalarán las tuberías de PVC, posteriormente su relleno y compactación de las mismas, una vez finalizada las actividades antes descritas, se deberá realizar una prueba hidrostática, con el fin de estimar que las tuberías son capaces de soportar las presiones a las cuales serán sometidas.

Línea de distribución

Respecto a las actividades de la línea de distribución, estará conformada de la misma forma que la línea de conducción, pero además se deben de tener en cuenta la instalación de las válvulas y accesorios que son de gran importancia y tienen que ser instaladas con el mayor cuidado posible.

Tanque de almacenamiento

Para la realización de las actividades en esta etapa en particular, primero se determinó el punto de mayor elevación, posteriormente se realizará el movimiento de tierra donde seria ubicado el tanque, luego su construcción como tal, la cual está conformada de mampostería y por último la instalación de válvulas y accesorios, así como una cerca perimetral que impida el acceso a personal no autorizado.

Fuente y obra de toma

Se diseñó la obra de captación para obtener el caudal en las condiciones requeridas, reducir al mínimo los costos de operación y mantenimiento, para esto se seleccionó materiales que garantizan su vida útil, así mismo se dimensionaron los elementos estructurales, con el fin de obtener su costo y eficiencia más razonable.

Estación de bombeo de agua potable

Entre las principales actividades a realizar en esta sección se encuentra, la construcción de la caseta de control, donde se supervisará, que todo el sistema esté trabajando de forma correcta, también las instalaciones eléctricas necesarias para dicho funcionamiento, además, de la construcción de cercas perimetrales y portones, para la seguridad de la estación de control.

Conexiones

Dentro de esta etapa, las actividades principales son, las conexiones domiciliares, las cuales deben ser instaladas de forma perpendicular a la matriz de agua, con trazo alineado, según el nivel de pendiente, así como instalación de válvulas y medidores de agua potable.

Planta de purificación

En esta sección la única actividad programada es la instalación de filtros presurizados, estos son de gran importancia, ya que permiten controlar las velocidades de los fluidos en las tuberías.

Limpieza final y entrega

Esta última etapa de construcción del proyecto, tiene como principales actividades la limpieza y entrega final del proyecto, así como la ubicación de la placa conmemorativa, que indicará la fecha en que el proyecto será entregado.

3.4. Aspectos legales y de funcionamiento

Todo proyecto requiere de una conformación legal, siendo este el caso en que los componentes que requieren legalidad a favor de la comunidad son el terreno de la fuente de captación y el predio donde se encontrará el filtro presurizado y el tanque de almacenamiento.

Se cuenta con escrituras de legalidad a favor de la municipalidad de Los Cocos, Verónica Lacayo y El Panal, tanto para el terreno de la fuente como para el terreno del tanque de almacenamiento, por tanto, la inversión en terrenos es cero.

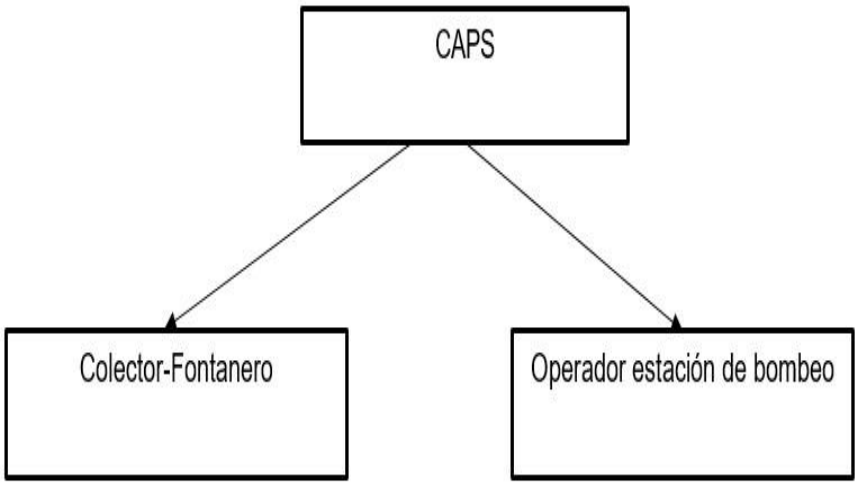
En dependencia de la modalidad del proyecto se realizarán capacitaciones a la junta directiva del CAPS, en los temas sobre administración, operación y mantenimiento del sistema de agua del tipo MABE. Por la complejidad del tipo de obra, el ingeniero, residente del proyecto, será el responsable de dirigir el evento de capacitación sobre la operación y mantenimiento de su sistema, para brindar conocimientos sobre la operación del sistema.

En el ámbito social, se brindarán conocimientos sobre la administración del sistema de agua como son el montaje de libros contables (libro diario, libro mayor, libro de actas) recibos de entradas y salidas, facturas; control de materiales, planillas de pago, lectura de medidores, rendiciones de cuentas, auditorías sociales cada 2 meses y otros. Para la lectura de medidores se capacitarán especialmente a 2 miembros de la directiva o del CAPS para que sean estos los que realicen la actividad de lectura de estos, en cada hogar. En estos temas se tratará que los miembros de la junta directiva y en especial el presidente y tesorero del CAPS dominen los conocimientos básicos contables para llevar la contabilidad del sistema y la buena administración de su proyecto. Para cada tema de capacitación se utilizarán las cartillas orientadas por FISE, sobre la administración del sistema de agua potable.

3.4.1. Organigrama

Para que el sistema funcione es necesario contar con una persona que se encargue de darle el mantenimiento necesario al sistema, el cual incluye la operación del equipo de bombeo, cloración y operación de válvulas durante dicho mantenimiento. La persona que el CAPS designe recibirá un salario mínimo por el tiempo dedicado a esta actividad.

Ilustración 19 Organigrama



Fuente: FISE.

Funciones de cada cargo

Colector—fontanero

Es el encargado de realizar las instalaciones de agua potable, además, posterior a la instalación de todo el sistema, se encarga de supervisar y reparar cualquier tubería que se evitara su correcto funcionamiento.

Operador de la estación de bombeo

Inspeccionar y verificar el adecuado funcionamiento de las bombas, válvulas, paneles, tuberías, controladores de presión y temperatura, instalaciones, motores y otros equipos del proceso de bombeo, además de diagnosticar y reportar fallas en lo equipos que requieran el consenso de personal especializado.

Días laborales

Los días laborales se han establecido de acuerdo al tipo de proyecto y al cargo del personal, es decir, el administrador y cobrador, estarán laborando de lunes a sábado hasta medio día, sin embargo, el operador deberá estar disponible los

siete días de la semana, debido a que tiene que estar pendiente del funcionamiento correcto de la estación de bombeo.

CAPITULO IV: ESTUDIO SOCIOECONÓMICO

4.1. Generalizaciones

Esta evaluación se realizó con el fin de comprobar la rentabilidad económica del proyecto, de igual manera, se encuentra plasmado un análisis de todos los flujos financieros del proyecto con el objetivo de determinar la capacidad y la rentabilidad del proyecto, además, se calcularon todos los costos, los cuales se obtienen en base al análisis técnico.

Las inversiones a realizar para la ejecución del proyecto social, pueden dividirse en áreas tales como: terrenos, infraestructura, prevención y mitigación ambiental, maquinarias y equipos, desarrollo de recursos humanos y planificación de la operación.

4.1.1. Vida útil

El proyecto está destinado a poseer una vida útil de 20 años, en los cuales se le dará completa satisfacción a las necesidades de la población, de igual modo contribuir al desarrollo de la comunidad ya que se eliminarán factores de enfermedades, ciclos de recolección de agua y otros factores que aquejan a las comunidades.

4.1.2. Moneda utilizada para evaluar los costos

Los valores monetarios están estimados en córdobas, porque los gastos fueron estimados en córdobas y todo lo referente al presupuesto es en córdobas.

4.2. Inversión del proyecto

En esta sección se analizan los diferentes factores e instrumentos utilizados en esta obra y los costos de cada uno de dichos factores.

4.2.1. Activos fijos

Los activos fijos o bienes tangibles son todos aquellos utilizados en el proceso de transformación de insumos o apoyos a la operación. La inversión total en activos fijos es de **C$20,463,082.06,** detallándose cada uno de los activos a continuación.

Terrenos

Se cuenta con escrituras de legalidad a favor de la municipalidad de Telica tanto para el predio de la fuente como para el predio del tanque de almacenamiento, por tanto, la inversión en terrenos es cero.

Edificaciones

Se realizará una caseta de control en la estación de bombeo, la cual estará resguardada y operada por una persona cuya función principal será vigilar la entrada del lugar solo permitiendo personal autorizado que den mantenimiento al sitio y operar la bomba en su encendido y apagado.

Presupuesto

A continuación, se presenta un resumen de cada una de las actividades, que corresponden a las etapas y sub etapas concernientes a la construcción del proyecto, además, de su respectivo costo y presupuesto.

Participación comunitaria

La participación comunitaria organizada se ha previsto en las etapas del ciclo del proyecto (formulación, ejecución, supervisión y seguimiento). La población de las comunidades ha participado en asambleas informativas y de concertación, donde se ha identificado, discutido y seleccionado el tipo de sistema de agua a construir. El CAPS será el encargado de organizar y dirigir las actividades para la ejecución del proyecto, garantizarán el cuido y buen uso de los materiales. A través de las asambleas la comunidad asumirá el compromiso de aportar la mano de obra para

la construcción del sistema, materiales locales (arena, piedra, agua), así como conformar su respectivo comité de seguimiento.

Es de gran importancia señalar que el aporte que la población dará, será de un monto total neto de C$ 2,098 por familia. El CAPS será el administrador que recibirá este aporte económico, ya que con el 80% del aporte comunitario total se dará el inicio de la construcción del proyecto.

Respecto al aporte comunitario, se ha contabilizado en cantidades monetarias, logrando así un valor total de **C$1,633,655.32**, el cual está distribuido en las diferentes etapas de la construcción del proyecto, como se muestra en la tabla de actividades de construcción. Al finalizar el proyecto las familias beneficiarias, serán los responsables del cuido y mantenimiento de las obras construidas, el CAPS apoyará en los trabajos de operación y mantenimiento que se requieran y el grado de organización para esta actividad.

Equipo

En este proyecto será utilizada una bomba de impulsión de agua desde el cárcamo de bombeo hacia el tanque de almacenamiento, la bomba es de 5 HP, mayor a los 4.486 HP que se requieren para superar la CTD, con un caudal de 400 litros por minuto, el cual satisface la demanda de 345.6 litros por minuto, con un diámetro de salida de 2 pulgadas. Este equipo tiene un costo de **C$ 50,575.68** córdobas netos.

La inversión total en edificaciones es de **C$ 20,412,506.38,** siendo este el rubro de inversión más alto, asumiendo que la mano de obra es parte de aporte comunitario tal como fue consensuado en asambleas comunitarias.

Tabla 29 Actividades de construcción del proyecto

ETAPA	SUB ETAPA	Descripción	U/M	CANT.	Costo Unitario	Costo Total C$
310	**CÓDIGO**	**Preliminares**	**GLB**			**504,764.95**
	31001	**Limpieza inicial.**	M2			284,357.23
	31002	**Trazo y nivelación**	ML	15,868.15	12.89	204,567.42
	31005	**Rotulo**	C/U			15,840.30
320		**Línea de conducción**	**ML**			**577,799.10**
	32001	**Excavación de tuberías.**	M3	1,496.88	168.20	251,776.26
	32011	**Relleno y compactación**	M3	9,100.84	84.90	127,081.82
	32015	**Instalación de tuberías PVC**	ML			3,192,223.16
	32023	**Pruebas hidrostáticas**	C/U	7.00	2,072.56	14,507.94
	32025	**Válvulas y accesorios**	C/U			20,106.46
330		**Línea de distribución**	**ML**			**3,483,653.86**
	33001	**Excavación de tuberías.**	M3	9,100.84	168.20	251,776.26
	33009	**Relleno y compactación**	M3	9,100.84	84.90	772,641.15
	33013	**Tubería PVC de 6"**	ML	2,492.55	379.33	945,488.62
	33014	**Tubería de 4" de diámetro**	ML	7,028.36	261.02	1,834,521.26
	33015	**Tuberías PVC de 2 "**	ML	6,347.24	64.49	409,348.24
	33022	**Pruebas hidrostáticas**	C/U	53.00	2,072.56	109,845.82
	33023	**Válvulas y accesorios**	C/U			20,106.46
335		**Tanque de almacenamiento**				**303,975.37**
	33502	**Tanque de almacenamiento**				229,363.16
	33503	**Válvulas y accesorios**				181,584.88
	33504	**Otros tipos de obras**	GLB			605.98
	33505	**Cerca perimetral y portones**				74,006.23
340		**Fuente y obras de toma**				**891,403.57**

ETAPA	SUB ETAPA	Descripción	U/M	CANT.	Costo Unitario	Costo Total C$
	34001	**Obras de captación**	C/U			588,637.45
345		**Estación de bombeo**	**GLB**			**128,036.12**
	34501	**Bomba**	**GLB**	**1**	**C$50,575.68**	**50,575.68**
	34502	**Caseta de control**	C/U			41,649.06
	34504	**Instalaciones eléctricas**	GLB			145,738.69
	34506	**Cercas perimetrales y portones**	C/U			28,991.32
350	**350**	**Conexiones**	**C/U**			**953,758.58**
	35001	**Conexiones domiciliares**	C/U			953,758.58
	35009	**Caja prefabricada de concreto para medidor de agua potable para uso domiciliar**				421,374.55
360	**360**	**Planta de purificación**	**C/U**			**400,374.40**
	36003	**Filtros presurizados**	C/U			400,374.40
370		**Limpieza final y entrega**				**7,406.20**
	37003	**Placa conmemorativa**	C/U			7,406.20
380	**38001**	**Edificaciones**				20,412,506.38
Total de costos en activos						**C$20,463,082.06**
Aporte comunitario						**C$1,633,655.32**

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30 Resumen de activos fijos

Descripción	Costo
Edificaciones	**C$20,412,506.38**
Equipos	**C$ 50,575.68**
Total	**C$20,463,082.06**

Fuente: Elaboración propia

4.2.2. Activos diferidos

Estudios

Estudios hidrogeológicos

Para determinar la fuente de abastecimiento de agua para el sistema de las comunidades de Los Cocos, Verónica Lacayo y El Panal, se han realizado un estudios hídricos que han incluido un estudio hidrogeológico, el cual ha arrojado como fuente optima la utilización de un pozo perforado, coordenadas UTM E 514230 y N 1318113, a una elevación de 102.49 metros sobre el nivel del mar. Dicho pozo tiene una profundidad aproximada de 91.44 metros. Se utilizará una bomba sumergible para impulsar el agua desde el nivel mínimo de bombeo hasta un tanque.

Calidad de aguas

Los resultados del análisis físico químico, y análisis bacteriológicos, obtenidos en la muestra del pozo existente, indican que el recurso hídrico propuesto corresponde a la categoría 1-A, es decir; aguas que pueden ser acondicionadas por medio de tratamientos convencionales, esto permite que el pozo sea utilizado como fuente principal, para abastecer a las comunidades en estudio.

Aforos

Para estimar los volúmenes máximos y mínimos de agua, se realizaron aforos que permiten determinar si la fuente es capaz de brindar las cantidades necesarias de líquidos para cubrir la demanda del proyecto.

Encuestas

Se realizaron encuestas con el fin de estimar las cantidades de familias que necesitan de este proyecto, para mejorar su calidad de vida.

En la siguiente tabla, se muestra un resumen de los costos de cada uno de los estudios que fundamentan, las condiciones de la fuente, esto permite realizar las mejoras en la calidad de este vital líquido, para posteriormente, llevarla hasta los hogares de cada una de estas familias.

Tabla 31 Resumen de activos diferidos

Estudios realizados	Costo C$
Hidrogeológico	C$ 89,120.19
Calidad de agua	C$ 70,545.00
Aforos	C$75,398.00
Encuestas	C$35,458.00
Total	**C$ 270,521.19**

Fuente: FISE

Para el arranque del proyecto es necesario la gestión legal de los terrenos, así como la elaboración de los estudios correspondientes, el costo total de inversión en activos diferidos es de **C$ 270,521.19**

Tabla 32 Inversión total del proyecto

Descripción	Costo
Activos Fijos	**C$20,463,082.06**
Activos Diferidos	**C$ 270,521.19**
Total	**C$ 20,733,603.25**

Fuente: Elaboración propia

Cabe resaltar que siendo FISE y la alcaldía las instituciones dueñas del proyecto y dado que esta es una institución exenta del pago de impuestos, no se estiman depreciaciones ni amortizaciones para los activos fijos y diferidos calculados respectivamente.

4.3. Costos de funcionamiento

Se consideran en los costos de funcionamiento y operación, los gastos de administración, personal de operación, fondo para reposición, reparaciones en el sistema y recuperación de la inversión.

Tabla 33 Costos anuales por salario

COSTO ANUAL DE SALARIOS					
No. Empleados	**Cargo**	**Salario mensual C$**	**Salario Anual**	**Aguinaldo**	**Total Anual**
1	Administrador y cobrador	C$7,000	C$84,000.00	C$7,000.00	C$91,000.00
1	Fontanero / operador	C$7,500.00	C$90,000.00	C$7,500.00	C$97,500.00
		TOTAL			C$188,500.00

Fuente: Elaboración propia.

Costos de mantenimiento

Los costos de mantenimiento comprenden los gastos en reparaciones menores en paredes y piso de los módulos construidos, de los filtros y sustitución de accesorios que se dañen en la red de agua, y los gastos de las restantes instalaciones.

Tabla 34 Producción de agua por año

Tabla de Datos	
No. Conexiones =	779
Dotación (lppd) =	55
Dotación extra domiciliar= (lppd)	52.593
Tiempo (días) =	365

Año		Población	No. Viviendas	Hab/ No. Viv.	Consumo total viviendas (m3/año)	Consumo/ Vivienda (m3/año)	Consumo / Vivienda (m3/mes)	Dotación Extradomiciliar x mes	20% pérdidas (m3 x año)	Agua no contabilizada	m3 de agua producida * año
0	2021	2754	779	3.54	58064.34	74.53702	8.9114184	362.08	35009.677	12047.36	73520.321
1	2022	2822	798	3.53	59515.95	74.53702	8.9114184	362.08	35805.079	12337.69	75190.665
2	2023	2892	818	3.53	61003.85	74.537023	8.9114184	362.08	36620.366	12635.27	76902.768
3	2024	2965	839	3.53	62528.94	74.53702	8.9114184	362.08	37456.035	12940.28	78657.673
4	2025	3039	860	3.53	64092.17	74.537023	8.9114184	362.08	38312.596	13252.93	80456.451
5	2026	3115	881	3.53	65694.47	74.537021	8.9114184	362.08	39190.571	13573.39	82300.198
6	2027	3193	903	3.53	67336.83	74.53702	8.9114184	362.08	40090.495	13901.86	84190.039
7	2028	3272	926	3.53	69020.26	74.537024	8.9114184	362.08	41012.917	14238.55	86127.126
8	2029	3354	949	3.53	70745.76	74.537022	8.9114184	362.08	41958.4	14583.65	88112.641
9	2030	3438	973	3.53	72514.4	74.537022	8.9114184	362.08	42927.52	14937.38	90147.793
10	2031	3524	997	3.53	74327.26	74.537022	8.9114184	362.08	43920.868	15299.95	92233.823
11	2032	3612	1022	3.53	76185.45	74.537022	8.9114184	362.08	44939.05	15671.59	94372.005
12	2033	3702	1048	3.53	78090.08	74.537022	8.9114184	362.08	45982.686	16052.51	96563.641
13	2034	3795	1074	3.53	80042.34	74.537023	8.9114184	362.08	47052.413	16442.96	98810.068
14	2035	3890	1101	3.53	82043.39	74.537023	8.9114184	362.08	48148.884	16843.17	101112.66
15	2036	3987	1128	3.53	84094.48	74.537023	8.9114184	362.08	49272.766	17253.39	103472.81
16	2037	4087	1156	3.53	86196.84	74.537021	8.9114184	362.08	50424.745	17673.86	105891.96
17	2038	4189	1185	3.53	88351.76	74.537023	8.9114184	362.08	51605.524	18104.85	108371.6
18	2039	4294	1215	3.53	90560.56	74.537023	8.9114184	362.08	52815.822	18546.61	110913.23
19	2040	4401	1245	3.53	92824.57	74.537023	8.9114184	362.08	54056.377	18999.41	113518.39
20	2041	4511	1276	3.53	95145.18	74.537021	8.9114184	362.08	55327.947	19463.53	116188.69

Fuente: Elaboración propia.

Costos de operación

La presente tabla, muestra los gastos de energía mensuales, que son necesarios para el funcionamiento del sistema de bombeo, durante las 16 horas de funcionamiento por día.

Tabla 35 Costos anuales por gastos de energía eléctrica

Consumo de Energía Eléctrica por Año					
		Tipo de Categoría : Energía convencional			
	Producción Agua Potable	Consumo de Energía	Horas de bombeo	Tarifa aplicada autorizada	Total Facturas mensual
Mes	m³	KWh		C$ /Kwh	En Córdobas
1	6,126.69	4.5	16	C$7.80	C$16,848.00
2	6,126.69	4.5	16	C$7.80	C$16,848.00
3	6,126.69	4.5	16	C$7.80	C$16,848.00
4	6,126.69	4.5	16	C$7.80	C$16,848.00
5	6,126.69	4.5	16	C$7.80	C$16,848.00
6	6,126.69	4.5	16	C$7.80	C$16,848.00
7	6,126.69	4.5	16	C$7.80	C$16,848.00
8	6,126.69	4.5	16	C$7.80	C$16,848.00
9	6,126.69	4.5	16	C$7.80	C$16,848.00
10	6,126.69	4.5	16	C$7.80	C$16,848.00
11	6,126.69	4.5	16	C$7.80	C$16,848.00
12	6,126.69	4.5	16	C$7.80	C$16,848.00
Total	73,520.28	54	192	C$93.60	**C$202,176.00**

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla siguiente, se muestra las principales características del equipo de bombeo, entre estas se adjunta el consumo, las horas que funcionará la bomba por día, además del gasto de energía mensual, que permite el buen funcionamiento del equipo de bombeo.

Tabla 36 Capacidad del equipo de bombeo

Capacidad del Equipo de Bombeo			
2HP			
Consumo E	Horas	Días	Khw/mes
4.5	16	30	2160

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presentan los gastos en productos químicos, que se requieren para mejorar la calidad de agua que consume la población.

Tabla 37 Costo anual de producción de químicos

Determinación de Costo Anual de Productos Químicos							
Año	**Producción (m^3/año)**	**producción lts**	**mg / lts**	**concentración mg/lts**	**Cloro litros**	**cloro C$/gls**	**C$ Totales**
1	73,520.321	73520321	2	120000	495.88	130	**17,031.55**

Fuente: Elaboración propia.

Posterior a la construcción e inicio del funcionamiento del proyecto, es necesario estimar los costos que conlleva el cuido y mantenimiento del proyecto, es por ello, que les presentamos un resumen de los costos que permiten que el proyecto funcione de forma óptima.

Tabla 38 Resumen de gastos anuales de mantenimiento

Gastos Anuales de Mantenimiento	
Costos de mantenimiento de red	C$ 15,000.00
Costos mantenimiento equipos	C$ 18,000.00
Materiales	C$ 2,500.00
Costos de mantenimiento de tanque	C$ 16,000.00
Costos de personal técnico para el mantenimiento	C$ 5,000.00
Total	**C$ 56,500.00**

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla, se pueden identificar, los gastos administrativos anuales, entre estos se observa, papelería, viáticos, servicios telefónicos, además de los pagos anuales de los encargados de la supervisión correcta del proyecto.

Tabla 39 Resumen de costos anuales de administración

Descripción	C$
Papelería y Útiles de Oficina	C$ 450.00
Servicios de Teléfonos	C$ 500.00
Viáticos	C$ 1,200.00
Útiles de Limpieza	C$ 500.00
Elaboración de Facturas	C$ 1,500.00
Otros	C$ 1,000.00
Total	C$ **5,150**

Fuente: Elaboración propia.

Los gastos de operación están compuestos principalmente por la energía eléctrica, productos químicos, los cuales permiten una mejora en la calidad de agua que se brinda a la población, la siguiente tabla, se presentan los costos anuales de estos insumos.

Tabla 40 Gastos anuales de operación

Descripción	C$
Energía eléctrica	202,176
Productos químicos	17,031.55
Costos anual de salario (OyM)	188,500
Costos administración	5,150
Total	**412,857.55**

Fuente: Elaboración propia.

Luego de estimar, cada una de los gastos necesarios anualmente, para el buen funcionamiento del equipo de bombeo, les presentamos el valor monetario total, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 41 Costos totales anuales

Descripción	C$
Gastos de administración y comerciales	C$ **5,150**
Mantenimiento	C$ **56,500.00**
Operación	C$ **412,857.55**
Total	**C$ 474,507.55**

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, al cálculo de los gastos anuales en el año, se procedió a estimar los incrementos que estos presentaran por motivos del ritmo de la inflación, que para el cierre del año 2018 fue estimado con un valor porcentual de 2.89%.

Tabla 42 Costos anuales proyectados

Año	Proyección de costos C$
0	C$474,507.55
1	C$488,220.82
2	C$502,330.40
3	C$516,847.75
4	C$531,784.65
5	C$547,153.22
6	C$562,965.95
7	C$579,235.67
8	C$595,975.58
9	C$613,199.27
10	C$630,920.73
11	C$649,154.34
12	C$667,914.90
13	C$687,217.64
14	C$707,078.23
15	C$727,512.79
16	C$748,537.91
17	C$770,170.66
18	C$792,428.59
19	C$815,329.78
20	C$838,892.81

Fuente: Elaboración propia.

4.4. Ingresos

Los ingresos presentados en la siguiente sección, se componen de ingresos por la tarifa, como se muestra a continuación, por otra parte, tenemos los ingresos por los benéficos en reducción de enfermedades e incremento en actividades, se procedió a estimar los incrementos que éstos presentarán por motivos de ritmos de inflación, que para el cierre del año 2018 fue estimado con un valor porcentual de 2.89%.

Tarifa

Para el cálculo de la tarifa del proyecto se utilizó como documento base la cartilla para el cálculo de tarifas en pequeños sistemas de agua potable. Para obtener dicho costo se utilizó la formula siguiente:

$$CP = \frac{OMA + RAF}{V}$$

Ecuación 46 Cálculo de tarifa para pequeños sistemas de agua potable

Donde:

OMA=(SP+EE+PQ+M) +GA
RAF= Costo de Reposición de los activos Fijos
V= Volumen de agua facturado en un año expresado en m³.
V = [P * (1 – ANC)], donde ANC es el agua no contabilizada o perdidas máximas admisibles del 20% (ANC = 0.20).
O y M = Costos de operación y mantenimiento
SP = Salarios y prestaciones sociales.
EE = Energía eléctrica.
PQ = Productos químicos.
M = Materiales.
GA = Gastos de administración

Tabla 43 Metodología utilizada en la elaboración de la tarifa

Estado del Flujo de Efectivo Anual - Agua Potable (En Córdobas)	
Viviendas Servidas - Conexiones (Unidades)	779
% del Total, Viviendas servidas	100%
Volumen de Ventas (m^3)	73,520.32
Ventas (m^3)	73,520.32
Egresos (C$)	**474,508**
Tarifa a Costos promedios C$/$m^3$ Fórmula	6.46
Tarifa a Costos Promedios C$/$m^3$ Valor	6.46
Utilidad sobre ventas	1%
Rebajas anuales (máximo)	**1%**
Agua no Contabilizada	**20%**
Total viviendas en el último año de la proyección	1276
Tarifa promedio estimada	
Consumo promedio por vivienda en m^3/mes	8.9
Tarifa promedio estimada C$/mes	57.49

Fuente: Elaboración propia

Como resultado se obtiene una tarifa de **6.46 C$/$m^3$,** es decir aproximadamente 8.9m^3, lo que equivale a **C$ 57.49 mensual.**

Los ingresos económicos que presenta el proyecto, están establecidos, a partir de la tarifa mostrada anteriormente. A continuación, se muestra el cálculo de los ingresos aproximados del proyecto, estimando los consumos de la población.

Tabla 44 Cuadro Ingresos

	Año	Población	No viviendas	Consumo/ vivienda m3	Precio m3/mes	Tarifa C$ Vivienda	Tarifa mensual	Ingresos totales anuales C$
0	**2021**	2754	779	8.9	C$6.46	C$57.49	C$44,787.83	C$552,986.33
1	**2022**	2822	798	8.9	C$6.46	C$57.49	C$45,880.21	C$566,473.80
2	**2023**	2892	818	8.9	C$6.46	C$57.49	C$47,030.09	C$580,671.14
3	**2024**	2965	839	8.9	C$6.46	C$57.49	C$48,237.47	C$595,578.35
4	**2025**	3039	860	8.9	C$6.46	C$57.49	C$49,444.84	C$610,485.55
5	**2026**	3115	881	8.9	C$6.46	C$57.49	C$50,652.21	C$625,392.76
6	**2027**	3193	903	8.9	C$6.46	C$57.49	C$51,917.08	C$641,009.83
7	**2028**	3272	926	8.9	C$6.46	C$57.49	C$53,239.44	C$657,336.77
8	**2029**	3354	949	8.9	C$6.46	C$57.49	C$54,561.81	C$673,663.71
9	**2030**	3438	973	8.9	C$6.46	C$57.49	C$55,941.66	C$690,700.51
10	**2031**	3524	997	8.9	C$6.46	C$57.49	C$57,321.52	C$707,737.32
11	**2032**	3612	1022	8.9	C$6.46	C$57.49	C$58,758.87	C$725,483.99
12	**2033**	3702	1048	8.9	C$6.46	C$57.49	C$60,253.71	C$743,940.53
13	**2034**	3795	1074	8.9	C$6.46	C$57.49	C$61,748.56	C$762,397.07
14	**2035**	3890	1101	8.9	C$6.46	C$57.49	C$63,300.89	C$781,563.48
15	**2036**	3987	1128	8.9	C$6.46	C$57.49	C$64,853.23	C$800,729.88
16	**2037**	4087	1156	8.9	C$6.46	C$57.49	C$66,463.06	C$820,606.16
17	**2038**	4189	1185	8.9	C$6.46	C$57.49	C$68,130.39	C$841,192.30
18	**2039**	4294	1215	8.9	C$6.46	C$57.49	C$69,855.21	C$862,488.31
19	**2040**	4401	1245	8.9	C$6.46	C$57.49	C$71,580.03	C$883,784.31
20	**2041**	4511	1276	8.9	C$6.46	C$57.49	C$73,362.34	C$905,790.19

Fuente: Elaboración propia.

4.5. Análisis de beneficio

Con relación a la calidad del agua que consume la población de las comunidades, el 75 % de las familias considera que el agua que consumen es de mala calidad, el otro 25% de ellos consideran que el agua que consumen es normal.

De lo anterior se desprenden los beneficios sociales que aporta el proyecto, estos los podemos resumir en lo siguiente:

- Disminuye el gasto de dinero en compra de medicamentos y transporte para combatir las enfermedades de origen hídrico.

- Aumente la productividad dentro de las comunidades una vez puesto en operación el sistema, ya que disponen de mayor tiempo para las actividades.

- Mejora las condiciones de vida en general de la población, ya que la incidencia de enfermedades se verá reducida en gran medida con la puesta en marcha del proyecto.

Según datos del MINSA en promedio una familia gasta aproximadamente C$5,200 anuales, cada vez que se enferman, además, de los gastos por disminución de tiempo en actividades productivas, según la Organización Mundial de la Salud (OMS) cuando un sistema de abastecimiento de este tipo, se establece que los beneficios pueden variar desde un 60 a un 90%, si se asume el rango menor del 60%, se puede establecer el siguiente ahorro como beneficio. (OMS, 2008)

A continuación, se presenta la metodología utilizada para estimar los beneficios por enfermedades e incrementos productivos, que serán producidos, una vez que el proyecto se ponga en marcha.

En la siguiente tabla se muestran a detalle, los beneficios por incrementos productivos, los pobladores invierten 15 horas en halar agua que para su consumo mensual ya que en promedio tardan 30 minutos a diario, con un costo de trabajo por hora de C$33.33, considerando que almenos el 50% del tiempo que ocupan en halar agua, lo invirtieran en actividades económicas, se tendría un total de C$250, y habría un ahorro mensual por persona de C$62.50, con un ahorro total anual de C$750.

Tabla 45 Beneficios por incrementos productivos

Descripción	Valor monetario
Horas en halar de agua (mes)=	15.00
Costo de una hora laboral (C$ / hora) =	C$33.33
Si se considera que el 50% de este tiempo es invertido en actividades económicas se tiene (C$ / mes) =	C$ 500
Considerando que se tiene 4 hab / vivienda	C$ 250
Se obtiene el ahorro mensual por persona	C$ 62.50
Para obtener un ahorro total anual por habitante	C$ 750.00

Fuente: FISE

Tabla 46 Metodología de beneficio por reducción de enfermedades

Descripción	Valor monetario
Se estima un costo promedio diario para el estado, por estadía en el Centro de Salud*	C$200.0
Personas que no asistirán al centro de salud por enfermedades de origen hídrico (mes) por cada familia =	2
Ingreso promedio mensual	C$2,000.0
Se asume que el costo de la medicina representa un 12% del IPM de cada vivienda, por tanto (C$ / familia *mes)=	C$240.0
El ahorro mensual será de (C$ / familia * mes) =	C$880
Número de familias en la comunidad =	779
Considerando que se tiene 4 habitantes / familia	C$220.0
Ahorro por disminución de enfermedades por persona anual	C$2,640.0

Fuente: FISE.

En la tabla anterior se contabiliza un costo promedio diario para el estado de C$200, esta cifra se estima por los medicamentos y desinfectantes, que el Centro de Salud utiliza y provee de forma gratuita al ciudadano que se presenta a consulta, con la potabilización de agua que plantea este proyecto se espera que en promedio 2 habitantes por vivienda no asistan al Centro de Salud por enfermedades de origen hídrico, al haber esta reducción de enfermedades, se calcula una disminución de gasto por persona anual de C$2,640.

En la siguiente tabla, se presenta un resumen de las cuantificaciones en cantidades numéricas de los beneficios que se prevén una vez puesto en operación el proyecto.

Tabla 47 Beneficios por enfermedades e incremento por productividad

Año	Población Total	Población que labora (39.15%)	Población que se enferma (50%)	Beneficio por disminución de enfermedades por persona anual	Beneficio por incremento en actividades productivo por trabajador anual	Beneficio total
0	2754	1078	1377	C$2,640.00	C$750.00	C$2,221,961.625
1	2822	1105	1411	C$2,716.30	C$771.68	C$4,685,250.23
2	2892	1132	1446	C$2,794.80	C$793.98	C$4,940,230.78
3	2965	1161	1483	C$2,875.57	C$816.92	C$5,211,308.86
4	3039	1190	1520	C$2,958.67	C$840.53	C$5,495,737.53
5	3115	1220	1558	C$3,044.18	C$864.82	C$5,795,974.96
6	3193	1250	1597	C$3,132.15	C$889.82	C$6,112,804.91
7	3272	1281	1636	C$3,222.67	C$915.53	C$6,445,076.54
8	3354	1313	1677	C$3,315.81	C$941.99	C$6,797,528.07
9	3438	1346	1719	C$3,411.63	C$969.21	C$7,169,138.84
10	3524	1380	1762	C$3,510.23	C$997.22	C$7,560,842.40
11	3612	1414	1806	C$3,611.68	C$1,026.04	C$7,973,613.76
12	3702	1449	1851	C$3,716.05	C$1,055.70	C$8,408,471.08
13	3795	1486	1898	C$3,823.45	C$1,086.21	C$8,868,814.43
14	3890	1523	1945	C$3,933.94	C$1,117.60	C$9,353,551.81
15	3987	1561	1994	C$4,047.64	C$1,149.90	C$9,863,847.69
16	4087	1600	2044	C$4,164.61	C$1,183.13	C$10,403,463.00
17	4189	1640	2095	C$4,284.97	C$1,217.32	C$10,971,267.82
18	4294	1681	2147	C$4,408.81	C$1,252.50	C$11,571,286.96
19	4401	1723	2201	C$4,536.22	C$1,288.70	C$12,202,369.16
20	4511	1766	2256	C$4,667.32	C$1,325.94	C$12,868,821.75

Fuente: Elaboración propia.

Los ingresos totales estimados para el cálculo del FNE en la siguiente sección, se componen tanto de la tarifa calculada, a partir del consumo de la población y de los beneficios obtenidos una vez que el proyecto inicie su función, incluyendo en todos éstos una tasa de inflación del 2.89%.

4.6. Tasa Mínima de Rendimiento TREMA

Dado que este proyecto se encuentra dentro del cartero de proyectos sociales la TREMA, la tasa a utilizar será la Tasa Social de Descuento para Nicaragua, la cual está estimada en **8%.**

4.7. Flujo Neto de Efectivo (FNE)

A continuación, se muestra el FNE usando la tarifa de los CAPS o tarifa social.

El flujo neto de efectivo, se puede estimar de la siguiente forma, debido a que el proyecto está libre de impuestos y/o amortizaciones.

$$\text{FNE} = \text{Ingresos totales} - \text{Costos totales}$$

Ecuación 47 Flujo Neto de Efectivo

Tabla 48 Flujo Neto de Efectivo, usando tarifa social.

Años	Ingresos	Costos Totales	Inversión	FNE
0			C$20733,603.25	-C$20733,603.25
1	C$5251,724.03	C$488,220.82		C$4763,503.21
2	C$5520,901.92	C$502,330.40		C$5018,571.52
3	C$5806,887.20	C$516,847.75		C$5290,039.45
4	C$6106,223.08	C$531,784.65		C$5574,438.43
5	C$6421,367.72	C$547,153.22		C$5874,214.50
6	C$6753,814.74	C$562,965.95		C$6190,848.79
7	C$7102,413.31	C$579,235.67		C$6523,177.64
8	C$7471,191.78	C$595,975.58		C$6875,216.20
9	C$7859,839.35	C$613,199.27		C$7246,640.08
10	C$8268,579.72	C$630,920.73		C$7637,658.99
11	C$8699,097.75	C$649,154.34		C$8049,943.41
12	C$9152,411.61	C$667,914.90		C$8484,496.71
13	C$9631,211.50	C$687,217.64		C$8943,993.86
14	C$10135,115.29	C$707,078.23		C$9428,037.06
15	C$10664,577.58	C$727,512.79		C$9937,064.79
16	C$11224,069.16	C$748,537.91		C$10475,531.25
17	C$11812,460.12	C$770,170.66		C$11042,289.46
18	C$12433,775.27	C$792,428.59		C$11641,346.67
19	C$13086,153.47	C$815,329.78		C$12270,823.70
20	C$13774,611.94	C$838,892.81		C$12935,719.13
TREMA	**8%**			
VAN	**C$46,190,778.21**			
TIRE	**28%**			

Fuente: Elaboración propia.

4.8. Periodo de Recuperación de la Inversión (PROI)

El período de recuperación hace referencia al número de periodos en años necesarios para recuperar la inversión inicial, se calcula con la suma del valor de cada año consecutivo hasta que iguale o sea mayor a la inversión.

En este caso, el costo estimado del proyecto, se recuperará en cuatro años y siete días, considerando el valor del dinero en el tiempo.

4.9. Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIRE)

Al analizar los indicadores financieros se puede observar que, como resultado de aplicar una tarifa social, esto permite la recuperación de la inversión con un VAN de **C$46,190,778.21** lo que indica que el proyecto es rentable usando tarifa social y se podrán realizar reinversiones en el futuro.

Respecto a la tasa interna de retorno (TIRE), se determinó una tasa del **28%,** mayor que la impuesta por el TREMA del **8%,** lo que comprueba la rentabilidad del proyecto.

4.10. Relación Beneficio/Costo (B/C)

Al analizar la relación beneficio/costo del proyecto se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 49 Relación Beneficio/Costo

Relación Beneficio/Costo	
Ingresos Totales	C$76549,905.21
Egresos Totales	C$5930,261.50
E/Inversión	C$26663,864.75
B/C	2.87092

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

En base al estudio de pre factibilidad que se elaboró se puede concluir que:

- Según el diagnóstico de la situación actual en las comunidades de Los Cocos, Verónica Lacayo y El Panal, se comprobó que estas comunidades no cuentan con un sistema de agua potable, es por esto que todas las viviendas hacen usos de pozos excavados. La población en las tres comunidades es de 2754 habitantes y todos los días se ven en la necesidad de jalar agua y en otros casos acarrear el agua la cual no es apta para el consumo humano. El agua que consumen no tiene ningún tratamiento y como consecuencia es un factor muy influyente en diferentes enfermedades que se presentan en estas comunidades.

- Durante el estudio se determinó la fuente de abastecimiento para la construcción del MABE de dos opciones probables, seleccionando la fuente de mayor aforo, para esta se estableció la dotación para una población estimada y proyectada para 20 años.

- La realización de este proyecto de acuerdo al diseño que se elaboró, tendría como resultado un total de 4511 habitantes beneficiados en el año 20 de diseño, esta población contará con un sistema de abastecimiento de agua potable lo cual mejorará la calidad de vida y disminuirá en gran cantidad las enfermedades a las que se exponían por tomar agua no potabilizada.

- En base a los resultados de los indicadores económicos **VAN** y **TIRE** con tarifa social de C$ **6.46** por metro cúbico consumido, el proyecto resulta rentable, debido a que se lograría recuperar la inversión al final del periodo de diseño con un **VAN** de **C$46,190,778.21,** por otro lado, en la **TIRE** se

determinó una tasa del **28%,** mayor que la impuesta por el **TREMA** del **8%,** lo que comprueba la rentabilidad del proyecto.

5.2. Recomendaciones

De acuerdo al estudio realizado en las tres comunidades es importante tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Supervisión periódica de los entes gubernamentales involucrados de manera directa e indirecta en este proyecto, tales como: ENACAL, Alcaldía Municipal, Unión Fenosa, MINSA y MINED.

- Se recomienda que los CAPS realicen reuniones periódicas con los pobladores beneficiados, para efecto de un control cruzado entre comunidad y sistemas de agua.

- Para lograr mantener una calidad de agua óptima para el consumo de la población se debe de capacitar al personal encargado de la operación y mantenimiento del sistema (Fontanero y Operador de Estación de Bombeo).

- Monitorear la calidad del agua que se le brindará a la población a través de la realización de un análisis físico-químico, bacteriológico de la fuente por lo menos una vez al año esto con el objetivo de evitar posibles enfermedades en la población.

- Mantener la coordinación en la población mediante los CAPS para la protección de la inversión (Sistema de Abastecimiento de Agua Potable) porque necesita mantenimiento gradual para cumplir con el periodo de diseño propuesto.

Bibliografía

SNIP. (2001). *Guia de formulación y Evaluación de Proyectos de inversión*.

Angarita, R. (s.f.). Obtenido de fuentes abastecimiento.

BANCO MUNDIAL. (2012). *Trabajos técnicos del departamento de medio ambiente*. Obtenido de Banco Mundial.

CAPRE, N. R. (1993). *Normas de Calidad del Agua para consumo Humano.* República de Nicaragua.

ENACAL. (Marzo de 2006). *ABC sobre el recurso agua y su situación en Nicaragua*. Obtenido de www.enacal.com.ni: www.enacal.com.ni/media/imgs/información/ABCdelagua2.pdf

ENACAL. (Marzo de 2006). *ABC sobre el Recurso Agua y su situación en Nicaragua*. Obtenido de www.enacal.com.ni: www.enacal.com.ni/media/imgs/información/ABC delagua2.pdf

FISE. (2008). *Operación y Mantenimiento del MAG*. Obtenido de FISE.

Guía de diseño de proyectos sociales. (2011).

INAA. (1989). *Diseño de Abastecimiento de Agua en el Medio Rural*. Obtenido de INAA.

INAA. (2006). *Normas rurales de sistemas de abastecimiento de agua y saneamiento.*

N.S, Chain. (2011).

NTON. (1999). *Normas tecnicas de diseño de Sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural.*

OMS, O. M. (2008). Guias para la calidad del agua.

SNIP. (2001). *Guia de formulación y evaluación de proyectos de inversión*.

Urbina, G. B. (2001). *Formulación de Proyectos.* Mexico DF.

Urbina, G. B. (2010). *Evaluacion de Proyectos.*

Vilar, J. (1992). *Diagnóstico de situación.* Obtenido de Dialnet.