



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**DISEÑO DE UN MINI ACUEDUCTO POR BOMBEO ELÉCTRICO Y SANEAMIENTO
BÁSICO RURAL EN LA COMUNIDAD JOCOTE ARRIBA DEL MUNICIPIO DE
CONDEGA, DEPARTAMENTO DE ESTELÍ**

Para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por

Br. Denis Eduardo Hernández Picado

Br. Claudio Yamir Joya Ponce

Br. Dermo Josell Torrez Ruiz

Tutor

M.Sc. Ing. José Ángel Baltodano Maldonado

Managua, Abril 2021

Agradecimientos

Primeramente, agradecemos a Dios por habernos dado vida y salud en todo momento durante este proceso.

A nuestras familias quienes nos apoyaron siempre en todo lo que estuvo a su alcance y mucho más, ya que sin ellos no podríamos haber llegado tan lejos.

A nuestros amigos y compañeros de universidad con los que compartimos grandes momentos, sueños y metas que siempre recordaremos.

A todos los docentes universitarios que compartieron todo su conocimiento y sabiduría con nosotros.

Agradecemos a la Alcaldía Municipal de Condega quienes nos facilitaron su ayuda que fue de gran importancia, de igual forma agradecer al Ing. Alexander Vílchez quien nos apoyó y brindó información cuando iniciamos este proyecto.

A la Ing. Judith Latino quien fue una persona muy importante durante nuestra formación.

Un especial agradecimiento a nuestro tutor M. Sc. Ing. José Ángel Baltodano Maldonado por brindarnos su conocimiento, ayuda y tiempo.

Br. Dermo Josell Torrez Ruiz
Br. Claudio Yamir Joya Ponce
Br. Denis Eduardo Hernández Picado

Dedicatoria

Primeramente, al creador de todas las cosas por darme fortaleza, sabiduría y bendecirme grandemente hasta este momento en el que me permite alcanzar este logro tan importante, por rodearme de grandes amigos y maestros que siempre me han brindado su apoyo.

A mi madre Cándida Nelly Ruiz Gonzales por traerme al mundo, darme su infinito amor y cuidados, por su apoyo incondicional, por sembrar en mis buenos valores y enseñarme a apreciar lo que Dios nos da. "Madre eres la mejor"

A mi padre Dermo Torrez Guevara por educarme con firmeza, honestidad y responsabilidad, gracias a él es que hoy soy una persona de bien gracias padre por apoyarme.

Dedico de manera especial a mi hermana Nelly Isabel Torrez Ruiz por todo el apoyo que me ha brindado, sus consejos, por fortalecer mis deseos de superación, hermanita gracias a ti he cumplido mi meta.

A mi tía Aracelis del socorro Centeno Ruiz.

A mis amigos de la universidad por todos los buenos momentos que compartimos y que siempre recordare.

Se alista el caballo para la batalla, pero la victoria viene de Jehová

Dermo Josell Torrez Ruiz

Dedicatoria

Dedicado a mi madre Silvia Elena Ponce Espinoza por haberme apoyado en cada momento del camino, por brindarme su más grande amor y fortaleza para poder llevar a cabo otra meta más en la vida, por sus esfuerzos ya que gracias a ella hemos cumplido esta etapa de la vida.

A mis compañeros que siempre estuvimos trabajando hombro a hombro en este camino que recorrimos juntos.

Y a mis profesores por compartir su sabiduría con nosotros.

Claudio Yamir Joya Ponce

Dedicatoria

Dedicada a mi familia y amigos quienes me acompañaron y apoyaron durante todo este proceso para poder finalizar mis estudios y alcanzar mis metas, como es una de ellas culminar mi carrera universitaria.

En especial a mis padres, a mi papá Denis Ramón Hernández Rayo quien siempre me brindó su apoyo incondicional en todo momento y que gracias a él pude estudiar esta carrera, a mi mamá Martha Carolina Picado Morán que siempre ha estado conmigo y ha velado por mi seguridad y bienestar en todo momento.

A mis amigos que me han apoyado en momentos difíciles y que motivaron a seguir adelante a pesar de las dificultades, haciendo mención especial a John Tercero, Bayardo Falcón, Jeskar Gutiérrez y Katriel Rayo.

Denis Eduardo Hernández Picado

Resumen ejecutivo

El acceso al servicio de agua potable sigue siendo un problema para las zonas rurales de nuestro país ya que muchas de estas no cuentan con este servicio o no son capaces de acceder al mismo, la comunidad Jocote Arriba perteneciente al municipio de Condega Departamento de Estelí no tiene acceso a dicho servicio, lo que ha obligado a los habitantes a recorrer grandes distancias todos los días para poder obtener un poco del vital líquido.

Por esa razón se propuso el diseño de un mini acueducto por bombeo eléctrico (MABE) el cual lleva el nombre de “Diseño de un mini acueducto por bombeo eléctrico y saneamiento básico rural en la comunidad Jocote arriba del municipio de Condega, departamento de Estelí” para poder dar solución a este problema y garantizar a los habitantes un servicio de agua potable constante, el sistema cuenta con una fuente de abastecimiento que es un pozo perforado con un rendimiento de 48 gpm suficiente para garantizar los consumos diarios, una línea de conducción de 806.68 metros, una red de distribución de 3230.77 metros y un tanque de almacenamiento de 18 metros cúbicos, la configuración del sistema es la siguiente; Fuente-Tanque-Red.

Cabe señalar que para poder realizar el proyecto deben seguirse una serie de procedimientos en un orden específico y obligatorios para garantizar la estabilidad del sistema siendo los que detallamos a continuación:

- Un estudio socio-económico mediante encuestas hechas casa por casa para conocer la situación de los habitantes.
- Levantamiento topográfico, el cual ayudo para conocer mejor el relieve de la zona de estudio y permitió tomar los puntos necesarios para poder ubicar los componentes del sistema.
- Pruebas al agua de la fuente de abastecimiento para determinar sus características físico-químicas y bacteriológicas, estas se realizaron en los

laboratorios del Programa de Investigación de Estudios Nacionales y servicios ambientales (PIENSA).

- Diseño de los componentes hidráulicos del sistema basándose en los parámetros establecidos por la norma NTON-09001-99 y NTON-09003-99.
- Simulación de la red utilizando el software EPANET para hacer el análisis hidráulico de la red.
- Cálculo del presupuesto total del proyecto haciendo uso de los catálogos de costos publicados por el FISE.

ÍNDICE DE CONTENIDO

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	Descripción del área de estudios	5
1.5.1	Localización	5
1.5.1.1	Macro localización	5
1.5.1.2	Micro localización.....	7
1.5.2	Socio-economía	7
1.5.3	Diagnóstico de la comunidad	8
1.5.3.1	Población.....	8
1.5.3.2	Educación.....	8
1.5.3.3	Salud	8
1.5.3.4	Saneamiento.....	8
1.5.3.5	Energía eléctrica.....	8
1.5.3.6	Abastecimiento actual.....	8
II	MARCO TEÓRICO	9
2.1	Estudio socioeconómico.....	9
2.2	Topografía.....	9
2.3	Fuente de abastecimiento	9

2.3.1	Tipos de fuentes	10
2.3.1.1	Fuentes subterráneas	10
2.3.1.2	Aforo	10
2.4	Calidad del agua	10
2.4.1	Desinfección	11
2.5	Diseño hidráulico.....	11
2.5.1	Periodo de diseño	11
2.5.2	Población de diseño	12
2.5.3	Dotación.....	12
2.5.4	Niveles de servicio	13
2.5.4.1	Puestos públicos.....	13
2.5.4.2	Conexiones domiciliarias.	13
2.5.5	Línea de conducción	13
2.5.5.1	Línea de conducción por bombeo	14
2.5.5.2	Estación de bombeo	14
2.5.5.3	Equipo de bombeo y motor	14
2.5.5.4	Sarta de bombeo	14
2.5.5.5	Golpe de ariete	15
2.5.6	Almacenamiento	15
2.5.6.1	Localización	15
2.5.6.2	Tipos de tanque	15
2.5.7	Red de distribución	16
2.5.7.1	Tipos de redes	16
2.5.7.2	Red abierta	16

2.5.7.3	Red cerrada	16
2.5.7.4	Variaciones de consumo.....	16
2.6	Saneamiento básico rural.....	17
2.6.1	Letrina sanitaria	17
2.6.2	Tipos de letrina	17
2.6.3	Localización de las letrinas	17
2.7	Presupuesto.....	17
2.7.1	Costo directo.....	18
2.7.2	Costo indirecto	18
2.7.3	Planos constructivos	18
2.7.3.1	Plano topográfico.....	18
III	DISEÑO METODOLÓGICO.....	19
3.1	Estudio socioeconómico.....	19
3.2	Levantamiento topográfico	19
3.3	Aforo de la fuente de abastecimiento	20
3.4	Pruebas de calidad de agua.....	20
3.4.1	Desinfección	20
3.4.2	Volumen dosificador.....	20
3.5	Diseño hidráulico.....	22
3.5.1	Población de diseño	22
3.5.2	Variaciones de consumo	22
3.5.3	Línea de conducción	23
3.5.3.1	Pérdidas en el sistema.....	23
3.5.3.2	Diámetro económico	24

3.5.3.3	Golpe de ariete	24
3.5.4	Almacenamiento	25
3.5.4.1	Volumen del tanque	25
3.5.5	Diseño de la red de distribución	26
3.5.5.1	Tipo de red	26
3.5.5.2	Demanda en los nodos	26
3.5.5.3	Análisis Hidráulico.....	27
3.5.5.4	Presiones máximas y mínimas	27
3.5.5.5	Velocidades permisibles en tuberías.....	28
3.5.5.6	Selección de la tubería	28
3.6	Saneamiento básico rural.....	28
3.7	Elaboración de planos.....	29
3.7.1	Escalas utilizadas.....	29
3.7.2	Presupuesto del proyecto.....	29
IV	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	30
4.1	Censo poblacional.....	30
4.2	Levantamiento topográfico	32
4.3	Fuente de abastecimiento	33
4.3.1	Diámetro de ademe.....	34
4.3.2	Diámetro de perforación.....	34
4.3.3	Rendimiento de la fuente	34
4.4	Pruebas de calidad de agua.....	35
4.4.1	Desinfección	36
4.5	Diseño hidráulico.....	37

4.5.1	Población futura	37
4.5.1.1	Tasa de crecimiento poblacional.....	37
4.5.1.2	Consumo promedio diario	39
4.5.1.3	Consumo máximo día	40
4.5.1.4	Consumo máxima hora	40
4.5.2	Tanque de almacenamiento.....	42
4.5.2.1	Capacidad del tanque de almacenamiento	42
4.5.2.2	Tipo de tanque de almacenamiento	42
4.5.3	Diseño de la línea de conducción por bombeo.....	44
4.5.3.1	Diámetro económico	44
4.5.3.2	Selección del equipo de bombeo	57
4.6	Análisis hidráulico de la red.....	58
4.6.1	Esquema general de red	58
4.6.2	Esquema de presiones obtenidas con Consumo Máximo Horario.....	59
4.6.3	Tabla de presiones con Consumo Máximo Horario (CMH).....	60
4.6.4	Esquema de velocidades con Consumo Máximo Horario (CMH)	61
4.6.5	Tabla de velocidades con Consumo Máximo Horario (CMH)	62
4.6.6	Esquema de presiones con Consumo Cero	63
4.6.7	Tabla de presiones con Consumo Cero	64
4.6.8	Análisis de cloro residual en la red.....	65
4.7	Saneamiento básico rural.....	67
4.7.1	Brocal.....	67
4.7.2	Piso de Letrina	67
4.7.3	Taza Sanitaria.....	67

4.8	Planos y presupuesto.....	67
V	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	72
5.1	Conclusiones	72
5.2	Recomendaciones	73
VI	BIBLIOGRAFÍA	75
VII	ANEXOS.....	i

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Períodos de diseño	12
Tabla 2 Localización de letrinas	17
Tabla 3 Criterios de foso de letrina.....	28
Tabla 4 Diseño típico de caseta	28
Tabla 5 Tabla de ubicación de los nodos	33
Tabla 6 Potencial y caudal explotable de la fuente.....	34
Tabla 7 Cantidad de hipoclorito de calcio para desinfección.	36
Tabla 8 Tasa de crecimiento poblacional	37
Tabla 9 Crecimiento poblacional	38
Tabla 10 Proyección de consumos	41
Tabla 11 Constante de capacidad de almacenamiento	42
Tabla 12 Velocidad en línea de conducción	45
Tabla 13 Pérdidas por accesorios en sarta de bombeo ϕ 1.5in.....	47
Tabla 14 Pérdidas en la entrada del tanque ϕ 1.5in.....	48
Tabla 15 Pérdidas por accesorios en la sarta de bombeo ϕ 2in	48
Tabla 16 Pérdidas en la entrada del tanque ϕ 2in.....	49
Tabla 17 Pérdidas por accesorios en la sarta de bombeo ϕ 3in	50
Tabla 18 Pérdida en la entrada del tanque ϕ 3in.....	50
Tabla 19 Carga total dinámica	52
Tabla 20 Potencia del equipo de bombeo	53
Tabla 21 Velocidad de propagación de ondas	54
Tabla 22 Costo anual de Tubería	55
Tabla 23 Costo anual de energía	56
Tabla 24 Costo anual equivalente	56
Tabla 25 Potencia de bomba para caudales de 10 años y 20 años.....	57
Tabla 26 Presupuesto del proyecto.....	68
Tabla 27 Relación diámetro interno del pozo y caudal de bombeo.....	i
Tabla 28 Relación diámetro columna de bombeo y caudal de bombeo.....	i
Tabla 29 Velocidad en la tubería de succión según el diámetro y caudal.....	i

Tabla 30 Diámetro de la sarta en relación a un rango de caudales.....	i
Tabla 31 Diámetro de válvula de alivio con el caudal de descarga.....	ii
Tabla 32 Parámetros fisicoquímicos	ii
Tabla 33 Parámetros bacteriológicos	ii
Tabla 34 Censo poblacional.....	iii

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Ubicación en el mapa de Nicaragua.....	5
Ilustración 2 Ubicación en el departamento de Estelí	6
Ilustración 3 Ubicación en el municipio de Condega	6
Ilustración 4 Ubicación en la comunidad Jocote Arriba	7
Ilustración 5 Gráfico distribución de la población.....	30
Ilustración 6 Gráfico nivel académico de la población	31
Ilustración 7 Grafico abastecimiento de la comunidad.....	31
Ilustración 8 Gráfico Estado de Saneamiento en la comunidad.....	32
Ilustración 9 Gráfico diámetro más económico.....	57
Ilustración 10 Esquema general de la red	58
Ilustración 11 Esquema de presiones con CMH.....	59
Ilustración 12 Presiones obtenidas con CMH	60
Ilustración 13 Esquema de velocidades con CMH	61
Ilustración 14 Velocidades obtenidas con CMH	62
Ilustración 15 Esquema de presiones con Consumo cero.....	63
Ilustración 16 Presiones obtenidas con Consumo cero	64
Ilustración 17 Análisis de cloro de residual.....	65
Ilustración 18 Dosificación en la red.....	66
Ilustración 19 Análisis de calidad de agua.....	vi
Ilustración 20 Análisis de calidad de agua.....	vii
Ilustración 21 Tarifa de energía Autorizada por el Instituto Nicaragüense de Energía (INE).	viii
Ilustración 22 Curva característica de la bomba.....	ix
Ilustración 23 Prueba de bombeo.....	x
Ilustración 24 Prueba de bombeo.....	xi
Ilustración 25 Recolección de muestra de agua para análisis	xii
Ilustración 26 Recolección de muestra de agua para análisis	xiii
Ilustración 27 Envases de recolección de muestra.....	xiv
Ilustración 28 Pozo excavado a la orilla del rio.....	xv

Ilustración 29 Levantamiento topográfico	xvi
Ilustración 30 Levantamiento topográfico	xvii
Ilustración 31 Levantamiento topográfico	xviii

I GENERALIDADES

1.1 Introducción

El servicio de agua potable es uno de los más principales de los que se debe constar, en Nicaragua existe una gran demanda de este servicio empezando por la zona rural ya que es donde se presenta la mayor necesidad, a lo largo de los años se ha venido desarrollando maneras de mejorar la forma de suplir esta necesidad, el desarrollo de sistemas de abastecimientos de agua potable es una de ellas, uno de los más usados es el Mini acueducto por bombeo eléctrico.

Una de las principales razones por las cuales este recurso es de los más importantes es porque está ligado al crecimiento de la economía y calidad de vida de los usuarios, es por lo cual realizar estudios para poder suplir esta necesidad es de vital importancia para el sector rural, en este caso se realizaron los estudios correspondientes en la localidad El jocote arriba, ya que carece de este servicio, el sistema propuesto es del tipo MABE antes mencionado, donde se llevaron a cabo los criterios establecidos en las normas técnicas rurales para garantizar su funcionalidad y lograr los objetivos propuestos.

Actualmente la localidad carece de agua potable y su único suministro está basado en pozos excavado a mano de tipo comunitario, el servicio se planificó para que cada vivienda cuente con este mediante conexiones domiciliarias, en este caso no se instalarán medidores como los que brinda ENACAL debido a que se propondrá el sistema de cuotas mensuales por vivienda, ya que el uso será establecido de manera horaria.

Dicho estudio se realizó en conjunto con la alcaldía municipal de condega, la organización no gubernamental OCTUPAN y los pobladores de dicha comunidad, para asegurarse que se hizo de manera óptima y eficaz para garantizar su correcto funcionamiento, así como su mantenimiento, para mantener un control y un aprovechamiento máximo del sistema.

1.2 Antecedentes

Según los registros de la alcaldía municipal de Condega, la comunidad El Jocote arriba adquiere su nombre por los abundantes árboles de jocote que había en la zona de los cuales solo ha quedado el nombre de la comunidad.

La comunidad Jocote arriba cuenta con 365 habitantes, distribuidos en 106 viviendas. Para una densidad poblacional de 3.4 hab/vivienda. La actividad económica más importante es la agricultura predominando la siembra de maíz y frijoles, por otra parte, se dedican a la crianza de ganado y animales domésticos, pero en menor grado.

Los habitantes de la comunidad se abastecen de agua mediante pozos excavados a mano de los cuales cuenta con bombas de mano, así como pozos provisionales a las orillas del río en épocas de invierno, también de ojos de agua que florecen durante esta época en los paredones de las montañas cercanas, ya que en verano los ríos y quebradas se secan escaseando el vital líquido en la comunidad.

En el año 2010 se llevó a cabo la excavación de un pozo artesanal comunitario el cual presento un agua limpia y pasaba las pruebas físico-químicas que se realizaron, pero este solo abastecía un sector de la comunidad, para mejorar la calidad de consumo de agua de los pozos a orillas del río la organización OCTUPAN beneficio a la mayoría de los habitantes con filtros de barro para eliminar o reducir cualquier riesgo de contraer enfermedades estomacales provenientes del agua, sin embargo, las familias beneficiarias no les dan el mantenimiento adecuado a estos filtros.

También se investigó la existencia de proyectos de abastecimiento de agua en comunidades aledañas, según información brindada por la alcaldía municipal de Condega existe un MABE en la comunidad Jocote abajo y un MAG en Darailí las cuales se encuentran a orillas de la carretera Yalí.

1.3 Justificación

La comunidad “Jocote Arriba” en el municipio de Condega, se ha visto directamente afectada por la falta de un sistema de distribución de agua, lo cual ha provocado que las personas recorran diariamente grandes distancias a pie de hasta 2 km y realizar hasta un número de 10 viajes al día para obtener el vital líquido, a través de pozos artesanales y pozos equipados con bombas manuales que en su mayoría no cuentan con el agua suficiente para abastecer a todos los habitantes, limitando de esta manera el desarrollo de otras actividades productivas y de subsistencia, ya que la mayor parte del tiempo es empleada al acarreo de agua, por lo cual los habitantes no pueden gozar de un mejor nivel de vida en especial los niños que tienen que descuidar sus estudios.

Debido a la escases de agua los pobladores tienen que hacer uso del agua del río para realizar sus necesidades básicas como lavar la ropa y bañarse, según información brindada por los habitantes el río ha sido contaminado por excrementos de los animales y cadáveres de estos que son arrojados a las orillas, lo cual hace vulnerables a los habitantes a contraer enfermedades de origen hídrico, con el fin de garantizar el acceso universal al agua potable segura y asequible para todos en 2030, la ONU establece en el objetivo de desarrollo N° 6 que es necesario realizar inversiones adecuadas en infraestructura, proporcionar instalaciones sanitarias y fomentar prácticas de higiene.

Debido a las situaciones que genera la falta del recurso en dicha comunidad, se propone diseñar una red de distribución de agua potable MABE (mini acueducto por bombeo eléctrico) y saneamiento básico rural con lo que se pretende abastecer con eficiencia a todas las familias y garantizar la calidad del agua para que así los pobladores no pongan en riesgo su salud consumiendo agua de calidad insalubre, Además se evitará el desgaste físico que genera el acarreo del agua y podrá aprovecharse ese tiempo en otras actividades productivas de esta manera mejorará la calidad de vida de los habitantes.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Diseñar un mini acueducto por bombeo eléctrico y saneamiento básico rural en la comunidad “Jocote Arriba” del municipio de Condega, departamento de Estelí.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Hacer un estudio socioeconómico de la comunidad para conocer la cantidad de habitantes, sus ocupaciones y determinar la demanda de servicio de agua potable.
2. Realizar un estudio topográfico para conocer el terreno.
3. Determinar la capacidad de la fuente mediante un aforo.
4. Realizar pruebas para conocer las características físico-químicas y bacteriológicas del agua.
5. Elaborar el diseño hidráulico de los componentes del sistema de abastecimiento dentro de los parámetros establecidos por la norma.
6. Implementar saneamiento básico rural para garantizar la calidad del agua.
7. Calcular el presupuesto de construcción del mini acueducto por bombeo eléctrico en la comunidad y realizar los planos constructivos.

1.5 Descripción del área de estudios

1.5.1 Localización

Condega, municipio del departamento de Estelí, se localiza geográficamente entre las coordenadas 13°21' latitud norte y 86°23' de longitud oeste y está ubicado a 35 kilómetros de la cabecera departamental y a 185 kilómetros de la capital del país. Tiene una extensión territorial de 370.84 km² y una densidad poblacional de 74 hab/km².

1.5.1.1 Macro localización

Ilustración 1 Ubicación en el mapa de Nicaragua

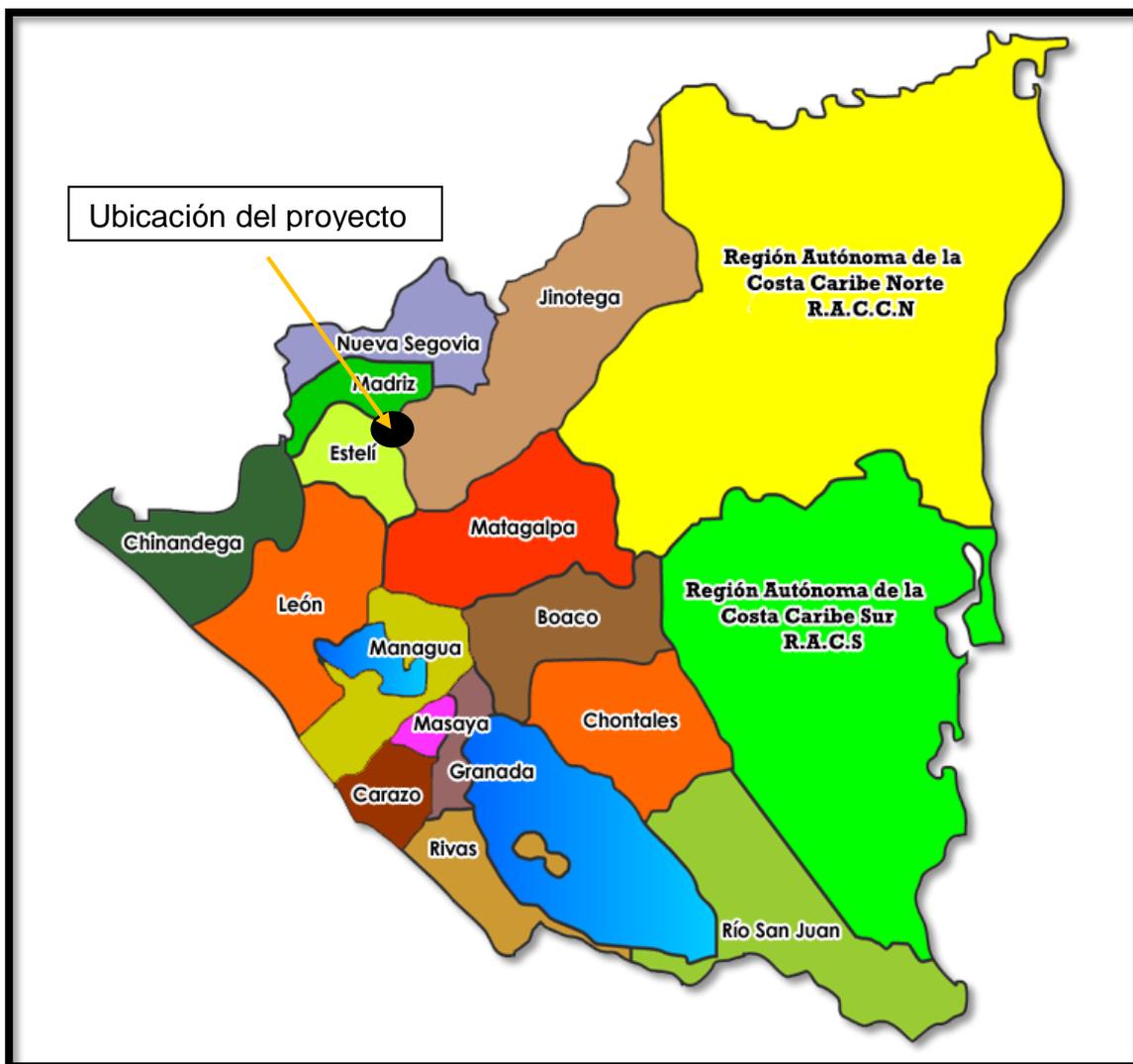
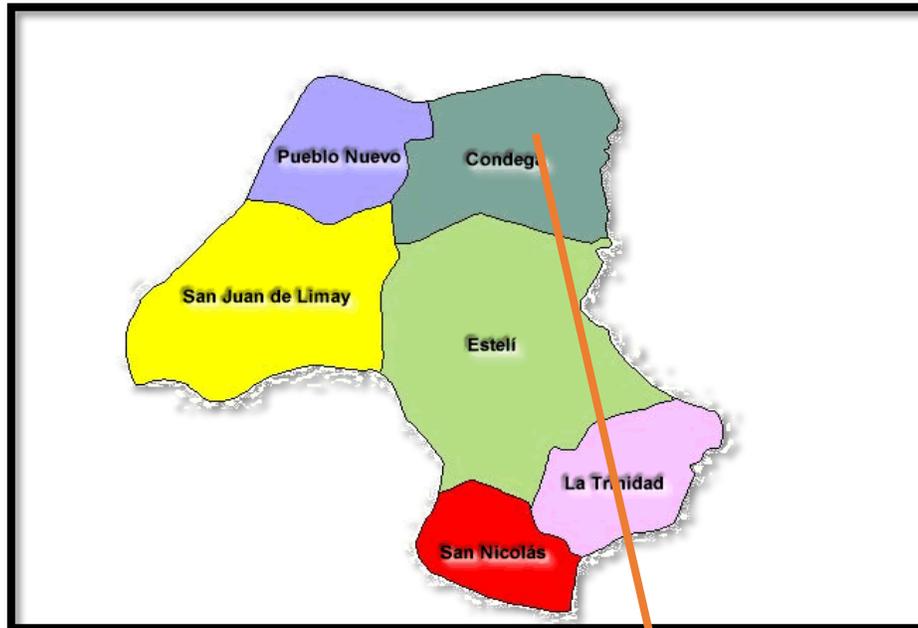
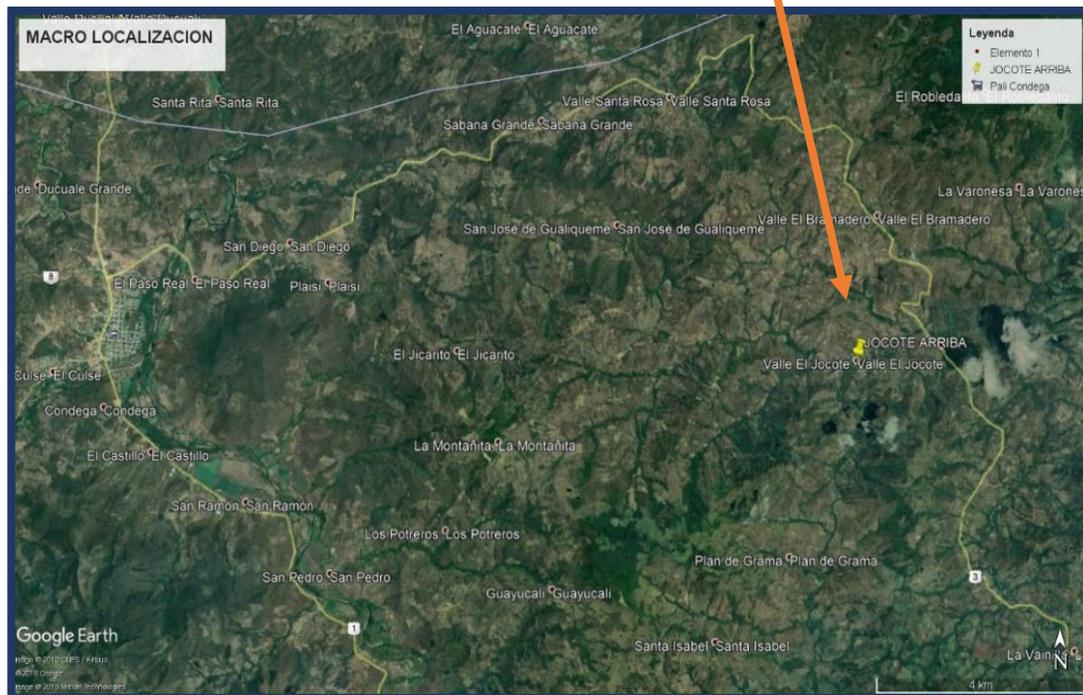


Ilustración 2 Ubicación en el departamento de Estelí



Fuente ilustración 1 y 2: Ministerio público de Nicaragua mapa de fiscalías

Ilustración 3 Ubicación en el municipio de Condega



Fuente: Elaboración propia usando Google Earth.

1.5.1.2 Micro localización

Dentro del municipio de Condega se encuentra la comunidad “Jocote Arriba”, la cual está localizada a 27 kilómetros sobre la carretera que comunica hacia el municipio de San Sebastián de Yalí.

Ilustración 4 Ubicación en la comunidad Jocote Arriba



Fuente: Elaboración propia usando Google Earth.

1.5.2 Socio-economía

Los habitantes se dedican principalmente a la siembra de cultivos como son el maíz y el frijol, también a la crianza de ganado y animales domésticos tanto para vender como para consumo propio siendo estas las actividades que les permiten sustentarse.

1.5.3 Diagnóstico de la comunidad

1.5.3.1 Población

La población actual es de 365 habitantes distribuidos en 106 viviendas, las cuales se encuentran en ambos lados del camino que atraviesa la comunidad, cabe señalar que estas están dispersas unas de las otras.

1.5.3.2 Educación

La comunidad solo cuenta con unas pequeñas aulas en las cuales se imparten clases de preescolar hasta primaria.

1.5.3.3 Salud

No existe un centro de salud actualmente, por lo que los habitantes tienen que acudir a un puesto de salud en la comunidad vecina jocote abajo, la cual se encuentra a orillas de la carretera hacia Yalí.

1.5.3.4 Saneamiento

No todos los habitantes cuentan con letrinas, y las existentes en su mayoría se encuentran en mal estado, además las aguas que son utilizadas en labores domésticas son lanzadas a los patios, crearon charcos que se convierten en criaderos de mosquitos.

1.5.3.5 Energía eléctrica

Se cuenta con sistemas de electricidad a lo largo de la comunidad, esta es llevada por postes de cableado eléctrico que suministran energía de 110 y 220 voltios.

1.5.3.6 Abastecimiento actual

Los pobladores se abastecen principalmente del agua de río y pozos excavados en ciertas viviendas y en las orillas de este, realizando varios viajes en el día para recolectar el líquido para almacenarlo, siendo las mujeres y los niños los encargados de esta tarea diaria, cabe señalar que el agua recolectada es de calidad insalubre y la mayoría de los pozos no cuentan con pruebas de calidad de agua requeridas.

II MARCO TEÓRICO

2.1 Estudio socioeconómico

Es una investigación que se realiza a una persona o un grupo con el fin de conocer mejor la situación en la que se encuentran, recolectando datos personales como laborales y económicos.

Para obtener dichos datos es necesario realizar encuestas en las cuales las personas brinden su información libremente, se realizan las que sean necesarias hasta obtener la cantidad información para realizar el estudio.

2.2 Topografía

Es la ciencia que estudia el conjunto de procedimientos para determinar las posiciones de puntos sobre la superficie de la tierra, por medio de medidas según los tres elementos del espacio. Estos tres elementos pueden ser, dos distancias y una elevación, o una distancia, una dirección y una elevación. (Morales, 2015)

2.3 Fuente de abastecimiento

“Las fuentes de agua constituyen el elemento primordial en el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable y antes de dar cualquier paso es necesario definir su ubicación, tipo, cantidad y calidad” (Aguero, 1997, pág. 27).

INAA (1999) indica que la fuente debe estar lo suficientemente protegida y debe cumplir dos propósitos fundamentales:

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

2.3.1 Tipos de fuentes

- Subterráneas (manantiales, pozos, nacientes)
- Superficiales (lagos, ríos, arroyos, etc.)
- Pluviales (aguas de lluvia).

2.3.1.1 Fuentes subterráneas

Parte de la precipitación en la cuenca se infiltra en el suelo hasta la zona de saturación, formando así las aguas subterráneas. La captación de aguas subterráneas se puede realizar a través de manantiales, galerías filtrantes y pozos excavados o perforados. (Aguero, 1997, pág. 28)

2.3.1.2 Aforo

Es la acción en la cual se mide la cantidad de agua que es capaz de producir la fuente en un tiempo determinado, generalmente se realiza en verano para así conocer su verdadera capacidad.

2.4 Calidad del agua

En todo sistema comprobar la calidad del agua es de suma importancia ya que esta debe respetar los parámetros mínimos establecidos por las normas vigentes aprobadas del INAA (1999), para esto se realizan pruebas de laboratorio a una muestra considerable de la fuente que se usara para el sistema, y así determinar si esta cumple con los requisitos necesarios.

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

- La Fuente de agua a utilizarse en el proyecto, se le deberá efectuar por lo menos un análisis físico, químico, de metales pesados cuando se amerite y bacteriológico antes de su aceptación como tal.
- Los parámetros mínimos de control para el sector rural serán: coliforme total, coliforme fecal, olor, sabor, color, turbiedad, temperatura, concentraciones de iones de hidrogeno y conductividad.
- El análisis de las fuentes de agua tales como manantiales, pozos perforados, pozos excavados a mano deberán cumplir con las normas de calidad del agua vigentes aprobadas por el INAA Y MINSA.

2.4.1 Desinfección

El agua que se utiliza para el abastecimiento de una población, para usos básicamente domésticos, debe ser, específicamente un agua exenta de organismos patógenos que eviten brotes epidémicos de enfermedades de origen hídrico. Para lograr esto, será necesario desinfectar el agua mediante tratamientos físicos o químicos que garanticen su buena calidad. (INAA, 1999)

Existen varias sustancias químicas que se emplean para desinfectar el agua, siendo el cloro el más usado universalmente, dado a sus propiedades oxidantes y su efecto residual para eliminar contaminantes posteriores; también es la sustancia química que más económicamente y con mejor control y seguridad se puede aplicar al agua para obtener su desinfección. (INAA, 1999)

2.5 Diseño hidráulico

2.5.1 Periodo de diseño

“Se entiende por periodo de diseño, en cualquier obra de ingeniería civil, el número de años durante los cuales una obra determinada ha de prestar con eficiencia el servicio para el que se diseñó”. (Cualla, 2003, pág. 33)

Tabla 1. Períodos de diseño

Tipos de componentes	Periodo de diseño
Pozos excavados	10 años
Pozos perforados	15 años
Líneas de conducción	15 años
Tanque de almacenamiento	20 años
Red de distribución	15 años

Fuente: (INAA, 1999)

2.5.2 Población de diseño

Es la estimación de la cantidad de habitantes para la cual ha de diseñarse el sistema de abastecimiento en un determinado periodo de diseño. El funcionamiento depende principalmente de la correcta estimación de la población futura para poder prever las exigencias que presentara en el diseño de los componentes del sistema. (Aguero, 1997).

La proyección de la población parte de un registro de habitantes en la zona de estudio que se obtiene por medio de censos poblacionales. Su cálculo se determina empleando el Método Geométrico. Según (INAA, 1999)

2.5.3 Dotación

Es la cantidad de agua asignada a una persona por día y se expresa en litros por persona por día (lppd). Depende de los siguientes factores:

- Nivel de servicio.
- Factores geográficos.
- Factores culturales.
- Uso del agua.

Según INAA (1999) “Para sistemas de abastecimiento de agua potable por medio de conexiones domiciliarias de patio, se asignará un caudal de 50 a 60 lppd”.

2.5.4 Niveles de servicio

La forma en la que se debe suministrar el agua potable está indicada en la norma anteriormente mencionada y consta de dos tipos.

2.5.4.1 Puestos públicos.

Son tomas de agua que se implantan particularmente en el sector rural para abastecer a un máximo de 20 casas, cabe destacar que se debe asegurar que este sea de libre acceso y que esté protegido para evitar el ingreso de animales que puedan provocar daños, se debe ubicar donde haya la mayor cantidad de casas posibles. (INAA, 1999)

2.5.4.2 Conexiones domiciliarias.

Son tomas de agua que se aplica en el sector rural y urbano, pero en ocasiones esporádicas y sujetas a ciertas condiciones, tales como disponibilidad suficiente de agua, bajos costos de operación (sistemas por gravedad), capacidad de pago de la población, y número de usuarios del servicio. (INAA, 1999)

2.5.5 Línea de conducción

La línea de conducción es el conjunto de ductos, obras de arte y accesorios destinados a transportar el agua procedente de la fuente de abastecimiento, desde la captación hasta la comunidad, formando el enlace entre la obra de captación y la red de distribución. Su capacidad deberá ser suficiente para transportar el gasto máximo día. Se le deberá proveer de los accesorios y obras de arte necesarios para su buen funcionamiento, conforme a las presiones de trabajo especificadas para las tuberías, tomándose en consideración la protección y mantenimiento de las misma. (INAA, 1999).

Cuando la topografía del terreno así lo exija se deberán instalar válvulas de “aire y vacío” en las cimas y válvulas de “limpieza” en los columpios.

2.5.5.1 Línea de conducción por bombeo

En el diseño de una línea de conducción por bombeo, se hará uso de una fuente externa de energía, para impulsar el agua desde la toma hasta la altura requerida, venciendo la carga estática y las pérdidas por fricción originadas en el conducto al trasladarse el flujo. (INAA, 1999)

2.5.5.2 Estación de bombeo

Generalmente es el lugar donde se encuentra la bomba que es la encargada de dar la energía necesaria para llevar el agua desde la fuente a través de la línea de conducción hasta donde esta se almacenara. Cuando estas son para pozos perforados deben considerarse los elementos que la forman son: caseta para todo el equipo, conexión de la bomba o sarta, fundación y equipo de bombeo y el tipo de energía. (INAA, 1999)

2.5.5.3 Equipo de bombeo y motor

De igual manera la norma INAA (1999) indica que “generalmente los equipos de bombeo empleados en pozos perforados son los de turbina de eje vertical y sumergible, para su selección deben tomarse en cuenta los siguientes factores:

El nivel de bombeo adecuado obtenido de pruebas previas, variación de estaciones, diámetro de los ademes el cual debe ser proporcional al caudal ver anexo. Tabla relación diámetro interno del pozo y caudal de bombeo, el diseño de las columnas de bombeo acopladas a la bomba no debe tener una fricción mayor al 5% ver anexo. Tabla relación diámetro columna de bombeo y caudal de bombeo.

2.5.5.4 Sarta de bombeo

Las conexiones de las bombas requieren una serie de accesorios complementarios para lograr un funcionamiento satisfactorio del equipo de bombeo siendo los siguientes: Medidor maestro, manómetro con llave de chorro ½”, derivación descarga para prueba de bombeo y limpieza de sarta, unión flexible para efecto de mantenimiento. (INAA, 1999)

2.5.5.5 Golpe de ariete

Fenómeno transitorio consistente en variaciones rápidas de presión y velocidad que acompañan a cualquier cambio repentino en las condiciones de flujo, las dos causas más frecuentes de estos cambios son el paro no programado de un equipo de bombeo y el cierre brusco de una válvula. (NOM-001, 2011).

En general el golpe de ariete no es más que la sobrecarga de presión que sufre una tubería cuando el fluido que se mueve dentro de ellas se detiene repentinamente debido a las condiciones mencionadas en el párrafo anterior. El aumento de la sobrecarga dependerá de la longitud de la conducción y de la velocidad a la que se mueva el fluido.

2.5.6 Almacenamiento

La función básica del tanque es almacenar agua en los periodos en los cuales la demanda es menor que el suministro, de tal manera que en los periodos en los que la demanda sea mayor que el suministro se complete el déficit con el agua almacenada inicialmente. Asimismo, tiene como objetivos; brindar presiones adecuadas en la red de distribución y disponer de reservas ante eventualidades e interrupciones en el suministro de agua, tales como: reparaciones o cortes de energía eléctrica cuando hay un sistema de bombeo. (INAA, 1999)

2.5.6.1 Localización

“Deberán estar lo más cerca posible del poblado tomando en cuenta la topografía del lugar, asegurando que las presiones sean aceptables en los puntos de distribución”. (INAA, 1999)

2.5.6.2 Tipos de tanque

- Mampostería
- Concreto armado
- Acero

2.5.7 Red de distribución

INAA (1999) indica que “La red de distribución es el sistema de conductos cerrados, que permite distribuir el agua bajo presión a los diversos puntos de consumo, que pueden ser conexiones domiciliarias o puestos públicos: para su diseño deberá considerarse los aspectos siguientes:”

- Se deberá diseñar para la condición del consumo de hora máxima al final del periodo de diseño, el cual resulta al aplicar el factor de 2.5 al consumo promedio diario ($CHM=2.5\text{ CPD}$, más las pérdidas)
- El sistema de distribución puede ser de red abierta, de malla cerrada o una combinación de ambos.
- La red se deberá proveer de válvulas, accesorios y obras de arte necesarias, para asegurar su buen funcionamiento y facilitar su mantenimiento. (INAA, 1999)

2.5.7.1 Tipos de redes

2.5.7.2 Red abierta

Esta se caracteriza por contar con una tubería principal de circulación de la cual se extenderán otras tuberías llamadas ramales que su función es llevar el agua a puntos muy alejados unos de otros, se utilizan normalmente donde no existe un buen orden urbanístico.

2.5.7.3 Red cerrada

Este tipo de red se puede hacer cuando es posible realizar conexiones entre ramales, a diferencia de la red abierta se debe tener sumo cuidado ya que es necesario hacer un cálculo de los caudales que transitarán dentro del sistema.

2.5.7.4 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, etc. (INAA, 1999)

2.6 Saneamiento básico rural

2.6.1 Letrina sanitaria

Es una pequeña estructura, la cual se utiliza para hacer las necesidades fisiológicas de evacuación de excretas, ella está compuesta por una caseta, una plataforma con su asiento, la que está colocada sobre una fosa, donde se van depositando las heces fecales, para evitar la contaminación del medio ambiente.

2.6.2 Tipos de letrina

- Letrina de Foso Seco.
- Letrina de Foso Ventilado.
- Letrina Abonera Seca Familiar.
- Letrina Elevada de Cámara Seca Ventilada.

2.6.3 Localización de las letrinas

Para evitar la contaminación, por coliformes fecales, a los pozos excavados a mano o perforados, y malos olores, se establece una distancia mínima entre las letrinas y las siguientes estructuras:

Tabla 2 Localización de letrinas

Estructura	Distancia
Letrina-Pozo excavado	20 m
Letrina-vivienda	5 m
Letrina-Linderos de propiedad	5 m
Letrina-tanque de agua sobre suelo	10 m
Letrina-Tanque de agua sobre torre	8 m
Letrina-tubo de A. potable	3 m

Fuente: (INAA, 1999)

2.7 Presupuesto

Son los cálculos que se realizan en base a la cantidad de materiales que se ocuparan en la obra, los cuales están representados normalmente en los planos constructivos.

2.7.1 Costo directo

“Es el conjunto de erogaciones que tienen aplicación en un producto determinado. Está compuesto por la suma de los gastos de: materiales, mano de obra, equipos y herramientas”. (INIFOM, s.f)

2.7.2 Costo indirecto

“Son aquellos gastos que no pueden tener aplicación a un producto determinado y se considera como la suma de gastos técnicos administrativos necesarios para la correcta realización de cualquier proceso productivo”. (INIFOM, s.f)

El costo indirecto se divide en tres grandes grupos, el costo indirecto de operación, el costo indirecto de cada una de las obras y los cargos adicionales.

2.7.3 Planos constructivos

Estos son una representación gráfica en papel o digital de lo que se llevará a cabo en la realidad, estos se realizarán una vez se tenga toda la información del lugar de la obra.

2.7.3.1 Plano topográfico

Este se logra mediante un levantamiento topográfico, el cual sirve para tener un mejor conocimiento del relieve donde se trabajará.

III DISEÑO METODOLÓGICO

3.1 Estudio socioeconómico

Se efectuó por medio de encuestas tipo FISE realizadas vivienda a vivienda, con la ayuda de los líderes de la comunidad, se entrevistaron a los jefes de hogar y con la información obtenida se determinó las necesidades y situación actual de la comunidad en base a condiciones de vida, economía, salud y disponibilidad de agua actual, Además permitió percibir la disposición al pago de tarifa por parte de los beneficiarios.

Con la información recolectada se realizaron las proyecciones de los habitantes quienes conforman la demanda de servicio para un periodo determinado.

El procesamiento de los datos recopilados se hizo mediante gráficos con el programa Microsoft Excel ya que estos brindan una mejor percepción para la evaluación de la comunidad.

3.2 Levantamiento topográfico

En el presente proyecto se realizó el levantamiento topográfico el cual sirvió para determinar el relieve del terreno, por lo tanto, se conocieron los desniveles del terreno y mediante estos se obtuvieron los perfiles para trazar la línea de conducción, la red de distribución, así como la ubicación óptima para el tanque de almacenamiento.

Debido que el terreno donde se realizara el proyecto es irregular y presenta posibles ramales, se hizo en varias secciones ya que la comunidad está distribuida en diferentes sectores que están retirados entre sí y la ubicación del pozo es considerablemente alejada de estos.

El trazo es de tipo poligonal abierta tomando en consideración la zona ya que este método es uno de los más utilizados en zonas rurales por lo que normalmente las viviendas están distribuidas de manera informal y alejadas una de otra.

3.3 Aforo de la fuente de abastecimiento

Para estimar la cantidad de agua que es capaz de proveer la fuente es necesario realizar un aforo, este se hizo mediante una prueba de bombeo la cual es necesaria para determinar el rendimiento de la fuente, según INAA (1999) el tiempo de bombeo mínimo es de 48 horas.

3.4 Pruebas de calidad de agua

Se tomaron las muestras de la fuente con el objetivo de realizar las pruebas de laboratorio correspondientes al análisis físico-químico y bacteriológico, los resultados fueron evaluados conforme a los parámetros establecidos por INAA (1999) en el capítulo 10 de las normas rurales.

3.4.1 Desinfección

Para la desinfección del agua se utiliza el cloro como solución de hipoclorito de sodio ya sea líquido o como cloro gas. En general el hipoclorito se recomienda para el abastecimiento de pequeñas poblaciones, debido a su facilidad de manejo y aplicación.

3.4.2 Volumen dosificador

La determinación del volumen dosificador se basa en la cantidad de Cloro que se agrega al agua, la producción de la fuente y el grado de concentración dosificante que se quiere establecer.

$$V_c = \frac{D * Q}{C * 10}$$

Donde:

V_c: Cantidad de solución de cloro diluida a agregar, en ml/min.

D: Dotación de Cloro igual a 1.5 mg/lit

Q: Consumo máximo diario para cada año comprendido entre el período de diseño (CMD) en litros/minutos

C: Concentración de la solución (1 %)

10: Factor para convertir a gramo.

Con los datos obtenidos para un volumen dosificador (ml/min) cualquiera, se puede calcular el volumen de almacenamiento para un día, mes o año. Como máximo se calculará para un mes, pero se deben preparar cada semana para evitar que el cloro pierda su capacidad desinfectante (se vence).

Para determinar el volumen por día se aplica la siguiente ecuación:

$$V_{dia} = V_c * \frac{1440 \text{ min}}{\text{dia}} * \frac{1 \text{ lt}}{1000 \text{ ml}}$$

Ya que en Nicaragua las soluciones de cloro se venden en presentaciones del 12% de concentración, es necesario calcular el volumen de solución al 12% necesaria para preparar una solución al 1% de concentración que es la que permite calcular la dosificación del aparato clorinador. Por lo que se emplea la siguiente formula:

$$V_{12\%} * C_{12\%} = V_{1\%} * C_{1\%}$$

Donde:

$V_{12\%}$: Volumen de la solución al 12% (ml)

$V_{1\%}$: Volumen de la solución al 1% (ml)

$C_{12\%}$: Concentración de la solución al 12%

$C_{1\%}$: Concentración de la solución al 1%

Despejando $V_{12\%}$ volumen requerido se determina la cantidad de dosificación de cloro:

$$V_{12\%} = \frac{V_{1\%} * C_{1\%}}{C_{12\%}} = V_{1\%} \frac{1}{12}$$

Estas se calculan en base a la Proyección de Consumo Máximo Día (CMD) por año.

3.5 Diseño hidráulico

3.5.1 Población de diseño

De acuerdo a lo establecido por la NTON 09001-99 para el cálculo de la población futura se aplicó el método geométrico con un periodo de diseño de 20 años.

La proyección parte de los datos obtenidos de la comunidad y los registros de crecimiento poblacional del INIDE en donde se reflejará la población actual y registros anteriores para el cálculo de la tasa de crecimiento.

El crecimiento poblacional está dado por la formula siguiente:

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

$$r = \left(\frac{P_o}{P_n}\right)^{\frac{1}{t}} - 1$$

Donde:

P_n : Población del año n.

P_o : 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.

t: tiempo en años entre P_o y P_n

INAA establece una tasa de crecimiento de 2.5% a 4%.

3.5.2 Variaciones de consumo

El consumo doméstico corresponde a:

$$CD = \frac{\text{Dotacion} * \text{Poblacion}}{86400} \text{ lps}$$

El consumo promedio diario correspondiente se calculó con la siguiente ecuación:

$$CPD = CD + \text{Caudal institucional} + \text{Caudal comercial} + \text{Caudal industrial}$$

El resultado del CPD es multiplicado por los factores de consumo correspondientes al CMD y CMH más las pérdidas.

$$CMD = 1.5CPD + Qf$$

$$CMH = 2.5CPD + Qf$$

Las pérdidas de agua en el sistema se establecieron como el 20%CPD

Qf: Pérdidas por fuga en el sistema.

3.5.3 Línea de conducción

En el diseño de la línea de conducción por bombeo, se hará uso de una fuente externa de energía, para impulsar el agua desde la toma hasta la altura requerida, venciendo la carga estática y las pérdidas por fricción originadas en el conducto al trasladarse el flujo. Deberá considerarse los siguientes aspectos. (INAA, 1999)

3.5.3.1 Pérdidas en el sistema

Para el cálculo hidráulico, las pérdidas por fricción se determinaron por el uso de la fórmula de Hazen William.

$$\frac{H}{L} = S = \frac{10.675Q^{1.85}}{C^{1.85}D^{4.87}}$$

Donde:

H: Pérdida de carga en metros

L: Longitud en metros

S: Pérdida de carga en m/m

Q: Gasto en m³/s

D: Diámetro en metros

C: Coeficiente de Hazen – Williams, cuyo valor depende del tipo de tubería.

3.5.3.2 Diámetro económico

Para determinar el mejor diámetro (más económico) se aplicó la fórmula siguiente, (Similar a la de Bresse, con $K=0.9$ y $n=0.45$).

$$D = 0.9(Q)^{0.45}$$

Donde:

D: Diámetro (metros)

Q: Caudal (m^3/s)

Se dimensionará para la condición del consumo de máximo día al final del período de diseño, el cual se estima en 1.5 del consumo promedio (CMD=1.5 CPD más las pérdidas por fuga).

3.5.3.3 Golpe de ariete

La sobrepresión generada por el golpe de ariete está relacionada con la máxima razón de cambio del flujo, mientras que la razón de movimiento de la onda de presión está relacionada con la velocidad del sonido dentro de un fluido (modificada para el material de la tubería). (AMANCO)

La velocidad de la onda está dada por la siguiente expresión:

$$a = \frac{1420}{\sqrt{1 + (K/E)(SDR - 2)}}$$

Donde:

a: velocidad de la onda, m/s

K: módulo de compresión del agua = 2.06×10^4 kg/cm²

E: módulo de elasticidad de la tubería = 2.81×10^4 kg/cm² para PVC 1120

SDR: razón dimensional estándar

La sobrepresión generada por golpe de ariete se calcula con la ecuación:

$$P = \frac{aV}{10g}^1$$

Donde:

P: sobrepresión por golpe de ariete, kg/cm²

V: cambio de velocidad del agua, m/s

g: aceleración de la gravedad = 9.81 m/s²

10: coeficiente de conversión de metros de columna de agua a kilogramos por centímetros cuadrados.

3.5.4 Almacenamiento

Para diseñar el tanque de almacenamiento la norma NTON-09001-99 establece que la capacidad útil de almacenaje será un 35% del consumo promedio diario, este porcentaje está dividido en volumen compensador el cual se establece como un 15% y el volumen de reserva el cual se estima como el 20%.

3.5.4.1 Volumen del tanque

Teniendo en cuenta los volúmenes que establece la norma la capacidad del tanque se calculó de la siguiente manera:

$$Volumen = 35\% * CPD$$

Una vez calculado el volumen se procedió a encontrar las dimensiones del tanque, las cuales se procuró que fuesen óptimas para el almacenamiento, se hizo uso de un tanque cuadrado el cual se calculó mediante la siguiente ecuación:

¹ AMANCO, Manual Técnico de Tubosistema, página 32

Ecuación empírica tomada de: (Cualla, 2003)

$$h = \frac{V}{3} + K$$

$$B = L = \sqrt{\frac{V}{h}}$$

Donde:

h: Profundidad (m).

V: Capacidad (cientos de m³).

K: Constante en función de la capacidad.

B: ancho (m)

L: Largo (m)

3.5.5 Diseño de la red de distribución

Se realizó la idealización de la red en base al levantamiento topográfico tomando las elevaciones de los puntos donde se ubicaron los nodos de consumo y se modeló en el software EPANET 2.0 utilizando la condición de consumo máximo horario y consumo cero siendo esta última para determinar las máximas presiones hidrostáticas en la red.

3.5.5.1 Tipo de red

Debido a que las viviendas de la comunidad Jocote Arriba presentan una distribución dispersa se optó por una red abierta ya que esta se adapta eficientemente a las necesidades presentes.

3.5.5.2 Demanda en los nodos

La concentración de caudales en los nodos se realizó con el método repartición media, el cual consiste en la determinación de los caudales en cada tramo del sistema repartidos en partes iguales a los nodos de sus extremos. Por lo tanto, el caudal

en cada nodo será la suma de los caudales en los tramos medios adyacentes. Así mismo el caudal en cada tramo fue calculado por el método de longitud unitaria mediante las siguientes ecuaciones.

$$q_{ul} = \frac{CMH}{L_T}$$

$$Q_i = q_{ul} * L_i$$

Donde:

q_{ul}: Caudal unitario longitudinal (lps/m).

CMH: Consumo máximo horario (lps).

L_T: Longitud total de la red (m).

Q_i: Caudal en cada tramo (lps).

L_i: Longitudes de tubería que converge en el nodo (m).

3.5.5.3 Análisis Hidráulico

El análisis hidráulico del sistema se realizó con el software EPANET empleando la fórmula de Hazen Williams. Así mismo se aseguró que las presiones y velocidades cumplan con las condiciones máximas y mínimas recomendadas por INAA para garantizar que el agua llegue a cada punto de la red y evitar problemas de sedimentación, deterioro de los accesorios, pérdidas por fuga y grandes golpes de ariete.

3.5.5.4 Presiones máximas y mínimas

Según NTON-09001-99 para brindar presiones adecuadas en el funcionamiento del sistema de abastecimiento se recomienda que estas se cumplan dentro de un rango permisible, en los valores siguientes:

Presión Mínima: 5.0 metros

Presión Máxima: 50.0 metros

3.5.5.5 Velocidades permisibles en tuberías.

De acuerdo con NTON-09001-99 se recomienda fijar valores de las velocidades del flujo en los conductos para evitar erosión interna o sedimentación en las tuberías. Los valores permisibles son los siguientes:

Velocidad mínima: 0.4 m/s

Velocidad máxima: 2.0 m/s

3.5.5.6 Selección de la tubería

La tubería se seleccionará en base a la presión de trabajo de la que esta disponga para poder soportar la presión hidrostática y deberá ser lo más económica posible.

3.6 Saneamiento básico rural

Tabla 3 Criterios de foso de letrina

Período de diseño mínimo	4 años
Período de diseño máximo	10 años
Volumen de lodos	60 l/p-d
Rango de profundidad	2.0 m - 4.50 m
Forma	Rectangular
Ancho	0.70 m
Largo	0.90 m
Brocal	0.50 m altura mínima
Tubo Ventilador	Generalmente ϕ 4" PVC

Fuente: (INAA, 1999)

Tabla 4 Diseño típico de caseta

Altura (parte frontal)	2.0 m
Altura (parte posterior)	1.90 m
Alero del techo (frontal y posterior)	0.50 m
Hueco de ventilación en parte alta de pared	0.15x0.20 m

Fuente: (INAA, 1999)

3.7 Elaboración de planos

Los planos se elaboraron en Auto CAD según los datos recolectados del levantamiento topográfico y del análisis hidráulico de la red, se detallaron los elementos que componen el sistema con sus respectivas especificaciones técnicas.

3.7.1 Escalas utilizadas

Ubicación general: 1:5000

Planta general: 1:1000

Perfiles: Horizontal 1:1000, Vertical 1:100 o bien Horizontal: 1:500, Vertical 1:50

Detalles: 1:10, 1:20, 1:50, 1:100

3.7.2 Presupuesto del proyecto

Para la realización del presupuesto de la obra se presentan las siguientes etapas.

1. Con base en los planos se determinan las partidas y se elaboran los catálogos de conceptos que intervienen en la obra.
2. Se procede a realizar la cuantificación por concepto de trabajo.
3. Una vez conocida la cuantificación por concepto de trabajo, se procede a cuantificar los materiales a utilizarse en cada concepto y en la calidad especificada.
4. Habiendo definido la relación de materiales y su cantidad se deberán investigar los precios en el mercado de zona.
5. Se formarán las cuadrillas de trabajo y su costo por jornada de mano de obra que intervienen en la ejecución de los trabajos.
6. Una vez analizados los costos directos anteriores y conociendo los costos indirectos de operación que intervienen durante el proceso de la obra se procede a formar los precios unitarios de cada concepto de trabajo.
7. Con los análisis de precios unitarios, aplicados a los volúmenes a ejecutar, se obtiene el presupuesto de la obra.

IV ANÁLISIS DE RESULTADOS

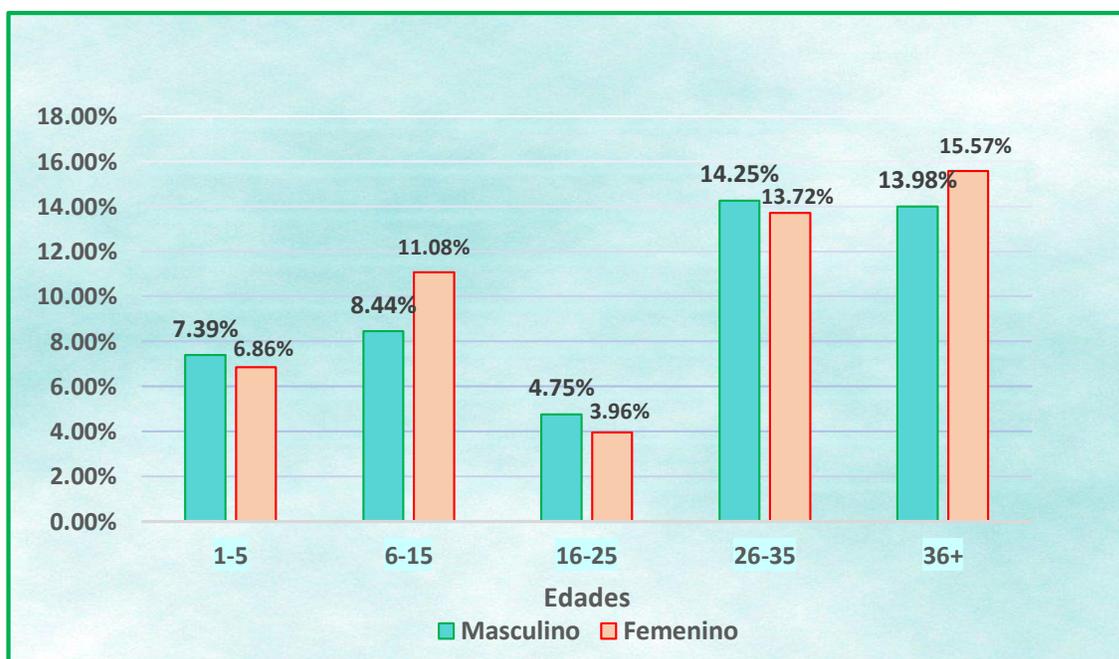
4.1 Censo poblacional

La población que demanda el proyecto de agua y saneamiento es de 379 habitantes distribuidos en 106 viviendas de las cuales se encontraron dos viviendas deshabitadas, dos iglesias evangélicas, una iglesia católica y un centro escolar.

El 100% de la población demanda el servicio de agua. Pero no todas las viviendas requieren de saneamiento ya que algunas ya tienen, aunque la mayoría no están en buenas condiciones.

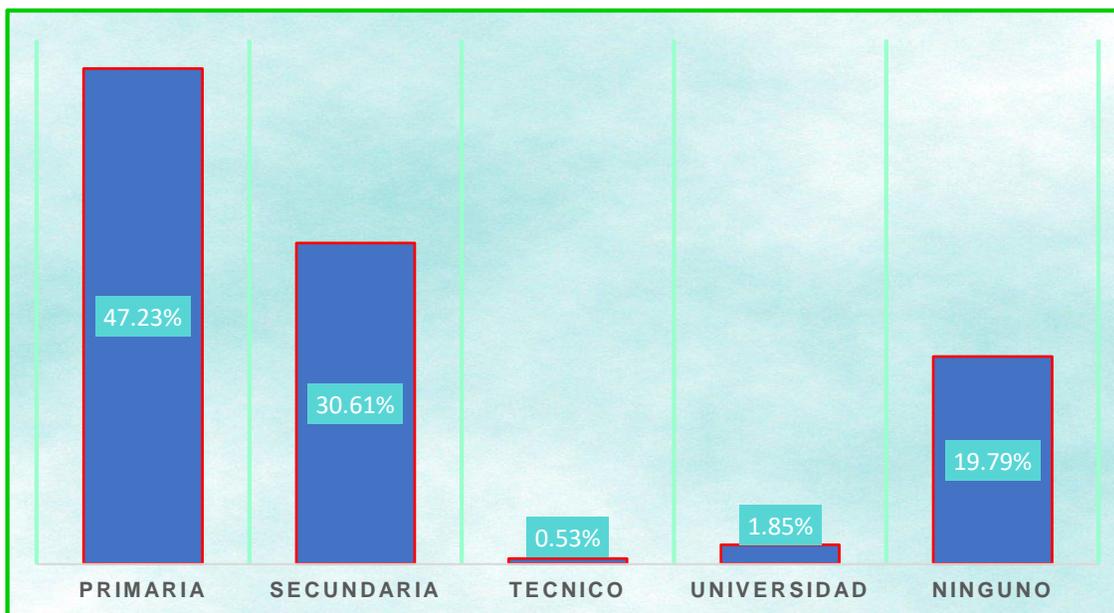
Para un total de 379 habitantes se constató que el 48.8% corresponde al sexo masculino y el 51.2 al sexo femenino representado a mayor detalle en el gráfico siguiente.

Ilustración 5 Gráfico distribución de la población



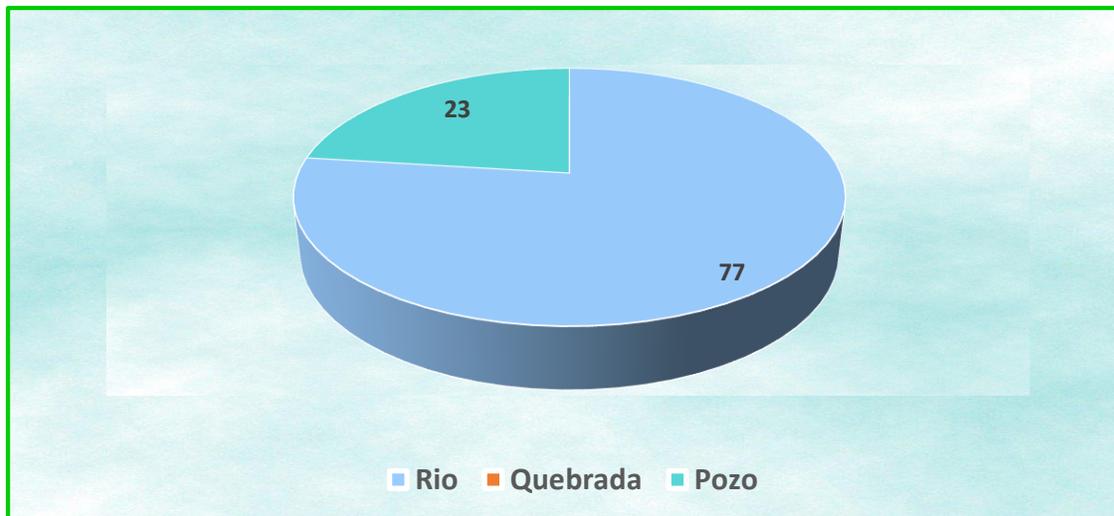
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 6 Gráfico nivel académico de la población



Fuente: Elaboración propia

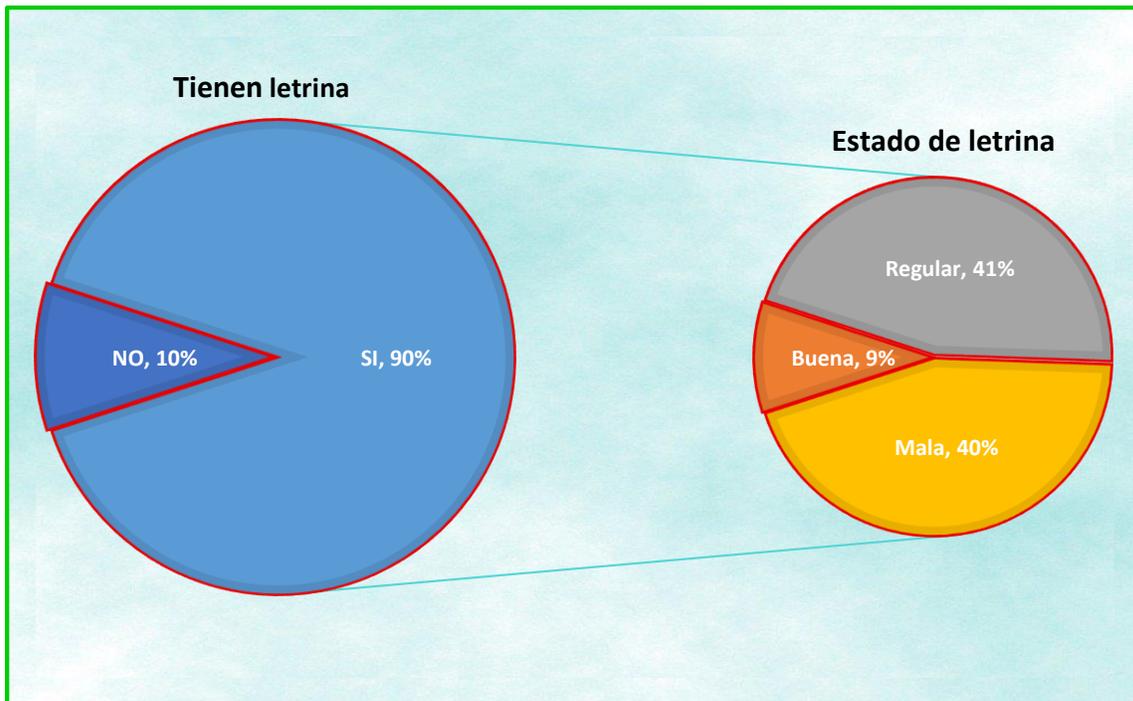
Ilustración 7 Gráfico abastecimiento de la comunidad



Fuente: Elaboración propia

El 23% de las familias se abastecen del agua de pozos, el 77% se abastece del agua de rio y el 0% de quebradas. El 17% de las familias recolecta el agua en barriles, el 81% en bidones y el 2% en pilas.

Ilustración 8 Gráfico Estado de Saneamiento en la comunidad



Fuente: Elaboración propia

Del 100% de la población el 10% no cuenta con letrinas, del 90% restante se encuentran en buen estado el 9%, en estado regular el 41% y en mal estado el 40%.

4.2 Levantamiento topográfico

En la comunidad Jocote arriba perteneciente al municipio de Condega, se realizó un levantamiento topográfico para conocer mejor la zona de estudio y determinar la mejor ruta para la red de distribución, de igual forma se levantaron puntos donde estarán los nodos de consumo, las viviendas existentes, y la fuente de abastecimiento.

Para dicho levantamiento se utilizó una Estación Total y cabe señalar que la zona posee lomas y colinas de poca elevación, con unas pendientes moderadas.

Tabla 5 *Tabla de ubicación de los nodos*

PUNTO	X	Y	Z
Nº de nodos	Este	Norte	Elevación (m.s.n.m)
NODO 1	579907.7794	1477034.943	714.70
NODO 2	580098.344	1477210.905	713.65
NODO 3	580183.2612	1477362.853	709.66
NODO 4	580370.1184	1477462.422	706.19
NODO 5	579695.8315	1477135.526	719.21
NODO 6	579459.3025	1477038.019	744.45
NODO 7	579277.427	1477008.502	751.56
NODO 8	579039.76	1476927.803	735.65
NODO 9	579791.9435	1476885.728	731.40
NODO 10	579730.1367	1476701.847	740.76
NODO 11	579609.1368	1476577.917	749.04
NODO 12	579423.1713	1476317.297	749.41
NODO 13	579620.5	1476124.5	726.00

Fuente: Elaboración propia

4.3 Fuente de abastecimiento

La fuente disponible para el abastecimiento de agua potable en la comunidad es a través de la captación de aguas subterráneas mediante la perforación de un pozo.

El pozo existente en la comunidad fue perforado el 09 de octubre del año 2018 con una profundidad de 220' pies (67 m), mediante una prueba de bombeo de 12 horas continuas realizada a la fuente se determinó que su caudal es de 48 gpm (3.02 lps), sin embargo, en el estudio realizado por la Alcaldía municipal de Condega recomiendan un caudal óptimo de explotación de 30 gpm (1.89 lps) para preservar el acuífero.

Del informe se obtuvieron los siguientes datos:

- Fecha de perforación: 09/10/2018.
- Coordenadas del pozo: Este 579640 m, Norte 1475948 m, y una elevación de 744 msnm (metros sobre el nivel del mar).
- Tipo de acuífero: Confinado y fracturado.

- Caudal del pozo: 48 gpm (3.02 lps).
- Caudal óptimo de explotación: 30 gpm (1.89 lps).
- Diámetro de ademe: Tubo PVC SDR26 de 6”
- Profundidad: 220’ pies (67 m).
- Nivel estático: 18.36’ pies (5.6 m)
- Abatimiento: 2.30 pies (0.70 m)
- Sumergencia de la bomba: 19.68 pies (6 m)

4.3.1 Diámetro de ademe

El INAA dentro de su normativa rural recomienda diámetros de ademe en relación al caudal a explotar de un pozo. Para caudales de 160 gpm o menores recomienda un ademe de 6 pulgadas. En este caso el caudal a explotar resulto de 48 gpm. Por lo que el pozo cumple con el criterio antes mencionado teniendo un ademe de 6 pulgadas. Ver “tabla de relación diámetro interno del pozo y caudal de bombeo” en ANEXOS.

4.3.2 Diámetro de perforación

Según el informe de perforación obtenido por parte de la alcaldía de Condega el pozo se perforo con un diámetro de 12 pulgadas hasta una altura de 20 pies y luego se rejudo a 10 pulgadas hasta alcanzar los 220 pies de profundidad.

4.3.3 Rendimiento de la fuente

La fuente debe tener la cantidad de agua necesaria para suplir la demanda de la población, por lo que debe analizarse la interacción entre la explotación del agua subterránea y el balance general de agua, para garantizar la disponibilidad de esta.

Tabla 6 Potencial y caudal explotable de la fuente

Rendimiento de la fuente	
Consumo máximo diario (CMD)	12.45 gpm
Caudal óptimo de explotación	30 gpm

Fuente: Elaboración propia

Debido a que el caudal óptimo de explotación del pozo recomendado en las pruebas de bombeo (30 gpm) es mayor al CMD (12.45 gpm), queda demostrado que el potencial es suficiente para abastecer la demanda del sistema propuesto, a su vez este resultado nos indica el grado de explotación de la fuente con 41.5% quedando como reserva el 58.5% lo que garantiza la durabilidad de la misma y un suministro de agua en cantidad suficiente para abastecer la demanda de la población.

En anexos se presenta el informe más a detalle del ensayo de bombeo.

4.4 Pruebas de calidad de agua

Se realizó examen de calidad del agua, bacteriológico, físico-químico y metales pesados, según muestra tomada el 23 de marzo del 2020 a la fuente disponible, ubicada en las coordenadas UTM Este 579649, Norte 1476147 y a una elevación de 730.9 msnm.

Al comparar los resultados de los análisis bacteriológicos, físico químicos y metales pesados de las muestras tomadas del pozo perforado, con los límites que establece la norma CAPRE, los resultados indican que las concentraciones para estos parámetros se encuentran dentro de los límites establecidos por la norma exceptuando los siguientes parámetros: Hierro total, nitritos y Amonio que sobrepasan los valores máximos admisibles.

Para garantizar la calidad del agua y preservar la salud de los consumidores es necesario realizar los debidos tratamientos como: aireación para reducir las concentraciones de hierro total y amonio, la cloración para tratar los coliformes totales aplicando hipoclorito de sodio por goteo de carga constante que se instalara en el tanque de almacenamiento.

La aireación cumple sus objetivos de purificación del agua mediante el arrastre o barrido de las sustancias volátiles causado por la mezcla turbulenta del agua con el aire y por el proceso de oxidación de los metales y los gases. (Rojas, 1999).

En anexos puede verse a más detalle el informe completo de las pruebas de calidad de agua realizadas por “SERFIQ – CENTEAL”, Managua.

4.4.1 Desinfección

La tabla siguiente muestra el cálculo de la cantidad de cloro para desinfección mediante la aplicación de solución de cloro para conseguir una dotación de 1.5 mg/l. Ya que Nicaragua las soluciones de cloro se venden en presentaciones del 12% de concentración, la columna final indica la cantidad solución de cloro al 12% que se debe comprar para preparar la solución al 1% por cada año del periodo de diseño del proyecto.

Tabla 7 Cantidad de hipoclorito de calcio para desinfección.

AÑO	CMD lps	Dosis Diaria ml/min	Volumen Solución 1%	Tiempo de vaciado (días) de un bidón de 100 lts	Cantidades vaciadas bidón de 100 lts	Cantidad de solución 1% x mes (lts)	Cantidad de hipoclorito al 12% x mes (lts)	Cantidad de hipoclorito al 12 % por año (lts)
0	2020	0.48	4.31	6.20	16	1.86	186.14	186
1	2021	0.49	4.42	6.37	16	1.91	191.05	191
2	2022	0.50	4.54	6.53	15	1.96	195.96	196
3	2023	0.52	4.65	6.70	15	2.01	200.87	201
4	2024	0.53	4.76	6.86	15	2.06	205.78	206
5	2025	0.54	4.88	7.02	14	2.11	210.69	211
6	2026	0.56	5.00	7.20	14	2.16	216.10	216
7	2027	0.57	5.13	7.38	14	2.21	221.50	221
8	2028	0.58	5.25	7.56	13	2.27	226.90	227
9	2029	0.60	5.39	7.76	13	2.33	232.80	233
10	2030	0.61	5.53	7.96	13	2.39	238.69	239
11	2031	0.63	5.66	8.15	12	2.45	244.58	245
12	2032	0.64	5.80	8.35	12	2.50	250.48	250
13	2033	0.66	5.95	8.56	12	2.57	256.86	257
14	2034	0.68	6.09	8.77	11	2.63	263.25	263
15	2035	0.69	6.24	8.99	11	2.70	269.63	270
16	2036	0.71	6.40	9.22	11	2.77	276.51	277
17	2037	0.73	6.56	9.45	11	2.83	283.38	283
18	2038	0.75	6.73	9.69	10	2.91	290.75	291
19	2039	0.77	6.89	9.92	10	2.98	297.62	298
20	2040	0.79	7.07	10.18	10	3.05	305.48	305

Fuente: Elaboración Propia.

4.5 Diseño hidráulico

4.5.1 Población futura

Para el cálculo de la población futura se dispondrá del método geométrico.

El cálculo se realizó con los datos de la población actual en la comunidad obtenidos del censo poblacional, la tasa de crecimiento y el periodo de diseño.

4.5.1.1 Tasa de crecimiento poblacional

La tasa de crecimiento se determinó con los datos proporcionados por INIDE y Alcaldía de Condega correspondientes al periodo 2005 - 2015.

$$r = \left(\frac{P_o}{P_n} \right)^{\frac{1}{t}} - 1$$

Tabla 8 Tasa de crecimiento poblacional

Lugar	Periodo Inicial	Periodo Final	Población Inicial	Población Final	Tasa
Municipio de Condega	2005	2015	28481	33407	1.58%
Z. Rural Jocote arriba	2005	2015	717	678	0.56%

Fuente: Elaboración propia (2020).

Como se muestra en la tabla 8, la población del municipio de Condega incremento en 1.58%, en cambio la población de la zona rural Jocote Arriba tuvo un descenso del 0.56%, ya que de 717 habitantes paso a tener 678 esto debido a que algunas familias salieron de la comunidad en busca de mejores condiciones económicas.

Por lo antes mencionado se optó por seleccionar la tasa mínima de crecimiento poblacional indicada por INAA de 2.5%.

Población Actual = 379 habitantes

Tasa de crecimiento = 2.5%

Periodo de diseño = 20 años

Haciendo uso de la información obtenida se presenta el cálculo de la población futura.

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

$$P_n = 379(1 + 0.025)^{20} = 622 \text{ habitantes}$$

Tabla 9 Crecimiento poblacional

Crecimiento poblacional			
N°	AÑO	(1+r)	Población (hab)
0	2020	1.025	379
1	2021	1.025	389
2	2022	1.025	399
3	2023	1.025	409
4	2024	1.025	419
5	2025	1.025	429
6	2026	1.025	440
7	2027	1.025	451
8	2028	1.025	462
9	2029	1.025	474
10	2030	1.025	486
11	2031	1.025	498
12	2032	1.025	510
13	2033	1.025	523
14	2034	1.025	536
15	2035	1.025	549
16	2036	1.025	563
17	2037	1.025	577
18	2038	1.025	592
19	2039	1.025	606
20	2040	1.025	622

Fuente: Elaboración propia (2020).

Según los datos recolectados la población futura en el año 20 del periodo de diseño será de 622 habitantes tal y como se muestra en la tabla de crecimiento poblacional.

4.5.1.2 Consumo promedio diario

Para dar solución al problema de abastecimiento se ha propuesto la distribución de agua por medio de conexiones domiciliarias, para este tipo de conexión según las dotaciones para abastecimiento de agua en el medio rural del INAA se debe asignar una dotación entre 50 y 60 litros por persona por día (lppd).

Una vez establecida la población de diseño y la dotación de agua se procede a determinar el consumo doméstico.

$$CD = \frac{\text{Dotacion} * \text{Poblacion}}{86400} \text{ (lps)}$$

$$CD = \frac{60 \text{ lppd} * 622 \text{ p}}{86400} = 0.432 \text{ lps}$$

La comunidad cuenta con una escuela, dos iglesias evangélicas y una iglesia católica siendo estas instituciones públicas, el INAA dentro de su normativa urbana establece para el consumo institucional un 7% del consumo doméstico.

$$\text{Consumo institucional} = 7\% * \text{Consumo doméstico}$$

$$\text{Consumo institucional} = 0.07 * 0.432 \text{ lps} = 0.030 \text{ lps}$$

El consumo promedio diario será igual a la suma del consumo domiciliar y el consumo institucional, puesto que no se cuenta con otro tipo de consumo en la localidad.

$$CPD = 0.432 \text{ lps} + 0.030 \text{ lps} = 0.462 \text{ lps}$$

Además de los consumos presentados anteriormente 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

pérdida se fija como un porcentaje del consumo promedio diario cuyo valor no deberá ser mayor del 20%. (NTON-09001-99)

$$Q_f = 20\% * CPD$$

$$Q_f = 0.20 * 0.462 \text{ lps} = 0.092 \text{ lps}$$

4.5.1.3 Consumo máximo día

Es la demanda máxima que se presenta en un día del año. En otras palabras, representa el día de mayor consumo en el año y se utiliza en el diseño de la línea de conducción.

$$CMD = 1.5CPD + Q_f$$

$$CMD = 1.5 * 0.462 \text{ lps} + 0.092 \text{ lps} = 0.79 \text{ lps}$$

4.5.1.4 Consumo máxima hora

Corresponde a la máxima demanda que se presenta en una hora durante un año completo. Es decir, la hora de mayor consumo en el año y se utiliza en el diseño de la red de distribución.

$$CMH = 2.5CPD + Q_f$$

$$CMH = 2.5 * 0.462 \text{ lps} + 0.092 \text{ lps} = 1.25 \text{ lps}$$

Tabla 10 Proyección de consumos

Datos de la Población				Consumo Promedio Diario					Consumo Max Dia (CMD)		Consumo Máxima Hora (CMH)	
N°	AÑO	Población (hab)	Dotación (Lppd)	Consumo Doméstico	Consumo Inst 7% CD	CPD		20% CPD Pérdidas por fuga				
				Lps	Lps	Lps	gpm	Lps	Lps	gpm	Lps	gpm
0	2020	379	60	0.263	0.018	0.282	4.464	0.056	0.479	7.589	0.760	12.053
1	2021	389	60	0.270	0.019	0.289	4.582	0.058	0.491	7.789	0.780	12.371
2	2022	399	60	0.277	0.019	0.296	4.700	0.059	0.504	7.990	0.800	12.689
3	2023	409	60	0.284	0.020	0.304	4.818	0.061	0.517	8.190	0.821	13.007
4	2024	419	60	0.291	0.020	0.311	4.935	0.062	0.529	8.390	0.841	13.326
5	2025	429	60	0.298	0.021	0.319	5.053	0.064	0.542	8.590	0.861	13.644
6	2026	440	60	0.306	0.021	0.327	5.183	0.065	0.556	8.811	0.883	13.993
7	2027	451	60	0.313	0.022	0.335	5.312	0.067	0.570	9.031	0.905	14.343
8	2028	462	60	0.321	0.022	0.343	5.442	0.069	0.584	9.251	0.927	14.693
9	2029	474	60	0.329	0.023	0.352	5.583	0.070	0.599	9.491	0.951	15.075
10	2030	486	60	0.338	0.024	0.361	5.725	0.072	0.614	9.732	0.975	15.456
11	2031	498	60	0.346	0.024	0.370	5.866	0.074	0.629	9.972	0.999	15.838
12	2032	510	60	0.354	0.025	0.379	6.007	0.076	0.644	10.212	1.023	16.220
13	2033	523	60	0.363	0.025	0.389	6.160	0.078	0.661	10.473	1.049	16.633
14	2034	536	60	0.372	0.026	0.398	6.314	0.080	0.677	10.733	1.075	17.046
15	2035	549	60	0.381	0.027	0.408	6.467	0.082	0.693	10.993	1.101	17.460
16	2036	563	60	0.391	0.027	0.418	6.632	0.084	0.711	11.274	1.130	17.905
17	2037	577	60	0.401	0.028	0.429	6.796	0.086	0.729	11.554	1.158	18.350
18	2038	592	60	0.411	0.029	0.440	6.973	0.088	0.748	11.854	1.188	18.827
19	2039	606	60	0.421	0.029	0.450	7.138	0.090	0.765	12.135	1.216	19.273
20	2040	622	60	0.432	0.030	0.462	7.327	0.092	0.786	12.455	1.248	19.782

Fuente: Elaboración propia (2020)

4.5.2 Tanque de almacenamiento

4.5.2.1 Capacidad del tanque de almacenamiento

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, brindar presiones adecuadas en la red de distribución y disponer de reserva ante eventualidades e interrupciones en el suministro de agua.

La capacidad del tanque de almacenamiento se estima como el 35% del consumo promedio diario del cual el 15% corresponde al volumen compensador y el 20% restante al volumen de reserva.

$$\text{Volumen de tanque requerido} = 0.35 * CPD$$

$$\text{Volumen de tanque requerido} = 0.35 * \{[(0.462 \text{ l/s}) * (86400 \text{ s})] * [1 \text{ m}^3/1000 \text{ l}]\}$$

$$\text{Volumen de tanque requerido} = 13.97 \text{ m}^3$$

4.5.2.2 Tipo de tanque de almacenamiento

Se propone la construcción de un tanque de almacenamiento sobre suelo de mampostería con piedra bolón, de sección cuadrada cuyas dimensiones serán calculadas con la siguiente ecuación tomada de Cualla 2003.

$$h = \frac{V}{3} + K$$

Tabla 11 Constante de capacidad de almacenamiento

V (cientos de m ³)	K
< 3	2.0
4 - 6	1.8
7 - 9	1.5
10 - 13	1.3
14 - 16	1.0
> 17	0.7

Fuente: Elaboración propia

$$V = 13.97 \text{ m}^3 = 0.1397 \times 10^2 \text{ m}^3$$

De acuerdo con la tabla la constante de la capacidad del tanque de almacenamiento es: $K = 2.0$

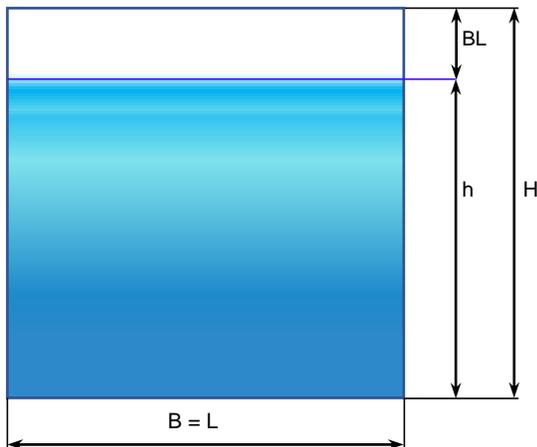
$$h = \frac{0.1397}{3} + 2 = 2.05 \text{ m}$$

$$B = L = \sqrt{\frac{V}{h}}$$

$$B = L = \sqrt{\frac{13.97}{2.05}} = 2.61 \text{ m}$$

$$BL = 0.30 \text{ m}$$

$$H = h + BL = 2.05 \text{ m} + 0.30 \text{ m} = 2.35 \text{ m}$$



Fuente: *Elaboración propia*

Por razones constructivas las dimensiones finales del tanque serán las siguientes:

- Tipo de construcción: Mampostería de concreto ciclópeo
- Largo y ancho: 3 m
- Altura de rebose: 2 m
- Borde libre: 0.30 m
- Capacidad: 18 m³

4.5.3 Diseño de la línea de conducción por bombeo

El caudal de bombeo será calculado para un tiempo de 16 horas de bombeo en función del consumo promedio diario, según numeral 5.3.3, inciso b), NTON 09-001-99.

$$CPD = 0.462 \text{ lps} = 0.000462 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{bombeo} = Q_{CPD} * \left(\frac{24 \text{ hrs}}{t_{bombeo}} \right) + Q_f$$

$$Q_{bombeo} = 0.000462 \text{ m}^3/\text{s} * \left(\frac{24 \text{ hrs}}{16 \text{ hrs}} \right) + 0.092/1000 = 0.00079 \text{ m}^3/\text{s}$$

4.5.3.1 Diámetro económico

Para determinar el mejor diámetro (más económico) se aplicará la formula siguiente:

$$D = 0.9(Q)^{0.45}$$

$$D = 0.9(0.00079 \text{ m}^3/\text{s})^{0.45} = 0.0362 \text{ m} = 1.42 \text{ pulg}$$

$$D_{Comercial} = 1 \frac{1}{2} \text{ pulg}$$

El diámetro más económico es aquel cuya suma de los costos anuales debido a la energía consumida más el costo amortizado de la inversión inicial en instalación de tubería, sea el más bajo. Siempre y cuando cumpla con todos los criterios de diseño.

Para realizar el análisis del diámetro más económico se dispone del análisis de costo anual equivalente (CAEq).

Para el análisis se propuso el diámetro comercial calculado y dos superiores siendo los siguientes: 1 ½", 2" y 3".

Antes de realizar el análisis de costo es necesario verificar si las velocidades de los diámetros propuestos cumplen con los criterios establecidos en la norma rural del INAA donde la velocidad mínima es de 0.4 m/s y la velocidad máxima es de 2 m/s.

La fórmula empleada para determinar las velocidades en la tubería es la siguiente:

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

Tabla 12 Velocidad en línea de conducción

Diámetro (pulga)	Diámetro (m)	Q (m ³ /s)	Velocidad (m/s)
1 ½"	0.0375	0.00079	0.72
2"	0.050	0.00079	0.40
3"	0.075	0.00079	0.18

Fuente: Elaboración propia (2020).

Según la tabla presentada de velocidades en la línea de conducción los diámetros de 1 ½" y 2" cumplen con el criterio establecido por INAA, sin embargo, el diámetro de 3" pese a que no cumple no se omitirá en el análisis.

Para el cálculo hidráulico las pérdidas por fricción en la longitud de conducción se determinarán por medio de la fórmula de Hazen – Williams.

$$H = \frac{10.675 * Q^{1.85}}{C^{1.85} * D^{4.87}} * L$$

La norma establece que las pérdidas en la columna de bombeo deben ser menor o igual al 5% de su longitud:

$$h_{f-Columna\ de\ bombeo} \leq 5\% * L_{Columna\ de\ bombeo}$$

La longitud en la columna de bombeo será igual a la suma de los siguientes factores:

- Altura del eje de la sarta, sobre el terreno natural 0.50 m
- La profundidad del nivel estático del agua (NEA): 18.37 pies.

- El Rebajamiento: 2.30 pies.
- La sumergencia: 19.68 pies

$$L_{\text{Columna de bombeo}} = 0.50 \text{ m} + 5.6 \text{ m} + 0.70 \text{ m} + 6 \text{ m} = 12.80 \text{ m}$$

$$h_{f-\text{Columna de bombeo}} = 5\% * 12.80 \text{ m} = 0.64 \text{ m}$$

Pérdidas en columna de bombeo

$$H_{1.5} = \frac{10.675 * (0.00079)^{1.85}}{(100)^{1.85} * (0.0375)^{4.87}} * 12.80 = 0.4372 \text{ m} \leq 0.64 \text{ Ok}$$

$$H_2 = \frac{10.675 * (0.00079)^{1.85}}{(100)^{1.85} * (0.05)^{4.87}} * 12.80 = 0.1077 \text{ m} \leq 0.64 \text{ Ok}$$

$$H_3 = \frac{10.675 * (0.00079)^{1.85}}{(100)^{1.85} * (0.075)^{4.87}} * 12.80 = 0.0149 \text{ m} \leq 0.64 \text{ Ok}$$

Las pérdidas en la columna de bombeo se calcularon para tres diámetros diferentes con el fin de comparar el resultado con el criterio que establece la norma NTON 09-001-99, dando como resultado que cada uno de los diámetros propuesto cumple con dicho criterio.

Para el cálculo de las pérdidas en la descarga se tomó en cuenta tanto los accesorios requeridos en la sarta de bombeo como los que se encuentran en la línea de conducción y a la entrada y salida del tanque de almacenamiento.

Las pérdidas por accesorios o pérdidas menores se calcularon con la siguiente ecuación:

$$h_f = \frac{k * v^2}{2g}$$

Donde:

hf: Pérdida

k: Coeficiente de fricción

v: Velocidad

g: aceleración de la gravedad

Pérdidas para diámetro de 1.5 pulgadas

Tabla 13 Pérdidas por accesorios en sarta de bombeo $\phi 1.5in$

Accesorios	Cantidad	K	PERIODO 20 AÑOS	
			hf (m)	hf (ft)
Válvula de aire	1	1.5	0.0391	0.1283
Manómetro	1	1.75	0.0456	0.1497
Medidor maestro	1	2.5	0.0652	0.2139
Válvula de retención (check)	1	2.58	0.0673	0.2207
Válvula de compuerta abierta	1	0.21	0.0055	0.0180
Codo de 90°	1	0.9	0.0235	0.0770
Codo de 45°	2	0.4	0.0209	0.0684
hf Total en accesorios			0.2670	0.8761

Fuente: Elaboración propia (2020).

Pérdidas en la tubería de sarta

$$H = \frac{10.675 * (0.00079)^{1.85}}{(100)^{1.85} * (0.0375)^{4.87}} * 3 = 0.1025 \text{ m}$$

Pérdida total en sarta

$$hf \text{ sarta} = 0.2670 \text{ m} + 0.1025 \text{ m} = 0.3695 \text{ m}$$

Pérdidas en la línea de conducción

$$H = \frac{10.675 * (0.00079)^{1.85}}{(150)^{1.85} * (0.0375)^{4.87}} * 806.68 = 13.0130 \text{ m}$$

Tabla 14 Pérdidas en la entrada del tanque $\phi 1.5in$

Accesorio	Cantidad	K	PERIODO 20 AÑOS	
			hf (m)	hf (ft)
Codo de 90°	2	0.9	0.0469	0.1540
Entrada normal en tubo	1	0.5	0.0130	0.0428
Salida de tubo	1	1	0.0261	0.0856
Rejilla	1	0.75	0.0196	0.0642
Valv. compuerta abierta	1	0.2	0.0052	0.0171
hf Total en accesorios			0.1108	0.3636

Fuente: Elaboración propia (2020).

Pérdidas en tubería de entrada tanque

$$H = \frac{10.675 * (0.00079)^{1.85}}{(100)^{1.85} * (0.0375)^{4.87}} * 2 = 0.0683 \text{ m}$$

Pérdida total entrada tanque

$$hf \text{ ent tanque} = 0.1108 \text{ m} + 0.0683 \text{ m} = 0.1791 \text{ m}$$

Pérdida total línea de conducción para un diámetro de 1.5pulgadas.

$$hf \text{ total} = 0.4372 \text{ m} + 0.3695 \text{ m} + 13.0130 \text{ m} + 0.1791 \text{ m} = 13.99 \text{ m}$$

Pérdidas para diámetro de 2 pulgadas

Tabla 15 Pérdidas por accesorios en la sarta de bombeo $\phi 2in$

Accesorios	Cantidad	K	PERIODO 20 AÑOS	
			hf (m)	hf (ft)
Válvula de aire	1	1.5	0.0124	0.0406
Manómetro	1	1.75	0.0144	0.0474
Medidor maestro	1	2.5	0.0206	0.0677
Válvula de retención (check)	1	2.58	0.0213	0.0698
Válvula de compuerta abierta	1	0.21	0.0017	0.0057
Codo de 90°	1	0.9	0.0074	0.0244
Codo de 45°	2	0.4	0.0066	0.0217
hf Total en accesorios			0.0845	0.2772

Fuente: Elaboración propia (2020).

Pérdidas en la tubería de sarta

$$H = \frac{10.675 * (0.00079)^{1.85}}{(100)^{1.85} * (0.050)^{4.87}} * 3 = 0.0252 \text{ m}$$

Pérdida total en sarta

$$hf \text{ sarta} = 0.0845 \text{ m} + 0.0252 \text{ m} = 0.1097 \text{ m}$$

Pérdidas en la línea de conducción

$$H = \frac{10.675 * (0.00079)^{1.85}}{(150)^{1.85} * (0.050)^{4.87}} * 806.68 = 3.2057 \text{ m}$$

Tabla 16 Pérdidas en la entrada del tanque ϕ 2in

Accesorio	Cantidad	K	PERIODO 20 AÑOS	
			hf (m)	hf (ft)
Codo de 90°	2	0.9	0.0149	0.0487
Entrada normal en tubo	1	0.5	0.0041	0.0135
Salida de tubo	1	1	0.0083	0.0271
Rejilla	1	0.75	0.0062	0.0203
Valv. compuerta abierta	1	0.2	0.0017	0.0054
hf Total en accesorios			0.0351	0.1150

Fuente: Elaboración propia (2020).

Pérdidas en tubería de entrada tanque

$$H = \frac{10.675 * (0.00079)^{1.85}}{(100)^{1.85} * (0.050)^{4.87}} * 2 = 0.0168 \text{ m}$$

Pérdida total entrada tanque

$$hf \text{ ent tanque} = 0.0351 \text{ m} + 0.0168 \text{ m} = 0.0519 \text{ m}$$

Pérdida total línea de conducción para un diámetro de 2 pulgadas.

$$hf \text{ total} = 0.1077 \text{ m} + 0.1097 \text{ m} + 3.2057 \text{ m} + 0.0519 \text{ m} = 3.47 \text{ m}$$

Pérdidas para diámetro de 3 pulgadas

Tabla 17 Pérdidas por accesorios en la sarta de bombeo ϕ 3in

Accesorios	Cantidad	K	PERIODO 20 AÑOS	
			hf (m)	hf (ft)
Válvula de aire	1	1.5	0.0024	0.0080
Manómetro	1	1.75	0.0029	0.0094
Medidor maestro	1	2.5	0.0041	0.0134
Válvula de retención (check)	1	2.58	0.0042	0.0138
Válvula de compuerta abierta	1	0.21	0.0003	0.0011
Codo de 90°	1	0.9	0.0015	0.0048
Codo de 45°	2	0.4	0.0013	0.0043
hf Total en accesorios			0.0167	0.0548

Fuente: *Elaboración propia (2020).*

Pérdidas en la tubería de sarta

$$H = \frac{10.675 * (0.00079)^{1.85}}{(100)^{1.85} * (0.075)^{4.87}} * 3 = 0.0035 \text{ m}$$

Pérdida total en sarta

$$hf \text{ sarta} = 0.0167 \text{ m} + 0.0035 \text{ m} = 0.0202 \text{ m}$$

Pérdidas en la línea de conducción

$$H = \frac{10.675 * (0.00079)^{1.85}}{(150)^{1.85} * (0.075)^{4.87}} * 806.68 = 0.4450 \text{ m}$$

Tabla 18 Pérdida en la entrada del tanque ϕ 3in

Accesorio	Cantidad	K	PERIODO 20 AÑOS	
			hf (m)	hf (ft)
Codo de 90°	2	0.9	0.0029	0.0096
Entrada normal en tubo	1	0.5	0.0008	0.0027
Salida de tubo	1	1	0.0016	0.0053
Rejilla	1	0.75	0.0012	0.0040
Valv. compuerta abierta	1	0.2	0.0003	0.0011
hf Total en accesorios			0.0069	0.0227

Fuente: *Elaboración propia (2020).*

Pérdidas en tubería de entrada tanque

$$H = \frac{10.675 * (0.00079)^{1.85}}{(100)^{1.85} * (0.075)^{4.87}} * 2 = 0.0023 \text{ m}$$

Pérdida total entrada tanque

$$hf \text{ ent tanque} = 0.0069 \text{ m} + 0.0023 \text{ m} = 0.0092 \text{ m}$$

Pérdida total línea de conducción para un diámetro de 3 pulgadas.

$$hf \text{ total} = 0.0149 \text{ m} + 0.0202 \text{ m} + 0.4450 \text{ m} + 0.0092 \text{ m} = 0.48 \text{ m}$$

La carga total dinámica no es más que la carga estática más las pérdidas totales que se producen en la línea de conducción tanto en la columna de bombeo como en la descarga.

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

Donde:

CTD: Carga total dinámica

ΔE : Carga estática

hf total: Perdida total en conducción

La carga estática no es más que la diferencia de nivel entre el nivel de rebose del tanque y el nivel mínimo de bombeo.

$$\Delta E = N_{rebose} - N_{mb}$$

Debido a que antes del tanque se encuentra un punto de mayor elevación la carga estática ya no será la diferencia entre el nivel de rebose y el nivel mínimo de bombeo si no que será la diferencia entre la elevación del punto y el nivel mínimo de bombeo ya que la bomba debe vencer primero dicho punto para llegar al tanque.

$$N_{rebose} = 767 \text{ msnm}$$

$$N_{max \text{ elevacion}} = 802.42 \text{ msnm}$$

El nivel mínimo de bombeo será igual al nivel del terreno del pozo menos el NEA (Nivel Estático del Agua), y el descenso o rebajamiento.

$$N_{mb} = NTP - NEA - Desc$$

Donde:

Nmb: Nivel mínimo de bombeo

NTP: Nivel del terreno de pozo.

NEA: Nivel estático del agua.

Desc: Descenso o rebajamiento.

$$N_{mb} = 730.97 \text{ msnm} - 5.6 \text{ m} - 0.70 \text{ m}$$

$$N_{mb} = 724.67 \text{ msnm}$$

Tabla 19 Carga total dinámica

AÑO	Ø (pulg)	CPD (m³/s)	Tiempo de bombeo (hrs)	Caudal de diseño (m³/s)	Velocidad (m/s)	Pérdidas conducción (m)	Carga estática ΔE (m)	CTD (m)
2040	1.5	0.000462	16	0.00079	0.72	13.99 m	77.75 m	91.74
2040	2	0.000462	16	0.00079	0.40	3.47 m	77.75 m	81.22
2040	3	0.000462	16	0.00079	0.18	0.48 m	77.75 m	78.23

Fuente: *Elaboración propia*

Para determinar la potencia de la bomba se tomó como primera aproximación una eficiencia de 70% para tener una idea del valor de la misma. La eficiencia real se obtiene de la curva característica de la bomba.

$$P_b = \frac{Q * CTD}{75e_b}$$

Donde:

Pb: Potencia bomba en hp.

Q: Caudal de diseño en l/s.

CTD: Carga total dinámica en m.

e_b: Eficiencia de la bomba en %.

Para la potencia del motor se utilizó una eficiencia del 80%.

$$P_m = \frac{P_b}{e_m}$$

Donde:

P_m: Potencia del motor en hp.

P_b: Potencia bomba en hp.

e_m: Eficiencia del motor en %.

Tabla 20 Potencia del equipo de bombeo

AÑO	Ø (pulg)	Q (m ³ /s)	CTD (m)	Potencia bomba		Potencia de motor	
				hp	Kw	hp	Kw
2040	1.5	0.00079	91.74	1.38	1.02	1.73	1.27
2040	2	0.00079	81.22	1.23	0.90	1.54	1.13
2040	3	0.00079	78.23	1.19	0.87	1.48	1.09

Fuente: *Elaboración propia.*

Antes de proseguir con el análisis del diámetro más económico es necesario revisar el golpe de ariete para verificar si la tubería propuesta puede resistir la sobre presión que este fenómeno produce. Para lo cual se aplicarán las siguientes formulas tomadas del manual de AMANCO.

$$a = \frac{1420}{\sqrt{1 + (K/E)(SDR - 2)}}$$

El manual de AMANCO simplifica el cálculo de velocidad de propagación de ondas según el SDR de la tubería como se muestra en la tabla presentada a continuación.

Tabla 21 Velocidad de propagación de ondas

SDR	a (m/s)
17	410
26	330
32.5	294
41	261

Fuente: AMANCO

Se propuso una tubería SDR 26 por lo tanto la velocidad de propagación de onda es de 330 m/s.

$$P = \frac{aV}{10g}$$

$$P_{M\acute{a}x} = \Delta E + P$$

Se debe verificar si la presión de trabajo de la tubería es mayor a la presión máxima ejercida por el fluido, para una tubería SDR-26 la presión de trabajo es de 112 mca.

Para 1.5 pulg SDR-26

$$P = \frac{330 * 0.72}{10 * 9.81} = 2.42 \text{ Kg/cm}^2 = 24.2 \text{ mca}$$

$$P_{M\acute{a}x} = 77.75 + 24.2 = 101.95 \text{ mca} < 112 \text{ mca SDR} - 26 \therefore OK$$

Para 2 pulg SDR-26

$$P = \frac{330 * 0.40}{10 * 9.81} = 1.35 \text{ Kg/cm}^2 = 13.5 \text{ mca}$$

$$P_{M\acute{a}x} = 77.75 + 13.5 = 91.25 \text{ mca} < 112 \text{ mca SDR} - 26 \therefore Ok$$

Para 3 pulg SDR-26

$$P = \frac{330 * 0.18}{10 * 9.81} = 0.60 \text{ Kg/cm}^2 = 6 \text{ mca}$$

$$P_{M\acute{a}x} = 77.75 + 6 = 83.75 \text{ mca} < 112 \text{ mca SDR} - 26 \therefore \text{Ok}$$

Una vez realizadas las revisiones pertinentes para garantizar que los diámetros propuestos brinden una adecuada funcionalidad al sistema se procede a determinar cuál es el más económico. El cual se obtuvo de la suma del costo anual de la tubería más el costo anual de energía.

El costo anual de la tubería es el resultado de multiplicar el valor presente de la tubería por el factor de recuperación de capital (CRF).

El valor presente de la tubería (VPT) se calculó multiplicando la longitud de la línea de conducción por bombeo por el costo por metro de tubería.

El factor de recuperación de capital o amortización será para un periodo de 20 años a una tasa del 8% anual.

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

$$CRF = \frac{0.08}{1 - (1 + 0.08)^{-20}} = 0.1019$$

Tabla 22 Costo anual de Tubería

Diámetro (Pulg)	Longitud (m)	Costo unitario	VPT	CAT
1.5	806.68	C\$ 91.24	C\$ 73,601.48	C\$ 7,496.47
2	806.68	C\$ 123.13	C\$ 99,326.51	C\$ 10,116.62
3	806.68	C\$ 247.70	C\$ 199,814.64	C\$ 20,351.56

Fuente: Elaboración propia.

El costo anual de energía se calcula usando la siguiente ecuación:

$$CAE = \frac{\text{Tiempo de bombeo}}{\text{día}} * 365 * P_{\text{motor}}(\text{Kw}) * \text{Costo energía} \left(\frac{\text{C\$}}{\text{Kwh}} \right)$$

Tabla 23 Costo anual de energía

Diámetro (Pulg)	Tiempo de bombeo (hrs)	Potencia (Kw)	Costo de energía (Kw/h)	CAE
1.5	16	1.27	C\$ 6.98	C\$ 51,769.26
2	16	1.13	C\$ 6.98	C\$ 46,062.42
3	16	1.09	C\$ 6.98	C\$ 44,431.89

Fuente: Elaboración propia.

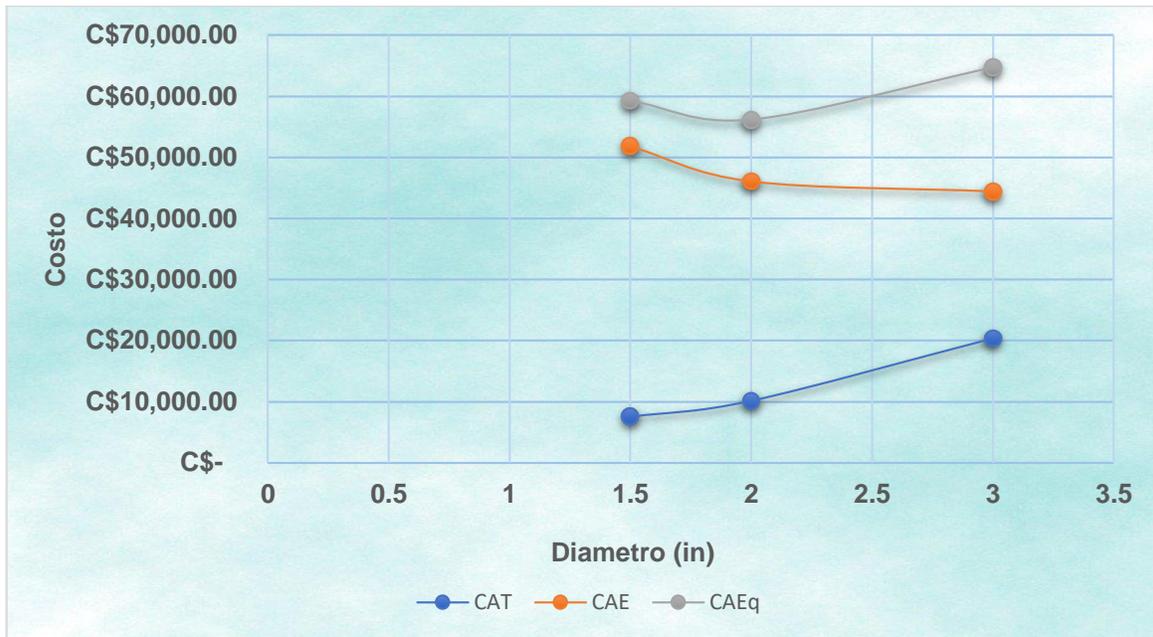
Con el costo anual de tubería y costo anual de energía se obtiene en la siguiente tabla el costo anual equivalente para los diámetros propuestos.

Tabla 24 Costo anual equivalente

Diámetro (Pulg)	CAT	CAE	CAEq
1.5	C\$ 7,496.47	C\$ 51,769.26	C\$ 59,265.73
2	C\$ 10,116.62	C\$ 46,062.42	C\$ 56,179.04
3	C\$ 20,351.56	C\$ 44,431.89	C\$ 64,783.45

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 9 Gráfico diámetro más económico



Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la tabla y en el gráfico el diámetro más económico es el de 2 pulgadas ya que es el que proporciona el menor costo anual equivalente. Por lo tanto, será el diámetro utilizado en la conducción.

4.5.3.2 Selección del equipo de bombeo

Tabla 25 Potencia de bomba para caudales de 10 años y 20 años

Periodo de diseño	AÑO	Ø (pulg)	Caudal de diseño (m³/s)	Pérdidas conducción (m)	Carga estática ΔE (m)	CTD (m)	Potencia bomba (hp)	Potencia Motor (hp)
10 años	2030	2	0.00061	2.15 m	77.75 m	79.90	0.93	1.16
20 años	2040	2	0.00079	3.47 m	77.75 m	81.22	1.23	1.54

Fuente: Elaboración propia.

Para los primeros 10 años de servicio se utilizará un equipo de bombeo de 1 hp de potencia marca 15FA1S4-PE Franklin electric, esto se debe a que los equipos de bombeo tienen una vida útil aproximada de 10 años.

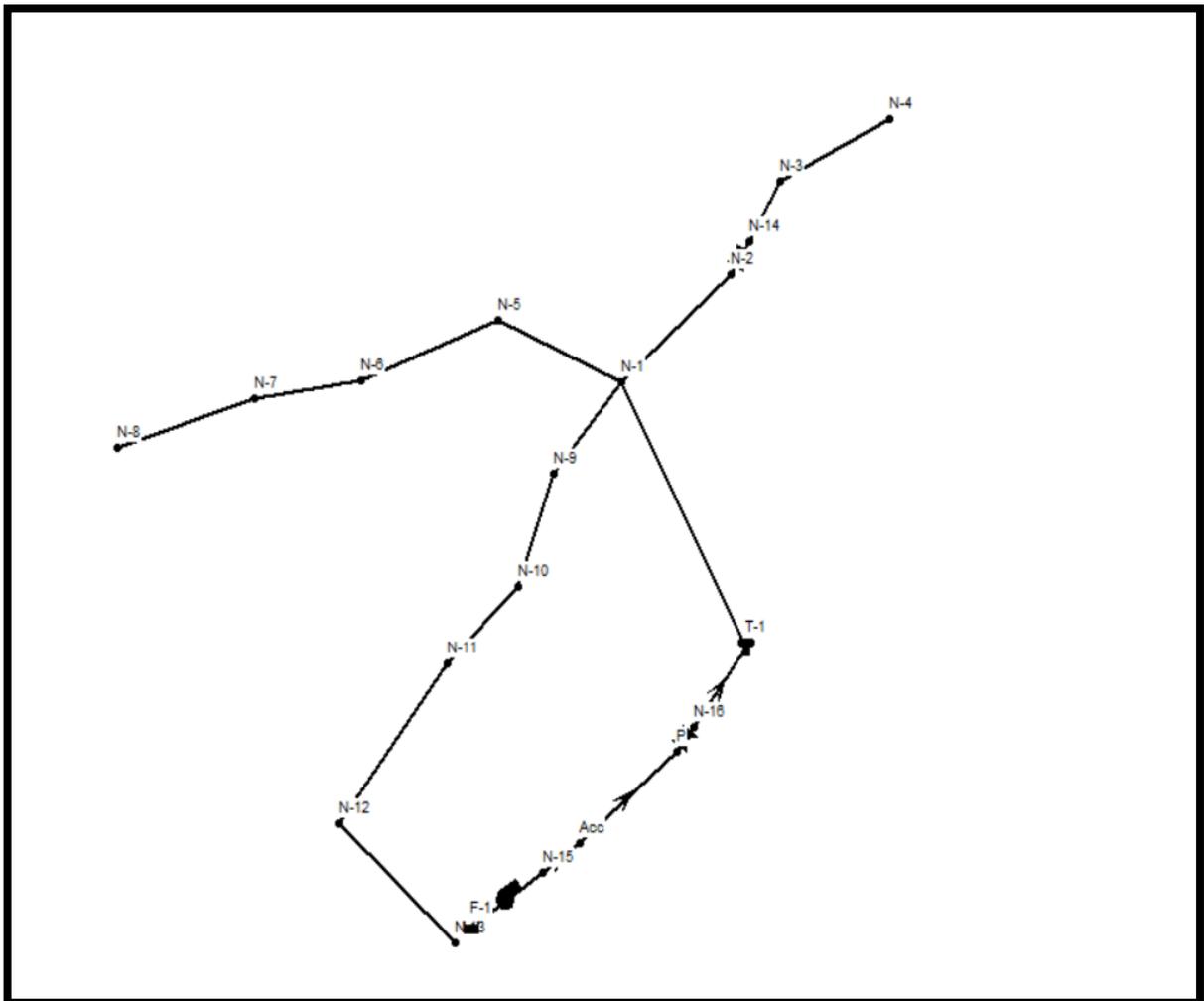
Para los siguientes 10 años será necesario sustituir el equipo de bombeo por uno de 1.5 hp de potencia marca 15FA15S4-PE, ya que al final del periodo de diseño se requiere transportar mayor caudal.

En la curva característica de la bomba que se muestra en los anexos se puede apreciar la selección de la bomba para el año 10 y 20 del periodo de diseño.

4.6 Análisis hidráulico de la red

4.6.1 Esquema general de red

Ilustración 10 Esquema general de la red

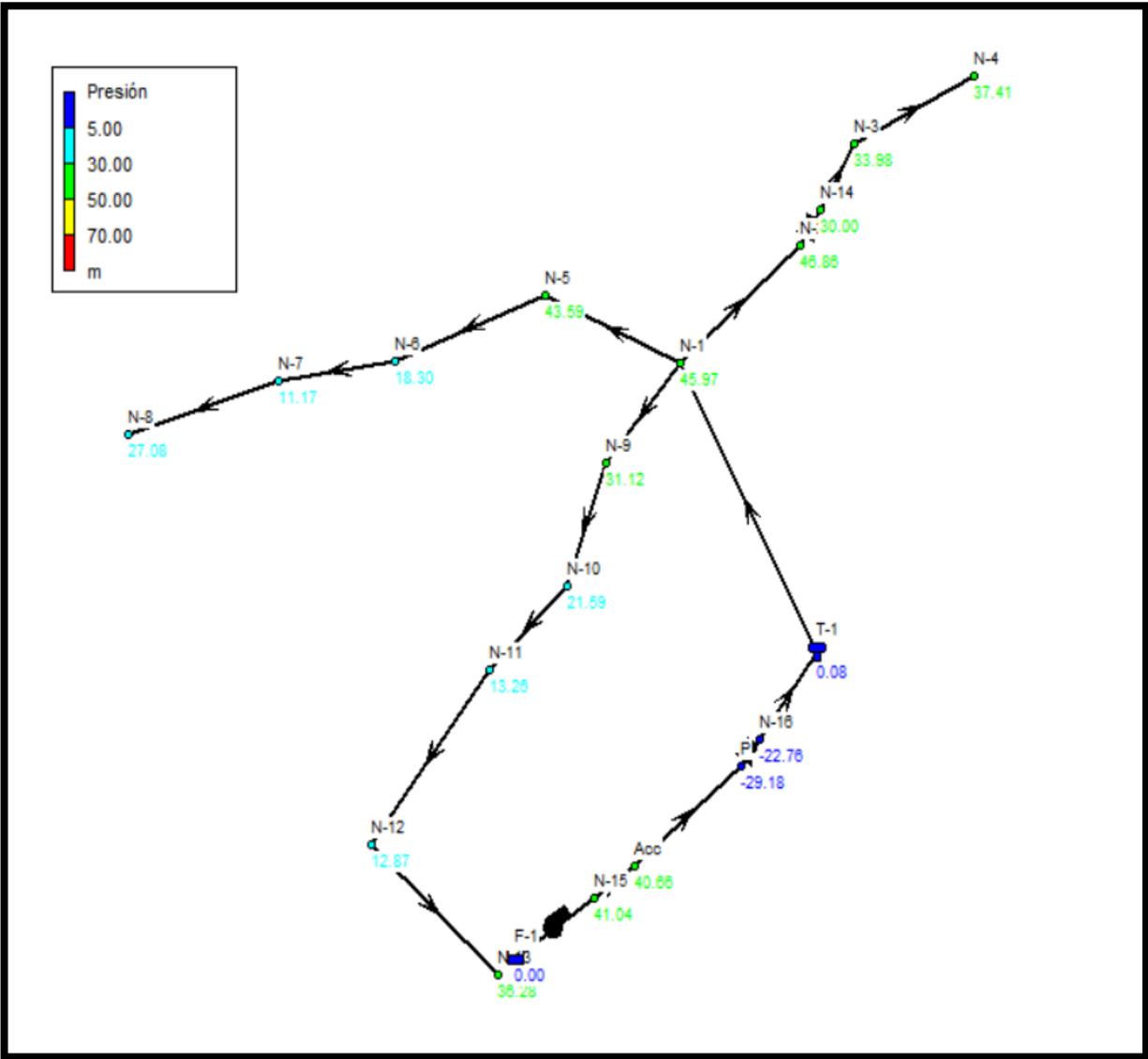


Fuente: Elaboración propia utilizando el software EPANET.

El esquema mostrado en la figura se realizó con la ayuda del software EPANET el cual es ampliamente utilizado para trazar y modelar redes de agua potable, para hacer el trazado de la red se usaron datos reales obtenidos a partir de un levantamiento topográfico realizado en la zona de estudio, de esa forma fue posible ubicar los componentes del sistema con mayor precisión.

4.6.2 Esquema de presiones obtenidas con Consumo Máximo Horario

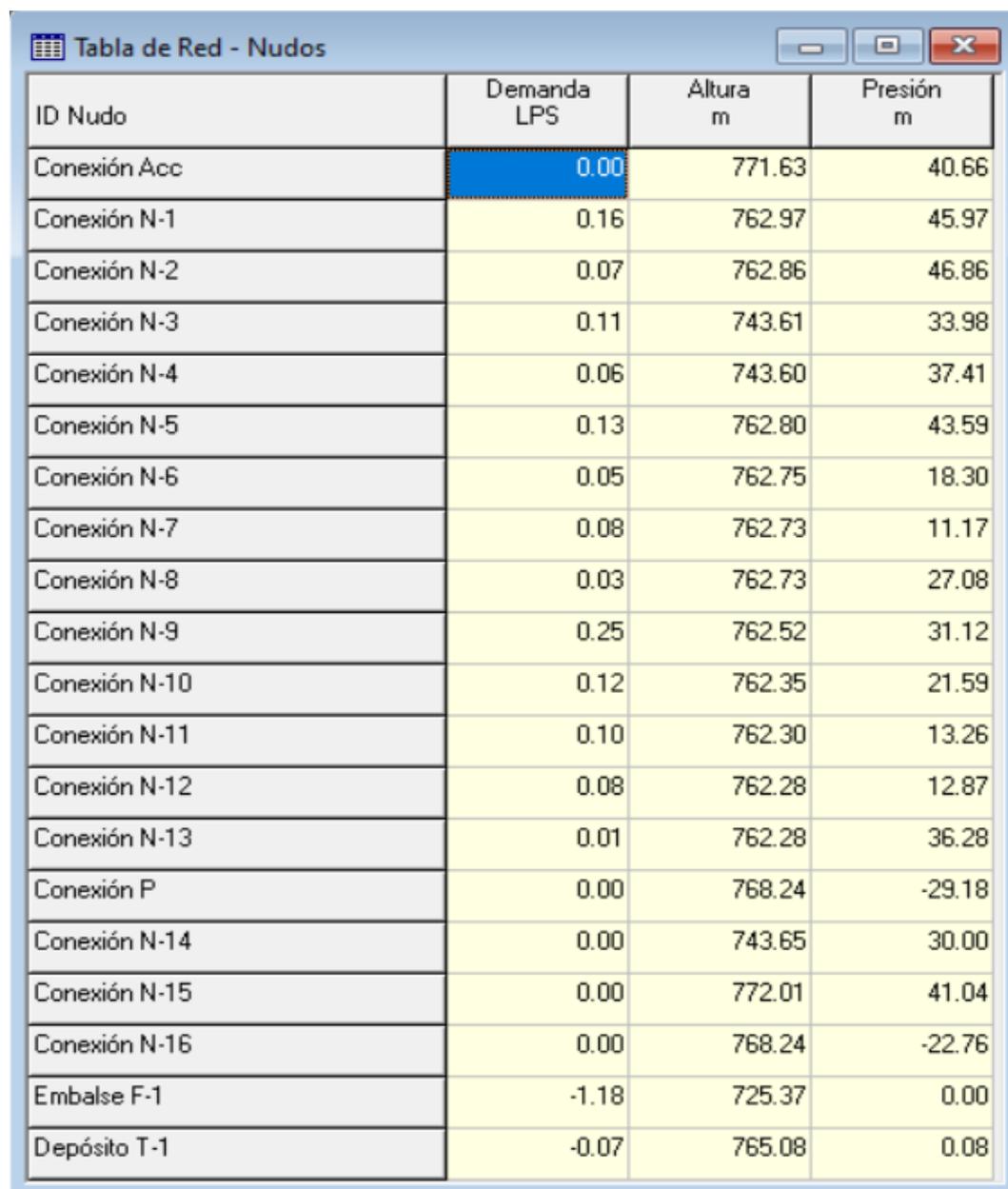
Ilustración 11 Esquema de presiones con CMH



Fuente: Elaboración propia utilizando el software EPANET.

4.6.3 Tabla de presiones con Consumo Máximo Horario (CMH)

Ilustración 12 Presiones obtenidas con CMH



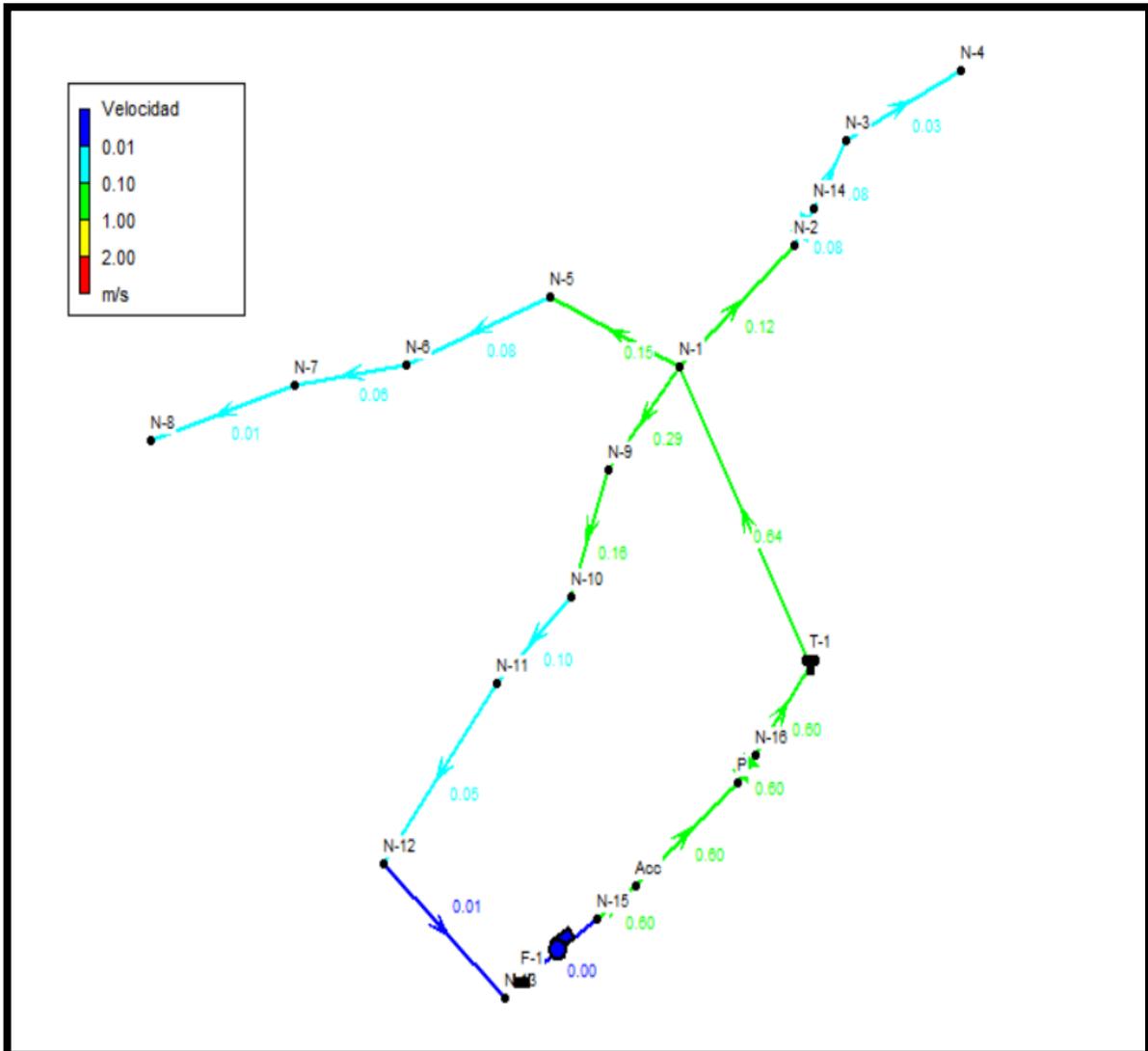
ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Conexión Acc	0.00	771.63	40.66
Conexión N-1	0.16	762.97	45.97
Conexión N-2	0.07	762.86	46.86
Conexión N-3	0.11	743.61	33.98
Conexión N-4	0.06	743.60	37.41
Conexión N-5	0.13	762.80	43.59
Conexión N-6	0.05	762.75	18.30
Conexión N-7	0.08	762.73	11.17
Conexión N-8	0.03	762.73	27.08
Conexión N-9	0.25	762.52	31.12
Conexión N-10	0.12	762.35	21.59
Conexión N-11	0.10	762.30	13.26
Conexión N-12	0.08	762.28	12.87
Conexión N-13	0.01	762.28	36.28
Conexión P	0.00	768.24	-29.18
Conexión N-14	0.00	743.65	30.00
Conexión N-15	0.00	772.01	41.04
Conexión N-16	0.00	768.24	-22.76
Embalse F-1	-1.18	725.37	0.00
Depósito T-1	-0.07	765.08	0.08

Fuente: Elaboración propia utilizando el software EPANET.

Como se puede observar en la tabla mostrada la mayor presión existente es de 49.21 m y la menor de 11.17 m, la norma NTON 09001-99 establece un rango de presiones permisibles de 5 metros a 50 metros, la mayoría de los nodos cumple con dicha condición.

4.6.4 Esquema de velocidades con Consumo Máximo Horario (CMH)

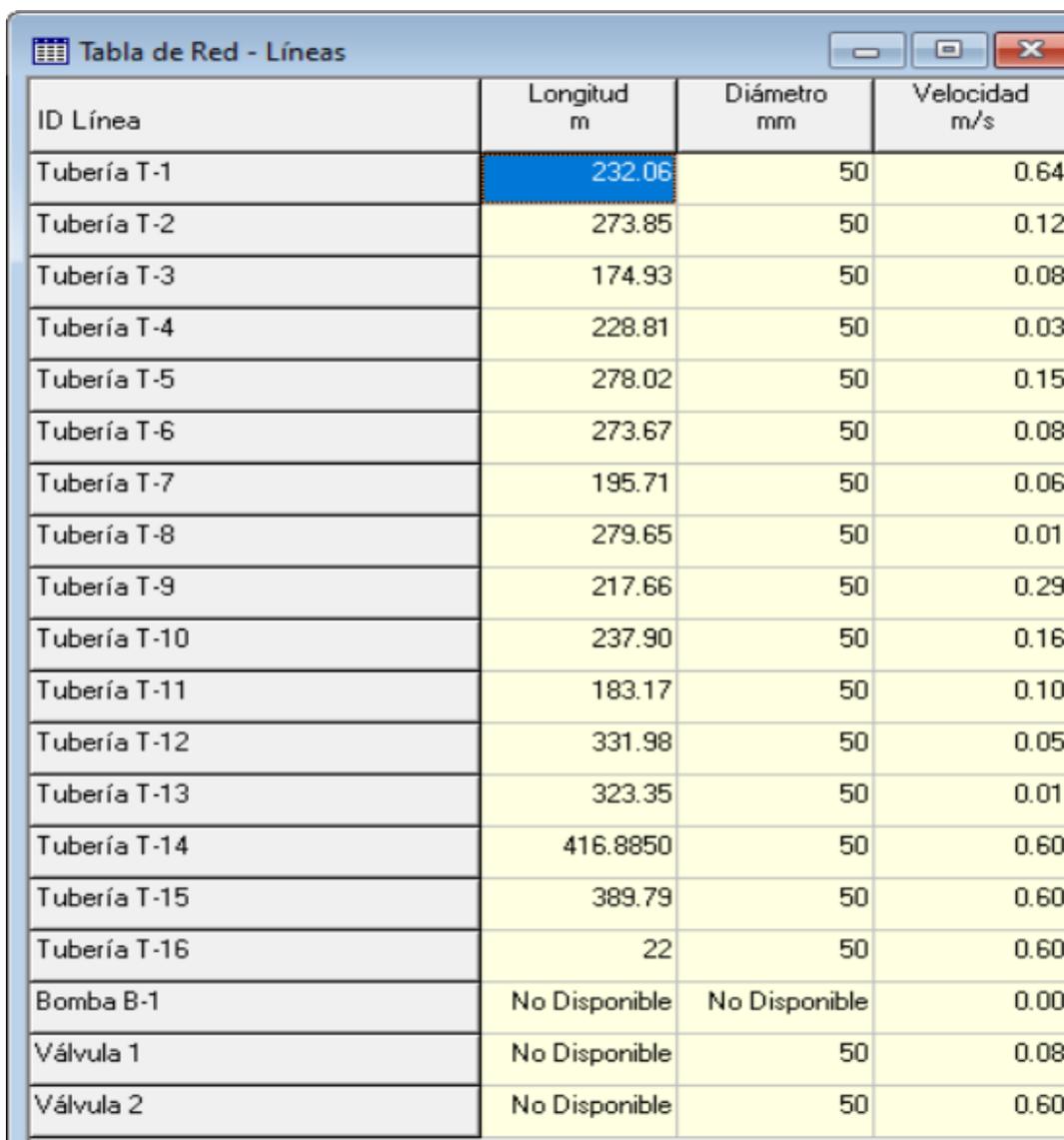
Ilustración 13 Esquema de velocidades con CMH



Fuente: Elaboración propia utilizando el software EPANET.

4.6.5 Tabla de velocidades con Consumo Máximo Horario (CMH)

Ilustración 14 Velocidades obtenidas con CMH



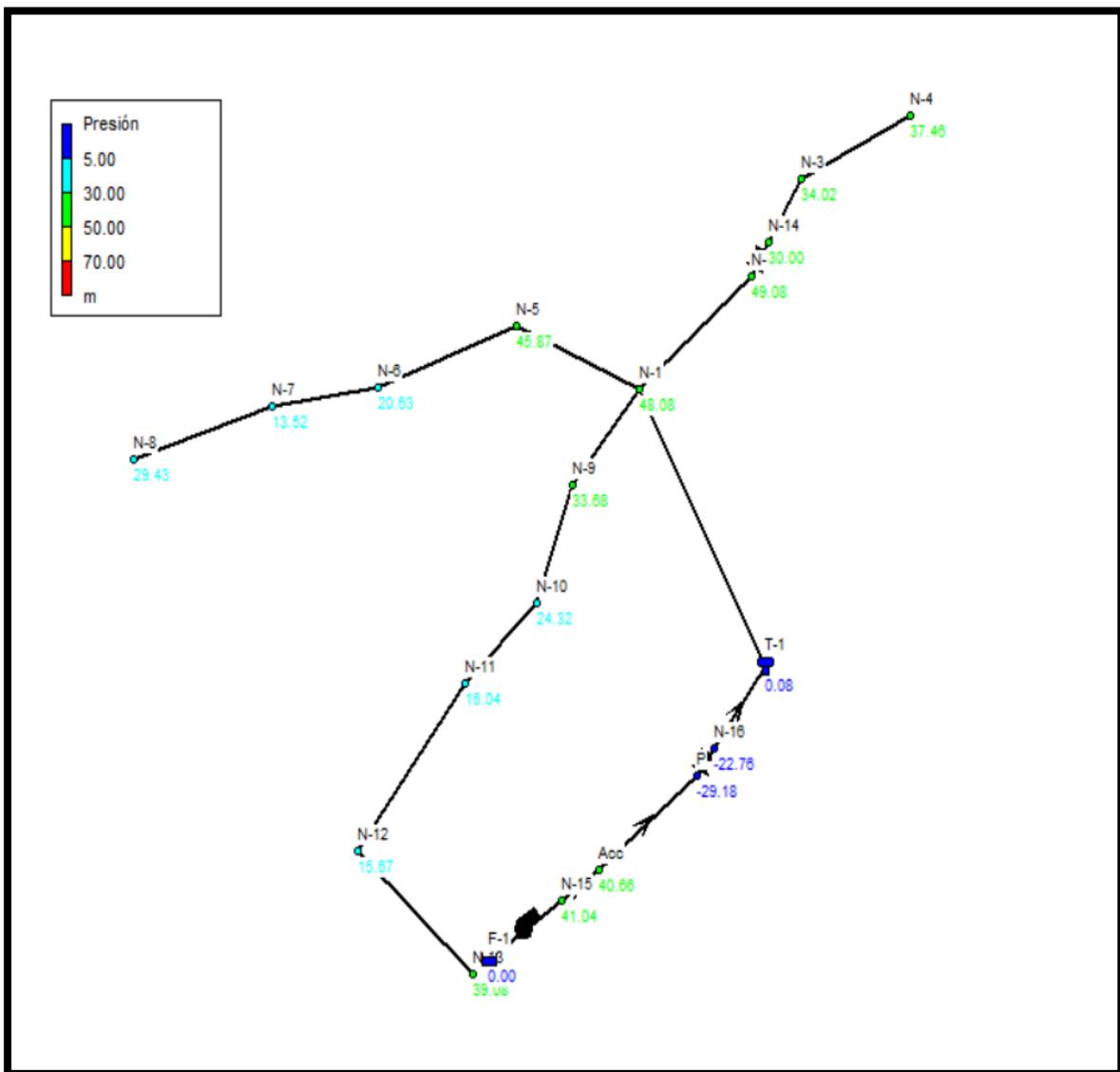
ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Velocidad m/s
Tubería T-1	232.06	50	0.64
Tubería T-2	273.85	50	0.12
Tubería T-3	174.93	50	0.08
Tubería T-4	228.81	50	0.03
Tubería T-5	278.02	50	0.15
Tubería T-6	273.67	50	0.08
Tubería T-7	195.71	50	0.06
Tubería T-8	279.65	50	0.01
Tubería T-9	217.66	50	0.29
Tubería T-10	237.90	50	0.16
Tubería T-11	183.17	50	0.10
Tubería T-12	331.98	50	0.05
Tubería T-13	323.35	50	0.01
Tubería T-14	416.8850	50	0.60
Tubería T-15	389.79	50	0.60
Tubería T-16	22	50	0.60
Bomba B-1	No Disponible	No Disponible	0.00
Válvula 1	No Disponible	50	0.08
Válvula 2	No Disponible	50	0.60

Fuente: Elaboración propia utilizando el software EPANET.

Los resultados de las velocidades en tubería presentan valores inferiores a los recomendados por la norma NTON 09001-99 la cual establece un rango permisible de 0.4 m/s como mínima y 2 m/s como máxima, se colocarán válvulas de limpieza para evitar la acumulación de sedimentos debido a las bajas velocidades en el sistema en los puntos más bajos (Nodo 3, Nodo 5, Nodo 9).

4.6.6 Esquema de presiones con Consumo Cero

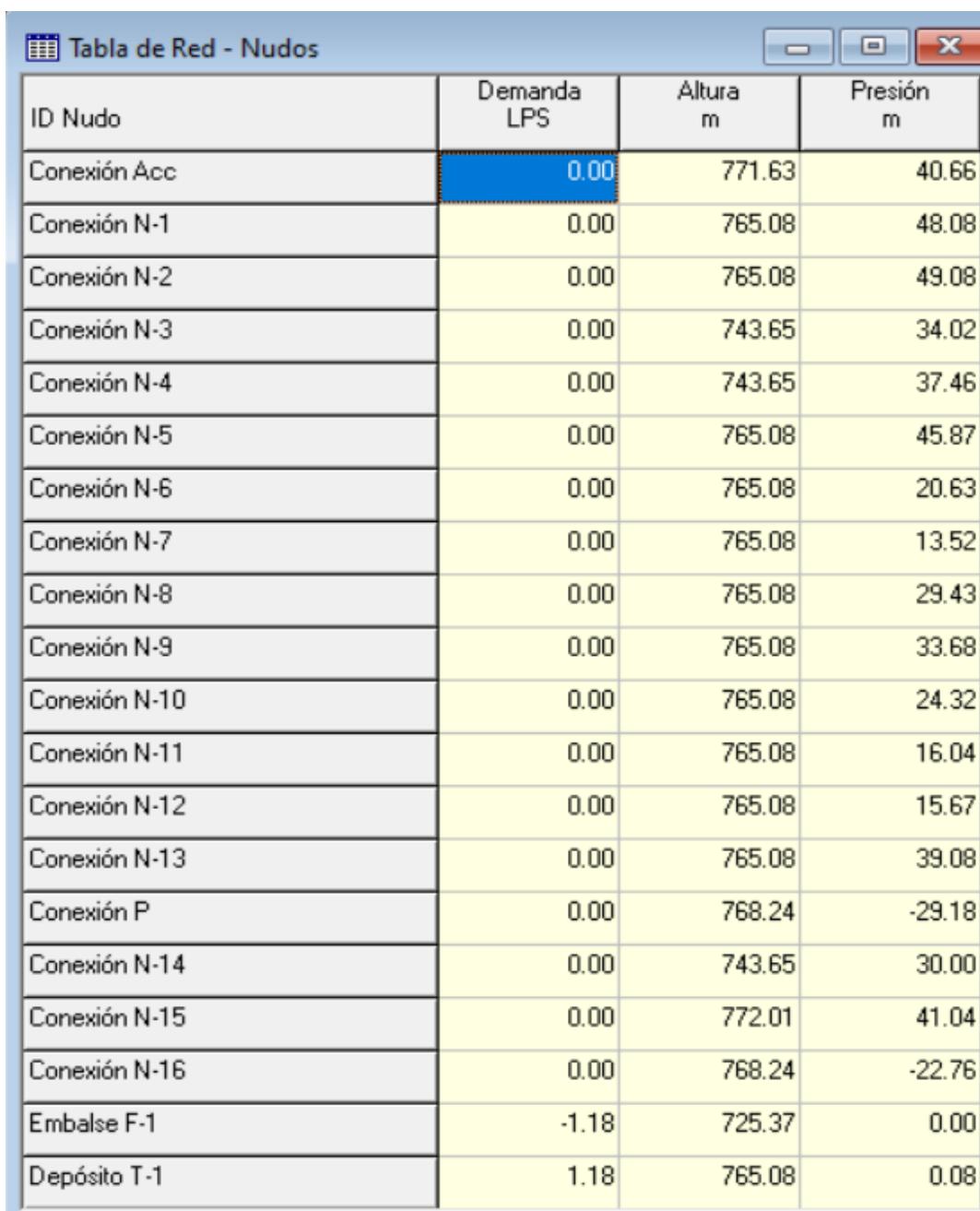
Ilustración 15 Esquema de presiones con Consumo cero



Fuente: Elaboración propia utilizando el software EPANET.

4.6.7 Tabla de presiones con Consumo Cero

Ilustración 16 Presiones obtenidas con Consumo cero



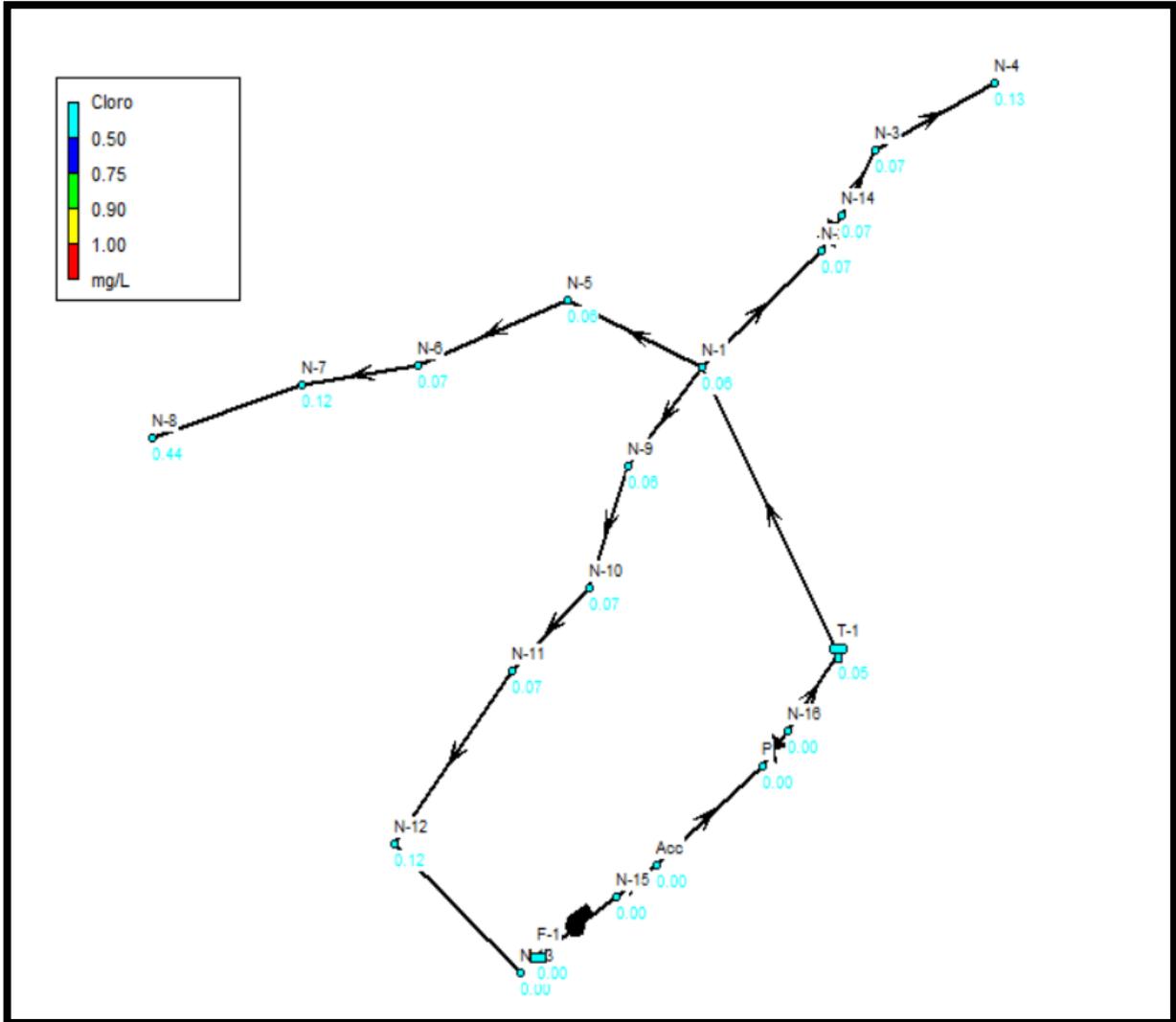
ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Conexión Acc	0.00	771.63	40.66
Conexión N-1	0.00	765.08	48.08
Conexión N-2	0.00	765.08	49.08
Conexión N-3	0.00	743.65	34.02
Conexión N-4	0.00	743.65	37.46
Conexión N-5	0.00	765.08	45.87
Conexión N-6	0.00	765.08	20.63
Conexión N-7	0.00	765.08	13.52
Conexión N-8	0.00	765.08	29.43
Conexión N-9	0.00	765.08	33.68
Conexión N-10	0.00	765.08	24.32
Conexión N-11	0.00	765.08	16.04
Conexión N-12	0.00	765.08	15.67
Conexión N-13	0.00	765.08	39.08
Conexión P	0.00	768.24	-29.18
Conexión N-14	0.00	743.65	30.00
Conexión N-15	0.00	772.01	41.04
Conexión N-16	0.00	768.24	-22.76
Embalse F-1	-1.18	725.37	0.00
Depósito T-1	1.18	765.08	0.08

Fuente: Elaboración propia utilizando el software EPANET.

Para determinar las mayores presiones que pueden presentarse en el sistema se realiza un análisis con consumo igual a cero.

4.6.8 Análisis de cloro residual en la red

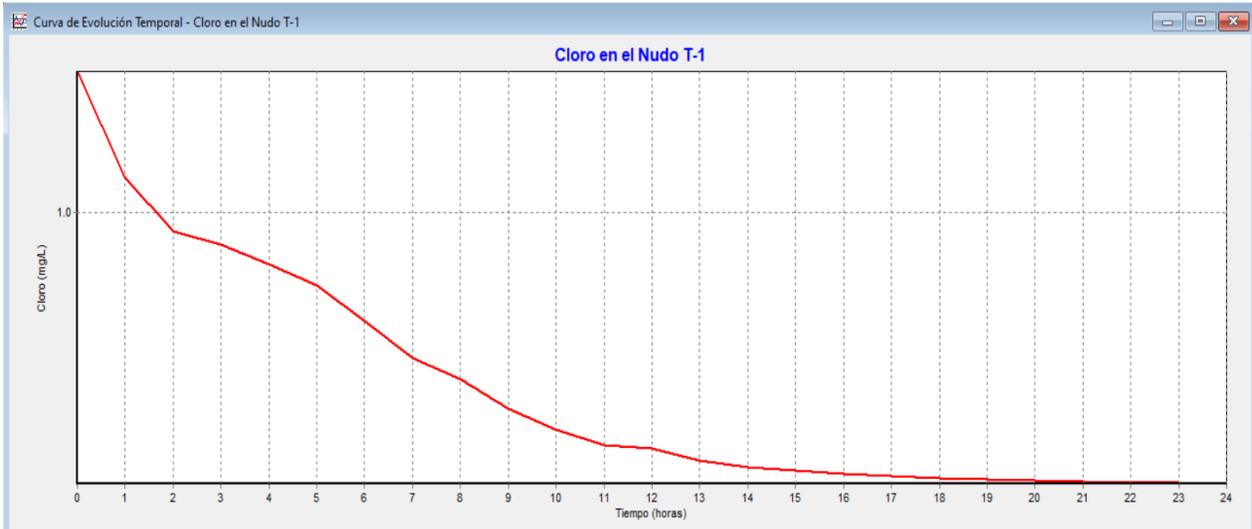
Ilustración 17 Análisis de cloro de residual



Fuente: Elaboración propia utilizando el software EPANET.

Para realizar el análisis de cloro residual en la red es necesario establecer un punto en el sistema donde se aplicará la dosis del químico correspondiente, en este caso se tomó como punto de aplicación el tanque de almacenamiento, el cual cuenta con un hipoclorador de carga constante en la parte superior del mismo.

Ilustración 18 Dosificación en la red



Fuente: Elaboración propia utilizando el software EPANET.

Se aplicó una dosis inicial de 2mg/l para evitar que en los nodos próximos al tanque existan valores de cloro residual superiores a los establecidos por la norma, los cuales se encuentran en un rango de 0.5 a 1 mg/l, como se puede observar en la ilustración 17 ninguno de los nodos excede estos valores.

En la ilustración 18 también se puede observar el comportamiento del cloro con respecto al tiempo en la red de distribución.

Cruce aéreo

La comunidad cuenta con un puente colgante de estructura de acero y madera para poder acceder a uno de los sectores, por lo que para poder llevar el agua a los habitantes de ese sector es necesario un pase aéreo con tubería de hierro galvanizado el cual se fijará con bridas metálicas.

Se colocarán bloques de reacción en los cambios de tubería, tanto en la entrada como en la salida del puente.

4.7 Saneamiento básico rural

El tipo de saneamiento que se propone es el de letrina sobre el suelo.

Debido a que algunos habitantes cuentan con letrinas en buenas condiciones solo se proponen para aquellos que no poseen o se encuentran en condiciones no óptimas para su uso. Siendo en este caso un total de 91 letrinas de las 100 viviendas que se encuentran habitadas.

4.7.1 Brocal

El brocal será de ladrillo cuarterón para proteger y evitar el derrumbamiento del foso.

4.7.2 Piso de Letrina

El piso de la letrina será una losa de fibra de vidrio y estará soportada sobre el brocal del foso, cuyo ajuste y sellamiento deberá verificarse para evitar el ingreso de insectos y roedores.

4.7.3 Taza Sanitaria

La tasa será de fibra de vidrio, está diseñada específicamente para niños y para adultos y tiene una forma de cono truncado etc., con su tapa para evitar la entrada de insectos.

4.8 Planos y presupuesto

La propuesta de planos se adjunta en ANEXOS, donde se presentan los diseños típicos para los componentes del sistema de abastecimiento de agua potable empezando con plano de topografía planta-perfil de la línea de conducción, hasta terminar con el tanque de mampostería (concreto ciclópeo) sobre el suelo y caseta de estación de bombeo típica. Los alcances del presupuesto se construyeron con referencia a (FISE, 2008) donde se expone el “Catálogo de Etapas y Sub-Etapas”, para proyectos de abastecimiento de agua potable. Las cantidades se estimaron en base a los planos propuestos. Los costos unitarios para algunos conceptos fueron obtenidos del Maestro de costos primarios FISE 2018 y Alcaldía Municipal de Condega.

Tabla 26 Presupuesto del proyecto

ETAPA	SUD ETAPA	DESCRIPCION DE LA ETAPA Y/O SUB ETAPA	U/M	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
310	00	PRELIMINARES				C\$ 128,000.62
	01	Limpieza inicial	M2			C\$ 45,318.82
	01.1	Limpieza manual inicial	M2	2111.765	C\$ 21.46	C\$ 45,318.82
	02	Trazo y nivelación	M			C\$ 82,681.80
	02.1	Trazo y nivelación para tubería de agua potable (incl. Estacas de madera + mano de obra, topografía) (No incl. Equipo de topografía)	M	4037.45	C\$ 20.48	C\$ 82,681.80
320	00	LINEA DE CONDUCCION POR BOMBEO	M			C\$ 342,129.29
	01	Excavación manual para tubería en suelo natural	M3	544.509	C\$ 157.65	C\$ 85,839.86
	02	Instalación de tubería PVC diámetro = 2" (SDR-26)	M	806.68	C\$ 154.35	C\$ 124,511.06
	03	Relleno y compactación manual	M3	502.59	C\$ 101.67	C\$ 51,098.28
	04	Cama de arena de 10 cm de espesor	M3	40.334	C\$ 600.00	C\$ 24,200.40
	05	Pruebas Hidrostáticas (Con bomba manual) en tubería de PVC Diam= hasta 2" L= hasta 300 m para proyectos de agua potable.	M	3.00	C\$3,000.00	C\$ 9,000.00
	06	Acarreo (con camión volquete) de mat. selecto a 3 km, carga con equipo (incl. Derecho de explotación)	M3	159.75	C\$ 155.39	C\$ 24,823.77
	07	Botar (con camión volquete) tierra sobrante de excavación a 3 kms (incl. Carga con equipo)	M3	201.67	C\$ 112.34	C\$ 22,655.92
330	00	LINEA DE DISTRIBUCION	M			C\$ 1,447,948.67
	01	Excavación manual para tubería en suelo natural	M3	2180.77	C\$ 157.65	C\$ 343,790.42
	02	Instalación de tubería PVC diámetro = 2" (SDR-26)	M	3230.77	C\$ 154.35	C\$ 498,669.35
	03	Relleno y compactación manual	M3	2012.89	C\$ 101.67	C\$ 204,649.65
	04	Cama de arena de 10 cm de espesor	M3	161.5385	C\$ 600.00	C\$ 96,923.10
	05	Pruebas Hidrostáticas (Con bomba manual) en tubería de PVC Diam= hasta 2" L= hasta 300 m para proyectos de agua potable.	M	11.00	C\$ 3,000.00	C\$ 33,000.00
	06	Acarreo (con camión volquete) de mat. selecto a 3 km, carga con equipo (incl. Derecho de explotación)	M3	801.35	C\$ 155.39	C\$ 124,521.07

ETAPA	SUD ETAPA	DESCRIPCION DE LA ETAPA Y/O SUB ETAPA	U/M	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
	07	Botar (con camión volquete) tierra sobrante de excavación a 3 kms (incl. Carga con equipo)	M3	807.69	C\$ 112.34	C\$ 90,737.43
	08	Válvula de limpieza de bronce 2"	C/U	3	C\$ 2,544.09	C\$ 7,632.28
	09	Válvula reguladora de presión de hierro fundido	C/U	1	C\$ 30,874.00	C\$ 30,874.00
	10	Cruce aéreo con tubería de Hierro Galvanizado diam 2"	M	20	C\$ 857.57	C\$ 17,151.37
335	00	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	M3			C\$ 350,714.86
	01	Movimiento de tierra para tanque de almacenamiento	M3			C\$ 18,917.79
	01.1	Excavación manual en terreno natural	M3	33.60	C\$ 113.31	C\$ 3,807.20
	01.3	Botar material de excavación	M3	43.68	C\$ 112.34	C\$ 4,907.08
	01.4	Acarreo de material selecto con camión volquete	M3	43.68	C\$ 155.39	C\$ 6,787.41
	01.5	Relleno y compactación manual	M3	33.60	C\$ 101.67	C\$ 3,416.10
	02	Tanque de almacenamiento de mampostería	M3			C\$ 264,413.76
	02.1	Construcción de losa de cimentación	M2	30.25	C\$ 3,331.04	C\$ 100,763.96
	02.2	Construcción de paredes de concreto ciclópeo	M3	26.53	C\$ 3,213.99	C\$ 85,267.15
	02.3	Construcción de losa superior incluye boca de inspección	M2	11.56	C\$ 2,188.71	C\$ 25,301.49
	02.4	Construcción de viga	M	14.4	C\$ 843.94	C\$ 12,152.74
	02.5	Repello de paredes interiores y exteriores y losa superior	M2	88.81	C\$ 134.00	C\$ 11,900.78
	02.6	Arenillado de paredes exteriores y losa superior	M2	61.21	C\$ 127.52	C\$ 7,805.44
	02.7	Fino pizarra en paredes interiores y losa de cimentación	M2	36.6	C\$ 140.53	C\$ 5,143.46
	02.8	Pintura epoxica sobre paredes de tanques de agua potable	M2	36.6	C\$ 439.31	C\$ 16,078.75
	03	Otro tipo de obras	GBL			C\$ 67,383.30
	03.1	Respiradero de tubo Ho. Go Ø 2"	C/U	1	C\$ 919.25	C\$ 919.25
	03.2	Peldaño de varilla de hierro corrugado grado 40, Ø 3/4", Ancho de peldaño 0.20m, desarrollo 0.80m.	M	11.2	C\$ 119.01	C\$ 1,332.91
	03.3	Tubería de hierro galvanizado Ø 2"	M	10.9	C\$ 857.57	C\$ 9,347.50
	03.4	Codo de 90° hierro galvanizado Ø 2"	C/U	7	C\$ 360.17	C\$ 2,521.19
	03.5	Válvula de limpieza de HF Ø 2" (incl. bloques de reacción)	C/U	1	C\$ 7,300.45	C\$ 7,300.45
	03.6	Válvula de compuerta de HF Ø 2" (incl. Bloque de reacción)	C/U	2	C\$ 8,101.66	C\$ 16,203.32
	03.7	Caja de registro de concreto de 2500 psi ref. +pared de ladrillo	C/U	2	C\$ 1,924.66	C\$ 3,849.32

ETAPA	SUD ETAPA	DESCRIPCION DE LA ETAPA Y/O SUB ETAPA	U/M	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
		cuarterón de 0.80mx0.80m, h=0.60m				
	03.8	Anden perimetral concreto de 2500 psi sin refuerzo, espesor de 0.075m	M2	20.16	C\$ 400.00	C\$ 8,064.00
	03.9	Canal perimetral concreto de 2000 psi	M	31.35	C\$ 569.23	C\$ 17,845.36
340	00	FUENTE Y OBRAS DE TOMA				C\$ 775,222.75
	01	Obras de captación				C\$ 438,895.93
	01.1	Perforación de pozo con maquina rotativa diám. De perforación=12"	PIE	200	C\$ 231.00	C\$ 46,200.00
	01.2	Análisis bacteriológico para agua potable	C/U	2	C\$ 1,400.00	C\$ 2,800.00
	01.3	Análisis físico químico para agua potable	C/U	2	C\$ 3,990.00	C\$ 7,980.00
	01.4	Prueba de bombeo	HRS	48	C\$ 4,000.00	C\$ 192,000.00
	01.5	Empaque de grava Ø 1/2" - 3/4"	M3	3.78	C\$ 850.00	C\$ 3,213.00
	01.6	Sello con material bentonita (arcilla coloidal) y mortero proporcional 1:1 para pozo perforado	PIE	30	C\$ 173.40	C\$ 5,202.00
	01.7	Bloque de concreto de 2500 psi sin ref. De 0.8mx0.8m, alto=0.8 (no incl. Formaleta, ni excavación).	C/U	1	C\$ 2,348.50	C\$ 2,348.50
	01.8	Tubería ranurada de PVC diám. =6" (SDR-21), (Abertura)=1.5 mm Ademe en pozo con maquina rotativa con martillo	M	24.38	C\$ 2,832.14	C\$ 69,047.69
	01.9	Tubería ciega sin ranura de PVC diám. =6", (SDR-21) Ademe en pozo con maquina rotativa con martillo	M	36.58	C\$ 2,719.58	C\$ 99,482.11
	01.10	Columna de tubo redondo de hierro galvanizado diam. =2" para descarga en equipo de bombeo	M	12.8	C\$ 829.89	C\$ 10,622.63
	02	Estación de bombeo				C\$ 336,326.82
	02.1	Excavación manual en terreno natural	M3	7.96	C\$ 113.31	C\$ 901.49
	02.2	Relleno y compactación manual	M3	7.96	C\$ 101.67	C\$ 808.88
	02.3	Acarreo (con camión volquete) de mat. selecto a 3 km, carga con equipo (incl. Derecho de explotación)	M3	10.34	C\$ 155.39	C\$ 1,607.16
	02.4	Caseta de bombeo de mampostería confinada (Incluye cubierta de techo zinc y sistema eléctrico) A = 5.20m ²	C/U	1	C\$60,000.00	C\$ 60,000.00

ETAPA	SUD ETAPA	DESCRIPCION DE LA ETAPA Y/O SUB ETAPA	U/M	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
	02.5	Bomba c/motor sumergible de 1 hp, Q=15 gpm, 1/60/230 v	C/U	2	C\$ 28,500.10	C\$ 57,000.20
	02.6	Bomba c/motor sumergible de 1.5 hp, Q=15 gpm, 1/60/230 v	C/U	2	C\$ 41,849.10	C\$ 83,698.20
	02.7	Arrancador magnético p/motor de 1.5 hp con todas sus protecciones	C/U	1	C\$ 25,270.40	C\$ 25,270.40
	02.8	Panel (o tablero) de control de bomba para motor de arranque de 1.5 hp, monofásico 230 v,60 hz	C/U	1	C\$ 12,460.63	C\$ 12,460.63
	02.9	Sarta de bombeo de 2" con tren de válvulas (Incluye bloques de reacción)	GBL	1	C\$ 94,579.86	C\$ 94,579.86
	03	Cercas perimetrales y portones				C\$ 13,082.62
	03.1	Cerco (a) de alambre púas cal. 13 1/2, 7 hilos c/poste de madera h=2.55 m	M	38	C\$ 320.00	C\$ 12,160.00
	03.2	Puerta de marco de madera (blanca) y forro de alambre de púas cal. # 13½	C/U	1	C\$ 922.62	C\$ 922.62
360	00	PLANTA DE PURIFICACION				C\$ 26,000.00
	01	Hipoclorador por goteo con flotador (Incluye caseta)	GBL	1	C\$ 6,000.00	C\$ 6,000.00
	02	Sistema de aireación por bandejas	GBL	1	C\$ 20,000.00	C\$ 20,000.00
370	00	LIMPIEZA FINAL Y ENTREGA				C\$ 45,318.82
	01	Limpieza manual final	M2	2111.765	C\$ 21.46	C\$ 45,318.82
500	00	LETRINA SOBRE EL SUELO				C\$ 935,520.04
	01	Excavación manual en terreno natural	C/U	91	C\$ 235.68	C\$ 21,446.88
	02	Enchape de fosa con ladrillo cuarterón de 5x15x30cm	C/U	91	C\$ 4,044.76	C\$ 368,073.16
	03	Estructura de letrina (incl. Caseta, asiento y losa de fibra de vidrio)	C/U	91	C\$ 6,000.00	C\$ 546,000.00
TOTAL, AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO						C\$ 4,050,855.05

Fuente: Elaboración propia

V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

1. El diagnóstico socio económico permitió comprobar la necesidad del proyecto, evaluar la capacidad económica de los habitantes para sufragar los gastos de mantenimiento y operación del sistema. Sin omitir que por medio de dicho diagnóstico se confirmó la disponibilidad de energía eléctrica, ya que el sistema propuesto es a través de un MABE.
2. El área de estudio no presenta una topografía muy accidentada lo que permitió ubicar los componentes del sistema (Línea de conducción, red de distribución y tanque de almacenamiento) de tal forma que no se presenten obstáculos y presiones muy elevadas que puedan causar afectaciones graves al sistema propuesto.
3. La fuente cuenta con un caudal óptimo de explotación de 30 gpm por lo que se comprobó que tiene la capacidad suficiente para garantizar el abastecimiento de la comunidad durante su vida útil, ya que el consumo máximo día demandado para el final del periodo de diseño (año 2040) es de 12.45 gpm.
4. Según los análisis de calidad de agua realizados a fuente de abastecimiento algunos parámetros se encuentran fuera de los límites establecidos por la norma CAPRE, por lo que se propone lo siguiente:

Hierro total y amonio: Se propone un sistema de aireación por bandejas para reducir el exceso de hierro y amonio.

Nitritos: Con respecto a los nitritos encontrados en la fuente de captación se deberán dar recomendaciones estrictas a los usuarios, ya que los tratamientos existentes son demasiado costosos para que la comunidad pueda mantener el

sistema, por lo tanto, se dan recomendaciones para mitigar el aumento de estos en la fuente y eliminar el foco de contaminación a largo plazo ya que no hay otra fuente de captación cercana en la zona que pueda abastecer a la comunidad.

5. El análisis hidráulico de la línea de conducción y red de distribución se simuló con el software EPANET el cual presentó presiones en su mayoría dentro de los límites establecidos por la norma, exceptuando el nodo 3 y 4 los cuales presentaron presiones superiores al valor máximo permitido por lo que se propuso instalar válvulas rompe presión. Por otra parte, debido a las bajas velocidades que se presentan en la red de distribución se propusieron válvulas de limpieza en los puntos más bajos.
6. El Sistema de saneamiento propuesto brindará a las familias mayor seguridad y preservación de la salud ya que no tendrán que hacer sus necesidades diarias al aire libre.
7. El Proyecto tendrá un costo total de C\$ 4,050,855.05 para la construcción del mini acueducto por bombeo eléctrico y saneamiento básico rural, el sistema está diseñado para brindar servicio por un periodo de 20 años en la comunidad Jocote Arriba del municipio de Condega.

5.2 Recomendaciones

1. Implementar un plan de monitoreo de calidad de agua potable y saneamiento de la comunidad.
2. Revisión y limpieza trimestral del tanque y la caseta de bombeo, por el comité con el fin de evitar el robo de los implementos y accesorios de éstas.
3. Eliminar los focos de contaminación de la fuente tomando en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Delimitar un área de 50 metros a la redonda de donde se encuentra la fuente.
 - Cercar el área delimitada para evitar paso de ganado o animales que puedan contaminar la fuente.
 - Prohibir actividades agrícolas cerca de esta área.
 - Solo permitir el acceso a personal autorizado.
4. Promover la reforestación en toda la zona, principalmente en los puntos aledaños a la fuente para preservar el suministro del vital líquido.
 5. Realizar un análisis fisicoquímico y bacteriológico dos veces al año, uno en época seca y otro en época lluviosa para determinar los cambios que puedan ocurrir en el acuífero.
 6. Verificar que los componentes del sistema sean construidos conforme a los planos y especificaciones técnicas facilitados.
 7. Controlar adecuadamente la desinfección chequeando que la dosificación del cloro sea la correcta.

VI BIBLIOGRAFÍA

- Alcaldía Municipal de Condega (2015). *Censo poblacional*.
- Aguero, R. (1997). *Agua potable para poblaciones rurales*. Lima, Peru: Asociación servicios educativos rurales (SER).
- AMANCO. (s.f.). *Manual Técnico Tubosistemas*.
- Condega, A. (2015). *Censo poblacional*.
- Cualla, R. A. (2003). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillado, segunda edición*. Bogota: Escuela Colombiana de ingeniería.
- FISE. (2018). *Maestro de costos primarios*. Managua.
- INAA. (1999). *Diseño de abastecimiento de agua en el medio rural*.
- INAA. (1999). *NTON-09001-99*.
- INE. (01 de Septiembre 2020). *Tarifas actualizadas a entrar en vigencia el 1 de septiembre del 2020*. Página Web Instituto Nicaragüense de Energía: <http://www.ine.gob.ni>.
- INIDE. (2005). *VIII Censo Poblacional y Vivienda*. Nicaragua.
- INIFOM. (s.f.). *Manual de presupuesto de obras municipales* . Managua: INIFOM.
- Morales, I. W. (2015). *texto básico autoformativo de topografía en general*. Managua.
- NOM-001, N. o. (2011). *Sistemas de agua potable, toma domiciliaria y alcantarillados sanitarios-Hermeticidad -Especificaciones y metodos de prueba*. Mexico.
- Rojas, J. A. (1999). *Potabilizacion del agua*. Mexico: ALFAOMEGA.
- SABA. (2018). *Hipoclorador por goteo con flotador "Manual de instalacion, operacion y mantenimiento"*.

VII ANEXOS

Tabla 27 Relación diámetro interno del pozo y caudal de bombeo

Diámetro interno Ademe del pozo		Caudal de bombeo	
Pulgadas	mm	gpm	lps
6	150	160	10
8	200	240	15
10	250	400	25

Fuente: (INAA, 1999)

Tabla 28 Relación diámetro columna de bombeo y caudal de bombeo

Diámetro de columna de bombeo		Caudal de bombeo	
Pulgadas	mm	Gpm	Lps
3	75	50	3.15
4	100	100	6.30
6	150	600	37.8

Fuente: (INAA, 1999)

Tabla 29 Velocidad en la tubería de succión según el diámetro y caudal.

Velocidad m/s	Diámetro mm	Caudal lps
0.75	50	Hasta 1.5
1.10	75	5
1.30	100	10

Fuente: (INAA, 1999)

Tabla 30 Diámetro de la sarta en relación a un rango de caudales.

Diámetro de la sarta		Rango de caudales	
Pulgadas	mm	Gpm	Lps
2	50	80	5.05
3	75	200	12.60

Fuente: (INAA, 1999)

Tabla 31 Diámetro de válvula de alivio con el caudal de descarga

Diámetro de válvula					
Pulgadas	mm				
3	75	250	500	15.8	31.5
2	50	60	250	3.8	15.8
1	25		60		3.8

Fuente: (INAA, 1999)

Tabla 32 Parámetros fisicoquímicos

Parámetro	Unidad	Valor recomendado	Valor admisible
Temperatura	°C	18 a 30	
Concentration de Iones Hidrógeno	Valor ph	6.5 a 8.5	
Cloro residual	mg/L	0.5 a 1.0	
Cloruros	mg/L	25	250
Conductividad	µS/cm	400	
Dureza	mg/L CaCo3	400	
Sulfatos	mg/L	25	250
Aluminio	mg/L		0.2
Calcio	mg/ CaCo3	100	
Cobre	mg/L	1.0	0.2
Magnesio	mg/L CaCo3	30	50
Sodio	mg/L	25	200
Potasio	mg/L		10
Solidos disueltos totales	mg/L		1000
Zinc	mg/L		3.0

Tabla 33 Parámetros bacteriológicos

Origen	Parámetro(b)	Valor recomendado	Valor máximo admisible	Observaciones
A. Todo tipo de agua de bebida	Coliforme fecal	Neg	Neg	
B. Agua que entra al sistema de distribución	Coliforme fecal	Neg	Neg	Muestras no consecutivas
	Coliforme fecal	Neg	<4	
C. Agua en el sistema de distribución	Coliforme fecal	Neg	<4	En muestras puntuales no debe ser detectado en el 95% de las muestras
	Coliforme fecal	Neg	Neg	

Fuente Tabla 32 y 33: CAPRE

Tabla 34 Censo poblacional

Vivienda	Jefe de familia	Personas por vivienda	Adultos	Niños	Sexo	
					M	F
1	Arístides Centeno González	6	4	2	4	2
2	Dilcia del Rosario Centeno	3	2	1	2	1
3	Natividad del Carmen Centeno	4	4	-	1	3
4	Onelia Sucelia Valle Centeno	5	4	1	2	3
5	Deyling Ariel Lagos Centeno	4	2	2	2	2
6	Justo Emilio Lagos Monges	8	5	3	3	5
7	José Esteban Montenegro Cornejo	10	8	2	6	4
8	Elisabeth Montenegro Rivas	2	1	1	1	1
9	Wester Candelario Centeno González	5	3	2	4	1
10	Harvin Uriel Montenegro Rivas	3	2	1	1	2
11	María Anastasia Montenegro Cornejo	1	1	-	0	1
12	Noheyling González García	2	1	1	1	1
13	Efrén Gámez Flores	2	2	-	1	1
14	Juan José Salinas Mendoza	2	2	-	1	1
15	Elías Daniel Salinas Mendoza	6	2	4	3	3
16	Darwin Ariel Salinas Fardo	3	2	1	1	2
17	Ernesto Peralta Ruiz	4	3	1	2	2
18	Iglesia Católica	-	-	-	-	-
19	Escuela	-	-	-	-	-
20	Denis Peralta González	6	4	2	4	2
21	Emilio Montenegro Cornejo	3	2	1	1	2
22	Elder González	2	2	-	1	1
23	Esperanza Gonzales	4	3	1	2	2
24	Lázaro Castillo Cardoza	6	5	1	4	2
25	Alberto Peralta	2	2	-	1	1
26	Donald José Gaytán Gutiérrez	4	2	2	2	2
27	Jerónimo Centeno Centeno	3	3	-	1	2
28	Deysi Peralta González	3	2	1	1	2
29	Alejandro Olivas	6	4	2	2	4
30	Tránsito Torrez	3	2	1	1	2
31	Rosalía Rugama Ordoñez	3	2	1	1	2
32	Samuel García González	3	2	1	2	1
33	Isidoro Chavarría	3	2	1	1	2
34	Cipriano García	3	3	-	1	2
35	Fredy Lira Salinas	5	3	2	2	3
36	Luis García Gonzales	3	2	1	1	2

Vivienda	Jefe de familia	Personas por vivienda	Adultos	Niños	Sexo	
					M	F
37	Javier Ramos	6	3	3	3	3
38	Exequiel Lira Salinas	3	2	1	1	2
39	Noe Lira Salinas	2	2	-	1	1
40	María Elsa Lira Salinas	2	1	1	1	1
41	Iglesia Evangélica	-	-	-	-	-
42	Joaquín Lira	4	2	2	2	2
43	Arlen Valle	4	2	2	2	2
44	Otoniel Lira Salinas	4	2	2	3	1
45	Simeón Valle	3	2	1	2	1
46	Félix Montenegro	4	3	1	2	2
47	Uriel Mendoza Cornejo	4	2	2	3	1
48	Elvin Mendoza Cornejo	4	2	2	2	2
49	Carlos Ruiz	3	2	1	1	2
50	Víctor Mendoza	4	2	2	2	2
51	Oracio Valle	4	1	3	2	2
52	Karla Montenegro Valle	4	2	2	2	2
53	Miguel Ángel Salinas	4	3	1	2	2
54	José Centeno	3	2	1	1	2
55	Norlan Talavera Rivas	3	2	1	2	1
56	Mena de Jesús Picado	3	3	-	1	2
57	Ramon Rizo Picado	3	3	-	1	2
58	Ancel Peralta	2	2	-	1	1
59	Elis Judith Salinas	3	1	2	1	2
60	Gabriela García	5	3	2	1	4
61	Oscar Danilo Díaz Chavarría	5	4	1	2	3
62	Escarleth Yulixsa Ramírez	3	2	1	1	2
63	Casa Fem	-	-	-	-	-
64	Casa Fem	-	-	-	-	-
65	Napoleón Rugama	6	6	-	2	4
66	Pastora Valle	5	3	2	2	3
67	Ángel Rivas	2	2	-	1	1
68	Danilo Valle	1	1	-	1	-
69	Cándida Valle	4	4	-	2	2
70	Susana Rivas	1	1	-	-	1
71	Néstor Montenegro	5	2	3	3	2
72	Adán Molinares	4	2	2	3	1
73	Freysan Rivas Ruiz	8	4	4	3	5
74	Manuel García	5	4	1	2	3

Vivienda	Jefe de familia	Personas por vivienda	Adultos	Niños	Sexo	
					M	F
75	Aquiles Molinares	4	4	-	2	2
76	Pablo Valenzuela	4	2	2	2	2
77	Ramon Peralta	8	6	2	3	5
78	Cruz Noel Valle	3	2	1	1	2
79	Iglesia Evangélica	-	-	-	-	-
80	José David Ríos Talavera	4	2	2	3	1
81	Sonia Estela Rivas Moran	1	1	-	-	1
82	Mavell Sulema Talavera R	3	1	2	2	1
83	Fricthania Rivas Valle	3	3	-	1	2
84	Ramon Arístides Rivas	1	1	-	1	-
85	Anares Rivas	6	4	2	4	2
86	Electerio Talavera García	6	4	2	3	3
87	Cristóbal Rivas Centeno	5	5	-	3	2
88	Susana Rivas centeno	4	3	1	2	2
89	Marcos González	3	2	1	2	1
90	Raúl Nicolas Rivas Valle	5	4	1	4	1
91	Bernardino Mendoza C	2	2	-	1	1
92	Claudia Rivas Centeno	5	3	2	2	3
93	Héctor David Pérez	6	6	-	3	3
94	Rosalino Vallecillo	2	2	-	1	1
95	Marcos Rivas	4	2	2	2	2
96	Duglas Rivas Rivas	4	2	2	3	1
97	Juana Antonia Rivas	4	2	2	1	3
98	Norlan Antonio Lara Rivas	3	2	1	1	2
99	Santos Fredis Lira	4	4	-	3	1
100	Mario Rivas	4	2	2	2	2
101	Pablo Rivas Centeno	1	1	-	1	-
102	Rufino Rivas Centeno	6	3	3	3	3
103	Santos Fermín Jarquín Rivas	5	2	3	2	3
104	Eduardo Javier López Moreno	4	2	2	2	2
105	Marcelino Rivas Andrae	2	2	-	1	1
106	Sara Amelia Rivas Andrae	1	1	-	-	1
TOTAL		379	259	120	185	194

Fuente: Elaboración propia (2020)

Ilustración 19 Análisis de calidad de agua



Universidad Nacional de Ingeniería
Facultad de Ingeniería Química
SERFIQ-CETEAL



INFORME DE RESULTADOS DE SERVICIOS DE LABORATORIOS

Tema de Tesis: Diseño de un mini acueducto por bombeo eléctrico y saneamiento básico rural en la comunidad Jocote arriba del municipio de Condega, Esteli

Atención: Dermo Torrez Ruiz/ Denis Hernández Picado/ Claudio Joya Ponce

Lugar y Fecha: Managua 29 de abril de 2020

Servicios de Laboratorio: Físicoquímico, Metales Pesados y Microbiológico para aguas de consumo.

La Facultad de Ingeniería Química a través de la Unidad de Servicios, SERFIQ-CETEAL, les presenta los resultados obtenidos de una muestra de Agua, traído por personal de Uds., a las instalaciones del laboratorio de Ingeniería Ambiental.

Detalles de los Resultados.

Parámetro	Método	Unidad	M1	NORMA CAPRE Consumo Humano	
				VR	VMA
Resultados Físicoquímicos					
Color	Colorímetro HACH	Units Pt Co	2	1,0	15,0
Turbiedad	2130-B	NTU	3	1,00	5,00
Temperatura	2550-B	°C	27.1	18	30
Conductividad Eléctrica	2510-B	µs/cm	461	400	-
pH	4500 H+	-	7.34	6,5-8,5	
Hierro Total	3500-B	mg/l	1.52	-	0,30
Nitratos	4500-C	mg/l	18.92	25	50
Nitritos	Espectrofotometría UV-Visible	mg/l	14.72	0,1	3,0
Amonio	Nessler	mg/l NH3	17.22	0,05	0,5
Sulfatos	4500-D	mg/l	20.28	25	250
Calcio	3500-B	mg/l	33.96	100	-
Magnesio	3500-B	mg/l	14.49	30,0	50,0
Dureza Total	2340-C	mg/l	144.5	400	-
Dureza Cálctica	2340-C	mg/l	102.4	NR	
Hidróxidos	2320-B	mg/l	ND	NR	
Carbonatos	2320-B	mg/l	ND	NR	
Bicarbonatos	2320-B	mg/l	192	NR	
Oxígeno Disuelto	3500-B	mg/ O2	7.5	NR	
Nitrógeno Total	4500-N	mg/L	24	NR	

Unidad de Servicios de la Facultad de Ingeniería Química / SERFIQ-CETEAL
Universidad Nacional de Ingeniería, Avenida Universitaria Frente a la escuela de Danza
Telefax: (505)2278-3140 – Cel. : (505) 8475-9143, E-mail: ceteal@portal.uni.edu.ni

1

Fuente: Laboratorios Piensa

Ilustración 20 Análisis de calidad de agua



Universidad Nacional de Ingeniería
Facultad de Ingeniería Química
SERFIQ-CETEAL

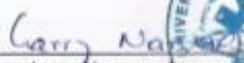


Nitrógeno Amoniacal	4500-NH ₃	mg/L NH ₃ -N	9,5	NR	
Manganeso	3500-B	mg/l	0.16	0,1	0,5
Alcalinidad Total	2320-B	mg/l	198	NR	
Cloruros	4500-D	mg/l	34.51	25	250
Cianuro	HACH Cn	mg/l	< 0.005	-	0,05
Sólidos Disueltos Totales	2510-B	mg/l	226	1000	
Olor y Sabor	Análisis Organolépticos	-	0 Factor de dilución	NR	
Arsénico	HACH Ar	mg/l	< 0.001	-	0,01
Resultados Microbiológicos					
Coliformes Totales	Filtración por membrana	UFC/100 ml	36	Negativo	
Coliformes Fecales	Filtración por membrana	UFC/100 ml	Negativo	Negativo	

Descripción de las muestras y comentarios: La fueron presentadas en frascos plásticos.

Métodos Utilizados: Todos los métodos de análisis consideran los procedimientos del Standard Method for Water and Waste Water Examination (2012). APHA, AWWA Y CEPIS para preparación de muestras y otros específicos según el parámetro a determinar.

Atentamente,



 Ing. Larry Narvaez Arauz
 Coordinador SERFIQ-CETEAL

cc: Archivo

Ilustración 21 Tarifa de energía Autorizada por el Instituto Nicaragüense de Energía (INE).

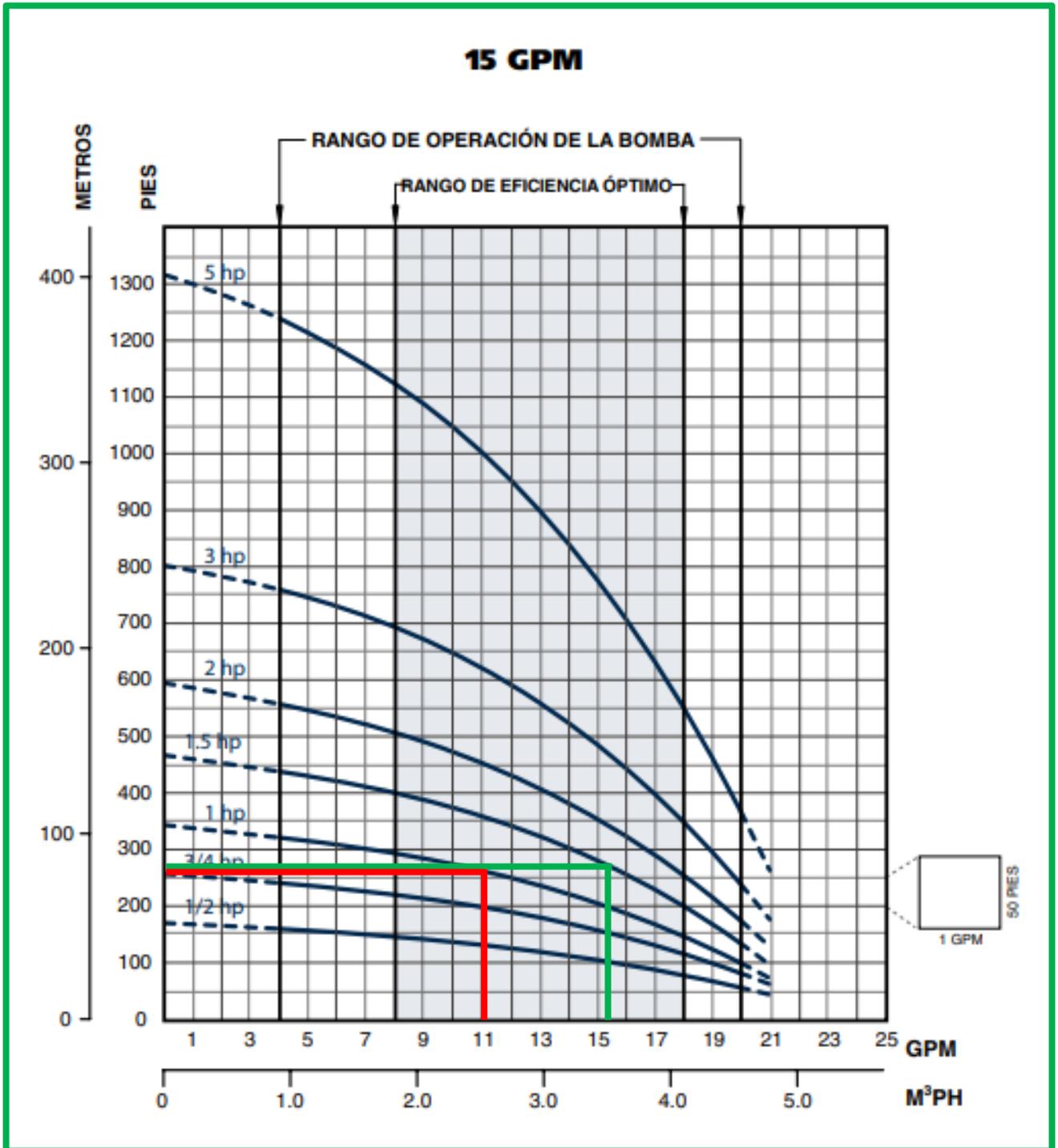


**INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ENERGÍA
ENTE REGULADOR**
TARIFAS ACTUALIZADAS A ENTRAR EN VIGENCIA EL 1 DE SEPTIEMBRE 2020
AUTORIZADAS PARA LAS DISTRIBUIDORAS DISNORTE Y DISSUR

BAJA TENSION (120,240 y 480 V)						
TIPO DE TARIFA	APLICACIÓN	TARIFA		CARGO POR		
		CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	ENERGÍA (C\$/kWh)	POTENCIA (C\$/kW-mes)	
BOMBEO COMUNITARIO	Para extracción y bombeo de agua potable para suministro público.	TB-6	TARIFA MONOMIA Todos los kWh	6.9798		
		TB-6A	TARIFA BINOMIA SIN MEDICIÓN HORARIA ESTACIONAL Todos los kWh kW de Demanda Máxima	5.1242	595.3130	
		TB-6B	TARIFA BINOMIA CON MEDICIÓN HORARIA ESTACIONAL			
			Verano Punta	6.7017		
			Invierno Punta	6.4838		
			Verano Fuera de Punta	4.9591		
Invierno Fuera de Punta	4.8835					
	Verano Punta		1,126.9044			
	Invierno Punta		703.8519			
	Verano Fuera de Punta		0.0000			
	Invierno Fuera de Punta		0.0000			

Fuente: INE

Ilustración 22 Curva característica de la bomba



Fuente: Catalogo de bombas sumergibles Franklin electric

$Q_{10 \text{ años}} = 9.67 \text{ gpm}$ CTD= 263 pies

Caudal vs altura 10 años —

$Q_{20 \text{ años}} = 12.45 \text{ gpm}$ CTD= 267 pies

Caudal vs altura 20 años —

Ilustración 23 Prueba de bombeo

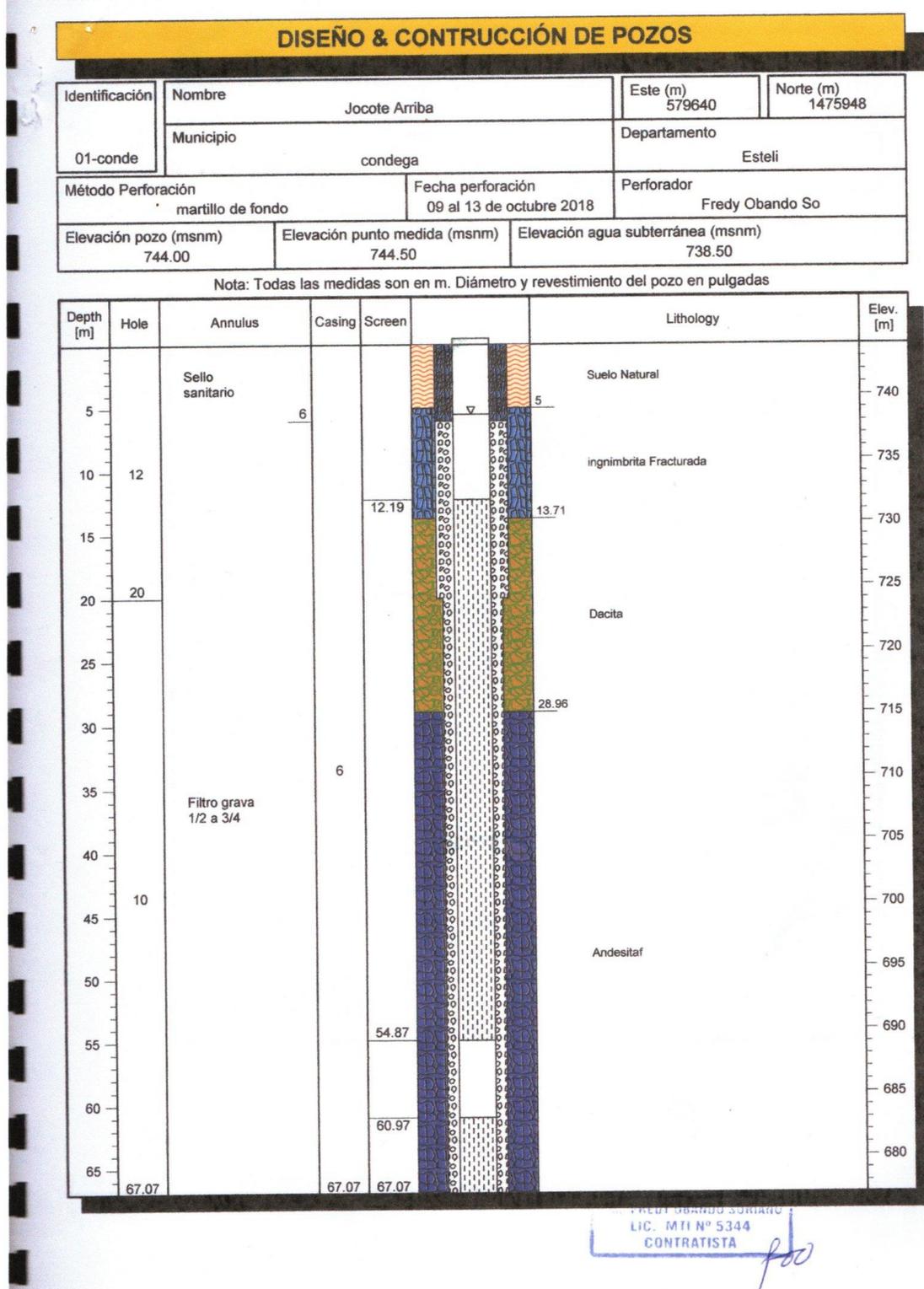


Ilustración 24 Prueba de bombeo

PERFORACION REALIZADA POR M.Sc. Fredy Octavio Obando Soriano
 REGISTRO DE PRUEBA DE BOMBEO ESCALONADA
 POZO # 1. Jocote Arriba- Condega - Esteli.

FECHA: 13 /10/2018 UNIDAD IMPULSORA: Equipo sumergible
 LOCALIDAD: Comunidad j.Jocote Arriba, POZO No.: # -1 HORA INICIO: 1:26 P.M

DIÁMETRO REVESTIMIENTO: 6" PVC
 DIÁMETRO ORIFICIO DESCARGA: 2" DIÁMETRO TUBO DESCARGA: 2"
 PROFUNDIDAD DEL POZO: 220 pie Profundidad a que fue instalada la bomba 160 pie
 NIVEL ESTÁTICO DEL AGUA: 18.36 pie 5.6 Metros
 EQUIPO DE BOMBEO: Bomba sumergible FRANKLIN ELECTIC de 3. HP, Energía Continua

Hora	Tiempo de Bombeo (minutos)	Q1	Q2	Q3	OBSERVACIONES																												
		15 Descenso(m)	25 Descenso (m)	40 Descenso (m)																													
1:26: P.M	0	5.6			El agua salió clara durante toda la prueba.																												
	1	5.70																															
	2	5.7.5																															
	3	5.80																															
	4	5.82																															
	5	5.90																															
	6	5.90			<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">RECUPERACIÓN</th> </tr> <tr> <th>Tiempo (min)</th> <th>S'(m) residual</th> <th>s'(m)</th> <th>Recuper. (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>7.45</td> <td>0.00</td> <td>7.45</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>13.20</td> <td>5.75</td> <td>7.00</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>13.00</td> <td>0.20</td> <td>6.80</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>12.50</td> <td>0.50</td> <td>6.00</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>12.50</td> <td>0.00</td> <td>5.60</td> </tr> </tbody> </table>	RECUPERACIÓN				Tiempo (min)	S'(m) residual	s'(m)	Recuper. (m)	1	7.45	0.00	7.45	2	13.20	5.75	7.00	3	13.00	0.20	6.80	4	12.50	0.50	6.00	5	12.50	0.00	5.60
RECUPERACIÓN																																	
Tiempo (min)	S'(m) residual	s'(m)	Recuper. (m)																														
1	7.45	0.00	7.45																														
2	13.20	5.75	7.00																														
3	13.00	0.20	6.80																														
4	12.50	0.50	6.00																														
5	12.50	0.00	5.60																														
	7	5.95																															
	8	6.10																															
	9	6.10																															
	10	6.10																															
	60	6.15																															
	120	6.20																															
	180	6.20																															
	240		6.30																														
	300		6.50																														
	360		6.60																														
	420			7.00																													
	480			7.30																													
	540			7.40																													
	600			7.40																													
	660			7.45																													
	720			7.45																													
se recupero en 5 minutos																																	
S' = Es el abatimiento .																																	
S'		0.60	0.40	0.85																													

Msc. FREDY OBANDO SORIANO
 LIC. MTI N° 5344
 CONTRATISTA

Ilustración 25 Recolección de muestra de agua para análisis



Ilustración 26 Recolección de muestra de agua para análisis



Ilustración 27 Envases de recolección de muestra



Ilustración 28 Pozo excavado a la orilla del río



Ilustración 29 Levantamiento topográfico



Ilustración 30 Levantamiento topográfico



Ilustración 31 Levantamiento topográfico



ANEXO 2
ENCUESTA SOCIOECONÓMICA DE AGUA Y SANEAMIENTO.

Departamento: _____ Municipio: _____

Comunidad: _____ Fecha: _____

Quién es Responsable del Hogar:

Padre: _____ Madre: _____ Otro: _____

Nombre de la Persona Encuestada: _____

Tipo de Proyecto: _____

Datos Personales (Iniciar con responsable del hogar)

Nombres y apellidos	Parentesco	Sexo		Edad					Nivel de Escolaridad	Ocupación
		M	F	1-5	6-15	16-25	26-35	36		

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

1. La vivienda es: a) Propia_____ b) Prestada_____ c) Alquilada_____
2. Las paredes son: a) Bloque_____ b) Ladrillo_____ c) Madera_____ d) Otros_____
3. El piso es: a) Madera_____ b) Tierra_____ c) ladrillo_____ d) Otros_____
4. El techo es: a) Zinc_____ b) Teja_____ c) Madera_____ d) Palma_____ e) Otros_____
5. Cuantas divisiones tiene la vivienda: a) Tres_____ b) Dos_____ c) No tiene_____
6. Resumen del estado de la vivienda: a) Buena_____ b) Regular_____ c) Mala_____

II. SITUACION ECONOMICA DE LA FAMILIA

7. ¿Cuántas personas del hogar trabajan?

Dentro de la comunidad: H_____ M_____ Total_____

Fuera de la comunidad: H_____ M_____ Total_____

¿Cuál es el ingreso económico del mes en este hogar? C\$_____

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

8. ¿En que trabajan las personas del hogar? a) Ganadería_____ b) Agricultura_____ c) Jornalero_____ d) Otros_____ ¿Cuál? _____

9. ¿Qué cultivos realizan? a) Arroz_____ b) Frijoles_____ c) Maíz_____ d) Otros_____

10. ¿Tienen ganado? Sí_____ No_____

Cuánto: a) Vacuno_____ b) Equino_____ c) Caprino_____

11. ¿Tienen animales domésticos? Sí_____ No_____

Cuántos: a) Cerdos_____ b) Gallinas_____

12. Los animales domésticos están: a) Encerrados_____ b) Sueltos_____

13. Los animales domésticos se abastecen de agua en:

a) El rio_____ b) Quebrada_____ c) Pozo_____

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

14. Tienen letrina

Si_____ ¿En qué estado se encuentra? a) Buena_____ b) Regular_____ c) Mala_____

No_____ ¿Estaría dispuesto/a en construir su letrina? Sí_____ No_____

15. ¿Quiénes usan la letrina? a) Adultos_____ b) Niños/as_____ c) Otros familiares_____

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

17. ¿Qué hacen con las aguas servidas de la casa? a) La riegan_____ b) La dejan correr_____ c) Tienen zanja de drenaje_____ d) Tiene filtro para drenaje_____

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

19. ¿Cómo eliminan las charcas? a) Drenando_____ b) Aterrando_____ c) Otros_____

IV. RECURSOS Y SERVICIOS DE AGUA

20. ¿Cuentan con servicio de agua?

a) Si_____ Cuál: _____

b) No_____ Como se abastece: _____

c) ¿Cuánto pagan de agua al mes? _____

21. ¿Quién busca o acarrea el agua?

a) La mujer_____ b) El hombre_____ c) Los niños/as_____ d) Otros_____ ¿Quién? _____

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

23. ¿En que almacenan el agua? a) Barriles_____ b) Bidones_____ c) Pilas_____

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

a) Tapados_____ b) Destapados_____ c) ¿Cómo? _____

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

a) Buena_____ b) Regular_____ c) Mala_____

26. ¿Qué condiciones tiene el agua que consume? (Se puede marcar varias situaciones)

a) Tiene mal sabor_____ b) Tiene mal olor_____ c) Tiene mal color_____

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

27. ¿Conoce el programa de agua y saneamiento rural del FISE?

a) Si_____ b) No_____ c) Poco_____ ¿Qué sabe? _____

28. ¿Le gustaría tener servicio de agua potable en su hogar?

a) Si_____ b) No_____ c) ¿Por qué? _____

29. ¿Cuánto estaría dispuesto/a a pagar por este servicio? (Marcar una)

a) C\$ 20 a 35_____ b) C\$ 36 a 50_____ c) C\$ 51 a más_____ d) No estaría dispuesto/a_____

¿Por qué? _____

VI. ORGANIZACIÓN COMUNITARIA

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

Si_____ ¿Qué tipo? a) Productiva_____ b) Social_____ c) Religiosa_____ d) Otra_____

No_____ ¿Por qué? _____

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

a) Hombres_____ b) Mujeres_____ c) Total_____

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

a) Si_____ b) No_____ c) ¿Por qué? _____

VII. SITUACION DE SALUD EN LA VIVIENDA

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

Enfermedades	Grupos de edad				Observaciones
	-5	6-15	16-25	26	
Diarrea					
Tos					
Resfriado					
Malaria					
Dengue					
Parásitos					
Infección Renal					
Tifoidea					
Hepatitis					
Infecciones Dermicas (piel)					
Otras					

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

34. Las personas que habitan en esta vivienda practican hábitos de higiene como:

Lavado de manos a) Si _____ b) No _____ c) ¿Por qué? _____

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

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

35. ¿Cuántos niños y niñas nacieron y/o fallecieron en este hogar, durante el año pasado?

Vivos/as: Niñas _____ Niños _____ Total _____

Fallecidos/as: Niñas _____ Niños _____ Total _____

Gracias