

Área de Conocimiento de Ingeniería y Afines

“DISEÑO DE MINI ACUEDUCTO POR BOMBEO ELECTRICO (MABE) EN LA COMUNIDAD LAS MESITAS, MUNICIPIO DE JINOTEGA”

Trabajo Monográfico para optar al título de
Ingeniero Civil

Elaborado por

Br. Norvin Alexander Rugama Dávila
Carnet: 2016-0182N

Tutor:

Msc. Ing. Ricardo Javier Fajardo González

08 de julio de 2024
Managua, Nicaragua

Managua, 08 de julio de 2024

Agradecimiento

A DIOS, por guiar y permitir cada uno de mis pasos hasta la meta, para lograr convertirme en profesional y alcanzar este importante logro en mi vida.

A mi Familia, por brindarme su apoyo económico y moral para culminar con éxito esta etapa, por aportarme educación y crear en mí el deseo de superación.

A mi tutor, M. Sc. Ing. Ricardo Javier Fajardo Gonzáles quien me brindó su tiempo, su conocimiento y me acompañó en este proceso.

A mi asesor, Ing. Juan Leonardo Chow, por su entera disposición al ayudarme y guiarme con su conocimiento.

A la organización no gubernamental AVODEC por brindarme su apoyo y proveer la información necesaria. Y a todas las personas que de alguna u otra manera influyeron en la ejecución de este proyecto.

A todos, GRACIAS.

Br. Norvin Alexander Rugama Dávila

Dedicatoria

A Dios por haberme dado fortaleza, perseverancia, optimismo y sabiduría para poder culminar esta etapa de mi vida, por guiar cada uno de mis pasos y permitirme lograr mis objetivos.

A mi madre por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor. a mi padre por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha inculcado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por enseñarme que no hay mayor riqueza en la vida del ser humano, que el conocimiento.

Br. Norvin Alexander Rugama Dávila

Resumen ejecutivo

Los temas abordados en el presente documento monográfico se refieren al diseño del Sistema Abastecimiento de Agua Potable para el área rural, en la comunidad Las Mesitas municipio de Jinotega, departamento de Jinotega. En los que se retoman las características socioeconómicas y topográficas de la comunidad.

La encuesta es uno de los aspectos fundamentales en el proyecto, para poder conocer la cantidad de habitantes y viviendas en la comunidad las Mesitas, con un periodo de diseño de 20 años.

La línea de conducción desde el punto más bajo en la cota 885.18 msnm y el punto más alto en la cota 1105.61 msnm, tiene una longitud de 1,130 m, está compuesta de tubería PVC SDR 11, SDR 13.5, SDR 17 y SDR 26 de 2" con el fin de soportar la sobrepresión causada por el golpe de ariete.

Para la columna de bombeo con una longitud de 7.3 m, se seleccionó tubería Hg de 1.5 pulgadas cédula 40. Y la sarta es de tubería HG con un diámetro de 1.5".

Debido a condiciones de la comunidad y lo dispersas que son los hogares se optó por seleccionar una red de tipo abierta. Dicha red se diseñó con tubería PVC SDR 26, con diámetro de 1 ½ ". A causa de las altas presiones que se presentaron en la tubería de conducción del tanque a la red se instalaron dos válvulas reductoras de presión en los nodos L2N6 y en el nodo L7N1 respectivamente.

Se determinó el uso de un tanque de PVC, con una capacidad de 10,000 litros marca Rotoplas con paredes fabricadas de polietileno de alta densidad muy resistentes y ligeros, con dimensiones de 2.20m x 3.10m. Se instaló un sistema de desinfección de hipoclorito de sodio por goteo sobre el tanque.

El diseño hidráulico de la red se realizó en el software de análisis y modelación hidráulica EPANET bajo las condiciones de consumo máximo

El costo estimado total para la ejecución de este proyecto MABE se estima en C\$ 7,400,470.23 (siete millones cuatrocientos mil cuatrocientos setenta con 23/100). Estos cálculos se basan en el catálogo FISE y reflejan el compromiso de mejorar las condiciones de vida de la comunidad Las Mesitas, al tiempo que se aborda la problemática de abastecimiento de agua potable de manera sostenible.

Debido a la topografía de la comunidad se diseñó un plan de operación y mantenimiento para prevenir los problemas que podrían afectar al sistema y así brindar una repuesta rápida a los mismos. Del seguimiento de las indicaciones del plan de operación y mantenimiento dependerá la sostenibilidad del sistema.

INDICE

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
II. MARCO TEÓRICO	5
2.1. Estudio socioeconómico	5
2.2. Estudio topográfico	5
2.3. Estudio de la fuente	5
2.3.1. Calidad del agua	6
2.3.2. Aforo de la fuente	6
2.4. Diseño del MABE	7
2.4.1. Proyección de la población.....	7
2.4.2. Dotaciones.....	7
2.4.3. Factores de demanda.....	7
2.4.4. Línea de conducción.....	8
2.4.5. Caudal de bombeo	8
2.4.6. Columna de bombeo	8
2.4.7. Sarta-Descarga.....	8
2.4.8. Carga dinámica.....	8
2.4.9. Golpe de ariete	9

2.4.10.	Almacenamiento.....	9
2.4.11.	Desinfección.....	10
2.4.12.	Diseño de red por gravedad.....	10
2.4.13.	Presupuesto del proyecto.....	11
2.4.14.	Plan de operación y mantenimiento.....	11
III.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	13
3.1.	Tipo de estudio.....	13
3.2.	Macro y micro localización.....	13
3.3.	Estudio socioeconómico	14
3.4.	Estudio topográfico	15
3.5.	Aforo de la fuente y calidad de agua	15
3.5.1.	Aforo de la fuente	15
3.5.2.	Calidad del agua.....	16
3.6.	Diseño del sistema.....	16
3.6.1.	Proyección de la población	16
3.6.2.	Dotación y demanda de agua	17
3.6.3.	Diseño hidráulico.....	19
3.6.4.	Dimensionamiento del tanque de almacenamiento.....	29
3.6.5.	Desinfección	30
3.6.6.	Simulación hidráulica del MABE	31
3.6.7.	Simulación de la línea de conducción.....	31
3.6.8.	Simulación de la red de distribución	31
3.6.9.	Simulación de cloro residual en la red	32
3.7.	Presupuesto	32

3.8.	Plan de operación y mantenimiento	32
IV.	RESULTADOS	34
4.1.	Estudio socioeconómico	35
4.1.1.	Aspectos generales	35
4.1.2.	Aspectos socioeconómicos	36
4.2.	Estudio topográfico	41
4.3.	Estudio de la calidad del agua y aforo	43
4.3.1.	Resultado de la calidad del agua	43
4.3.2.	Aforo de la fuente	43
4.4.	Diseño del MABE	43
4.4.1.	Periodo de diseño	43
4.4.2.	Población de diseño	44
4.4.3.	Dotación y demanda	44
4.4.4.	Diseño hidráulico del MABE	47
4.4.5.	Almacenamiento	65
4.4.6.	Desinfección	66
4.4.7.	Simulación hidráulica	67
4.4.8.	Simulación hidráulica con demanda cero	101
4.4.9.	Simulación de cloro residual	103
4.5.	Presupuesto	105
4.6.	Plan de operación y mantenimiento	106
4.6.1.	Captación y fuente de agua	107
4.6.2.	Tratamiento del agua	107
4.6.3.	Estación de bombeo	107

4.6.4. Línea de impulsión	107
4.6.5. Tanque de almacenamiento.....	107
4.6.6. Red de distribución.....	108
4.6.7. Conexiones domiciliarias	108
4.6.8. Formulario para el seguimiento y control de las operaciones y mantenimiento	108
CONCLUSIONES.....	109
RECOMENDACIONES	110
BIBLIOGRAFIA.....	111
ANEXOS.....	112
Anexo I: Encuesta de estudio poblacional (TIPO FISE)	I
Anexo II: Estudio de calidad del agua	V
Anexo III: Presupuesto.....	VII
Anexo IV: Tablas de plan de operación y mantenimiento.....	XV
Anexo V: Juego de planos que incluye (Planos topográficos, planos de diseño y planos típicos).....	XX
Anexo VI: Ilustraciones de las condiciones actuales de la comunidad...	XXI

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Porcentaje por sexo de la población encuestada	35
Tabla 2: Personas que trabajan y/o son dependientes	36
Tabla 3: Tipo de actividad económica de la población	37
Tabla 4: Ingresos mensuales de las familias	38
Tabla 5: Tipo de animales que poseen las familias	39
Tabla 6: Tipo de agua que consume la población	40
Tabla 7: Lista de planos topográficos (ver planos en anexo v)	42
Tabla 8: Proyección poblacional y factores de demanda periodo 2023-2043.....	46
Tabla 9: Relación caudal, diámetro.....	47
Tabla 10: Relación diámetro caudal de la sarta.....	49
Tabla 11: Coeficiente de pérdidas por accesorios en la sarta.....	50
Tabla 12: Tipos de tubería, longitudes y presiones	58
Tabla 13: Abatimiento del cárcamo con extracción de 0.09 l/s	62
Tabla 14: Llenado del cárcamo con aporte de 0.66 l/s.....	62
Tabla 15: Especificaciones del tanque de almacenamiento	66
Tabla 16: Tipos de tubería en la línea de impulsión	69
Tabla 17: Longitud, diámetros y parámetros hidráulicos de la tubería.....	71
Tabla 18: Cotas y presiones de la tubería	72
Tabla 19: Diámetros y longitudes de línea de conducción por gravedad	74
Tabla 20: Longitud, diámetros y parámetros hidráulicos de la tubería.....	76
Tabla 21: Cotas y presiones de la tubería	77
Tabla 22: Diámetros y longitudes de red de distribución tramo 1.....	79
Tabla 23: Longitud, diámetros y parámetros hidráulicos de la tubería.....	81

Tabla 24: Tabla de cotas y presiones de la tubería	81
Tabla 25: Diámetros y longitudes de la red de distribución tramo 2.....	83
Tabla 26: Longitud, diámetros y parámetros hidráulicos de la tubería.....	85
Tabla 27: Tabla de cotas y presiones de la tubería	85
Tabla 28: Diámetros y longitudes de red de distribución tramo 3.....	87
Tabla 29: Longitud, diámetros y parámetros hidráulicos de la tubería.....	89
Tabla 30: Cotas y presiones de la tubería	89
Tabla 31: Diámetro y longitudes red de distribución tramo 4	92
Tabla 32: longitud, diámetros y parámetros hidráulicos de la tubería.....	92
Tabla 33: Cotas y presiones de la tubería	94
Tabla 34: Diámetros y longitudes red de distribución tramo 5.....	96
Tabla 35: Longitud, diámetros y parámetros hidráulicos de la tubería.....	96
Tabla 36: Cotas y presiones de la tubería	99
Tabla 37: Datos de la red con demanda cero.....	101
Tabla 38: Datos de la red con demanda cero.....	102
Tabla 39: Datos de red con demanda cero.....	103
Tabla 40: Presupuesto por etapas del proyecto	106
Tabla 41: Operación y mantenimiento de captación y fuente de agua	XV
Tabla 42: Operación y mantenimiento tratamiento de agua.....	XV
Tabla 43: Operación y mantenimiento estación de bombeo	XVI
Tabla 44: Operación y mantenimiento línea de impulsión o conducción	XVI
Tabla 45: Operación y mantenimiento tanque de almacenamiento	XVII
Tabla 46: Operación y mantenimiento red de distribución	XVII
Tabla 47: Operación y mantenimiento conexiones domiciliarias.....	XVIII

Tabla 48: Bitácora de control de mantenimiento	XIX
--	-----

Tabla 49: Bitácora de control de operaciones	XIX
--	-----

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Micro localización	13
---	----

Ilustración 2: Macro localización	14
---	----

Ilustración 3: Valores de C de Mindeluce en función de la gradiente hidráulica .	25
--	----

Ilustración 4: Valores de K de Mindeluce según longitud de la tubería.....	25
--	----

Ilustración 5: Gráfico de población encuestada por sexo	35
---	----

Ilustración 6: Gráfico de personas que trabajan y/o son dependientes.....	36
---	----

Ilustración 7: Gráfico de tipo de trabajo que posee la población	37
--	----

Ilustración 8: Gráfico de ingresos mensuales de las familias	38
--	----

Ilustración 9: Gráfico de tipos de animales que poseen las familias	39
---	----

Ilustración 10: Gráfico del tipo de agua que consume la población	40
---	----

Ilustración 11: Modelo digital de elevación terreno Las Mesitas	42
---	----

Ilustración 12: Esquema de energía del golpe de ariete	58
--	----

Ilustración 13: Esquema del cárcamo de bombeo.....	61
--	----

Ilustración 14: Curva de rendimiento bomba comercial 2 hp.....	63
--	----

Ilustración 15: Curva de rendimiento de la bomba comercial 5 hp.....	64
--	----

Ilustración 16: Vistas tanque de almacenamiento	66
---	----

Ilustración 17: Topología del MABE las mesitas.....	68
---	----

Ilustración 18: Topología de línea de impulsión por bombeo	70
--	----

Ilustración 19: Perfil del terreno natural línea de impulsión por bombeo.....	72
---	----

Ilustración 20: Perfil longitudinal de altura línea de impulsión por bombeo.....	73
--	----

Ilustración 21: Perfil de presiones línea de impulsión por bombeo	73
---	----

Ilustración 22: Topología de línea de conducción por gravedad	75
Ilustración 23: Perfil del terreno natural línea de conducción por gravedad.....	77
Ilustración 24: Perfil de línea piezométrica línea de conducción por gravedad ..	78
Ilustración 25: Perfil longitudinal de presiones línea de conducción por gravedad	78
Ilustración 26: Topología de la red de distribución tramo 1	80
Ilustración 27: Perfil del terreno natural tramo 1	82
Ilustración 28: Perfil de línea piezométrica tramo 1	82
Ilustración 29: Perfil de presiones tramo 1	83
Ilustración 30: Topología de la red de distribución tramo 2	84
Ilustración 31: Perfil del terreno natural tramo 2	86
Ilustración 32: Perfil de línea piezométrica tramo 2	86
Ilustración 33: Perfil de presiones tramo 2	87
Ilustración 34: Topología de red de distribución tramo 3	88
Ilustración 35: Perfil del terreno natural tramo 3	90
Ilustración 36: Perfil de línea piezométrica tramo 3	91
Ilustración 37: Perfil de presiones tramo 3	91
Ilustración 38: Topología red de distribución tramo 4	93
Ilustración 39: Perfil del terreno natural tramo 4	95
Ilustración 40: Perfil de línea piezométrica tramo 4	95
Ilustración 41: Perfil de presiones tramo 4	95
Ilustración 42: Topología red de distribución tramo 5	98
Ilustración 43: Perfil del terreno natural tramo 5	100
Ilustración 44: Perfil de línea piezométrica tramo 5	100

Ilustración 45: Perfil de presiones tramo 5.....	100
Ilustración 46: Cloro residual a las 4 horas.....	104
Ilustración 47: Cloro residual a las 19 horas.....	104
Ilustración 48: Cloro residual a las 22 horas.....	105
Ilustración 49: Parte del camino con difícil acceso para poder abastecerse de agua	XXI
Ilustración 50: Parte del camino para llegar al pozo	XXI
Ilustración 51: Pozo desde el cual se abastece gran parte de la comunidad ..	XXII
Ilustración 52: Interior del pozo de donde se extrae el agua con baldes	XXII
Ilustración 53: Una de las formas en que los habitantes acarrean agua.....	XXII



I. GENERALIDADES

*El agua es crítica para el desarrollo sostenible,
incluyendo la integridad del medio ambiente y el
alivio de la pobreza y el hambre, y es
indispensable para la salud y el bienestar humanos.*

"Naciones Unidas"

1.1. Introducción

Las Mesitas, es una comunidad del municipio de Jinotega, ubicada 160 km al norte de Managua y 12 km al oeste de la ciudad de Jinotega, con las coordenadas geográficas 13.084407 N, - 86.0415397 O, la zona se caracteriza por un clima seco, precipitaciones promedias de 1083 mm.

Sus habitantes se dedican a la agricultura, principalmente al cultivo de granos básicos, cría de animales domésticos y algunos pobladores son vendedores ambulantes de frutas y legumbres en la ciudad de Jinotega.

Con las condiciones ambientales y económicas anteriormente descritas, los pobladores carecen de acceso de agua potable por lo que consumen agua de lluvia y de un pozo excavado artesanalmente que carece de tratamiento para su potabilización.

Para su abastecimiento la población, especialmente niños y mujeres, recorren una distancia de 1200 m desde el centro de la comunidad.

Teniendo en cuenta la falta de acceso al agua potable de la comunidad se propone diseñar un sistema de MINI ACUEDUCTO POR BOMBEO ELECTRICO (MABE), aprovechando un manantial situado a 1200 m de la comunidad mediante un cárcamo de bombeo, línea de conducción, tanque y una red de distribución con conexiones domiciliarias para 46 viviendas.

El diseño del mini acueducto por bombeo eléctrico en la comunidad Las Mesitas, mejorará las condiciones higiénico sanitarias de 46 familias de escasos recursos económicos (240 personas aproximadamente).

Para este diseño MABE se usará la siguiente configuración: fuente, tanque, red de distribución. La cual lo abastecerá una fuente subterránea.

1.2. Antecedentes

Según la Organización Mundial de la Salud OMS (2017), los problemas de acceso al agua potable causan más de 3,350 millones de casos anuales de enfermedades, así mismo la organización panamericana de la salud (OPS) estima que el 77% aproximadamente de los hogares extremadamente pobre carece de agua potable y las zonas con mayor número de enfermedades diarreicas son las que cuentan con menor cobertura del sistema de agua potable.

Pese a poseer la mayor cantidad de fuentes de agua dulce de Centroamérica, Nicaragua se enfrenta a una crisis extrema del recurso, debido al cambio climático y la falta de reforestación, que cada vez hace menos posible la infiltración de agua en el subsuelo desde donde se abastece el noventa por ciento del país mediante pozos (OCHA , 2015)

En Nicaragua según SIASAR (2021), la cobertura rural de agua potable es de 56% de las cuales el 53% es abastecida mediante MABE, así mismo a nivel del departamento de Jinotega la cobertura de agua en la zona rural es de 44% de las cuales el 15% es abastecido con MABE, además en el municipio homónimo la cobertura de agua potable es de 63% de las cuales el 27% es abastecimiento por MABE.

Por otra parte, la comunidad Las Mesitas no posee ningún tipo de sistemas de agua potable para su abastecimiento por lo cual los habitantes se abastecen de agua de lluvia y de un pozo cuya agua carece de tratamientos para su potabilización. Este problema existe desde que se creó la comunidad hace más de 50 años, cabe mencionar que nunca se han interesado las organizaciones gubernamentales y no gubernamentales por los pobladores de dicha localidad.

Actualmente la Organización no Gubernamental, **AVODEC** (Asociación de Voluntarios para el Desarrollo Comunitario), está interesado en el desarrollo de un proyecto MABE para que esta localidad cuente con agua potable.

1.3. Justificación

La escasez de agua afecta a más del 40% de la población mundial una cifra alarmante que probablemente crecerá con el aumento de las temperaturas globales producto del cambio climático. Aunque 2100 millones de personas han conseguido acceso a mejores condiciones de agua y saneamiento desde 1990, la decreciente disponibilidad de agua potable de calidad es un problema importante que aqueja a todos los continentes (PNUD, 2015, p. 5).

Según un estudio de AVODEC (2020), en la comunidad Las Mesitas al no existir servicio de agua potable, las familias en promedio se abastecen con 60 litros diarios lo que está por debajo de lo establece la norma Nacional. Así mismo la fuente de agua utilizada es un pozo artesanal sin tratamiento el cual está situado a 1200 m de la comunidad, lo que representa un trabajo excesivo especialmente para mujeres y niños.

Por lo anterior se presentan frecuentemente enfermedades como la diarrea u otras enfermedades de origen hídrico.

Para brindar acceso al agua potable que cumpla con la norma nacional, **AVODEC** mediante una donación estadounidense pretende aprovechar el agua del manantial que posee la comunidad, para diseñar y ejecutar un proyecto MABE, mediante el cual se abastecerá la comunidad a través de conexiones domiciliarias.

Una vez finalizado el proyecto traerá como resultado una mejor calidad de vida, incidiendo en la reducción de las enfermedades de origen hídrico y en la disminución del trabajo infantil y de las mujeres.

Con esto se estará contribuyendo al departamento de Jinotega a cumplir con el objetivo 6 agua limpia y saneamiento del programa de las naciones unidas cuya meta universal está prevista para el año 2030.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Diseñar el Mini Acueducto por Bombeo Eléctrico (MABE) en la comunidad Las Mesitas municipio de Jinotega, para abastecer 245 habitantes, periodo 2023-2043.

1.4.2. Objetivos específicos:

- Realizar el estudio socioeconómico, mediante encuestas, de la comunidad Las Mesitas.
- Analizar el levantamiento topográfico realizado por AVODEC en el 2021 para describir detalladamente las características del terreno en la zona donde se diseñará el MABE.
- Realizar estudio de calidad del agua y el aforo de la fuente para evaluar su viabilidad para el consumo humano.
- Diseñar componentes hidráulicos del acueducto, fuente de abastecimiento, líneas de conducción, tanque de almacenamiento y red de distribución por gravedad basado en la norma nacional NTON 09 007-19.
- Elaborar presupuesto basado en el alcance de obras diseñadas para que la organización no gubernamental AVODEC ejecute las obras.
- Realizar una propuesta del plan de operación y mantenimiento del sistema de suministro de agua diseñado.



II. MARCO TEÓRICO

*El agua es crítica para el desarrollo sostenible,
incluyendo la integridad del medio ambiente y el
alivio de la pobreza y el hambre, y es
indispensable para la salud y el bienestar humanos.*

"Naciones Unidas"

Para los resultados de este proyecto a continuación se detallan los conceptos básicos de estudio que permitirán darle respuesta al problema.

2.1. Estudio socioeconómico

AVODEC (2021,p.2), indica que el estudio socioeconómico es una actividad que se realiza mediante entrevistas o encuestas domiciliarias. La información es recabada de diversas fuentes tales como: la misma persona, vecinos, jefes inmediatos, compañeros, etc.

Además, el autor señala que el estudio proporciona datos del entorno económico, social, cultural y laboral que se requiere conocer de alguna persona o familia.

2.2. Estudio topográfico

La 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 las tres dimensiones del espacio (Universidad Nacional Agraria, 2015).

La topografía se encarga de medir extensiones de tierra tomando los datos para su representación gráfica en un plano a escala, sus formas y accidentes. Determina distancias horizontales y verticales entre puntos y objetos sobre la superficie terrestre (Universidad Nacional Agraria, 2015).

Cualquier levantamiento topográfico a realizar, la Red Geodésica Nacional, tanto en el levantamiento planimétrico como altimétrico deberá cumplir con las recomendaciones que al respecto indique el INETER. El levantamiento topográfico se deberá amarrar a la Red Geodésica Nacional de por lo menos dos puntos o mojones aprobados por INETER (INAA, 2005).

2.3. Estudio de la fuente

La fuente de abastecimiento para el suministro de agua potable constituye el elemento más importante de todo el sistema, y debe cumplir dos propósitos fundamentales de suministrar agua en cantidad suficiente para abastecer la

demanda de la población durante el período de diseño considerado, además mantener las condiciones de calidad necesarias para garantizar la potabilidad de la misma (ANA, 2019)

2.3.1. Calidad del agua

La Norma de Calidad del Agua de Consumo Humano tiene por objeto 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 del agua (CAPRE, 1994).

Establecen los requisitos básicos, a los cuales debe responder la calidad del agua suministrada en los servicios para consumo humano y para todo uso doméstico, independientemente de su estado, origen o después de su tratamiento (CAPRE, 1994).

El agua procedente de cualquier fuente, que presente características no aptas para el consumo humano, requiere de procesos con el objeto de corregir su calidad y convertirla en agua potable acorde con las normas. Estos procesos se clasifican en pre tratamiento, tratamiento y desinfección (ANA, 2019).

2.3.2. Aforo de la fuente

El caudal de las fuentes superficiales y subterráneas debe ser capaz de aportar la demanda de máximo día. Para el caso de las fuentes superficiales debe aportar además de la demanda de máximo día, el caudal ecológico (ANA, 2019).

Aforar una corriente de agua es determinar en un momento dado el valor del caudal. A esta operación se la llama aforo. Aforo se denomina a todas las tareas de campo y gabinete que permiten determinar el caudal que pasa por una sección (INTA, 2008).

El aforo volumétrico consiste en determinar el tiempo que tarda una corriente de agua en llenar un recipiente de volumen conocido (INTA, 2008).

Existen otros métodos de aforo como: Aforo de cañerías en pozos de agua, aforo en compuertas, placa aforadora, los vertederos, aforos por sección y velocidad, aforos con flotadores, aforos con molinete hidrométrico, método de la semisección (INTA, 2008).

2.4. Diseño del MABE

Según (INAA, 2005) un mini acueducto por bombeo eléctrico es una opción que será considerada solo en los casos en que exista disponibilidad de fuente de abastecimiento, disponibilidad de energía eléctrica y capacidad de pago de la comunidad.

2.4.1. Proyección de la población

La población objetivo es el parámetro básico para dimensionar los componentes que integran los sistemas de abastecimiento de agua potable, realizando un análisis de censos nacionales y locales para determinar la tasa de crecimiento a utilizar para el cálculo de la población de diseño. Cuando no se dispongan de registros poblacionales oficiales debe efectuarse un censo poblacional. (ANA, 2019).

2.4.2. Dotaciones

Para determinar las cantidades de agua que se requiere para satisfacer las condiciones inmediatas y futuras de las ciudades o poblaciones proyectadas, se recomienda usar los valores de consumo medio diario (ANA, 2019).

La norma nacional presenta las dotaciones aprobadas en NTON 09 007-19 publicada en el 2019, (ANA, 2019, p. 11).

2.4.3. Factores de demanda

Las variaciones del consumo estarán expresadas en porcentajes de las demandas promedio diario total y sirve de base para el dimensionamiento de la capacidad de las obras de captación, línea de conducción, tanque de almacenamiento y red de distribución. (ANA, 2019).

2.4.4. Línea de conducción

Es la que transporta el agua procedente desde la fuente de abastecimiento (obra de captación) hasta la red de distribución y/o al tanque de almacenamiento, la cual está constituida generalmente por tubos de PVC y en casos críticos tubo de hierro galvanizado. (INAA, 2005).

2.4.5. Caudal de bombeo

Cuando el sistema de abastecimiento de agua incluye reservorio de almacenamiento posterior a la estación de bombeo; la capacidad de la tubería de succión (si corresponde), equipo de bombeo y tubería de impulsión deben ser calculadas con base en el caudal máximo diario y el número de horas de bombeo (OPS-OMS-COSUDE, 2005, p. 6).

2.4.6. Columna de bombeo

La longitud de columna de bombeo dentro del pozo acoplado a la bomba será diseñada con una pérdida por fricción no mayor del 5% de su longitud. La longitud de columna se establece para que el cuerpo de la bomba se sumerja 6 metros bajo el nivel mínimo de bombeo (ANA, 2019, p. 20).

2.4.7. Sarta-Descarga

Debe elaborarse un estudio económico comparativo entre varios diámetros para escoger el más apropiado de la tubería de impulsión. Las ampliaciones en la descarga serán concéntricas. En la descarga o sarta de la bomba debe proyectarse una válvula de compuerta y una válvula de retención (ANA, 2019, p. 21).

2.4.8. Carga dinámica

La altura dinámica puede ser definida como el incremento total de la carga del flujo a través de la bomba. Es la suma de la carga de succión más la carga de impulsión (OPS, 2005).

La carga total dinámica en todas las estaciones de bombeo, cuando éstas trabajen en serie se dividirá en partes iguales y de acuerdo a las presiones mínimas y máximas. De tal forma que cada estación trabaje a la misma capacidad, con el fin de normalizar los tipos de equipos a instalar. Se deben proyectar dos unidades como mínimo, siendo una de reserva. Si se requieren proyectar tres o más unidades las bombas deben ser de igual capacidad. (ANA, 2019, p. 23).

2.4.9. Golpe de ariete

En el diseño de sistemas de tuberías de PVC, al igual que en sistemas de otro material, deben tomarse las consideraciones del caso para soportar los esfuerzos a que se someten. Estos esfuerzos pueden ser causados por la presión hidrostática, golpe de ariete, relleno o cargas muertas y las cargas vivas (AMANCO, 2006).

Según el fabricante AMANCO (2006) en sentido general, los cambios súbitos de presión, o golpes de ariete, son producidos por variaciones en la presión hidrostática de la tubería. Las causas más frecuentes de los golpes de ariete son:

- Apertura y cierre rápido de válvulas
- Arranque y parada de una bomba
- Acumulación y movimiento de bolsa de aire dentro de las tuberías

La columna de líquido que se mueve dentro de la tubería posee cierta inercia, proporcional a su peso y a su velocidad. Cuando el flujo se detiene repentinamente, la inercia se convierte en un incremento de presión.

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.

2.4.10. Almacenamiento

Para un diseño de abastecimiento de agua potable ya sea por gravedad o por bombeo, se debe realizar el diseño adecuado del tanque que cumpla con los

criterios necesarios para almacenar y preservar el agua, el MIFIC (2019, pág. 35) comenta lo siguiente:

Se deben satisfacer las máximas demandas que se presenten durante la vida útil del sistema y mantener las reservas que garanticen hacer frente, tanto a los casos de interrupciones en el suministro de energía, como en los casos de daños que sufran las líneas de conducción o de cualquier otro elemento. En los sistemas donde existan o se proyecten hidrantes para combatir incendios, se deben almacenar los volúmenes de agua considerando como mínimo 2 horas para enfrentar estas circunstancias

2.4.11. Desinfección

Significa la extracción, desactivación o eliminación de los microorganismos patógenos que existen en el agua. Esto supone el final de la reproducción y crecimiento de estos microorganismos, la calidad del agua destinada para consumo humano está establecido en el MIFIC (2019) y dice lo siguiente:

El sistema de abastecimiento de agua, debe considerar un sistema de desinfección apropiado, que garantice la calidad bacteriológica del agua para consumo humano. El cálculo de la dosis debe ser establecida en función de la calidad del agua y el caudal. En la desinfección del agua para consumo humano debe utilizarse el cloro gaseoso, hipoclorito de calcio o hipoclorito de sodio u otros autorizados por el MINSA.

2.4.12. Diseño de red por gravedad

Según el MIFIC (2019, p. 32) el diseño de la red de distribución se hará para tres condiciones de operación:

1. Consumo de la máxima hora para el año último del período de diseño. En esta condición se asume una distribución razonada de la demanda máxima horaria en todos los tramos y circuitos de la red de distribución, pudiendo el caudal demandado llegar bajo dos condiciones según sea el caso:

- El 100% del caudal demandado llegará por medio de la línea de conducción, fuente o planta de tratamiento, siempre y cuando no se contemple tanque de almacenamiento.
 - El caudal demandado llegará por dos puntos, la demanda máxima diaria por la línea de conducción y el resto aportado por el tanque de abastecimiento para completar la demanda máxima horaria.
2. Consumo coincidente. Ese caudal corresponde a la demanda máxima diaria más la demanda de incendio ubicado en uno o varios puntos de la red de distribución.
 3. Demanda cero. En esta condición se analizan las máximas presiones en la red.

2.4.13. Presupuesto del proyecto

Es el costo total proyectado para completarlo durante un periodo específico y obtener los resultados deseados; aquí se incluyen los diferentes costos como: Costos directos, indirectos, fijos y variables, de viajes, mano de obra y materiales.

Dentro de la construcción, el control de la presupuestación de la obras presentan particularidades propias de cada obra, en virtud de las características que diferencian este tipo de obras, al involucrar una serie de procesos y operaciones extensas, donde cada una implica métodos de construcción, equipos y maquinarias, mano de obra diferentes, al existir lugares de trabajo siempre diferentes, personal en la obra variados: profesionales, obreros calificados, obreros no calificados, cuyos costos por lo tanto son variables y difíciles de controlar (INAA, 2005, p.11)

2.4.14. Plan de operación y mantenimiento

La operación de un sistema de abastecimiento de agua, comprende un conjunto de actividades que se desarrollan en diferentes elementos, componentes del mismo, las que realizan de manera cotidiana para cumplir un eficiente suministro de agua a la población (INAA, 2005)

El mantenimiento comprende el conjunto de actividades necesarias que se realizan periódicamente para prevenir fallas en las instalaciones y equipo del sistema de agua y sus componentes (INAA, 2005).



III. DISEÑO METODOLÓGICO

*El agua es crítica para el desarrollo sostenible,
incluyendo la integridad del medio ambiente y el
alivio de la pobreza y el hambre, y es
indispensable para la salud y el bienestar humanos.*

"Naciones Unidas"



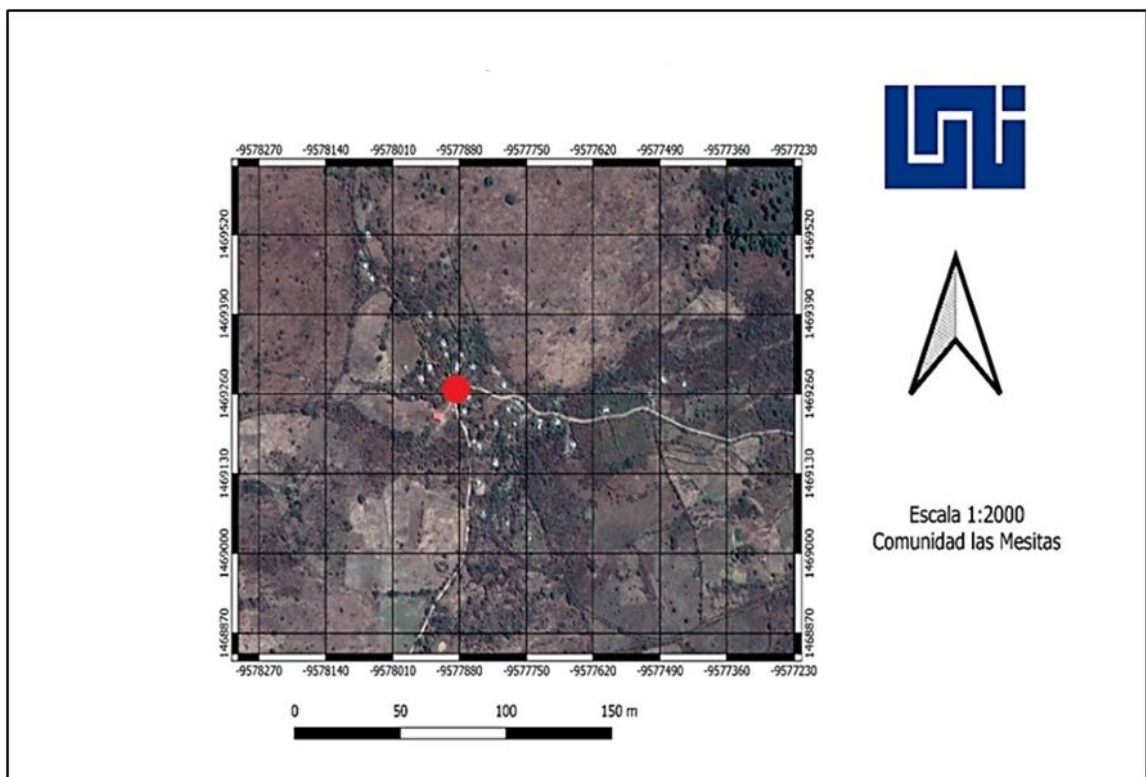
3.1. Tipo de estudio

El tipo de estudio es descriptivo ya que este usa métodos cuantitativos y cualitativos debido a que utiliza variables numéricas y se toman criterios de la población.

3.2. Macro y micro localización

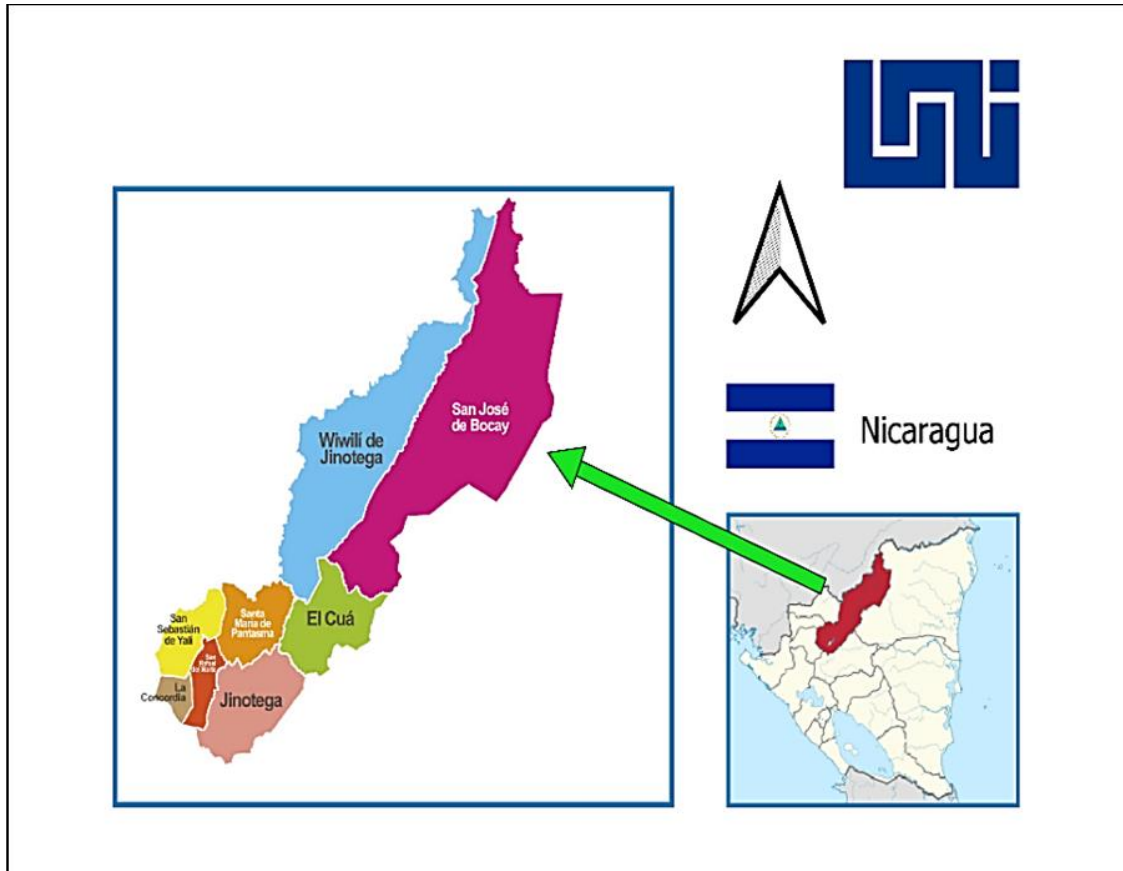
La comunidad este objeto de estudio pertenece al municipio de Jinotega, departamento de Jinotega ubicado en las coordenadas geográficas 13.084407N, -86.0415397 O, la zona de características de clima seco, precipitaciones promedio de 1083 mm.

Ilustración 1: Micro localización



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 2: Macro localización



Fuente: Elaboración propia

3.3. Estudio socioeconómico

El estudio socioeconómico se realizó por medio de un censo ya que la población de la comunidad es pequeña, este se le aplicó al jefe de cada familia de la comunidad.

Una vez obtenidos los datos, estos se procesaron con Excel para conocer la situación actual del servicio de agua potable, así como las características demográficas, económicas de higiene y salud que estos tienen. En el anexo 1 se presenta el formulario para el levantamiento de la encuesta.

3.4. Estudio topográfico

Para esta actividad se solicitaron los datos (x,y,z) a la ONG AVODEC quienes realizaron el levantamiento en el año 2021. Los datos se importaron al software civil 3D en el cual se elaboró un plano en planta de la comunidad, así como perfiles y plantas de los diferentes tramos encontrados de acuerdo a la distribución de la población y características del terreno. Los planos se presentarán a escala 1:2000 escala horizontal y 1:500 escala vertical.

3.5. Aforo de la fuente y calidad de agua

A continuación, se detalla el procedimiento que se siguió para aforar la fuente y conocer la calidad del agua.

3.5.1. Aforo de la fuente

Para el aforo se utilizó el método volumétrico, el cual consiste en medir el volumen que fluye de la fuente por unidad de tiempo. El procedimiento a seguir será el siguiente:

- Colocación de una manguera de 2 pulgadas de 20 metros de longitud en el cárcamo de la fuente, un extremo de la manguera se ubica 6 metros por debajo del nivel de fuente, a este se le coloca una válvula de compuerta de 2 pulgadas con la cual se regula el flujo.
- Una vez instalada la manguera se procede a regular el flujo hasta encontrar el equilibrio del mismo. (lo que genera la fuente igual al flujo que extrae la manguera).
- Alcanzado el equilibrio se procede a la medición del tiempo en que se llena una cubeta de 20 litros, ensayo que se repite 10 veces.
- Para obtener el aforo se suman todos volúmenes y todos los tiempos y se dividen el volumen total entre el tiempo total. A continuación, se presenta la ecuación 1 para el cálculo.

$Q = \frac{V}{t}$	Ecuación 1
-------------------	------------

Donde:

Q: caudal, m³/s

V: volumen, m³

t: tiempo, s

3.5.2. Calidad del agua

Se tomaron muestras de agua de la fuente de abastecimiento teniendo en cuenta las recomendaciones para el manejo de la muestra que recomiende el laboratorio.

Las muestras colectadas se enviaron al laboratorio y se solicitarán las pruebas que la norma CAPRE indica en el artículo 8 y las etapas 1 y 2.

Etapas 1: Los parámetros en esta etapa de control son: coliforme total o coliforme fecal, olor, sabor, color, turbiedad, temperatura, concentración de iones hidrógeno (pH), conductividad y cloro residual.

Etapas 2: comprende la ejecución de los parámetros de la primera etapa ampliado con: aluminio, cloruros, cobre, dureza, sulfatos, calcio, magnesio, sodio, potasio, nitratos, nitritos, amonio, hierro, manganeso, fluoruro, arsénico, cadmio, cianuro, cromo, mercurio, níquel, plomo, antimonio, selenio, sulfuro de hidrógeno y zinc.

3.6. Diseño del sistema

El diseño del sistema inició con la proyección de la población adoptando una tasa de crecimiento según datos de la alcaldía municipal del departamento de Jinotega, se continuará con el cálculo de la demanda, caudales de diseño y se concluirá con el análisis hidráulico del sistema.

3.6.1. Proyección de la población

La población objetivo es el parámetro básico para dimensionar los componentes que integran los sistemas de abastecimiento de agua potable, realizando un

análisis de censos nacionales y locales para determinar la tasa de crecimiento a utilizar.

Se usó el método geométrico descrito en la ecuación 2 que se presenta a continuación

$P_f = P_0(1 + r)^n$	Ecuación 2
----------------------	------------

Donde:

P_f : Población proyectada, hab

P_0 : Población actual, hab

r : Tasa de crecimiento

n : Intervalo de tiempo, años

3.6.2. Dotación y demanda de agua

Para la asignación de la dotación por persona para zonas rurales dispersas se adoptará 80 lppd. (ANA, 2019, p. 13).

➤ Consumo doméstico

El consumo doméstico se calculará con la ecuación 3

$CD = P_f \left(\frac{Dot}{86400} \right)$	Ecuación 3
---	------------

Donde:

CD : Consumo doméstico, l/s

P_f : Población futura, hab

Dot : Dotación, lppd

➤ Factores de la demanda

Debido a que en la comunidad no hay industria ni comercio desarrollado y de acuerdo al plan de desarrollo comunal y municipal no se prevé la presencia de un

sector industrial y comercial, por tal razón se optó incluir únicamente el consumo institucional, el cual se calculara con la ecuación 4.

$CPI = CD \frac{7}{100}$	Ecuación 4
--------------------------	------------

Donde:

CPI: Consumo público institucional, l/s

CD: Consumo doméstico, l/s

➤ **Consumo promedio diario**

El consumo promedio diario se calculará con la ecuación 5.

$CPD = CD + CPI$	Ecuación 5
------------------	------------

Donde:

CPD: Consumo promedio diario, l/s

CD: Consumo doméstico, l/s

CPI: Consumo público institucional, l/s

➤ **Pérdidas o fugas**

para calcular las pérdidas o fugas se utilizará la ecuación 6.

$Pf = CPD \frac{15}{100}$	Ecuación 6
---------------------------	------------

Donde

Pf: Pérdidas o fugas en el sistema, l/s

CPD: Consumo promedio diario, l/s

➤ **Consumo máximo diario**

El consumo máximo diario será igual al 1.5 del consumo promedio diario para ello se utilizará la ecuación 7.

$CMD = 1.5CPD + Pf$	Ecuación 7
---------------------	------------

Donde

CMD: Consumo máximo diario, l/s

CPD: Consumo promedio diario, l/s

Pf: Pérdidas por fuga, l/s

➤ Consumo máxima hora

Para las áreas rurales el factor de variación de consumo horario será 2.5, se calculará con la ecuación 8.

$CMH = 2.5CPD + Pf$	Ecuación 8
---------------------	------------

Donde:

CMH: Consumo máximo horario, l/s

CPD: Consumo promedio diario, l/s

Pf: Pérdidas por fuga, l/s

3.6.3. Diseño hidráulico

➤ Caudal de bombeo

El caudal de bombeo se calculará mediante la ecuación 9 que a continuación se presenta

$QB = CMD \frac{24}{N}$	Ecuación 9
-------------------------	------------

Donde:

QB: Caudal de bombeo, l/s

CMD: Consumo máximo diario, l/s

N: Horas de bombeo, horas

➤ **Columna de bombeo**

Para calcular el diámetro de la columna de bombeo se utilizará el caudal de diseño que corresponde al consumo máximo diario, a partir del cual utilizando la tabla 10 de la Norma NTON 09 007-19 (ANA, 2019, p. 20).

Para calcular la longitud de la columna de bombeo se tomará en cuenta el nivel dinámico del agua más 6 metros de sumergencia NTON 09 007-19 (ANA, 2019, p. 20).

La velocidad de flujo en la columna de bombeo se calculará con la ecuación 10.

$v = \frac{Q}{\pi \frac{D^2}{4}}$	Ecuación 10
-----------------------------------	-------------

Donde:

V: Velocidad, m/s

Q: Caudal, m³/s

D: Diámetro, m

➤ **Pérdida de carga por fricción en la columna**

Este cálculo se hará mediante la ecuación 11 de Hazen- Williams.

$h_f = 10.679 \left(\frac{Q^{1.85}}{C^{1.85} D^{4.87}} \right) l$	Ecuación 11
--	-------------

Donde:

hf: Pérdidas de carga, m

Q: Caudal de bombeo, m³/s

C: Coeficiente de rugosidad

D: Diámetro interno del tubo de la columna, m

L: Longitud de la columna de bombeo, m

➤ **Criterio de diseño de la columna de bombeo**

Se evaluará que la pérdida de carga por fricción de la columna de bombeo sea menor que el 5% de la longitud de la misma.

➤ **Sarta**

Para calcular el diámetro de la sarta se utilizará el caudal de diseño que corresponde al consumo máximo diario, a partir del cual utilizando la tabla 11 de la Norma NTON 09 007-19 (ANA, 2019, p. 22).

➤ **Longitud de la sarta**

La longitud de la sarta se adoptará de un plano típico que corresponda al diámetro de la tubería seleccionada, que en caudales pequeños como los que ocurren en acueductos rurales es de 6 m.

➤ **Velocidad de flujo en la sarta**

Para calcular la velocidad de flujo en la sarta se utilizará la ecuación 10.

➤ **Pérdida de carga por fricción en la sarta**

Se calculará con la ecuación 11 de Hazen- Williams.

➤ **Pérdidas locales**

Las pérdidas locales debido a los accesorios se calcularon utilizando la ecuación 12.

$h_l = \sum K \frac{V^2}{2g}$	Ecuación 12
-------------------------------	-------------

Donde:

h_l : Pérdidas locales, m

K: Coeficiente de pérdidas por accesorios

V: Velocidad del flujo, m/s

g: Valor de la gravedad, m/s²

➤ **Línea de impulsión**

Para determinar el diámetro de la línea de impulsión se hará uso de la ecuación 13 similar a la de Bress, utilizando el caudal de diseño que corresponde al consumo máximo diario.

$D = 0.9 Q^{0.45}$	Ecuación 13
--------------------	-------------

Donde:

D: Diámetro, m

Q: Caudal, m³/s

Basado en el diámetro calculado en la ecuación 13 se buscará un diámetro comercial preferentemente de tubería PVC.

➤ **Longitud de la línea de impulsión**

La longitud de la línea de impulsión se obtendrá del estudio topográfico de la comunidad.

➤ **Velocidad de flujo en la línea de impulsión**

La velocidad de flujo de la línea de impulsión se calculó con la ecuación 10. Se comprobará que las velocidades cumplan con lo establecido en la Norma, observando que la velocidad esté en el rango de 0.60 m/s y 1.50 m/s (ANA, 2019,pp.24-25).

➤ **Velocidad ponderada**

La velocidad ponderada se calculó con la ecuacion 14 tomando en cuenta las velocidades de flujo para los diferentes tramos de tubería.

$\frac{L}{v} = \frac{l_1}{v_1} + \frac{l_2}{v_2} + \frac{l_3}{v_3} + \frac{l_4}{v_4}$	Ecuación 14
---	-------------

Donde:

$\frac{L}{v}$: Velocidad ponderada, m/s

L_1 : Longitud del tramo de tubería, m

V_1 : Velocidad de flujo en el tramo de tubería, m/s

➤ **Pérdida de carga por fricción en la línea de impulsión**

Las pérdidas de carga por fricción se calcularon con la ecuación 11 de Hazen-Williams, utilizando el diámetro comercial previamente seleccionado, longitud del pozo al tanque de almacenamiento y el caudal de diseño que corresponde al caudal de bombeo.

➤ **Carga estática**

La carga estática se calculó en base a la ecuación 15 tomando en cuenta la cota de la descarga del tanque de almacenamiento y la cota del cárcamo de bombeo.

$H_g = Z_2 - Z_1$	Ecuación 15
-------------------	-------------

Donde

H_g : Carga estática

Z_2 : Cota de la descarga en el tanque, m

Z_1 : Cota del nivel dinámico en el cárcamo, m

➤ **Carga dinámica total**

La carga dinámica total se calculó tomando en cuenta la carga estática que es la diferencia de la cota en la descarga del tanque y la cota de la carga dinámica total, más las pérdidas en la columna de bombeo, en la sarta y en la línea de impulsión se utilizará la ecuación 16.

$CTD = H + h_{columna} + h_{sarta} + h_{f.línea}$	Ecuación 16
---	-------------

Donde:

CTD: Carga dinámica total, m

H: Carga estática, cota descarga del tanque – cota carga dinámica total, m

$h_{columna}$: Pérdida de carga en la columna de bombeo, m

h_{sarta} : Pérdida de carga en la sarta, m

$h_{f.linea}$: Pérdida de carga en la línea de conducción, m

➤ **Golpe de ariete**

Para el cálculo del golpe de ariete se calculó la celeridad con la ecuación 17.

$a = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + k \frac{D}{e}}}$	Ecuación 17
--	-------------

Donde:

a: Celeridad, m/s

k: Factor $k = (10^{10}) / \epsilon$

ϵ : Módulo de elasticidad de la tubería, Kg/m²

D: Diámetro interior de la tubería, mm

e: Espesor de la tubería, mm

➤ **Celeridad ponderada**

Se calculará la celeridad ponderada utilizando la ecuación 14 tomando en cuenta los cálculos de las celeridades para los diferentes tramos de tubería.

➤ **Cálculo de tiempo de cierre de la válvula**

El tiempo de cierre de retención en la sarta se calculará mediante la ecuación 18 de Mendiluce que se presenta a continuación.

$T = C + \frac{KLv}{gH_m}$	Ecuación 18
----------------------------	-------------

Donde:

T: Tiempo de cierre, s

L: Longitud de la conducción, m

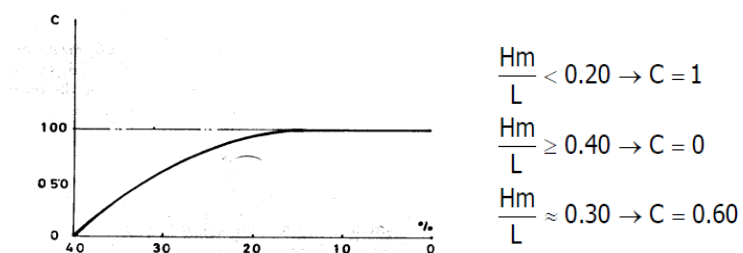
v: Velocidad del régimen del agua, m/s

g: Aceleración de la gravedad, 9.81m/s²

H_m: Altura manométrica proporcionada por el grupo de bombeo o carga dinámica total

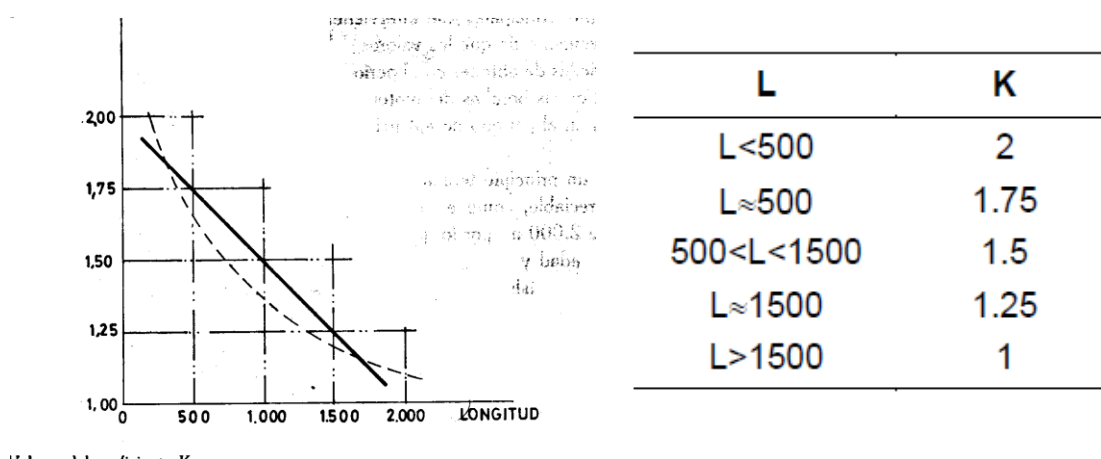
$$H_m = H_g + h_T = \Delta Z + \frac{P}{\gamma} + h_T$$

Ilustración 3: Valores de C de Mindeluce en función de la gradiente hidráulica



Fuente: Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de Ciudad Real

Ilustración 4: Valores de K de Mindeluce según longitud de la tubería



Fuente: Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de Ciudad Real

➤ **Calcular el tiempo de recorrido de la onda de presión**

Para calcular el tiempo de recorrido de la onda de presión se utilizará la ecuación 19.

$t = \frac{2L}{a}$	Ecuación 19
--------------------	-------------

Donde:

t: Tiempo que tarda la onda en dar una oscilación completa, s

L: Longitud de conducción, m

a: Celeridad de la onda, m/s

➤ **Tipo de cierre**

Para determinar si se presenta un cierre rápido o un cierre lento se usarán los criterios siguientes

$$T < \frac{2L}{a} \text{ Cierre rápido}$$

$$T > \frac{2L}{a} \text{ Cierre lento}$$

➤ **Tramo de tubería con la máxima presión**

El tramo de tubería con mayor presión se calculará con la ecuación 20.

$L_m = L - L_c$	Ecuación 20
-----------------	-------------

Donde:

L_m: Longitud de máxima presión, m

L: Longitud total, m

L_c: Longitud crítica, m

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

➤ **Impulsión larga, impulsión corta**

Para determinar si la impulsión será larga o corta se usaron los siguientes criterios.

$L < L_c$ Impulsión corta

$L > L_c$ Impulsión Larga

➤ **Adopción de la fórmula de Michaud o Allievi**

Si la impulsión es corta y el cierre es lento se aplicó Michaud utilizando la ecuación 21.

$\Delta H = \frac{2Lv}{gT}$	Ecuación 21
-----------------------------	-------------

Donde:

ΔH : Sobrepresión, m

L: Longitud del tramo, m

v: Velocidad de flujo, m/s

g: Aceleración de la gravedad, 9.81 m/s²

T: Tiempo de parada, s

Si la impulsión es larga y el cierre es rápido se aplicó Allievi utilizaremos la ecuación 22.

$\Delta H = \frac{av}{g}$	Ecuación 22
---------------------------	-------------

Donde:

ΔH : Sobrepresión, m

a: Celeridad, m/s

v: Velocidad de flujo, m/s

g: Aceleración de la gravedad, 9.81 m/s²

➤ Selección de la bomba

Se calculó la potencia de la bomba según la ecuación 23.

$P = \frac{\gamma H Q}{746(0.75)}$	Ecuación 23
------------------------------------	-------------

Donde:

P: Potencia, Hp

γ : Peso específico del agua, kg/m³

H: Carga dinámica total, m

Q: Caudal, m³/s

La bomba comercial se seleccionó del nomograma del fabricante tomando en cuenta la carga dinámica total y el caudal correspondiente al caudal de bombeo, con los cuales se seleccionará el punto de operación de la bomba y su respectiva curva resistente, a partir de la cual se conocerá la potencia y eficiencia.

Cárcamo de bombeo

Para el cálculo del volumen de bombeo del cárcamo se utilizó la ecuación 24.

$V = Q \times T$	Ecuación 24
------------------	-------------

Donde:

V: Volumen, m³

Q: Caudal de bombeo, m³

T: Tiempo de bombeo, min

Para el cálculo del área del cárcamo de bombeo se utilizó la ecuación 25.

$A = \frac{V}{H}$	Ecuación 25
-------------------	-------------

Donde:

A: Área del cárcamo, m²

V: Volumen del cárcamo, m³

H: Altura de volumen de bombeo, m

Para conocer las dimensiones del cárcamo, largo y ancho se utilizó la ecuación 26.

$L, B = \sqrt{A}$	Ecuación 26
-------------------	-------------

Donde:

L,B: Dimensión del cárcamo, m

A: Área del cárcamo de bombeo, m²

Para conocer el volumen útil de bombeo del cárcamo se utilizó la ecuación 27.

$V = L \times B \times H$	Ecuación 27
---------------------------	-------------

Donde:

V: Volumen útil de bombeo, m³

L: Largo del cárcamo, m

B: Ancho del cárcamo, m

H: Altura del volumen de agua, m

Para conocer el volumen de sumergencia de la bomba se utilizó la ecuación 27.

3.6.4. Dimensionamiento del tanque de almacenamiento

Para el dimensionamiento del tanque se utilizó un 25% del CPD como compensador más las pérdidas por fugas y un 15% del CPD, como volumen de reserva se utilizaron las ecuaciones 28 y 29 para este cálculo. Tomando en cuenta 16 horas de bombeo (ANA, 2019, p.35).

$V_c = CPD \times \frac{25}{100} \times 16 \times 3.6$	Ecuación 28
--	-------------

Donde:

V_C : Volumen compensador, m^3

CPD: Consumo promedio diario, l/s

$V_R = CPD \times \frac{15}{100} \times 16 \times 3.6$	Ecuación 29
--	-------------

V_R : Volumen de reserva, m^3

CPD: Consumo promedio diario, l/s

Debido a que la comunidad cuenta con pocos pobladores no se tomó en consideración el volumen contra incendios, por lo que el volumen del tanque de almacenamiento estará determinado por el volumen compensador, el volumen de reserva y las perdidas por fugas se calculó mediante la ecuación 30.

$V_T = V_C + V_R + P_F$	Ecuación 30
-------------------------	-------------

Donde:

V_T : Volumen total, m^3

V_C : Volumen compensador, m^3

V_R : Volumen de reserva, m^3

P_F : Pérdidas por fugas, m^3

3.6.5. Desinfección

Se tomo como criterio para la desinfección del agua 1 kg de cloro por 8.2 l/s de caudal. Para el cálculo de la capacidad del cloro se utilizó la ecuación 31.

$C_a = \frac{QC}{1000}$	Ecuación 31
-------------------------	-------------

Donde:

C_a : Capacidad de cloro, kg

Q: Caudal, m³/h

C: Concentración, mg/l

3.6.6. Simulación hidráulica del MABE

La simulación de la red se hizo con el software Epanet el cual se configuró para pérdidas de carga con Hazen-Williams, caudales en l/s y pérdidas de energía en el sistema métrico.

Para la simulación se ocuparon los datos del estudio topográfico cuyas coordenadas de los diferentes ejes levantados fueron exportados de civil 3D a Epanet utilizando el software Epacad.

3.6.7. Simulación de la línea de conducción

Para la simulación de la línea de conducción se tomó el caudal de consumo máximo diario previamente calculado, así mismo se tomó el diámetro de la columna de bombeo, de la sarta y de la línea de conducción calculado previamente en el inciso de la línea de conducción. Se hizo una simulación con una bomba teórica que tome en cuenta el consumo máximo diario y la carga total y se realizó una simulación con la bomba comercial seleccionada basado en la curva de operación de la misma.

Como resultados de la simulación se obtuvieron tablas de presiones y velocidades además los perfiles de las cotas alturas piezométricas y presiones.

3.6.8. Simulación de la red de distribución

Para la simulación de la red de distribución se utilizó el consumo máximo horario, el cual será distribuido equitativamente según la cantidad de usuarios y de acuerdo con la localización de los mismos, obteniendo de este modo los nodos concentrados de la red.

Una vez asignados los nodos concentrados se procedió a la simulación de la red tomando como referencia los criterios de diseño que recomienda la Norma que corresponde a presiones de 5 a 50 metros y velocidades de flujo de 0.4 a 2 m/s (INAA, 1999, p. 16).

También se hizo una simulación con demanda cero con la finalidad de conocer las máximas presiones hidrostáticas en la red las cuales deberán cumplir las presiones que señala la Norma.

Tanto en la simulación con el consumo máximo horario y con la demanda cero si hubo presiones que exceden lo estipulado en la Norma (50m) por lo tanto se procedió a instalar válvulas reguladoras de presión.

Al finalizar la simulación de la red de distribución se presentan tablas de velocidades y presiones, así como los perfiles longitudinales de las cotas, altura piezométrica y presiones, también se presenta la tabla de presiones de la demanda cero.

3.6.9. Simulación de cloro residual en la red

La simulación del cloro se hizo con el software Epanet basada en la dosis calculada en el ítem de desinfección, es una simulación dinámica que incluye la hora en que la red alcanza el valor mínimo de 0.2 mg/l de cloro residual, así como horas críticas que corresponden a las 16 y 24 horas.

3.7. Presupuesto

El presupuesto se hizo basado en la metodología de presupuestación del FISE la cual divide la ejecución en etapa, sub etapas y actividades. Para calcular las cantidades de actividades se determinó el alcance de las obras tomando en cuenta los planos de diseño y las especificaciones técnicas.

Todos los cálculos se realizaron utilizando el software Exel y los precios unitarios se tomarán de la última publicación del FISE.

3.8. Plan de operación y mantenimiento

Para la realización del plan de operación y mantenimiento se realizó mediante bitácoras para el control de: las horas de bombeo, consumo de energía, volumen bombeado y mantenimiento de fontanería.

Se proponen fichas de mantenimiento del equipo mediante lo estipulado por el fabricante, así mismo fichas de mantenimiento de limpieza para tanque, línea de conducción y red de distribución.



IV. RESULTADOS

*El agua es crítica para el desarrollo sostenible,
incluyendo la integridad del medio ambiente y el
alivio de la pobreza y el hambre, y es
indispensable para la salud y el bienestar humanos.*

"Naciones Unidas"

4.1. Estudio socioeconómico

A continuación, se detallan los aspectos más importantes encontrados mediante la aplicación de la encuesta tipo FISE.

4.1.1. Aspectos generales

El tamaño de la muestra se determinó mediante el censo propuesto por AVODEC.

De acuerdo a los resultados de la aplicación del censo, se encuestaron 42 familias, lo que representa una población de 185 habitantes.

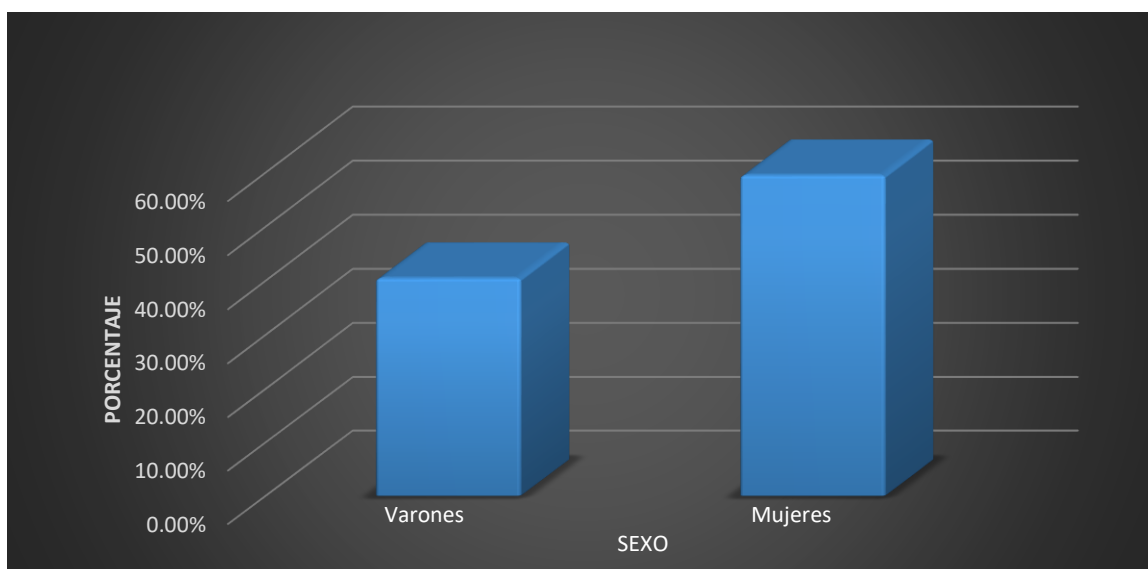
El 40.48% de las encuestas fueron contestadas por varones mientras que un 59.52% fueron contestadas por mujeres como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1: Porcentaje por sexo de la población encuestada

sexo		
Varones	Mujeres	Total
17 (personas)	25 (personas)	42 (personas)
40.48%	59.52%	100%

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 5: Gráfico de población encuestada por sexo



Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Aspectos socioeconómicos

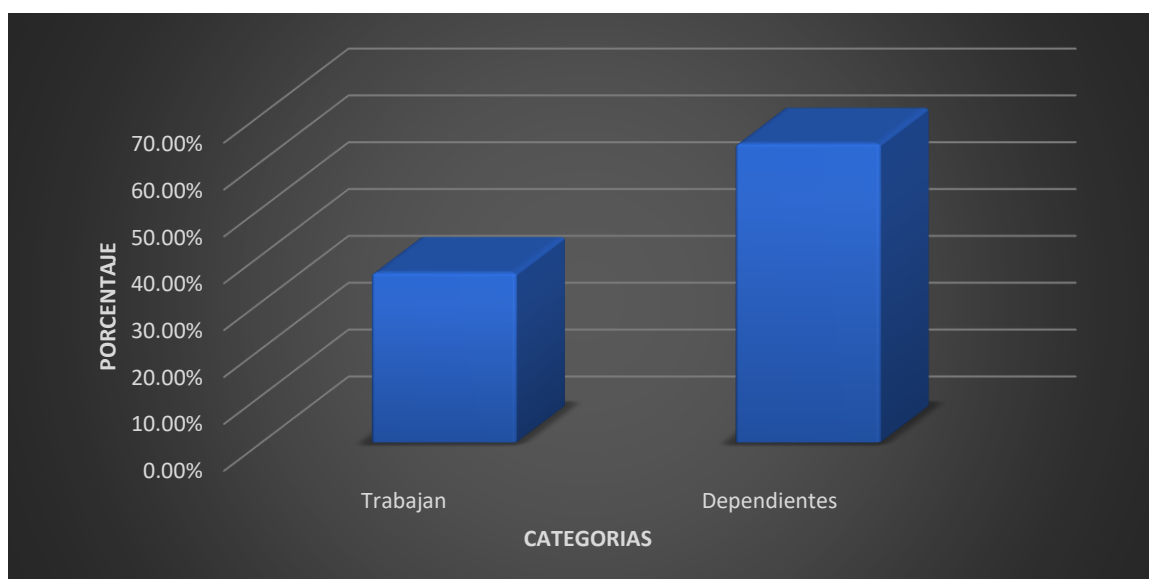
Se encontró que un 63.78% de los habitantes son dependientes, donde solo 4 familias no tienen dependientes, 8 tienen 1 dependiente, 8 tienen 2, 6 tienen 3 y 16 familias tienen más de 3 dependientes. Y el 36.22% son los que trabajan en las familias, como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2: Personas que trabajan y/o son dependientes

Dependientes del hogar		
Trabajan	Dependientes	Total
67 (personas)	118 (personas)	185 (personas)
36.22%	63.78%	100%

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 6: Gráfico de personas que trabajan y/o son dependientes



Fuente: Elaboración propia

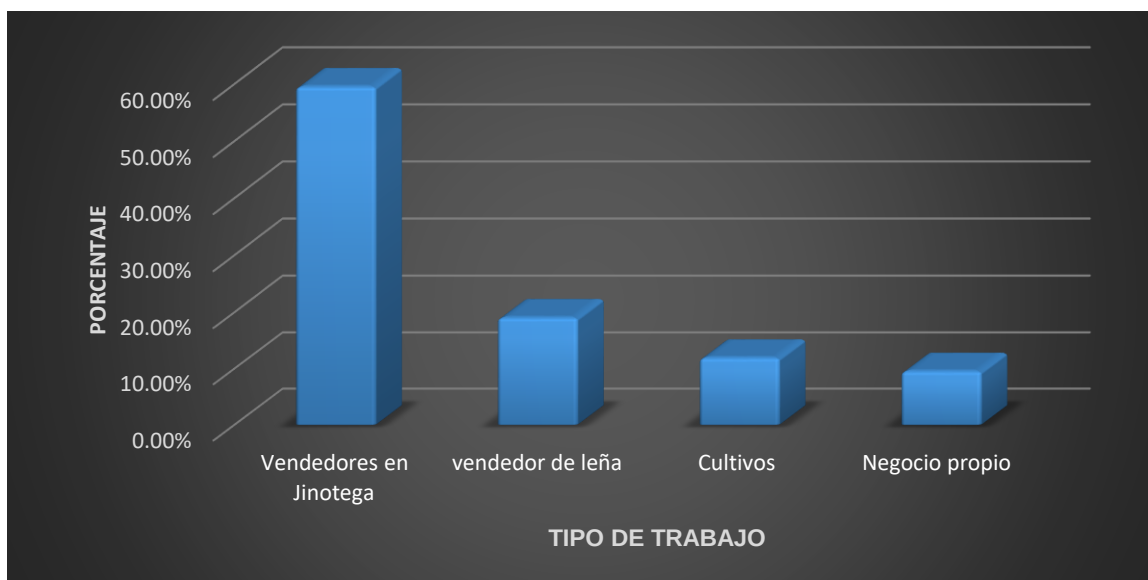
Sobre el tipo de trabajo remunerado que la población ejerce según la encuesta se encontró que un 59.52% son vendedores de legumbres en Jinotega, un 19.05% son vendedores de leña en la ciudad, un 11.90% trabajan cultivando la tierra y un 9.52% tienen su propio negocio en casa como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3: Tipo de actividad económica de la población

Principal Actividad				
Vendedores en Jinotega	Vendedor de leña	Cultivos	Negocio propio	Total
25 (personas)	8 (personas)	5 (personas)	4 (personas)	42 (personas)
59.52%	19.05%	12%	9.52%	100%

Fuente: elaboración propia

Ilustración 7: Gráfico de tipo de trabajo que posee la población



Fuente: Elaboración propia

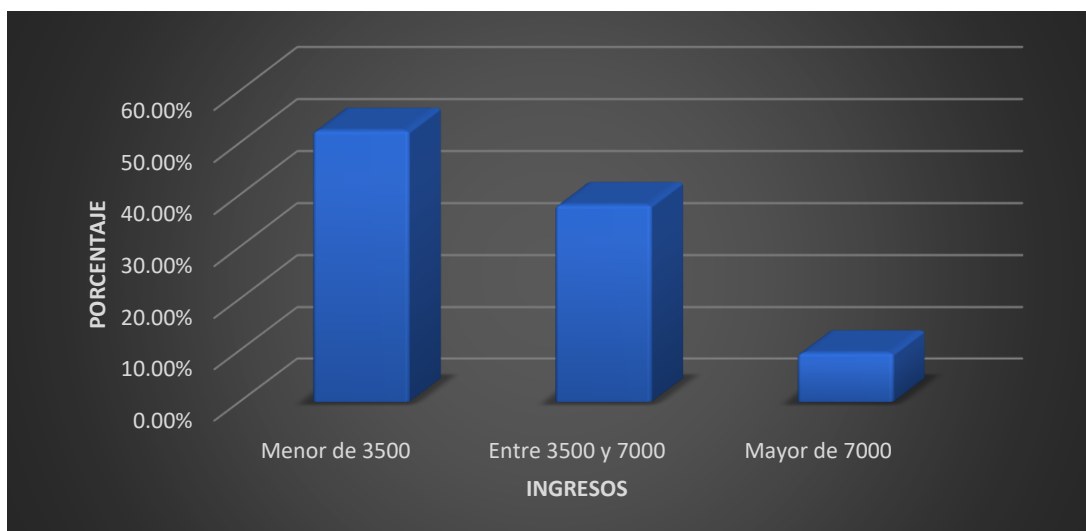
Los ingresos totales mensuales en la comunidad son 165,600 córdobas divididos de la siguiente manera: 22 familias tienen ingresos menores de 3,500, 16 tienen entre 3,500 y 7,000 y solo 4 tienen un poco más de 7,000 como lo muestra la tabla 4.

Tabla 4: Ingresos mensuales de las familias

Ingresos mensuales			
Menor de 3500	Entre 3500 y 7000	Mayor de 7000	Total
22 (personas)	16 (personas)	4 (personas)	42 (Personas)
52.38%	38.10%	9.52%	100%

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 8: Gráfico de ingresos mensuales de las familias



Fuente: Elaboración propia

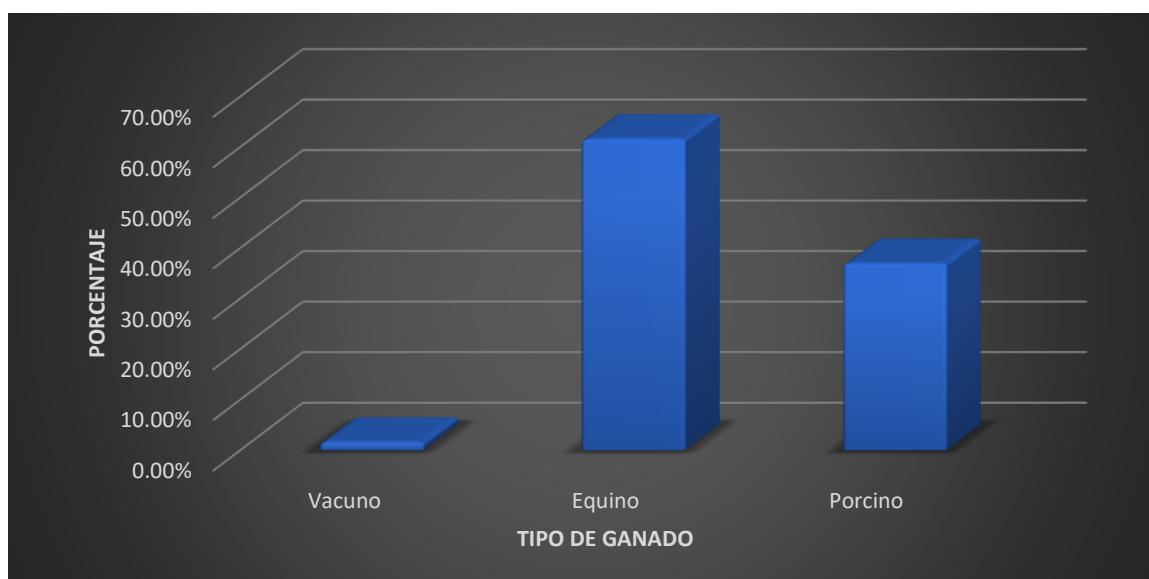
Todas las familias cuentan con ganado, 20 familias cuentan con al menos un animal y las otras 22 cuentan con dos o tres con un total de 65 animales, los cuales se dividen un 1.54% ganado vacuno, un 61,64% ganado equino y el 36.62% ganado porcino como lo muestra la tabla 5.

Tabla 5: Tipo de animales que poseen las familias

Tipo de ganado			
Vacuno	Equino	Porcino	Total
1	40	24	65
1.54%	61.54%	36.92%	100.00%

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 9: Gráfico de tipos de animales que poseen las familias



Fuente: Elaboración propia

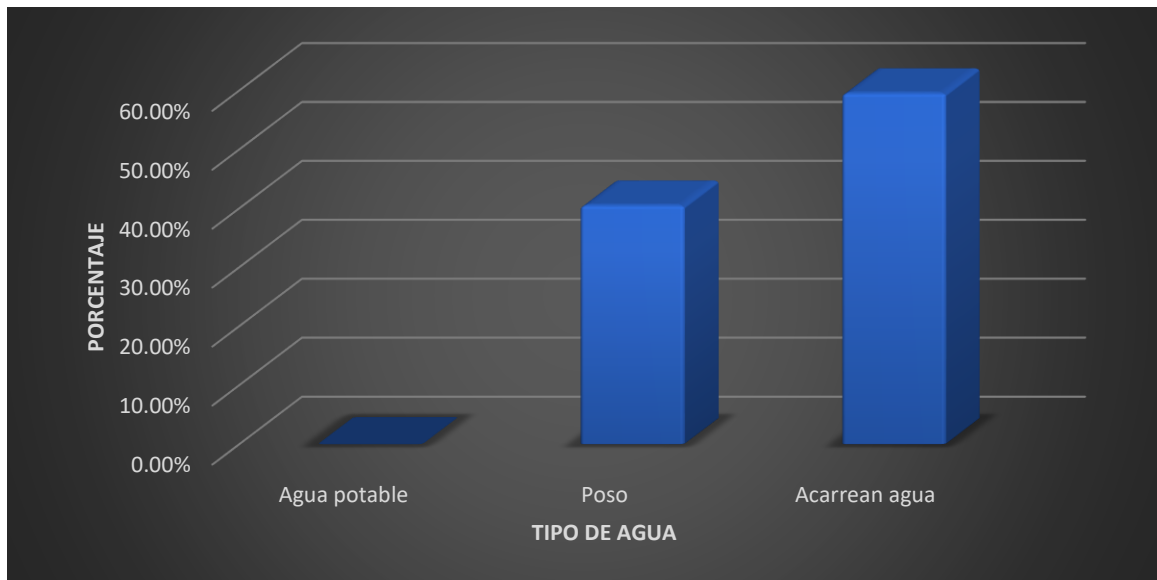
De acuerdo al censo el 0% de la población cuenta con un servicio de agua potable y se bastecen por otros medios, entre estos, agua de un pozo artesanal elaborado por la población un 40.48% y un 59.52% acarrean agua de la ciudad tal como lo muestra la tabla 6, cabe destacar que el pozo no posee ningún tipo de tratamiento y en invierno el 100% de la población se abastece de la cosecha de agua por las precipitaciones de lluvia.

Tabla 6: Tipo de agua que consume la población

Tipo de agua			
Agua potable	Pozo	Acarrean agua	Total
0 (personas)	17 (personas)	25 (personas)	42 (personas)
0.00%	40.48%	59.52%	100%

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 10: Gráfico del tipo de agua que consume la población



Fuente: Elaboración propia

4.2. Estudio topográfico

El estudio topográfico se realizó con una estación total Leica configurada en coordenadas UTM, Zona 16P se describieron los puntos más relevantes entre los que se mencionan:

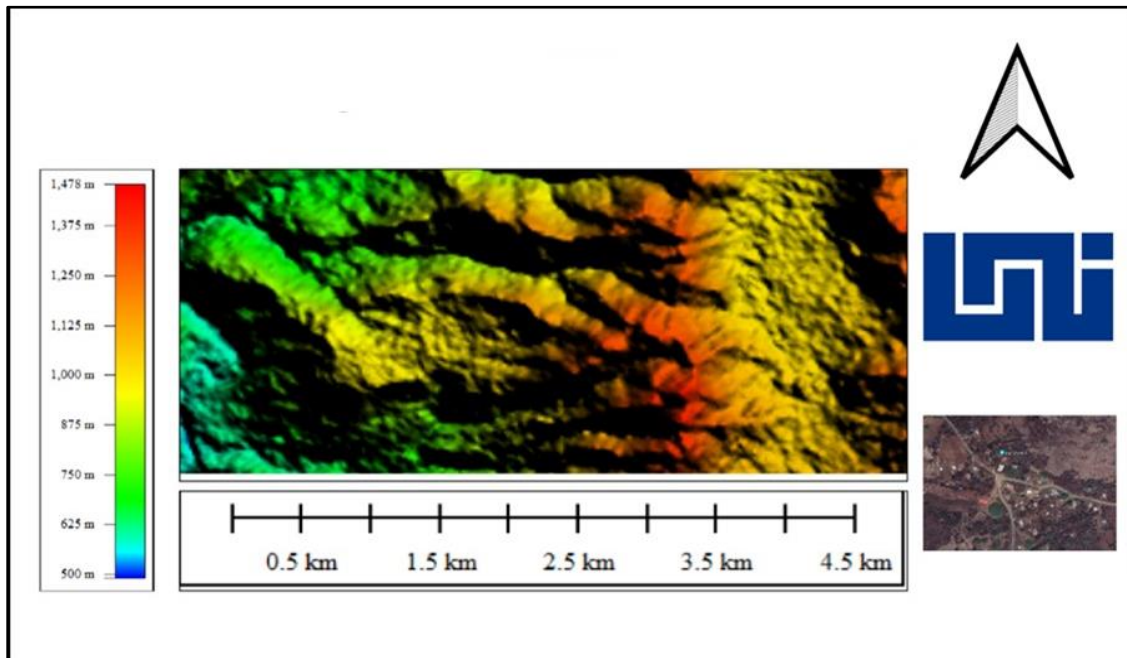
- Pozo en las coordenadas UTM 16P con: X=604267.6690m, Y=1447435.9950m, Z=886.910msnm.
- Tanque en las coordenadas las UTM 16P con: X=604404.9690m, Y=1446919.1380m, Z=1105.643 msnm.

También se realizó el levantamiento de la línea de conducción la cual tiene una longitud de 877.687m desde la posible ubicación del pozo hasta la posible ubicación del tanque con una diferencia de nivel de 218.733 m entre el punto inicial y el punto final del trazo de la línea de conducción.

Así mismo se levantaron 1,240.38 m de trazado por los senderos que llevan a las diferentes viviendas de la comunidad Las Mesitas, a fin de que estos sirvan como referencia para el diseño de la red de distribución.

Se observaron elevaciones máximas de 1,105.61 msnm y mínimas de 888.36 msnm en un terreno muy irregular como se presenta en la ilustración 9.

Ilustración 11: Modelo digital de elevación terreno Las Mesitas



Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presentan en la tabla 7 la lista de planos que incluye un plano general de la comunidad y los planos de planta y perfil de los tramos levantados.

Tabla 7: Lista de planos topográficos (ver planos en anexo v)

Descripción	Estación inicial	Estación final	Nº de plano
Línea de conducción tramo 1	0+000	0+450	1
Línea de conducción tramo 2	0+450	0+878	2
Línea de conducción por gravedad	0+000	0+478	3
Red de distribución tramo 1	0+000	0+242	4
Red de distribución tramo 2	0+000	0+094	5
Red de distribución tramo 3	0+000	0+257	6
Red de distribución tramo 4	0+000	0+111	7
Red de distribución tramo 5	0+000	0+509	8
Plano general	~	~	9

Fuente: Elaboración propia

4.3. Estudio de la calidad del agua y aforo

A continuación, se detallan los resultados obtenidos del estudio de la calidad del agua y aforo de la fuente.

4.3.1. Resultado de la calidad del agua

Se procedió a la toma de muestras de agua y su envío al laboratorio PIENSA encontrándose con valores de los parámetros físico químicos y bacteriológicos aceptables de acuerdo con la norma CAPRE. En el anexo III se presentan los resultados del análisis del laboratorio.

La calidad del agua puede describirse como agua para el consumo humano con pH 6.99, turbiedad 0.649 NTU y color verdadero <1 ml/L (Pt-Co), conductividad eléctrica 312 μ S/cm con dureza total 117.2 mg/l CaCO_3 y cálcica de 65.40 mg/l CaCO_3 , Con hierro total <0.006 mg/l y flúor de 0.333 mg/l. Así mismo no se observaron coliformes totales y fecales.

4.3.2. Aforo de la fuente

Se realizó un aforo volumétrico utilizando un recipiente de 20 lts y midiendo el tiempo de llenado obteniendo un lapso promedio 30 s, esta prueba se realizó 10 veces y se obtuvo un caudal promedio de 0.66 l/s. Este valor es aproximadamente igual a la demanda expresada como CMD por lo que se diseñará un cárcamo con un volumen suficiente para asegurar el bombeo de por lo menos 20 min, como lo recomienda la Norma NTON 09 007-19 (ANA, 2019, p. 21).

4.4. Diseño del MABE

A continuación, se presentan los resultados del diseño del mini acueducto por bombeo eléctrico MABE en la comunidad Las Mesitas municipio de Jinotega departamento de Jinotega.

4.4.1. Periodo de diseño

El periodo de diseño del MABE, se estableció en 20 años de acuerdo a lo recomendado por la Norma (ANA, 2019).

4.4.2. Población de diseño

Para conocer la población de diseño se utilizó el método geométrico mediante la **ecuación 2**. La tasa de crecimiento de la comunidad según el censo elaborado por la alcaldía municipal en el periodo de enero a diciembre del año 2022 fue de 2.2%, por lo que en cumplimiento a la norma se adoptó una tasa de crecimiento 2.5% (ANA, 2019, p. 9).

Se tomó una población actual de 185 habitantes, resultando una población futura de 303 habitantes, a continuación, se presentan los cálculos.

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

$$P_f = 185(1 + 2.5\%)^{20} = 303 \text{ hab}$$

4.4.3. Dotación y demanda

Para determinar la dotación de la población a servir mediante conexión domiciliar en población rural dispersa se adoptó 80 lppd según lo establecido en la norma (ANA, 2019, p. 11).

➤ Consumo doméstico (CD)

Para conocer el consumo doméstico se calculó mediante la **ecuación 3**, (ANA, 2019, p. 13) obteniendo un consumo doméstico de 0.2807 l/s, como se muestra a continuación.

$$CD = P_f \left(\frac{Dot}{86400} \right)$$

$$CD = 303 \left(\frac{80}{86400} \right) = 0.28 \text{ l/s}$$

➤ Factores de demanda

Debido a que en la comunidad no hay industria ni comercio y según el plan de desarrollo municipal de Jinotega no se prevé en el futuro la presencia de ellos, por tanto, se optó por excluir del diseño el consumo industrial y consumo comercial, incluyendo únicamente el consumo público institucional.

➤ **Consumo público institucional (CPI)**

El consumo público institucional se calculó mediante la **ecuación 4**, (ANA, 2019, pág. 12) dando como resultado un consumo de 0.02 l/s, a continuación, se muestran los cálculos.

$$CPI = CD \frac{7}{100}$$

$$CPI = 0.2807 \frac{7}{100} = 0.02 \text{ l/s}$$

➤ **Consumo promedio diario (CPD)**

Para el consumo promedio diario se usó la **ecuación 5**, (ANA, 2019, pág. 13) sumando los consumos antes calculados, dando como resultado un consumo de 0.3003 l/s continuación se muestra los cálculos.

$$CPD = CD + CPI$$

$$CPD = 0.2807 + 0.02 = 0.30 \text{ l/s}$$

➤ **Pérdidas o fugas (P)**

Para determinar las pérdidas en el sistema se adoptó lo estipulado en la norma (ANA, 2019, p. 14), la cual establece que para localidades de hasta 500 viviendas este valor será igual al 15% del consumo promedio diario (CPD), se calculó con la **ecuación 6** continuación, se detallan los resultados.

$$Pf = CPD \frac{15}{100}$$

$$Pf = 0.30 \frac{15}{100} = 0.045 \text{ l/s}$$

➤ **Consumo máximo diario (CMD)**

Se calculo con la **ecuación 7**, se aplica un factor de 1.5 al CPD, más las pérdidas, según (ANA, 2019, p. 12). Obteniendo un consumo máximo diario de 0.4956 l/s continuación los cálculos:

$$CMD = 1.5CPD + Pf$$

$$CMD = 1.5(0.3003) + 0.04$$

$$CMD = 0.50 \text{ l/s}$$

➤ **Consumo máximo horario (CMH)**

Se calculo en base a la **ecuación 8**, se aplica un factor de 2.5 al CPD, mas las pérdidas, según (ANA, 2019, p. 14). obteniéndose un consumo máximo horario de 0.7957 l/s a continuación los cálculos:

$$CMH = 2.5CPD + Pf$$

$$CMH = 2.5(0.3003) + 0.04$$

$$CMH = 0.80 \text{ l/s}$$

En la tabla 8 se presenta la proyección poblacional por 20 años para la cual se usaron los resultados obtenidos con las ecuaciones 4,5,6,7 y 8.

Tabla 8: Proyección poblacional y factores de demanda periodo 2023-2043

Años	Población	CD	CPI	CPD	P/F	CMD	CMH
2023	185	0.171	0.012	0.183	0.027	0.3	0.48
2024	190	0.176	0.0123	0.188	0.028	0.31	0.5
2025	194	0.18	0.0126	0.193	0.029	0.32	0.51
2026	199	0.184	0.0129	0.197	0.03	0.33	0.52
2027	204	0.189	0.0132	0.202	0.03	0.33	0.54
2028	209	0.194	0.0136	0.208	0.031	0.34	0.55
2029	215	0.199	0.0139	0.213	0.032	0.35	0.56
2030	220	0.204	0.0143	0.218	0.033	0.36	0.58
2031	225	0.208	0.0146	0.223	0.033	0.37	0.59
2032	231	0.214	0.015	0.229	0.034	0.38	0.61
2033	237	0.219	0.0153	0.234	0.035	0.39	0.62
2034	243	0.225	0.0158	0.241	0.036	0.4	0.64
2035	249	0.231	0.0162	0.247	0.037	0.41	0.65
2036	255	0.236	0.0165	0.253	0.038	0.42	0.67
2037	261	0.242	0.0169	0.259	0.039	0.43	0.69
2038	268	0.248	0.0174	0.265	0.04	0.44	0.7
2039	275	0.255	0.0179	0.273	0.041	0.45	0.72
2040	281	0.26	0.0182	0.278	0.042	0.46	0.74

Años	Población	CD	CPI	CPD	P/F	CMD	CMH
2041	289	0.268	0.0188	0.287	0.043	0.47	0.76
2042	296	0.274	0.0192	0.293	0.044	0.48	0.78
2043	303	0.281	0.0197	0.301	0.045	0.5	0.8

Fuente: Elaboración propia

4.4.4. Diseño hidráulico del MABE

➤ Caudal de bombeo

El caudal de bombeo se calculó con la **ecuación 9** cuya ecuación se obtuvo de la guía de estaciones de bombeo de agua potable publicada por OPS-OMS-COSUDE (2005 p.6), a continuación, se presentan los cálculos para 16 horas de bombeo:

$$Qb = CMD \times \frac{24}{16}$$

$$Qb = 0.50 \times \frac{24}{16} = 0.75 \text{ l/s} = 11.89 \text{ GPM} \approx 12 \text{ GPM}$$

➤ Diámetro de la columna de bombeo

Para el diseño de la columna de bombeo se tomó el caudal de bombeo (Qb) con un valor de 0.75 l/s,

Para seleccionar el diámetro primero se tomó un diámetro de 3 in, descrito en la tabla la tabla 8, basada en la NTON 09 007-19 p.22, con el mencionado diámetro se presentaron velocidades y perdidas de carga muy bajas por lo que se optó por un diámetro de 1.5 in HG clase 40 con diámetro interno de 40.94 mm.

Tabla 9: Relación caudal, diámetro

Diámetro de la columna de bombeo		Caudal de bombeo
(Pulgada)	(mm)	Lps
3	75	3.15
4	100	6.30
6	150	37.8

Fuente: Norma Diseño de Sistema de abastecimiento de Agua Potable (ANA, 2019, p. 22)

➤ **Longitud de la columna de bombeo**

La longitud de la columna fue igual a la altura desde el espejo de agua en el cárcamo de bombeo hasta la sarta igual a 1.3 m, más la sumersión de la bomba a una profundidad de 6 m, siendo por tanto la longitud de la columna de bombeo de 7.3 m.

➤ **Velocidad de flujo en la columna de bombeo**

La velocidad de flujo de la columna de bombeo se calculó con la **ecuación 10**, dando como resultado 0.57 m/s, seguidamente se presentan los cálculos:

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

$$v = \frac{0.00075}{3.1416 \frac{0.04094^2}{4}} = 0.57 \text{ m/s}$$

➤ **Pérdida de carga por fricción en la columna de bombeo**

Las pérdidas de carga en la columna de bombeo se calcularon en base a la **ecuación 11**, de Hazen- Williams. Siendo esta la sugerida para este cálculo en la norma (ANA, 2019)

. Las pérdidas deberán ser menor al 5% de la longitud de la columna.

$$h_f = 10.679 \left(\frac{Q^{1.85}}{C^{1.85} D^{4.87}} \right) l$$

$$h_f = 10.679 \times \left(\frac{0.00075^{1.85}}{130^{1.85} \times 0.04094^{4.87}} \right) \times 7.3 = 0.091 \text{ m}$$

$$\text{Criterio de diseño} = Lc \times 0.05$$

$$\text{Criterio de diseño} = 7.3 \times 0.05 = 0.37 \text{ m}$$

Por tanto, según el criterio de diseño encontrado de 0.37 m y las pérdidas de carga calculadas con valor de 0.091 m, se establece que el diseño es adecuado debido a que se cumple que la pérdida de carga en la columna de bombeo es menor que el 5% de la longitud de columna de bombeo.

➤ Sarta

Diámetro de la sarta

Para el diseño de la sarta se tomó el caudal de Q_b con un valor de 0.75 l/s. Para seleccionar el diámetro se tomó en consideración la tabla 9 que recomienda la norma NTON 09 007-19 p.24, la cual recomienda un diámetro nominal de 50 mm, no obstante, debido a que la columna de bombeo previamente se diseñó con un diámetro de 1.5 in se adoptó el mismo diámetro para la sarta, el cual corresponde a un diámetro interno 40.94 mm en tubería de HG clase 40

Tabla 10: Relación diámetro caudal de la sarta

Diámetro de sarta (mm)	Rango de caudales (L/s)	
50	5.05	-
75	5.05	12.6
100	12.6	25.2
150	25.2	56.8
200	56.8	75.7
250	75.7	101

Fuente: (ANA, 2019, p. 24)

Velocidad de flujo en la sarta

Para el cálculo de la velocidad de flujo en la sarta se utilizó la **ecuación 10**, dando como resultado una velocidad de 0.57 m/s, a continuación, se detallan los cálculos.

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

$$v = \frac{0.00075}{3.1416 \frac{0.04094^2}{4}} = 0.57 \text{ m/s}$$

Pérdida de carga por fricción en la sarta

Las pérdidas de carga por fricción en la sarta se calcularon con la **ecuación 11**, dando como resultado pérdidas por 0.0105 m los cálculos se detallan a continuación.

$$h_f = 10.679 \left(\frac{Q^{1.85}}{C^{1.85} D^{4.87}} \right) l$$

$$h_f = 10.679 \left(\frac{0.00075^{1.85}}{130^{1.85} 0.04094^{4.87}} \right) 6 = 0.0747m \approx 0.075 m$$

Para las pérdidas por accesorio (pérdidas locales) en la sarta se calcularon en base a la tabla 10.

Tabla 11: Coeficiente de pérdidas por accesorios en la sarta

Accesorios	Cantidad	valor K	CxK
Reductor H.G 3"x2'	1	0.15	0.15
Codo 90 H.G 2"	1	0.9	0.9
Union Dresser 2"	1	0.3	0.3
Medidor 2"	1	2.58	2.58
Valvula Cheek H.G 2"	1	2.5	2.5
"Tee" H.G 2"	1	0.3	0.3
Valvula de compuerta	1	0.2	0.2
Codo 45 H.G	2	0.4	0.8
Sumatoria			7.73

Fuente: Elaboración propia basado en el libro de Hidráulica de Sotelo (1997)

Las pérdidas por accesorios en la sarta se calcularon en base a la **ecuación 12**, obteniendo pérdidas por accesorios de 0.13 m a continuación se detallan los cálculos.

$$hl = \sum K \frac{V^2}{2g}$$

$$hl = 7.73 \frac{0.57^2}{2 \times 9.81} = 0.128 \approx 0.13 m$$

Finalmente, la pérdida total ($h_f + h_l$) en la sarta se calculó sumando las pérdidas por fricción y las pérdidas locales causadas por los accesorios, resultando una pérdida total de 0.20 m.

➤ **Diseño de la línea de Impulsión**

Diámetro teórico

Para el diseño de la línea de impulsión, se utilizó el caudal del Caudal de Bombeo (QB) y se calculó el diámetro utilizando la **ecuación 12** similar a Bress cuyo resultado se presenta a continuación.

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

$$D = 0.9 * 0.00075^{0.45} = 0.0353 \text{ m}$$

$$D = 0.0353 \times 1000 = 35.31 \text{ mm}$$

Diámetro comercial

Basado en el diámetro teórico de 35.31 mm previamente calculado se buscó un diámetro comercial del fabricante DURMAN ESQUIVEL encontrando que el diámetro más cercano al teórico fue de 31mm que corresponde a un diámetro nominal de 1 ¼", no obstante, es inferior al mínimo que recomienda la norma (ANA, 2019) para distancias de 100 m por lo cual se adoptó un diámetro nominal en tubería PVC de 1.5 in con diámetros internos de: (39.6 mm) SDR 11S, (40.9 mm) SDR 13.5, (40.9 mm) SDR 17 Y (42.6 mm) SDR 26. Las cuales se usaron según el perfil de presiones que se presentó en la línea de conducción

Longitud de la línea de impulsión

La longitud de la línea de impulsión es de 914.78 m, los tipos de tubería que se seleccionaron obedecen a las diferentes presiones que se presentan en el perfil de presiones de la línea de impulsión en la cual se consideró una carga estática máxima de 223.12 m, la cual se redujo en la medida que las cotas se acercan al tanque de almacenamiento, además se tomaron en cuenta el incremento de presión manométrica por efecto de las pérdidas de energía por fricción y locales así como la sobrepresión causada por el golpe de ariete.

A continuación, se presentan los cálculos de velocidades y pérdidas de carga por fricción para los diferentes tramos de tubería.

Velocidad de flujo ponderada

La velocidad ponderada de los cuatro tramos de tubería de la línea de conducción fue de 0.2313 m/s, la cual se calculó con la **ecuación 10 y la ecuación 14**, a continuación, se detallan los resultados.

- Velocidad de tramo 1 tubería PVC sdr 11 con diámetro interno de 39.6 mm y longitud de 172.168 m

$$v_1 = \frac{Q}{\pi \frac{D^2}{4}}$$

$$v = \frac{0.00075}{\pi \frac{0.0396^2}{4}} = 0.61 \text{ m/s}$$

- Velocidad de tramo 2 tubería PVC sdr 13.5 con diámetro interno de 40.9 mm y longitud de 130.43 m

$$v_1 = \frac{Q}{\pi \frac{D^2}{4}}$$

$$v = \frac{0.00075}{\pi \frac{0.0409^2}{4}} = 0.57 \text{ m/s}$$

- Velocidad de tramo 3 tubería PVC sdr 17 con diámetro interno de 40.9 mm y longitud de 193.68

$$v_1 = \frac{Q}{\pi \frac{D^2}{4}}$$

$$v = \frac{0.00075}{\pi \frac{0.0426^2}{4}} = 0.53 \text{ m/s}$$

- Velocidad de tramo 4 tubería PVC sdr 26 con diámetro interno de 55.7 mm y longitud de 417.8 m

$$v_1 = \frac{Q}{\pi \frac{D^2}{4}}$$

$$v = \frac{0.00075}{\pi \frac{0.0446^2}{4}} = 0.48 \text{ m/s}$$

➤ Cálculo de la velocidad de flujo ponderado de la línea de conducción de 0.2313 m/s

$$\frac{L}{v} = \frac{l_1}{v_1} + \frac{l_2}{v_2} + \frac{l_3}{v_3} + \frac{l_4}{v_4}$$

$$\frac{L}{v} = \frac{172.168}{0.61} + \frac{130.43}{0.57} + \frac{193.68}{0.53} + \frac{417.8}{0.48} = 1747 \text{ m/s}$$

$$v = \frac{L}{\sum \frac{l}{v}}$$

$$v = \frac{914.08 \text{ m}}{1747 \text{ m/s}} = 0.52 \text{ m/s}$$

Pérdida de carga por fricción

Para conocer las pérdidas en la línea de impulsión se utilizó la **ecuación 11** de Hazen - Williams, dando como resultado una sumatoria de pérdidas de 7.35 m según la norma (ANA, 2019) las pérdidas deberán ser menor al 5% de la longitud de la línea lo que equivale a 45.70 m por lo que si cumple el criterio de diseño. A continuación, se detallan los cálculos.

Tramo 1 tubería de sdr 11

$$h_f = 10.679 \left(\frac{Q^{1.85}}{C^{1.85} D^{4.87}} \right) l$$

$$h_f = 10.679 \left(\frac{0.00075^{1.85}}{150^{1.85} \times 0.0396^{4.87}} \right) 172.16 = 1.94 \text{ m}$$

Tramo 2 tubería de SDR 13.5

$$h_f = 10.679 \left(\frac{Q^{1.85}}{C^{1.85} D^{4.87}} \right) l$$

$$h_f = 10.679 \left(\frac{0.00075^{1.85}}{150^{1.85} \times 0.0409^{4.87}} \right) 130.43 = 1.25 \text{ m}$$

Tramo 3 tubería de SDR 17

$$h_f = 10.679 \left(\frac{Q^{1.85}}{C^{1.85} D^{4.87}} \right) l$$

$$h_f = 10.679 \left(\frac{0.00075^{1.85}}{150^{1.85} \times 0.0426^{4.87}} \right) 193.68 = 1.53 \text{ m}$$

Tramo 4 tubería de SDR 26

$$h_f = 10.679 \left(\frac{Q^{1.85}}{C^{1.85} D^{4.87}} \right) l$$

$$h_f = 10.679 \left(\frac{0.00075^{1.85}}{150^{1.85} \times 0.0446^{4.87}} \right) 417.8 = 2.63 \text{ m}$$

Carga estática

La carga estática se calculó en base a la **ecuación 15** a continuación se muestran los cálculos:

$$Hg = Z2 - Z1$$

$$Hg = 1108.71 - 885.18 = 223.53 \text{ m}$$

Carga dinámica total

La carga dinámica total se calculó con la **ecuación 16**,

$$CTD = H + h_{columna} + h_{sarta} + h_{f.línea}$$

$$CTD = 223.53 \text{ m} + 0.091 \text{ m} + 0.20 \text{ m} + 7.35 \text{ m} = 231 \text{ m} = 758 \text{ ft}$$

➤ Golpe de ariete

El golpe de ariete es un fenómeno de sobrepresión que afecta a las tuberías que trabajan bajo presión hidráulica debe ser debidamente evaluado en todo el tramo de tubería, la onda de presión causada por este fenómeno es capaz de afectar toda la línea de impulsión y causar graves daños en la misma este fenómeno se calculó mediante los siguientes puntos.

Celeridad ponderada

La celeridad ponderada de la onda de presión en la tubería se calculó con la **ecuación 17 y la ecuación 14**, para cada tramo de tubería de la línea de conducción de acuerdo a la cedula obteniéndose posteriormente una celeridad ponderada para toda la línea de impulsión de 491.27 m/s

Tubería SDR 26

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + k \frac{D}{e}}}$$
$$a = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + 35.59 \frac{44.6}{5.19}}} = 526.07 \text{ m/s}$$

Tubería SDR 17

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + 35.59 \frac{42.6}{5.19}}} = 536.5 \text{ m/s}$$

Tubería SDR 13.5

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + 35.59 \frac{40.9}{5.19}}} = 546 \text{ m/s}$$

Tubería SDR 11

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + 35.59 \frac{39.6}{5.19}}} = 553.55 \text{ m/s}$$

Celeridad ponderada

$$\frac{L}{a} = \frac{l_1}{a_1} + \frac{l_2}{a_2} + \frac{l_3}{a_3} + \frac{l_4}{a_4}$$

$$\frac{L}{a} = \frac{172.168}{526.07} + \frac{130.43}{536.5} + \frac{193.68}{546} + \frac{417.8}{553.55} = 1.71 \text{ m/s}$$

$$a = \frac{L}{\sum \frac{l}{a}}$$

$$a = \frac{914.07}{1.71} = 535 \text{ m/s}$$

Tiempo recorrido de la onda de presión`

El tiempo de recorrido de la onda de presión se calculó con la **ecuación 19**, es el tiempo que tarda la onda en dar una oscilación completa

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

$$t = \frac{2 * 914.07}{535} = 3.42 \text{ s}$$

Tiempo de parada de la válvula check

El tiempo de parada de la válvula check se calculó con la **ecuación 18** en base a la ecuación de Mendiluce obteniendo el siguiente resultado.

$$T = C + \frac{KLv}{gH_m}$$

$$T = 0.80 + \frac{1.5 \times 914.07 \times 0.52}{9.81 \times 231} = 0.25 \text{ S}$$

Tipo de cierre

Para determinar si se presenta un cierre rápido o un cierre lento se usarán los criterios siguientes

$$T < \frac{2L}{a} \text{ Cierre rápido}$$

$$0.25 \text{ s} < 3.41 \text{ s} \text{ Cierre rápido}$$

Longitud critica

La longitud critica se calculó en base a la **ecuación 20**, dando como resultado una longitud critica de 98.54 a continuación se detallan los cálculos

$$L_c = \frac{aT}{2}$$

$$L_c = \frac{535 \times 0.25}{2} = 66.87 \text{ m}$$

Longitud de máxima presión

El tramo de tubería con la máxima presión se calculará con la **ecuación 16**

$$L_m = L - L_c$$

$$L_m = 914.07 - 66.87 = 848 \text{ m}$$

Tipo de impulsión

Para conocer el tipo de impulsión se tomaron como referencia los siguientes criterios

$$L < L_c \text{ Impulcion corta}$$

$$L > L_c \text{ Impulcion Larga}$$

Analizando los dos probables casos dio como resultado una impulsión larga ya que la longitud de la línea es mayor que la longitud critica.

Sobrepresión

Para el cálculo de la sobrepresión se tomará en cuenta lo siguiente si la impulsión es larga y el cierre es rápido se adoptará Allievi se calculó con la **ecuación 22**

$$\Delta H = \frac{av}{g}$$

$$\Delta H = \frac{535 * 0.52}{9.81} = 28.35 \text{ m}$$

Presión total

Presión total = Sobrepresión + Diferencia de nivel

$$\text{Presión total} = 28.35 \text{ m} + 231 = 259.35 \text{ m}$$

$$\text{Presión total} = \mathbf{368.27 \text{ psi}}$$

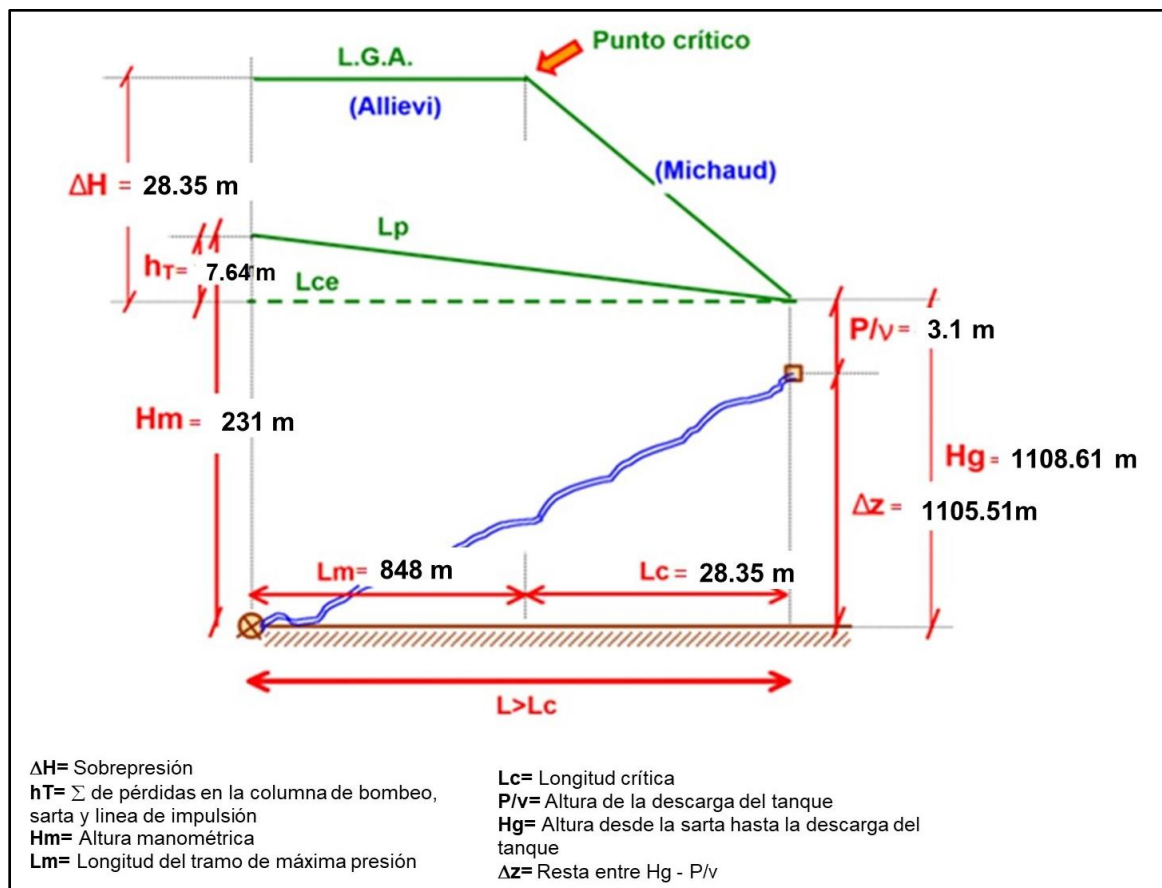
La tubería PVC SDR 11 seleccionada soporta 400 PSI de presión por lo que se considera adecuada para este propósito debido a que no en todo el tramo de la línea existe esta sobrepresión se trabajó con diferentes cedulas de tubería PVC con el fin de no encarecer el proyecto se usaran las clases de tubo descritas en la tabla 11.

Tabla 12: Tipos de tubería, longitudes y presiones

TRAMO	TIPO DE TUBERIA	LONGITUD	PRESION MAXIMA (PSI)
1	SDR 11	172.16	400
2	SDR 13.5	130.43	320
3	SDR 17	193.68	250
4	SDR 26	4017.8	160

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 12: Esquema de energía del golpe de ariete



Fuente: Elaboración propia

➤ Selección de la bomba

Para el análisis del sistema de bombeo para pozos se tomó en consideración una bomba marca Franklin Electric FPS 4400, una para un periodo de diseño de 10 años y otra para 20 años debido a la vida útil de las mismas. Estas bombas son un producto con presencia en el mercado nacional y su instalación es conocida por el sector que labora en agua y saneamiento.

Para conocer la potencia teórica de las bombas se utilizó la **ecuación 23**, a continuación, se describen los cálculos.

De 1 año a 10 años

$$P = \frac{\gamma g H Q}{746(0.75)}$$

$$P = \frac{(1000 \text{ kg/m}^3)(9.81 \text{ m/s}^2)(231 \text{ m})(0.00058 \text{ m}^3)}{746(0.75)} = 2.33 \text{ hp}$$

De 10 años a 20 años

$$P = \frac{\gamma g H Q}{746(0.75)}$$

$$P = \frac{(1000 \text{ kg/m}^3)(9.81 \text{ m/s}^2)(231 \text{ m})(0.00075 \text{ m}^3)}{746(0.75)} = 3.03 \text{ hp}$$

De acuerdo al resultado de la carga dinámica cuyo valor es de 231 m y el caudal requerido estimado en 0.58 l/s y 0.75 l/s, se procedió a seleccionar las bombas tomando en consideración su curva de rendimiento la cual se presenta en la ilustración 14 y 15 resultando que las bombas requeridas tendrán una potencia real de 2 hp y 5 hp, altura manométrica de 231 m y 234 m y caudal de 0.58 l/s y 0.94 l/s que correspondientes al modelo Franklin Electric FPS- Trise rial 4400.

➤ Dimensionamiento del cárcamo de bombeo

Para el dimensionamiento del cárcamo de bombeo se tomó en cuenta los criterios de diseño presentes en la norma NTON 09 007-19, p.19, la cual establece un volumen suficiente para un bombeo de 20 minutos a caudal máximo, que en el

presente caso corresponde a 0.00075 m³/s obteniéndose un volumen de 0.9 m³ calculados con la **ecuación 24** como se presenta a continuación:

$$V = Q \times T$$

$$V = 0.00075 \text{ m}^3/\text{s} \times 20 \text{ min} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}}$$

$$V = 0.90 \text{ m}^3$$

Seguidamente la mencionada norma establece 1 m de altura útil por encima del nivel de sumergencia, por lo que teniendo en cuenta este valor y considerando el volumen de 0.90 m³ antes calculado se obtiene un área en la base del cárcamo de 0.90 m² calculado con la **ecuación 25** como se muestra a continuación:

$$A = \frac{V}{H}$$

$$A = \frac{0.90 \text{ m}^3}{1 \text{ m}}$$

$$A = 0.90 \text{ m}^2$$

Así mismo para determinar el largo y ancho de la base se adoptó una forma cuadrada donde el largo y ancho de la base tienen el mismo valor, siendo que se conoce el área de la base se encontró que tanto el ancho como el largo fueron de 0.95 m calculado con la **ecuación 26** como a continuación se presenta:

$$L, B = \sqrt{A}$$

$$L, B = \sqrt{0.90 \text{ m}^2}$$

$$L, B = 0.95 \text{ m}$$

Finalmente, el volumen útil de bombeo teniendo en cuenta un cárcamo con una base con longitud L= 0.95 m, y ancho B=0.95 m y Altura H= 1 m se obtuvo un volumen útil de 0.9025 m³ calculado en base a la **ecuación 27** a continuación se presentan los cálculos:

$$V = L \times B \times H$$

$$V = 0.95 \text{ m} \times 0.95 \text{ m} \times 1 \text{ m}$$

$$V = 0.95 \text{ m}^3$$

Así mismo se adoptó una sumergencia de 6 m para bombas sumergibles por lo que el volumen del cárcamo para la sumergencia de la bomba fue de 5.42 m^3 calculado con la **ecuación 27**, a continuación, se presentan los cálculos

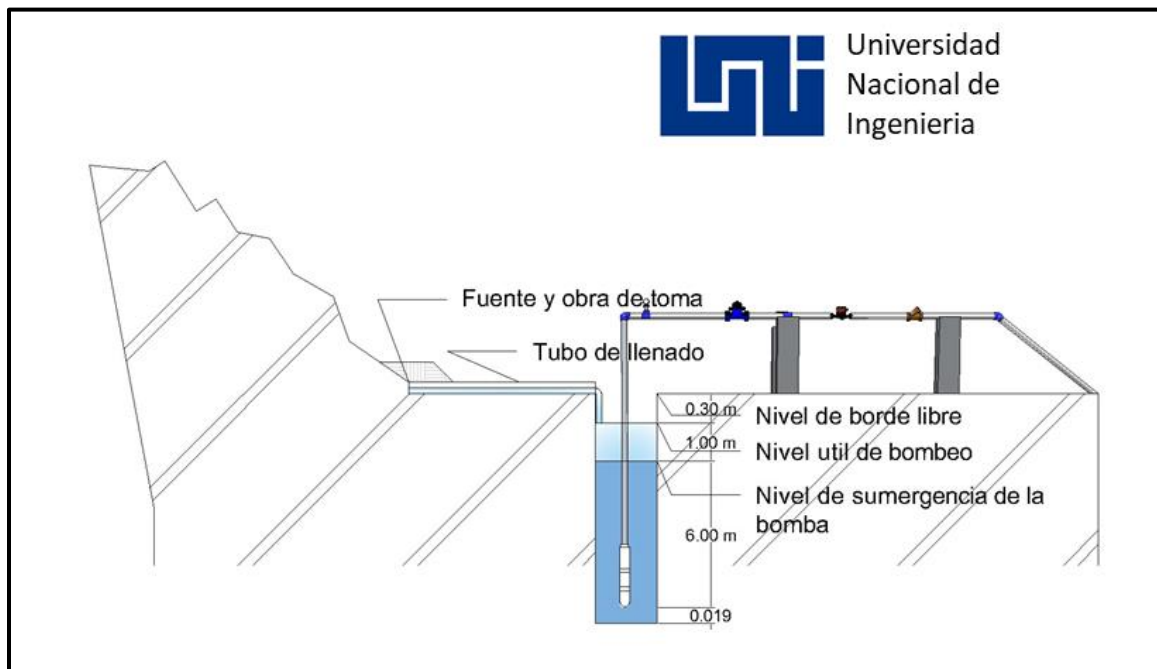
$$V = L \times B \times H$$

$$V = 0.95 \text{ m} \times 0.95 \text{ m} \times 6 \text{ m}$$

$$V = 5.42 \text{ m}^3$$

Tomando en cuenta el volumen por encima del nivel de sumergencia y el volumen de sumergencia el volumen total del cárcamo será de 6.37 m^3 con un borde libre de 0.30 m a continuación se presenta las características del cárcamo.

Ilustración 13: Esquema del cárcamo de bombeo



Fuente: Elaboración propia

Al iniciar el bombeo con un caudal de 0.75 l/s también se produce un aporte de la fuente de 0.66 l/s , por lo que se produce una disminución del nivel del cárcamo de

una tasa de 0.09 l/s, en la tabla 12 se presenta el abatimiento del cárcamo el cual tiene un nivel útil de 1 m, que es el máximo abatimiento posible, dado que bajo el nivel de 1 m se encuentran 6 m de nivel de sumergencia de la bomba que deben mantenerse para el buen funcionamiento de la misma. La columna de agua de 1 m llega a su valor mínimo en un tiempo de 50 min momento en que la bomba se apaga.

Tabla 13: Abatimiento del cárcamo con extracción de 0.09 l/s

T (min)	H (m)	V (m3) Inicial	ΔH	V (m3) Abatimiento
0	1	0.81	0	0
10	0.93	0.756	0.07	0.054
20	0.80	0.648	0.13	0.108
30	0.60	0.486	0.20	0.162
40	0.33	0.27	0.27	0.216
50	0.00	0	0.33	0.27

Fuente: Elaboración propia

Una vez que la bomba se apaga cuando el cárcamo se ha abatido 1 m el aporte de la fuente continua y el nivel comienza a recuperarse como se muestra en la tabla 14, alcanzando el nivel máximo de recuperación a los 20.5 min momento en que la bomba inicia su arranque nuevamente completándose el ciclo de encendido y apagado de la bomba.

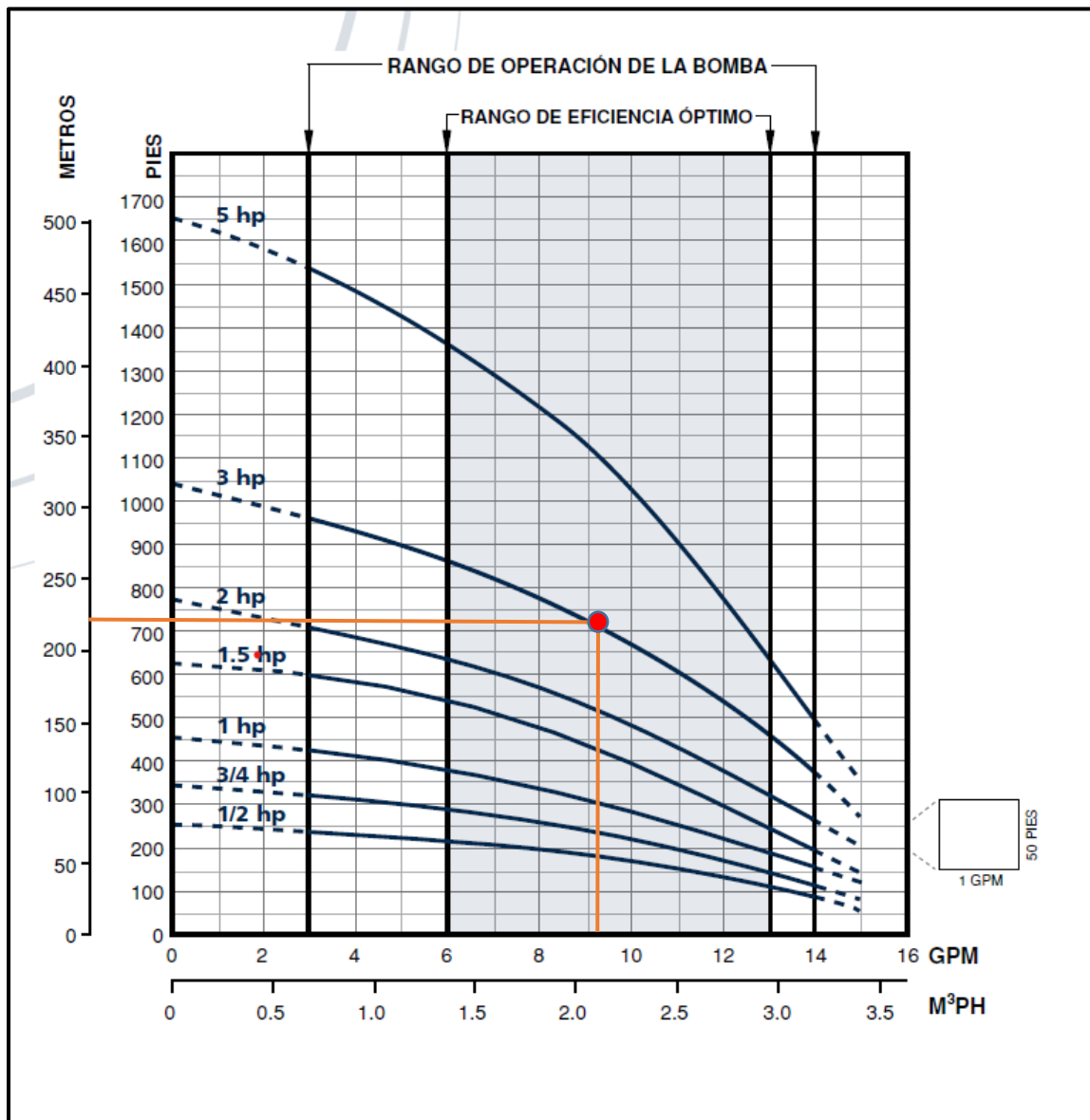
Tabla 14: Llenado del cárcamo con aporte de 0.66 l/s

T/(min)	H (m)	V/m3	$\Delta H/m$	Aporte V(m3)
0	0	0	0	0
10	0.49	0.40	0.49	0.396
20	0.98	0.79	0.98	0.792
20.5	1.00	0.81	1.00	0.8118

Fuente: Elaboración propia

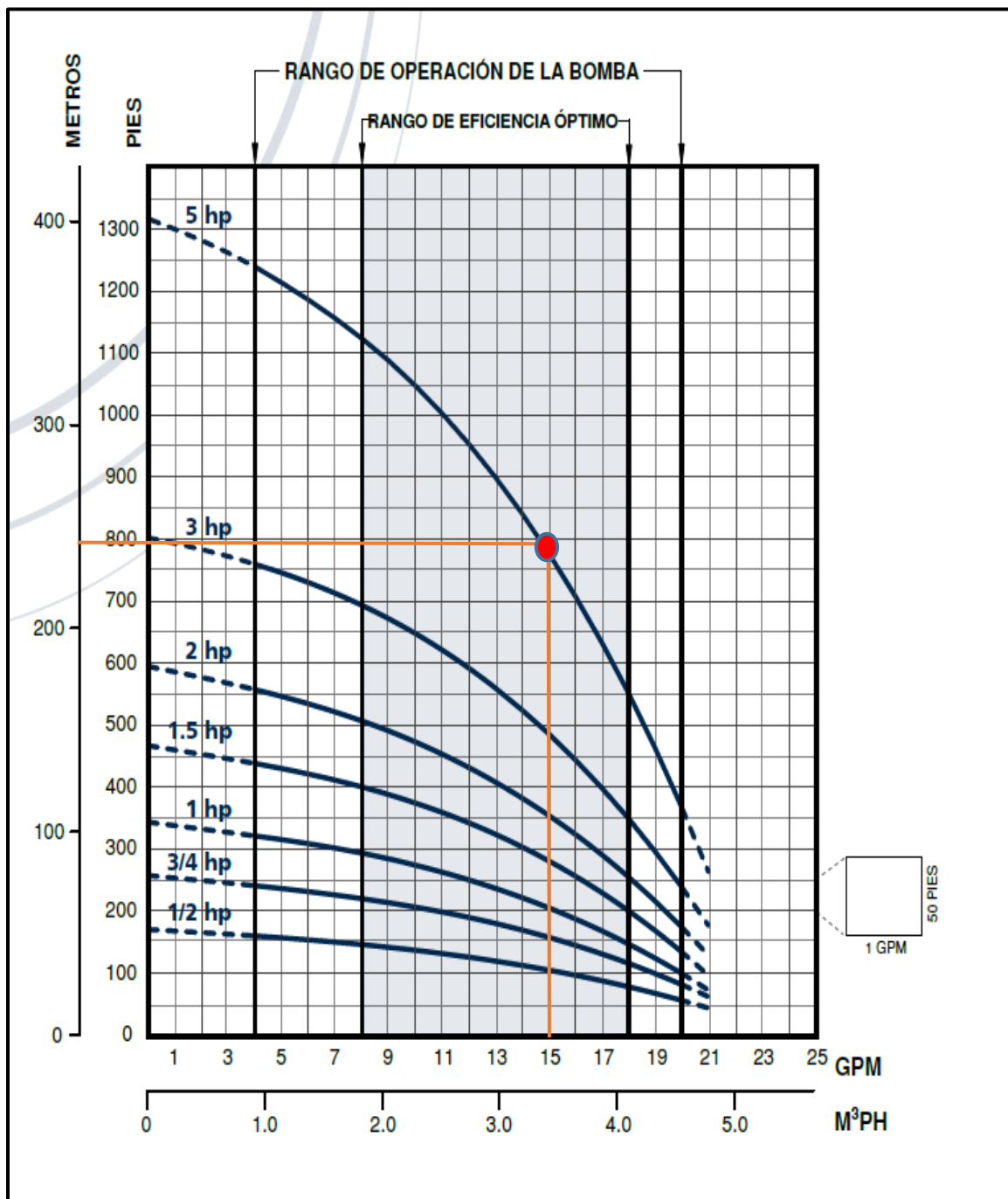
Teniendo en cuenta que el cárcamo tiene un abatimiento de 1 m en 50 min y una recuperación del nivel a los 20.5 min, un ciclo entre el apagado y encendido de la bomba tiene una duración de 70.5 min. Debido a que se requiere bombear 16 h equivalentes a 960 min y un ciclo de bombeo tiene 70.5 min, en el cual la bomba permanece encendida 50 min se requerirán 19 ciclos lo que equivale a 22.32 h, tiempo en el cual hay un funcionamiento efectivo de la bomba de 16 h

Ilustración 14: Curva de rendimiento bomba comercial 2 hp



Fuente: Catalogo Franklin Electric

Ilustración 15: Curva de rendimiento de la bomba comercial 5 hp



Fuente: Catalogo Franklin Electric

4.4.5. Almacenamiento

➤ Volumen del tanque

Para conocer la capacidad del tanque Según MIFIC (2019, pág. 35) se utiliza un 25% del consumo promedio diario, más las pérdidas en el sistema como volumen compensador y el 15% del consumo promedio diario como volumen de reserva.

Por tanto, aplicando 16 horas de bombeo con un caudal 0.30 l/s más las pérdidas de 0.045 l/s equivalentes a 1.24 m³/h aplicando la **ecuación 28** se encontraron los siguientes resultados.

$$V_{compensador} = 1.24m^3/h \times 16h\left(\frac{25}{100}\right)$$

$$V_{compensador} = 4.96 m^3$$

El siguiente cálculo en base a la **ecuación 29** para el volumen de reserva

$$V_{de reserva} = 1.24m^3/h \times 16h\left(\frac{15}{100}\right)$$

$$V_{compensador} = 2.98 m^3$$

Por tanto, según los resultados anteriores el volumen total del tanque de almacenamiento para la comunidad será de 7.94 m³ calculados con la **ecuación 30**, como se muestra a continuación:

$$V_{del tanque} = volumen_{compensador} + volumen_{de reserva}$$

$$V_{del tanque} = 4.96 m^3 + 2.97 m^3 = 7.93 m^3$$

➤ Cota del tanque

De acuerdo a los cálculos hidráulicos la cota necesaria para cumplir con las presiones que recomienda la norma es de 1105.643 msnm.

➤ Tipo de tanque

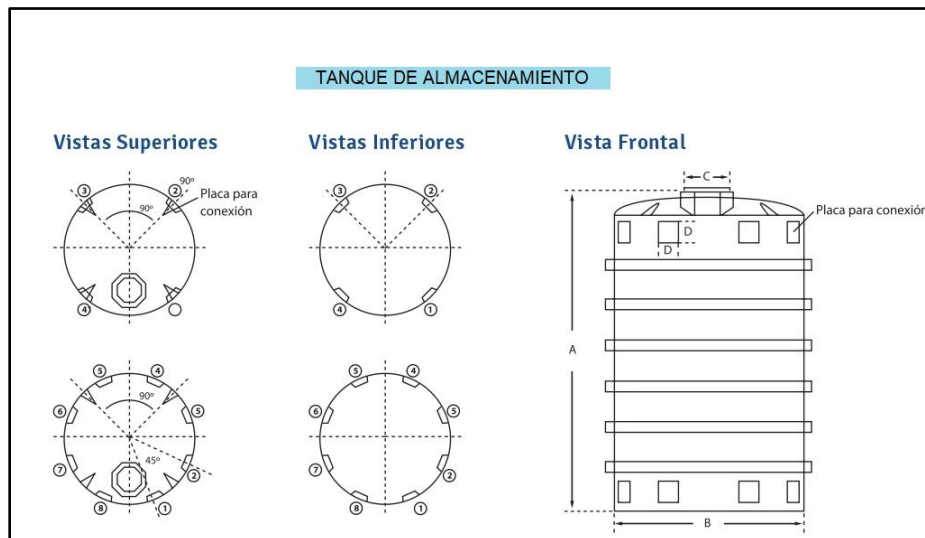
Se decidió utilizar un tanque de polietileno de alta densidad, ya que es más fácil su instalación y esta se realiza en menor tiempo, además de tener resistencia a la corrosión y resistente a la intemperie.

Tabla 15: Especificaciones del tanque de almacenamiento

Especificaciones	
Descripción	Tanque Bicapa-10000 lts
Altura	3.1m
Diámetro	2.2m
Diámetro de la tapa	0.45
Peso	200Kg

Fuente: Rotoplas

Ilustración 16: Vistas tanque de almacenamiento



Fuente: Rotoplas

4.4.6. Desinfección

La desinfección se hará con hipoclorito de sodio, y se tomó como criterio para la desinfección del agua 1kg de cloro por 8.2 l/s de caudal.

➤ Capacidad de cloro

Para calcular la capacidad de cloración se utilizó la **ecuación 31**

De acuerdo a las características de la estación de bombeo y el caudal de 0.50 l/s, se aplicará diariamente durante las 16 horas de bombeo, 0.062 kg/día lo que

corresponde a una capacidad requerida de diseño de 1.40 ml/l, como se describe a continuación:

$$c_a = \frac{(28.8m^3/dia)(2.17)}{1000} = 0.062kg/d$$

➤ **Cantidad de hipoclorito de sodio**

Hipoclorito de sodio 12 % = 62 mg/día /120 mg = 0.52 l-cloro/día

Hipoclorito de sodio 2% = 0.52 l-cloro-día*0.12/0.02= 3.12 l

➤ **Aplicación de cloro**

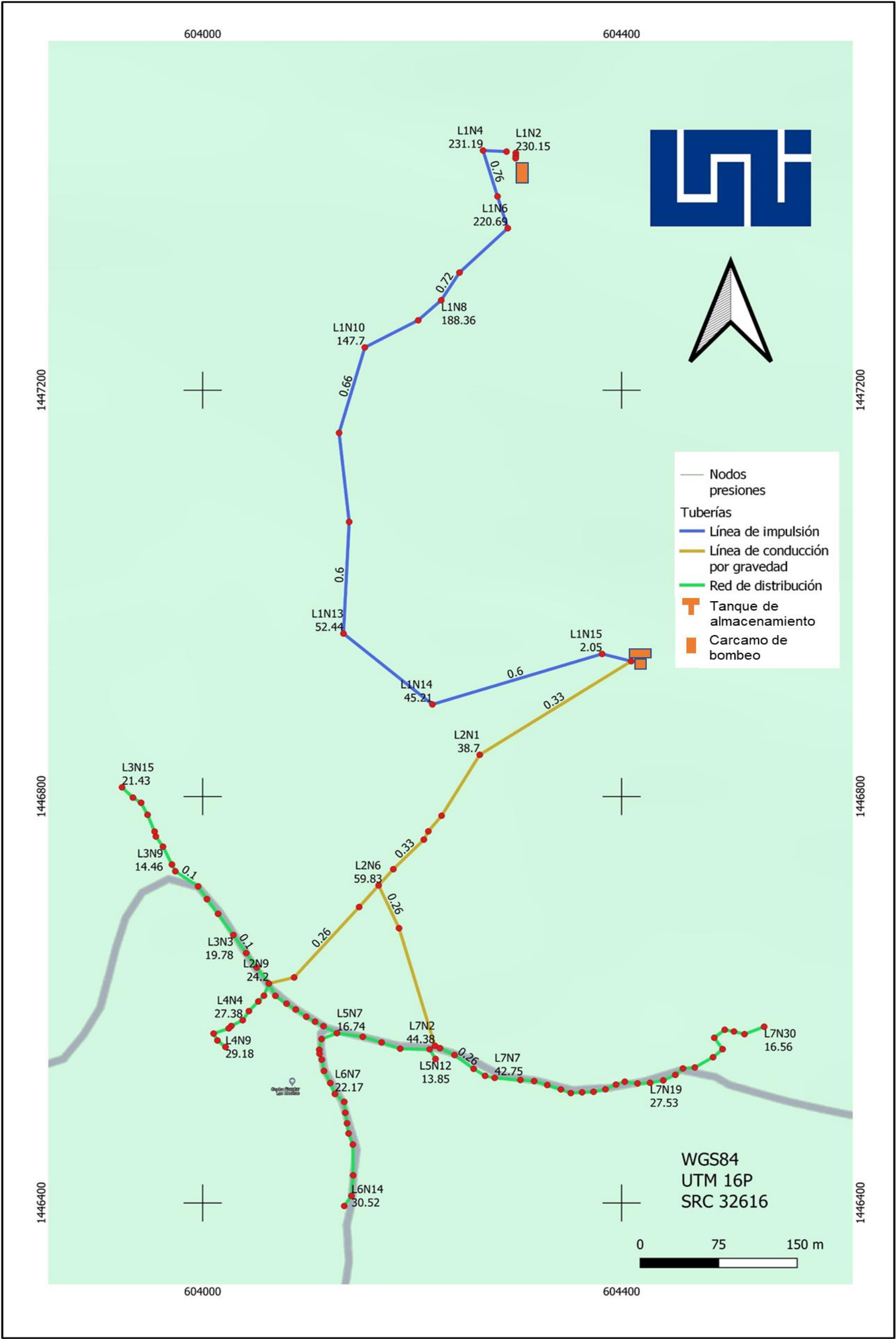
El proceso se hará en el tanque aplicando el método de desinfección por goteo, aplicando 3.12 litros de cloro diluido por día.

4.4.7. Simulación hidráulica

La topología de la red de distribución y línea de conducción del MABE Las Mesitas se presenta en la ilustración 17 observándose que corresponde a una red abierta con una longitud total de 2549.91 m diseñada con tuberías de 1 ½ in en la línea de conducción y 1 ½ in en la línea de distribución.

A continuación, se describen las características hidráulicas y geométricas de la línea de conducción y la red de distribución la cual fue dividida en 5 tramos de acuerdo a la ubicación de las viviendas y las vías de acceso a las mismas.

Ilustración 17: Topología del MABE las mesitas



Fuente: Elaboración propia

➤ Línea de impulsión

La línea de conducción por bombeo se simuló con los diámetros de tubería y longitudes que se presentan en la tabla 16, las cuales soportaran una carga dinámica total de 231 m, necesaria para impulsar el flujo desde la fuente hasta el tanque de almacenamiento, el cual se encuentra a una distancia de 927.38 m.

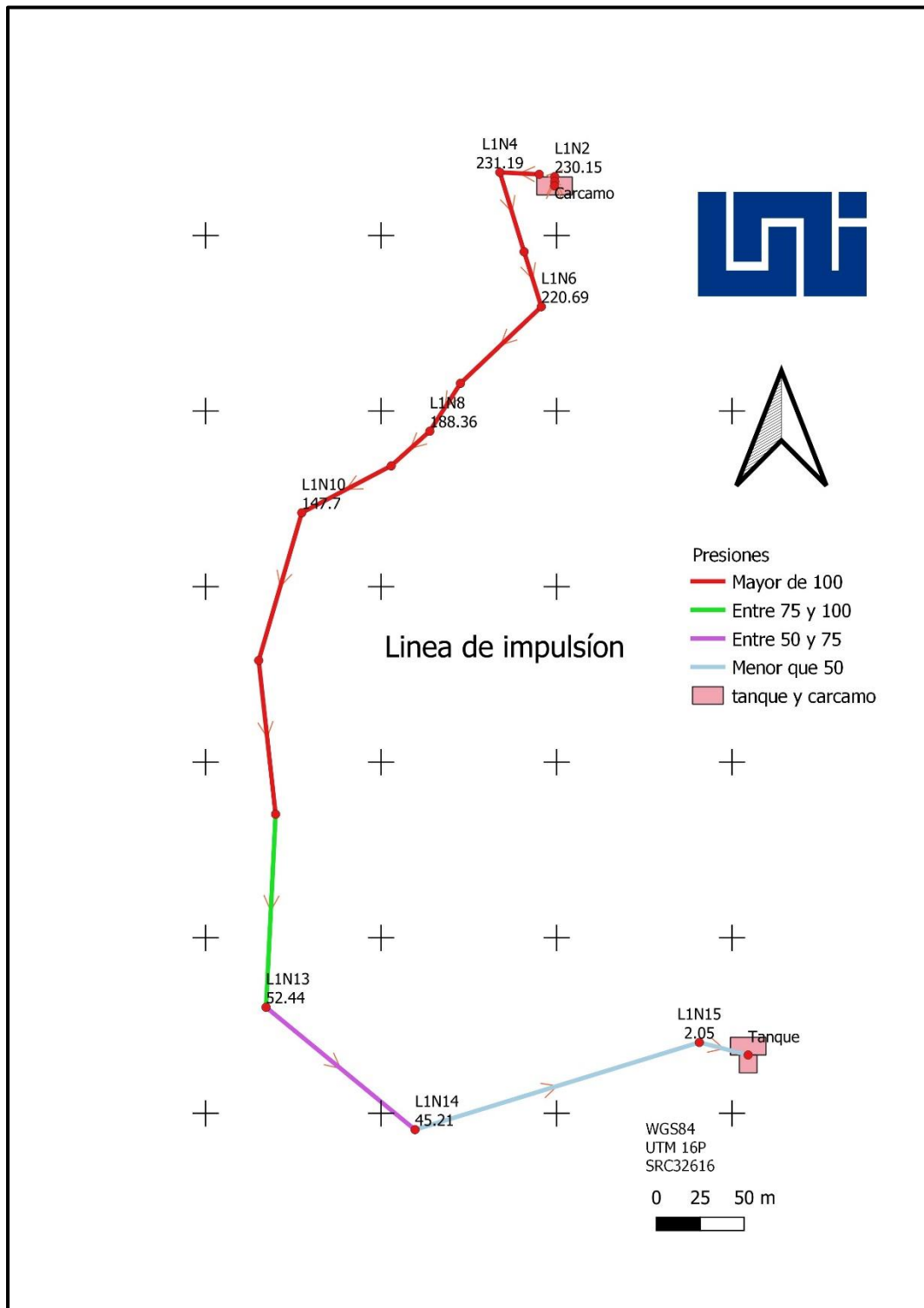
Tabla 16: Tipos de tubería en la línea de impulsión

Línea de impulsión		
Tubería	Diámetro nominal	Longitud
	(in)	(m)
HG Clase 40	3"	7.3
HG Clase 41	2"	6
PVC SDR 11	2"	172.168
PVC SDR 13.5	2"	130.43
PVC SDR 17	2"	193.68
PVC SDR 26	2"	417.8
	Longitud total	927.38

Fuente: Elaboración propia

La topología de la línea de conducción desde la fuente al tanque de almacenamiento se presenta en la ilustración 18, en ella se encuentran las presiones y velocidades de flujo, observándose las mayores presiones en la columna de bombeo y la sarta las cuales disminuyen en dirección al tanque a medida que la línea piezométrica se acerca a las cotas del terreno natural.

Ilustración 18: Topología de línea de impulsión por bombeo



Fuente: Elaboración propia

El caudal que se transporta es de 0.95 l/s el cual es ligeramente superior al caudal de bombeo cuyo valor es de 0.75 l/s. El poco incremento del caudal de bombeo (Qb) se debe a la bomba seleccionada, la cual es una Fanklin Electric FPS 400 TRI- Serial de 15 GPM, con una potencia de 5 hp.

La velocidad media de flujo en la línea de impulsión es de 0.69 m/s, La cual está dentro del rango recomendado por la norma (0.60m/s-1.5m/s). Las características hidráulicas y geometría de la tubería se presentan en la tabla 17.

Tabla 17: Longitud, diámetros y parámetros hidráulicos de la tubería

Linea de impulsión						
ID Tubería	Longitud	Diámetro interno	Rugosidad	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.
	(m)	(mm)		(L/S)	(m/s)	(m/km)
L1P2	6	40.94	130	0.94	0.71	51.99
L1P3	25.478	39.6	150	0.94	0.76	16.71
L1P4	47.39	39.6	150	0.94	0.76	16.71
L1P5	33.32	39.6	150	0.94	0.76	16.71
L1P6	65.98	39.6	150	0.94	0.76	16.71
L1P7	34.79	40.9	150	0.94	0.72	14.28
L1P8	33.33	40.9	150	0.94	0.72	14.28
L1P9	62.31	40.9	150	0.94	0.72	14.28
L1P10	95.37	42.6	150	0.94	0.66	11.71
L1P11	98.31	42.6	150	0.94	0.66	11.71
L1P12	110.6	44.6	150	0.94	0.6	9.36
L1P13	110	44.6	150	0.94	0.6	9.36
L1P14	192.2	44.6	150	0.94	0.6	9.36

Fuente: Elaboración propia

En la línea de impulsión la máxima presión fue de 231.19 m y corresponde a la carga dinámica total de la línea, la presión mínima se presentó en el tanque de almacenamiento con un valor de 2.05 m. Las alturas piezométricas, cotas del terreno y presiones se presentan en la tabla 18.

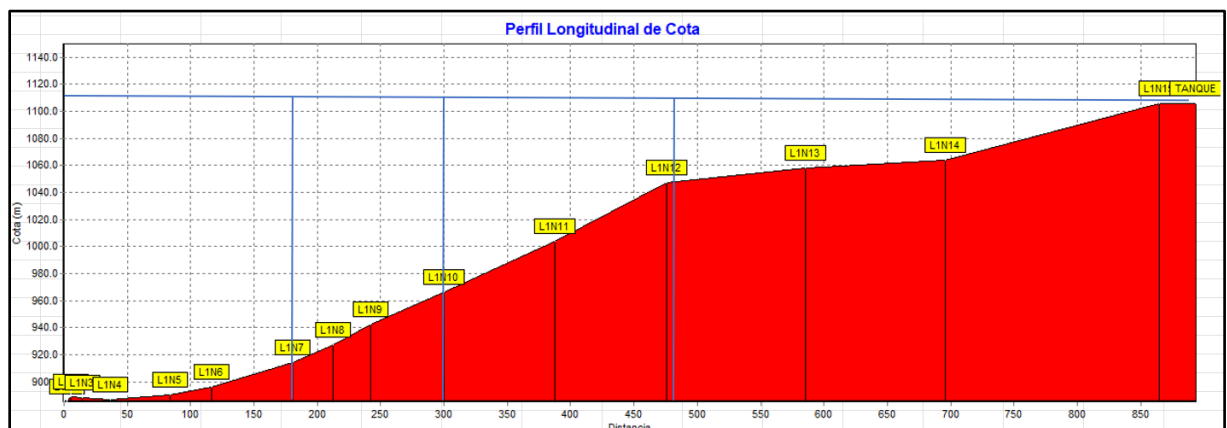
Tabla 18: Cotas y presiones de la tubería

Línea de impulsión			
ID Nodo	Cota	Altura	Presión
	(m)	(m)	(m)
L1N2	888.68	1118.84	230.16
L1N3	888.36	1118.53	230.17
L1N4	886.91	1118.1	231.19
L1N5	890.12	1117.31	227.19
L1N6	896.06	1116.75	220.69
L1N7	914.1	1115.65	201.55
L1N8	926.8	1115.15	188.36
L1N9	942.2	1114.68	172.48
L1N10	966.09	1113.79	147.7
L1N11	1003.71	1112.67	108.96
L1N12	1047.36	1111.52	64.16
L1N13	1058.05	1110.49	52.44
L1N14	1064.25	1109.46	45.21
L1N15	1105.61	1107.66	2.05

Fuente: Elaboración propia

El perfil del terreno natural donde fue instalada la línea de impulsión se presenta en la ilustración 19, se observa una pendiente positiva gradual seguida de una zona plana que culmina con una pendiente positiva en el tanque de almacenamiento. En el perfil se incluye el trazado de la línea piezométrica y las alturas que sirvieron para seleccionar las cedulas de las tuberías empleadas.

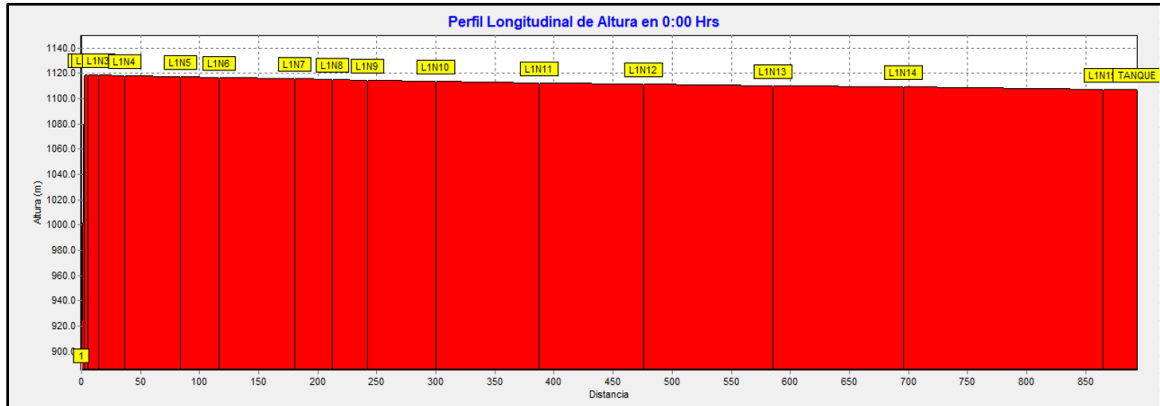
Ilustración 19: Perfil del terreno natural línea de impulsión por bombeo



Fuente: Elaboración propia

En la ilustración 20 se presenta la altura piezométrica la cual tiene una gradiente pequeña que corresponde a 0.0019 m/m.

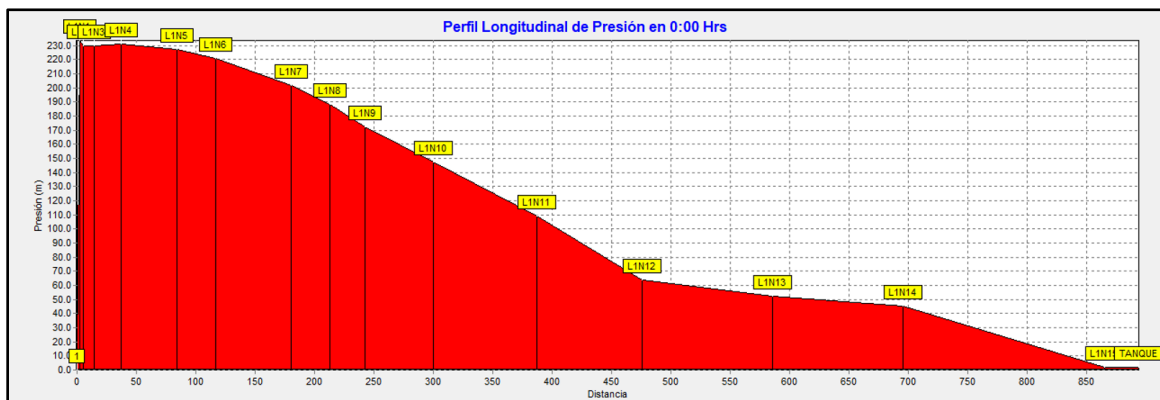
Ilustración 20: Perfil longitudinal de altura línea de impulsión por bombeo



Fuente: Elaboración propia

La ilustración 21 presenta el perfil de presiones siendo la mayor en la columna de bombeo y corresponde a la CDT de 231 m la cual disminuye a lo largo de la tubería en la medida que ocurren las pérdidas por fricción y las cotas del terreno natural aumentan y se acercan a la línea piezométrica, por tanto, la menor presión se presenta en el tanque de almacenamiento con un valor de 2.05 m

Ilustración 21: Perfil de presiones línea de impulsión por bombeo



Fuente: Elaboración propia

➤ **Línea de conducción por gravedad Tanque – Red**

La línea de conducción por gravedad o línea de alimentación tanque – red se simuló con los diámetros de tubería y longitudes que se presentan en la tabla 18. La tubería de 2" SDR 26 con una longitud de 328.16m conduce el caudal del consumo máximo horario 0.80 l/s hasta el nodo L2N6, a partir del cual la tubería se bifurca en dos tuberías de 1.5" para luego reducir la presión con dos válvulas reguladoras de presión (VRP) para posteriormente conectarse a la red en dos puntos diferentes que corresponden a los nodos L2N9 y L7N2 respectivamente como se observa en la ilustración 8.

Por lo anterior a partir del nodo L2N9 la red abastece la zona con relieve más bajo de la comunidad al oeste de la misma, mientras que a partir del nodo L7N2 en dirección este del caserío se abastece la zona más alta.

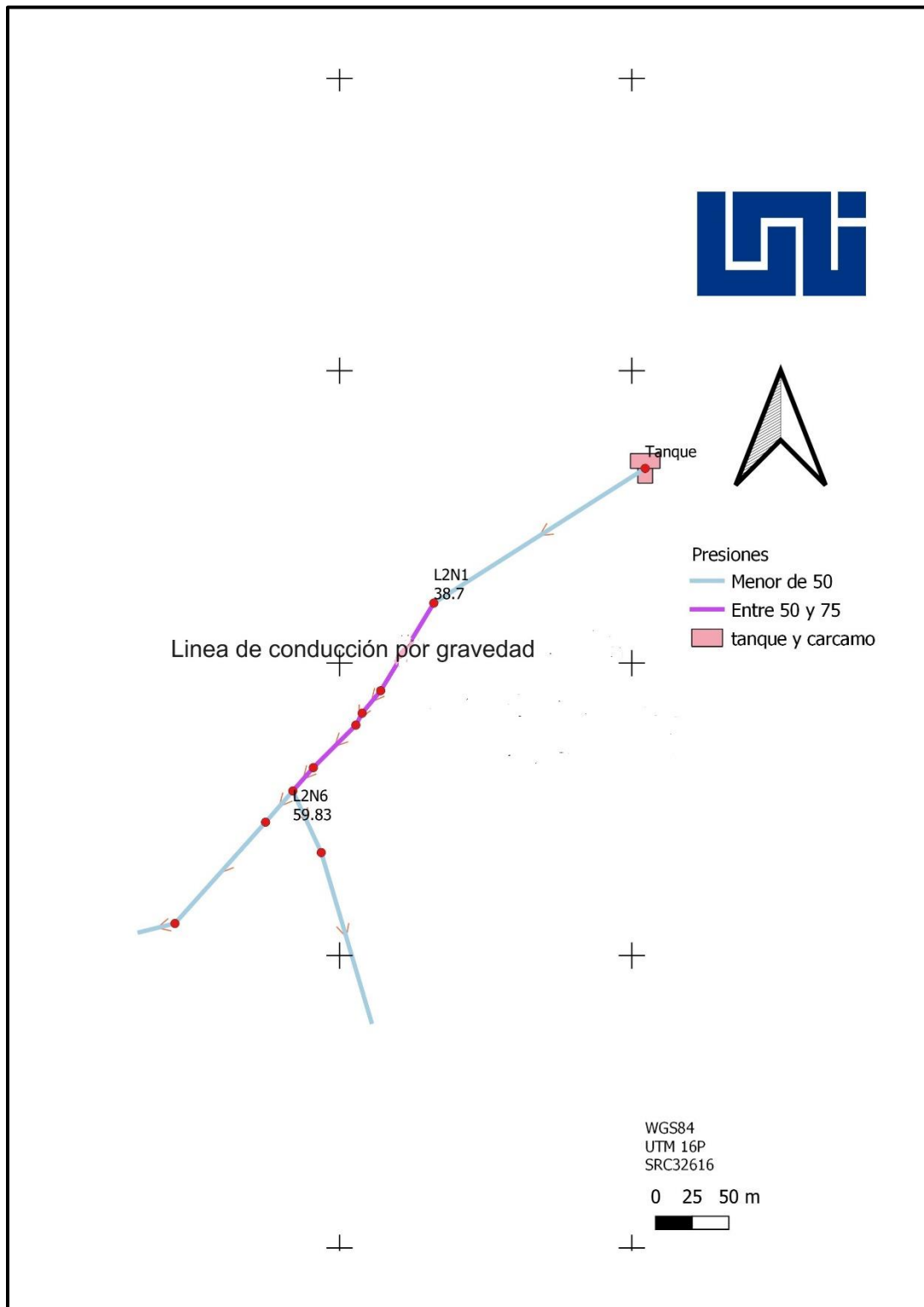
Tabla 19: Diámetros y longitudes de línea de conducción por gravedad

Línea de conducción por gravedad		
Tubería	Diámetro nominal	Longitud
	(in)	(m)
PVC SDR 26	2"	328.16
PVC SDR 26	1 ½"	148.32
		476.48

Fuente: Elaboración propia

La topología de la línea de conducción por gravedad o línea de abastecimiento tanque – red, se presenta en la ilustración 22, en ella se describen las presiones y velocidades de flujo.

Ilustración 22: Topología de línea de conducción por gravedad



Fuente: Elaboración propia

La velocidad de flujo en la línea de conducción con diámetro de 2" hasta el nodo L2P6 fue de 0.33 m/s, la cual es inferior a la norma cuyas velocidades recomendadas oscilan entre los 0.40 m/s y 2 m/s. las velocidades de flujo en la tubería de 1.5" fueron de 0.26 m/s que igual que la anterior es inferior a la norma lo y se debe al uso del diámetro mínimo de 2" y 1.5" que también recomienda la norma. Para mitigar los efectos de una baja velocidad se colocarán válvulas de limpieza.

Las pérdidas de carga fueron de 0.0024 m/m y corresponde a la baja velocidad de flujo. Las características hidráulicas y geometría de la tubería se presentan en la tabla 20.

Tabla 20: Longitud, diámetros y parámetros hidráulicos de la tubería

Línea de conducción por gravedad						
ID Tubería	Longitud	Diámetro interno	Rugosidad	Caudal	Velocidad	Perd.unit
	(m)	(mm)		(l/s)	(m/s)	(m/km)
L2P2	71.42	55.7	150	0.81	0.33	2.41
L2P3	20.14	55.7	150	0.81	0.33	2.41
L2P4	9.224	55.7	150	0.81	0.33	2.41
L2P5	41.31	55.7	150	0.81	0.33	2.4
L2P6	21.27	55.7	150	0.81	0.33	2.41
L2P7	122.6	44.6	150	0.41	0.26	2.01
L2P8	25.72	44.6	150	0.41	0.26	2.01
L2P1	164.8	55.7	150	0.81	0.33	2.41

Fuente: Elaboración propia

En la línea de conducción por gravedad o línea de abastecimiento tanque – red, la máxima presión fue de 59.83 m en el nodo L2N6 y corresponde a la carga estática, a partir del mencionado nodo se instalaron dos válvulas reguladoras de presión (ilustración 21) reduciendo la presión en un ramal en el nodo L2N7 hasta 25 m y en el otro ramal en el nodo L7N1 hasta 45 m. Las alturas piezométricas, cotas del terreno y presiones se presentan en la tabla 21.

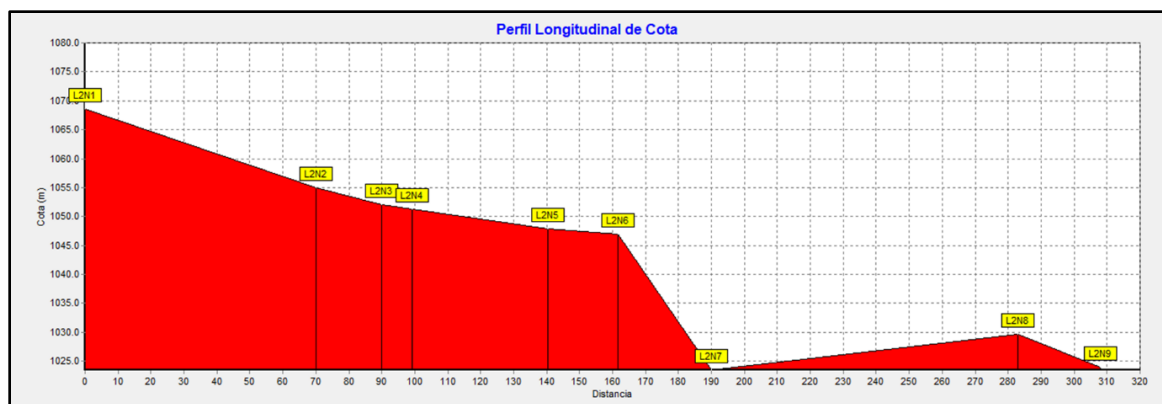
Tabla 21: Cotas y presiones de la tubería

Línea de conducción por gravedad			
ID Nodo	Cota	Altura	Presión
	(m)	(m)	(m)
L2N1	1068.51	1107.21	38.7
L2N2	1055.03	1107.04	52.01
L2N3	1052.04	1106.99	54.95
L2N4	1051.24	1106.97	55.73
L2N5	1047.9	1106.87	58.97
L2N6	1046.99	1106.82	59.83
L2N8	1029.73	1048.23	18.5
L2N9	1023.98	1048.18	24.2
L2N7	1023.48	1048.48	25
L7N1	1034.62	1079.62	45

Fuente: Elaboración propia

El perfil del terreno natural donde fue instalada la línea de conducción por gravedad o línea de alimentación tanque -red se presenta en la ilustración 23, la diferencia de la cota máxima y mínima fue de 81.63 m, se observa una pendiente negativa gradual seguida de una pendiente muy grande, luego continua una pendiente positiva gradual y termina con una corta pendiente negativa en la red de distribución.

Ilustración 23: Perfil del terreno natural línea de conducción por gravedad

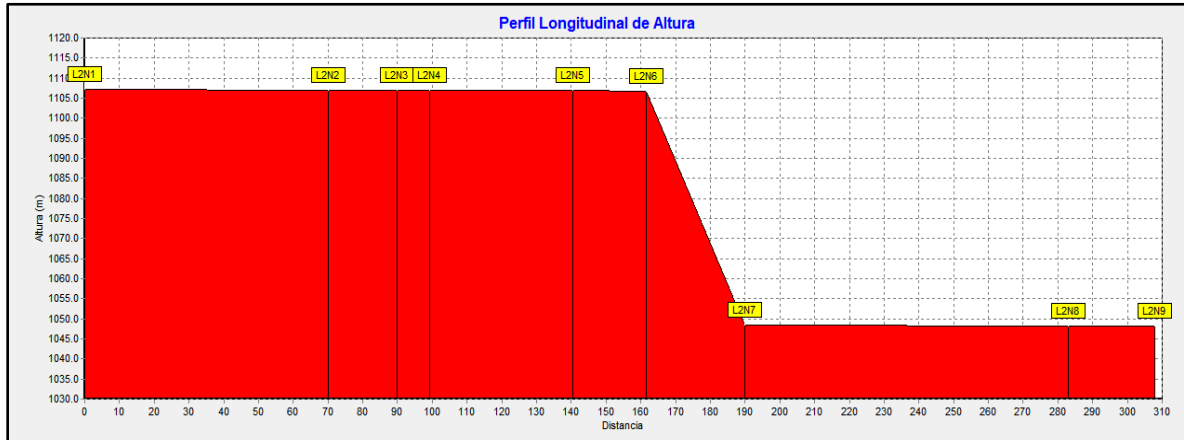


Fuente: Elaboración propia

En la ilustración 24 se presenta la altura piezométrica la cual tiene una gradiente de 0.00241 m/m hasta el nodo L2N6 a partir de este nodo se instalaron válvulas

reductoras de presión cuyo efecto se observa en el nodo L2N7 a partir del cual la gradiente piezométrica cambia 0.00201 m/m

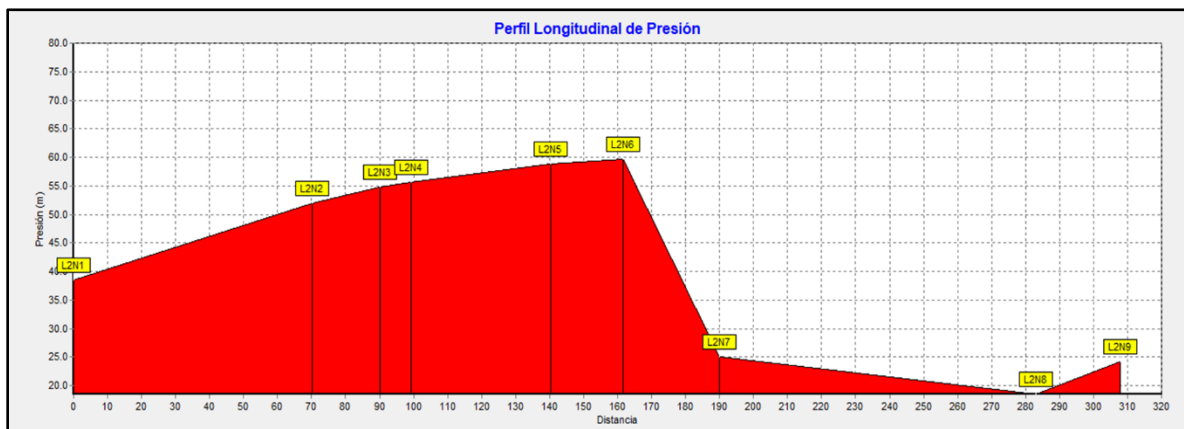
Ilustración 24: Perfil de línea piezométrica línea de conducción por gravedad



Fuente: Elaboración propia

La ilustración 25 presenta el perfil de presiones de la línea de conducción por gravedad o abastecimiento tanque-red siendo la mayor en el nodo L2N6 correspondiente a 59.83 m, la cual disminuye luego de colocar válvulas reductoras de presión hasta 25 m. La menor presión se presenta en el nodo L2N8 con un valor de 18.5 m, en este punto la línea se conecta a la red de distribución.

Ilustración 25: Perfil longitudinal de presiones línea de conducción por gravedad



Fuente: Elaboración propia

➤ **Red de distribución tramo 1**

La red de distribución L3 se simuló con los diámetros de tubería y longitudes que se presentan en la tabla 22, en la ilustración 26 se presenta la topología de la red a la cual se conectan las tomas domiciliarias, esta red con diámetro de 1.5" tiene una longitud de 242.687 m.

Tabla 22: Diámetros y longitudes de red de distribución tramo 1

Red de distribución tramo 1		
Tubería	Diámetro nominal	Longitud
	(in)	(m)
PVC SDR 26	1 ½"	242.687

Fuente: Elaboración propia

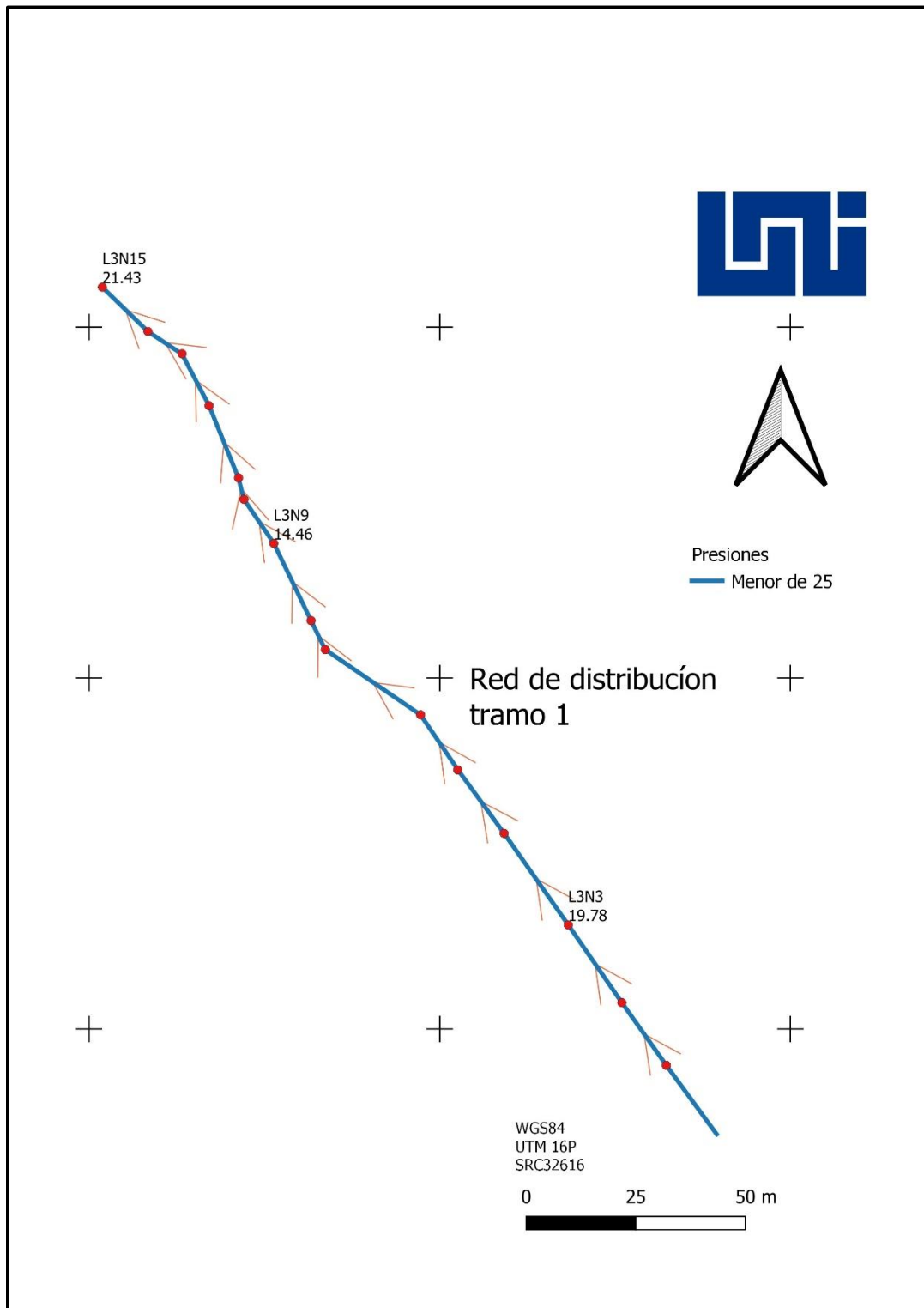
La topología de la red de distribución hasta las tomas domiciliarias se presenta en la ilustración 26, en ella se encuentran las presiones y velocidades de flujo, observándose presiones mínimas en toda la tubería.

La velocidad media de flujo en el tramo 1 es de 0.1 m/s. las pérdidas de carga en la red oscilaron entre 0.00031 m/m y 0.00032 m/m, lo cual se debe a las bajas velocidades en la tubería. Las características hidráulicas y geometría de la tubería se presentan en la tabla 23.

En la red de distribución tramo 1 la máxima presión fue de 22.76 m y la presión mínima fue de 14.46 m, ambas presiones cumplen con lo establecido en la norma cuyos valores recomendados oscilan entre 5 y 50 m. Las alturas cotas del terreno y presiones se presentan en la tabla 24.

El perfil del terreno natural donde fue instalada la red de distribución tramo 1 se presenta en la ilustración 27, se observa una colina con pendiente gradual positiva hasta el nodo L3N9 seguida de una pendiente negativa pronunciada hasta el nodo L3N15.

Ilustración 26: Topología de la red de distribución tramo 1



Fuente: Elaboración propia

Tabla 23: Longitud, diámetros y parámetros hidráulicos de la tubería

Red de distribución tramo 1						
ID Tubería	Longitud	Diametro interno	Rugosidad	Caudal	Velocidad	Perd.unit
	(m)	(mm)		(l/s)	(m/s)	(m/km)
L3P1	19.03	44.6	150	0.15	0.1	0.31
L3P2	17.57	44.6	150	0.15	0.1	0.31
L3P3	21.58	44.6	150	0.15	0.1	0.31
L3P4	25.55	44.6	150	0.15	0.1	0.31
L3P5	17.96	44.6	150	0.15	0.1	0.31
L3P6	15.17	44.6	150	0.15	0.1	0.31
L3P7	26.35	44.6	150	0.15	0.1	0.31
L3P8	7.382	44.6	150	0.15	0.1	0.31
L3P9	19.54	44.6	150	0.15	0.1	0.31
L3P10	12.15	44.6	150	0.15	0.1	0.32
L3P11	5.051	44.6	150	0.15	0.1	0.31
L3P12	17.82	44.6	150	0.15	0.1	0.31
L3P13	13.44	44.6	150	0.15	0.1	0.31
L3P14	9.429	44.6	150	0.15	0.1	0.32
L3P15	14.66	44.6	150	0.15	0.1	0.31

Fuente: Elaboración propia

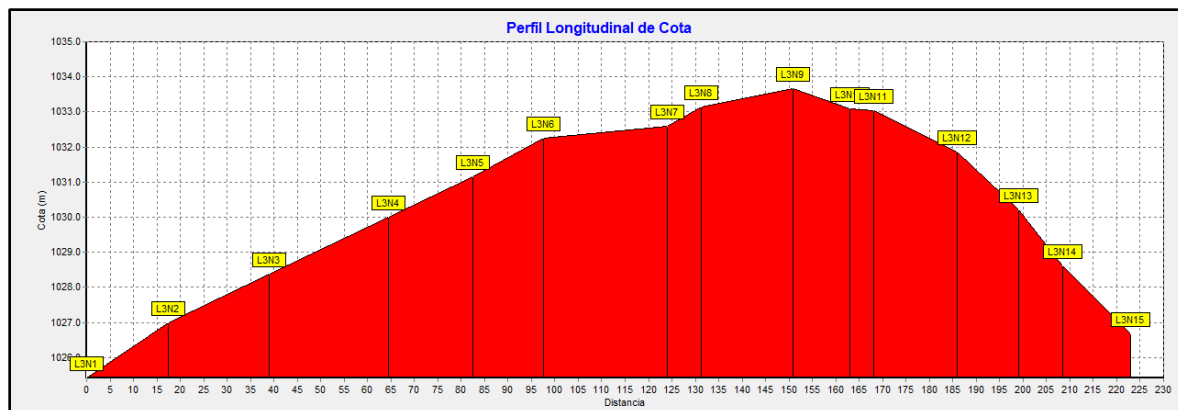
Tabla 24: Tabla de cotas y presiones de la tubería

Red de distribución tramo 1		
ID Nodo	Cota	Presión
	(m)	(m)
L3N1	1025.42	22.76
L3N2	1026.99	21.18
L3N3	1028.38	19.78
L3N4	1030	18.16
L3N5	1031.14	17.01
L3N6	1032.25	15.89
L3N7	1032.6	15.53
L3N8	1033.14	15
L3N9	1033.67	14.46
L3N10	1033.08	15.04
L3N11	1033.03	15.1
L3N12	1031.86	16.26
L3N13	1030.2	17.91

Red de distribución tramo 1		
ID Nodo	Cota	Presión
	(m)	(m)
L3N14	1028.62	19.49
L3N15	1026.68	21.43

Fuente: Elaboración propia

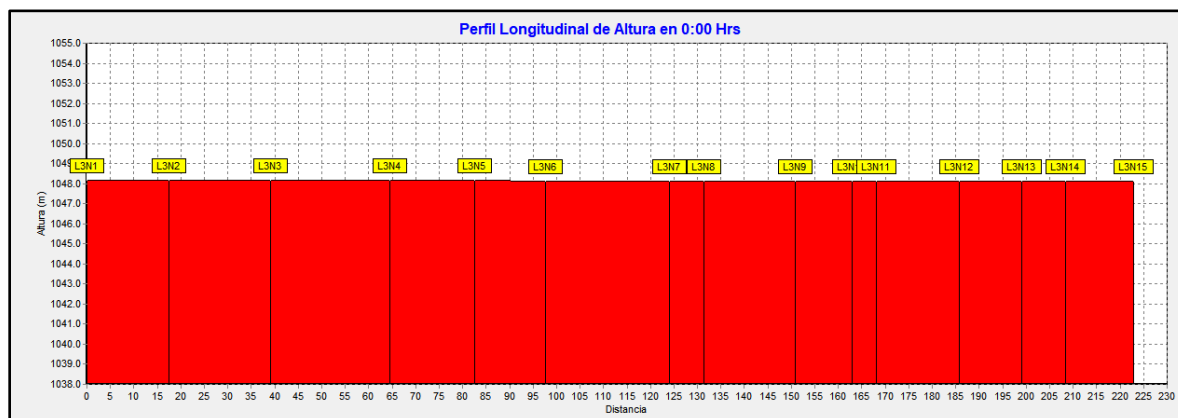
Ilustración 27: Perfil del terreno natural tramo 1



Fuente: Elaboración propia

En la ilustración 28 se presenta la altura piezométrica la cual se observa una gradiente que oscila entre 0.00032 y 0.00031 m/m.

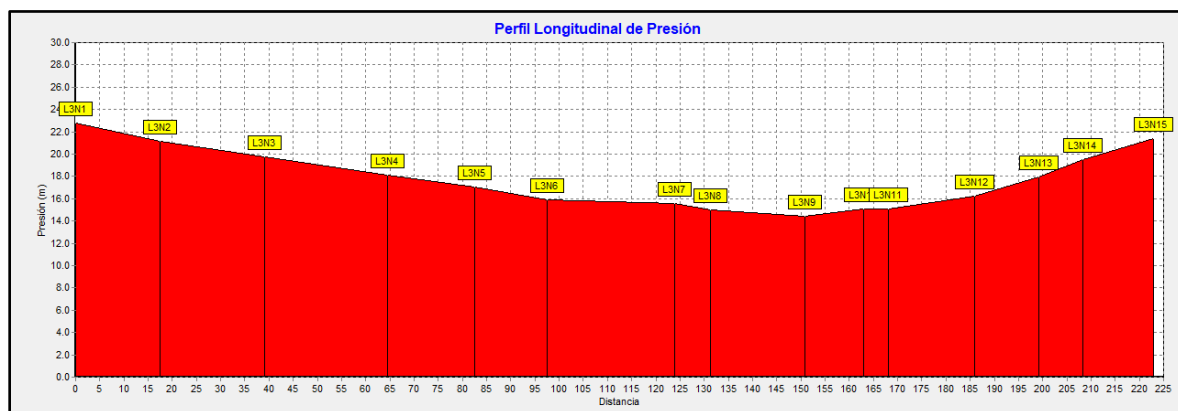
Ilustración 28: Perfil de línea piezométrica tramo 1



Fuente: Elaboración propia

La ilustración 29 presenta el perfil de presiones siendo la mayor en el nodo L3N1 correspondiente a 22.76 m y una presión mínima en el nodo L3N9 con un valor de 14.46 m, todas las presiones cumplen con la Norma.

Ilustración 29: Perfil de presiones tramo 1



Fuente: Elaboración propia

➤ Red de distribución tramo 2

La red de distribución tramo 2 se simuló con los diámetros de tubería y longitudes que se presentan en la tabla 25, en la ilustración 30 se muestra la topología de la red a la cual se conectan las tomas domiciliarias, esta red con diámetro de 1.5" tiene una longitud de 93.826 m.

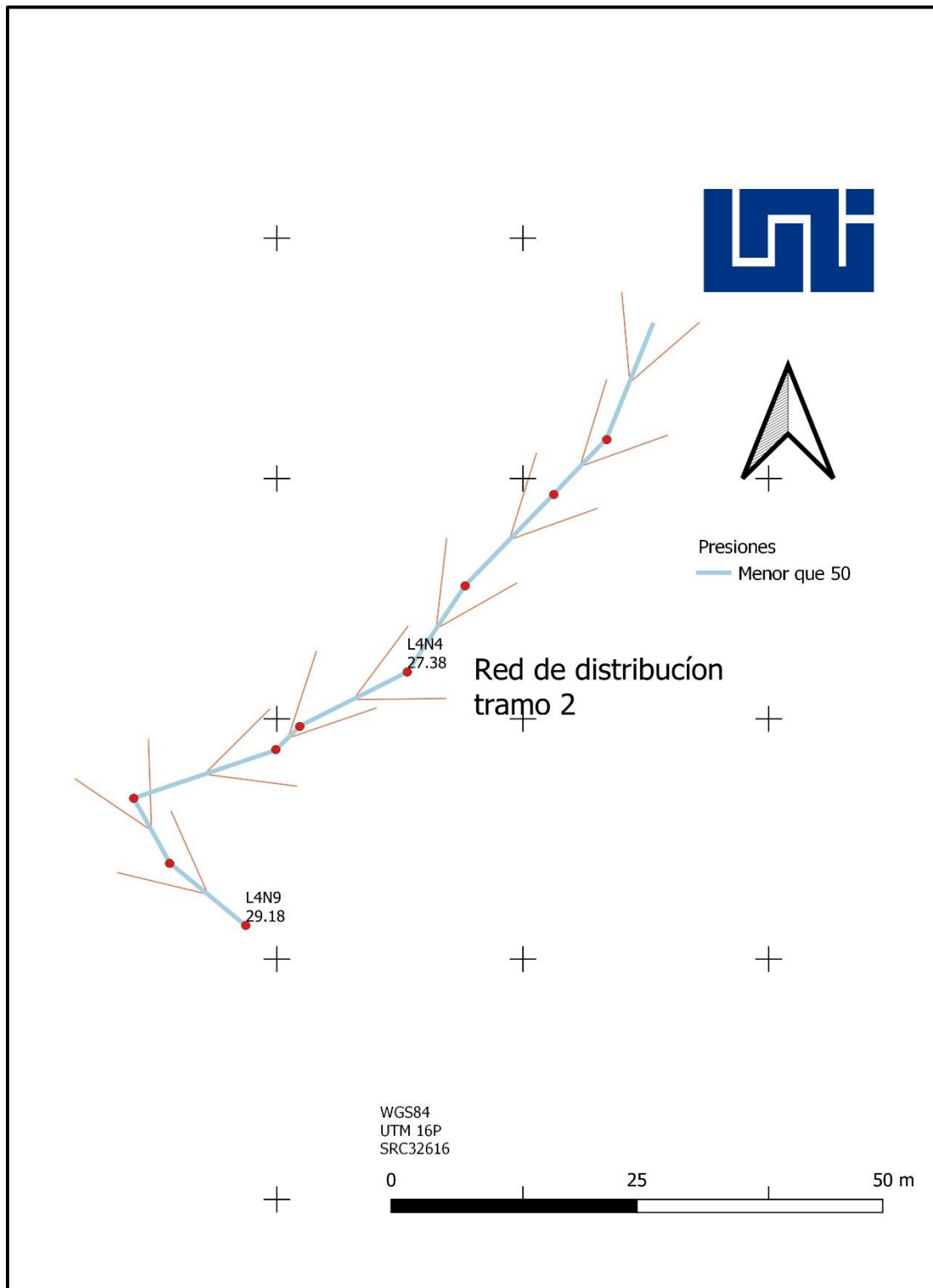
Tabla 25: Diámetros y longitudes de la red de distribución tramo 2

Red de distribución tramo 2		
Tubería	Diámetro nominal	Longitud
	(in)	(m)
PVC SDR 26	1 1/2"	93.826

Fuente: Elaboración propia

La topología de la red de distribución hasta las tomas domiciliarias se presenta en la ilustración 25, en ella se encuentran las presiones y velocidades de flujo, observándose presiones mínimas en toda la tubería.

Ilustración 30: Topología de la red de distribución tramo 2



Fuente: Elaboración propia

La velocidad media de flujo en la red de distribución tramo 2 es de 0.06 m/s. las pérdidas de carga en la red oscilaron entre 0.00012 m/m y 0.00013 m/m, lo cual se debe a las bajas velocidades en la tubería. Las características hidráulicas y geometría de la tubería se presentan en la tabla 26.

Tabla 26: Longitud, diámetros y parámetros hidráulicos de la tubería

Red de distribución tramo 2						
ID Tubería	Longitud	Diámetro	Rugosidad	Caudal	Velocidad	Perd.unit
	(m)	(mm)		(l/s)	(m/s)	(m/km)
L4P1	13.25	44.6	150	0.09	0.06	0.12
L4P2	7.862	44.6	150	0.09	0.06	0.12
L4P3	13.13	44.6	150	0.09	0.06	0.12
L4P4	10.72	44.6	150	0.09	0.06	0.12
L4P5	12.33	44.6	150	0.09	0.06	0.12
L4P6	3.428	44.6	150	0.09	0.06	0.13
L4P7	15.34	44.6	150	0.09	0.06	0.12
L4P8	7.686	44.6	150	0.09	0.06	0.12
L4P9	10.08	44.6	150	0.09	0.06	0.13

Fuente: Elaboración propia

En la red de distribución tramo 2 la máxima presión fue de 29.32 m y la presión mínima fue de 26.08 m, ambas presiones cumplen con lo establecido en la norma cuyos valores recomendados oscilan entre 5 y 50 m. Las alturas piezométricas, cotas del terreno y presiones se presentan en la tabla 27.

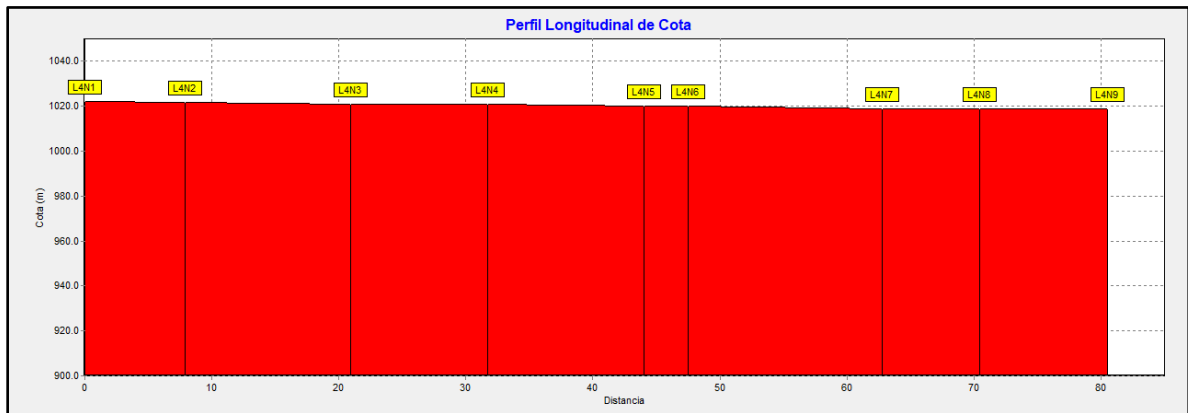
Tabla 27: Tabla de cotas y presiones de la tubería

Red de distribución tramo 2		
ID Nodo	Cota	Presión
	(m)	(m)
L4N1	1022.1	26.08
L4N2	1021.57	26.61
L4N3	1020.87	27.3
L4N4	1020.8	27.38
L4N5	1020.17	28.01
L4N6	1019.93	28.25
L4N7	1018.91	29.26
L4N8	1018.85	29.32
L4N9	1018.99	29.18

Fuente: Elaboración propia

El perfil del terreno natural donde fue instalada la red de distribución tramo 2 se presenta en la ilustración 31, se observa una pendiente gradual negativa desde el comienzo de la red en el nodo L4N1 hasta el nodo final L4N9.

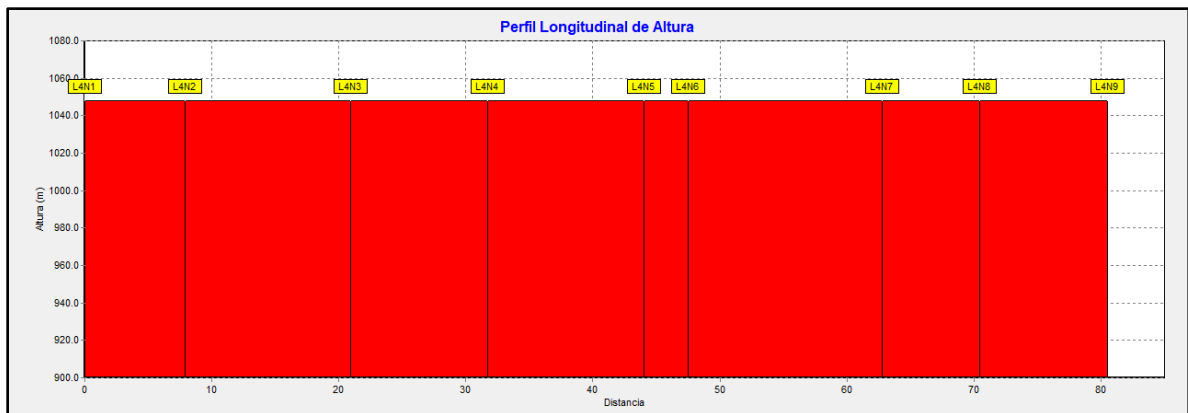
Ilustración 31: Perfil del terreno natural tramo 2



Fuente: Elaboración propia

En la ilustración 32 se presenta la altura piezométrica la cual se observa una gradiente que oscila entre 0.00012 m/m y 0.00013 m/m.

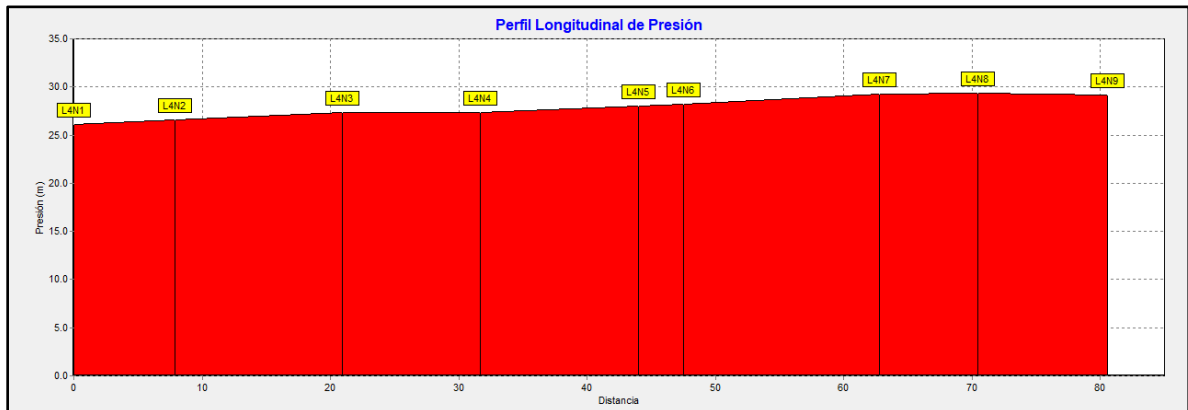
Ilustración 32: Perfil de línea piezométrica tramo 2



Fuente: Elaboración propia

La ilustración 33 presenta el perfil de presiones siendo la mayor en el nodo L4N8 correspondiente a 29.32 m y una presión mínima en el nodo L4N1 con un valor de 26.08 m, todas las presiones cumplen con la norma.

Ilustración 33: Perfil de presiones tramo 2



Fuente: Elaboración propia

➤ Red de distribución tramo 3

La red de distribución tramo 3 se simuló con los diámetros de tubería y longitudes que se presentan en la tabla 28, en la ilustración 33 se muestra la topología de la red a la cual se conectan las tomas domiciliarias, esta red con diámetro de 1.5" tiene una longitud de 180.673 m.

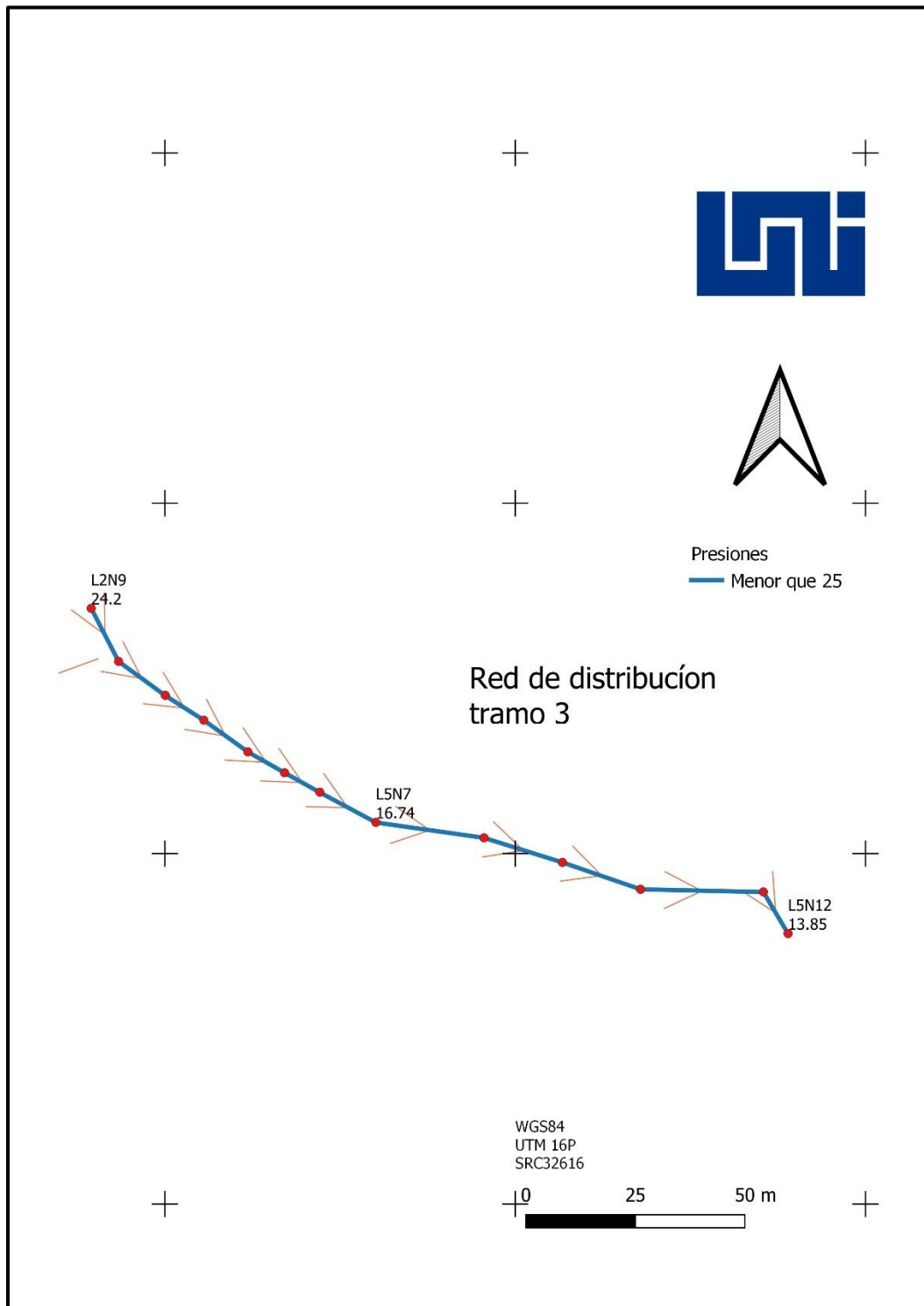
Tabla 28: Diámetros y longitudes de red de distribución tramo 3

Red de distribución tramo 3		
Tubería	Diámetro nominal	Longitud
	(in)	(m)
PVC SDR 26	1 ½"	180.673

Fuente: Elaboración propia

La topología de la red de distribución hasta las tomas domiciliarias se presenta en la ilustración 34, en ella se encuentran las presiones y velocidades de flujo, observándose presiones mínimas en toda la tubería.

Ilustración 34: Topología de red de distribución tramo 3



Fuente: Elaboración propia

La velocidad de flujo en la red de distribución tramo 3 es de 0.11 m/s desde el nodo L5P1 hasta el nodo L5P7 y de 0.04 m/s. Desde el nodo L5P8 hasta el final de la tubería. Las pérdidas de carga en la red oscilaron entre 0.00039 m/m y 0.0004 m/m. Las características hidráulicas y geometría de la tubería se presentan en la tabla 29.

Tabla 29: Longitud, diámetros y parámetros hidráulicos de la tubería

Red de distribución tramo 3						
ID tubería	Longitud	Diámetro	Rugosidad	Caudal L/s	Velocidad	Perd.unit
	(m)	(mm)		(l/s)	(m/s)	(m/km)
L5P1	14.11	44.6	150	0.17	0.11	0.39
L5P2	13.33	44.6	150	0.17	0.11	0.4
L5P3	10.64	44.6	150	0.17	0.11	0.39
L5P4	12.44	44.6	150	0.17	0.11	0.39
L5P5	9.703	44.6	150	0.17	0.11	0.4
L5P6	9.223	44.6	150	0.17	0.11	0.4
L5P7	12.77	44.6	150	0.17	0.11	0.39
L5P8	26.56	44.6	150	0.07	0.04	0.08
L5P9	18.77	44.6	150	0.07	0.04	0.08
L5P10	18.87	44.6	150	0.07	0.04	0.07
L5P11	28.09	44.6	150	0.07	0.04	0.08
L5P12	6.167	44.6	150	0.07	0.04	0.07

Fuente: Elaboración propia

En la red de distribución tramo 3 la máxima presión fue de 24.26 m y la presión mínima fue de 13.85 m, ambas presiones cumplen con lo establecido en la norma cuyos valores recomendados oscilan entre 5 y 50 m. Las alturas piezométricas, cotas del terreno y presiones se presentan en la tabla 30.

Tabla 30: Cotas y presiones de la tubería

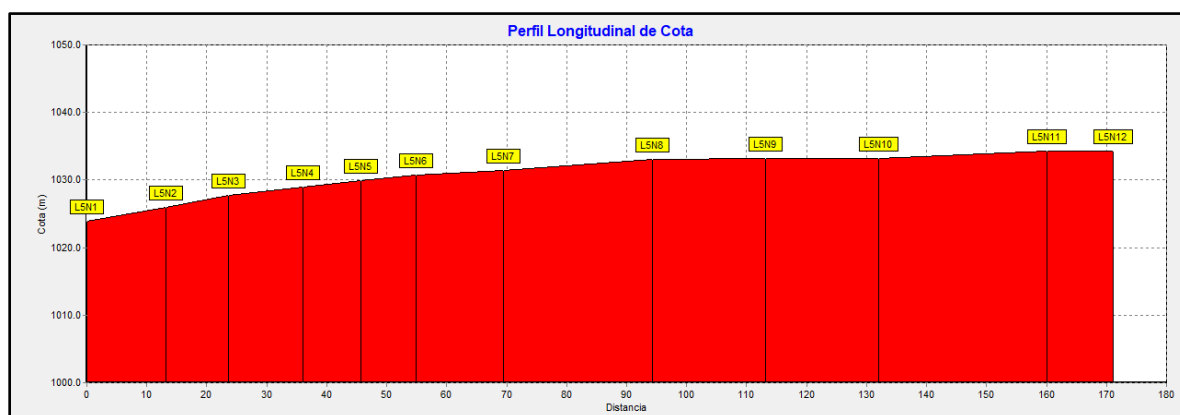
Red de distribución tramo 3		
ID Nodo	Cota	Presión
	(m)	(m)
L5N1	1023.91	24.26
L5N2	1025.93	22.25
L5N3	1027.68	20.49
L5N4	1028.99	19.18
L5N5	1029.96	18.2

Red de distribución tramo 3		
ID Nodo	Cota	Presión
L5N6	1030.8	17.35
L5N7	1031.41	16.74
L5N8	1033.02	15.12
L5N9	1033.18	14.97
L5N10	1033.25	14.9
L5N11	1034.29	13.85
L5N12	1034.29	13.85

Fuente: Elaboración propia

El perfil del terreno natural donde fue instalada la red de distribución tramo 3 se presenta en la ilustración 35, se observa una pendiente positiva desde el inicio en el nodo L5N1 hasta el final de la tubería en el nodo L5N12.

Ilustración 35: Perfil del terreno natural tramo 3

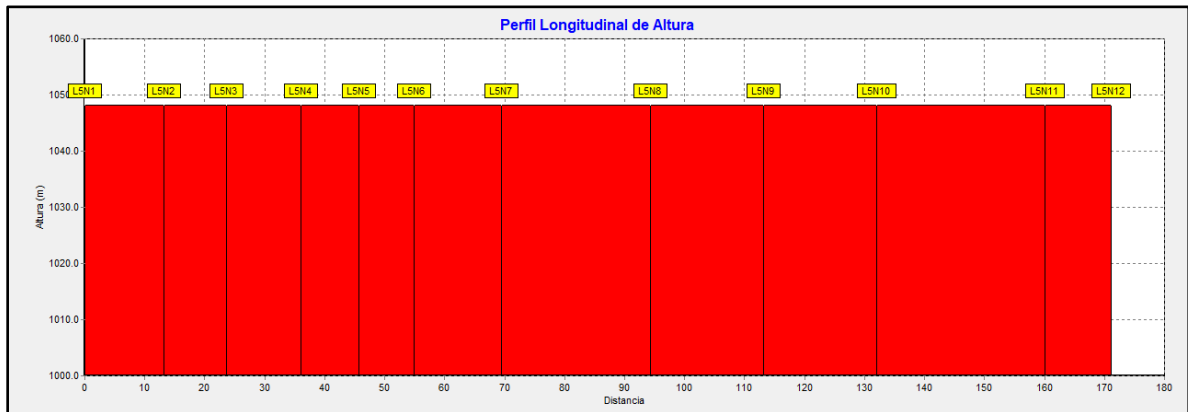


Fuente: Elaboración propia

En la ilustración 36 se presenta la altura piezométrica la cual tiene una gradiente que corresponde a 0.00039 m/m.

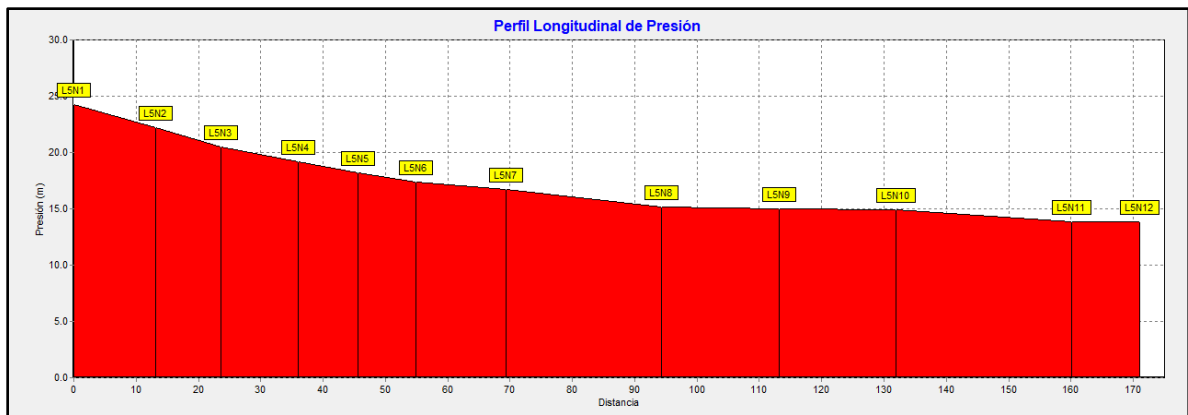
La ilustración 37 presenta el perfil de presiones siendo la mayor en la tubería L5N1 correspondiente a 24.26 m la cual disminuye a lo largo de la tubería, menor presión se presenta en el nodo L5N12 con un valor de 13.85 m

Ilustración 36: Perfil de línea piezométrica tramo 3



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 37: Perfil de presiones tramo 3



Fuente: Elaboración propia

➤ Red de distribución tramo 4

La red de distribución tramo 4 se simuló con los diámetros de tubería y longitudes que se presentan en la tabla 31, en la ilustración 38 se muestra la topología de la red a la cual se conectan las tomas domiciliarias, esta red con diámetro de 1.5" tiene una longitud de 191.294 m.

Tabla 31: Diámetro y longitudes red de distribución tramo 4

Red de distribución tramo 4		
Tubería	Diámetro nominal	Longitud
	(in)	(m)
PVC SDR 26	1 ½"	191.294

Fuente: Elaboración propia

La topología de la red de distribución tramo 4 hasta las tomas domiciliarias se presenta en la ilustración 38, en ella se encuentran las presiones y velocidades de flujo, observándose presiones mínimas en toda la tubería.

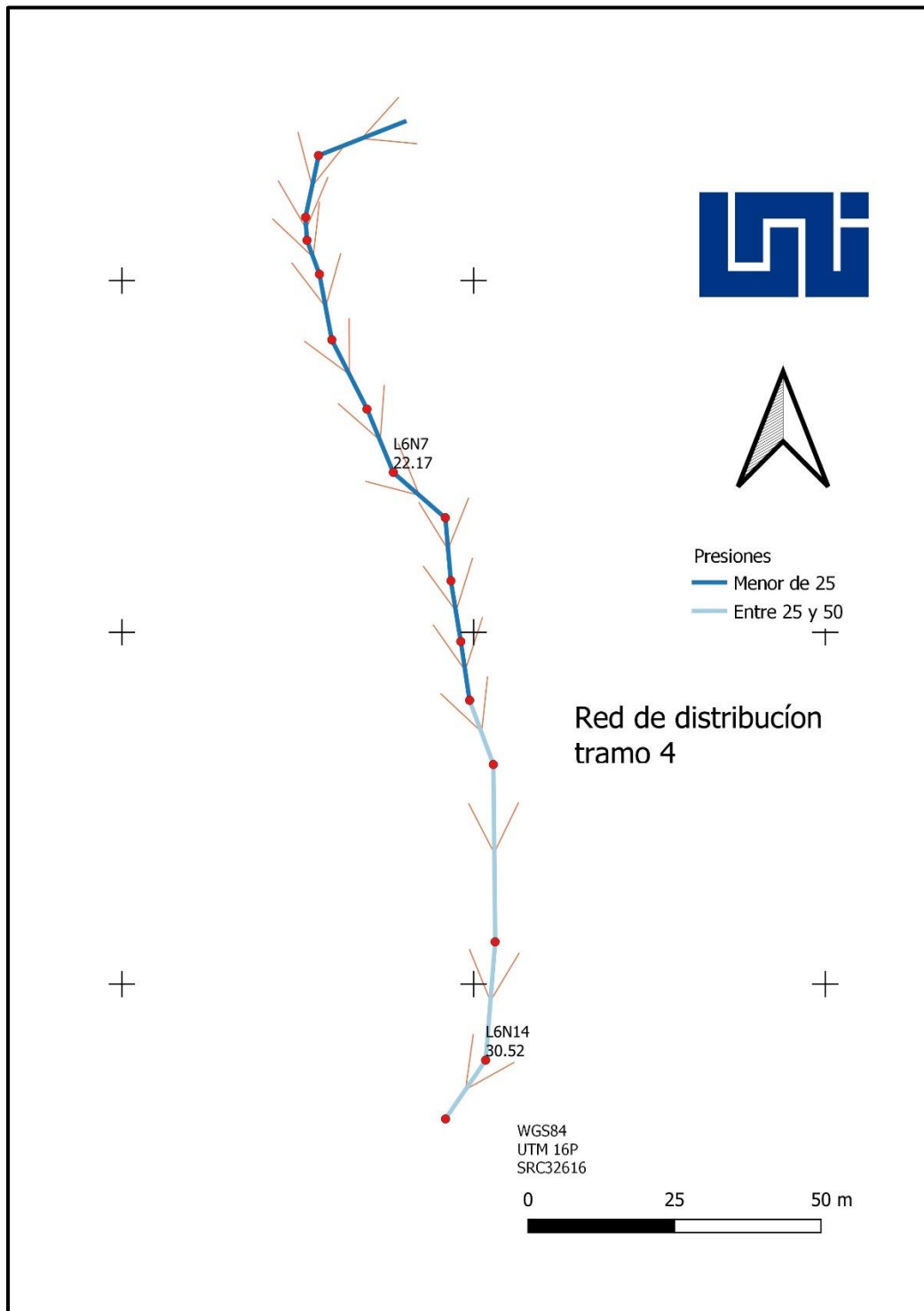
La velocidad de flujo en la red de distribución tramo 4 es de 0.1 m/s. Las pérdidas de carga en la red oscilaron entre 0.00015 m/m y 0.00014 m/m. Las características hidráulicas y geometría de la tubería se presentan en la tabla 32.

Tabla 32: longitud, diámetros y parámetros hidráulicos de la tubería

Red de distribución tramo 4						
ID Tubería	Longitud	Diámetro	Rugosidad	Caudal	Velocidad	Perd.unit
	(m)	(mm)		(l/s)	(m/s)	(m/km)
L6P1	16.69	44.6	150	0.1	0.06	0.15
L6P2	10.13	44.6	150	0.1	0.06	0.15
L6P3	3.959	44.6	150	0.1	0.06	0.15
L6P4	6.175	44.6	150	0.1	0.06	0.14
L6P5	11.4	44.6	150	0.1	0.06	0.15
L6P6	13.27	44.6	150	0.1	0.06	0.15
L6P7	11.7	44.6	150	0.1	0.06	0.15
L6P8	11.79	44.6	150	0.1	0.06	0.15
L6P9	10.84	44.6	150	0.1	0.06	0.14
L6P10	10.56	44.6	150	0.1	0.06	0.15
L6P11	10.25	44.6	150	0.1	0.06	0.15
L6P12	11.75	44.6	150	0.1	0.06	0.15
L6P13	30.32	44.6	150	0.1	0.06	0.15
L6P14	20.29	44.6	150	0.1	0.06	0.15
L6P15	12.17	44.6	150	0.1	0.06	0.15

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 38: Topología red de distribución tramo 4



Fuente: Elaboración propia

En la red de distribución tramo 4 la máxima presión fue de 31.25 m y la presión mínima fue de 19 m. ambas presiones cumplen con lo establecido en la norma cuyos valores recomendados oscilan entre 5 y 50 m. Las alturas piezométricas, cotas del terreno y presiones se presentan en la tabla 33.

Tabla 33: Cotas y presiones de la tubería

Red de distribución tramo 4		
ID Nodo	Cota	Presión
	(m)	(m)
L6N1	1029.15	19
L6N2	1028.25	19.89
L6N3	1027.94	20.21
L6N4	1027.64	20.5
L6N5	1026.92	21.22
L6N6	1026.48	21.66
L6N7	1025.97	22.17
L6N8	1025.74	22.39
L6N9	1024.78	23.35
L6N10	1023.55	24.58
L6N11	1022.11	26.03
L6N12	1020.75	27.38
L6N13	1018.94	29.19
L6N14	1017.61	30.52
L6N15	1016.67	31.45

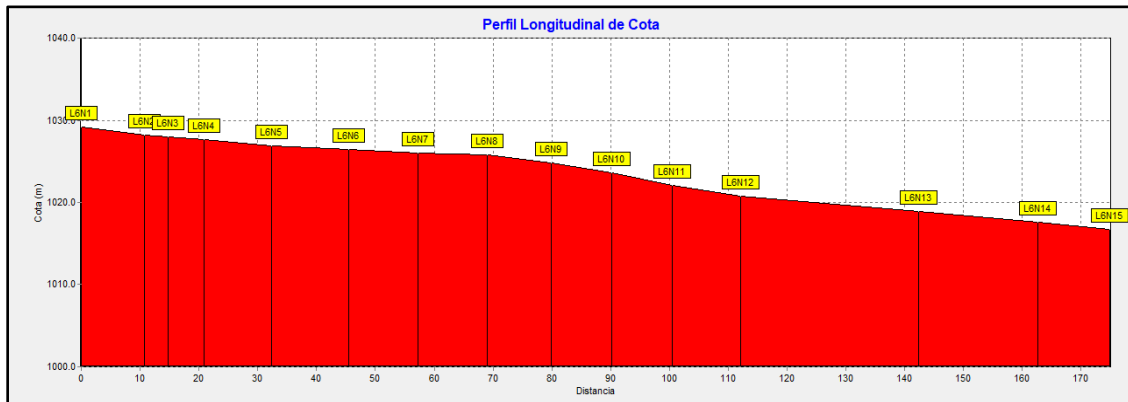
Fuente: Elaboración propia

El perfil del terreno natural donde fue instalada la red de distribución tramo 4 se presenta en la ilustración 39, se observa una pendiente negativa desde el inicio en el nodo L6N1 hasta el final en el nodo L6N15.

En la ilustración 40 se presenta la altura piezométrica la cual tiene una gradiente que corresponde a 0.00015 m/m.

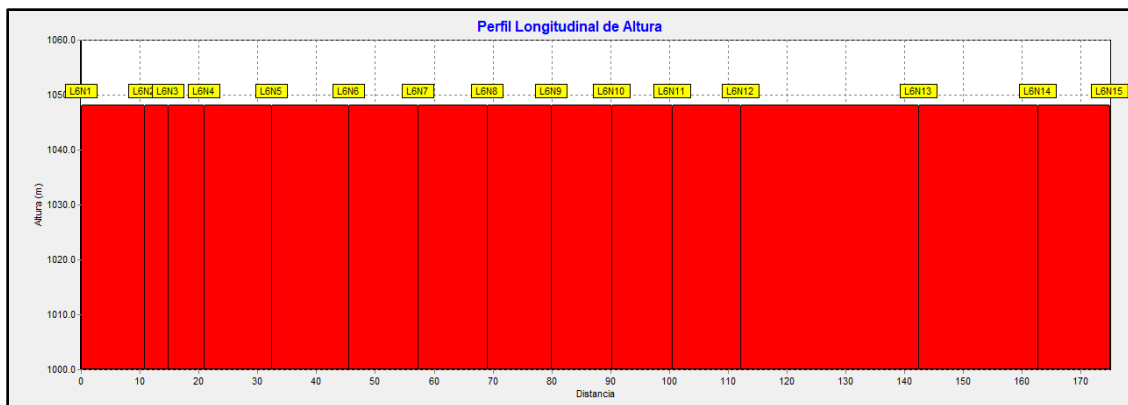
La ilustración 41 presenta el perfil de presiones siendo la menor en el nodo L6N1 correspondiente a 19 m la cual disminuye a lo largo de la tubería, la menor presión se presenta en el nodo L6N15 con un valor de 31.45 m

Ilustración 39: Perfil del terreno natural tramo 4



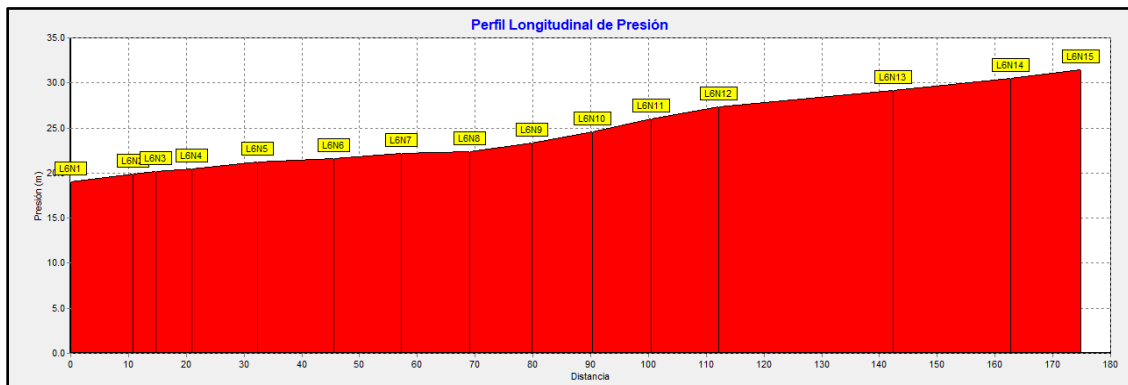
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 40: Perfil de línea piezométrica tramo 4



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 41: Perfil de presiones tramo 4



Fuente: Elaboración propia

➤ **Red de distribución tramo 5**

La red de distribución tramo 5 se simuló con los diámetros de tubería y longitudes que se presentan en la tabla 34, en la ilustración 42 se muestra la topología de la red a la cual se conectan las tomas domiciliarias, esta red con diámetro de 1.5” tiene una longitud de 531.91 m.

Tabla 34: Diámetros y longitudes red de distribución tramo 5

Red de distribución tramo 5		
Tubería	Diámetro nominal	Longitud
	(in)	(m)
PVC SDR 26	1 ½”	531.91

Fuente: Elaboración propia

La topología de la red de distribución hasta las tomas domiciliarias se presenta en la ilustración 42, en ella se encuentran las presiones y velocidades de flujo, observándose presiones mínimas en toda la tubería.

La velocidad de flujo en la red de distribución tramo 5 es de 0.26 m/s. Las pérdidas de carga en la red oscilaron entre 0.00192 m/m y 0.00193 m/m. Las características hidráulicas y geometría de la tubería se presentan en la tabla 35.

Tabla 35: Longitud, diámetros y parámetros hidráulicos de la tubería

Red de distribución tramo 5						
ID Tubería	Longitud	Diámetro	Rugosidad	Caudal	Velocidad	Perd.unit
	(m)	(mm)		(l/s)	(m/s)	(m/km)
L7P2	5.419	44.6	150	0.4	0.26	1.92
L7P3	15.44	44.6	150	0.4	0.26	1.92
L7P4	22.68	44.6	150	0.4	0.26	1.92
L7P5	12.98	44.6	150	0.4	0.26	1.92
L7P6	9.38	44.6	150	0.4	0.26	1.93
L7P7	24.66	44.6	150	0.4	0.26	1.92
L7P8	13.19	44.6	150	0.4	0.26	1.92
L7P9	13.18	44.6	150	0.4	0.26	1.92
L7P10	13.83	44.6	150	0.4	0.26	1.93
L7P11	10.25	44.6	150	0.4	0.26	1.92
L7P12	11.02	44.6	150	0.4	0.26	1.92

Red de distribución tramo 5						
ID Tubería	Longitud	Diámetro	Rugosidad	Caudal	Velocidad	Perd.unit
	(m)	(mm)		(l/s)	(m/s)	(m/km)
L7P13	11.02	44.6	150	0.4	0.26	1.92
L7P14	11.65	44.6	150	0.4	0.26	1.92
L7P15	11.12	44.6	150	0.4	0.26	1.93
L7P16	8.95	44.6	150	0.4	0.26	1.92
L7P17	12.36	44.6	150	0.4	0.26	1.93
L7P18	12.06	44.6	150	0.4	0.26	1.92
L7P19	12.86	44.6	150	0.4	0.26	1.93
L7P20	12.85	44.6	150	0.4	0.26	1.92
L7P21	9.598	44.6	150	0.4	0.26	1.92
L7P22	11.35	44.6	150	0.4	0.26	1.92
L7P23	20.18	44.6	150	0.4	0.26	1.92
L7P24	12.1	44.6	150	0.4	0.26	1.92
L7P25	13.8	44.6	150	0.4	0.26	1.93
L7P26	12.79	44.6	150	0.4	0.26	1.93
L7P27	9.123	44.6	150	0.4	0.26	1.92
L7P28	10.54	44.6	150	0.4	0.26	1.93
L7P29	20.33	44.6	150	0.4	0.26	1.92
L7P1	167.2	44.6	150	0.4	0.26	1.92

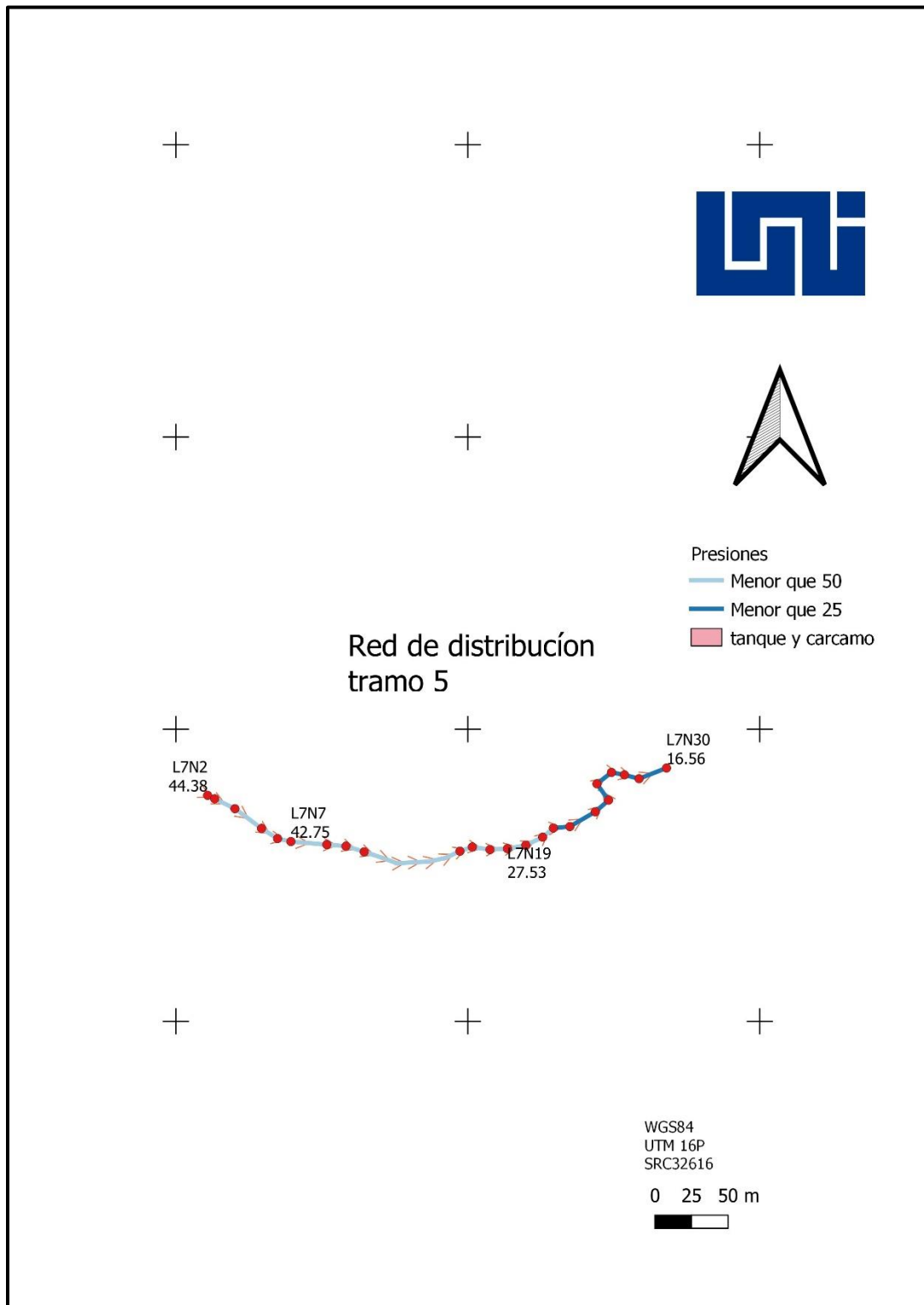
Fuente: Elaboración propia

En la red de distribución tramo 5 la máxima presión fue de 45 m y la presión mínima fue de 19.15 m, ambas presiones cumplen con lo establecido en la norma cuyos valores recomendados oscilan entre 5 y 50 m. Las alturas piezométricas, cotas del terreno y presiones se presentan en la tabla 36.

El perfil del terreno natural donde fue instalada la red de distribución tramo 5 se presenta en la ilustración 43, se observa una zona plana desde el nodo L7N1 hasta el nodo L7N2 y luego una pendiente positiva que aumenta gradualmente hasta el final de la tubería.

La ilustración 45 presenta el perfil de presiones siendo la mayor en el nodo L7N1 correspondiente a 45 m la cual disminuye a lo largo de la tubería, la menor presión se presenta en la tubería L7N30 con un valor de 16.56 m.

Ilustración 42: Topología red de distribución tramo 5



Fuente: Elaboración propia

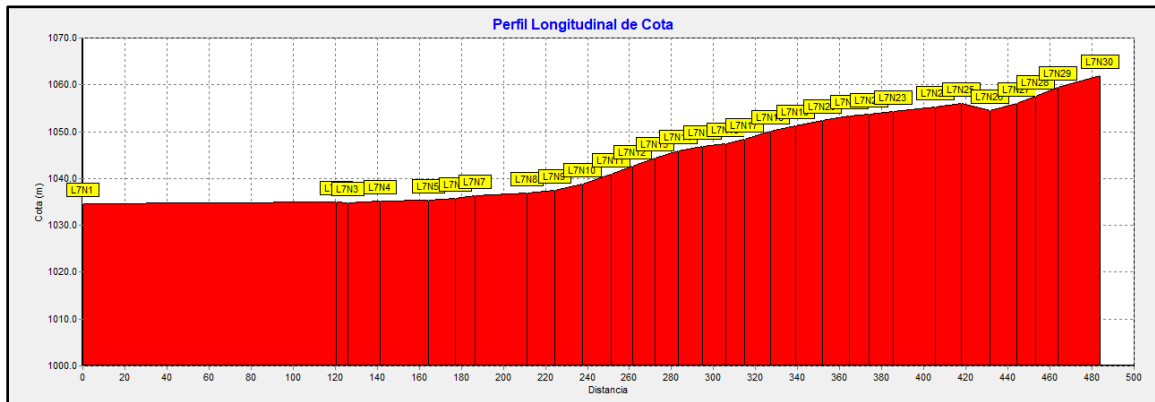
Tabla 36: Cotas y presiones de la tubería

Red de distribución tramo 5		
ID Nodo	Cota	Presión
	(m)	(m)
L7N2	1034.92	44.38
L7N3	1034.84	44.44
L7N4	1035.27	43.99
L7N5	1035.45	43.76
L7N6	1035.84	43.35
L7N7	1036.42	42.75
L7N8	1036.9	42.23
L7N9	1037.55	41.55
L7N10	1038.86	40.21
L7N11	1040.96	38.08
L7N12	1042.58	36.44
L7N13	1044.3	34.7
L7N14	1045.89	33.1
L7N15	1046.91	32.05
L7N16	1047.46	31.48
L7N17	1048.32	30.61
L7N18	1050.1	28.8
L7N19	1051.34	27.53
L7N20	1052.39	26.47
L7N21	1053.31	25.51
L7N22	1053.78	25.03
L7N23	1054.29	24.5
L7N24	1055.19	23.56
L7N25	1056	22.73
L7N26	1054.56	24.14
L7N27	1056.05	22.63
L7N28	1057.61	21.05
L7N29	1059.49	19.15
L7N30	1062.04	16.56
L7N1	1034.62	45

Fuente: Elaboración propia

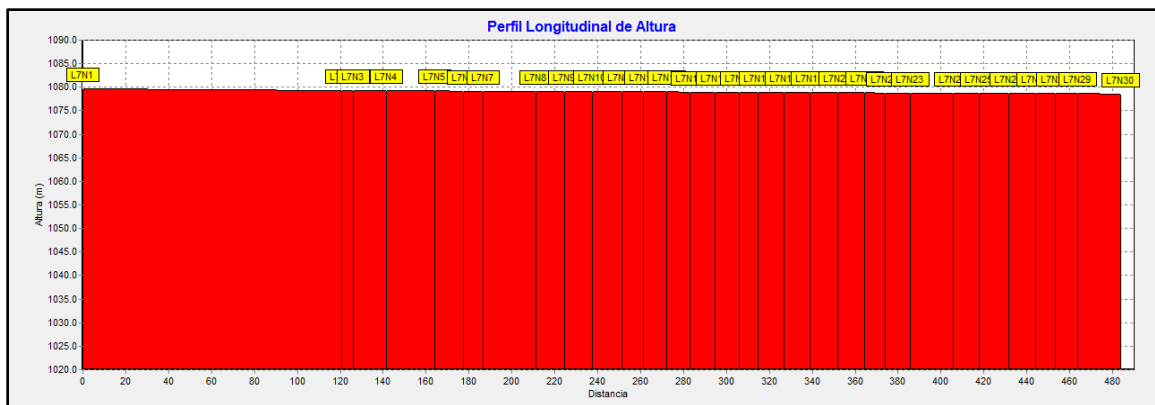
Perfil de altura En la ilustración 44 se presenta la altura piezométrica la cual tiene una gradiente pequeña que corresponde a 0.00193 m/m

Ilustración 43: Perfil del terreno natural tramo 5



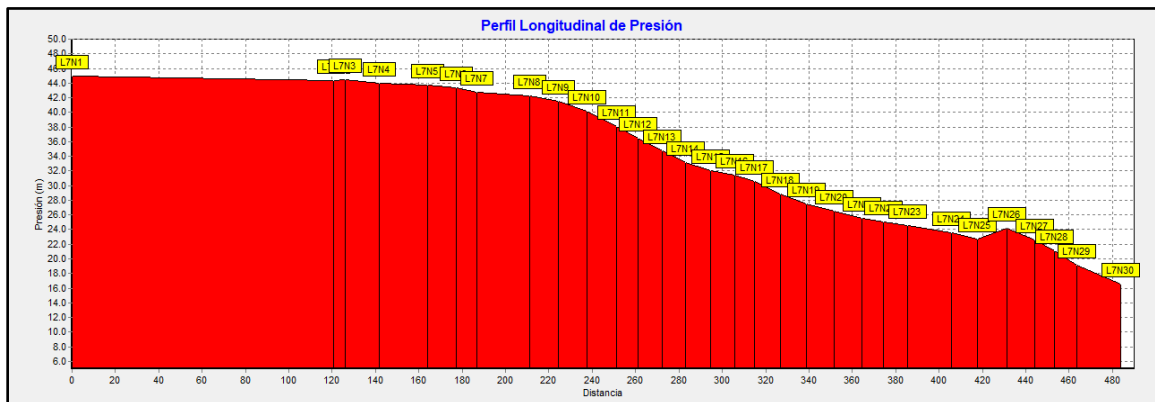
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 44: Perfil de línea piezométrica tramo 5



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 45: Perfil de presiones tramo 5



Fuente: Elaboración propia

4.4.8. Simulación hidráulica con demanda cero

A continuación, en las tablas 37, 38 y 39 se presenta el comportamiento de la red cuando la demanda de caudal es igual a cero esto simulando la hora en que no habría consumo en la red y se observa que se mantienen presiones máximas de 45 m y mínimas de 14.19 m cumpliendo así con lo establecido en la norma.

Tabla 37: Datos de la red con demanda cero

ID Nodo	Cota	Presión
	(m)	(m)
L3N1	1025.419	23.06
L3N2	1026.993	21.49
L3N3	1028.38	20.1
L3N4	1030	18.48
L3N5	1031.141	17.34
L3N6	1032.252	16.23
L3N7	1032.602	15.88
L3N8	1033.1355	15.34
L3N9	1033.6686	14.81
L3N10	1033.0823	15.4
L3N11	1033.0266	15.45
L3N12	1031.8591	16.62
L3N13	1030.2	18.28
L3N14	1028.6199	19.86
L3N15	1026.6763	21.8
L4N1	1022.0956	26.38
L4N2	1021.5693	26.91
L4N3	1020.8745	27.61
L4N4	1020.7983	27.68
L4N5	1020.1688	28.31
L4N6	1019.9287	28.55
L4N7	1018.9122	29.57
L4N8	1018.8549	29.63
L4N9	1018.9941	29.49
L5N1	1023.9136	24.57
L5N2	1025.9251	22.55
L5N3	1027.6801	20.8
L5N4	1028.9859	19.49
L5N5	1029.9607	18.52
L5N6	1030.8009	17.68

ID Nodo	Cota	Presión
	(m)	(m)
L5N7	1031.409	17.07

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38: Datos de la red con demanda cero

ID Nodo	Cota m	Presión m
	(m)	(m)
L6N1	1029.1503	19.33
L6N2	1028.251	20.23
L6N3	1027.9387	20.54
L6N4	1027.6389	20.84
L6N5	1026.9248	21.56
L6N6	1026.4808	22
L6N7	1025.9713	22.51
L6N8	1025.7449	22.74
L6N9	1024.7819	23.7
L6N10	1023.5535	24.93
L6N11	1022.1056	26.37
L6N12	1020.7488	27.73
L6N13	1018.9393	29.54
L6N14	1017.6054	30.87
L6N15	1016.6694	31.81
L5N8	1033.022	15.46
L5N9	1033.175	15.31
L5N10	1033.249	15.23
L5N11	1034.2908	14.19
L7N2	1034.9166	44.7
L7N3	1034.8437	44.78
L7N4	1035.269	44.35
L7N5	1035.453	44.17
L7N6	1035.8362	43.78
L7N7	1036.4171	43.2
L7N8	1036.8958	42.72
L7N9	1037.5459	42.07
L7N10	1038.8641	40.76
L7N11	1040.9616	38.66
L7N12	1042.5849	37.03
L7N13	1044.3047	35.31

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39: Datos de red con demanda cero

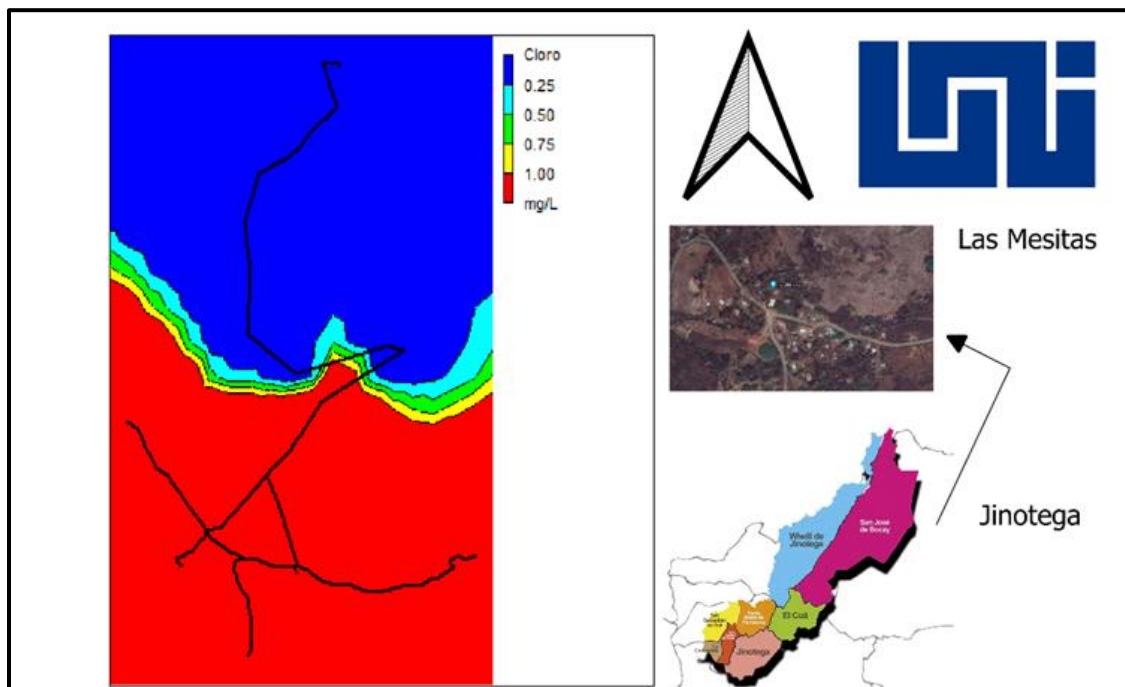
Simulación con demanda cero		
ID Nodo	Cota	Presión
	(m)	(m)
L7N14	1045.8861	33.73
L7N15	1046.9128	32.71
L7N16	1047.4591	32.16
L7N17	1048.316	31.3
L7N18	1050.0978	29.52
L7N19	1051.3441	28.28
L7N20	1052.3859	27.23
L7N21	1053.3137	26.31
L7N22	1053.777	25.84
L7N23	1054.2905	25.33
L7N24	1055.1877	24.43
L7N25	1055.9953	23.62
L7N26	1054.5613	25.06
L7N27	1056.0474	23.57
L7N28	1057.6093	22.01
L7N29	1059.4865	20.13
L7N30	1062.0408	17.58
L2N7	1023.48	25
L7N1	1034.6195	45

Fuente: Elaboración propia

4.4.9. Simulación de cloro residual

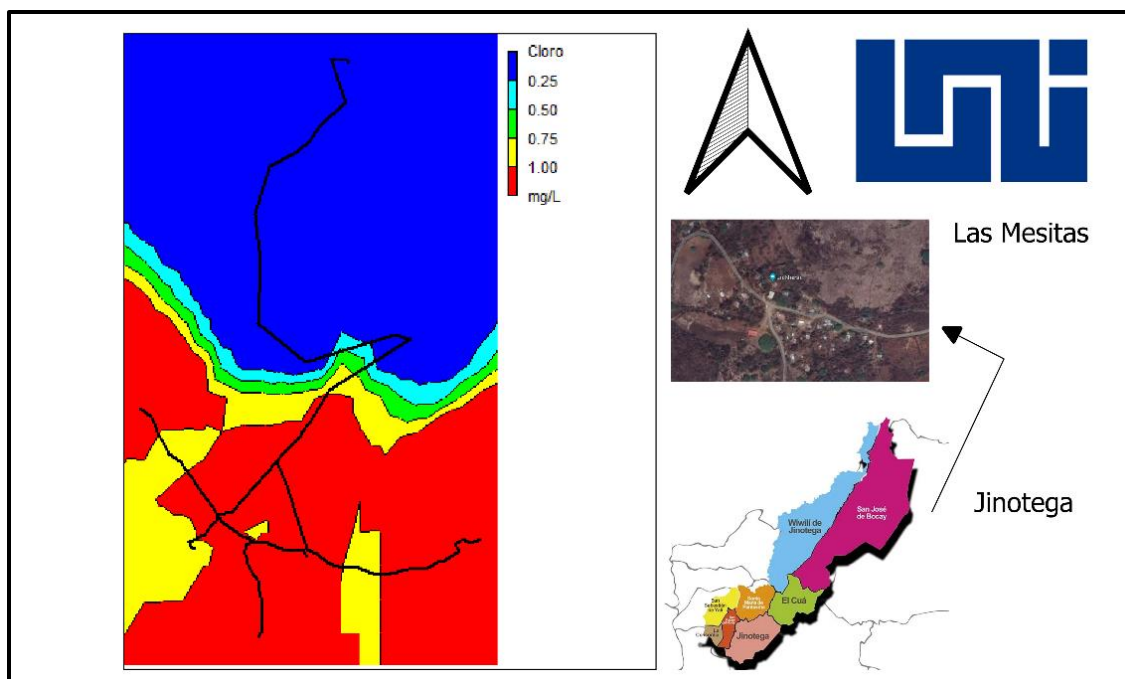
En las ilustraciones 46, 47 y 48 se muestra el comportamiento del cloro en la red de distribución durante las diferentes horas del día donde se puede observar a las 4 horas ya existe cloro en toda la red, a las 19 horas este se mantiene y a las 22 horas este sigue manteniéndose en menor concentración, pero dentro de los parámetros que exige la norma que van de 0.5 mg/l a 1 mg/l.

Ilustración 46: Cloro residual a las 4 horas



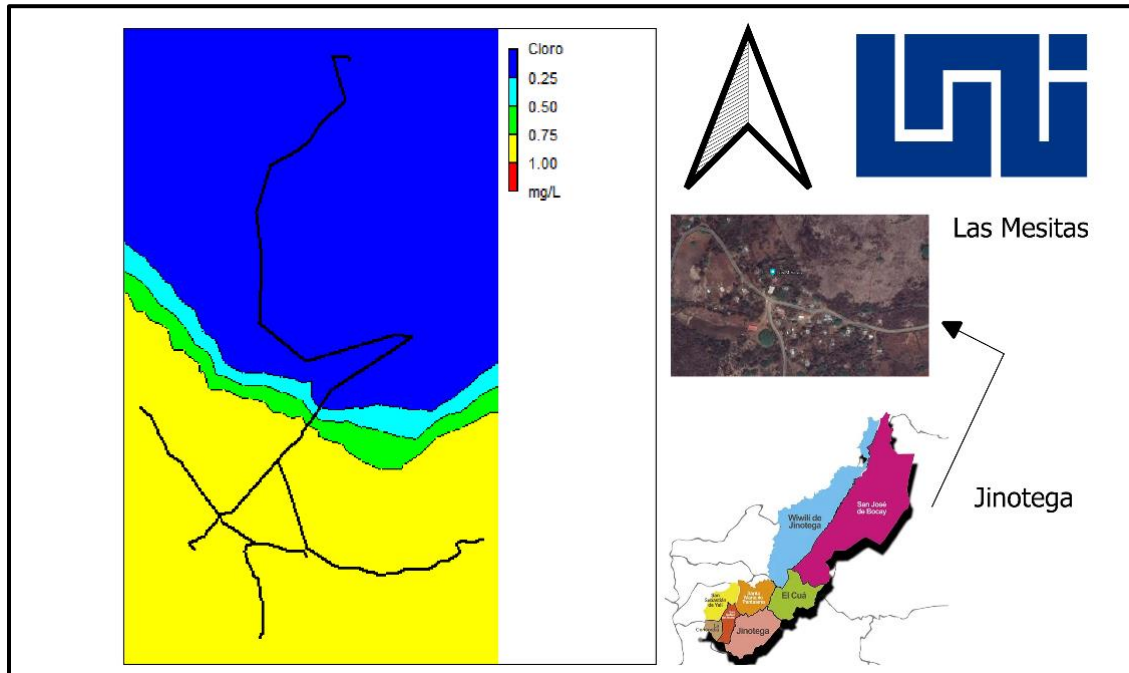
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 47: Cloro residual a las 19 horas



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 48: Cloro residual a las 22 horas



Fuente: Elaboración propia

4.5. Presupuesto

A continuación, se presenta el presupuesto que fue solicitado para la ejecución del proyecto en el marco del convenio entre la alcaldía municipal de Jinotega y la organización AVODEC.

El presupuesto está agrupado por etapas, el cual fue realizado con el método del Fondo de Inversión Social de Emergencia (FISE), el cual divide las actividades en etapas y sub-etapas.

Los alcances se determinaron a partir de los planos de diseño y todo el presupuesto se dividió en 8 etapas, a continuación, se presenta un resumen del mismo.

El monto total reflejado en el asciende a C\$ 7,400,470.23 e incluye todas las actividades necesarias para la ejecución del proyecto. Las etapas líneas de distribución y estación de bombeo son las de mayor costo. La inversión per cápita por beneficiario será de C\$ 24,424.00.

En el anexo III se presenta el presupuesto detallado.

Tabla 40: Presupuesto por etapas del proyecto

ETAPA	DESCRIPCION	U/M	TOTAL
310	PRELIMINARES	GLB	C\$235,526.77
320	LINEA DE IMPULSION	GLB	C\$1,146,920.85
321	LINEA DE CONDUCCION POR GRAVEDAD	GLB	C\$401,274.45
330	LINEA DE DISTRIBUCION	GLB	C\$1,401,762.39
335	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	GLB	C\$370,757.05
345	ESTACION DE BOMBEO-AGUA POTABLE	GLB	C\$1,439,917.20
350	CARCAMO DE BOMBEO	GLB	C\$235,911.23
350	CONEXIONES DOMICILIARES	GLB	C\$717,865.24
370	LIMPIEZA FINAL Y ENTREGA	GLB	C\$66,707.30
SUBTOTAL			C\$6,016,642.47
ADMINISTRACIÓN 10%			C\$601,664.25
IMPUESTO ALCALDÍA 1%			C\$60,166.42
IMPUESTO RENTA 2%			C\$120,332.85
UTILIDADES 10%			C\$601,664.25
TOTAL C\$			C\$7,400,470.23

Fuente: Elaboración propia

4.6. Plan de operación y mantenimiento

A continuación, se presenta el plan de operación y mantenimiento necesario para sostener las entregas de agua potable a los usuarios con la calidad que recomienda la norma (CAPRE, 1994) y cantidad que manda la NTON 09 007-19 (ANA, 2019).

Operar el sistema consiste en las tareas que se realizan en todos los componentes del MABE para garantizar las 24 horas del servicio a los usuarios.

El mantenimiento del sistema se refiere a las acciones que deben realizarse en las instalaciones y equipos para prevenir o reparar daños que perjudiquen el buen funcionamiento del sistema.

Los componentes del plan de operación y mantenimiento se organizan de la siguiente manera:

- Captación y fuente de agua
- Tratamiento del agua
- Estación de bombeo
- Línea de impulsión
- Tanque de almacenamiento
- Red de distribución
- Conexiones domiciliarias

4.6.1. Captación y fuente de agua

Las actividades de operación y mantenimiento para mantener la captación en óptimas condiciones de funcionamiento y la fuente con la calidad de agua necesaria se deberá realizar las tareas que se describen en el anexo V

4.6.2. Tratamiento del agua

Es el proceso mediante el cual se eliminan los microbios que causan enfermedades, por medio de la aplicación directa en el agua de un desinfectante. El método más usado en nuestro medio es utilizar cloro. La fuente de agua a la que le dará tratamiento es una fuente manantial por lo que se considera que el origen del agua es sub superficial.

4.6.3. Estación de bombeo

La estación de bombeo consta de una bomba eléctrica sumergible de alta presión conectada a una sarta protegida con una caseta y cerco perimetral.

4.6.4. Línea de impulsión

La línea de impulsión 914.15 m consta de 4 tipos de cedula de tubo PVC 2" debido a las altas presiones que esta debe soportar en el flujo del agua desde la bomba al tanque.

4.6.5. Tanque de almacenamiento

El tanque de almacenamiento es de polietileno de alta densidad, tiene una altura de 3.1 m y una capacidad de 10000 L.

4.6.6. Red de distribución

La red de distribución es de tubería PVC SDR 26 de 1.5" debido a que las presiones que esta debe soportar están dentro del rango que recomienda la norma NTON 09 007-19, para controlar el exceso de presión se colocaron dos válvulas reductoras de presión.

4.6.7. Conexiones domiciliarias

Las conexiones domiciliarias son de tubería PVC SDR 13.5 de ½" conectadas a la red principal mediante abrazaderas 1.5" x ½", dotadas con medidores y caja de protección.

4.6.8. Formulario para el seguimiento y control de las operaciones y mantenimiento

A continuación, se presentan en el anexo **IV** los formularios para la organización del seguimiento y control de todas las operaciones de mantenimiento. El resultado de estos formularios se deberá analizar semestralmente en juntas ordinarias del comité de agua potable.

De igual forma las tablas para las actividades de operación y mantenimiento para conservar en óptimas condiciones de funcionamiento el **(MABE)** se presentan en el anexo **IV**.

CONCLUSIONES

Al concluir el análisis en este trabajo monográfico, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Se encontró que casi en 60% de los jefes de familia son varones y la población futura será de 303 habitantes así mismo aproximadamente el 90.48% de la población recibe ingresos menores al salario mínimo resultando en viviendas con condiciones precarias, hacinamiento y problemas de higiene e insalubridad, agravados por el acceso insuficiente a agua potable. Sin embargo, muestran disposición a pagar por servicios de mejora.
- El relieve del terreno es favorable para la construcción de un tanque de almacenamiento de agua y su distribución por gravedad con alturas que varían entre 888.68 msnm y 1105.61 msnm lo que facilita la implementación del proyecto de agua potable.
- La calidad del agua de la fuente cumple con todos los parámetros de la norma CAPRE señalando que el agua de la zona solo requiere tratamiento con cloro para ser apta para el consumo humano, señalando una solución factible para el proyecto.
- Debido a las características de la fuente (manantial) se diseñó un cárcamo de bombeo así mismo por la altura geométrica (231 m) a vencer y la distancia de 917 m entre la fuente y el tanque se utilizó una bomba sumergible multi etapa con altura manométrica total de 234 m por lo cual en algunos tramos de la línea de impulsión se utilizó tubería de alta presión PVC SDR 11,13.5,17, 26.
- Igualmente, en la red de distribución 1240.38 m fue de tipo abierta y debido a las altas presiones dinámicas se tuvieron que utilizar dos válvulas reductoras de presión y de esta forma se pudo cumplir con los estándares normativos.
- El monto total del proyecto asciende a C\$ 7,400,470.23 córdobas, lo cual se encuentra dentro del presupuesto previsto por la organización donante haciendo el proyecto económicamente viable.

RECOMENDACIONES

Basándose en las conclusiones obtenidas se formularon las siguientes recomendaciones que resultan fundamentales para la efectiva implementación del proyecto:

- Hacer un estudio para establecer el monto de la tarifa que tome en consideración que la mayor parte de la población tiene ingresos menores al salario mínimo y se diseñe una estrategia para obtener recursos adicionales de otras fuentes de financiamiento privadas o públicas.
- Que se mantengan o gestionen los recursos mínimos para hacer la desinfección del agua según los requerimientos de la norma y llevar a cabo el plan de mantenimiento propuesto.
- Debido al relieve montañoso donde se instaló el sistema de agua potable se recomienda aumentar la frecuencia de inspección de las redes y válvulas en el periodo lluvioso debido a los posibles derrumbes o deslizamientos de tierra.
- Supervisar que los proveedores de materiales y servicios cumplan con las especificaciones técnicas y normativas a la hora de ejecutar el presupuesto y adquirir los materiales y equipos.
- Seguir las indicaciones explícitas en el plan de operación y mantenimiento ya que de estas depende la sostenibilidad del sistema.

BIBLIOGRAFIA

- AMANCO. (2006). *Manual tecnico tubosistemas*. San Jose: AMANCO.
- ANA. (2019). *Diseño de Sietema de Abastecimiento de agua potable NTON 09 007-19*. Managua: Ministerio de Fomento, Industria y Comercio.
- AVODEC. (2021). *Proyecto de agua "LAS MESITAS"*. JINOTEGA: AVODEC.
- CAPRE. (1994). *Norma de calidad de agua para consumo humano*. San Jose Costa Rica : Comite coordinador regional de instituciones de agua potable y saneamiento.
- INAA. (1999). *Normas tecnicas para el diseño de abastecimiento y potabilizacion de agua potable (NTON 09 003-99)*. Managua: INAA.
- INAA. (2005). *Guías tecnicas para el diseño de lacantarillado sanitario y sistemas de tratamientos de aguas residuales* . Managua: INAA.
- INTA. (2008). *Aforadores de corrientes de agua*. Santiago del Estero: INTA.
- OCHA . (2015). *oficina para la cooordinacion de asuntos humanitarios* .
- OMS. (2017). *Agua, saneamiento e higiene*. Obtenido de Salubridad y calidad del agua.: http://www.who.int/water-sanitation_healt/water-quality/es/
- OPS. (2005). *Guia para el diseño de estaciones de bombeo de agua potable*. Lima: COSUDE.
- OPS-OMS-COSUDE. (2005). *Guia para el diseño de estaciones de bombeo de agua potable* . Lima : OPS/CEPIS/05.161/UNATSABAR.
- OPS-OMS-COSUDE. (2005). *Guia para el diseño de estaciones de bombeo de agua potable* . Lima : OPS/CEPIS.
- PNUD. (2015). *Programa de las naciones unidas para el desarrollo*.
- Universidad Nacional Agraria. (2015). *Texto basico Autofomativo de topografia general*. Managua: UNA.



ANEXOS

*El agua es crítica para el desarrollo sostenible,
incluyendo la integridad del medio ambiente y el
alivio de la pobreza y el hambre, y es
indispensable para la salud y el bienestar humanos.*

"Naciones Unidas"

Anexo I: Encuesta de estudio poblacional (TIPO FISE)

ENCUESTA SOCIOECONOMICA DE AGUA POTABLE RURAL

Departamento: _____ Municipio: _____

Comunidad: _____ Fecha: _____

Quien es el responsable del hogar:

Padre: _____ Madre: _____ Otro: _____

Nombre de la persona Encuestada: _____

Tipo de Proyecto: _____

Datos personales:

Sexo:

Masculino _____ Femenino _____

Edad _____

Escolaridad _____

Ocupación _____

I. CONDICIONES DE LA VIVIENDA (preg. 1,2,3,4 marcar con x una o más respuestas)

1. La vivienda es: a) Propia _____ b) Prestada _____ c) Alquilada _____

2. Las paredes son de: a) Bloque _____ b) Ladrillo _____ c) Madera _____ d) Otros _____

3. El piso es de: a) Madera _____ b) Tierra _____ c) Ladrillo _____ d) Otros _____

4. El techo es de: a) Zinc _____ b) teja _____ c) Madera _____ d) Palma _____

5. Cuántas divisiones tiene la vivienda: a) Tres _____ c) Dos _____ c) No tiene _____

II. SITUACION ECONOMICA DE LA FAMILIA

6. ¿Cuántas personas del hogar trabajan?

Dentro de la comunidad: H _____ M _____ Total _____

Fuera de la comunidad: H _____ M _____ Total _____

¿Cuál es el ingreso económico promedio mensual, en esta vivienda?

¿de cuánto fue el último pago de energía eléctrica, realizado en la vivienda?

7. ¿En que trabajan las personas del hogar? a) Ganadería _____ b) Agricultura _____
c) Jornaleros _____ d) Otros _____ Cual? _____

8. ¿Qué cultivos realizan? a) Arroz _____ b) Frijoles _____ c) Maíz _____ d) Otros _____

9. ¿Tienen ganado? Si _____ No _____ a) Vacuno _____ b) Equino _____ C) Porcino _____

10. ¿Los animales domésticos se abastecen de agua en? a) Del río _____
b) La quebrada _____ c) El pozo _____

III. RECURSOS Y SERVIVIOS DE AGUA

11. ¿Cuentan con servicio de agua? a) Si _____ Cual: _____

b) No _____ Como se abastecen? _____

c) cuanto pagan de agua al mes? _____

12. ¿Quién busca o acarrea el agua? a) La mujer _____ b) El hombre _____

c) Los niños _____ d) Otros _____ Quien? _____

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

14. ¿En que almacena el agua? a) Barriles _____ b) Bidones _____ c) Pilas _____

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

a) Tapados_____ b) Destapados _____ c) Como_____ (verificar)

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

a) Buena_____ b) Regular _____ c) Mala _____

17. Que condiciones tiene el agua que consumen (Puede marcar varias situaciones)

a) Tiene mal sabor_____ b) Tiene mal olor _____ c) Tiene mal color _____

IV. PROGRAMA DE AGUA POTABLE, SANEAMIENTO E HIGIENE

18. ¿Conoce el Programa de Agua Potable y Saneamiento Rural de la Alcaldía?

a) ¿Si_____ b) No_____ c) Poco _____ Que sabe? _____

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

20. Cuanto estaría dispuesto/a en pagar por este servicio? (Marcar una opción)

a) C\$ 20 a 35_____ b) C\$ 36 a 50 _____ c) C\$ 51 a mas _____

d) No estaría dispuesto/a pagar _____ Por qué? _____

21. Las personas que habitan en esta vivienda PARTICIPARIAN de forma organizada en la construcción de un proyecto de agua potable para su comunidad

a) si _____ b) No _____ ¿por qué? _____

V. SITUACION DE SALUD EN LA VIVIENDA

Enfermedades padecidas por personas de la vivienda el pasado año (cuantos)

Enfermedades	Grupos de edad				Observaciones
	0 a 5	6 a 15	16 a 25	+26	
Diarrea					
Tos					

Resfriados					
Malaria					
Dengue					
Parasitosis					
Infección renal					
Tifoidea					
Hepatitis					
Infecciones dérmicas (piel)					
Otras					

22. ¿Están vacunados los niños y niñas? a) Si _____ b) No _____

Porque _____

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

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

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

24. ¿En la vivienda habitan personas con capacidades diferentes?

Mujeres _____ Cuantas _____ Edad _____

Varones _____ Cuantos _____ Edad _____

GRACIAS

Anexo II: Estudio de calidad del agua



Universidad Nacional de Ingeniería
Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo
Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente
Managua, Nicaragua



LABORATORIOS AMBIENTALES

CERTIFICADO DE ENSAYOS

FQAN-2102-0031

CLIENTE		DIRECCION		TELEFONO	
AVODEC/ENTRAIDE/AGROJOVEN		Barrio San Antonio, Frente al Santuario Señor de Esquipulas-Jinotega		2782-2831	
ATENCIÓN		CARGO		EMAIL	
Lic. Victorino Centeno		Director Ejecutivo AVODEC		centenov@avodec.org	
				CELULAR	
				8854-1977	
DATOS DE LA MUESTRA					
Fecha y Hora de recolección		24/02/2021; 3:00 p.m.		CONTROL DEL LABORATORIO	
Fuente		Manantial Tapada		Ingreso de muestra	
Tipo de muestra		Agua Superficial		25/02/2021	
Ubicación de la fuente		Comunidad Las Mesitas		Inicio de análisis	
Coordenadas		1302.427 N; 8602.228 O		26/02/2021	
Recolectado por		Lic. Victorino Centeno		Finalización de análisis	
Supervisor en campo		Lic. Victorino Centeno		10/03/2021	
				Emisión del certificado	
				10/03/2021	
				No. Cadena de custodia	
				4490	
				Código de muestra	
				LA-2102-0223	
				Muestra No.	
				Uno (01)	
METODO		ENSAYO REALIZADO		RESULTADOS	
SM // EPA // HACH		UNIDAD		Norma CAPRE*	
Visual		Aspecto		NE	
4500-B		Potencial de Hidrógeno		Clara	
2510-B		Conductividad Eléctrica		6.99	
2130-B		Turbiedad		312.00	
2120-C		Color Verdadero		0.649	
2320-B		Alcalinidad		<1.00	
2320-B		Carbonatos		138.20	
2320-B		Bicarbonatos		<0.40	
4500-B		Nitratos		138.20	
4500-B		Nitritos		1.59	
4500-D		Cloruros		<0.003	
3500-B		Hierro Total		17.00	
4500-D		Sulfatos		<0.006	
2340-C		Dureza Total		6.26	
2340-C		Dureza Cálcica		117.20	
3500-B		Calcio		65.40	
3500-B		Magnesio		26.21	
8149		Manganeso		12.59	
3500-X		Sodio		<0.006	
3500-C		Potasio		17.25	
4500-F		Flúor		3.89	
				0.333	
				0.7	

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectivas.
Abreviaturas y símbolos: < menor al Límite de Detección que se especifica por parámetro, NE= No especificada en la Norma, NR= No Reporta
Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 RD 2017, HACH: Metodología HACH
EPA = Environmental Protection Agency, * Normas de Calidad del Agua Para Consumo Humano: Norma Regional CAPRE **Valor Recomendado

OBSERVACIONES: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por el cliente.

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

[Firma]
Ing. María Lidia Gómez
Coordinadora de Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

000492

Dirección: (505) 22781462 • Área Académica 2270-5613 y 8886-6702 (M); Atención al Cliente: 2270-1517 y 8152-7314 (M)
Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (M) • e-mail: atencion.cliente@piensa.uni.edu.ni, infopiensa@uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni



LABORATORIOS AMBIENTALES

CERTIFICADO DE ENSAYOS

MB-2102-0031

CLIENTE		DIRECCION		TELEFONO	
AVODEC/ENTRAIDE/AGROJOVEN		Barrio San Antonio, Frente al Santuario Señor de Esquipulas - Jinotega		2782-2831	
ATENCION		CARGO		EMAIL	
Lic. Victorino Centeno		Director Ejecutivo AVODEC		centenov@avodec.org	
				CELULAR	
				8854-1977	
DATOS DE LA MUESTRA				CONTROL DEL LABORATORIO	
Fecha y Hora de recolección		24/02/2021; 03:00 PM		Ingreso de muestra	
Fuente		Manantial Tapada		25/02/2021	
Tipo de muestra		Agua Superficial		Inicio de análisis	
Ubicación de la fuente		Comunidad Las Mocitas - Jinotega		01/03/2021	
Coordenadas		1305 427 N ; 8602 228 O		Finalización de análisis	
Recolectada por		Lic. Victorino Centeno		Emitido el certificado	
Supervisor en campo		Lic. Victorino Centeno		08/03/2021	
Método		ENSAYO REALIZADO		No. Cadena de custodia	
SM // EPA		UNIDAD		4490	
9221-B		Coliforme Total		Código de muestra	
9221-E		Coliforme Fecal		LA-2102-0223	
				Muestra No.	
				Uno (01)	
				RESULTADOS	
				Norma CAPRE*	
				Negativo	
				Negativo	

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.
Abreviaturas y símbolos: < menor al Límite de Detección que se especifica por parámetro. NR= No Reporta
Métodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 ID 2017
EPA = Environmental Protection Agency, * Normas de Calidad del Agua Para Consumo Humano: Norma Regional CAPRE

OBSERVACIONES: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por el cliente.

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

Ing. María Lidia Gadea
Coordinadora de Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.



Anexo III: Presupuesto

SE USARON FACTOR DE TRANSPORTE DE 1.2458 Y FACTOR DE VENTA DE 1.2599 PARA JINOTEGA SEGÚN EL CATALOGO DEL NUEVO FISE DEL 20 DE MAYO DEL 2022						
ETAPA	SUB ETAPA	DESCRIPCION DE LA ETAPA Y/O SUB ETAPA	U/M	CANTIDAD	COSTO/UNI	COSTO/TOTAL
310		PRELIMINARES				
	1	LIMPIEZA INICIAL	M ²	1672.68	C\$22.03	C\$57,837.80
	2	TRAZO Y NIVELACION NO INCLUYE TOPOGRAFIA	M	1672.68	C\$45.20	C\$118,668.57
	3	OTROS TRABAJOS PRELIMINARES	GLB	1	C\$12,000.00	C\$18,835.00
	4	ROTULO TIPO FISE DE 1.22 m x 2.44 m (ESTRUCTURA METALICA & ZINC LISO) CON BASES DE CONCRETO REF.	C/U	1	C\$25,602.59	C\$40,185.40
320		LIENA DE IMPULSION				
	1	EXCAVACION MANUAL PARA TUBERIA INCLUYE RELLENO Y COMPACTACION	M ³	274.5	C\$950.00	C\$409,308.12
	3	INSTALACION DE TUBERIA INCLUYE SOLO MANO DE OBRA	M	917	C\$120.00	C\$172,716.96
	4	TUBERIA DE 2" DE DIÁMETRO SDR 11 (NO INCLUYE EXCAVACION)	M	180	C\$845.00	C\$238,733.64
	5	TUBERIA DE 2" DE DIÁMETRO SDR 13.5 (NO INCLUYE EXCAVACION)	M	130.43	C\$450.00	C\$92,124.34
	6	TUBERIA DE 2" DE DIÁMETRO SDR 17 (NO INCLUYE EXCAVACION)	M	193.68	C\$320.00	C\$97,279.01
	7	TUBERIA DE 2" DE DIÁMETRO SDR 26 (NO INCLUYE EXCAVACION)	M	417.8	C\$150.00	C\$98,365.79
	8	CODO 2" PVC CH 40 DE 45° (NO INCLUYE EXCAVACION)	C/U	9	C\$158.16	C\$2,234.21

**SE USARON FACTOR DE TRANSPORTE DE 1.2458 Y FACTOR DE VENTA DE 1.2599 PARA JINOTEGA SEGÚN EL CATALOGO DEL NUEVO FISE
DEL 20 DE MAYO DEL 2022**

ETAPA	SUB ETAPA	DESCRIPCION DE LA ETAPA Y/O SUB ETAPA	U/M	CANTIDAD	COSTO/UNI	COSTO/TOTAL
	9	CODO 2" PVC CH 40 DE 90° (NO INCLUYE EXCAVACION)	C/U	2	C\$189.03	C\$593.40
	10	VALVULAS DE PURGA DE AIRE Y VACIO DE HIERRO FUNDIDO DIAMETRO DE 2" INCLUYE ACCESORIOS	C/U	4	C\$4,750.00	C\$29,822.08
	11	PRUEBA HIDROSTATICA	M	914.78	C\$4.00	C\$5,743.29
321		LIENA DE CONDUCCION POR GRAVEDAD				
	1	EXCAVACION MANUAL PARA TUBERIA INCLUYE RELLENO Y COMPACTACION	M³	131.26	C\$600.00	C\$123,614.11
	2	INSTALACION DE TUBERIA DE PVC Diám. =2" (SDR-26),(NO INCL.EXC.)(SOLO MANO DE OBRA)	ML	376.98	C\$110.24	C\$65,229.18
	3	TUBERIA DE 2" DE DIÁMETRO SDR 26	ML	376.98	C\$245.45	C\$145,233.15
	4	VALVULAS REDUCTORAS DE PRESION Br. 2"	C/U	2	C\$21,406.32	C\$67,198.01
330		RED DE DISTRIBUCION				
	1	EXCAVACION PARA TUBERIA INCLUYE RELLENO Y COMPACTACION	M³	496.15	C\$600.00	C\$467,249.29
	2	NIVELACION Y CONFORMACION	M²	496.15	C\$130.00	C\$101,237.35
	3	RELLENO Y COMPACTACIÓN	M³	645	C\$102.79	C\$104,062.67
	4	TUBERIA DE 1 ½" DE DIÁMETRO SDR 26	M	1240.38	C\$220.45	C\$429,189.67
	5	INSTALACION DE TUBERIA DE PVC Diám. =1½" (SDR-26), (NO INCL.EXC.) (SOLO MANO DE OBRA)	M	1240.38	C\$32.19	C\$62,670.06

SE USARON FACTOR DE TRANSPORTE DE 1.2458 Y FACTOR DE VENTA DE 1.2599 PARA JINOTEGA SEGÚN EL CATALOGO DEL NUEVO FISE DEL 20 DE MAYO DEL 2022						
ETAPA	SUB ETAPA	DESCRIPCION DE LA ETAPA Y/O SUB ETAPA	U/M	CANTIDAD	COSTO/UNI	COSTO/TOTAL
	6	VÁLVULAS DE COMPUERTA DE 1 ½" INCLUYE ADAPTADORES MACHO	C/U	5	C\$1,820.71	C\$14,288.78
	7	CODO DE 1 1/2" PVC CH 40 EN 45°	C/U	18	C\$115.17	C\$3,253.84
	8	TEE LISA DE PVC Diám. =1½" (SCH 40) (ASTM D2466)	C/U	4	C\$152.97	C\$960.40
	9	TAPONES LISOS DE 1 1/2" CH 40	C/U	5	C\$50.27	C\$394.51
	10	VALVULAS DE LIMPIEZA DE 1 1/2"	C/U	5	C\$1,260.00	C\$9,888.38
	11	VALVULA REGULADORA DE PRESION DE HIERRO FUNDIDO Diámetro. =2"	C/U	2	C\$66,440.38	C\$208,567.44
335		TANQUE DE ALMACENAMIENTO				
	1	TANQUE DE ALMECENAMIENTO ROTOPLAS CAPACIDAD DE 10,000 L DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD INCLUYE ACCESORIOS	C/U	1	C\$137,413.80	C\$215,682.42
	2	EXCAVACION MANUAL EN TERRENO NATURAL	M³	3.69	C\$1,200.00	C\$6,950.12
	3	ACARREO MANUAL DE TIERRA SUELTA CON CARRETILLA A Dist.=De 0 a 20 m	M³	4.79	C\$2,927.22	C\$22,007.73
	4	CONFORMACION Y COMPACTACION DE TERRENO NATURAL	M²	18.49	C\$84.89	C\$2,463.64
	5	MEZCLA MANUAL DE SUELO-CEMENTO PROPORCION 1:10(C:S) (1 DE CEMENTO y 10 DE SUELO)	M³	5.54	C\$1,750.00	C\$15,217.11

SE USARON FACTOR DE TRANSPORTE DE 1.2458 Y FACTOR DE VENTA DE 1.2599 PARA JINOTEGA SEGÚN EL CATALOGO DEL NUEVO FISE DEL 20 DE MAYO DEL 2022						
ETAPA	SUB ETAPA	DESCRIPCION DE LA ETAPA Y/O SUB ETAPA	U/M	CANTIDAD	COSTO/UNI	COSTO/TOTAL
	6	ACERO DE REFUERZO #3 GRADO 40 A CADA 15 CM EN AMBAS DIRECCIONES	LBS	600	C\$55.00	C\$51,796.25
	7	FORMALETA CON TABLAS DE 10" X 5 VRS Y CUARTON DE 2"*2"*5 VARAS	M²	16	C\$450.00	C\$11,301.00
	8	CONCRETO DE 3000 PSI PARA LOSA DE 4M X 4M X 0.15CM (MEZCLADO A MANO) NO INCLUYE FINO	M³	2.4	C\$9,361.61	C\$35,265.19
	9	CLORADOR (DOSIFICADOR DE CLORO)	C/U	1	C\$3,618.00	C\$5,678.75
	10	FINO CORRIENTE INTEGRADO PARA LOSA	M²	16	C\$175.00	C\$4,394.83
345		ESTACIÓN DE BOMBEO - AGUA POTABLE				
	1	TUBERIA HG CH 40 DE 1 1/2 PULGADAS INCLUYE NIPLES	M	7.3	C\$650.00	C\$7,447.67
	2	SARTA DE TUBERIA DE HIERRO GALVANIZADO Diám. = 1½"(INCL. 2 VALVULAS DE BRONCE Diámv. = 2"+1 VALVULA DE BRONCE Diám.=1½",Long.=6m (NO INCL. MEDIDOR)	C/U	1	C\$26,002.34	C\$40,812.84
	3	CASETA DE CONTROL	M²	12	C\$8,500.00	C\$160,097.51
	4	VALVULAS DE PURGA DE AIRE Y VACIO DE HIERRO FUNDIDO DIAMETRO DE 2"	C/U	2	C\$11,195.64	C\$35,144.98
	5	MEDIDOR BAR METERS WOLTMAN 11/2" CM-BMW-050	C/U	1	C\$7,980.00	C\$12,525.28

**SE USARON FACTOR DE TRANSPORTE DE 1.2458 Y FACTOR DE VENTA DE 1.2599 PARA JINOTEGA SEGÚN EL CATALOGO DEL NUEVO FISE
DEL 20 DE MAYO DEL 2022**

ETAPA	SUB ETAPA	DESCRIPCION DE LA ETAPA Y/O SUB ETAPA	U/M	CANTIDAD	COSTO/UNI	COSTO/TOTAL
	6	MANOMETRO HIDRÁULICO TUBO BOURDON ¼"(Carcasa de ACERO INOXIDABLE) presion trabajo=De 0 a 300 PSI con dial circular Diám.=3",lectura en doble escala	C/U	1	C\$2,152.38	C\$3,378.34
	7	VALVULA DE RETENCION	C/U	1	C\$18,413.35	C\$28,901.29
	8	VALVULA DE PURGA	C/U	1	C\$10,523.56	C\$16,517.61
	9	VALVULA (o LLAVE) DE PASE DE HIERRO FUNDIDO Diám.=1 1/2" EXTREMOS BRIDADOS	C/U	1	C\$11,462.14	C\$17,990.78
	10	NIPLERIA Y ACCESORIOS HG PARA SARTA GALVANIZADA LONGITUD DE 6M	GLB	1	C\$14,788.08	C\$23,211.13
	11	INSTALACIONES ELÉCTRICAS -MEDIA TENSIÓN	GLB	1	C\$155,000.00	C\$243,285.43
	12	CERCAS PERIMETRALES Y PORTONES	M²	50	C\$1,500.00	C\$117,718.76
	13	INSTALACIONES ELÉCTRICAS -BAJA TENSIÓN	GLB	1	C\$50,000.00	C\$78,479.17
	14	BOMBA SUMERJIBLE FPS 4400 MARCA FRANKLIN ELECTRIC DE 5 HP DE 15 GPM TRI SERIAL	C/U	2	C\$107,015.00	C\$335,937.94
	15	BOMBA SUMERJIBLE FPS 4400 MARCA FRANKLIN ELECTRIC DE 2 HP DE 10 GPM TRI SERIAL	C/U	2	C\$42,800.00	C\$134,356.34
	16	CAJA DE CONTROL PARA MOTOR SUMERJIBLE MARCA FRANKLIN ELECTRIC	C/U	2	C\$5,400.00	C\$16,951.50
	17	SISTEMA DE PROTECION PUMP TEC PLUS MARCA FRANKLIN ELECTRIC	C/U	2	C\$14,400.00	C\$45,204.00

**SE USARON FACTOR DE TRANSPORTE DE 1.2458 Y FACTOR DE VENTA DE 1.2599 PARA JINOTEGA SEGÚN EL CATALOGO DEL NUEVO FISE
DEL 20 DE MAYO DEL 2022**

ETAPA	SUB ETAPA	DESCRIPCION DE LA ETAPA Y/O SUB ETAPA	U/M	CANTIDAD	COSTO/UNI	COSTO/TOTAL
	18	ARRANCADOR MACNETICO CONTACTOR + BI METALICO PARA MOTOR DE 5 HP	C/U	1	C\$55,500.00	C\$87,111.88
	19	ARRANCADOR MACNETICO CONTACTOR + BI METALICO PARA MOTOR DE 2 HP	C/U	1	C\$22,200.00	C\$34,844.75
350		CARCAMO DE BOMBEO				
	20	PAREDES DE CONCRETO SOLIDO DE 1.2 M*7.50 M PARA CARCAMO DE BOMBEO INCLUYE FINO CORRIENTE ACABADO LISO PARA PAREDES DE ESPESOR DE 15 CM INCLUYE EXCAVACION Y DESALOJO DE MATERIAL	M ²	35.04	C\$2,500.00	C\$137,495.51
	21	ACERO DE REFUERZO #3 GRADO 40 A CADA 15 CM	LBS	400	C\$55.00	C\$34,530.84
	22	FORMALETA CON TABLAS DE 10" X 5 VRS Y CUARTON DE 2"*2"*5 VARAS	M ²	70.08	C\$450.00	C\$49,498.38
	23	CONCRETO DE 3000 PSI PARA LOSA DE 1.2M X 1.2 X 0.15CM (MEZCLADO A MANO) INCLUYE FINO	M ³	0.21	C\$9,361.00	C\$3,085.50
	24	TUBO DE 4" PVC SDR 41 INCLUYE EXCAVACION CAMA DE ARENA Y RELLENO MANUAL COMPACTADO	M	6	C\$750.00	C\$7,063.13

**SE USARON FACTOR DE TRANSPORTE DE 1.2458 Y FACTOR DE VENTA DE 1.2599 PARA JINOTEGA SEGÚN EL CATALOGO DEL NUEVO FISE
DEL 20 DE MAYO DEL 2022**

ETAPA	SUB ETAPA	DESCRIPCION DE LA ETAPA Y/O SUB ETAPA	U/M	CANTIDAD	COSTO/UNI	COSTO/TOTAL
	25	CONSTRUCCION DE OBRA DE TOMA COM BLOQUE DE 0.20 CM X 0.40 CM INCYLLE TAPA METALICA DE 0.60 CM X 0.60 CM Y ACABADO FINO	M ²	1.08	C\$2,500.00	C\$4,237.88
355		CONEXIONES DOMICILIARES				
	1	CONEXION DOMICILIAR CON ABRAZADERA (SILLETA LISA PVC) DE 2"x½" y TUBO DE PVC Diám. = ½" SDR-13.5, Lts =12m, (NO INCL. MEDIDOR, NI (VÁLVULA) (NO INCL. EXC)	C/U	42	C\$1,084.18	C\$71,471.86
	2	VALVULA (o LLAVE) DE PASE DE HIERRO FUNDIDO Diám. = 1½" EXTREMOS ROSCA (NO INCL.EXC)	C/U	5	C\$6,129.59	C\$48,104.51
	3	TUBERIA DE PVC Diám. = 1 ½" (SDR-13.5) (ASTM D2241) (JUNTA CEMENTADA) (NO INCL.EXCAVACIÓN)	M	504	C\$55.98	C\$44,284.10
	5	PROTECTORES HIERRO FUNDIDO DE VALVULAS INCLUYE TAPA METALICA	C/U	5	C\$2,585.43	C\$20,290.24
	6	INSTALACION DE MEDIDOR DE AGUA POTABLE Diám. = 1 ½" (NO INCL. MEDIDOR) + 2 ADAPTADORES MACHOS DE PVC Diám. =1 ½"	C/U	42	C\$1,377.00	C\$90,775.29

SE USARON FACTOR DE TRANSPORTE DE 1.2458 Y FACTOR DE VENTA DE 1.2599 PARA JINOTEGA SEGÚN EL CATALOGO DEL NUEVO FISE DEL 20 DE MAYO DEL 2022						
ETAPA	SUB ETAPA	DESCRIPCION DE LA ETAPA Y/O SUB ETAPA	U/M	CANTIDAD	COSTO/UNI	COSTO/TOTAL
	7	MEDIDOR DE BRONCE PARA AGUA POTABLE Diám. =½"(Tipo volumétrico, Clase C, CON 2ADAPTADORES DE PVC Diám. = ½") (NO INCL. CAJA) PARA USO DOMICILIAR	C/U	42	C\$1,572.25	C\$103,646.66
	8	CAJA PREFABRICADA DE CONCRETO PARA MEDIDOR DE AGUA POTABLE +TAPA RECTANGULAR DE HIERRO FUNDIDO ASTM A 48, Ancho=0.28 m, L=0.42m PARA USO DOMICILIAR	C/U	42	C\$4,282.64	C\$282,322.35
	9	VALVULA DE COMPUERTA DE 1/2" DE HIERO FUNDIDO (INCLUYE ACCESORIOS)	C/U	42	C\$864.20	C\$56,970.23
370		LIMPIEZA FINAL Y ENTREGA				
	1	LIMPIEZA FINAL	GLB	1	C\$5,000.00	C\$7,847.92
	2	ENTREGA Y DETALLES	DIA	5	C\$4,500.00	C\$35,315.63
	3	PLACA CONMEMORATIVA	C/U	1	C\$15,000.00	C\$23,543.75
SUBTOTAL						C\$6,016,642.47
ADMINISTRACIÓN 10%						C\$601,664.25
IMPUESTO ALCALDÍA 1%						C\$60,166.42
IMPUESTO RENTA 2%						C\$120,332.85
UTILIDADES 10%						C\$601,664.25
TOTAL C\$						C\$7,400,470.23

Fuente: Elaboración propia

Anexo IV: Tablas de plan de operación y mantenimiento

Tabla 41: Operación y mantenimiento de captación y fuente de agua

Frecuencia	Tareas
Mensualmente	Detectar cambios visibles en la calidad del agua como el color, la turbiedad y el olor e informar a las autoridades municipales sobre malas prácticas que estarían contaminando la fuente. Como por ejemplo aplicación de elementos nocivos para la salud (plaguicidas, herbicidas, pesticidas, minerales, etc.)
	Verificar que las cercas de protección estén en perfecto estado.
	Inspeccionar los nuevos árboles sembrados para proteger la fuente.
Cada 6 meses	Observar si hay derrumbes de tierra u otros cambios en el suelo
	Realizar campañas de limpieza (recoger los envases o empaques de estos productos abandonados en las orillas de los ríos o fuentes de abastecimiento o botellas, vidrios u objetos brillantes que puedan concentrar los rayos del sol y causar incendios).
	Verificar si hay nuevas viviendas o actividades humanas en los alrededores de la fuente.
	Observar si hay cambios en las laderas o en el bosque que rodea la fuente.
Una vez al año	Organizar jornadas de siembra de árboles y otras especies nativas en el área de la microcuenca.
	Promover acciones dentro de la comunidad para la vigilancia y cuidado de la microcuenca.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 42: Operación y mantenimiento tratamiento de agua

Frecuencia	Tareas
Mensual	Inspeccionar las reservas de cloro en bodega
	comprobar su buen almacenamiento
Diario	Lavado del hipo clorador de carga constante
	Preparación de la mezcla de hipo clorito de sodio al 2%
	Calibración de la gota del hipo clorador
	Aplicación del cloro al tanque de almacenamiento
	Calibración de la cantidad de cloro a aplicar en función de los resultados de cloro residual

Fuente: Elaboración propia

Tabla 43: Operación y mantenimiento estación de bombeo

Frecuencia	Tareas
Semanalmente	Observar anomalías (vibraciones, ruido o calentamiento excesivo) Usualmente la esfera de un rodamiento emitirá un ruido cuando existe una falla inminente. Este aviso temprano da el tiempo necesario para planificar un cierre por mantenimiento y llamar a un técnico calificado.
Cada mes	Observar y registrar y el consumo de electricidad de la bomba, para luego comparar los datos de meses anteriores.
Cada dos años	Realizar aforo y curva de bombeo para compararla con registros anteriores e identificar si hay un desgaste en la bomba.
Diario	En la sarta revisar el buen funcionamiento del manómetro, macro medidor, válvulas de seguridad y válvulas de aire.
	Comprobar que no existan fugas de agua en la sarta
Cada 6 meses	Comprobar la existencia en bodega de piezas de remplazo para la sarta

Fuente: Elaboración propia

Tabla 44: Operación y mantenimiento línea de impulsión o conducción

Frecuencia	Tareas
Cada 15 dias	Inspeccionar y promover la protección de la línea de impulsión, válvulas de aire, desagües, rompe presiones y pasos de quebrada.
	Buscar y corregir las fugas, roturas y conexiones clandestinas.
	Abrir y cerrar lentamente las válvulas de desagüe y lubricarlas.
	Verificar el correcto funcionamiento de las llaves.
	Limpiar el área cercana a la línea de conducción.
	Observar el estado de conservación y estabilidad de los anclajes.
	Detectar síntomas de inestabilidad en el suelo.
	No permitir que la tubería que no tiene filtro solar esté expuesta al sol.
	Limpiar las obstrucciones y el sedimento.
	Arreglar las roturas o fisuras en tuberías, válvulas y accesorios.

Frecuencia	Tareas
Cada vez que sea necesario	Si hay dificultad en el manejo de la válvula o si hay fugas, verificar el estado de la empaquetadura y si fuera necesario reemplazarla. En las válvulas que presentan fugas por la contratuerca superior, observar si la fuga se debe a que se ha aflojado la contratuerca, en cuyo caso ajustarla, o si se debe al desgaste de la estopa, cambiarla. Poner aceite de baja viscosidad entre el vástago y la contratuerca.
	Arreglar las roturas o fisuras en tuberías, válvulas y accesorios.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 45: Operación y mantenimiento tanque de almacenamiento

Frecuencia	Tareas
Semanalmente	Revisar que las tapas de las cámaras de válvulas estén bien cerradas y aseguradas.
Una vez al año	Revisar tanto el exterior y el interior del tanque para detectar si existen fugas, rajaduras.
Cada 6 meses	Revisar la presencia de sedimentos en el fondo del tanque y si requiere lavado.
Cada vez que sea necesario	Limpiar el área circundante eliminando cualquier foco de contaminación.
	Proteger el agua del tanque de la entrada de agentes extraños. Instale tapas o cambie los empaques protectores.
	Revisar el buen funcionamiento del macro medidor.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 46: Operación y mantenimiento red de distribución

Frecuencia	Tareas
Mensualmente	Inspeccionar y promover la protección de la red de distribución, válvulas de aire, desagües, rompe presiones
	Buscar y corregir las fugas, roturas y conexiones clandestinas
	Abrir y cerrar lentamente las válvulas de desagüe y lubricarlas
	Verificar el correcto funcionamiento de las llaves
	Limpiar el área cercana a la red de distribución
	Observar el estado de conservación y estabilidad de los anclajes.

Frecuencia	Tareas
	Detectar síntomas de inestabilidad en el suelo
	No permitir que la tubería que no tiene filtro solar esté expuesta al sol.
Cada vez que sea necesario	Limpiar las obstrucciones y el sedimento
	Arreglar las roturas o fisuras en tuberías, válvulas y accesorios.
	Si hay dificultad en el manejo de la válvula o si hay fugas, verificar el estado de la empaquetadura y si fuera necesario reemplazarla. En las válvulas que presentan fugas por la contratuerca superior, observar si la fuga se debe a que se ha aflojado la contratuerca, en cuyo caso ajustarla, o si se debe al desgaste de la estopa, cambiarla. Poner aceite de baja viscosidad entre el vástago y la contratuerca.
	Arreglar las roturas o fisuras en tuberías, válvulas y accesorios.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 47: Operación y mantenimiento conexiones domiciliarias

Frecuencia	Tareas
Mensualmente	Inspeccionar las fugas en las conexiones de los medidores
	Buscar y corregir las fugas, roturas y conexiones clandestinas
	Verificar el correcto funcionamiento de las llaves
	Limpiar el área cercana al medidor
	Observar el estado de conservación de la caja protectora del medidor
	No permitir que la tubería que no tiene filtro solar esté expuesta al sol.
Cada vez que sea necesario	Limpiar las obstrucciones y el sedimento en las cajas protectoras de los medidores
	Arreglar las roturas o fisuras en tuberías, válvulas y accesorios.
	Si hay dificultad en el manejo de la válvula o si hay fugas, verificar el estado de la empaquetadura y si fuera necesario reemplazarla.
	Arreglar las roturas o fisuras en tuberías, válvulas y accesorios.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 48: Bitácora de control de mantenimiento

Fecha	Actividad Realizada	Materiales y repuestos utilizados	Fecha del próximo mantenimiento	Responsable
	Limpieza de tanque			
	Recorrido de las tuberías de impulsión-red de distribución si hay sospecha de fuga			
	Revisión de válvulas, ventosas y purgas			
	Lavado del cárcamo de bombeo			
	Lavado de tanque			
	Chequeo de y/o cámara de válvulas			
	Chequeo de hipo clorador			
	Revisión de bodegas para comprobar inventario de accesorios y herramientas			
	Revisión de las bodegas de almacenamiento de cloro			
	Limpieza de los predios de la estación de bombeo, tanque y ruta de línea de conducción			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 49: Bitácora de control de operaciones

Fecha	Actividad realizada-daño reparado	Causa	Localización	Materiales y repuestos utilizados	Responsable

Fuente: Elaboración propia



Universidad
Nacional de
Ingeniería

ÁREA DE CONOCIMIENTO DE INGENIERIA Y

“DISEÑO DE MINI ACUEDUCTO POR BOMBEO ELECTRICOC LA COMUNIDAD LAS MESITAS, MUNICIPIO DE JINO

Anexo V: Juego de planos que incluye (Planos topográficos, planos de diseño



INDICE DE PLANOS	
CONTENIDO	Nº
PLANOS DE LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO	1-9

Anexo VI: Ilustraciones de las condiciones actuales de la comunidad

Ilustración 49: Parte del camino con difícil acceso para poder abastecerse de agua



Ilustración 50: Parte del camino para llegar al pozo



Ilustración 51: Pozo desde el cual se abastece gran parte de la comunidad



Ilustración 52: Interior del pozo de donde se extrae el agua con baldes



Ilustración 53: Una de las formas en que los habitantes acarrean agua

