

Facultad de Tecnología de la Construcción

“DISEÑO DE UN MINI ACUEDUCTO POR BOMBEO CON ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN LA COMUNIDAD DE MONTE VERDE, MUNICIPIO DE PALACAGÜINA, DEPARTAMENTO DE MADRIZ”.

Trabajo Monográfico para optar al título de
Ingeniero Civil

Elaborado por:

Br. Elizabeth Karolina
Urbina Joya
Carnet: 2017-0156N

Br. Jefry Ramón
Guardado Martínez
Carnet: 2017-0144N

Br. Yahoska Sarahí
Matute Muñoz
Carnet: 2017-0170N

Tutor:

Ing. Byron Antonio
Silva Rocha

Asesor:

Ing. Juan Leonardo
Chow

Dedicatoria

Este trabajo monográfico se lo dedico primeramente a Dios por haberme dado la vida, sabiduría, inteligencia y la oportunidad para poder culminar mis estudios universitarios.

A mi abuela Valentina Olivas, que estuvo en todos los momentos de este proceso, por su apoyo y amor incondicional, sé que ella está orgullosa de mi desde el cielo.

A mi madre Delia María Joya Olivas, por traerme al mundo y ayudarme en todo momento, a Reyna Isabel Joya Olivas, mi tía por cuidarme desde pequeña para que mi mamá pudiera trabajar y sacarme adelante.

A mi abuelo Juan José Joya por ser un gran padre ejemplar, por educarme con firmeza y honestidad.

Y por supuesto me la dedico a mí, porque después de tantos momentos duros al final estoy tan cerca de cumplir uno de mis grandes sueños.

Br. Elizabeth Karolina Urbina Joya

Dedicatoria

Dedico uno de mis grandes logros a Dios por haberme dado la vida y la sabiduría de elegir esta hermosa carrera y darme la oportunidad de culminarla, así también por regalarme la fuerza para poder salir adelante cada día.

A toda mi familia, principalmente a mis padres por siempre apoyarme y mostrarme el camino del bien, gracias a ellos estoy a punto de cumplir una de mis metas más importantes.

A mis amigos y compañeros de clase por ser cómplices en esta trayectoria, por haber compartido muchos momentos buenos y malos y nunca rendirnos.

Br. Jefry Ramon Guardado Martínez

Dedicatoria

Esta tesis la dedico primeramente a Dios por prestarme vida y haberme regalado las fuerzas necesarias para hacer realidad una de mis metas tan importantes en mi vida.

A mi padre Gustavo Ariel Matute por ser mi pilar, sustento y por brindarme su apoyo en todo momento.

A mi madre Fátima Muñoz por estar a mi lado a mis 23 años de edad, por ser mi cómplice y nunca dejarme de la mano, pero sobre todo por nunca dejar de creer en mí.

A mi hermana Fariela Matute e hijo Yeshua Adriel Matute por ser mi inspiración

A mis abuelos, por estar dándome animo en todo momento y demostrarme que todo lo que uno se propone se puede cumplir.

Br. Yahoska Sarahí Matute Muñoz

Agradecimiento

Primeramente, agradecemos a Dios todo poderoso por habernos regalado vida, salud y fuerzas en todo momento, hasta permitirnos llegar a este proceso.

A nuestras familias, por darnos su apoyo incondicional en todo instante ya que si no fuese por ellos no estuviésemos a punto de cumplir nuestro sueño de convertirnos en Ingenieros civiles.

A nuestros amigos, docentes y compañeros de la universidad por haber compartido muchas etapas llenas de alegría, tristeza, sueños y anhelos por cumplir, sobre todo por creer en nosotros y motivarnos a seguir adelante.

Agradecemos a la alcaldía municipal de Palacagüina quienes nos apoyaron y brindaron información desde el primer momento para la realización del proyecto.

Un especial agradecimiento a nuestro tutor **Ing. Byron Antonio Silva Rocha** y asesor **Ing. Juan Leonardo Chow** por brindarnos su conocimiento, apoyo y tiempo en todo este proceso.

Br. Elizabeth Karolina Urbina Joya

Br. Jefry Ramon Guardado Martínez

Br. Yahoska Sarahi Matute Muñoz

Resumen ejecutivo

Este documento presenta el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable por bombeo con energía fotovoltaica (MABE) en la comunidad Monte Verde. Para el diseño fueron necesarios realizar estudios socioeconómicos, topográficos e hidrogeológicos, así como análisis de la calidad del agua.

Con relación a la demografía se encontró que la población mayormente está en un rango de edades comprendido entre 31 y 60 años, así mismo el nivel de ingreso mostró que el 89% de la población recibe menos de C\$ 6000 mensual, siendo por lo tanto una población pobre. Por otra parte, el 88% de las familias tienen un sistema de saneamiento, no obstante, el 35% se encuentran en mal estado.

El relieve donde se realizó el levantamiento topográfico es irregular, pero con poca variación de altura, con cotas máxima de 610.34 m y mínima de 583.009 m, con un pendiente promedio del 6.45% y se levantaron un total de 696.46 m, de los cuales 284.61 m correspondieron a la distancia de la fuente a donde se colocó el tanque y 411.85 m corresponden a trochas y caminos de la comunidad.

El acuífero está conformado por rocas fisuradas, tobas riolíticas y dacíticas con una transmisibilidad de $21.29 \text{ m}^2/\text{día}$ y una permeabilidad de $3.2 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$, esto indica que es un acuífero con mala permeabilidad, ya que según la clasificación de Jaramillo 2002 los acuíferos con $1 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$ se catalogan malo.

La calidad del agua en sus parámetros fisicoquímico, metales y bacteriológicos, cumplen con la norma CAPRE.

El MABE para abastecer una población futura de 141 habitantes para los próximos 20 años, se diseñó con una línea de conducción de tubería PVC SDR 26 de 2" con una longitud de 284.61 m y capacidad de 0.98 l/s con una bomba de 1,100 w operada con 11 paneles de 250 w mediante energía fotovoltaica durante 5.63 horas de bombeo que corresponde a las horas solar pico (HSP), así mismo se dimensionó una línea de impulsión con tubería PVC SDR 26 de 1 ½" con longitud de 411.85 m dividida en 4 tramos y con una capacidad de 0.37 l/s. La red será abastecida mediante un tanque de polietileno de 5 m^3 ubicado en la cota 610.34 m, en el cual

se hará la desinfección con cloro al 1.5% que se aplicará a una tasa de 0.12 l/h con un hipoclorador de carga constante.

El costo total del MABE el cual fue dividido en 8 etapas se estimó en C\$2,177,753.79.

Índice

Capítulo I. Generalidades.....	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Antecedentes	3
1.3 Justificación.....	4
1.4 Objetivos	5
1.4.1 Objetivo general	5
1.4.2 Objetivos específicos	5
Capítulo II. Marco teórico	6
2.1 Estudio socio-económico.....	6
2.1.1 Encuesta.....	6
2.1.2 Censo	6
2.2 Topografía.....	6
2.2.1 Levantamiento.....	7
2.3 Caracterización hídrica de la zona.....	7
2.3.1 Fenómeno climático de El Niño y sus efectos	7
2.3.2 Aguas subterráneas	8
2.3.3 Acuíferos	8
2.3.4 Porosidad	9
2.3.5 Permeabilidad	9
2.3.6 Transmisibilidad	10
2.3.7 Pozos.....	10
2.4 Aforo de fuente y calidad de agua.....	10
2.4.1 Aforo	10

2.4.2	Calidad del agua	10
2.5	Diseño de sistema de agua potable	11
2.5.1	Caudales de diseño	11
2.5.2	Componentes hidráulicos del sistema de agua potable	11
2.5.3	Sistema fotovoltaico y sus componentes	13
Capítulo III.	Diseño metodológico	16
3.1	Diseño metodológico	16
3.2	Tipo de estudio.....	16
3.3	Macro y micro localización.....	16
3.3.1	Macro localización.....	16
3.3.2	Micro localización	16
3.4	Estudio socioeconómico	17
3.5	Estudio topográfico	17
3.5.1	Etapa de campo	17
3.5.2	Etapa de gabinete	17
3.6	Caracterización hidrogeológica de la zona de estudio	18
3.6.1	Abatimiento.....	18
3.6.2	Transmisividad y permeabilidad hidráulica	19
3.6.3	Transmisividad	19
3.7	Calidad de agua y aforo.....	20
3.7.1	Calidad de agua	20
3.7.2	Aforo	20
3.8	Diseño de MABE.....	20
3.8.1	Vida útil.....	20
3.8.2	Población de diseño.....	21

3.8.3	Dotación.....	21
3.8.4	Consumo doméstico	22
3.8.5	Factores de la demanda	22
3.8.6	Consumo promedio diario.....	22
3.8.7	Pérdidas.....	23
3.8.8	Consumo máximo diario	23
3.8.9	Consumo máximo horario.....	24
3.8.10	Diseño de columna de bombeo.....	25
3.8.11	Diseño de sarta.....	26
3.8.12	Diseño de la línea de impulsión	27
3.8.13	Carga total dinámica	28
3.8.14	Golpe de ariete	28
3.8.15	Selección de la bomba	31
3.8.16	Diseño de tanque de almacenamiento	31
3.8.17	Desinfección.....	32
3.8.18	Simulación hidráulica.....	32
3.8.19	Simulación de cloro	33
3.9	Presupuesto	34
Capítulo IV. Resultados.....		35
4.1	Estudio socioeconómico	35
4.1.1	Características de la población.....	35
4.1.2	Situación económica en el hogar.....	37
4.1.3	Condiciones de la vivienda	41
4.1.4	Servicios	45
4.1.5	Saneamiento	50

4.2	Estudio topográfico	54
4.3	Caracterización hidrogeológica del sitio.....	55
4.4	Calidad del agua y aforo.....	59
4.4.1.	Calidad del agua	59
4.4.2.	Aforo de la fuente.....	59
4.5	Diseño de MABE.....	60
4.5.1	Vida útil.....	60
4.5.2	Población de diseño.....	60
4.5.3	Dotación.....	61
4.5.4	Consumo doméstico	61
4.5.5	Factores de la demanda	61
4.5.6	Consumo promedio diario.....	62
4.5.7	Pérdidas.....	62
4.5.8	Consumo máximo diario	62
4.5.9	Consumo máximo horario.....	63
4.5.10	Caudal de bombeo	63
4.5.11	Diseño de la columna de bombeo.....	65
4.5.12	Diseño de sarta.....	66
4.5.13	Diseño de la línea de impulsión	68
4.5.14	Carga total dinámica.....	69
4.5.15	Golpe de ariete	69
4.5.16	Selección de la bomba	73
4.5.17	Instalación del sistema fotovoltaico.....	76
4.5.18	Diseño tanque de almacenamiento.....	79

4.5.19	Desinfección.....	79
4.6	Simulación hidráulica del acueducto al 100% de su capacidad.....	81
4.6.1	Línea de conducción	83
4.6.2	Red de distribución.....	85
4.7	Simulación de cloro.....	93
4.8	Elaboración de planos	96
4.9	Presupuesto	97

Índice de figuras

Figura 1 Radiación solar promedio anual Palacagüina.....	24
Figura 2 Población por sexo	36
Figura 3 Población por rango de edad	37
Figura 4 Cantidad de personas que trabajan en el hogar.....	38
Figura 5 Ingreso económico mensual.....	39
Figura 6 Ocupación habitantes de la comunidad	40
Figura 7 Nivel de educación en los habitantes.....	41
Figura 8 Propietario de la vivienda	42
Figura 9 Paredes de la vivienda	43
Figura 10 Piso de la vivienda.....	44
Figura 11 Piso en la vivienda.....	45
Figura 12 Tipo de servicio de agua.....	46
Figura 13 Personas que acarrear el agua	47
Figura 14 Tiempo de acarreo del agua.....	48
Figura 15 Abastecimiento de agua en las viviendas.....	49
Figura 16 Escasez de agua en verano	50
Figura 17 Saneamiento de viviendas	51
Figura 18 Saneamiento de viviendas	52
Figura 19 Uso de las aguas grises	53
Figura 20 Provincias geológicas de Nicaragua	55
Figura 21 Litología del municipio de Palacagüina.....	56
Figura 22 Coeficiente de permeabilidad k (cm/s).....	58
Figura 23 Horas de radiación solar.....	63

Figura 24 Horas de radiación solar en Palacagüina	64
Figura 25 Relación de potencia, caudal y horas solares pico	65
Figura 26 Esquema de la sobrepresión, cargas dinámicas y estáticas.	72
Figura 27 Nomograma de operación bomba Franklin Electric 70SDSP-1.1 KW SUBDRIVE SOLARPAK.....	74
Figura 28 Características de la bomba seleccionada	74
Figura 29 Horas de radiación solar en Palacagüina	75
Figura 30 Volumen, horas pico	75
Figura 31 Modelo del controlador solar	77
Figura 32 Especificaciones técnicas del controlador solar	77
Figura 33 Esquema de controlador solar.....	78
Figura 34 Instalación del sistema fotovoltaico para una bomba de 560 w.....	79
Figura 35 Topología de la red y presiones	81
Figura 36 Topología de la red y velocidades de flujo.....	82
Figura 37 Perfil de terreno natural línea de conducción	84
Figura 38 Perfil altura piezométrica en línea de conducción	84
Figura 39 Perfil de presiones línea de conducción	85
Figura 40 Perfil terreno natural tramo 1	87
Figura 41 Altura piezométrica tramo 1.....	87
Figura 42 Perfil de presiones tramo 1.....	88
Figura 43 Perfil terreno natural tramo 2.....	88
Figura 44 Perfil de altura piezométrica tramo 2	89
Figura 45 Perfil de presiones tramo 2.....	89
Figura 46 Perfil terreno natural tramo 3.....	90
Figura 47 Perfil de altura piezométrica tramo 3	90

Figura 48 Perfil de presiones tramo 3.....	91
Figura 49 Perfil terreno natural tramo 4.....	91
Figura 50 Perfil de altura piezométrica tramo 4	92
Figura 51 Perfil de presiones tramo 4.....	92
Figura 52 Distribución de cloro a las 8:00 horas	93
Figura 53 Distribución de cloro a las 16:00 horas	94
Figura 54 Distribución de cloro a las 24:00 horas	95
Figura 55 Macro y micro localización	I
Figura 56 Perfil estratigráfico del pozo ubicado en la comunidad de Monte Verde	XIII
Figura 57 Realización de la prueba de infiltración utilizando el método de Porchet.	XIV
Figura 58 Resultado de estudio físico-químico de muestra extraída de la fuente	XVI
Figura 59 Resultado de estudio bacteriológico de muestra extraída de la fuente.	XVII
Figura 60 Resultado de metales pesados de muestra de agua extraída de la fuente	XVIII

Índice de tablas

Tabla 1 Población por sexo.....	35
Tabla 2 Población por rango de edad.....	36
Tabla 3 Personas que trabajan en el hogar	37
Tabla 4 Ingreso económico mensual.....	38
Tabla 5 Ocupación habitantes de la comunidad	39
Tabla 6 Nivel de educación en los habitantes.....	40
Tabla 7 Propietario de la vivienda.....	41
Tabla 8 Paredes de la vivienda.....	42
Tabla 9 Piso de las viviendas.....	43
Tabla 10 Techo de las viviendas	44
Tabla 11 Tipo de servicio de agua.....	45
Tabla 12 Personas que acarrean el agua	46
Tabla 13 Tiempo de acarreo del agua.....	47
Tabla 14 Abastecimiento de agua en las viviendas	48
Tabla 15 Escasez de agua en verano	49
Tabla 16 Saneamiento en las viviendas	50
Tabla 17 Estado saneamiento de la vivienda.....	51
Tabla 18 Uso de las aguas grises.....	52
Tabla 19 Longitudes y elevaciones topográficas	54
Tabla 20 Accesorios de la sarta.....	68
Tabla 21 Tipos de tuberías y sus longitudes.....	82
Tabla 22 Resumen de presiones, cotas y alturas de los nodos de la línea de conducción.....	83

Tabla 23 Resumen de velocidades y características de la tubería en columna de bombeo, sarta y línea de conducción.....	83
Tabla 24 Caudales de nodos concentrados	85
Tabla 25 Resumen de presiones, cotas y alturas de los nodos de la red en los tramos	86
Tabla 26 Resumen de velocidades y características de la tubería en línea de conducción.....	86
Tabla 27 Resumen del presupuesto.....	97
Tabla 28 Elevaciones y coordenadas del Levantamiento topográfico.	VII
Tabla 29 Parámetros de estudio bacteriológico	XV
Tabla 30 Parámetros de estudio Físico- Químico	XV
Tabla 31 Parámetros para sustancias inorgánicas	XV
Tabla 32 Características geométricas e hidráulicas de la tubería en la línea de conducción y red de distribución.....	XIX
Tabla 33 Alturas y presiones en la línea de conducción y red de distribución.....	XXII
Tabla 34 Presupuesto general	XXV

Capitulo I.

Generalidades

1.1 Introducción

El crecimiento y desarrollo natural de las ciudades generan necesidades que deben ser previstas y atendidas a tiempo, de lo contrario representan un gran riesgo a la salud y bienestar de los habitantes que podrían manifestarse de diversas formas, principalmente en problemas endémicos. Como parte del desarrollo de las sociedades está el acceso a lo que se conoce como bienes y servicios de consumo básico, entre los cuales, se destaca el acceso al servicio de agua potable.

El agua es un elemento esencial para mantener la vida. Las necesidades básicas humanas de abastecimiento seguro de alimentos e inmunidad frente a las enfermedades dependen de ella. El desarrollo social y económico de cualquier país se basa así mismo en la disponibilidad de agua apta para consumo, sin embargo, la realidad es que más de la tercera parte del mundo se ve agobiada por una severa crisis del agua y de saneamiento.

Nicaragua por su gran posición geográfica y disponibilidad del recurso, el servicio de agua potable se está extendiendo mucho más y con mayor frecuencia en zonas rurales; por lo que los gobiernos municipales en conjunto con las comunidades han sumado esfuerzos y fondos para mejorar el abastecimiento de agua potable, dando así mejores condiciones de vida para sus habitantes y un mejor aprovechamiento y administración del vital líquido.

La comunidad de Monte Verde se localiza en el municipio de Palacagüina, la cual tiene una población de 84 habitantes con 26 viviendas, se caracteriza principalmente por las actividades agrícolas y pecuarias.

La comunidad ante mencionada carece de servicio de energía eléctrica, por lo que se ha dificultado la instalación de un MABE, por tal razón los habitantes se abastecen de agua sin tratamiento provenientes de un pozo perforado y dos pozos excavados a mano. La disponibilidad de agua para la población se ve muy limitada en el periodo de verano principalmente entre los meses de febrero y abril.

Por lo anterior y tomando en cuenta el cumplimiento del *objetivo 6 de desarrollo sostenible para garantizar la disponibilidad de agua limpia y saneamiento, así como su gestión razonable, el cual deberá alcanzarse en el año 2030*, se propone el diseño de un sistema de agua potable por bombeo con un suministro de energía solar fotovoltaica que permitirá el abastecimiento del agua desde el lugar de captación hasta el punto de consumo en condiciones adecuadas a través de conexiones domiciliarias. Con la realización del diseño del acueducto y su posterior ejecución, se logrará proporcionar a la población un servicio de agua potable seguro y sostenible que cumplirá los estándares de calidad descritos en las normas CAPRE, a su vez contribuirá a mejorar las condiciones de salud reduciendo las enfermedades de origen hídrico.

1.2 Antecedentes

La comunidad Monte Verde en la actualidad tiene un auge económico por el cultivo del tabaco, sin embargo, sus habitantes aún se dedican al cultivo de granos básicos y la crianza de ganado vacuno.

En sus inicios, los pobladores se han abastecido de agua de diversas maneras de acuerdo a la disponibilidad del recurso hídrico en la zona. Actualmente en la comunidad hay dos tipos de abastecimiento de agua, una parte se abastece de un pozo excavado a mano de forma artesanal y pozo comunal perforado con bomba de mecate.

El agua consumida no es tratada con cloración necesaria y se desconocen sus características fisicoquímicas. Esta situación es un riesgo para la salud de los pobladores y especialmente en los niños y niñas que son los más vulnerables. Por otra parte, la situación de las fuentes de agua, cada vez más escasas y de mala calidad, hace necesario completar la intervención con acciones de conservación si se quiere garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico.

La mayoría de la población en la comunidad son de escasos recursos económicos, siendo en su mayoría la producción de granos básicos para el autoabastecimiento. También una parte de la población trabaja temporalmente como obreros en las fábricas de puro y cortes de café.

El municipio de Palacagüina departamento de Madriz está constituido por 9 distritos, 4 barrios y 21 comarcas, teniendo una población de 9,652 habitantes con acceso al agua, lo que equivale al 83.7% de la población municipal. A demás de las 2,942 viviendas del municipio, se han atendido 1,505 con MABE, que es igual al 51.16%.

La comunidad de Monte Verde ubicado en la parte este del distrito N.º 9 del municipio, tiene una población de 143 habitantes que se abastecen de agua cruda provenientes de pozos perforados y excavados a mano, lo que corresponde al

87% de la población de la comunidad. Actualmente no cuenta con un sistema de agua potable lo que ha dificultado el acceso del mencionado recurso.

1.3 Justificación

En la comunidad de Monte Verde el principal problema de la población es la falta de acceso al agua potable, lo que se debe a la poca accesibilidad a los centros urbanos, a la falta de energía eléctrica y que las fuentes de agua subterráneas reducen su caudal en la época de verano, encontrándose un consumo de aproximadamente 24 lppd (litros por persona por día). Estas condiciones han limitado la construcción de un sistema de agua potable, a pesar de las gestiones de la comunidad y municipio.

Como consecuencias de la falta de agua potable se presentan enfermedades de origen hídrico, según estadísticas del centro de salud en el año 2020 se reportó el 3.7% de EDAS (enfermedades diarreicas agudas).

Así mismo se incrementa el trabajo de niños, niñas y mujeres debido al acarreo de agua para el abastecimiento de las familias recorriendo aproximadamente 800 metros ida y vuelta de la fuente hasta el hogar. La poca disponibilidad del recurso hídrico también incide en la higiene personal.

Por lo anterior, se propone diseñar un mini acueducto por bombeo eléctrico (MABE) basado en energía fotovoltaica, el cual tendrá como fuente un pozo perforado y el agua potable será distribuida a través de una red mediante conexiones domiciliarias dotadas con medidores.

Como consecuencia de la ejecución del presente diseño se contribuirá en la disminución de enfermedades de origen hídrico, en la mejora de la higiene personal y la familia, al igual que la reducción del trabajo infantil y de las mujeres, todo esto con el propósito de mejorar la calidad de vida.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Diseñar un sistema de agua potable por bombeo con energía fotovoltaica para los habitantes en la comunidad de Monte Verde del municipio de Palacagüina, departamento de Madriz

1.4.2 Objetivos específicos

1. Realizar una encuesta socioeconómica para conocer las características demográficas, económicas y de servicio de la zona de estudio, así como de demanda poblacional actual y futura en el sector de Monte Verde comunidad de Ducualí.
2. Realizar un levantamiento para conocer la planimetría y altimetría de la zona.
3. Elaborar un análisis hidrogeológico del sitio, caracterizando la fuente de abastecimiento para la zona de estudio.
4. Analizar los resultados de la calidad del agua, aforo y estudio físico, químico y bacteriológico de la fuente, para verificar que el agua sea apta para el consumo humano.
5. Diseñar los componentes hidráulicos del sistema de agua potable: Sistema de bombeo Fotovoltaico, línea de conducción, red de distribución, tanque de almacenamiento y conexiones domiciliarias.
6. Elaboración de planos constructivos y documentos de especificaciones técnicas.
7. Elaboración de presupuesto del sistema de agua potable por bombeo con energía fotovoltaica, para someterse a un plan de ejecución.

Capítulo II. Marco teórico

2.1 Estudio socio-económico

El estudio socioeconómico, cultural y ambiental, es un informe técnico que reúne la información necesaria para caracterizar y conocer las condiciones en que viven las familias de la zona afectada que será objeto del reasentamiento, así como el estado ambiental del territorio a ocuparse (CENAPRED, 2016, p. 12)

A continuación, se presentan los principales medios para realizar un estudio socio-económico según, (CENAPRED, 2016).

2.1.1 Encuesta

Una encuesta es una investigación realizada sobre una muestra de sujetos representativa de un colectivo más amplio, que se lleva a cabo en el contexto de la vida cotidiana, utilizando procedimientos estandarizados de interrogación, con el fin de obtener mediciones cuantitativas de una gran variedad de características objetivas y subjetivas de la población (Chiner, 2011).

2.1.2 Censo

Es un conjunto de actividades destinadas a recopilar el padrón o lista de la población de una nación o pueblo en un momento determinado, la información demográfica social y económica, eso nos permite analizar, evaluar planes y estrategias de desarrollo humano sostenible, en el ámbito nacional, departamental, municipal y comunitario (Instituto Nacional de Estadística de Bolivia, 2021).

2.2 Topografía

La topografía determina distancias horizontales y verticales entre puntos y objetos sobre la superficie terrestre, medición de ángulos y establecer puntos por medio de ángulos y distancias previamente determinadas (Gámez Morales, 2015).

2.2.1 Levantamiento

El conjunto de operaciones necesarias para determinar las posiciones de puntos y posteriormente su representación en un plano es lo que se conoce como levantamiento (Gámez Morales, 2015).

Básicamente, estos levantamientos deben dar una perfecta idea de conjunto y tener detalles suficientes para una ejecución posterior bien ubicada. Se deberá utilizar como punto de partida de cualquier levantamiento topográfico a realizar, la Red Geodésica Nacional, tanto en el levantamiento planimétrico como altimétrico y deberá cumplir con las recomendaciones que al respecto indique el Instituto nicaragüense de estudios territoriales (INETER. (INAA, 2005)

2.3 Caracterización hídrica de la zona

La referencia conceptual de este acápite, incluirá conceptos de: Fenómeno de El Niño y sus efectos, aguas subterráneas, acuíferos y pozos, estos últimos como obras necesarias para el aprovechamiento de aguas subterráneas.

2.3.1 Fenómeno climático de El Niño y sus efectos

El Niño constituye el aumento en la temperatura de las aguas del océano Pacífico en la zona ecuatorial. En su manifestación atmosférica, el efecto de El Niño es un cambio en el Pacífico ecuatorial, en la posición de las zonas de alta presión (desde donde sopla el viento) y las zonas de baja presión (hacia donde sopla el viento). El fenómeno, ocurre exclusivamente en el océano Pacífico, aunque sus repercusiones se sienten en gran parte del mundo. Se observa que en ocasiones el océano se calienta más de lo normal, en otras se enfría. Al primer caso los científicos se refieren como "la fase cálida de la Oscilación del sur (ENOS), mientras que al segundo como "la fase fría", también denominada "La Niña" (COMUNIICA, 1998).

En Nicaragua se conoce que la influencia del fenómeno de El Niño, en el período 1997-1998, causó efectos severos por la sequía. Los sistemas de alta presión, ubicados sobre los océanos Atlántico y Pacífico, presentaron un comportamiento anómalo. Este mismo fenómeno se observó con el efecto de El Niño 2014-2015,

con la diferencia que el surgimiento de este último, tuvo origen en el pacífico ecuatorial y no en la zona tradicionalmente conocida frente a las costas de Perú. Cada evento de El Niño/La Niña impactan significativamente en las precipitaciones y con ello, se afecta la agricultura de secano que es muy dependiente de las precipitaciones, así como la disminución de las reservas de agua superficial y subterránea para diversos usos y en otros casos las severas inundaciones en gran parte del territorio nacional (INITER, 2018).

2.3.2 Aguas subterráneas

Es aquella parte del agua existente bajo la superficie terrestre que puede ser colectada mediante perforaciones, túneles o galerías de drenaje o la que fluye naturalmente hacia la superficie a través de manantiales o filtraciones (Sociedad Geográfica de Lima, 2011).

2.3.3 Acuíferos

Son recursos naturales de agua dulce que se sitúan a nivel superficial. Desde un punto de vista práctico, un acuífero ha de ser capaz de almacenar, transmitir agua en cantidad susceptible de ser explotada económicamente. Las formaciones arcillosas, por ejemplo, son capaces de almacenar grandes cantidades de agua, pero no la transmiten con facilidad, por lo que no pueden ser considerados como acuíferos (Fuentes Yagüe, 2006).

Según Fuentes Yagüe (2006), conforme las características se pueden considerar diferentes tipos de acuíferos:

a) Según los materiales constituyentes

- **Acuíferos porosos:** Estos están compuestos por materiales sueltos, generalmente arena y grava. El agua circula con facilidad por los espacios que dejan las partículas.
- **Acuíferos fisurados:** Están constituidos por rocas consolidadas, en donde el agua circula por las fisuras y grietas formadas por las mismas.
- **Acuífero poroso y fisurado:** Las areniscas y los conglomerados son un tipo de roca intermedia entre las consolidadas y no consolidadas. Están

formados por materiales sueltos (arena en el caso de las areniscas y grava en el caso de los conglomerados).

b) Según el grado de presión a que está sometida el agua

- **Libres, no confinados o freáticos:** Son aquellos en los que el agua se encuentra en contacto directo con la superficie. En particular, la superficie freática, es decir el límite superior, se encuentra a presión atmosférica.
- **Cautivos, confinados o a presión:** Están limitado por una capa de terreno impermeable, con lo cual el agua está sometida a mayor presión que la atmosférica.
- **Semicautivos o semiconfinados:** El techo del acuífero está limitado por un terreno semipermeable, por lo tanto, es una combinación entre los dos tipos citados anteriormente.

La propiedad de los acuíferos de contener agua, está gobernada por varios factores: Porosidad, permeabilidad, transmisibilidad específica y coeficiente de almacenamiento. Conocer estas características permite evaluar la magnitud del recurso y su aprovechamiento racional sin peligro a agotarlo (Sociedad Geográfica de Lima, 2011).

2.3.4 Porosidad

La porosidad, determina la capacidad de almacenar agua de un acuífero. Se define como el cociente entre el volumen de huecos (ocupados por aire o agua) y el volumen total de la roca (Sociedad Geográfica de Lima, 2011).

2.3.5 Permeabilidad

Es la propiedad de las rocas de permitir o no el flujo del agua; es decir, un estrato geológico siendo poroso puede contener agua, pero si los espacios vacíos no se interconectan, el agua no circula. Esta libertad de movimiento depende de: Tamaño y forma de las partículas, gradación del material y viscosidad del agua (Sociedad Geográfica de Lima, 2011).

2.3.6 Transmisibilidad

Es una medida de la capacidad de un acuífero para conducir agua o transmitir agua, definiéndose como el volumen de agua que pasa por unidad de tiempo, a través de una franja vertical de acuífero de ancho unitario (Sociedad Geográfica de Lima, 2011).

2.3.7 Pozos

Un pozo es un agujero, excavación o túnel vertical que perfora la tierra, hasta una profundidad suficiente para alcanzar lo que se busca, sea una reserva de agua subterránea del nivel freático o fluidos (Fuentes Yagüe, 2006).

2.4 Aforo de fuente y calidad de agua

2.4.1 Aforo

Según Instituto Mexicano de tecnología del agua (1992), aforar es medir los caudales para distribuir el agua. La hidrometría a su vez se encarga de medir, registrar, calcular y analizar los volúmenes de agua que circulan en una sección transversal de un río, canal o tubería en la unidad de tiempo.

Los métodos prácticos de aplicación más utilizados son: (Organización Meteorológica Mundial, 2011). Método volumétrico, medidor Parshall, método de vertederos y orificios, método de sección-velocidad con flotador o molinete (ICC, 2017).

2.4.2 Calidad del agua

Las Normas de Calidad del Agua 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. Esta Norma establece tres etapas de Control de Calidad del Agua: Análisis básico, análisis normal y análisis avanzado (CAPRE, 1994).

2.5 Diseño de sistema de agua potable

Mini acueductos por Bombeo Eléctrico (MABE), opción 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 (INAA, 1999a).

2.5.1 Caudales de diseño

A partir de la dotación y la población futura con la cual se obtienen el consumo doméstico, consumo institucional, consumo industrial, consumo promedio diario, consumo máximo diario, consumo máximo horario. (Comisión nacional de normalización técnica y calidad MIFIC, 2019).

La dotación de agua, expresada como la cantidad de agua por persona por día está en dependencia de: Sistemas de agua potable con pozos públicos, caudal de 30 a 50 lppd, para abastecimiento de agua potable con conexiones domiciliarias de patio, caudal 80 lppd, para los pozos excavados a mano y pozos perforados, dotación de 20 a 30 lppd (Comisión nacional de normalización técnica y calidad MIFIC, 2019, p. 10).

2.5.2 Componentes hidráulicos del sistema de agua potable

La línea de conducción y red de distribución, junto con la fuente, forman la parte más importante del sistema de abastecimiento de agua, ya que por su medio el agua puede llegar hasta los usuarios (INAA, 1999a, p. 32).

- **Estación de bombeo**

En las estaciones de bombeo para pozos perforados deben considerarse los elementos que la forman lo que consiste en; caseta de protección de conexiones eléctricas, o mecánicas, conexión de bomba o sarta, fundación y equipo de bombeo (bomba y motor) y el tipo de energía (INAA, 1999a, p. 21).

- **Columna de bombeo**

El diámetro de la columna de bombeo dentro del pozo acoplada a la bomba, será diseñada para una pérdida de fricción no mayor del 5% de su longitud, por lo cual

se recomiendan los diámetros para columnas de bombeo en relación al caudal, en el cuadro siguiente se reflejan estos valores (INAA, 1999a, p. 22).

- **Línea de conducción**

La línea de conducción es el conjunto de ductos, obras de arte y accesorios destinados a transportar el agua procedente de la fuente de abastecimiento, desde la captación hasta la comunidad, formando el enlace entre la obra de captación y la red de distribución. Su capacidad deberá ser suficiente para transportar el gasto de máximo día. Se le deberá proveer de los accesorios y obras de arte necesarios para su buen funcionamiento, conforme a las presiones de trabajo especificadas para las tuberías, tomándose en consideración la protección y mantenimiento de las mismas. Cuando la topografía del terreno así lo exija se deberán instalar válvulas de “aire y vacío” en las cimas y válvulas de “limpieza” en los columpios (INAA, 1999a, p. 33).

De acuerdo a la naturaleza y características de la fuente de abastecimiento, se distinguen dos clases de líneas de conducción, conducción por gravedad y conducción por bombeo (INAA, 1999a, p. 33).

- **Línea de conducción por bombeo**

En el diseño de una línea de conducción por bombeo, se hará uso de una fuente externa de energía, para impulsar el agua desde la toma hasta la altura requerida, venciendo la carga estática y las pérdidas por fricción originadas en el conducto al trasladarse el flujo (INAA, 1999a, p. 33).

- **Red de distribución**

La red de distribución es el sistema de conductos cerrados, que permite distribuir el agua bajo presión a los diversos puntos de consumo, que pueden ser conexiones domiciliarias o puestos públicos (INAA, 1999a, p. 34).

- **Almacenamiento**

En cualquier sistema de abastecimiento de agua potable, deben de diseñarse los tanques que sean necesarios para el almacenamiento, de tal manera que éstos

sean todo el tiempo capaz de suplir las máximas demandas que se presenten durante la vida útil del sistema, además que también mantengan las reservas suficientes para hacerles 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 (INAA, 1999b, p. 57) .

- **Conexiones domiciliarias**

El diámetro mínimo de cada conexión será de $\frac{1}{2}$ (12.5 mm) pulgada. Toda conexión domiciliar deberá estar siempre controlada por su medidor correspondiente o por un regulador de flujos (INAA, 1999b, p. 51).

- **Desinfección**

Si la calidad del agua no satisface las normas recomendadas deberá someterse a un proceso de potabilización. Toda agua que se abastece para consumo humano debe someterse a desinfección; incluso la de origen subterráneo para prevenir cualquier contaminación durante su distribución.

Tipo de cloro usado nacionalmente para desinfección del agua puede ser como solución de Hipoclorito de Sodio (liquido) o como cloro gas. En general, el Hipoclorito se recomienda para abastecimiento de pequeñas poblaciones (INAA, 1999b, p. 96).

2.5.3 Sistema fotovoltaico y sus componentes

- **Radiación solar**

La energía del sol llega a la tierra en forma de radiación solar con una longitud de onda entre 300 y 2.500 nm, usualmente se mide en w/m^2 lo que equivale a 1 julio. La energía recibida por la tierra en un año alcanza la suma de 5.46×10^{24} vatios (W) (Martínez, 2016)

La radiación solar se mide con distintos propósitos, uno de ellos es fundamental para una buena planificación, diseño e implementación de un proyecto de aplicación solar, la medición usualmente se hace con celdas fotovoltaicas o piranómetros. Los piranómetros absorben la radiación solar por medio de

termocuplas que convierten el calor en voltaje eléctrico proporcional a la radiación. La celda fotovoltaica en tanto, es un pequeño panel de silicio conectado a una resistencia que genera una corriente proporcional a la radiación (Martínez, 2016).

- **Horas solar pico**

El Cálculo Horas Pico Solar (HPS) es un método utilizado para determinar la cantidad de energía solar que puede generar un sistema fotovoltaico en un lugar determinado. Se basa en la cantidad de radiación solar que incide en una superficie durante un período de tiempo específico, generalmente un año. La radiación solar máxima se produce durante las horas pico, que suelen ser las horas más soleadas del día (Fusión Energía Solar, 2023).

El Cálculo Horas Solar Pico se utiliza a menudo para dimensionar sistemas fotovoltaicos y para evaluar la viabilidad de proyectos de energía solar. Para realizar el Cálculo Horas Pico Solar se necesitan varios datos, como la ubicación geográfica del lugar donde se instalará el sistema fotovoltaico, la inclinación y orientación de los paneles solares y la eficiencia del sistema. Estos datos se utilizan para calcular la cantidad de energía solar que se espera que el sistema genere durante las horas pico. Es importante tener en cuenta que el Cálculo Horas Pico Solar no es una medida exacta de la cantidad de energía que se generará, ya que puede haber variaciones debidas a factores como la nubosidad, la contaminación y otros factores meteorológicos (Fusión Energía Solar, 2023).

- **Sistema fotovoltaico**

Un sistema fotovoltaico es el conjunto de varios equipos que permiten que la energía solar se convierta en energía eléctrica que pueda utilizarse, es decir corriente alterna; de manera limpia y sustentable. (AutoSolar, 2023)

Sus componentes principales son:

- **Paneles solares**

Están compuestas de células capaces de convertir la luz en electricidad. Todas las células del módulo están unidas entre sí, para poder sumar su potencia y alcanzar conjuntamente la potencia nominal del módulo (AutoSolar, 2023).

- **Inversor**

Los inversores solares son uno de los elementos más importantes de la instalación solar con placas. Se encargan de transformar la corriente continua que genera la instalación solar en corriente alterna (AutoSolar, 2023).

- **Bomba fotovoltaica**

Una bomba sumergida es un tipo de bomba que se utiliza para extraer agua de pozos profundos o lugares donde las fuentes de agua son subterráneas (AutoSolar, 2023).

Capítulo III.
Diseño
metodológico

3.1 Diseño metodológico

El presente diseño corresponde a un mini acueducto por bombeo eléctrico (MABE) con energía fotovoltaica debido a que en la comunidad no cuenta con energía comercial, todo los parámetros de diseño se basaran en la NTON 09 007-19 , así mismo los parámetros de calidad de agua se tomaran de la norma CAPRE.

3.2 Tipo de estudio

El presente tipo de estudio es descriptivo que utilizan principalmente métodos cuantitativos en la medición de los objetos o en el cálculo del comportamiento de los mismos, cualitativo cuando se proponen conclusiones o recomendaciones.

3.3 Macro y micro localización

3.3.1 Macro localización

El departamento de Madriz se encuentra al noroeste de Nicaragua (Anexo I, Pag I) rodeado en el este por Jinotega, oeste por Honduras, sur por Chinandega, Estelí y al norte con Nueva Segovia. Tiene una extensión territorial de 1600 km², entre las coordenadas geográficas 13° 19' N, 86° 35'O.

El municipio de Palacagüina se encuentra al norte con el municipio de Totogalpa, al sur con los municipios de Pueblo Nuevo, este con municipio de Telpaneca y al oeste con el municipio de Yalagüina. Tiene una extensión territorial de 164.37 km², entre las coordenadas geográficas 13° 27' N, 86° 24'O.

3.3.2 Micro localización

La comunidad de Monte Verde se localiza en el municipio de Palacagüina con las coordenadas 13° 25" 12' N, 86° 22" 07' O. Se encuentra a 30.7 Km de la cabecera departamental Somoto y limita al norte con Rio Grande, al sur con la comunidad Santa Rita, al este con la comunidad las Cureñas y al oeste con la comarca Ducualí.

3.4 Estudio socioeconómico

El estudio socioeconómico se realizó mediante la aplicación de una encuesta tipo FISE modificada por la alcaldía municipal Palacagüina (Anexo II, Pag II a VI) dirigida a los jefes de hogares y demás miembros del núcleo familiar. El procedimiento consiste en:

- Solicitud del formulario de la encuesta tipo FISE a la alcaldía municipal de Palacagüina.
- Obtención de la aplicación con AppSheet, con el formulario de la encuesta.
- Aplicación de encuesta digital a todos los jefes de hogar y los miembros del núcleo familiar en la comunidad Monte Verde.
- Descarga de datos de la aplicación AppSheet a formato Excel.
- Procesamiento de datos en Excel, para hacer cálculos de frecuencia, porcentaje, promedios y otros parámetros estadísticos de datos agrupados, así como la generación de gráficos descriptivos.

3.5 Estudio topográfico

3.5.1 Etapa de campo

- Visita de campo con líder de la comunidad para el reconocimiento del terreno.
- Localización de dos puntos geodésicos para iniciar el levantamiento, en cumplimiento de la normativa de INETER.
- Levantamiento de puntos o coordenadas cada 20 metros de ejes para la línea de conducción, red y objetos espaciales, como puentes, poste de luz, viviendas, iglesias, escuelas, entre otros de referencia que sirvan para describir de la mejor manera del conjunto de todos los puntos.

3.5.2 Etapa de gabinete

- Importar los CSV desde estación total a Civil3D 2019 en formato dwg.
- Elaboración e impresión de planos y perfiles con el software Civil3D, en las escalas siguientes:
 - Ubicación general, 1:5000.

- Planta general, 1:1000.
- Perfiles: Horizontal 1:1000 – Vertical 1:100 o bien Horizontal: 1:500 – Vertical: 1:50.
- Detalles: 1:10, 1:20, 1:50, 1:100.

3.6 Caracterización hidrogeológica de la zona de estudio

Basado en un análisis cartográfico con mapas de la zona de estudio proporcionados por INETER, a nivel de gabinete se hizo una descripción de las características litológicas y se ubicaron puntos a nivel de campo para hacer las pruebas de infiltración por el método de Porchet.

Así mismo se realizó una descripción de los diferentes estratos encontrados en el pozo perforado por la alcaldía municipal de Palacagüina, el cual fue construido para el abastecimiento de agua potable. También se analizaron los parámetros hidráulicos que a continuación se describen:

3.6.1 Abatimiento

Se cálculo el abatimiento, la cual incluye el caudal de explotación y el descenso. Tomando en cuenta el consumo específico.

$$CE = \frac{Q_{Exp}}{D} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

CE: Consumo Específico, l/m.s

Q_{Exp}: Caudal de explotación según la prueba de bombeo, l/s

D: Descenso según la prueba de bombeo, m

$$Abatimiento = \frac{Q_{diseño}}{CE} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

$Q_{\text{diseño}}$: Caudal de diseño (GPM)

CE: Consumo Específico, l/m.s

3.6.2 Transmisividad y permeabilidad hidráulica

Basado en los datos de bombeo proporcionado por la Alcaldía Municipal se calcularon los parámetros hidrogeológicos, realizando los cálculos para conocer la permeabilidad o conductividad hidráulica del acuífero y la transmisividad.

3.6.3 Transmisividad

Ecuación de Theis

$$T = \frac{Q}{4\pi s}$$

Ecuación 3

Donde:

T: Transmisividad ($\text{m}^2/\text{día}$)

Q: Caudal ($\text{m}^3/\text{día}$)

S: Descenso (m)

W(u): Punto de ajuste

Para el cálculo de la permeabilidad se utilizó la siguiente ecuación 4 tomada de (Universidad de Salamanca, 2017):

$$K = \frac{T}{P}$$

Ecuación 4

Donde:

K: Permeabilidad (m/día)

T: Transmisibilidad ($\text{m}^2/\text{día}$)

P: Profundidad del pozo (m)

3.7 Calidad de agua y aforo

3.7.1 Calidad de agua

Se realizó una toma como muestra de agua de la fuente de estudio, para su debido análisis en laboratorio PIENSA-UNI. Se solicitaron los siguientes análisis:

Primera etapa E1: Corresponde al Programa de Análisis Básico. 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. Los valores recomendados y máximo admisible se indican en el Anexo # 01 (CAPRE, 1994, p. 12).

Segunda etapa, E2: Corresponde al Programa de Análisis Normal y 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. Los valores recomendados y máximo admisible se indican en el Anexo # 01 (CAPRE, 1994, p. 13).

3.7.2 Aforo

Se solicitó a la Alcaldía Municipal los datos de aforo del pozo perforado que se utilizó como fuente y se observó que se cumplió lo estipulado en NTON 09 007 - 19 para pruebas de bombeos para las captaciones subterráneas (MIFIC, 2019, p. 16).

3.8 Diseño de MABE

A continuación, se describe el diseño paso a paso basado en la norma Diseño de sistemas de abastecimiento agua potable NTON 09 007-19.

3.8.1 Vida útil

Se adoptó 20 años de vida útil debido, a que la norma recomienda para pozos perforados, línea de conducción y red de distribución (MIFIC, 2019, p. 13).

3.8.2 Población de diseño

La población de diseño se calculó por el método geométrico que es recomendado por la norma (MIFIC, 2019, p. 8). A continuación, se describe la ecuación 5, para el cálculo de la tasa de crecimiento.

$$r = \left(\frac{P_f}{P_0} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

r: Tasa de crecimiento, decimal

P_f: Población futura, hab

P_o: Población presente, hab

n: Número de años

Con la ecuación 6, recomendada por la norma que se describe a continuación se calculó la población de diseño o futura (MIFIC, 2019, p. 8).

$$P_f = P_0 \times (1 + r)^n \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

P_f: Población futura, hab

P_o: Población presente, hab

r: Tasa de crecimiento, decimal

n: Número de años

3.8.3 Dotación

Se adopta una dotación de 80 lppd debido a que se diseñará un MABE con conexiones domiciliarias en una comunidad rural con población dispersa (MIFIC, 2019, p. 10).

La nueva norma fue publicada en la gaceta diario oficial número 202 (La gaceta diario oficial, 2021).

3.8.4 Consumo doméstico

Para realizar el cálculo del consumo doméstico se aplicó la ecuación 7 que a continuación se describe:

$$C_D = P_f \times Dot$$

Ecuación 7

Donde:

C_D : Consumo doméstico, l/d

P_f : Población futura, hab

Dot : Dotación, lppd

3.8.5 Factores de la demanda

Se adoptó únicamente el consumo público o institucional debido a que la comunidad no cuenta con comercio e industria. El consumo institucional se calculó con la ecuación 8.

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

Ecuación 8

Donde:

CPI : Consumo público o institucional, l/s

CD : Consumo doméstico, l/s

3.8.6 Consumo promedio diario

El cálculo del consumo promedio diario se hizo mediante la ecuación 9:

$$CPD = CD + CPI$$

Ecuación 9

Donde:

CPD : Consumo promedio diario, l/s

CD: Consumo doméstico, l/s

CPI: Consumo público o institucional, l/s

3.8.7 Pérdidas

De acuerdo a la norma se considera que las pérdidas en el sistema o fugas corresponden al 15% del consumo promedio diario (CPD) (MIFIC, 2019, p. 12). Para el cálculo de la fuga se utilizó la ecuación 10.

$$Pérdidas = \frac{15}{100} \times CPD \quad \text{Ecuación 10}$$

Donde:

CPD: Consumo promedio diario, l/s

3.8.8 Consumo máximo diario

El consumo máximo diario se calculó mediante la ecuación 11, teniendo en consideración lo que recomienda la norma (MIFIC, 2019, p. 12)

$$CMD = 1.5 \times CPD + P \quad \text{Ecuación 11}$$

Donde:

CMD: Consumo máximo diario, l/s

CPD: Consumo promedio diario, l/s

P: Pérdidas

Como se utilizó un sistema de bombeo solar y teniendo en cuenta que en Palacagüina (Figura 1) hay un promedio de 5.63 horas de radiación solar anual (FE SELECT SolarPAK, 2021). Según OPS- COSUDE (2005, p. 5-6) se ajustará el caudal de bombeo mediante la ecuación 12:

$$Q_b = CMD \times \frac{24h}{n}$$

Ecuación 12

Donde:

Q_b : Caudal de bombeo, l/s

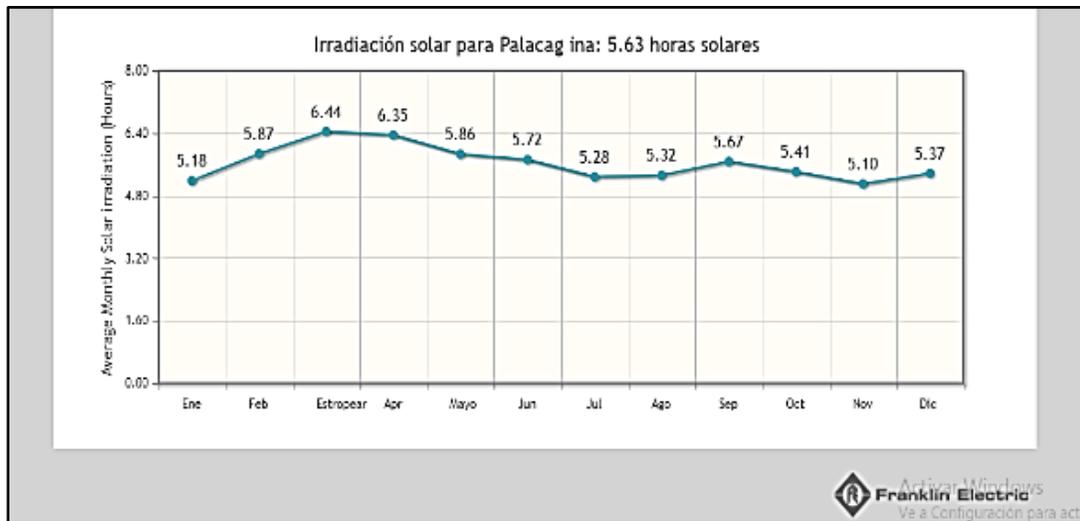
CMD: Consumo máximo diario, l/s

n: Horas de radiación solar, hrs

Bombeo solar directo: El agua se extrae del pozo durante el tiempo de radiación solar únicamente, almacenándose en un depósito. Se evita los costes asociados a las baterías.

Módulos fotovoltaicos: Captan la energía del sol y la convierten en electricidad en corriente continua.

Figura 1 Radiación solar promedio anual Palacagüina



Fuente: Franklin Electric

3.8.9 Consumo máximo horario

El consumo máximo horario se calculó mediante la ecuación 13, teniendo en consideración lo que recomienda la norma (MIFIC, 2019, p. 12).

$$CMH = 2.5 \times CPD + P$$

Ecuación 13

Donde:

CMH: Consumo máximo horario, l/s

CPD: Consumo promedio diario, l/s

P: Pérdida

3.8.10 Diseño de columna de bombeo

El diámetro de la columna de bombeo se adoptó según el caudal de bombeo y la tabla 10 de la norma (MIFIC, 2019, p. 20)

La longitud de la columna de bombeo se calculó con el nivel dinámico del pozo más la sumergencia. El cálculo se realizó mediante la ecuación 14.

$$L = NDA + Sumergencia + variacion estacionaria$$

Ecuación 14

Donde:

L: Longitud de la columna

NDA: Nivel dinámico del agua, m

Sumergencia = 6 m (MIFIC, 2019, p. 20).

Variación estacionaria 6 m, debido a que el mini acueducto se construirá en zona de trópico seco.

La velocidad de flujo se calculará mediante la ecuación 15

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

Ecuación 15

Donde:

V: Velocidad de diseño, m/s

Q_b : Caudal de bombeo, m³/s

π : Pi, constante su valor es de 3.1416

D: Diámetro, m

La pérdida de carga se calculó mediante la ecuación 16 de Hazen-Williams

$$h_f = 10.647 \times \frac{Q_b^{1.85}}{C^{1.85} \times D^{4.87}} \times L \quad \text{Ecuación 16}$$

Donde:

H_f : Pérdida de carga por fricción, m

Q_b : Caudal de bombeo, m³/s

C: Coeficiente de Hazen-Williams

D: Diámetro, m

L: Longitud de la columna, m

El criterio de diseño según la norma la pérdida por fricción debe ser menor del 5% de la longitud de la columna de bombeo (MIFIC, 2019, p. 20).

3.8.11 Diseño de sarta

Se calculará mediante la relación del caudal de consumo máximo diario y la tabla de diámetro que recomienda la norma descrita en la tabla 11 (MIFIC, 2019, p. 21)

Se adoptará una longitud de 6 m, suficiente para colocar los elementos de la sarta de diámetro 2 pulgadas.

La velocidad se calculará mediante la ecuación 10 y se comprobará que se cumpla el criterio de diseño que establece que la velocidad debe estar en un rango de 0.6-1.5 m/s (MIFIC, 2019, p. 24)

La pérdida por fricción en la sarta se calculará mediante la ecuación 12 de Hazen-Williams.

Las pérdidas locales se calcularán mediante la ecuación 17

$$h_{l \text{ sarta}} = \sum k \times \frac{V^2}{2g} \quad \text{Ecuación 17}$$

Donde:

hl: Pérdida local en la sarta, m

k: Coeficiente de accesorios

V: Velocidad, m/s

g: Gravedad, m/s²

3.8.12 Diseño de la línea de impulsión

El diámetro de la línea de impulsión se calculó basado en el caudal de bombeo, utilizando la ecuación 18 de Bresse.

$$D = 1.3 \times (X)^{\frac{1}{4}} \times \sqrt{Q_b} \quad \text{Ecuación 18}$$

Donde:

D: Diámetro de línea de bombeo, m

X: Relación de horas de bombeo de 24 horas.

Q_b: Caudal de bombeo, m³/s

Una vez conocido el diámetro teórico con la ecuación de Bresse se seleccionará un diámetro comercial de tubería PVC más próximo al diámetro teórico.

La velocidad del flujo en la línea de impulsión se calculará con la ecuación 11 y se verificará que la velocidad de flujo se encuentre en un rango de 0.6 a 1.5 m/s (MIFIC, 2019, p. 24). La pérdida de carga por fricción se calculó con la ecuación 16 de Hazen-Williams.

3.8.13 Carga total dinámica

La carga total dinámica se determinó mediante la ecuación 19 que a continuación se describe:

$$CTD = H_G + h_{col} + h_{sarta} + h_f$$

Ecuación 19

Donde:

CTD: Carga total dinámica, m

H_G: Carga estática, m: Cota del tanque – Nivel dinámico del agua en el pozo + Altura de descarga

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

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

h_f: Pérdida de carga en la línea de Impulsión, m

3.8.14 Golpe de ariete

Todos los cálculos relacionados con el fenómeno transitorio conocido como golpe de ariete se utilizarán las ecuaciones de la 16-25 (Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de Ciudad Real, 2016)

Para el cálculo de la celeridad se utilizó la ecuación 20 de Allievi.

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

Ecuación 20

Donde:

a: Celeridad de la onda, m/s

K: Coeficiente en función del módulo de elasticidad del material constitutivo del material de la tubería, para el cálculo se utilizó la ecuación 21.

D: Diámetro de la tubería, mm

e: Espesor de la tubería, mm

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

Ecuación 21

Donde:

ε : Modulo de elasticidad, Kg/m², para PVC es 3.10⁸ Kg/m²

El tiempo de cierre de la válvula se calculó con la ecuación 22 Mendiluce

$$T = c + \frac{k \times L \times v}{g \times H_m}$$

Ecuación 22

Donde:

T: Tiempo de cierre de la válvula, s

C y K: Coeficiente de ajustes empíricos

L: Longitud de la conducción, m

v: Velocidad, m/s

g: Aceleración de la gravedad, m/s²

H_m: Carga dinámica total, m

El tiempo de recorrido de la onda de presión se calculó con la ecuación 23:

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

Ecuación 23

Donde:

t: Tiempo de recorrido de la onda de presión, s

L: Longitud de la conducción, m

a: Celeridad de la onda, m/s

La evaluación del tipo de cierre se hizo mediante las siguientes expresiones:

$$t < \frac{2L}{a} \text{ Cierre rápido} \quad t > \frac{2L}{a} \text{ Cierre lento} \quad \text{Ecuación 24}$$

El cálculo de la longitud crítica se hizo con la ecuación 25

$$L_c = \frac{aT}{2} \quad \text{Ecuación 25}$$

Donde:

L_c : Longitud crítica, m

T: Tiempo de cierre de la válvula, s

a: Celeridad de la onda, m/s

A través de la ecuación 26 se procede al cálculo del L_m o tramo de tubería con mayor sobrepresión.

$$L_m = L - L_c \quad \text{Ecuación 26}$$

L_m = longitud de la máxima sobrepresión, m

Para determinar el tipo de impulsión se usaron las siguientes expresiones:

$$l > L_c \text{ Impulsión larga} \quad l < L_c \text{ Impulsión corta} \quad \text{Ecuación 27}$$

Para calcular la sobre presión en la línea de impulsión se utilizaron las siguientes expresiones:

Si la impulsión es corta y el cierre lento se usará la ecuación 28 de Michaud

$$\Delta H = \frac{2 \times L \times v}{g \times T} \quad \text{Ecuación 28}$$

Si la impulsión es larga y el cierre rápido se usará la ecuación 29 de Allievi

$$\Delta H = \frac{a \times v}{g}$$

Ecuación 29

Basado en los resultados de la sobrepresión y presión total del sistema se seleccionó la cédula de la tubería a utilizarse.

3.8.15 Selección de la bomba

Se elijo una bomba fotovoltaica tomando en consideración la carga dinámica total y el caudal de bombeo con los cuales se determinó el punto de operación de la bomba según el nomograma del fabricante. El caudal de bombeo se ha determinado tomando en cuenta la demanda y las horas de sol para el municipio de Palacagüina. Para la selección definitiva de la bomba se utilizará el Software del proveedor Franklin Electric: [Franklin Solar - Search Results \(intelliquip.com\)](https://www.intelliquip.com/franklin-solar)

La potencia de la bomba se calculó mediante la ecuación 30

$$P = \frac{\gamma H Q_b}{746 \times n}$$

Ecuación 30

Donde:

P: Potencia, HP unidades de sistema internacional y sistema ks

γ : Peso específico del agua, kg/m³

H: Carga dinámica, m

Q_b: Caudal de bombeo, m³/s (GPM) catalogo toda información al igual que las curvas de eficiencia.

n: Eficiencia de la bomba.

3.8.16 Diseño de tanque de almacenamiento

El dimensionamiento del tanque tomará en cuenta un volumen compensador equivalente al 25% del CPD (Consumo promedio diario), un volumen de reserva de 15% del CPD, para obtener una capacidad total del tanque del 40% del CPD

(MIFIC, 2019, p. 33). El cálculo del volumen del tanque se hizo con la ecuación 31.

$$V = CPD \text{ l/s} \times hr \times \frac{1m^3}{1,000 \text{ l}} \times 3,600 \text{ s} \times \frac{40}{100} \quad \text{Ecuación 31}$$

Donde:

V: Volumen, m³

CPD: Consumo promedio diario, l/s

hr: Horas de bombeo

3.8.17 Desinfección

La capacidad de cloro se calculará mediante la ecuación 32, tomando en cuenta la recomendación de la norma que es 1 kg por cada 8.2 l/s (INAA, 1999b, p. 96).

La norma recomienda utilizar hipoclorito de sodio e hipoclorito de calcio en las zonas rurales.

$$C_c = \frac{Q_b \times C}{1000} \quad \text{Ecuación 32}$$

Donde:

C_c: Capacidad de coloración, kg. Cloro/día

Q_b: Caudal de bombeo, m³/s

C: Dosis del cloro, mg/l

3.8.18 Simulación hidráulica

La simulación hidráulica se realizó con el Software Epanet, tomando como base las cotas y distancia del estudio topográfico, los cuales serán exportados de Civil 3D mediante formato DXF a Epanet y finalmente a Epanet.

Para la simulación se hará lo siguiente:

- Configurar el Software para los cálculos de Hazen-Williams
- Importación de los datos desde Epacat
- Cálculos y asignación de los nodos concentrados, se basaron en el CMH y se hizo según el método, que define a los consumos concentrados en base al consumo por unidad de longitud de las tuberías.
- Simulación con demanda máxima horaria “caso I” (MIFIC, 2019, p. 31)
- Simulación cero demandas “caso v” (MIFIC, 2019, p. 31)

Para la simulación también se aplicaron los siguientes criterios de diseño:

- Para la línea de conducción se adoptó una velocidad no mayor a 1.5 teniendo como mínima 0.6 m/s. Presión mínima 5 m y la máxima dependerá de la clase de tubería (MIFIC, 2019, p. 29).
- Para la red de distribución las velocidades permisibles serán en el rango de 0.6 a 5 m/s. Presión, 5m a 50 m, permitiéndose presiones estáticas de hasta de 70 m en puntos aislados o con topografía muy irregular (MIFIC, 2019, p. 29)
- Para la simulación de la línea de conducción se adoptó como caudal el CMD, también se utilizó la curva de bombeo previamente calculada, así como el diámetro que se adoptó según el diámetro comercial obtenido a partir de la fórmula de Bresse. En la línea de conducción se incluyeron las pérdidas locales de la sarta y se simuló la columna de bombeo, pozo y sarta, tomando en cuenta todos los criterios de diseño de la norma.

Se presentan los perfiles de cotas, alturas piezométricas y presiones de la línea de conducción y red de distribución, así mismo se incluyen informes con longitudes, diámetros, velocidades, caudales y pérdidas unitarias para las tuberías y cotas, alturas, presiones y demanda base para los nodos.

3.8.19 Simulación de cloro

La simulación del cloro se hizo tomando en cuenta el CMH, se realizaron simulaciones para las 6h, 12h y 24h. Se adoptaron criterios de diseño de cloro residual con valor mínimo de 0.5 mg/l (INAA, 1999b, p. 16).

Se presentan los mapas de distribución de cloro para las 6h, 12h y 24h

3.9 Presupuesto

El presupuesto se realizó en base a las cantidades de obras las cuales se determinaron a partir de los planos constructivos y las especificaciones técnicas correspondientes. A las cantidades de obras se le aplicaron los precios unitarios por actividades, las cuales estarán agrupadas en etapas y sub etapas de acuerdo al catálogo del fondo de inversión social de emergencia (Nuevo FISE).

Capítulo IV.

Resultados

4.1 Estudio socioeconómico

Se realizó un estudio socioeconómico en la comunidad de Monte Verde, municipio de Palacagüina, departamento de Madriz; para ello se realizaron 26 entrevistas tipo FISE, una por cada jefe del hogar, con el objetivo de conocer las características socioeconómicas de los habitantes de la comarca, así mismo se realizó una entrevista a cada miembro de la familia para conocer información personal. En total se entrevistaron 86 habitantes de 26 familias.

4.1.1 Características de la población

- **Población por sexo**

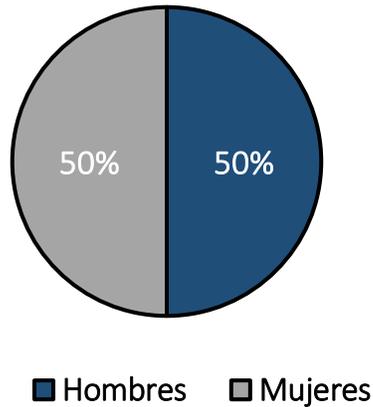
De acuerdo a la tabla 1 se encontraron 43 personas de sexo masculino y 43 de sexo femenino, lo que totaliza 86 habitantes en la comunidad de Monte Verde. En la figura 2 se presenta la distribución porcentual por sexo, observándose que una mitad de la población es hombre y la otra mitad mujer.

Tabla 1 Población por sexo

Sexo	Frecuencia
<i>Hombres</i>	43
<i>Mujeres</i>	43
<i>Total</i>	86

Fuente: Elaboración propia

Figura 2 Población por sexo



- **Población por rango de edad**

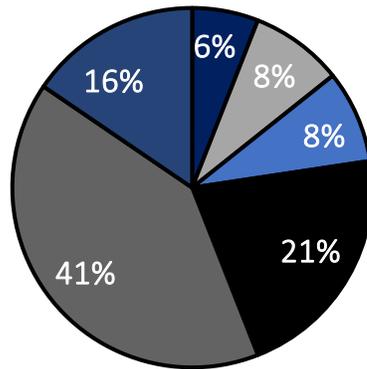
Analizando la población por rango de edades que se presentan en la tabla 2 y figura 3 se observó que la mayor cantidad de habitantes se encuentra en el rango de 31 a 60 años de edad que corresponde a la población adulta y representa el 41% seguida de la población con un rango de 19 a 30 años que representa la población joven y corresponde a un 21%. Los adultos mayores representan el tercer grupo de edad con un rango mayor de 60 años y son el 16% de la población. Los niños de 1 a 12 años representan el 12 % y los adolescentes presentaron la menor proporción de la población equivalente al 7%.

Tabla 2 Población por rango de edad

Edad	Frecuencia
<i>1-5 años</i>	5
<i>6-12 años</i>	7
<i>13-18 años</i>	7
<i>19-30 años</i>	18
<i>31-60 años</i>	34
<i>61 +</i>	13
<i>Total</i>	84

Fuente: Elaboración propia

Figura 3 Población por rango de edad



■ 1-5 años ■ 6-12 años ■ 13-18 años ■ 19-30 años ■ 31-60 años ■ 61 +

4.1.2 Situación económica en el hogar

Para conocer la situación económica de la comunidad se tomó en cuenta el entorno laboral de hombres y mujeres en los sectores donde se desempeñan, especialmente en la producción agrícola.

- **Personas que trabajan**

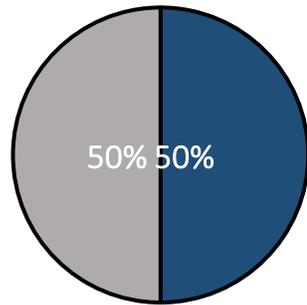
Con respecto a la tabla 3 se puede apreciar que 25 mujeres y 25 hombres totalizando 50 personas trabajan, así mismo en la figura 4 se observa que el 50% de la población que realiza una actividad laboral remunerada es hombre y la otra mitad mujer.

Tabla 3 Personas que trabajan en el hogar

Sexo	Frecuencia
<i>Mujeres</i>	25
<i>Hombres</i>	25
<i>Total</i>	50

Fuente: Elaboración propia

Figura 4 Cantidad de personas que trabajan en el hogar



■ Mujeres ■ Hombres

- **Ingreso familiar mensual**

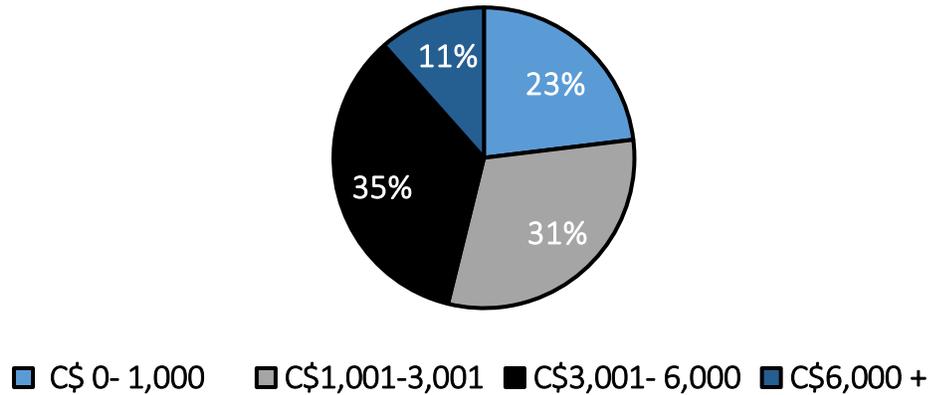
Además, se conoció el ingreso familiar de los habitantes, los cuales se reflejan en la tabla 4 y figura 5, donde se observa que los ingreso con el rango de C\$3,001 a C\$6,000 pertenece al 35% de las familias, seguida del rango C\$1,001 a C\$3,000 y corresponde al 31% de las mismas; también se observó que el 23% de ellos tienen un ingreso menor de C\$1,000 lo que equivale al mínimo, mientras que solamente el 11% tienen ingresos mayores de C\$6,000.

Tabla 4 Ingreso económico mensual

Ingreso	Frecuencia
< C\$ 1,000	6
C\$1,001- C\$3,000	8
C\$3,001- C\$6,000	9
C\$6,000 +	3

Fuente: Elaboración propia

Figura 5 Ingreso económico mensual



● **Ocupación de la comunidad**

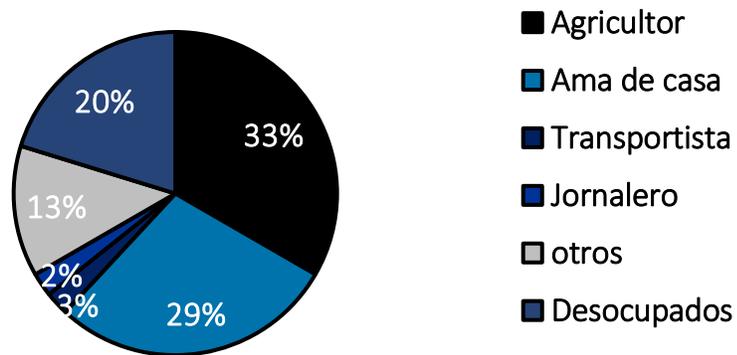
Según los datos de los entrevistados reflejados en la tabla 5 y figura 6, 28 habitantes se dedican a la agricultura ocupando el primer lugar con el 33%, seguidamente 24 personas son ama de casa con un 29%, mientras que 17 personas lo que equivale al 20% están desocupadas, además se observó que el 13% de la población tienen otro tipo de ocupación entre los que se mencionan: Estudiante, maestros, Ingenieros, contadores, farmacéuticos y un médico, el 5 % restante que corresponde a 4 personas son transportista y jornalero.

Tabla 5 Ocupación habitantes de la comunidad

Ocupación	Frecuencia
<i>Agricultor</i>	28
<i>Ama de casa</i>	24
<i>Transportista</i>	2
<i>Jornalero</i>	2
<i>Otros</i>	11
<i>Desocupados</i>	17
<i>Total</i>	84

Fuente: Elaboración propia

Figura 6 Ocupación habitantes de la comunidad



● **Educación**

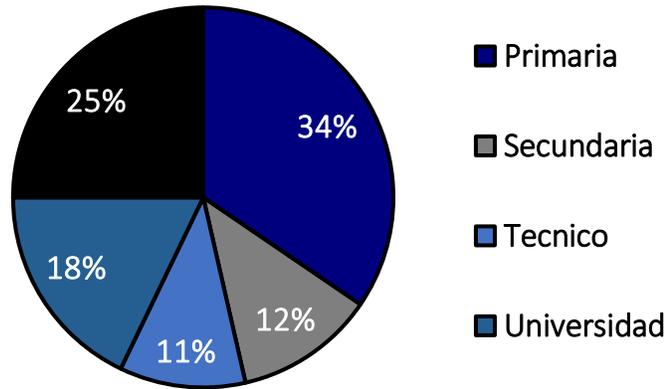
De los 84 habitantes censados se encontraron que 29 personas cursaron la primaria que corresponde al 34%, 10 personas cursaron la secundaria que corresponde al 12%, además 9 personas tienen formación técnica siendo estos el 11%, 15 personas que conciernen al 18% alcanzaron el nivel universitario. También se observó que 21 personas no tuvieron ninguna educación formal y pertenece al 25%. En la tabla 6 y figura 7 se presentan los resultados detallados de los niveles de educación de la comunidad.

Tabla 6 Nivel de educación en los habitantes

Educación	Frecuencia
<i>Primaria</i>	29
<i>Secundaria</i>	10
<i>Técnico</i>	9
<i>Universidad</i>	15
<i>Sin educación formal</i>	21
<i>Total</i>	84

Fuente: Elaboración propia

Figura 7 Nivel de educación en los habitantes



4.1.3 Condiciones de la vivienda

- **Propietario de vivienda**

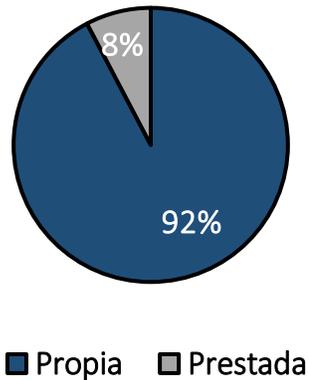
Según los datos del censo se vio que la mayoría de las viviendas ocupadas por los habitantes son propias como se muestra en la tabla 7 y figura 8, lo que equivale al 92%, mientras que el 8% correspondiente a 2 viviendas las cuales son prestadas.

Tabla 7 Propietario de la vivienda

Vivienda	Frecuencia
<i>Propia</i>	24
<i>Prestada</i>	2
<i>Total</i>	26

Fuente: Elaboración propia

Figura 8 Propietario de la vivienda



- **Paredes de la vivienda**

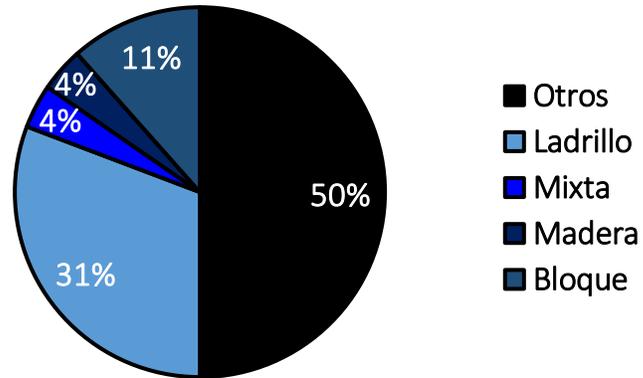
Igualmente se aprecia en la tabla 8 y figura 9 que la mayoría de las paredes de las viviendas están construidas de otros materiales: piedra cantera, adobe, láminas de Zinc y plástico el cual representa el 50%, mientras que 8 viviendas que representa al 31% están construida de ladrillo, así mismo 3 viviendas están fabricadas de bloque que significan el 11% y el 8% restante corresponde a 2 casas construidas de madera y mixtas.

Tabla 8 Paredes de la vivienda

<i>Paredes</i>	Frecuencia
<i>Otros</i>	13
<i>Ladrillo</i>	8
<i>Mixta</i>	1
<i>Madera</i>	1
<i>Bloque</i>	3

Fuente: Elaboración propia

Figura 9 Paredes de la vivienda



- **Material del piso de las viviendas**

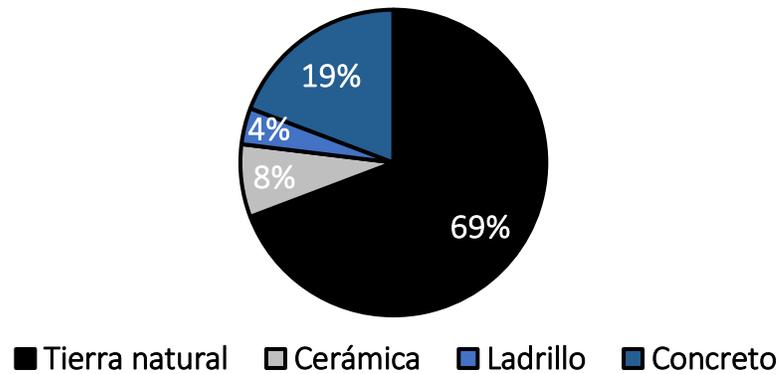
En la comunidad 18 viviendas que son la mayoría y representan el 69%, tienen piso de tierra, además 5 casas que corresponden al 19% sus pisos están contruidos de concreto, así mismo 3 viviendas están hechas de cerámicas y ladrillos y representan el 8% y 4% respectivamente. En la tabla 9 y figura 10 se presentan los resultados detallados.

Tabla 9 Piso de las viviendas

Tipo de piso	Frecuencia
<i>Tierra natural</i>	18
<i>Cerámica</i>	2
<i>Ladrillo</i>	1
<i>Concreto</i>	5

Fuente: Elaboración propia.

Figura 10 Piso de la vivienda



- **Material del techo de las viviendas**

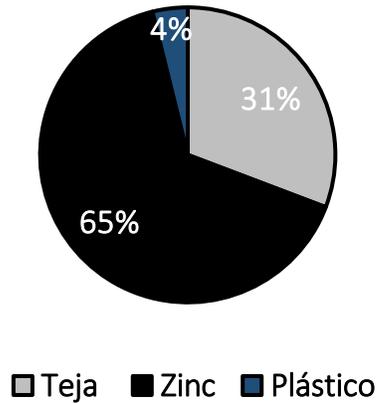
Se encontró 17 viviendas con techo de zinc siendo estas el 65% de las mismas y corresponde a la mayor parte de la comunidad, le sigue 8 viviendas con techo de tejas lo que representa el 31% y finalmente se identificó una vivienda con techo de plástico y concierne el 4% de todas las viviendas. Los resultados se reflejan en la tabla 10 y figura 11.

Tabla 10 Techo de las viviendas

Techo	Frecuencia
<i>Teja</i>	8
<i>Zinc</i>	17
<i>Plástico</i>	1

Fuente: Elaboración propia

Figura 11 Piso en la vivienda



4.1.4 Servicios

- **Servicio que cuenta la comunidad**

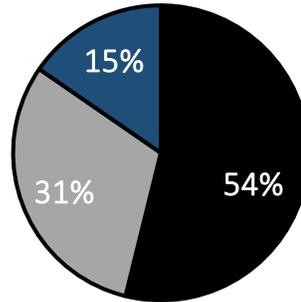
De acuerdo con la tabla 11 y figura 12, 14 familias se abastecen de un pozo público siendo estos 54% de la comunidad, además 8 familias utilizan agua de un pozo privado que equivale al 31%, mientras que 4 familias se abastecen de fuentes superficiales que representa al 15% de todas las familias.

Tabla 11 Tipo de servicio de agua

Abastecimiento de agua	Frecuencia
<i>Pozo público</i>	14
<i>Pozo privado</i>	8
<i>Fuentes superficiales</i>	4
<i>Total</i>	26

Fuente: Elaboración propia

Figura 12 Tipo de servicio de agua



■ Pozo público □ Pozo privado ■ Fuentes superficiales

- **Acarreo del agua**

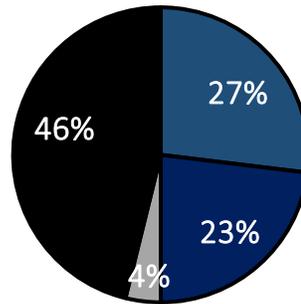
Se observó que en 7 familias son los hombres que acarrean el agua que representa al 27%, así mismo en 6 familias son las mujeres que llevan el agua a las viviendas y equivale al 23%, además se supo que un hogar son los niños quienes acarrean el agua que concierne al 4% y finalmente en 12 hogares todos los miembros participan en el traslado del agua siendo estos el 46% de los hogares. En la tabla 12 y figura 13 se muestran los resultados detalladamente.

Tabla 12 Personas que acarrean el agua

Acarreo	Frecuencia
<i>Hombres</i>	7
<i>Mujeres</i>	6
<i>Niños</i>	1
<i>Todos</i>	12
<i>Total</i>	26

Fuente: Elaboración propia

Figura 13 Personas que acarrean el agua



■ Hombres ■ Mujeres ■ Niños ■ Todos

- **Tiempo dedicado a el acarreo de agua**

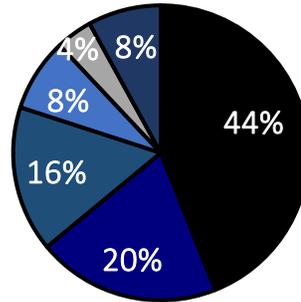
De acuerdo a la tabla 13 y figura 14 se obtuvo como resultado que 11 viviendas demoran 5 minutos en el traslado del agua a sus viviendas lo que equivale la mayor parte de las familias, representadas al 44% de las mismas, 5 viviendas requieren 10 minutos en el aprovisionamiento del agua que corresponden al 20%, así mismo 4 viviendas dilatan 15 minutos siendo estos el 16%. Además 2 viviendas utilizaron 20 minutos, otra tardó 25 minutos y finalmente 2 requirieron 30 minutos, siendo estas 8%,4% y 8% respectivamente.

Tabla 13 Tiempo de acarreo del agua

<i>Tiempo</i>	<i>Frecuencia</i>
<i>5 min</i>	11
<i>10 min</i>	5
<i>15 min</i>	4
<i>20 min</i>	2
<i>25 min</i>	1
<i>30 min</i>	2

Fuente: Elaboración propia

Figura 14 Tiempo de acarreo del agua



■ 5 min ■ 10 min ■ 15 min ■ 20 min ■ 25 min ■ 30 min

- **Abastecimiento de agua en las viviendas**

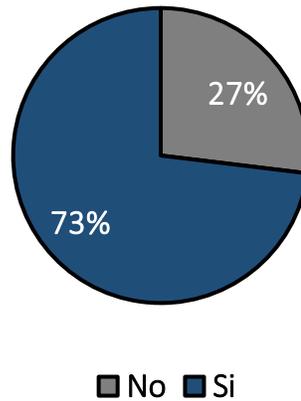
Se entiende por abastecimiento a la cantidad de agua que requiere la familia para realizar todas sus actividades domésticas y de consumo. En este sentido según la tabla 14 y figura 15, 7 familias no alcanzan satisfacer sus necesidades diarias que corresponde al 27%, mientras que 19 familias satisfacen todas sus necesidades diarias, siendo el 73% de todas las familias.

Tabla 14 Abastecimiento de agua en las viviendas

<i>Satisface</i>	<i>Frecuencia</i>
<i>No</i>	7
<i>Si</i>	19
<i>Total</i>	26

Fuente: Elaboración propia

Figura 15 Abastecimiento de agua en las viviendas



- **Escasez de agua en verano**

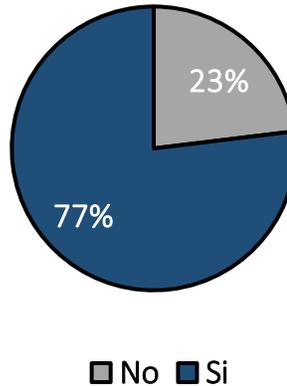
Se identificaron 20 familias que no disponen de suficiente agua para sus actividades diarias en el verano y representan 77% de las familias, mientras que solo 6 familias tienen suficiente agua para sus necesidades básicas en el verano y representan al 23% de las familias. En la tabla 15 y figura 16 se representan los resultados detallados.

Tabla 15 Escasez de agua en verano

<i>Escasez</i>	<i>Frecuencia</i>
<i>Si</i>	20
<i>No</i>	6
<i>Total</i>	26

Fuente: Elaboración propia

Figura 16 Escasez de agua en verano



4.1.5 Saneamiento

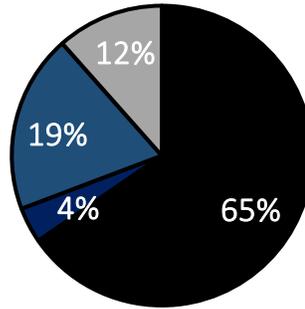
Esta pregunta busca conocer el tipo y posesión de la infraestructura del saneamiento de las viviendas. Encontrándose 3 tipos de infraestructura de saneamiento, los cuales se presentan en la tabla 16 y figura 17, cuyos resultados fueron: 17 viviendas cuentan con letrinas lo que equivale al 65%, tan solo 1 vivienda cuenta con baño e inodoro en el interior lo que concierne al 4%, 5 viviendas cuentan con inodoro en el exterior lo que corresponde al 19%, finalmente 3 viviendas no cuentan con saneamiento lo que equivale al 12%.

Tabla 16 Saneamiento en las viviendas

Saneamiento	Frecuencia
<i>Letrina</i>	17
<i>Baño e Inodoro en el interior</i>	1
<i>Inodoro en el exterior</i>	5
<i>No cuentan con saneamiento</i>	3
<i>Total</i>	26

Fuente: Elaboración propia

Figura 17 Saneamiento de viviendas



■ Letrina ■ Baño ■ Inodoro ■ No cuentan con saneamiento

- **Estado de la infraestructura de saneamiento**

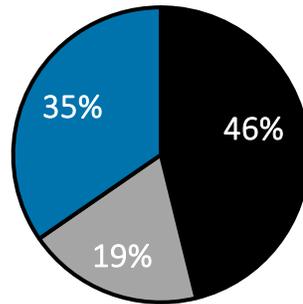
Según los datos reflejados en tabla 17 y figura 18, en la comunidad existen 12 viviendas con infraestructura de saneamiento en estado regular, lo que equivale al 46%, tan solo 5 viviendas tienen en buen estado la infraestructura de saneamiento, lo que corresponde al 19% y finalmente 9 viviendas tienen en mal estado su infraestructura de saneamiento y representa el 35%.

Tabla 17 Estado saneamiento de la vivienda

Estado	Frecuencia
<i>Regular</i>	12
<i>Buena</i>	5
<i>Mala</i>	9
<i>Total</i>	26

Fuente: Elaboración propia

Figura 18 Saneamiento de viviendas



■ Regular ■ Buena ■ Mala

- **Manejo de las aguas grises**

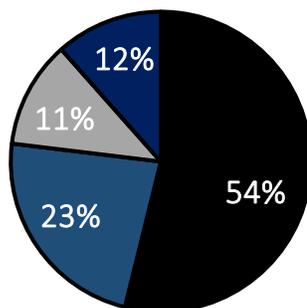
Con respecto al uso de las aguas grises tal y como se refleja en tabla 18 y figura 19, se tiene como resultado que 14 viviendas las riegan, lo que semeja al 54%, mientras que 6 viviendas las dejan correr, lo que equivale al 23%, tan solo 3 viviendas las riegan y dejan correr, lo que corresponde al 11% y solamente el 12%, igual a 3 viviendas, infiltran las aguas grises.

Tabla 18 Uso de las aguas grises

Uso	Frecuencia
<i>Riegan</i>	14
<i>Dejan correr</i>	6
<i>Ambas</i>	3
<i>Infiltran</i>	3

Fuente: Elaboración propia

Figura 19 Uso de las aguas grises



■ Riegan ■ Dejan correr ■ Ambas ■ Infiltran

4.2 Estudio topográfico

El estudio topográfico se realizó partiendo de dos BM geodésicos, se hicieron estaciones cada 20 m o dependiendo de las características del relieve. También se ubicaron 2 BM como referencia para el replanteo a la hora de la ejecución del MABE.

Se identificaron 4 tramos de levantamiento: El tramo 1 con 284.81 m de longitud, con una elevación máxima de 610.340 m y una mínima de 583.315 m, el tramo 2 con una longitud de 204.099 m, con elevación máxima de 604.142 y una mínima 589.659 m, el tramo 3 con una longitud de 165.254 m, con elevación máxima de 589.742 m y una elevación mínima 583.009 y el tramo 4 con una longitud de 42.243 m, con una elevación máxima de 604.075 m y una elevación mínima de 601.409 m. En total se levantaron 696.406 m, que corresponden a todos los caminos y trochas que comunican las viviendas en la comunidad.

En la tabla 19 se presentan las longitudes y elevaciones encontradas en el estudio topográfico, se observó un relieve irregular con pendientes positivas presentándose un columpio en el tramo 4, como se observa en el juego de planos topográficos Anexos

Tabla 19 Longitudes y elevaciones topográficas

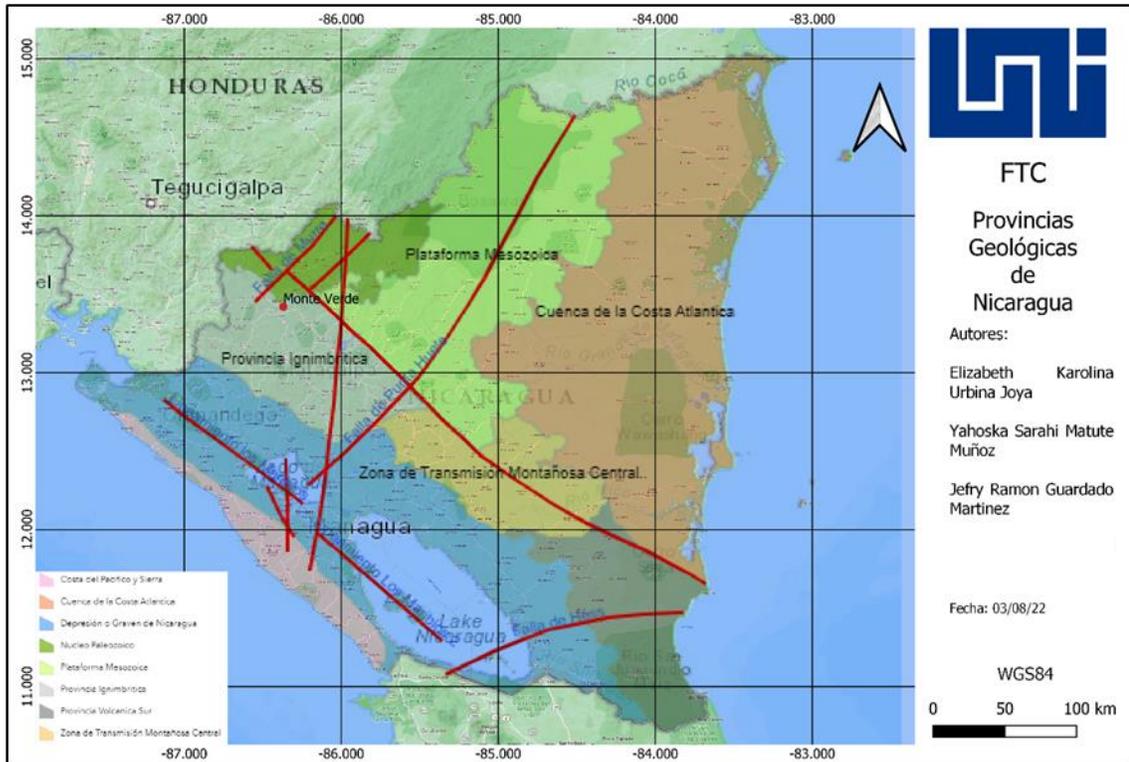
Tramo	Longitud m	Eleva. Máxima m	Eleva. Mínima m
1	284.810	610.340	583.315
2	204.099	604.142	589.659
3	165.254	589.742	583.009
4	42.243	604.075	601.409
<i>Total</i>	696.406		

Fuente: Elaboración propia

4.3 Caracterización hidrogeológica del sitio

La comunidad de monte verde con las coordenadas UTM 16 P DATUM WGS84 X=568318; Y=1483669; Z=583.3131 municipio de Palacagüina, departamento de Madriz según (INETER, 2019), se encuentra en la provincia geológica Ignimbrítica como se indica en la figura 20.

Figura 20 Provincias geológicas de Nicaragua

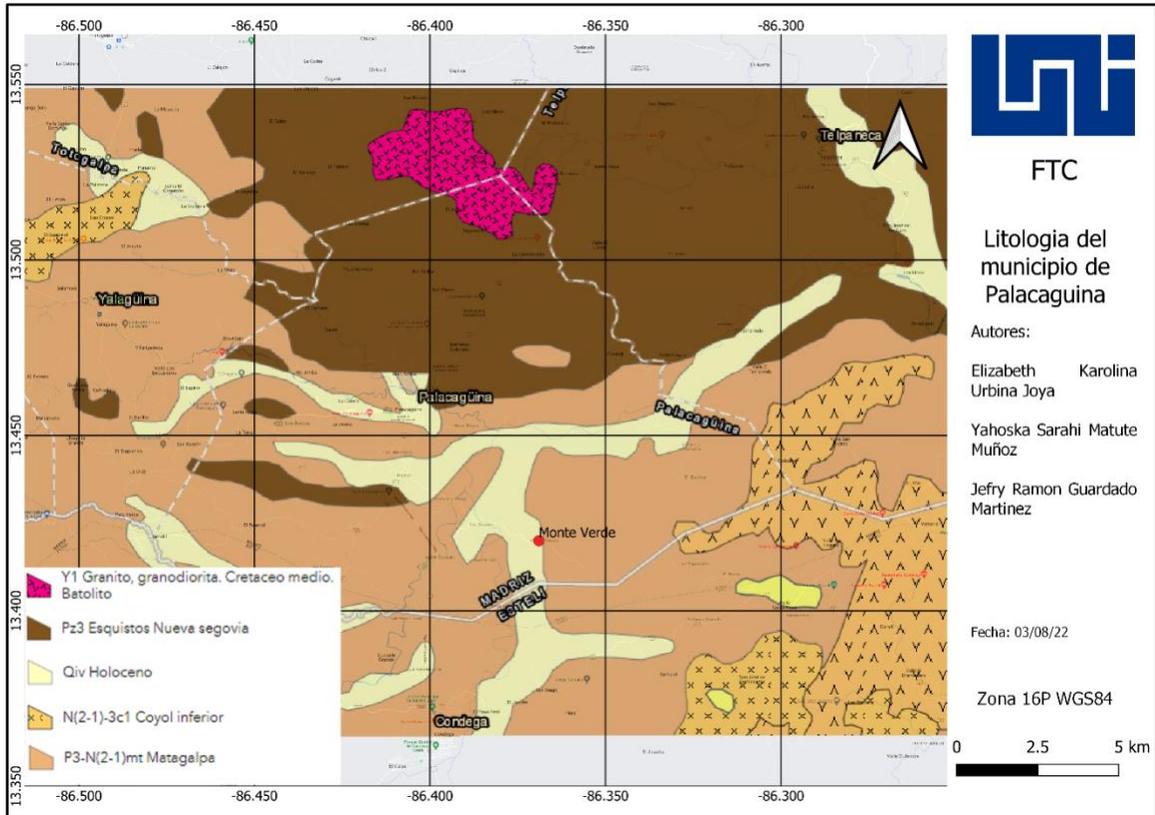


Fuente: (INETER, 2019)

La litología de la zona está formada por rocas piroclásticas, lavas y areniscas, forma parte del sistema paleógeno-neógeno de la serie oligoceno-mioceno de hace 25 millones de años, es parte de la formación Matagalpa.

Entre las rocas principales destacan: Tobas riolíticas a dacíticas, lavas andesíticas a basálticas, ignimbritas y areniscas, estas se encuentran indicadas en la figura 21.

Figura 21 Litología del municipio de Palacaguina



Fuente: INETER (2019)

Debido a las características litológicas observadas puede inferirse que las aguas subterráneas suelen presentarse en fisuras rocosas, siendo estas de poco caudal, como se observa en el anexo IV, p VIII.

En las pruebas de bombeo realizado por la empresa Construcciones y perforaciones sociedad anónima (CONSPERSA), se encontró un caudal de explotación de 6.31l/s y un abatimiento de 5m en 24 horas de bombeo continuo. Utilizando los datos antes mencionados se calculó el caudal específico obteniendo un valor de 1.26 l/s.m.

$$CE = \frac{Q_{Exp}}{D}$$

$$CE = \frac{6.31 \frac{l}{s}}{5 m}$$

$$CE = 1.26 \frac{l}{s.m}$$

De acuerdo a la información consultada en mapas hidrogeológicos publicados por INETER en 1998, el acuífero local tiene una Transmisividad (T) moderada, de Clase III con valores de T que van de 40 a 250 m² /día.

También se realizó una prueba de infiltración utilizando el método de Porchet encontrándose una permeabilidad (K) de 0.28 m/día. A continuación, se presentan los resultados del cálculo del método antes mencionado.

$$f = \frac{R}{2(t_2 - t_1)} \times \text{Ln} \left(\frac{2h_1 + R}{2h_2 + R} \right)$$

F= permeabilidad, cm/min

t= tiempo, min

h₁= altura inicial agua, cm

h₂= descenso del nivel del agua, cm

r= radio del agujero, cm

$$f = \frac{15 \text{ cm}}{2(30 \text{ min} - 20 \text{ min})} \times \text{Ln} \left(\frac{2(71 \text{ cm}) + 15 \text{ cm}}{2(69 \text{ cm}) + 15 \text{ cm}} \right)$$

$$f = 0.0194 \frac{\text{cm}}{\text{dia}}$$

$$f = 0.28 \frac{\text{m}}{\text{dia}}$$

Además, se calculó la trasmisibilidad partiendo de la ecuación 4 de la cual se despejo el termino trasmisibilidad (T), por tanto, tomando en cuenta una capa saturada de 76.20 m que fue medida en la perforación del pozo, se obtuvo una trasmisibilidad de 21.29 m²/día. El resultado de la trasmisibilidad es inferior a los rangos mencionados por INETER A continuación, se presentan los cálculos.

$$T = K \times P$$

$$T = 0.2794 \frac{m}{dia} \times 76.20 m$$

$$T = 21.29 \frac{m^2}{dia}$$

El resultado de la permeabilidad de acuerdo con (Mijailov, 1989) corresponde a arenas arcillosas, por lo tanto, es un acuífero pobre. Observando la figura 22, se confirma que el acuífero presenta un drenaje malo que pertenece a arenas muy finas y arcillas, esta conclusión se corresponde con el valor del caudal específico y la trasmisibilidad encontrada.

Figura 22 Coeficiente de permeabilidad k (cm/s)

K (cm/s)	10 ²	10 ³	10	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹
Drenaje	Bueno						Malo		Prácticamente impermeable			
Relleno sanitario	Pesimo								Bueno			
Tipo de suelo	Grava gruesa (Cascajo)		Arena limpia, arena mezclada con grava		Arena muy fina, suelos orgánicos e inorgánicos, mezcla de limo-arenoso y			Suelo impermeable modificado por efecto de la vegetación y la intemperización				
					Suelo impermeable; por ejemplo: arcilla homogénea debajo de la zona de intemperización							

Fuente: Universidad de Antioquia (Jaramillo, 2002)

En la perforación del pozo realizado en el año 2016 por la empresa CONSPERSA se encontró las siguientes estratigrafías: De 0 a 05 pies perforados consiste de una capa de arcilla color negra; de 05 a 40 pies tobas de color café; de 40 a 80 pies tobas color azul; de 80 a 140 pies tobas de color café, de 140 a 200 pies roca de color café, de 200 a 240 pies rocas de color azul, de 240 a 280 pies rocas de color negra. La formación litológica del pozo indica que la formación está compuesta de suelos arcillosos y rocas ígneas típicas de la formación Matagalpa. En el anexo IV, Pág. XIII, se presenta el perfil estratigráfico encontrado en el pozo de la comunidad de Monte verde.

4.4 Calidad del agua y aforo

4.4.1. Calidad del agua

Se realizó el análisis de calidad de agua a la fuente disponible, cuya muestra fue tomada del pozo perforado el 27 de junio del 2022 a las 6:00 pm, el cual se ubica en la comunidad de Monte Verde con las siguientes coordenadas: UTM 16 P DATUM WGS84 X=568318; Y=1483669; Z=583.3131

- **Físico – Químico**

De acuerdo a los resultados de la muestra LA-2206-0720, los parámetros físicos – químico se encuentran dentro del rango de los valores permitidos por la norma (CAPRE, 1994, p. 13), los resultados se presentan en el anexo V, Pag XVI.

- **Bacteriológico**

De acuerdo a los resultados de la muestra LA-2206-0720, los parámetros de ensayo microbiológicos resultaron negativo con respecto a coliforme total, fecal y E. coli cumpliendo con las especificaciones de la norma (CAPRE, 1994, p. 12), los resultados se presentan en el anexo V, Pag XVII.

- **Metales pesados**

De acuerdo a los resultados de la muestra LA-2206-0720, los parámetros de ensayo de micropoluentes que consistieron en arsénico y plomos, los cuales resultaron negativos, cumpliendo con la norma (CAPRE, 1994, p. 14), los resultados se presentan en el anexo V, Pag XVIII.

4.4.2. Aforo de la fuente

Los resultados del aforo del pozo fueron proporcionados por la empresa Construcciones y perforaciones sociedad anónima CONSPERSA, encontrándose un caudal de 1.9 l/s, con un abatimiento de 14.86 m, un nivel freático de 9.14 m y con una profundidad total de 85.34 m. Al realizarse la prueba de bombeo se encontró un nivel dinámico de 24 m. El caudal encontrado es característico de acuíferos fisurados, en este caso, en la formación Matagalpa.

4.5 Diseño de MABE

4.5.1 Vida útil

Se adoptó un periodo de diseño de 20 años debido que la fuente es un pozo perforado (MIFIC, 2019, p. 13)

4.5.2 Población de diseño

- **Tasa**

Para estimar la tasa de crecimiento se tomaron datos de la población rural del municipio de los años 2010 al 2020. Los datos fueron facilitados por la Alcaldía Municipal de Palacagüina. La tasa encontrada para la población rural en el municipio fue de 0.65%.

A continuación, se presenta según la ecuación 5, el cálculo de la tasa de crecimiento rural del municipio de Palacagüina.

$$r = \left(\frac{P_f}{P_0} \right)^{\frac{1}{n}} - 1$$
$$r = \left(\frac{10,540 \text{ hab}}{9,877 \text{ hab}} \right)^{\frac{1}{10}} - 1$$
$$r = 0.0065 \times 100$$
$$r = 0.65\%$$

- **Población futura**

La tasa rural del municipio fue de 0.65% en los últimos 10 años, por lo que se adoptó una tasa de crecimiento del 2.5%, que es lo mínimo que cita la norma (MIFIC, 2019, p. 8).

Por tanto, la población de diseño calculada con el método geométrico según la ecuación 6 fue de 141 habitantes (MIFIC, 2019, p. 8)

Los resultados de la población futura en los próximos 20 años para la comunidad Monte Verde, se presentan a continuación:

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

$$P_f = 86 \text{ hab} \times (1 + 0.025)^{20}$$

$$P_f = 141 \text{ hab}$$

4.5.3 Dotación

Se adoptó una dotación de 80 lppd, debido a que se diseñará un MABE con conexiones domiciliarias en una comunidad rural con población dispersa (MIFIC, 2019, p. 10).

Basado en la dotación antes mencionada se realizaron los cálculos que a continuación se presentan:

4.5.4 Consumo doméstico

Se calculó el consumo doméstico según la ecuación 7, al aplicar la dotación de 80 lppd, se obtuvo un valor de 0.13 l/s como se presenta a continuación:

$$CD = P_f \times Dot$$

$$CD = 141 \text{ hab} \times 80 \text{ lppd}$$

$$CD = 11,280 / 86,400 \text{ s}$$

$$CD = 0.13 \frac{l}{s}$$

4.5.5 Factores de la demanda

Se tomará en cuenta únicamente el consumo público o institucional (CPI) debido a que la comunidad no cuenta con comercio e industria ni se prevé según plan de desarrollo municipal y comunal, la creación de sectores comerciales e industriales.

El consumo público o institucional fue de 0.001 l/s y se calculó con la ecuación 8.

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

$$CPI = \frac{7}{100} \times 0.13 \frac{l}{s}$$

$$CPI = 0.001 \frac{l}{s}$$

4.5.6 Consumo promedio diario

Se calculó el consumo promedio diario según la ecuación 9, encontrándose un valor de 0.14 l/s, a continuación, se describen los resultados.

$$CPD = CD + CPI$$

$$CPD = 0.13 \frac{l}{s} + 0.001 \frac{l}{s}$$

$$CPD = 0.14 \frac{l}{s}$$

4.5.7 Pérdidas

De acuerdo a la norma se considera que las pérdidas en el sistema o fugas corresponden del 15 al 20% del consumo promedio diario (CPD) (MIFIC, 2019, p. 12). Para el cálculo de la fuga se adoptó el 15% debido a que en la comunidad hay menos de 500 viviendas.

Para el cálculo de las fugas se utilizó la ecuación 10 y se encontró un valor de 0.02 l/s, a continuación, se presentan los resultados.

$$P = \frac{15}{100} \times CPD$$

$$P = \frac{15}{100} \times 0.14 \frac{l}{s}$$

$$P = 0.02 \frac{l}{s}$$

4.5.8 Consumo máximo diario

El consumo máximo diario se calculó mediante la ecuación 11 (MIFIC, 2019, p. 12), obteniendo un valor de 0.23 l/s, cuyos resultados se presentan a continuación.

$$CMD = 1.5 \times CPD + P$$

$$CMD = 1.5 \times 0.14 \frac{l}{s} + 0.02 \frac{l}{s}$$

$$CMD = 0.23 \frac{l}{s}$$

4.5.9 Consumo máximo horario

El consumo máximo horario se calculó mediante la ecuación 13, obteniendo el resultado de 0.37 l/s, el factor a utilizarse será de 2.5 (MIFIC, 2019, p. 12). A continuación se presentan los resultados.

$$CMH = 2.5 \times CPD + P$$

$$CMH = 2.5 \times 0.14 \frac{l}{s} + 0.02 \frac{l}{s}$$

$$CMH = 0.37 \frac{l}{s}$$

4.5.10 Caudal de bombeo

Debido a que en la comunidad Monte Verde no cuenta con servicio de energía eléctrica, se propone utilizar un sistema de bombeo con energía solar. Además, considerando que en la zona donde se localiza la comunidad hay un promedio de 5.63 horas de irradiación solar anual según el proveedor para Nicaragua Franklin Electric: Franklin Solar - Search Results (intelliquip.com), como se observa en la figura 23 y 24.

Figura 23 Horas de radiación solar



Criteria de selección Resultados de la búsqueda

▼ Decimal Estándar de EE. UU. ▼ Idioma

SOLICITUD Sumergible ▼

CONDICIONES BÁSICAS DE FUNCIONAMIENTO

Carga dinámica total 58.96 metro ▼

Resolver a Fluir ▼

Fluir 0.98 l/s ▼

Tipo de hilo Automático por ubicación ▼

Región del catálogo Automático por ubicación ▼

UBICACIÓN  Buscar

Grados Latitud 13.420420

Grados Longitud -86.368775

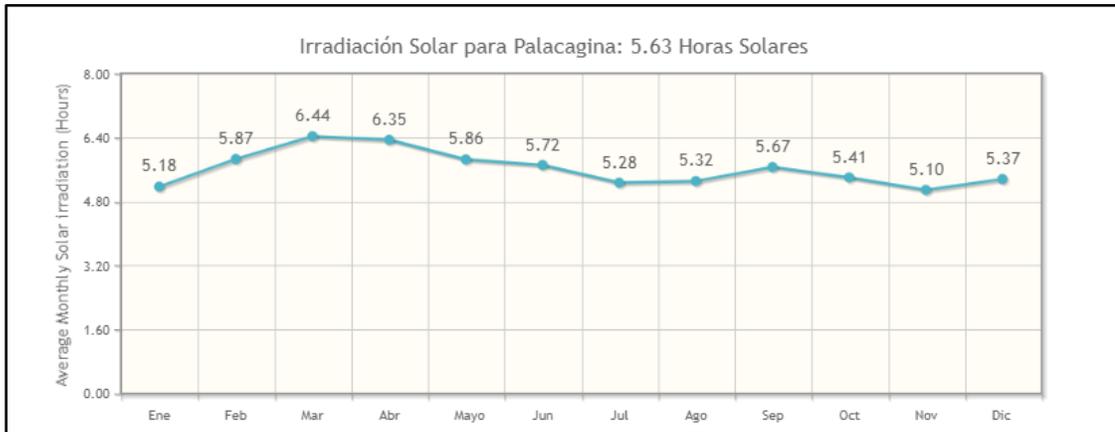
Estado de la Ciudad

País

*Temperatura máxima permitida del agua de 86F/30C.
Consulte a la fábrica para obtener clasificaciones de temperatura más altas.

Fuente: Franklin Electric.

Figura 24 Horas de radiación solar en Palacagüina



Fuente: Franklin Electric.

Por lo tanto, adoptando las 5.63 horas de radiación solar, y teniendo en cuenta el consumo máximo diario de 0.23 l/s, se calculó el caudal de bombeo mediante la ecuación 12, obteniéndose como resultado un caudal de bombeo de 0.98 l/s, que a continuación se describe.

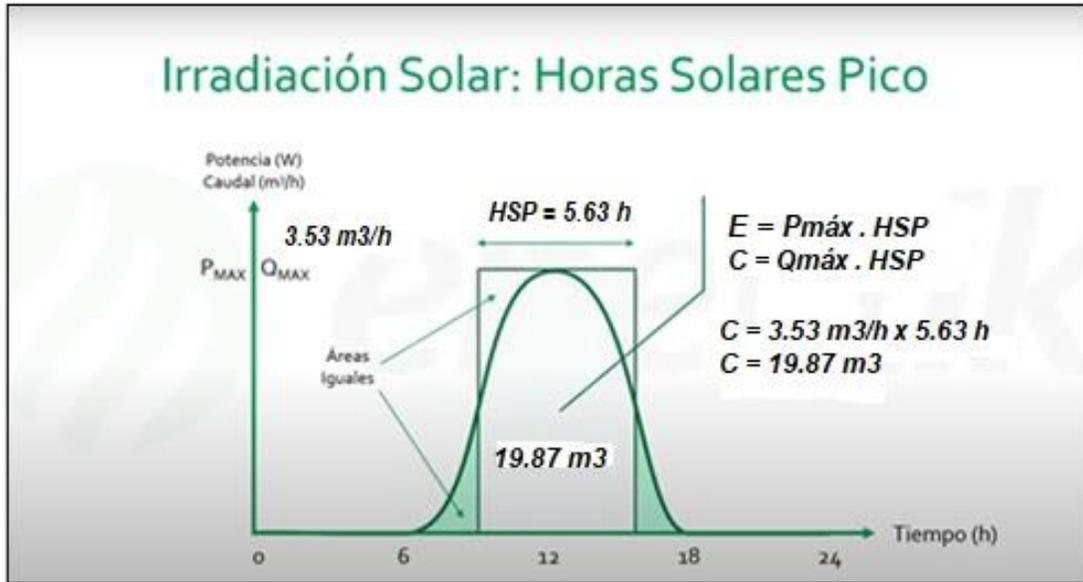
$$Q_b = CMD \times \frac{24 h}{n}$$

$$Q_b = 0.23 \frac{l}{s} \times \frac{24 h}{5.63 h}$$

$$Q_b = 0.98 \frac{l}{s}$$

Tomando en consideración la hora solar pico (HSP) y su relación con el caudal que puede producirse según la energía recibida en el mismo periodo como se observa en la figura 25, se procedió a calcular el volumen requerido para satisfacer la demanda para ello se utilizó el caudal de bombeo expresado en m³/h con una HSP de 5.63 h, obteniendo un volumen de 19.87 m³, la cual se presenta a continuación.

Figura 25 Relación de potencia, caudal y horas solares pico



Fuente: Elaboración propia

El volumen de 19.87 m³ que se demanda por día, servirá para determinar la potencia y caudal de la bomba que deberá operar con HSP de 5.63 h, lo cual se describe en el capítulo 4.5.16 selección de la bomba.

4.5.11 Diseño de la columna de bombeo

El diámetro de la columna de bombeo se determinó a partir del caudal de bombeo y la tabla que relaciona caudal con diámetro descrita en la norma (MIFIC, 2019, p. 21), resultando un diámetro nominal de 3", por lo que se adoptó una tubería de HG Clase 40 de 3".

La longitud de la columna de bombeo se calculó con el nivel dinámico del pozo más la sumergencia. El cálculo se realizó mediante la ecuación 14. La longitud de columna se estableció para que el cuerpo de la bomba se sumerja 6 m bajo el nivel dinámico de bombeo, más 6 m por la variación estacionales debido a que el mini acueducto se construirá en zona de trópico seco, donde el efecto de El Niño es bien marcado. Se obtuvo como resultado una longitud de columna de bombeo de 36m.

$$L = NDA + \text{Sumergencia} + \text{variacion estacionaria}$$

$$L = 24 \text{ m} + 6 \text{ m} + 6 \text{ m}$$

$$L = 36 \text{ m}$$

- **Velocidad de flujo**

La velocidad de flujo en la columna de bombeo fue de 0.19 m/s y se calculó mediante la ecuación 15.

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

$$v = \frac{0.00098 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{\frac{3.1416 \times (0.08 \text{ m})^2}{4}}$$

$$v = 0.19 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- **Pérdida de carga**

La pérdida de carga por fricción para la tubería de hierro galvanizado de 3" con una longitud de 36 m, fue de 0.03 m y se calculó mediante la ecuación 16 de Hazen-Williams, utilizando un coeficiente de rugosidad para hierro galvanizado de 130 (MIFIC, 2019, p. 29)

$$h_f = 10.647 \times \frac{Q_b^{1.85}}{C^{1.85} \times D^{4.87}} \times L$$

$$h_f = 10.647 \times \frac{(0.00098 \frac{\text{m}^3}{\text{s}})^{1.85}}{130^{1.85} \times (0.08 \text{ m})^{4.87}} \times 36 \text{ m}$$

$$h_f = 0.03 \text{ m}$$

4.5.12 Diseño de sarta

El diámetro de la sarta se determinó con relación al caudal de bombeo y la tabla de diámetro que recomienda la norma (MIFIC, 2019, p. 22), obteniéndose un diámetro nominal de 2", por lo que se adoptó una tubería de HG Clase 40 de 2".

- **Pérdida por fricción en la sarta**

La pérdida por fricción en la sarta fue de 0.05 m y se calculó mediante la ecuación 16 de Hazen-Williams, utilizando un diámetro de 2" y una longitud de 6 m obteniendo los siguientes resultados:

$$h_f = 10.647 \times \frac{Q_b^{1.85}}{C^{1.85} \times D^{4.87}} \times L$$

$$h_f = 10.647 \times \frac{\left(0.00098 \frac{m^3}{s}\right)^{1.85}}{130^{1.85} \times (0.05 m)^{4.87}} \times 6 m$$

$$h_f = 0.05 m$$

- **Velocidad**

La velocidad del flujo fue de 0.5 m/s, se calculó con la ecuación 15. Siendo esta una velocidad inferior al rango de velocidades comprendido entre 0.6 m/s y 1.5 m/s que recomienda la norma.

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

$$v = \frac{0.00098 \frac{m^3}{s}}{\frac{3.1416 \times (0.05 m)^2}{4}}$$

$$v = 0.5 \frac{m}{s}$$

- **Pérdidas locales**

Las pérdidas locales fueron de 0.16 m y se calcularon mediante la ecuación 17, donde k es el coeficiente de pérdida que corresponden a los accesorios de la sarta.

Tabla 20 Accesorios de la sarta

Accesorios	Cantidad	K	KT
Tee 2" salida lateral	1	1.8	1.8
Tee 2" sentido recto	1	0.3	0.3
Unión 2" Dresser	3	0.3	0.9
Medidor 2"	1	5.59	5.59
Válvula check 2"	1	2.5	2.5
Válvula compuerta 2"	1	0.2	0.2
Reducción gradual 3x2"	1	0.15	0.15
Codo 45 2"	2	0.4	0.8
Total			12.24

Fuente: Elaboración propia

$$hl \text{ sarta} = \sum k \times \frac{V^2}{2g}$$

$$hl \text{ sarta} = 12.24 \times \frac{\left(0.5 \frac{m}{s}\right)^2}{2 \times 9.81 \frac{m}{s^2}}$$

$$hl \text{ sarta} = 0.16 \text{ m}$$

4.5.13 Diseño de la línea de impulsión

El diámetro de la línea de impulsión fue de 15.36 mm, se calculó basado en el caudal de bombeo, utilizando la ecuación 18 similar a Bresse.

$$D = 1.3 \times (X)^{\frac{1}{4}} \times \sqrt{Q_b}$$

$$D = 1.3 \times \left(\frac{5.63 \text{ h}}{24 \text{ h}} \times 86,400 \text{ s}\right)^{\frac{1}{4}} \times \sqrt{0.98 \frac{l}{s}}$$

$$D = 15.36 \text{ mm}$$

Una vez conocido el diámetro teórico, se procedió a seleccionar un diámetro comercial de tubería PVC más próximo al diámetro teórico, adoptándose una tubería con diámetro nominal 1 ½" con un diámetro interno de 44.6 mm, dando como resultado 0.78 m/s.

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

$$v = \frac{0.00098 \frac{m^3}{s}}{\frac{3.1416 \times (0.04 m)^2}{4}}$$

$$v = 0.78 \frac{m}{s}$$

La pérdida de carga por fricción es de 4.99 m, se calculó con la ecuación 16 de Hazen-Williams.

$$h_f = 10.647 \times \frac{Q_b^{1.85}}{(C^{1.85}) \times (D^{4.87})} \times L$$

$$h_f = 10.647 \times \frac{\left(0.00098 \frac{m^3}{s}\right)^{1.85}}{(150)^{1.85} \times (0.04 m)^{4.87}} \times 285 m$$

$$h_f = 4.99 m$$

4.5.14 Carga total dinámica

La carga total dinámica se determinó mediante la ecuación 19, dando como resultado 58.96 m, a continuación, se describe:

$$CTD = H_G + h_{col} + h_{sarta} + h_f$$

$$CTD = 53.73 m + 0.030 m + 0.05 m + 0.16 m + 4.99 m$$

$$CTD = 58.96 m$$

4.5.15 Golpe de ariete

Para el cálculo del golpe de ariete se calculó el coeficiente en función del módulo de elasticidad del material de la tubería con la ecuación 21

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

$$K = \frac{10^{10}}{2.81 \times 10^8}$$

$$K = 35.59$$

A si mismo el valor de la celeridad fue de 329 m/s, presentándose a continuación el procedimiento del cálculo:

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

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + 35.59 \times \frac{44.6 \text{ mm}}{1.85 \text{ mm}}}}$$

$$a = 329 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

El tiempo de cierre de la válvula fue de 1.84 s, se calculó con la ecuación 22 de Mendiluce, el procedimiento se detalla a continuación:

$$\frac{H_m}{L} = \frac{53.73}{285} = 0.19 < 0.20 \therefore C = 1$$

$$L < 500 = 285 < 500 \therefore K = 2$$

$$T = c + \frac{k \times L \times v}{g \times H_m}$$

$$T = 1 + \frac{2 \times 285 \text{ m} \times 0.780 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 53.73 \text{ m}}$$

$$T = 1.84 \text{ s}$$

El tiempo de recorrido de la onda de presión es de 1.73 s, se calculó con la ecuación 23:

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

$$t = \frac{2 \times 285 \text{ m}}{329 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$t = 1.73 \text{ s}$$

El tipo de cierre se hará mediante las siguientes expresiones, resultando cierre lento según Michaud.

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

$$T < \frac{2 \times 285}{329} = 1.84 \text{ s} < 1.73 \text{ s}; T > \frac{2 \times 285}{329} = 1.84 \text{ s} > 1.73 \text{ s} \therefore \text{Cierre lento}$$

El cálculo de la longitud crítica es de 302.68 m, se hizo con la ecuación 25

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

$$L_c = \frac{329 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 1.84 \text{ s}}{2}$$

$$L_c = 302.68 \text{ m}$$

A través de la ecuación 26 se procede al cálculo del L_m o tramo de tubería con mayor sobrepresión, el cual resultó una longitud de 17.68 m.

$$L_m = L - L_c$$

$$L_m = 285 \text{ m} - 302.68 \text{ m}$$

$$L_m = 17.68 \text{ m}$$

Para determinar el tipo de impulsión se utilizaron las siguientes expresiones:

$$l > L_c \text{ "Impulsión larga" } l < L_c \text{ "Impulsión corta"}$$

$$l > L_c = 285 \text{ m} > 232.38 \text{ m} ; l < L_c = 285 \text{ m} < 302.68 \text{ m} \therefore \text{Impulsión corta}$$

Para calcular la sobre presión en la línea de impulsión se utilizó con la ecuación 28 de Michaud, debido a que en el sistema se presenta impulsión corta con cierre lento, obteniéndose una sobre presión de 24.63 m.

$$\Delta H = \frac{2 \times L \times v}{g \times T}$$

$$\Delta H = \frac{2 \times 285 \text{ m} \times 0.78 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 1.84 \text{ s}}$$

$$\Delta H = 24.63 \text{ m}$$

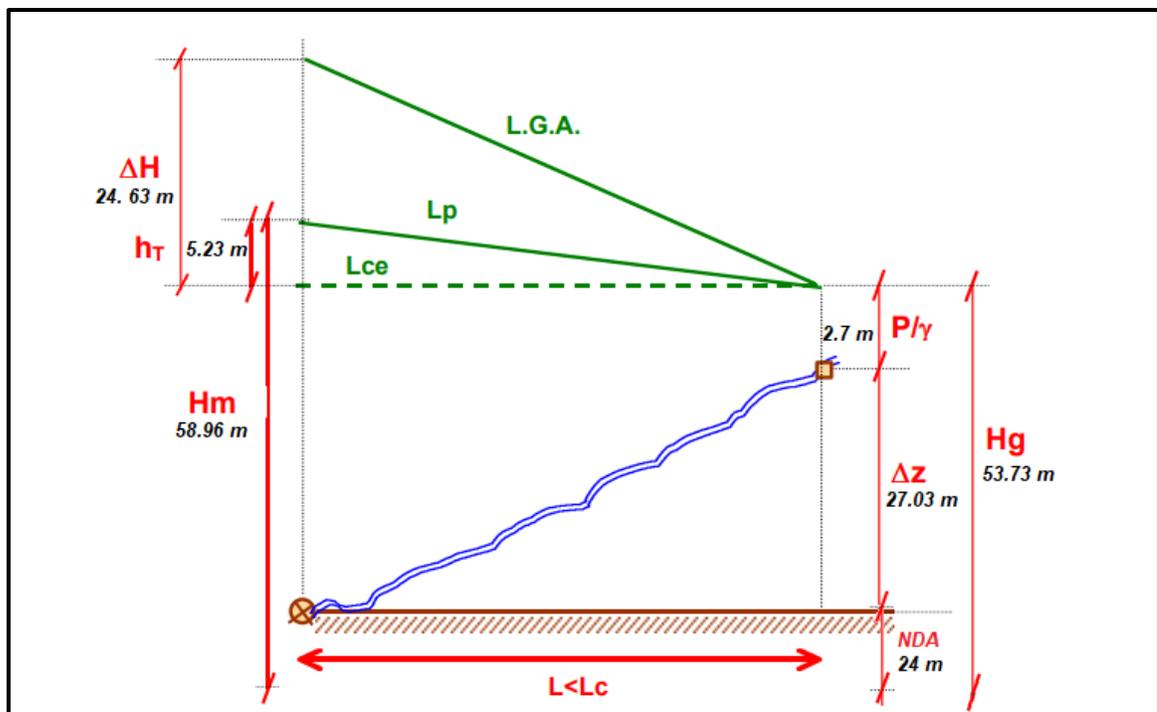
La presión total en el sistema, incluyendo la presión hidrostática fue de 111.27 PSI, por lo tanto, la tubería PVC SDR 26 con capacidad de 160 PSI resiste la sobrepresión generada por el golpe de ariete, se calculó de la siguiente manera:

$$H_T = \Delta H + H_m$$

$$H_T = (24.63 \text{ m} + 53.73 \text{ m}) \times 1.42$$

$$H_T = 111.27 \text{ PSI}$$

Figura 26 Esquema de la sobrepresión, cargas dinámicas y estáticas.



Fuente: Elaboración propia

4.5.16 Selección de la bomba

- **Potencia de la bomba**

La potencia teórica de la bomba fue de 0.92 HP y se calculó mediante la ecuación 30. A continuación se presentan los cálculos:

$$P = \frac{\gamma \times H \times Q_b}{746 \times n}$$
$$P = \frac{9810 \frac{kg}{m^3} \times 53.73 m \times \left(\frac{0.98 \frac{l}{s}}{1000} \right)}{746 \times 0.75}$$
$$P = 0.92 HP$$

Así mismo se seleccionó una bomba fotovoltaica tomando los resultados calculados en el acápite 4.5.10, donde el volumen fue de 19.87 m³ con HSP de 5.63 h para producir un caudal de 3.53 m³/h, además del acápite 4.5.14 se obtuvo la carga dinámica total cuyo valor fue de 58.96 m.

- **Cálculo del caudal para selección de bomba**

$$Q_{BS} = \frac{v}{t}$$

Donde:

Q_{BS}: Caudal de bombeo solar, m³/h

V: Volumen que se demanda diariamente, m³

T: hora solar pico (HSP), h

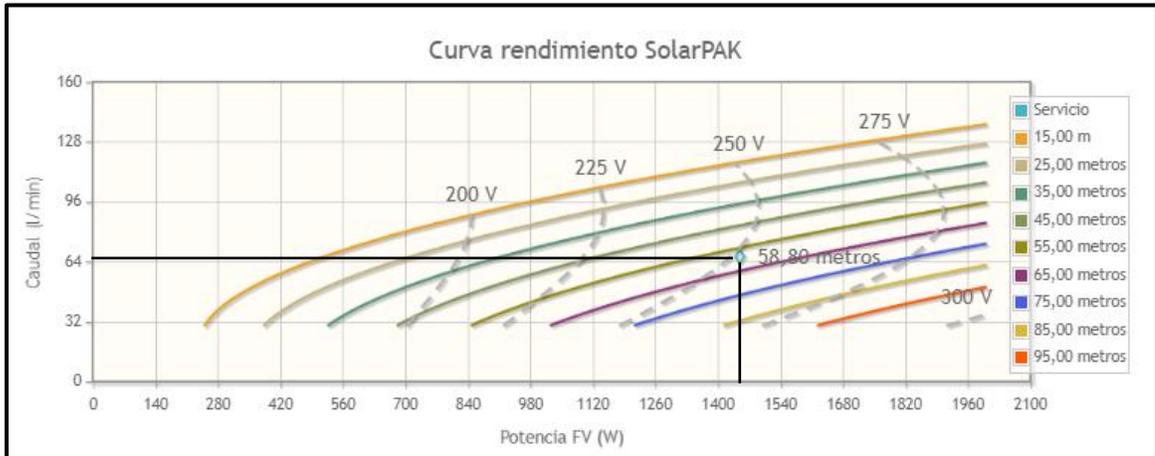
$$Q_{BS} = \frac{19.87 m^3}{5.63 h}$$

$$Q_{BS} = 3.53 \frac{m^3}{h}$$

Con el cálculo del caudal y la carga dinámica, se determinó el punto de operación de la bomba según el nomograma figura 26 y 27 del fabricante Franklin Electric,

seleccionándose la bomba motora 1.5 hp, extremo de bomba 70SDSP-1.1 KW SubDrive Solar que a continuación se presenta:

Figura 27 Nomograma de operación bomba Franklin Electric 70SDSP-1.1 KW SUBDRIVE SOLARPAK



Fuente: Franklin Electric

Figura 28 Características de la bomba seleccionada

SolarPAK

Criteria de selección Resultados de la búsqueda
Estándar de EE. UU.
Idioma

Aplicación: Sumergible

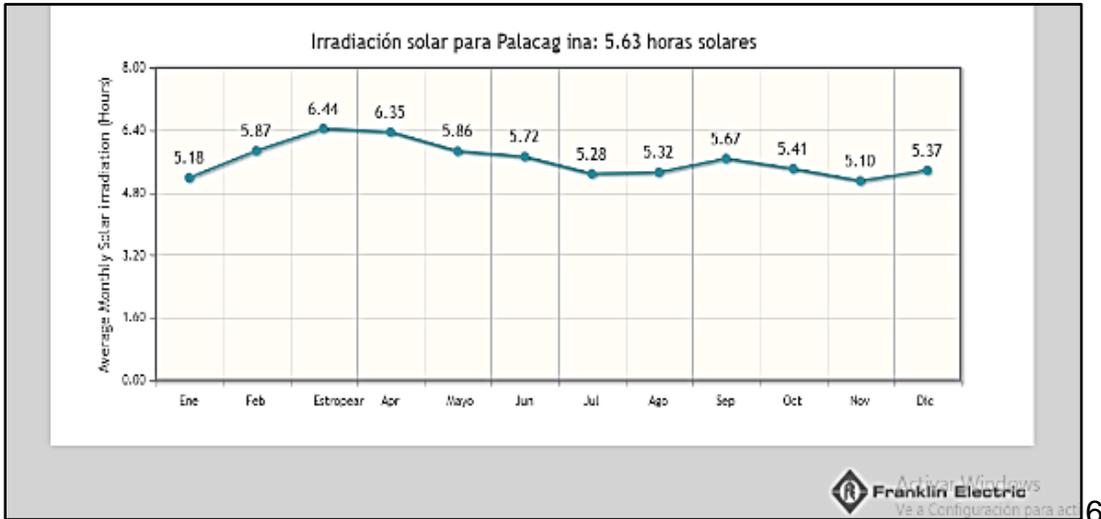
Descripcion del modelo	Código de orden	Potencia de entrada	Caudal máximo máximo (l/min)	Promedio diario de producción de agua (litros)	Volumen / Vatio (Litro)	Panel solar mínimo requerido Vmpo (V)	Mínima energía solar requerida (W)	Paneles por cadena de serie	# de cadenas de serie	Número total de paneles	Voltaje del motor (V)
70SDSP-1.1KW	90032520	CC/CA	66.80	22.564,4	12.54	244	1,358	9	1	9	200
70F DSP-1.1KW	90032524	corriente continua	66.80	22.564,4	12.54	244	1,330	9	1	9	200
45SDSP-1.1KW	90031520	CC/CA	61.30	20.706,5	10.35	267	1,888	10	1	10	200
100SDSP-1.1KW	90033520	CC/CA	81.30	27.462,5	13.73	267	1,577	10	1	10	200
45F DSP-1.1KW	90031524	corriente continua	61.80	20.875,4	10.44	267	1,850	10	1	10	200
100F DSP-1.1KW	90033524	corriente continua	81.30	27.462,5	13.73	267	1,545	10	1	10	200
70SDSP-2.2KW	90032530	CC/CA	72.30	24.422,3	13.57	239	1,350	9	1	9	200

Fuente: Franklin Electric

Tomando en cuenta las HSP mensuales que se muestran en la figura 29, utilizando la bomba 70SDSP-1.1 KW SubDrive Solar se obtienen los volúmenes

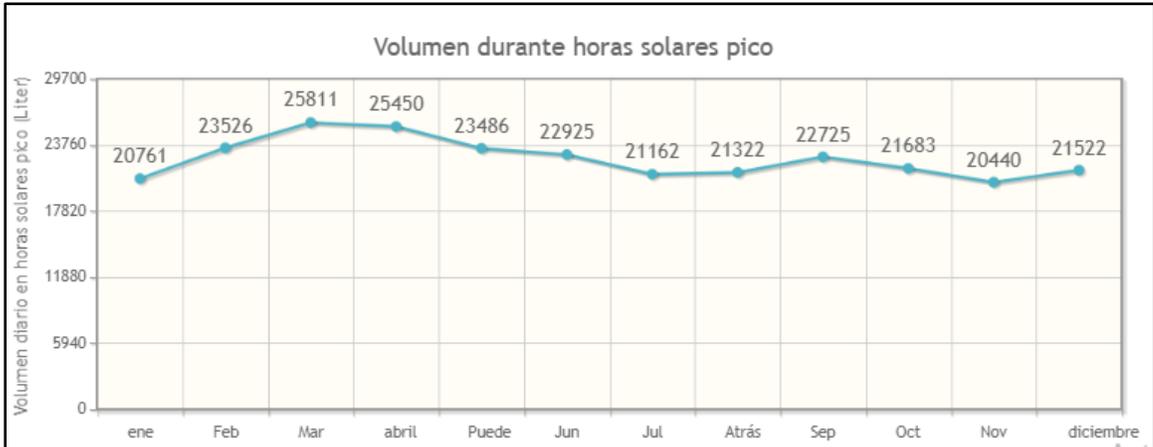
promedio mensuales durante la hora pico entre 20,440 lts y 25,811 lts, los cuales se presentan en la figura 30.

Figura 29 Horas de radiación solar en Palacagüina



Fuente: Franklin Electric

Figura 30 Volumen, horas pico



Fuente: Franklin Electric

4.5.17 Instalación del sistema fotovoltaico

- **Cálculo de paneles**

Para el cálculo de paneles se considera la potencia de la bomba, la cual fue de 1.5 hp equivalente a 1,100 watts, así mismo se toma en cuenta la cantidad de 11 horas de luz solar que la bomba va a funcionar, así como la hora solar pico promedio anual como se muestra en la figura 29. Se adoptaron paneles de 250 watts, resultando un total de 11 paneles, a continuación se presentan los cálculos.

$$N^{\circ} \text{ Paneles} = \frac{P \times h \times 1.3}{C_p \times HSP}$$

Donde:

P: Potencia, w

H: Horas de operación, h

Cp: Capacidad de paneles, w

HSP: Hora solar pico, h

$$N^{\circ} \text{ Paneles} = \frac{1,100 \text{ w} \times 11 \text{ h} \times 1.3}{250 \text{ w} \times 5.63 \text{ h}}$$

$$N^{\circ} \text{ Paneles} = 11 \text{ paneles}$$

- **Dimensionamiento del controlador solar**

Para dimensionar el controlador solar, se adoptaron los valores recomendados por el fabricante Franklin Electric, quien recomienda un controlador modelo SD Solar 1.1 KW N3, como se muestra en la figura 31.

Figura 31 Modelo del controlador solar

		CONTROLADOR SOLAR SUBDRIVE	
		modelos	SD Solar 1.1KW N3
		Árbitro.	5870301113
MOTOR		BOMBA SOLAR BSP	
modelos	3P,1.5,200,60,W	modelos	70SL15S4-PEXB
Árbitro.	2345049203G	Árbitro.	90022511
		ENTERRAR. CAUDAL	
		modelos	F21
		Árbitro.	226019101

Fuente: Franklin Electric

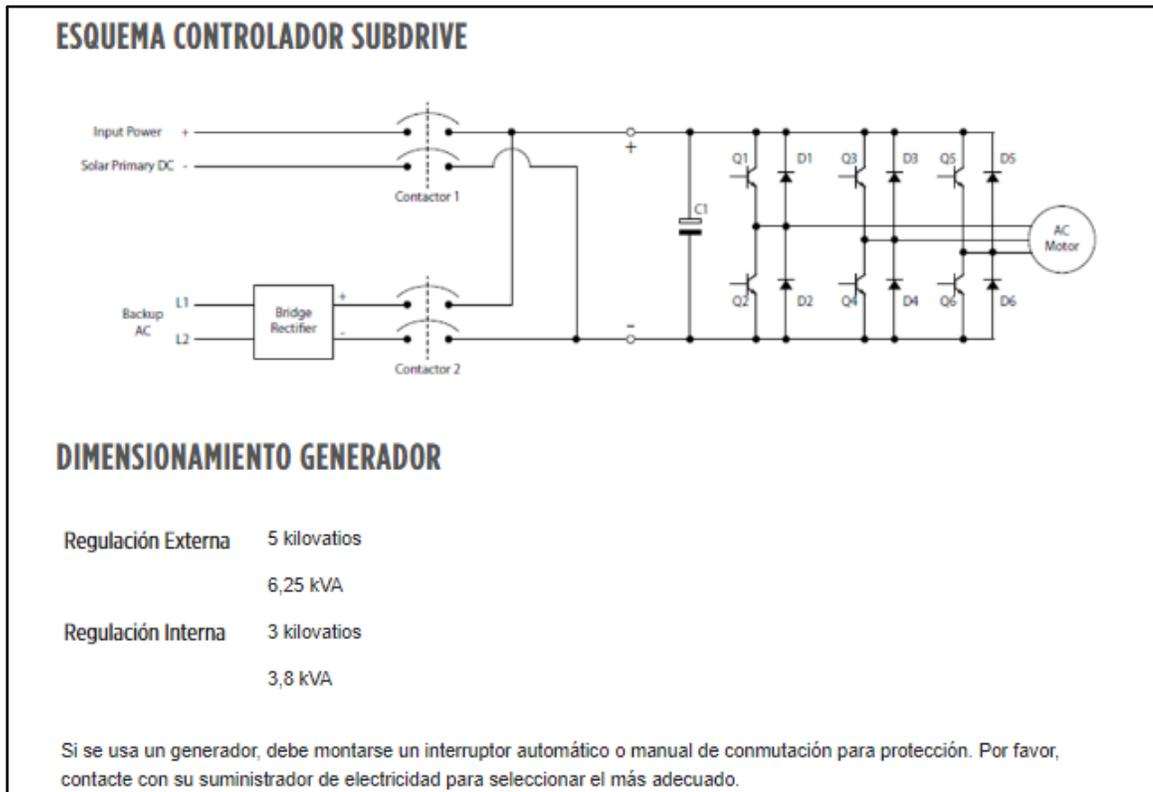
La figura 32 presenta las especificaciones técnicas del controlador solar, observándose la tensión máxima de salida 200V AC 3 fase, máxima intensidad 6.8A por fase, frecuencia de salida entre 20 y 60 HZ y con eficiencia de 96%. En la figura 33 se presenta el esquema del controlador solar.

Figura 32 Especificaciones técnicas del controlador solar

ESPECIFICACIONES CONTROLADOR SOLAR SUBDRIVE		SALIDA	
modelos	5870301113	Máx Tensión salida	200 V CA, trifásico
Tamaño	21,00 pulgadas X 10,19 pulgadas X 8,61 pulgadas	máx. intensidad (RMS)	6,8 A, por fase
Peso	41.00 libras	frecuencia de salida	20-60 Hz
Energía Alimentación	CC/CA	Eficiencia de una olla. máx.	96%
INST. FOTOVOLTAICA		CONDICIONES DE SERVICIO	
Tensión alim. mpp	190 – 410 V CC **	Temperatura	-25°C a 50°C (con generador de CA, máx 40°C)
máx. intensidad alim.	7,0 A CC, continua	Humedad Relativa	0 a 100% (Condensación)
Potencia en mpp	Hasta 2000 vatios		

Fuente: Franklin Electric

Figura 33 Esquema de controlador solar

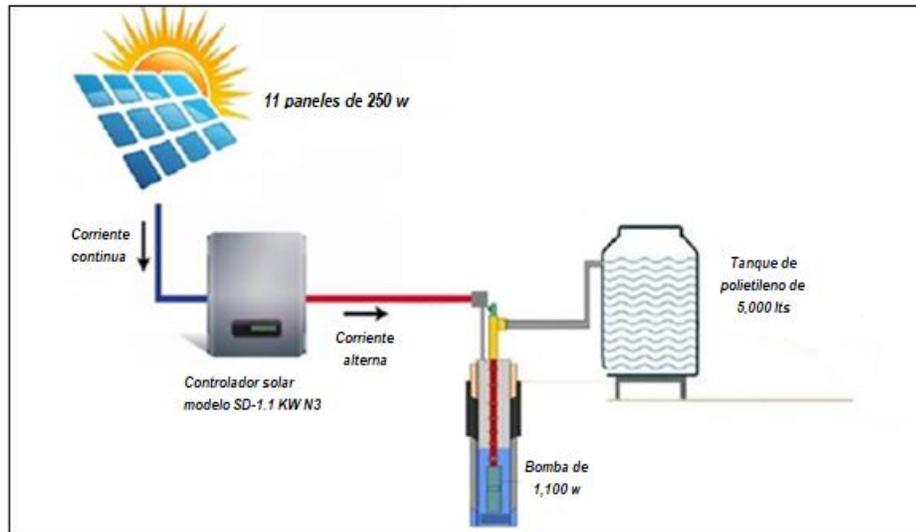


Fuente: Franklin Electric

- **Esquema de instalación del sistema fotovoltaico**

Se presenta en la figura 34 un esquema para la instalación del sistema fotovoltaico el cual está compuesto por 11 paneles de 250 w, que generan corriente continua DC, un controlador SD Solar 1.1 KW N3, que transforma una corriente directa a corriente alterna, una bomba de 1,100 w y un tanque de almacenamiento de 5000 litros.

Figura 34 Instalación del sistema fotovoltaico para una bomba de 560 w



Fuente: Elaboracion propia

4.5.18 Diseño tanque de almacenamiento

El cálculo del volumen del tanque es de 4.83 m^3 , se hizo con la ecuación 31. Se adoptó un tanque de polietileno de alta densidad de 5 m^3 , color negro con tapa de 18 pulgadas, reforzado con una resistencia de $1.21 - 1.50 \text{ kg} / \text{cm}^3$, los detalles del tanque se presentan en el anexo VIII juego de planos, lamina 17.

$$V = CPD \frac{l}{s} \times hr \times \frac{1m^3}{1,000 l} \times 3,600 s \times \frac{40}{100}$$

$$V = \left(0.14 \frac{l}{s}\right) \times (24 hr) \times \left(\frac{1m^3}{1,000 l}\right) \times (3,600 s) \times \left(\frac{40}{100}\right)$$

$$V = 4.83 \text{ m}^3$$

4.5.19 Desinfección

La capacidad de cloro de la estación de bombeo fue de 0.12 kg de Cloro/día y se calculó mediante la ecuación 32, este valor se corresponde con lo recomendado por la norma lo cual menciona 1 kg de cloro por cada 8.20 l/s (INAA, 1999b, p. 96).

$$Cc = \frac{Q \times C}{1000}$$

$$Cc = \frac{19.86 \frac{m^3}{día} \times 6.4 \frac{mg}{l}}{1000}$$

$$Cc = 0.12 \text{ kg} \frac{\text{cloro}}{\text{día}}$$

Se selecciono cloro comercial tipo hipoclorito de sodio al 12%, con el cual se requiere 1 l/día, para alcanzar la capacidad de cloro de la estación, a continuación, se presenta el cálculo.

$$V \text{ hipoclorito de sodio} = \frac{\text{Capacidad de la estacion de bombeo}}{\text{Concentracion de hipoclorito de sodio}}$$

$$V \text{ hipoclorito de sodio} = \frac{0.12 \text{ kg} \frac{\text{cloro}}{d} \times 1000}{120 \text{ gr}}$$

$$V \text{ hipoclorito de sodio} = 1 \frac{l}{día}$$

El hipoclorito de sodio será diluido en 8 litros de agua limpia para alcanzar una concentración de 1.5%, que es el valor recomendado por la norma (INAA, 1999b, p. 98), a continuación, se presenta el cálculo.

$$\text{Volumen para diluir} = \frac{V \text{ hipoclorito de sodio} \times 12\%}{1.5\%}$$

$$\text{Volumen para diluir} = \frac{1 \frac{l}{día} \times 0.12}{0.015}$$

$$\text{Volumen para diluir} = 8 \text{ l}$$

La aplicación del cloro se hará mediante hipoclorador de carga constante y se aplicará la cantidad de 8 litros de cloro diluido al 1.5% a una tasa de 0.33 l/h, equivalente a 110 gotas por minutos. Debiéndose tener un tiempo de contacto no menor de 30 minutos.

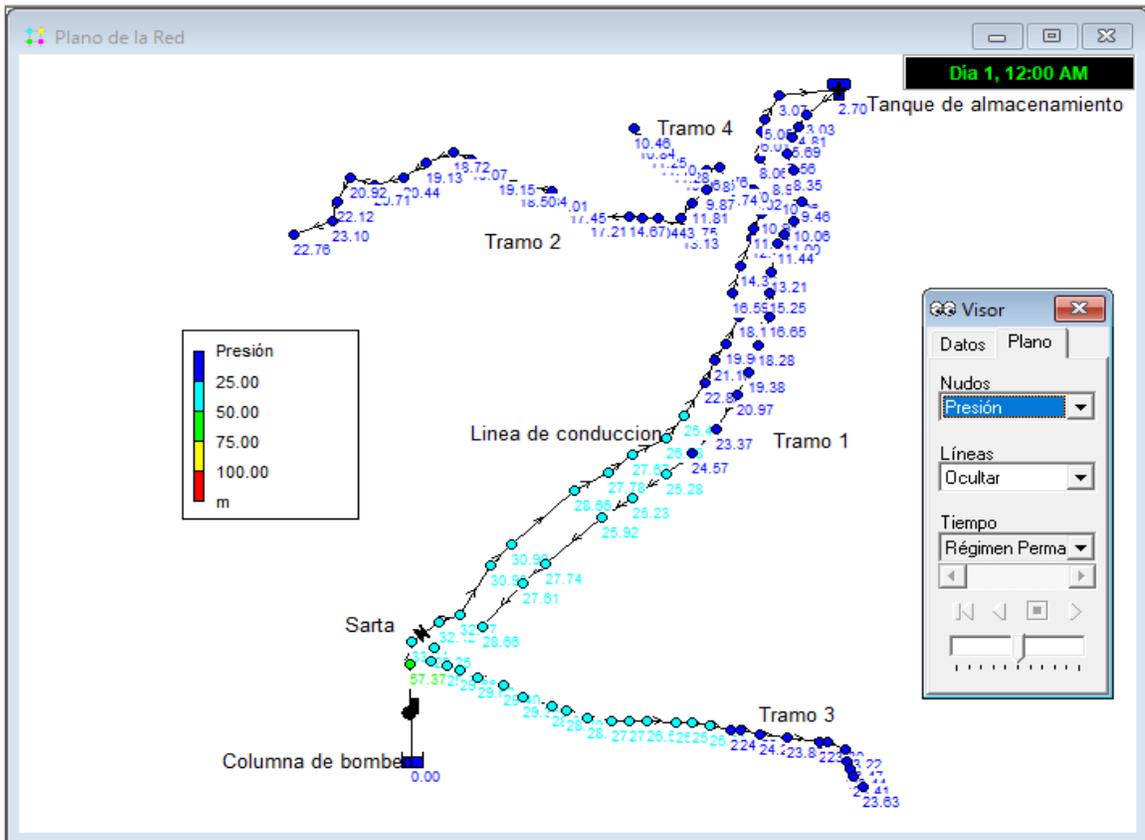
4.6 Simulación hidráulica del acueducto al 100% de su capacidad

La simulación hidráulica se realizó con Epanet, los parámetros de longitud y elevación se tomaron del estudio topográfico, la ecuación para pérdida de carga fue la de Hazen-Williams y las rugosidades de acuerdo a lo que recomienda la norma (MIFIC, 2019, p. 29).

En la figura 35 y 36 se observa la topología de la red que corresponde a un sistema abierto debido a la distribución de las viviendas en la comunidad. Por lo anterior la red se ha analizado en cuatro tramos diferentes atendiendo a la concentración de viviendas y el relieve.

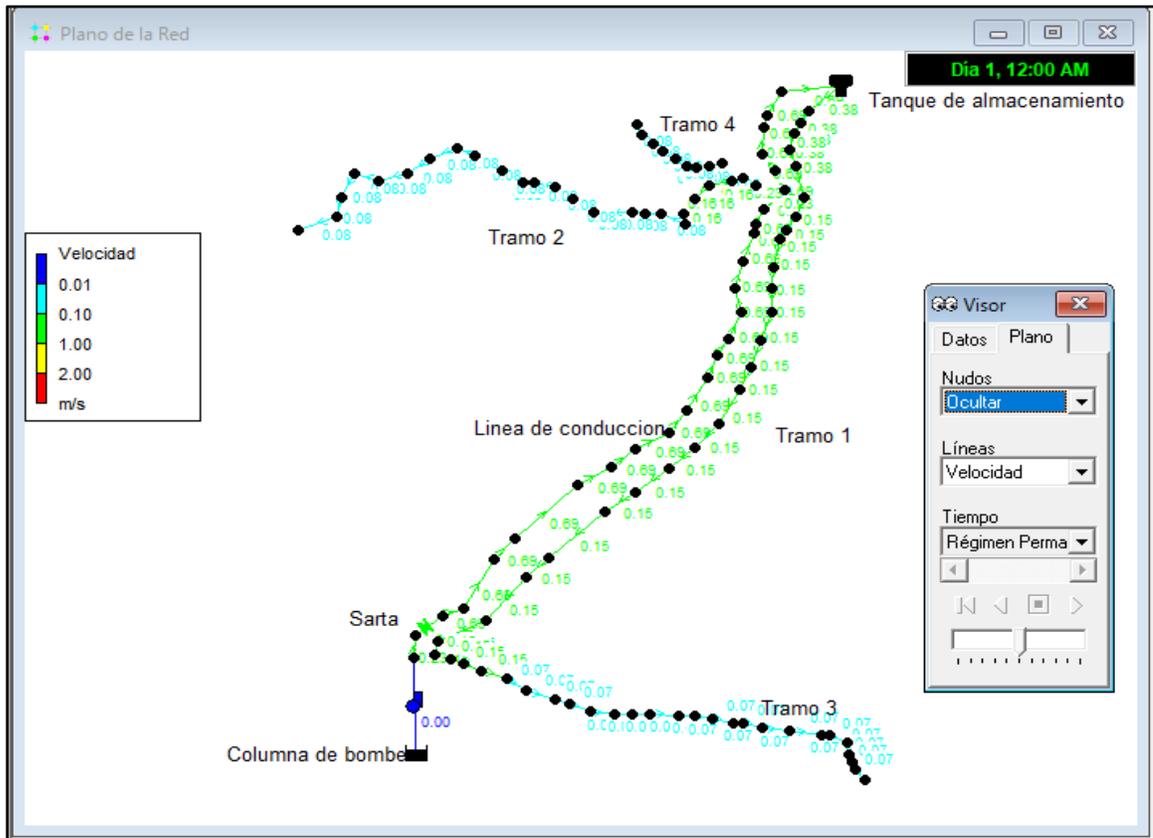
También se presenta en la figura 35 y 36 las presiones y velocidades resultantes de la simulación con CMD para la línea de conducción y CMH para la red de distribución.

Figura 35 Topología de la red y presiones



Fuente: Elaboración propia

Figura 36 Topología de la red y velocidades de flujo



Fuente: Elaboración propia

Las tuberías y sus diámetros, así como sus longitudes por tramo se presentan en la tabla 21.

Tabla 21 Tipos de tuberías y sus longitudes

Tramos	Tipo de tubería	Longitud
Columna de bombeo	HG 3"	36
Sarta	HG 2"	6
Línea de conducción	PVC SDR 26 1 1/2"	280.627
Tramo 1	PVC SDR 26 1 1/2"	285.416
Tramo 2	PVC SDR 26 1 1/2"	215.06
Tramo 3	PVC SDR 26 1 1/2"	181.515
Tramo 4	PVC SDR 26 1 1/2"	42.467
Total		1047.085

Fuente: Elaboración propia

4.6.1 Línea de conducción

Las presiones en la línea de conducción tuvieron un máximo de 57.37 m que corresponde a la carga dinámica total, con la menor presión ubicada en el tanque de almacenamiento como se muestra en la tabla 22.

Tabla 22 Resumen de presiones, cotas y alturas de los nodos de la línea de conducción

ID Nudo	ID	Cota m	Altura m	Presión m
<i>Tanque</i>	Tq	610.34	613.04	2.70
<i>Bomba</i>	Ln	559.31	616.68	57.37
<i>Embalse</i>	Ln	559.31	559.31	-

Fuente: Elaboración Propia

Las velocidades en la línea de conducción se presentan en la tabla 23 observándose una mínima en la columna de bombeo y una máxima en la línea de conducción. También se muestran las características físicas de la tubería las cuales alcanzan una longitud total de 319.48m.

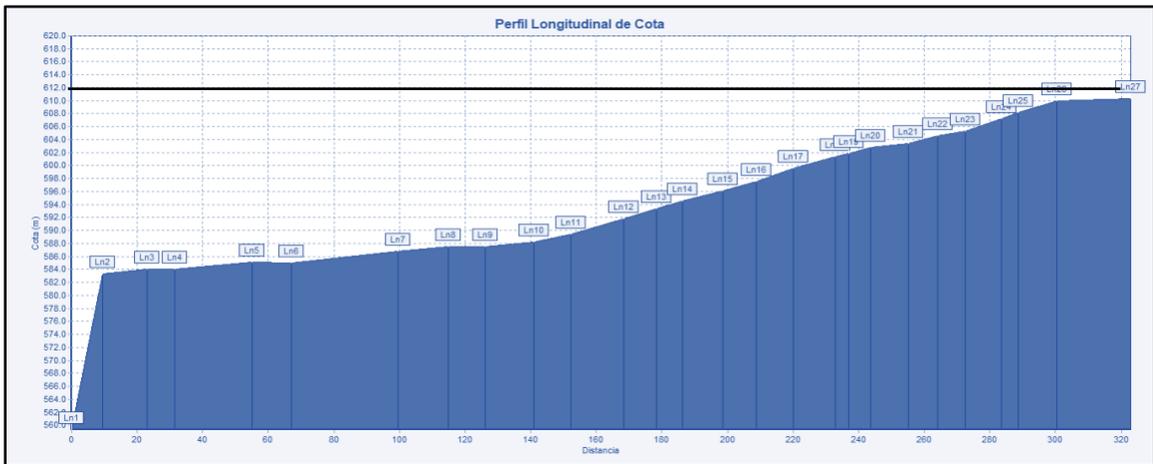
Tabla 23 Resumen de velocidades y características de la tubería en columna de bombeo, sarta y línea de conducción.

ID Línea	ID	Long m	Diam mm	Rugo	Q lps	Velo m/s	P.U m/km
<i>C. Bombeo</i>	TC	36	77.92	130	0.64	0.23	0.8
<i>Sarta</i>	TC	2.85	52.48	130	0.64	0.5	34.32
<i>L. conducción</i>	TC	280.63	44.6	150	0.64	0.69	12.3

Fuente: Elaboración Propia

El perfil del terreno natural donde se diseñó la línea de conducción se presenta en la figura 37, donde también se observa la línea piezométrica notándose que en ningún caso el terreno natural está a menos de 5 m de la línea de energía, cumpliéndose con la norma (MIFIC, 2019, p. 24).

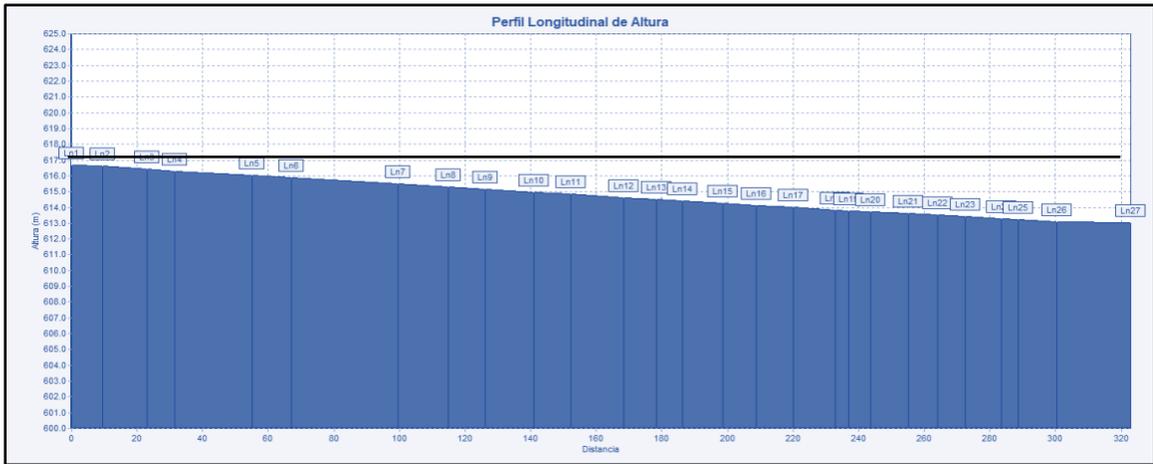
Figura 37 Perfil de terreno natural línea de conducción



Fuente: Elaboración Propia

En la figura 38 se presenta la altura piezométrica y su gradiente indicada en color negro.

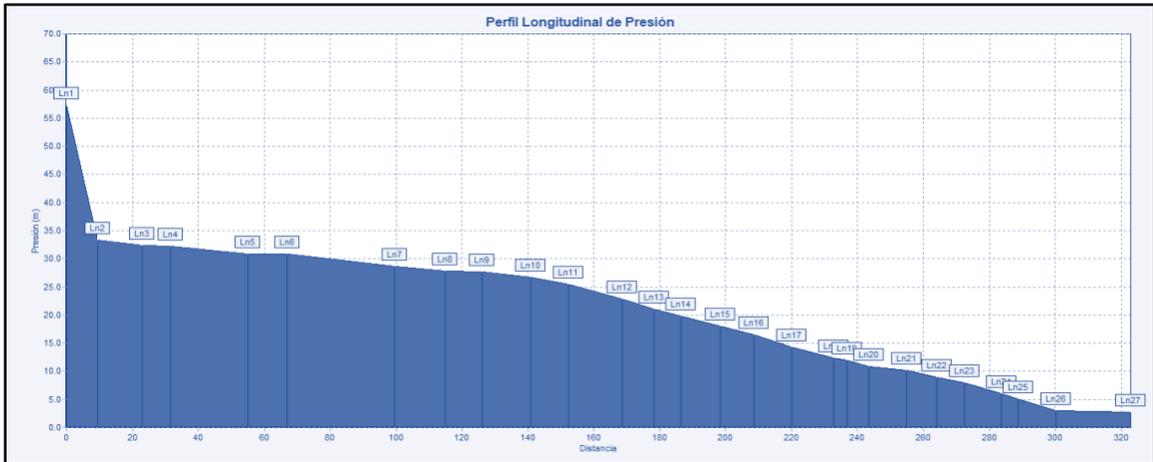
Figura 38 Perfil altura piezométrica en línea de conducción



Fuente: Elaboración Propia

La figura 39 se presenta las presiones en la línea de conducción, observándose la mayor en la bomba y la mínima en el tanque de almacenamiento.

Figura 39 Perfil de presiones línea de conducción



Fuente: Elaboración propia

4.6.2 Red de distribución

Para la simulación de la red de distribución se calcularon los nodos concentrados, teniendo en cuenta la posición de las viviendas de la comunidad. Los valores de los nodos concentrados por tramos se presentan en la tabla 24.

Tabla 24 Caudales de nodos concentrados

Sector	Viviendas	Caudal-sector	Nodos	Caudal por nodo
Sector 1	0	0	0	0
Sector 2	12	0.244	2	0.122
Sector 3	10	0.23	2	0.115
Sector 4	4	0.122	1	0.122
Total	26	0.596		

Fuente: Elaboración propia

Se considero una red abierta con 4 tramos, el primer tramo corresponde a un sector de tránsito que conecta a través de una línea de conducción por gravedad el tanque con los tramos 2, 3 y 4 (figura 35 y 36).

Las presiones en los 4 tramos de la red, cumplen con los valores que recomienda la norma (MIFIC, 2019, p. 29). Se observa en la tabla 25, las presiones máximas y mínimas de los diferentes tramos, debiendo observarse que en el tramo 1 la presión mínima fue de 3.08 m en un nodo cercano al tanque, donde no existen viviendas, no obstante, las presiones mínimas en los tramos 2, 3 y 4 son mayores

a 5 m que es la mínima que establece la norma y menores a 50 m que es la máxima que establece la misma.

Tabla 25 Resumen de presiones, cotas y alturas de los nodos de la red en los tramos

ID Nudo	ID	Cota m	D base LPS	Altura m	Presión m
<i>Máximo</i>	T1	610.01	0	613.08	29.3
<i>Mínimo</i>	T1	583.44	0.00	612.74	3.08
<i>Máximo</i>	T2	604.13	0.12	612.89	23.15
<i>Mínimo</i>	T2	589.66	0.00	612.81	8.75
<i>Máximo</i>	T3	589.41	0.12	612.73	29.71
<i>Mínimo</i>	T3	583.01	0.00	612.68	23.27
<i>Máximo</i>	T4	604.05	0.12	612.86	11.45
<i>Mínimo</i>	T4	601.41	0.00	612.86	8.81

Fuente: Elaboración propia

Las velocidades de flujo presentadas en la tabla 26 variaron entre 0.07 m/s y 0.38 m/s, las cuales son inferiores a la recomendada en la norma (MIFIC, 2019, p. 29). Así mismo se describen las características de la tubería, los caudales que transitan y las pérdidas unitarias, las cuales son menores al 1% de la gradiente hidráulica, lo cual se debe a caudales pequeños en diámetros grandes. Esta situación se da debido a que en la norma se recomienda un diámetro mínimo de 1 ½", que en este caso fue utilizado en toda la red de distribución.

Por tanto, es posible que las tuberías presenten acumulación de sedimentos debido a las bajas velocidades, pero atendiendo a la recomendación de la norma (MIFIC, 2019, p. 29), se instalarán válvulas de limpieza en los puntos más bajos de los diferentes tramos de la red.

Tabla 26 Resumen de velocidades y características de la tubería en línea de conducción

ID Línea	ID	Long m	Diam mm	Rugo	Q lps	Velo m/s	P.U m/km
<i>Máximo</i>	T1	32.61	44.6	150	0.6	0.38	4.03
<i>Mínimo</i>	T1	2.849	44.6	150	0.23	0.15	0.69
<i>Máximo</i>	T2	15.97	44.6	150	0.37	0.23	1.64
<i>Mínimo</i>	T2	3.626	44.6	150	0.12	0.08	0.21
<i>Máximo</i>	T3	12.17	44.6	150	0.23	0.15	0.69
<i>Mínimo</i>	T3	3.003	44.6	150	0.12	0.07	0.19

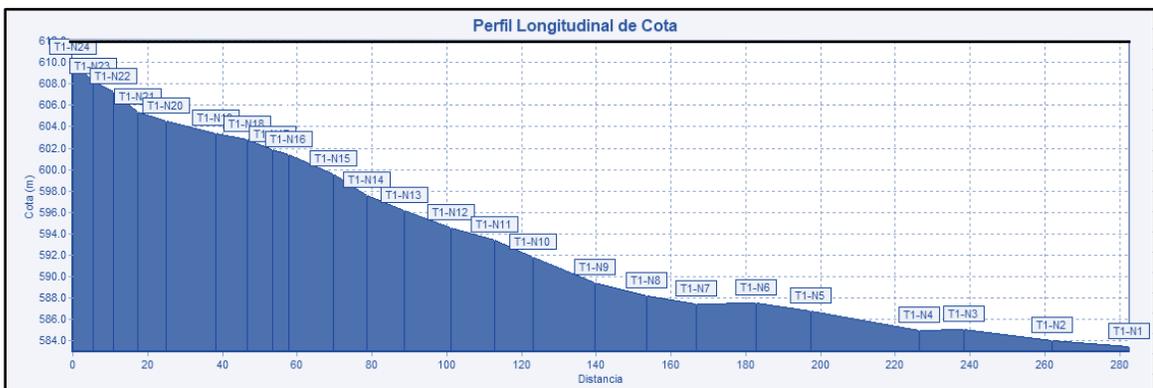
<i>Máximo</i>	T4	5.832	44.6	150	0.12	0.08	0.22
<i>Mínimo</i>	T4	2.829	44.6	150	0.12	0.08	0.21

Fuente: Elaboración propia

- **Perfiles del tramo 1**

La figura 40 presenta el perfil del terreno natural y la línea piezométrica, observando que a lo largo de la misma las presiones son siempre mayores a 5 m (MIFIC, 2019, p. 29).

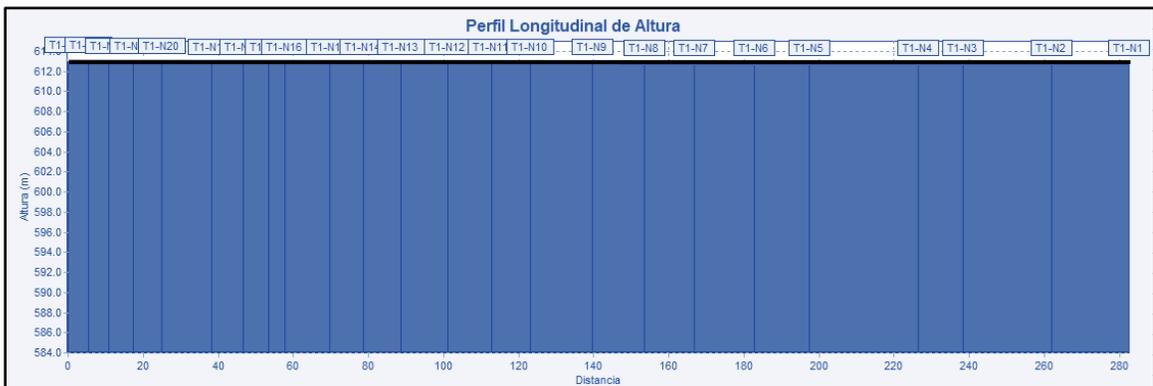
Figura 40 Perfil terreno natural tramo 1



Fuente: Elaboración propia

En la figura 41 se presenta la altura piezométrica de un tramo y su gradiente indicada en color negro.

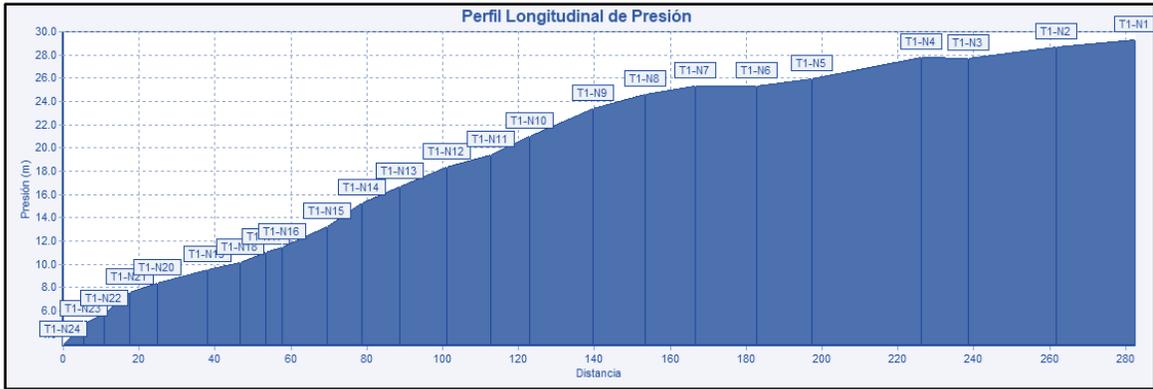
Figura 41 Altura piezométrica tramo 1



Fuente: Elaboración propia

La figura 42 presenta las presiones en el tramo 1 de la red, observándose que ambas cumplen con la presión mínima y máxima de la norma (MIFIC, 2019, p. 29).

Figura 42 Perfil de presiones tramo 1

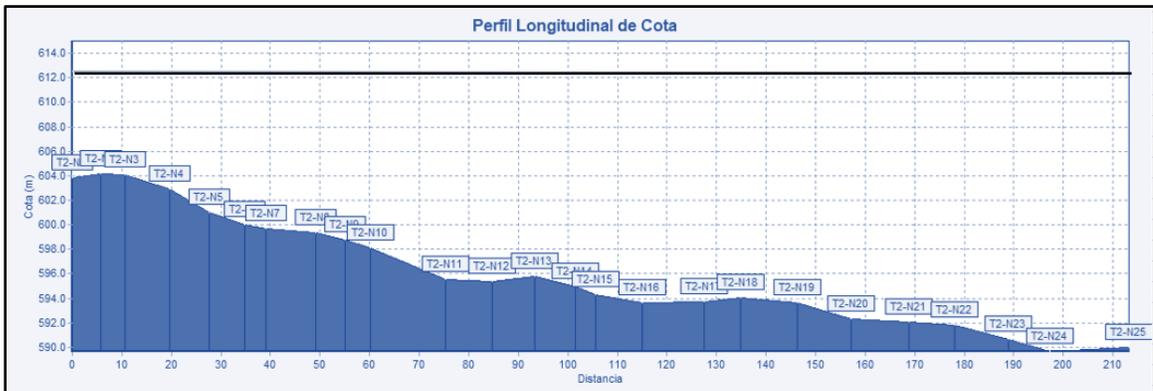


Fuente: Elaboración propia

- **Perfiles del tramo 2**

La figura 43 presenta el perfil del terreno natural y la línea piezométrica del tramo 2, presentándose que las presiones siempre son mayores a lo que establece la norma (MIFIC, 2019, p. 29).

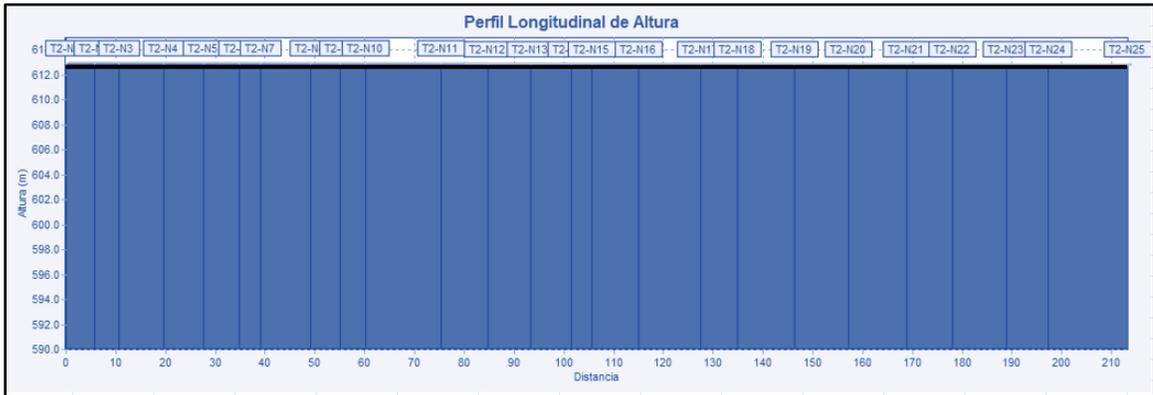
Figura 43 Perfil terreno natural tramo 2



Fuente: Elaboración propia

En la figura 44 se presenta la altura piezométrica del tramo 2 y su gradiente indicada en color negro.

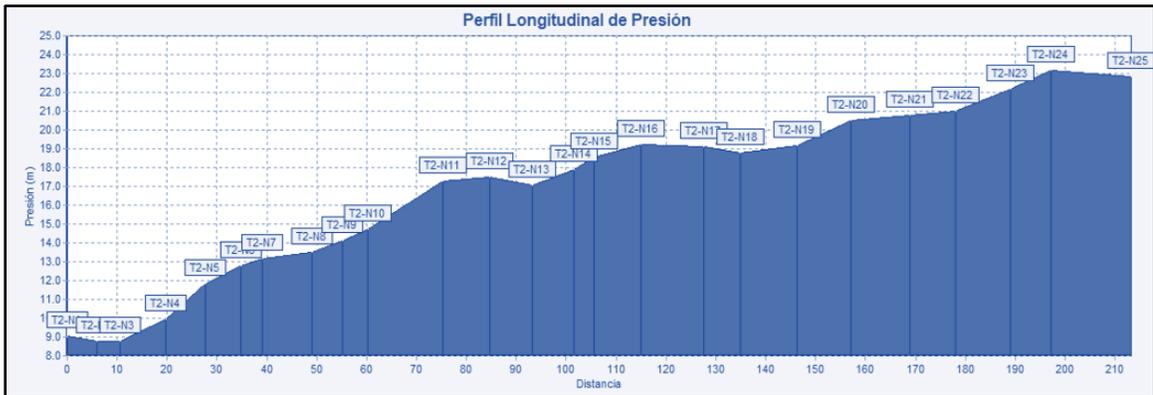
Figura 44 Perfil de altura piezométrica tramo 2



Fuente: Elaboración propia

La figura 45 se presenta las presiones en el tramo 2 de la red, observándose que ambas cumplen con la presión mínima y máxima de la norma (MIFIC, 2019, p. 29). Las presiones en el tramo oscilan entre 8.75 m y 23.75 m.

Figura 45 Perfil de presiones tramo 2

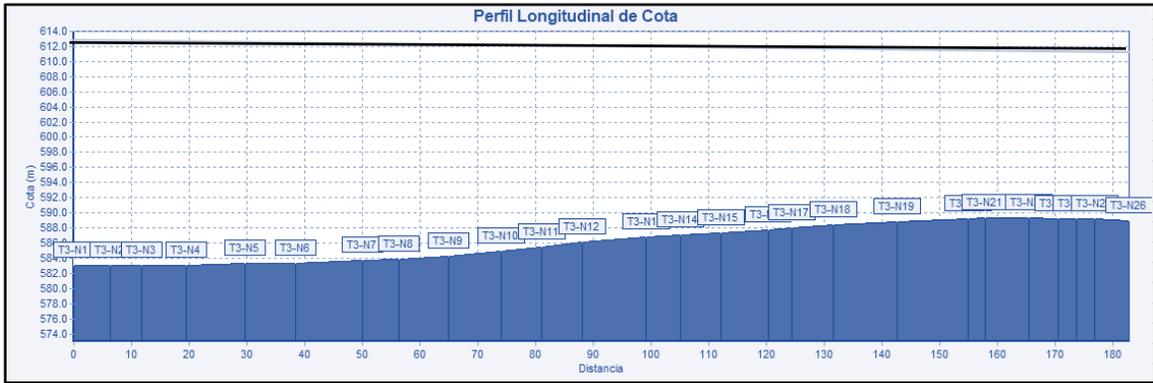


Fuente: Elaboración propia

- **Perfiles del tramo 3**

La figura 46 presenta el perfil del terreno natural y la línea piezométrica, observando que a lo largo de la misma las presiones son siempre mayores a 5 m. (MIFIC, 2019, p. 29). Se aprecia que es un tramo con poca variación de elevación en sus nodos.

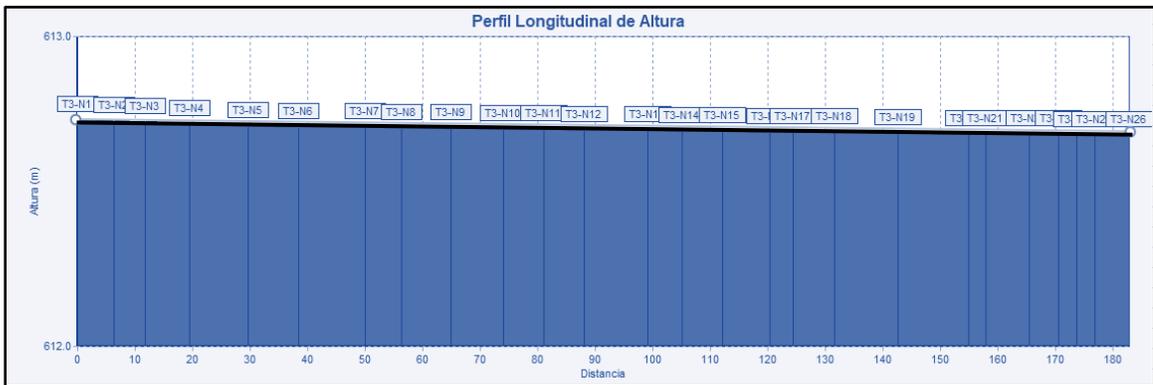
Figura 46 Perfil terreno natural tramo 3



Fuente: Elaboración propia

En la figura 47 se presenta la altura piezométrica del tramo 3 y su gradiente indicada en color negro.

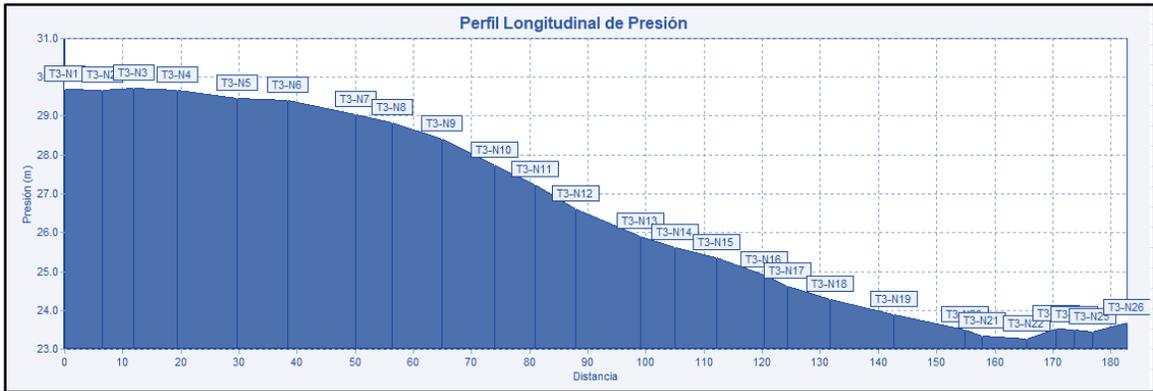
Figura 47 Perfil de altura piezométrica tramo 3



Fuente: Elaboración propia

La figura 48 presenta las presiones en el tramo 3 de la red, observándose que ambas cumplen con la presión mínima y máxima de la norma (MIFIC, 2019, p. 29).

Figura 48 Perfil de presiones tramo 3

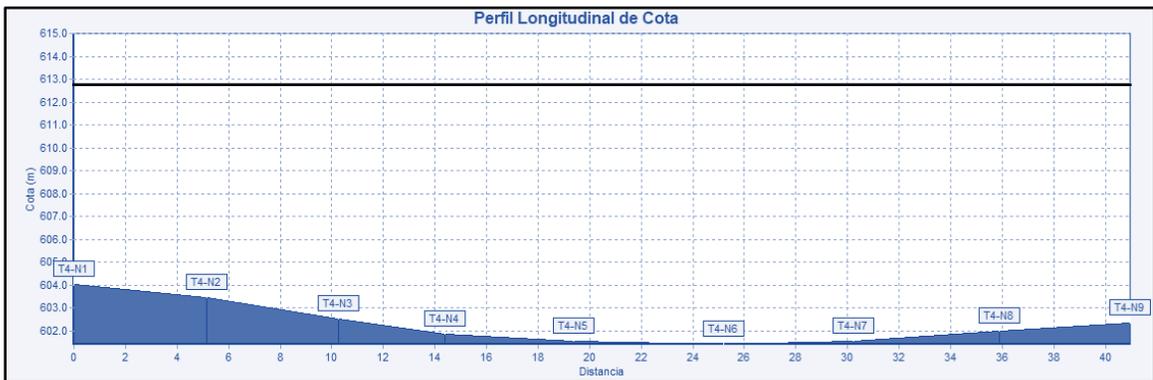


Fuente: Elaboración propia

- **Perfiles del tramo 4**

La figura 49 presenta el perfil del terreno natural y la línea piezométrica, observando un columpio del nodo 4 al nodo 7, donde se presentan las mayores presiones del tramo, que a lo largo de la misma las presiones son siempre mayores a 5 m como lo establece la norma (MIFIC, 2019, p. 29).

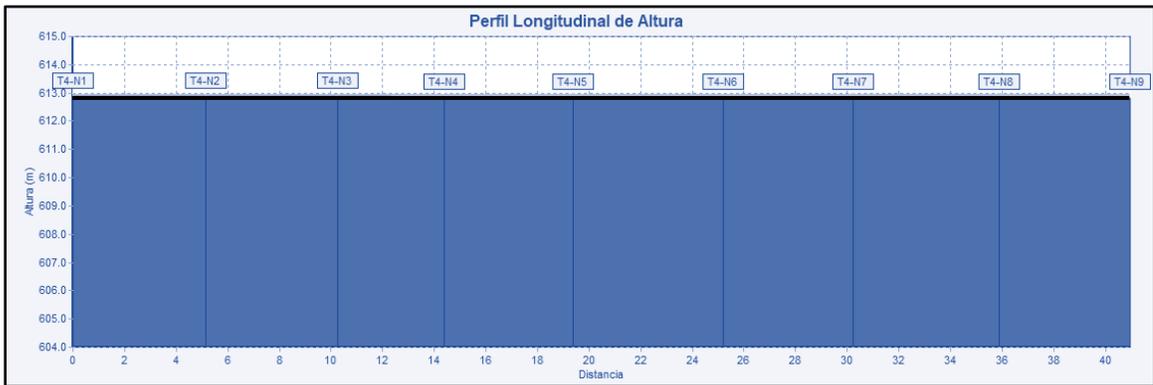
Figura 49 Perfil terreno natural tramo 4



Fuente: Elaboración propia

En la figura 50 se presenta la altura piezométrica del tramo 4 y su gradiente indicada en color negro.

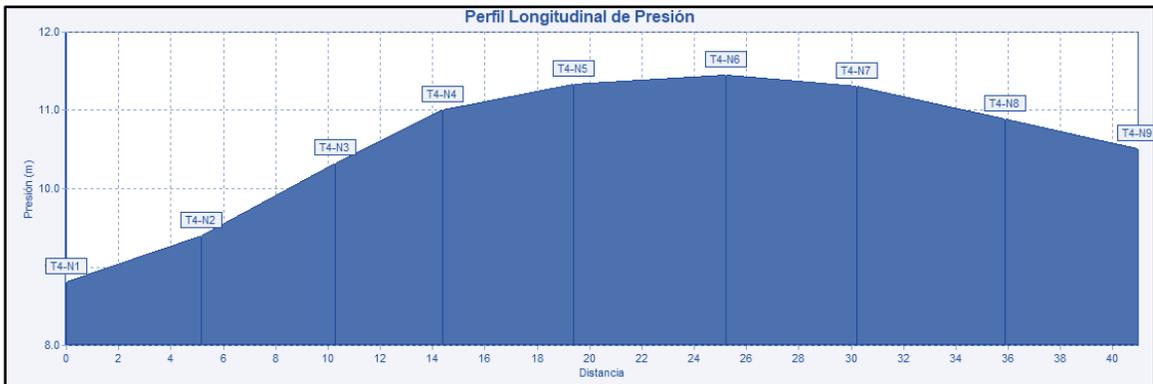
Figura 50 Perfil de altura piezométrica tramo 4



Fuente: Elaboración propia

La figura 51 presenta las presiones en un rango de 8.81 m y 11.45 m en el tramo 4 de la red, siendo la máxima la que se localiza en el columpio del tramo, observándose que ambas cumplen con la presión mínima y máxima de la norma (MIFIC, 2019, p. 29).

Figura 51 Perfil de presiones tramo 4

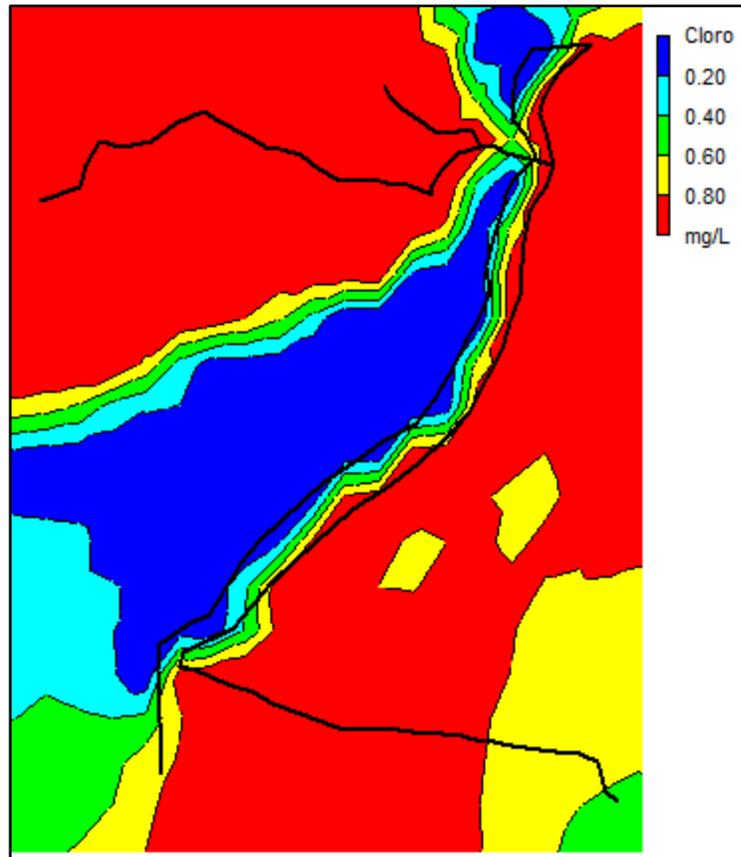


Fuente: Elaboración propia

4.7 Simulación de cloro

Se realizó la simulación de cloro con una dosis de 2.1 mg/l en un tiempo de 24 horas, observándose que a las 8:00 horas el cloro alcanzó la totalidad de la red con valores, mínimo de 0.44 mg/l y máximo 1.05 mg/l (figura 52).

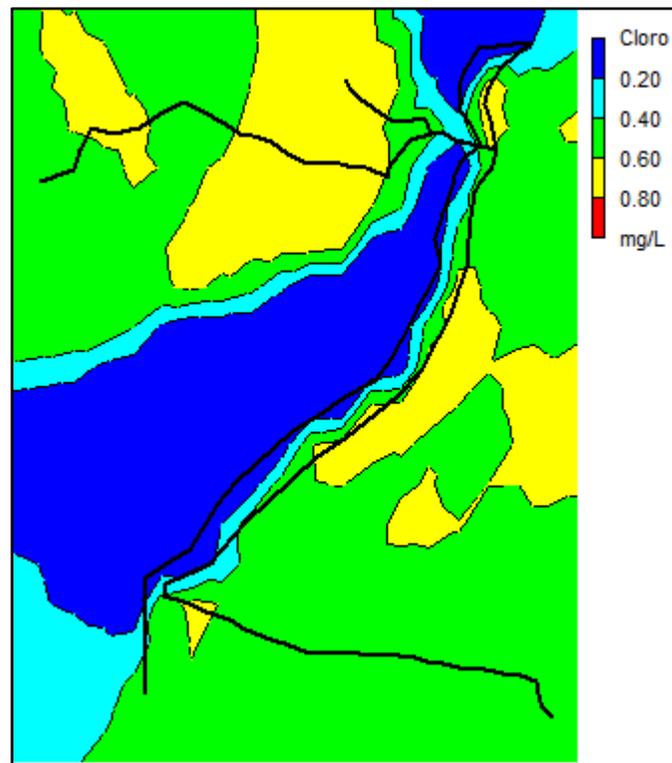
Figura 52 Distribución de cloro a las 8:00 horas



Fuente: Elaboración propia

Posteriormente a las 16:00 horas se encontraron valores mínimos de 0.53 mg/l y máximos de 0.75 mg/l (figura 53).

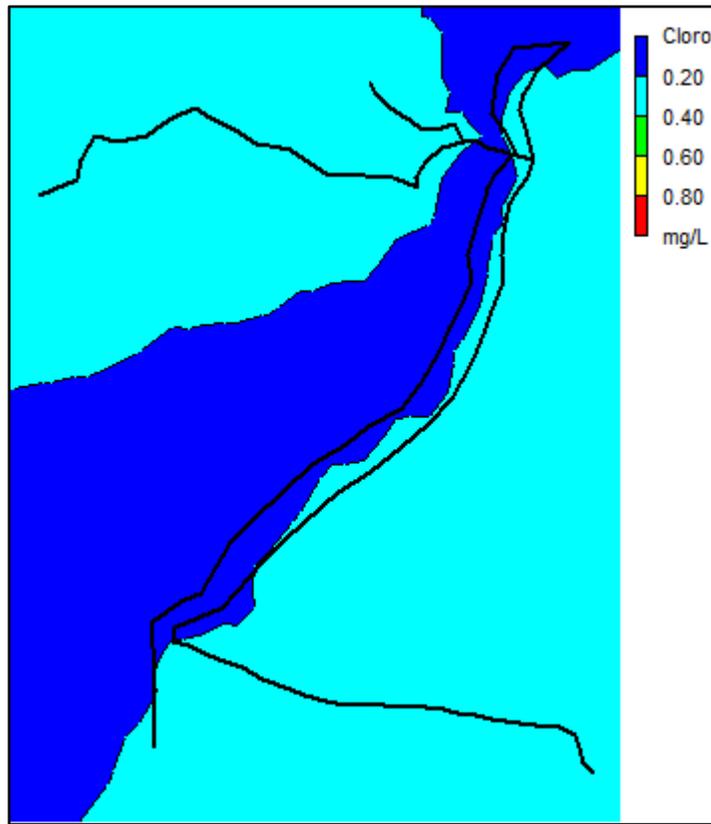
Figura 53 Distribución de cloro a las 16:00 horas



Fuente: Elaboración propia

A las 24:00 horas se encontraron las menores concentraciones, encontrándose en un rango de 0.27 mg/l a 0.38 mg/l (figura 54).

Figura 54 Distribución de cloro a las 24:00 horas



Fuente: Elaboración propia

4.8 Elaboración de planos

Los planos fueron dibujados en el Software Civil 3D basados en la nube de puntos levantados en el estudio topográfico. Se elaboraron planos topográficos planta perfil en 5 láminas ISO A3 a escala 1:1000 con escala vertical en los perfiles de 1:100.

También se elaboraron planos de diseño, basados en la simulación hidráulica con Epanet, que describen las características hidráulicas de la tubería, accesorios y líneas piezométricas en 5 láminas ISO A3, los planos se dibujaron a escala 1:1000 y los perfiles a escala 1:100. También se realizaron planos típicos del MABE.

El juego de planos se presenta en el Anexo VIII.

4.9 Presupuesto

La hoja de alcances del presupuesto se realizó con la metodología Nuevo FISE, donde se expone el “Catálogo de Etapas y Sub-Etapas” que se realizarán en la construcción de dicho proyecto y las cantidades que se estiman en base a los planos propuestos.

En la tabla 27 se puede observar el costo por etapa del proyecto, así como también el costo total de este.

En el anexo VII, Pag XXV a XXVIII, se presentan las etapas y subetapas con sus precios unitarios.

Tabla 27 Resumen del presupuesto

PRESUPUESTO GENERAL		
Proyecto: Diseño de un mini acueducto por bombeo con energía fotovoltaica en la comunidad de Monte Verde.		
Municipio: Palacagüina, Departamento: Madriz.		
ESTAPA	DESCRIPCION	PRECIO TOTAL
310	PRELIMINARES	C\$ 143,909.82
320	LINEA DE CONDUCCIÓN	C\$ 197,764.58
330	LINEA DE DISTRIBUCIÓN	C\$ 440,040.99
335	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	C\$ 101,566.37
340	FUENTE Y OBRAS DE TOMA	C\$ 52,507.72
345	ESTACIÓN DE BOMBEO AGUA POTABLE	C\$ 1,079,328.18
350	CONEXIONES	C\$ 146,807.54
370	LIMPIEZA Y ENTREGA FINAL	C\$ 15,828.59
TOTAL		C\$ 2,177,753.79

Conclusiones
y
recomendaciones

Conclusiones

- La comunidad cuenta con pocos habitantes de las cuales el 47% son personas adultas mayores de 31 años, el trabajo remunerado es equitativo entre ambos sexos, así mismo en cada familia al menos un miembro del hogar recibe ingresos por su trabajo, no obstante, el 89% de las familias recibe menos de C\$6,000 córdobas mensual, por lo que se considera una población pobre y actualmente carece de servicios públicos.
- La topografía en la comunidad de Monte Verde es un relieve irregular que se caracteriza con una altura máxima de 610.34 m y con una altura mínima de 583.009 m.
- El sitio forma parte de la provincia Ignimbrítica de la formación Matagalpa, el acuífero tiene una permeabilidad de 3.2×10^{-4} cm/s y una transmisibilidad de $21.29 \text{ m}^2/\text{d}$, por lo que se considera un acuífero pobre.
- Los resultados del análisis de calidad de agua, indicaron que es apta para el consumo humano, cumpliendo los parámetros establecidos por la norma CAPRE.
- Las velocidades en la red de distribución están dentro de las recomendadas por la norma NTON 09 007-19, se incluyeron válvulas de limpieza, así mismo hubo pocas pérdidas por fricción (0.00019 m/m - 0.0040 m/m), además las presiones en algunos tramos fueron mínimas cumpliendo con la norma, por lo tanto, no fue necesario instalar válvulas reguladoras de presión.
- Se utilizó energía fotovoltaica para el funcionamiento de una bomba con 1,100 w de potencia que funcionara con 11 paneles de 250 w, tomando en consideración HSP de 5.63.
- Basados en los planos constructivos, se elaboró el presupuesto del sistema obteniendo un costo total de C\$ 2,177,753.79.

Recomendaciones

- El costo de la tarifa de agua potable debe de tomar en consideración el nivel de ingreso de las familias.
- Debido a el relieve irregular y los potenciales derrumbes, así como erosión en algunos tramos de tubería, se recomiendan inspecciones en las redes, después de cada evento torrencial, con el fin de brindar el mantenimiento de forma oportuna.
- Evitar la perforación de pozos en un radio de 500 m.
- Realizar un registro mensual del nivel del agua y al menos dos veces al año (invierno y verano) realizar los análisis físico – químico, mensualmente el análisis bacteriológico.
- Hacer limpiezas mensuales en la red de tubería y tanque de almacenamiento.
- Mantener limpios los paneles solares.
- Los CAPS deberían de realizar actividades que generen ingresos adicionales para la operación y mantenimiento del sistema.

Bibliografía

- Administracion* . (24 de Octubre de 2021). Obtenido de Administacion : http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/dominguez_g_as/capitulo2.pdf
- AutoSolar*. (06 de 05 de 2023). Obtenido de AutoSolar: <https://autosolar.es/>
- CAPRE. (1994). *Norma de calidad de agua para consumo humano*. San Jose : COMITÉ COORDINADOR REGIONAL DE INSTITUCIONES DE AGUA POTABLE Y Republica Dominicana .
- CENAPRED. (2016). *Guía para elaborar el estudio socioeconómico, cultural y ambiental para el reasentamiento poblacional en zonas de muy alto riesgo no mitigable*. Lima.
- Cocero Matesanz, D., & Santos Preciado, J. M. (2009). *LOS SIG RASTER: HERRAMIENTA DE ANÁLISIS*. Madrid: UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN A DISTANCIA.
- Comisión nacional de normalización técnica y calidad MIFIC. (2019). *Diseño de sistema de abastecimiento de agua potable NTON 09 007-19*. Managua: MIFIC.
- COMUNIICA. (1998). *Fenomeno de El Niño*. Caracas: COMUNIICA. Obtenido de <http://repiica.iica.int/DOCS/B1760E/B1760E.PDF>
- Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de Ciudad Real. (2016). *Golpe de ariete*. Castilla de la Mancha: Catedra de ingenieria rural .
- FE SELECT SolarPAK. (10 de Noviembre de 2021). *Franklin Electric*. Obtenido de Franklin Electric: <https://franklin.config.intellicquip.com/config/franklin/cos/index.jsf>
- Fuentes Yagüe, J. L. (2006). *Agua subterráneas*. Madrid: Ministerio de agricultura, pesca y alimentacion.
- Fusión Energía Solar. (2023). Obtenido de Fusión Energía Solar: <https://fusionenergiasolar.es/contenido/14-calculo-hps>

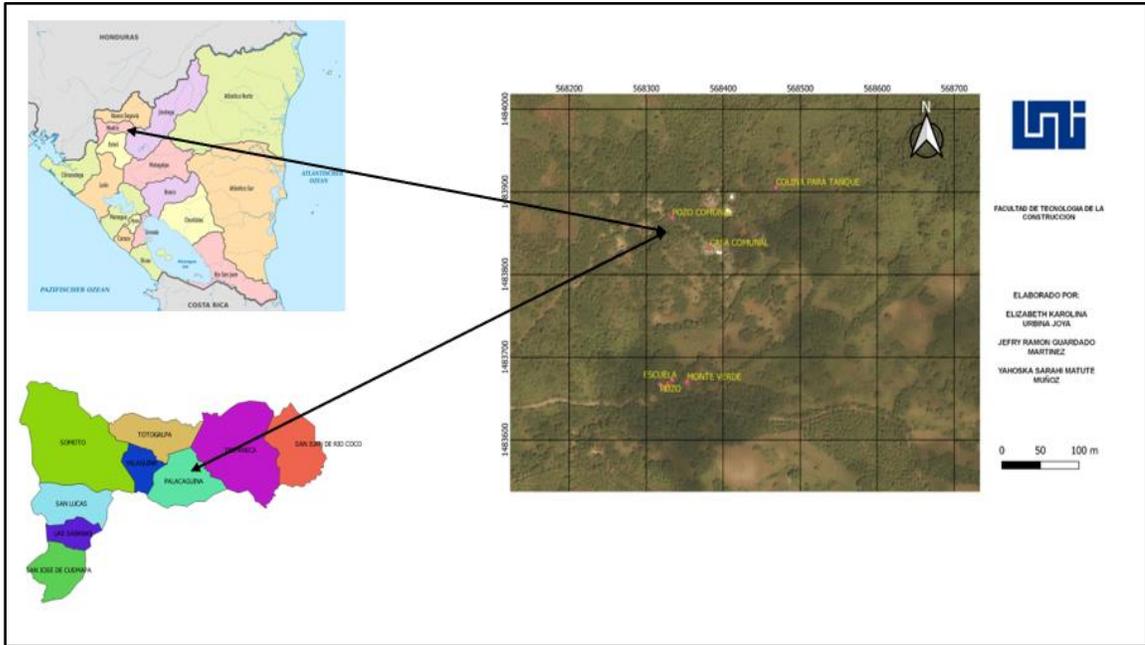
- Gómez Morales, W. R. (2015). *Topografía General*. Managua : Universidad Nacional Agraria Centro Nacional de Información y Documentación Agropecuaria.
- Gonzalez Alcaraz, P. (2014). *Levantamiento mediante GPS*. Cartagena: universidad politécnica de cartagena.
- ICC. (2017). *Manual de Medición de Caudales*. Guatemala: Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático.
- INAA. (1999a). *Diseño de Abastecimiento de agua y saneamiento basico rural*. Managua: INAA.
- INAA. (1999b). *Normas técnicas para el diseño de abastecimiento y potabilización del agua*. Managua: INAA.
- INAA. (2005). *guías técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistemas de tratamiento de aguas residuales*. Managua : INAA .
- INETER. (2019). *Instituto de geología y geofísica. UNAN-MANAGUA*. Obtenido de Instituto de geología y geofísica. UNAN-MANAGUA: <https://igg.unan.edu.ni/geoportal/index.php/geologia/>
- INETER. (Enero de 2018). *Cambio climático*. Obtenido de Cambio climático: <https://cambioclimatico.ineter.gob.ni/impacto.html>
- Instituto Mexicano de tecnología del agua . (1992). *Manual de aforo*. Mexico D.F: IMTA.
- Jaramillo, J. (2002). *Diseño de relleno sanitario*. Antioquia: Univerdidad de Antioquia.
- La gaceta diario oficial. (11 de Noviembre de 2021). Dise de sistema de abastecimiento de agua potable. *LA GACETA DIARIO OFICIAL*, pág. 26.
- Lima, S. G. (2011). *Aguas subterranas acuíferos*. Lima: SENAMHI.
- Martinez Mejia , J. R. (2009). *Levantamiento topográfico basado en equipo*. San Salvador: Universidad de El Salvador .

- Martínez, M. (Mayo de 2016). Radiación solar-conceptos y aplicaciones. *Informativo INIA-URURI*, 4.
- MIFIC. (2019). *Diseño de abastecimiento de agua potable NTON 09 007-19*. Managua : MIFIC.
- Mijailov, L. (1989). *Hidrogeología* . Mosku: Mir Isbn 5-03-000661-3.
- NASA. (2021). *Alaska Satellite Facility*. (U. d. Fairbanks, Editor) Obtenido de Alaska Satellite Facility: <https://asf.alaska.edu/data-sets/sar-data-sets/alos-palsar/alos-palsar-about/>
- OPS- COSUDE. (2005). *Guía para el diseño de estaciones de bombeo de agua potable*. Lima: OPS/CEPIS/05.161 UNATSABAR.
- Sociedad Geográfica de Lima. (2011). *Aguas subterráneas-acuíferos*. Lima: SENAMHI.
- Universidad de Salamanca. (2017). Conceptos fundamentales de hidrología . En F. Sanchez, *Conceptos fundamentales de hidrología* (pág. 11). Salamanca: Universidad de Salamanca.

Anexos

Anexo I. Macro y micro localización comunidad Monte Verde.

Figura 55 Macro y micro localización



Fuente: Elaboración propia

Anexo II. Formato de encuesta tipo FISE modificada.

Encuesta socioeconomica de agua y saneamiento

Departamento: _____ Municipio: _____

Comunidad: _____ Fecha: _____

Quien es el responsable de hogar:

Padre: _____ Madre: _____ Otro: _____

Nombre de la persona encuestada: _____

Tipo de proyecto: _____

Datos personales: (iniciar con responsable del hogar)

Nombres y apellidos	Parentesco	Sexo	Edad	Nivel de escolaridad	Ocupación

I. Situación económica de la familia

1. ¿Cuántas personas del hogar trabajan?

Dentro de la comunidad: H _____ M _____ Total _____

2. ¿Cuál es el ingreso económico del mes, en este hogar?

C\$ _____

3. ¿En que trabajan las personas del hogar?

a) Ganadería _____ b) Agricultura _____ c) Jornaleros _____ d) Otros _____

4. ¿Qué cultivos realizan?
a) Arroz ____ b) Frijoles ____ c) Maíz ____ d) Otros ____
5. ¿Tienen ganado? Si ____ No ____
cuánto: a) Bovinos ____ b) Equinos ____ c) Caprinos ____
6. ¿Tienen animales domésticos? Si ____ No ____
cuánto: a) Porcinos ____ b) Aves ____
7. ¿Los animales domésticos están?
a) Encerrados ____ b) Amarrados ____ c) Suelos ____
8. ¿Los animales domésticos se abastecen de agua en?
a) El río ____ b) Quebrada ____ c) Pozo ____ d) Otro ____

II. Saneamiento e higiene ambiental de la vivienda (Observar, verificar)

9. ¿Tienen letrina? Si ____ No ____
En qué estado se encuentra? a) Buena ____ b) Regular ____ c) Mala ____
10. ¿La letrina está construida en suelo?
a) Rocoso ____ b) Arenoso ____ c) Arcilloso ____
11. ¿Qué hacen con las aguas servidas de la casa?
a) La utilizan para riego ____ b) La dejan correr ____
c) Tienen zanja de drenaje ____ d) Tienen filtro para drenaje ____
12. ¿Existen charcas en el patio?
a) Si ____ No ____
13. ¿Como eliminan las charcas?
a) Drenado ____ b) Aterrando ____ c) Otros ____

III. Recursos y servicios de agua

14. ¿Cuentan con servicio de agua?
 a) Si ____ Cual _____
 b) No ____ Como se abastecen _____
 c) Cuanto pagan de agua al mes?
15. ¿Quién busca o acarrea el agua?
 a) La mujer ____ b) El hombre ____ c) Los niños/as ____ d) Otros ____
16. ¿Cuántos viajes realizan diario para buscar el agua utilizan?
 a) cantidad _____
17. ¿En que almacenan el agua?
 a) Barriles ____ b) Bidones ____ c) Pilas ____ d) Otros ____
18. ¿Los recipientes en que se almacena el agua los mantienen?
 a) Tapados ____ b) Destapados ____ c) como _____
19. La calidad del agua que consumen en el hogar, la consideran:
 a) Buena ____ b) Regular ____ c) Mala ____
20. ¿Qué condiciones tiene el agua que consumen? (se pueden marcar varias)
 a) Tiene mal sabor ____ b) Tiene mal olor ____ c) Tiene mal color ____

IV. Programa de agua potable y saneamiento rural (PASR)

21. ¿Conoce el Programa de Agua potable y Saneamiento Rural del FISE?
 a) Si ____ b) No ____ c) Poco ____ que sabe? ____
22. ¿Le gustaría tener servicio de Agua potable en su hogar?
 a) Si ____ b) No ____ c) Por qué _____
23. Cuanto estaría dispuesto/a en pagar por este servicio?
 a) C\$ 20 a 35 ____ b) C\$ 36 a 50 ____ c) C\$ 51 a más ____
 d) No estaría dispuesto/a ____ por qué? _____

V. Situación de salud en vivienda

24. ¿Están vacunados los niños y niñas?

a) Si ____ b) No____ c) Por qué _____

25. 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 _____

Nombre del Encuestador(a)

Entrevista a líderes de la comunidad

Fecha: ____/____/____ Hora: _____

Nombre del entrevistado: _____

Nombre del entrevistador: _____

Comunidad: _____

¿Con que sistema de abastecimiento cuenta la comunidad actualmente?

¿Qué deficiencias presenta el sistema actual?

¿Además del sistema, que otras fuentes usan para abastecerse?

¿Cómo cataloga usted el nivel de servicio de agua en su comunidad?

¿Quiénes administra el sistema de abastecimiento actual?

¿Cuáles son las normas y medidas de protección de la fuente en la cual se están abasteciendo?

¿Quién es el encargado de dar mantenimiento a la fuente de abastecimiento actual?

¿Qué organizaciones se han preocupado por brindarles un servicio de agua confiable?

Anexo III. Estudio topográfico

Tabla 28 Elevaciones y coordenadas del Levantamiento topográfico.

Punto	Coordenada x	Coordenada Y	Elevación Z	Código
1	568475	1483629	581 m	Bm
2	568475	1483629	584 m	L
3	568471	1483629	586 m	L
4	568469	1483629	586 m	L
5	568468	1483629	586 m	Bm
6	568460	1483630	586 m	L
7	568456	1483631	586 m	L
8	568452	1483632	585 m	L
9	568449	1483632	586 m	L
10	568445	1483632	586 m	L
11	568438	1483634	586 m	L
12	568434	1483634	586 m	L
13	568431	1483635	587 m	L
14	568429	1483635	587 m	L
15	568426	1483636	587 m	L
16	568422	1483636	587 m	C
17	568419	1483637	588 m	L
18	568416	1483637	588 m	L
19	568413	1483637	588 m	L
20	568408	1483637	587 m	C
21	568405	1483638	587 m	L
22	568402	1483638	587 m	L
23	568398	1483639	587 m	L
24	568396	1483638	587 m	L
25	568394	1483638	586 m	L
26	568392	1483638	586 m	L
27	568391	1483638	586 m	L
28	568390	1483638	586 m	C
29	568388	1483638	586 m	L
30	568387	1483638	585 m	L
31	568386	1483638	585 m	L
32	568384	1483638	585 m	L
33	568383	1483639	584 m	L
34	568381	1483639	584 m	L
35	568379	1483639	584 m	C
36	568378	1483640	584 m	L
37	568377	1483640	584 m	L
38	568375	1483641	584 m	L

Punto	Coordenada x	Coordenada Y	Elevación Z	Código
39	568373	1483641	584 m	L
40	568371	1483642	584 m	C
41	568370	1483642	584 m	L
42	568369	1483643	585 m	L
43	568367	1483643	585 m	L
44	568365	1483644	585 m	C
45	568361	1483645	586 m	L
46	568358	1483646	587 m	L
47	568354	1483648	587 m	L
48	568352	1483649	587 m	L
49	568350	1483650	587 m	L
50	568348	1483651	586 m	L
51	568345	1483652	586 m	L
52	568337	1483656	584 m	C
53	568337	1483657	584 m	L
54	568330	1483659	584 m	L
55	568325	1483661	584 m	L
56	568322	1483662	584 m	L
57	568320	1483662	584 m	L
58	568317	1483663	585 m	L
59	568315	1483662	584 m	L
60	568313	1483662	585 m	L
61	568311	1483662	585 m	L
62	568309	1483662	584 m	L
63	568308	1483661	584 m	C
64	568305	1483661	584 m	L
65	568304	1483660	584 m	L
66	568302	1483660	584 m	L
67	568319	1483669	581 m	L
68	568316	1483663	582 m	L
69	568315	1483662	584 m	L
70	568314	1483660	585 m	L
71	568320	1483668	583 m	C
72	568327	1483673	584 m	L
73	568342	1483652	585 m	L
74	568343	1483650	584 m	L
75	568346	1483651	583 m	L
76	568348	1483653	583 m	C
77	568349	1483654	583 m	L
78	568350	1483655	583 m	L
79	568353	1483657	582 m	L

Punto	Coordenada x	Coordenada Y	Elevación Z	Código
80	568356	1483658	582 m	L
81	568358	1483659	582 m	C
82	568361	1483659	583 m	L
83	568364	1483661	583 m	L
84	568366	1483662	584 m	L
85	568368	1483662	584 m	L
86	568393	1483640	581 m	C
87	568395	1483639	581 m	L
88	568395	1483636	582 m	L
89	568395	1483634	582 m	L
90	568395	1483632	582 m	L
91	568394	1483626	583 m	L
92	568393	1483622	583 m	L
93	568444	1483635	585 m	L
94	568446	1483635	586 m	C
95	568446	1483632	586 m	L
96	568449	1483629	585 m	L
97	568452	1483626	586 m	L
98	568477	1483630	586 m	L
99	568477	1483629	586 m	L
100	568478	1483626	587 m	L
101	568479	1483621	587 m	L
102	568480	1483618	588 m	C
103	568481	1483615	588 m	L
164	568446	1483850	599 m	L
165	568446	1483850	599 m	L
166	568446	1483850	599 m	L
167	568447	1483851	599 m	L
168	568448	1483856	599 m	L
169	568449	1483858	600 m	L
170	568443	1483858	602 m	L
171	568443	1483857	602 m	L
172	568441	1483859	602 m	L
173	568440	1483860	602 m	L
174	568438	1483861	602 m	L
175	568436	1483862	602 m	L
176	568435	1483863	602 m	L
177	568434	1483864	602 m	L
178	568432	1483865	602 m	L
179	568430	1483867	602 m	L
180	568428	1483869	601 m	L

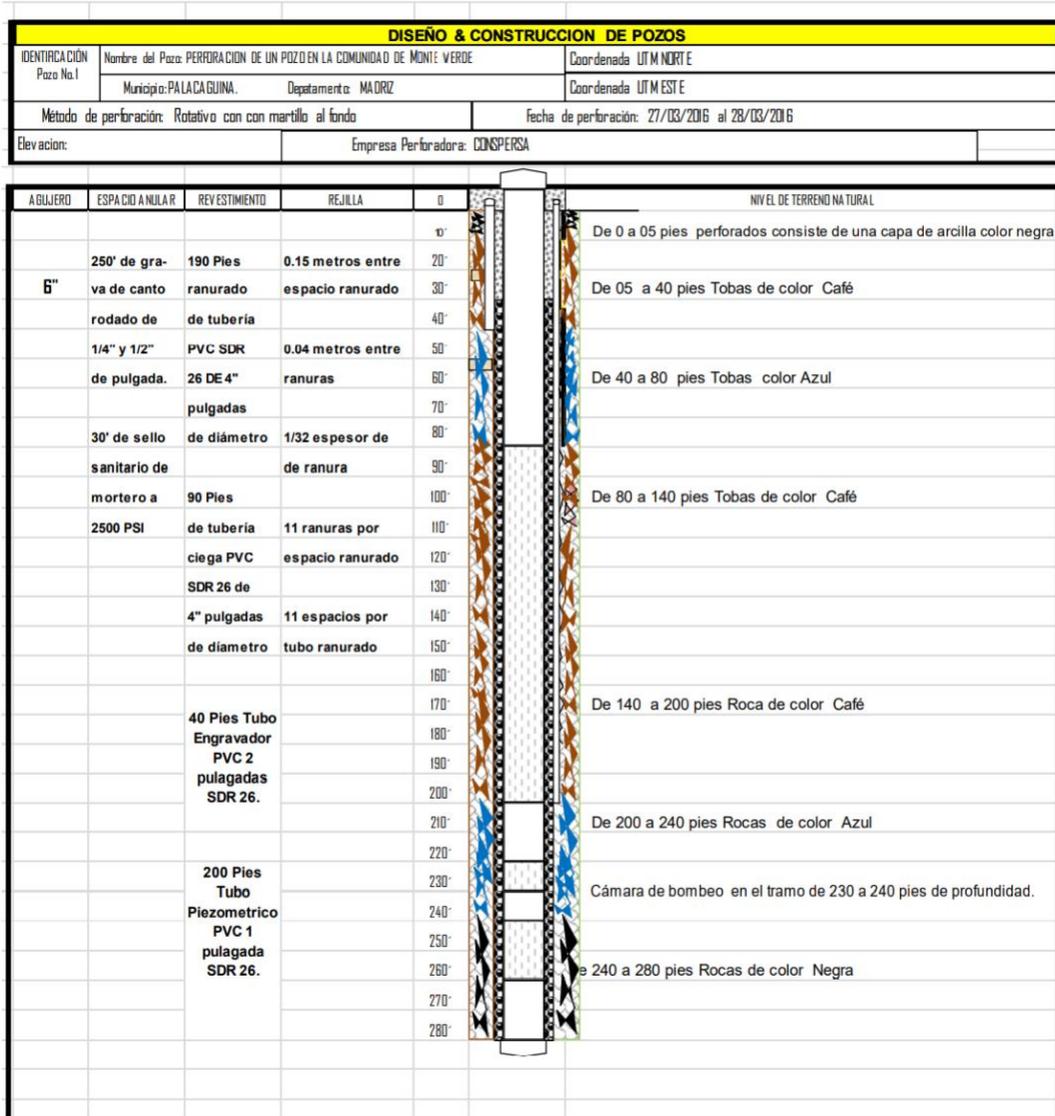
Punto	Coordenada x	Coordenada Y	Elevación Z	Código
181	568427	1483870	601 m	L
182	568425	1483872	600 m	L
183	568424	1483873	600 m	L
184	568429	1483867	602 m	L
185	568428	1483867	602 m	C
186	568425	1483866	602 m	L
187	568423	1483865	602 m	L
188	568420	1483865	602 m	L
189	568418	1483865	602 m	L
190	568416	1483866	601 m	C
191	568415	1483867	601 m	L
192	568414	1483868	601 m	L
193	568412	1483869	600 m	L
194	568410	1483870	600 m	L
195	568409	1483871	600 m	L
196	568407	1483872	600 m	L
197	568406	1483873	600 m	L
198	568405	1483874	600 m	L
199	568403	1483875	600 m	L
200	568402	1483876	600 m	L
201	568401	1483877	599 m	L
202	568399	1483879	599 m	L
203	568398	1483880	599 m	L
204	568397	1483882	599 m	L
205	568396	1483883	599 m	L
206	568395	1483884	599 m	L
207	568426	1483866	595 m	C
208	568423	1483876	598 m	L
209	568422	1483877	598 m	L
210	568422	1483881	599 m	L
211	568421	1483886	600 m	L
212	568420	1483890	601 m	L
213	568430	1483868	594 m	L
214	568429	1483863	595 m	L
215	568429	1483862	597 m	L
216	568427	1483860	598 m	L
217	568426	1483859	598 m	L
218	568424	1483857	597 m	L
219	568421	1483854	597 m	L
220	568419	1483852	596 m	L
221	568417	1483849	596 m	L

Punto	Coordenada x	Coordenada Y	Elevación Z	Código
222	568415	1483846	596 m	C
223	568412	1483844	595 m	L
224	568414	1483844	595 m	L
225	568414	1483841	595 m	L
226	568414	1483836	594 m	L
227	568414	1483837	592 m	L
228	568411	1483837	593 m	C
229	568406	1483836	593 m	L
230	568402	1483836	593 m	L
231	568398	1483836	593 m	C
232	568394	1483837	593 m	L
233	568391	1483838	593 m	L
234	568412	1483844	591 m	L
235	568412	1483844	591 m	L
236	568409	1483845	591 m	L
237	568406	1483846	591 m	L
238	568402	1483846	592 m	L
239	568400	1483846	592 m	L
240	568397	1483846	592 m	L
241	568395	1483847	591 m	L
242	568392	1483847	591 m	L
243	568389	1483847	591 m	L
244	568387	1483847	591 m	C
245	568385	1483847	591 m	L
246	568383	1483847	591 m	L
247	568380	1483847	592 m	L
248	568378	1483848	591 m	L
249	568376	1483849	592 m	L
250	568374	1483851	592 m	L
251	568372	1483852	592 m	L
252	568371	1483853	592 m	L
253	568369	1483855	592 m	L
254	568367	1483856	591 m	L
255	568365	1483857	592 m	L
256	568362	1483857	592 m	L
257	568360	1483858	592 m	L
258	568359	1483858	592 m	L
259	568357	1483859	592 m	L
260	568356	1483859	592 m	L
261	568353	1483859	592 m	C
262	568350	1483861	592 m	L

Punto	Coordenada x	Coordenada Y	Elevación Z	Código
263	568349	1483862	592 m	L
264	568347	1483863	592 m	L
265	568345	1483864	593 m	L
266	568343	1483864	594 m	L
267	568339	1483864	595 m	L
268	568335	1483867	596 m	L
269	568334	1483870	596 m	L
270	568331	1483872	597 m	L
271	568330	1483874	597 m	L
272	568331	1483874	596 m	L
273	568327	1483873	595 m	L
274	568324	1483871	595 m	L
275	568321	1483870	594 m	C
276	568317	1483869	592 m	L
277	568314	1483868	592 m	L
278	568312	1483867	592 m	L
279	568310	1483865	591 m	L
280	568308	1483863	590 m	L
281	568304	1483862	589 m	L
282	568301	1483861	589 m	L
283	568297	1483860	588 m	L
284	568294	1483860	588 m	L
285	568290	1483860	588 m	C
286	568287	1483859	587 m	L
287	568285	1483857	587 m	L
288	568284	1483855	587 m	L
289	568283	1483853	586 m	L
290	568283	1483852	586 m	L
291	568282	1483852	585 m	L
292	568282	1483850	585 m	C
293	568281	1483849	584 m	L
294	568281	1483847	583 m	L
295	568281	1483845	583 m	L
296	568347	1483652	583 m	C

Anexo IV. Hidrogeología del sitio

Figura 56 Perfil estratigráfico del pozo ubicado en la comunidad de Monte Verde



Dir.: Entrada Principal al Sector XIX 50 Vrs. Al Oeste, Bo. Los Maestro
Somoto, Madriz
Teléfonos: 27220279 Cel. 86029594
Email: edgardo.2008@yahoo.com

Figura 57 Realización de la prueba de infiltración utilizando el método de Porchet.



Anexo V. Estudio fisico-quimico, bacteriologico y metales pesados

Tabla 29 Parámetros de estudio bacteriológico

Origen	Parámetro (b)	Valor Recomendado	Valor máximo Admisible	Observaciones
A. Todo tipo de agua de bebida	Coliforme fecal	Neg	Neg	
B. Agua que entra al sistema de distribución	Coliforme fecal	Neg	Neg	
	Coliforme total	Neg	≤4	En muestras no consecutivas
C. Agua en el sistema de distribución	Coliforme total	Neg	≤4	En muestras puntuales No debe ser detectado en el 95 % de las muestras anuales (c)
	Coliforme fecal	Neg	Neg	

Tabla 30 Parámetros de estudio Físico- Químico

Parámetro	Unidad	Valor Recomendado	Valor máximo Admisible
Temperatura	°C	18 a 30	
Concentración de Iones Hidrógeno	Valor pH	6.5 a 8.5 (a)	
Cloro Residual	mg/L	0.5 a 1.0 (b)	(c)
Cloruros	mg/L	25	250
Conductividad	μS/cm	400	
Dureza	mg/L CaCO ₃	400	
Sulfatos	mg/L	25	250
Aluminio	mg/L		0.2
Calcio	mg/L CaCO ₃	100	
Cobre	mg/L	1.0	2.0
Magnesio	mg/L CaCO ₃	30	50
Sodio	mg/L	25	200
Potasio	mg/L		10
Sólidos Disueltos Totales	mg/L		1000
Zinc	mg/L		3.0

Tabla 31 Parámetros para sustancias inorgánicas

Parámetro	Unidad	Valor máximo Admisible
Arsénico	mg/L	0.01
Cadmio	mg/L	0.05
Cianuro	mg/L	0.05
Cromo	mg/L	0.05
Mercurio	mg/L	0.001
Níquel	mg/L	0.05
Plomo	mg/L	0.01
Antimonio	mg/L	0.05
Selenio	mg/L	0.01

Figura 58 Resultado de estudio físico-químico de muestra extraída de la fuente



Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI
Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo
Universidad Nacional de Ingeniería
Managua, Nicaragua

INFORME DE ENSAYO FISICO QUIMICOS DE AGUAS NATURALES

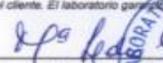
FQAN-2206-0144.01
LA-PT-08.0701

NOMBRE DEL CLIENTE		DIRECCION DEL CLIENTE		TELEFONO
Yahoska S. Matute/ Jefry R. Guardado/ Elizabeth Urbina		Monte Verde, Palacagüina		NR
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL	CELULAR
Yahoska S. Matute/ Jefry R. Guardado/ Elizabeth Urbina		Testistas UNI - RUACS Esteli	yahoskamatute@gmail.com	5875-9315
DATOS DE LA MUESTRA			CONTROL DEL LABORATORIO PARA EL PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA	
Fecha y Hora de recolección	27/06/2022; 6:00 p.m		Ingreso de muestra	28/06/2022
Fuente	Pozo Monte Verde		Inicio de análisis	28/06/2022
Tipo de muestra/preservación/Estado envase	Agua Subterránea/Térmica/Aceptable		Finalización de análisis	08/07/2022
Ubicación de la fuente	Monte Verde- Palacagüina		Emisión del informe de resultados	08/07/2022
Coordenadas	NR		No. Cadena de custodia	5290
Recolectada por	Elizabeth Urbina / Jefry Guardado		Código de muestra	LA-2206-0720
Supervisor en campo	Elizabeth Urbina / Jefry Guardado		Muestra No.	Uno (1)
Rango o valor máximo permisible o recomendado				
METODO SM // EPAM/H	ENSAYO REALIZADO	UNIDAD	RESULTADOS	Norma CAPRE¹
2110	Apariencia	Adim	Clara	NE
4500-B	Potencial de Hidrógeno	pH	7.14	6.5 - 8.5**
2550-B	Temperatura	°C	26.00	18 a 30**
2510-B	Conductividad Eléctrica	µS/cm	227	400**
2130-B	Turbiedad	UNT	0.053	5
2120-C	Color Verdadero	mg/L (Pt-Co)	<1.00	15
4500-B	Nitros	mg/L	3.15	50
4500-B	Nitritos	mg/L	0.039	0.1
4500-D	Cloruros	mg/L	3.8	250
3500-B	Hierro Total	mg/L	<0.006	0.3
4500-D	Sulfatos	mg/L	2.54	250
2340-C	Dureza Total	mg/L CaCO ₃	80.16	400**
3500-B	Calcio	mg/L	16.99	100**
3500-B	Magnesio	mg/L	9.18	50
8149	Manganeso	mg/L	<0.006	0.5
3500-X	Sodio	mg/L	15	200
3500-C	Potasio	mg/L	1.25	10
4500-G	Cloro Residual	mg/L	0.02	0.5 a 1.0**
2540-C	Sólidos Disueltos Totales	mg/L	541.00	1,000
8131	Sulfuro de Hidrógeno	mg/L	<0.01	0.05
4500-D	Amonio	mg/L	0.0595	0.5
4500-C	Fósforo	mg/L	0.258	0.7

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 o igual al Límite de Detección que se especifica por parámetro, NE= No especificada en la Norma, NR= No Reporta, Adim= Adimensional
Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 RD 2017, MH= 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 por el cliente a la Oficina de Atención al Cliente, el cual proporciona los datos de la muestra reportada en el presente informe, para la realización de los ensayos ejecutados en las instalaciones de los laboratorios ambientales PIENSA-UNI. El Laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente que pueda afectar la validez de los resultados.

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente. El laboratorio garantiza la confidencialidad y imparcialidad del informe. Los resultados emitidos se relacionan únicamente con los ítems de ensayo.



Ing. María Lidia Gómez
Coordinadora de Lab. Amb. PIENSA-UNI



Pag. 1/1

2 2 1 3 7 1

Fin del Informe

Dirección: Av. Universitaria, frente a la escuela de danza, Recinto Universitario Simón Bolívar. Contactos: Director: 2278-1462 ; Atención al Cliente: 2270-1517/8152-7314 (T), Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (T) • e-mail: atencion.cliente@piensa.uni.edu.ni, Web: www.piensa.uni.edu.ni

Figura 59 Resultado de estudio bacteriológico de muestra extraída de la fuente.




Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI
 Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo
 Universidad Nacional de Ingeniería
 Managua, Nicaragua

INFORME DE ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS

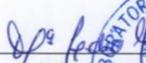
MB-2206-0154.01
LA-PT-09.RT04

NOMBRE DEL CLIENTE		DIRECCIÓN DEL CLIENTE		TELÉFONO		
Yahoska S. Matute / Jefry R. Guardado/Elizabeth Urbina		Monte Verde, Palagüina		NR		
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL	CELULAR		
Yahoska S. Matute / Jefry R. Guardado/Elizabeth Urbina		Tesistas UNI-RUACS Esteli	yahoskamatute@gmail.com	5875-9315		
DATOS DE LA MUESTRA			CONTROL DEL LABORATORIO PARA EL PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA			
Fecha y Hora de recolección	27/06/2022 :06:00 pm		Fecha de	Ingreso de muestra	28/06/2022	Rango o valor máximo permisible o recomendado
Fuente	Pozo Monte Verde			Inicio de análisis	28/06/2022	
Tipo de muestra/preservación/Estado envase	Agua Subterránea/Térmica/Aceptable			Finalización de análisis	30/06/2022	
Ubicación de la fuente	Monte Verde - Palagüina			Emisión del informe de resultados	08/07/2022	
Coordenadas	NR		No. Cadena de custodia	5280		
Recolectada por	Elizabeth Urbina / Jefry Guardado		Código de muestra	LA-2206-0720		
Supervisor en campo	Elizabeth Urbina / Jefry Guardado		Muestra No.	Uno (01)		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO	UNIDAD	RESULTADOS		Norma CAPRE¹	
9221-B	Coliforme Total	NMP/100mL	Negativo		Negativo	
9221-E	Coliforme Fecal	NMP/100mL	Negativo		Negativo	
9221-F	<i>E. coli</i>	NMP/100mL	Negativo		NE	

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: 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
 EPA = Environmental Protection Agency, ¹Normas de Calidad del Agua Para Consumo Humano: Norma Regional CAPRE.

OBSERVACIONES: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada por el cliente a la Oficina de Atención al Cliente, el cual proporciona los datos de la muestra reportada en el presente informe, para la realización de los ensayos ejecutados en las instalaciones de los laboratorios ambientales PIENSA-UNI. El Laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente que pueda afectar la validez de los resultados.

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente. El laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe. Los resultados emitidos se relacionan únicamente con los ítems de ensayo.



Ing. María Lidia Gómez
Coordinadora de Lab. Amb. PIENSA-UNI



2 2 1 3 7 2

Figura 60 Resultado de metales pesados de muestra de agua extraída de la fuente



Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI
 Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo
 Universidad Nacional de Ingeniería
 Managua, Nicaragua

INFORME DE ENSAYOS DE MICROPOLUYENTES

MP-2206-0120.01
 LA-PT-09.RT03

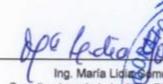
NOMBRE DEL CLIENTE		DIRECCIÓN DEL CLIENTE		TELEFONO
Yahoska S. Matute/ Jefry R. Guardado/ Elizabeth Urbina		Monte Verde Palacagüina		NR
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL	CELULAR
Yahoska S. Matute/ Jefry R. Guardado/ Elizabeth Urbina		Tesistas UNI- RUACS Esteli	yahoskamatute@gmail.com	5875-9315
DATOS DE LA MUESTRA			CONTROL DEL LABORATORIO PARA EL PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA	
Fecha y Hora de recolección	27/06/2022; 6:00 pm		Ingreso de muestra	28/06/2022
Fuente	Pozo Monteverde		Inicio de análisis	04/07/2022
Tipo de muestra/preservación/ Estado envase	Agua Subterránea/ Térmica/ Aceptable		Finalización de análisis	05/07/2022
Ubicación de la fuente	Monte Verde Palacagüina		Emisión del informe de resultados	08/07/2022
Coordenadas	NR		No. Cadena de custodia	5280
Recolectada por	Elizabeth Urbina/ Jefry Guardado		Código de muestra	LA-2206-0720
Supervisor en campo	Elizabeth Urbina/ Jefry Guardado		Muestra No.	Uno (01)
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO	UNIDAD	RESULTADOS	Norma CAPRE¹
G.H	Arsénico	mg/L	<0.002	0.01
3500-B	Piomo	mg/L	0.004	0.01

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 o igual al Límite de Detección que se especifica por parámetro, NR= No Reporta.

Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 RD 2017. EPA = Environmental Protection Agency, ¹Normas de Calidad del Agua Para Consumo Humano, Norma Regional CAPRE, G.H= Generador de hidruros, utilizando Arsenator

OBSERVACIONES: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada por el cliente a la Oficina de Atención al Cliente, el cual proporciona los datos de la muestra reportada en el presente informe, para la realización de los ensayos ejecutados en las instalaciones de los laboratorios ambientales PIENSA-UNI. El Laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente que pueda afectar la validez de los resultados.

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente. El laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe. Los resultados emitidos se relacionan unicamente con los items de ensayo.



Ing. María Lidia Jiménez
 Coordinadora de Lab. AMBIENTALES PIENSA-UNI



Pag. 1/1

.....Fin del Informe.....

2 2 1 3 7 3

Dirección: Av. Universitaria, frente a la escuela de danza, Recinto Universitario Simón Bolívar. Contactos: Director: 2278-1462 ; Atención al Cliente: 2270-1517/8152-7314 (T), Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (T) • e-mail: atencion.cliente@piensa.uni.edu.ni, Web: www.piensa.uni.edu.ni

Anexo VI. Resultados de la simulación hidraulica

Tabla 32 Características geométricas e hidráulicas de la tubería en la línea de conducción y red de distribución.

Linea	Codigo	Long_m	Diam_mm	Rugo	Caud_LPS	Velo_m/s	P.uni_m/km
TC-2	TC	6.00	52.48	150.00	1.08	0.50	34.32
TC-3	TC	11.85	44.60	150.00	1.08	0.69	12.13
TC-4	TC	23.35	44.60	150.00	1.08	0.69	12.13
TC-5	TC	12.04	44.60	150.00	1.08	0.69	12.13
TC-6	TC	32.61	44.60	150.00	1.08	0.69	12.13
TC-7	TC	15.28	44.60	150.00	1.08	0.69	12.13
TC-8	TC	11.40	44.60	150.00	1.08	0.69	12.13
TC-9	TC	14.78	44.60	150.00	1.08	0.69	12.13
TC-10	TC	11.46	44.60	150.00	1.08	0.69	12.13
TC-11	TC	16.30	44.60	150.00	1.08	0.69	12.13
TC-12	TC	9.98	44.60	150.00	1.08	0.69	12.13
TC-13	TC	8.14	44.60	150.00	1.08	0.69	12.13
TC-14	TC	12.19	44.60	150.00	1.08	0.69	12.13
TC-15	TC	10.29	44.60	150.00	1.08	0.69	12.13
TC-16	TC	11.59	44.60	150.00	1.08	0.69	12.13
TC-17	TC	12.77	44.60	150.00	1.08	0.69	12.13
TC-18	TC	4.15	44.60	150.00	1.08	0.69	12.13
TC-19	TC	6.78	44.60	150.00	1.08	0.69	12.13
TC-20	TC	6.03	44.60	150.00	1.08	0.69	12.13
TC-21	TC	10.50	44.60	150.00	1.08	0.69	12.13
TC-22	TC	8.11	44.60	150.00	1.08	0.69	12.13
TC-23	TC	11.21	44.60	150.00	1.08	0.69	12.13
TC-24	TC	5.18	44.60	150.00	1.08	0.69	12.13
TC-25	TC	11.81	44.60	150.00	1.08	0.69	12.13
TC-26	TC	2.85	44.60	150.00	1.08	0.69	12.13
T1-D1	T1	8.62	44.60	150.00	0.23	0.15	0.69
T1-D0	T1	6.01	44.60	150.00	0.23	0.15	0.69
T3-D1	T3	5.10	44.60	150.00	0.23	0.15	0.69
T3-D2	T3	5.39	44.60	150.00	0.23	0.15	0.69
T3-D3	T3	7.62	44.60	150.00	0.23	0.15	0.69
T3-D4	T3	10.77	44.60	150.00	0.23	0.15	0.69
T3-D5	T3	8.06	44.60	150.00	0.12	0.07	0.19
T3-D6	T3	11.71	44.60	150.00	0.12	0.07	0.19
T3-D7	T3	6.33	44.60	150.00	0.12	0.07	0.19
T3-D8	T3	8.55	44.60	150.00	0.12	0.07	0.19
T3-D9	T3	9.08	44.60	150.00	0.12	0.07	0.19

Linea	Codigo	Long_m	Diam_mm	Rugo	Caud_LPS	Velo_m/s	P.uni_m/km
T3-D10	T3	6.02	44.60	150.00	0.12	0.07	0.19
T3-D11	T3	8.02	44.60	150.00	0.12	0.07	0.19
T3-D12	T3	11.07	44.60	150.00	0.12	0.07	0.19
T3-D13	T3	6.01	44.60	150.00	0.12	0.07	0.19
T3-D14	T3	7.08	44.60	150.00	0.12	0.07	0.19
T3-D15	T3	8.26	44.60	150.00	0.12	0.07	0.19
T3-D16	T3	4.01	44.60	150.00	0.12	0.07	0.19
T3-D17	T3	7.29	44.60	150.00	0.12	0.07	0.19
T3-D18	T3	11.05	44.60	150.00	0.12	0.07	0.19
T3-D19	T3	12.17	44.60	150.00	0.12	0.07	0.19
T3-D20	T3	3.00	44.60	150.00	0.12	0.07	0.19
T3-D21	T3	7.62	44.60	150.00	0.12	0.07	0.19
T3-D22	T3	5.11	44.60	150.00	0.12	0.07	0.19
T3-D23	T3	3.16	44.60	150.00	0.12	0.07	0.20
T3-D24	T3	3.16	44.60	150.00	0.12	0.07	0.19
T3-D25	T3	5.89	44.60	150.00	0.12	0.07	0.19
T2-D0	T2	5.02	44.60	150.00	0.37	0.23	1.64
T2-D1	T2	5.84	44.60	150.00	0.37	0.23	1.63
T2-D2	T2	7.21	44.60	150.00	0.37	0.23	1.63
T4-D0	T4	2.83	44.60	150.00	0.12	0.08	0.21
T4-D1	T4	5.13	44.60	150.00	0.12	0.08	0.21
T4-D2	T4	5.18	44.60	150.00	0.12	0.08	0.22
T4-D3	T4	4.18	44.60	150.00	0.12	0.08	0.21
T4-D4	T4	5.01	44.60	150.00	0.12	0.08	0.22
T4-D5	T4	5.83	44.60	150.00	0.12	0.08	0.21
T4-D6	T4	5.00	44.60	150.00	0.12	0.08	0.22
T4-D7	T4	5.67	44.60	150.00	0.12	0.08	0.21
T4-D8	T4	3.63	44.60	150.00	0.12	0.08	0.22
T2-D3	T2	8.56	44.60	150.00	0.24	0.16	0.77
T2-D4	T2	10.09	44.60	150.00	0.24	0.16	0.77
T2-D5	T2	7.27	44.60	150.00	0.24	0.16	0.77
T2-D6	T2	3.63	44.60	150.00	0.24	0.16	0.77
T2-D7	T2	6.33	44.60	150.00	0.12	0.08	0.22
T2-D8	T2	6.03	44.60	150.00	0.12	0.08	0.21
T2-D9	T2	5.14	44.60	150.00	0.12	0.08	0.22
T2-D10	T2	15.21	44.60	150.00	0.12	0.08	0.21
T2-D11	T2	9.44	44.60	150.00	0.12	0.08	0.21
T2-D12	T2	8.61	44.60	150.00	0.12	0.08	0.21
T2-D13	T2	8.29	44.60	150.00	0.12	0.08	0.22
T2-D14	T2	4.05	44.60	150.00	0.12	0.08	0.21

Linea	Codigo	Long_m	Diam_mm	Rugo	Caud_LPS	Velo_m/s	P.uni_m/km
T2-D15	T2	9.46	44.60	150.00	0.12	0.08	0.21
T2-D16	T2	12.53	44.60	150.00	0.12	0.08	0.21
T2-D17	T2	7.62	44.60	150.00	0.12	0.08	0.21
T2-D18	T2	10.78	44.60	150.00	0.12	0.08	0.21
T2-D19	T2	10.90	44.60	150.00	0.12	0.08	0.22
T2-D20	T2	11.41	44.60	150.00	0.12	0.08	0.21
T2-D21	T2	10.05	44.60	150.00	0.12	0.08	0.21
T2-D22	T2	7.31	44.60	150.00	0.12	0.08	0.21
T2-D23	T2	8.30	44.60	150.00	0.12	0.08	0.21
T2-D24	T2	15.97	44.60	150.00	0.12	0.08	0.21
TC-1	TC	36.00	77.92	150.00	1.08	0.23	0.80
T1-D24	T1	2.85	44.60	150.00	0.60	0.38	4.02
T1-D23	T1	11.81	44.60	150.00	0.60	0.38	4.03
T1-D22	T1	5.18	44.60	150.00	0.60	0.38	4.02
T1-D21	T1	11.21	44.60	150.00	0.60	0.38	4.03
T1-D20	T1	8.11	44.60	150.00	0.60	0.38	4.03
T1-D19	T1	10.50	44.60	150.00	0.60	0.38	4.02
T1-D18	T1	6.03	44.60	150.00	0.23	0.15	0.69
T1-D17	T1	6.78	44.60	150.00	0.23	0.15	0.69
T1-D16	T1	4.15	44.60	150.00	0.23	0.15	0.69
T1-D15	T1	12.77	44.60	150.00	0.23	0.15	0.69
T1-D14	T1	11.59	44.60	150.00	0.23	0.15	0.69
T1-D13	T1	10.29	44.60	150.00	0.23	0.15	0.69
T1-D12	T1	12.19	44.60	150.00	0.23	0.15	0.69
T1-D11	T1	8.14	44.60	150.00	0.23	0.15	0.69
T1-D10	T1	9.98	44.60	150.00	0.23	0.15	0.69
T1-D9	T1	16.30	44.60	150.00	0.23	0.15	0.69
T1-D8	T1	11.46	44.60	150.00	0.23	0.15	0.69
T1-D7	T1	14.78	44.60	150.00	0.23	0.15	0.69
T1-D6	T1	11.40	44.60	150.00	0.23	0.15	0.69
T1-D5	T1	15.28	44.60	150.00	0.23	0.15	0.69
T1-D4	T1	32.61	44.60	150.00	0.23	0.15	0.69
T1-D3	T1	12.04	44.60	150.00	0.23	0.15	0.69
T1-D2	T1	25.35	44.60	150.00	0.23	0.15	0.69
Bomba					0.64	0.00	-55.16

Tabla 33 Alturas y presiones en la línea de conducción y red de distribución.

ID	Codigo	Cota_m	D_base_LPS	Altura_m	Presión_m
Ln2	Ln	583.31	0	616.65	33.34
Ln3	Ln	584.03	0	616.45	32.42
Ln4	Ln	584.03	0	616.31	32.27
Ln5	Ln	585.10	0	616.02	30.93
Ln6	Ln	584.98	0	615.88	30.90
Ln7	Ln	586.82	0	615.48	28.66
Ln8	Ln	587.52	0	615.29	27.78
Ln9	Ln	587.48	0	615.16	27.67
Ln10	Ln	588.20	0	614.98	26.78
Ln11	Ln	589.40	0	614.84	25.44
Ln12	Ln	591.82	0	614.64	22.82
Ln13	Ln	593.42	0	614.52	21.10
Ln14	Ln	594.52	0	614.42	19.90
Ln15	Ln	596.16	0	614.27	18.11
Ln16	Ln	597.56	0	614.15	16.59
Ln17	Ln	599.61	0	614.01	14.39
Ln18	Ln	601.40	0	613.85	12.46
Ln19	Ln	601.83	0	613.8	11.97
Ln20	Ln	602.78	0	613.72	10.94
Ln21	Ln	603.38	0	613.65	10.26
Ln22	Ln	604.53	0	613.52	8.98
Ln23	Ln	605.36	0	613.42	8.06
Ln24	Ln	607.27	0	613.28	6.01
Ln25	Ln	608.17	0	613.22	5.05
Ln26	Ln	610.01	0	613.08	3.07
T1-N1	T1	583.44	0	612.74	29.30
T3-N1	T3	583.04	0	612.73	29.69
T3-N2	T3	583.07	0	612.73	29.66
T3-N3	T3	583.01	0	612.72	29.71
T3-N4	T3	583.05	0	612.72	29.67
T3-N5	T3	583.26	0.115	612.71	29.45
T3-N6	T3	583.31	0	612.71	29.40
T3-N7	T3	583.67	0	612.71	29.03
T3-N8	T3	583.87	0	612.71	28.84
T3-N9	T3	584.29	0	612.7	28.41
T3-N10	T3	584.98	0	612.7	27.72
T3-N11	T3	585.46	0	612.7	27.24

ID	Codigo	Cota_m	D_base_LPS	Altura_m	Presión_m
T3-N12	T3	586.09	0	612.7	26.61
T3-N13	T3	586.80	0	612.7	25.89
T3-N14	T3	587.07	0	612.7	25.63
T3-N15	T3	587.34	0	612.7	25.35
T3-N16	T3	587.79	0	612.69	24.91
T3-N17	T3	588.07	0	612.69	24.63
T3-N18	T3	588.40	0	612.69	24.29
T3-N19	T3	588.79	0	612.69	23.90
T3-N20	T3	589.20	0	612.69	23.49
T3-N21	T3	589.34	0	612.69	23.35
T3-N22	T3	589.41	0	612.69	23.27
T3-N23	T3	589.17	0	612.68	23.52
T3-N24	T3	589.20	0	612.68	23.49
T3-N25	T3	589.23	0	612.68	23.46
T3-N26	T3	589.00	0.115	612.68	23.68
T2-N1	T2	603.82	0	612.89	9.07
T2-N2	T2	604.13	0	612.88	8.75
T2-N3	T2	604.08	0	612.86	8.79
T4-N1	T4	604.05	0	612.86	8.81
T4-N2	T4	603.46	0	612.86	9.40
T4-N3	T4	602.53	0	612.86	10.33
T4-N4	T4	601.85	0	612.86	11.01
T4-N5	T4	601.53	0	612.86	11.33
T4-N6	T4	601.41	0	612.86	11.45
T4-N7	T4	601.55	0	612.86	11.30
T4-N8	T4	601.96	0	612.86	10.89
T4-N9	T4	602.35	0.122	612.86	10.51
T2-N4	T2	602.93	0	612.86	9.92
T2-N5	T2	600.99	0	612.85	11.86
T2-N6	T2	600.04	0	612.84	12.80
T2-N7	T2	599.66	0.122	612.84	13.18
T2-N8	T2	599.36	0	612.84	13.48
T2-N9	T2	598.75	0	612.84	14.09
T2-N10	T2	598.12	0	612.84	14.72
T2-N11	T2	595.58	0	612.84	17.26
T2-N12	T2	595.33	0	612.83	17.50
T2-N13	T2	595.77	0	612.83	17.06
T2-N14	T2	594.94	0	612.83	17.89
T2-N15	T2	594.28	0	612.83	18.55
T2-N16	T2	593.62	0	612.83	19.20
T2-N17	T2	593.70	0	612.82	19.12

ID	Codigo	Cota_m	D_base_LPS	Altura_m	Presión_m
T2-N18	T2	594.06	0	612.82	18.77
T2-N19	T2	593.64	0	612.82	19.18
T2-N20	T2	592.33	0	612.82	20.49
T2-N21	T2	592.05	0	612.82	20.76
T2-N22	T2	591.84	0	612.81	20.97
T2-N23	T2	590.64	0	612.81	22.17
T2-N24	T2	589.66	0	612.81	23.15
T2-N25	T2	590.00	0.122	612.81	22.81
Ln1	Ln	559.31	0	616.68	57.37
T1-N24	T1	610.01	0	613.08	3.08
T1-N23	T1	608.17	0	613.04	4.86
T1-N22	T1	607.27	0	613.01	5.74
T1-N21	T1	605.36	0	612.97	7.61
T1-N20	T1	604.53	0	612.94	8.40
T1-N19	T1	603.38	0	612.89	9.51
T1-N18	T1	602.78	0	612.89	10.11
T1-N17	T1	601.83	0	612.89	11.05
T1-N16	T1	601.40	0	612.88	11.49
T1-N15	T1	599.61	0	612.87	13.26
T1-N14	T1	597.56	0	612.87	15.30
T1-N13	T1	596.16	0	612.86	16.70
T1-N12	T1	594.52	0	612.85	18.33
T1-N11	T1	593.42	0	612.84	19.43
T1-N10	T1	591.82	0	612.84	21.02
T1-N9	T1	589.40	0	612.83	23.42
T1-N8	T1	588.20	0	612.82	24.62
T1-N7	T1	587.48	0	612.81	25.33
T1-N6	T1	587.52	0	612.8	25.28
T1-N5	T1	586.82	0	612.79	25.97
T1-N4	T1	584.98	0	612.77	27.79
T1-N3	T1	585.10	0	612.76	27.66
T1-N2	T1	584.03	0	612.74	28.71
Embalse	Ln0	559.31		559.31	0.00
Entrada tanque	Ln	610.34		613.04	2.70

Anexo VII. Presupuesto

Tabla 34 Presupuesto general

PRESUPUESTO GENERAL

Proyecto: Diseño de un mini acueducto por bombeo con energía fotovoltaica en la comunidad de Monte Verde					
Municipio: Palacagüina			Departamento: Matriz		
ESTAPA / SUBETAPA	DESCRIPCION	U/M	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO C\$	PRECIO TOTAL C\$
310	PRELIMINARES				143,909.82
310-01	Limpieza Inicial Predio De Captación	m2	225.00	8.22	1,850.31
310-02	Limpieza Inicial Línea De Conducción y Distribución	m2	696.41	8.22	5,727.00
310-03	Limpieza Inicial Predio Del Tanque	m2	100.00	8.22	822.36
310-04	Trazo Y Nivelación Para Tuberías	m	696.41	175.64	122,316.90
310-05	Rotulo FISE 1,22 X 2,44 M (Est. Met. & Zinc Liso)	c/u	1.00	13,193.25	13,193.25
320	LINEA DE CONDUCCION				197,764.58
320-01	Excavación En Zanja TN (ancho 0,50. Profundidad. 1,20 M)	m3	210.12	293.62	61,695.60
320-02	Prueba Hidrostática, Proyecto Agua Potable hasta 4" y 300 m	c/u	2.00	564.86	1,129.73
320-03	Tubería de PVC hidráulico de 38 mm (1-1/2") SDR-26 extremos lisos, incluye: suministro de materiales, acarreo, instalación, pruebas, mano de obra, equipo y herramienta.	m	284.81	211.19	60,148.11
320-04	Válvula de limpieza de bronce diam=1 1/2" con 1 m tubo de PVC diam= 4" (SDR-26) y tee reduct. lisa PVC	c/u	1.00	8,451.36	8,451.36
320-05	Bloque de reacción de concreto para accesorios menores A 6"	c/u	14.00	171.00	2,394.03
320-06	Válvula de aire y vacío de hierro fundido diam=1/2" + abrazadera de hierro galvanizado + unión de bronce	c/u	1.00	4,344.20	4,344.20
320-07	Relleno con material producto de la excavación, compactado con brinquina al 90% proctor, adicionando agua, incluye: mano de obra, equipo y herramienta.	m3	210.12	283.65	59,601.55
330	LINEA DE DISTRIBUCCION		1.00		440,040.99

PRESUPUESTO GENERAL

Proyecto: Diseño de un mini acueducto por bombeo con energía fotovoltaica en la comunidad de Monte Verde					
Municipio: Palacagüina			Departamento: Madriz		
ESTAPA / SUBETAPA	DESCRIPCION	U/M	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO C\$	PRECIO TOTAL C\$
330-01	Excavación En Zanja TN (ancho 0,50. Profundidad. 1,20 M)	m3	303.59	193.69	58,802.97
330-02	Prueba Hidrostática, Proyecto Agua Potable hasta 4" y 300 m		3.00	564.86	1,694.59
330-03	Válvula de limpieza de bronce diam=1 1/2" con 1 m tubo de PVC diam= 4" (SDR-26) y tee reduct. lisa PVC	c/u	5.00	20,645.51	103,227.56
330-04	Válvula de aire y vacío de hierro fundido diam=1/2" + abrazadera de hierro galvanizado + unión de bronce	c/u	8.00	4,344.20	34,753.56
330-05	Bloque de reacción de concreto de 3000 psi ref. para válvulas (no incl. excavación, ni acarreo)	c/u	13.00	176.81	2,298.47
330-06	Bloque de reacción de concreto para accesorios menores A 6"	c/u	35.00	171.00	5,985.09
330-07	Caja para protección de válvula hecha de tubo de concreto sin ref. diam. =6" alt.=1.20(no incl exc ni acabados) (no incl. válvula)	c/u	13.00	5,946.16	77,300.14
330-08	Tubería de PVC hidráulico de 38 mm (1-1/2") SDR-26extremos lisos, incluye: suministro de materiales, acarreos, instalación, pruebas, mano de obra, equipo y herramienta.	m	696.41	100.32	69,863.85
330-09	Relleno con material producto de la excavación, compactado con brinquina al 90% proctor, adicionando agua, incluye: mano de obra, equipo y herramienta.	m3	303.59	283.65	86,114.76
335	TANQUE DE ALMACENAMIENTO		1.00		101,566.37
335-01	Tanque Plástico Reforzado, polietilenos Capacidad 5000 lts, sobre banco de concreto de 2.50m x 2.50m x 0.60 m	c/u	1.00	68,746.97	68,746.97
335-02	Válvula de pase de gaveta de bronce diám. =1½" con protector de tubo sección circular de hierro galvanizado diám. =1½"(incl. Excavación	c/u	2.00	3,767.42	7,534.84
335-03	Excavación Estructural	m3	2.84	350.34	994.97

PRESUPUESTO GENERAL

Proyecto: Diseño de un mini acueducto por bombeo con energía fotovoltaica en la comunidad de Monte Verde					
Municipio: Palacagüina			Departamento: Madriz		
ESTAPA / SUBETAPA	DESCRIPCION	U/M	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO C\$	PRECIO TOTAL C\$
335-04	Botar Material Sobrante con Camión Volquete a 2 km, Carga Manual	m3	2.84	181.20	514.60
335-05	Cerco Alambre Púas 13 Hiladas, poste de Concreto	ml	30.00	704.33	21,129.86
335-06	Puerta de Alambre de Púas Cal. # 13 1/2 y Madera Blanca	c/u	1.00	1,997.53	1,997.53
335-07	HIPOCLORADOR DE PLASTICO (FORMA DE BALDE) Cap.=1 GALON CONTINUO POR GOTEO	c/u	1.00	647.60	647.60
340	FUENTE Y OBRA DE TOMAS		1.00		52,507.72
340-01	Acero de refuerzo en cimentación del No. 4 (1/2"), de Fy=4200 kg/cm2, incluye: suministro de materiales, acarreos, cortes, desperdicios, habilitado, amarres, traslapes, ganchos, escuadras, dobleces, silletas, mano de obra, equipo y herramienta.	kg	12.00	88.70	1,064.45
340-02	Concreto de Cimentación, hecho en obra de f'c= 3000 Psi / 210.92 kg-cm2, incluye: acarreos, colado, vibrado, mano de obra, equipo y herramienta.	m3	1.00	7,976.61	7,976.61
340-03	Análisis físico químico y bacteriológico para agua potable (inc. Arsénico y Plomo)	C/U	1.00	8,125.92	8,125.92
340-04	Prueba de Bombeo (Descenso)	hora	24.00	407.11	9,770.68
340-05	Prueba de Bombeo (Recuperación)	hora	6.00	407.11	2,442.67
340-06	Cerco Alambre Púas 13 Hiladas, poste de Concreto	ml	30.00	704.33	21,129.86
340-07	Puerta de Alambre de Púas Cal. # 13 1/2 y Madera Blanca	c/u	1.00	1,997.53	1,997.53
345	ESTACION DE BOMBEO - AGUA POTABLE		1.00		1,079,328.18
345-01	Sarta de tubería de hierro galvanizado diám. =2"(incl.1 válvula de alivio v ho.fo. diám. =2"+1 válvula compuerta de ho.fo. diám. =2"+ medidor maestro ho.fo.2"	c/u	1.00	107,791.49	107,791.49

PRESUPUESTO GENERAL

Proyecto: Diseño de un mini acueducto por bombeo con energía fotovoltaica en la comunidad de Monte Verde					
Municipio: Palacagüina			Departamento: Madriz		
ESTAPA / SUBETAPA	DESCRIPCION	U/M	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO C\$	PRECIO TOTAL C\$
345-02	Concreto de 3000 Psi / 210.92 kg-cm ² , con Mezcladora de 1 saco	m3	1.00	5,871.32	5,871.32
345-03	Fundir Concreto el Cualquier Elemento de Fundaciones	m3	1.00	593.75	593.75
345-04	Excavación Estructural	m3	0.50	350.34	175.17
345-05	Acero de Refuerzo # 3, Grado 40 Para Fundaciones	lb	40.00	48.15	1,926.14
345-06	Botar Material Sobrante con Camión Volquete a 2 km, Carga Manual	m3	1.00	181.20	181.20
345-07	Válvula de check vertical de pie y pascón de hierro galvanizado diam= 2"	c/u	1.00	3,623.99	3,623.99
345-08	Formaleta para Pedestales 0.90 m alto x 0.20 ancho	m2	4.00	638.51	2,554.04
345-09	Bomba c/motor sumergible de 2 hp, Q=9.44 GPM=', 1/60/230v, incluye modulo solar, kit de accesorios, materiales, mano obra, equipos y herramientas	c/u	2.00	337,246.01	674,492.02
345-10	Caseta de mampostería confinada + cubierta techo zinc, A= 8.80 m ² para cloración	c/u	1.00	220,972.18	220,972.18
345-11	Tubería de Hierro Galvanizado Diam. = 3" para columna de descarga	ml	36.00	1,698.52	61,146.88
350	CONEXIONES				146,807.54
350-01	Conexión domiciliar de tubería de pvc diám. =1/2"(sdr-13.5) a tub de 1 1/2"(no incl. medidor) (incl.exc) +1 llave de pase diám=1/2"+1 llave de chorro, Long=3.60m	C/u	26.00	2,316.81	60,237.12
350-02	Medidor de bronce para agua potable diám. =1/2" (con caja de concreto prefabricada con tapa y aro de hierro fundido) para uso domiciliar	C/u	26.00	3,329.63	86,570.42
370	LIMPIEZA Y ENTREGA FINAL		1.00		15,828.59
370-01	Limpieza Final	m2	1,021.41	15.50	15,828.59
TOTAL					2,177,753.79

Anexos VIII.

Juego de planos