

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA
UNAN-MANAGUA**



Recinto Universitario Rubén Darío
Facultad de Ciencias e Ingenierías
Departamento de Construcción

**MONOGRAFIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

Tema:

Diseño de miniacueducto por bombeo solar para la comarca Las Masías del municipio de Teustepe, Boaco, periodo 2015-2034.

Autor:

Br. Juan Carlos Calero García

Tutor:

Dr. Ing. Víctor Rogelio Tirado Picado

Managua, Nicaragua
Agosto del 2015

DEDICATORIA

Dedico con mucho cariño:

A Dios, por darme la vida y sabiduría; por brindarme día a día fortaleza para seguir adelante con mis estudios y superar las dificultades que se me presentaron durante esta trayectoria.

A mi mamá, María Adela García y mi hermana Martha Calero apoyarme en mi proceso de formación.

A mi sobrino, Hernán Calero por transmitir mucha alegría en mí y a cada uno de la familia.

Grupo Cultural Teotepec, por apoyarme durante todos mis estudios.

Dedico esta monografía especialmente a la memoria de mi Papá, Encarnación Fernando Calero Obando por apoyarme durante mis estudios y haber hecho de mí, una persona útil en la sociedad con valores, y así enseñarme a ser cada día una mejor persona.

Juan Carlos Calero García.

AGRADECIMIENTO

A Dios Nuestro Señor, por darme la vida, sabiduría y la voluntad de seguir siempre adelante, tendiéndome su mano.

A mis padres y familiares, por transmitirme buenos valores, haberme guiado cuando los necesite, cuidarme con amor, paciencia y dedicación, y así llegar a culminar con éxito esta etapa de mi vida.

A mis compañeros, por haber compartido con migo toda nuestra formación universitaria en un ambiente de respeto y amistad.

A mis maestros de la UNAN Managua, por haber puesto su mejor empeño en el proceso de desarrollo de cada una de las asignaturas, compartiendo sus experiencias adquiridas en el campo laboral.

A los ingenieros, Wilfredo Ordeñana y Oscar Obando por apoyarme durante toda mi formación universitaria.

A la Asociación Fénix, por brindarme su apoyo y facilitarme la información necesaria para la realización de este trabajo.

Especialmente agradezco a mi tutor, Dr. Ing. Víctor Rogelio Tirado Picado, por su amable atención, apoyo y ayuda en todo momento.

ABREVIATURAS

Acrónimos

ACI	American Concrete Institute
ANSI	American National Standards Institute
ASTM	American Standard for Testing and Materials
CAPRE	Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana
CAPS	Comités de Agua Potable y Saneamiento
ENACAL	Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados
FISE	Fondo de Inversión Social de Emergencia
INAA	Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados
INEC	Instituto Nicaragüense de Estadísticas y Censos
INETER	Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales
INIDE	Instituto Nacional de Información de Desarrollo
NTON 09001-99	Normas técnicas de diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural
NTON 09002-99	Normas técnicas de saneamiento básico rural
MARENA	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
MINSA	Ministerio de Salud
OMS	Organización Mundial de la Salud
RNC	Reglamento Nacional de la Construcción
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
UNICEF	Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia

Unidades de medida

Cm	Centímetros
Gl	Galones
Gpm	Galones por minuto
Gppd	Galones por persona por día
Hf	Perdidas friccionantes
HI	Perdidas localizadas
HP	Horse Power

Kpa	Kilo pascal
KW	Kilo watts
Lppd	Litros por persona por día
Lps	Litros por segundo
Lts	Litros
NPM	Número Más Probable
mm	Milímetros
m/seg	Metros por segundos
M	Metros
m ²	Metros cuadrados
m ³	Metros cúbicos
m.c.a.	Metros columna de agua
mg/lt	Miligramos por litro
m. s. n. m.	Metros sobre el nivel del mar
plg	Pulgadas
UNT	Unidades de Turbidez

Diversas

CMD	Consumo Máximo Día
CMH	Consumo Máximo Hora
CPD	Consumo Promedio Diario
CPDT	Consumo Promedio Diario Total
CTD	Carga Total Dinámica
G.A.	Golpe de Ariete
H.F.	Hierro Fundido
H.G.	Hierro Galvanizado
MABE	Mini Acueductos por Bombeo Eléctrico
MAG	Mini Acueductos por Gravedad
PEA	Población Económicamente Activa
PEI	Población Económicamente Inactiva
PPCBM	Pozo Perforado Con una Bomba de Mecate
PVC	Cloruro de polivinilo
SAAP	Sistema de Abastecimiento de Agua Potable

RESUMEN

En el presente trabajo de graduación se describe, de la forma más simple posible, los aspectos técnicos relacionados con el estudio y diseño del Miniacueducto por bombeo solar para la comunidad “Las Masías”, ubicada en el municipio de Teustepe, departamento de Boaco; para un periodo de 20 años (2015-2034).

Dentro de este documento se incluye el análisis de las condiciones socioeconómicas que prevalecen dentro de la comunidad y cada uno de los aspectos técnicos y constructivos considerados dentro de la memoria de cálculo hidráulico, especificaciones técnicas y planos constructivos. Esto en base a los estatutos establecidos por el INAA en las “Normas técnicas de diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural (NTON 09001-99)”.

El proyecto considera las condiciones particulares necesarios para la implementación del módulo solar, de tal manera que se conciba un proyecto integral que ayude a mejorar la calidad de vida de la población, a la vez que permita el aprovechamiento racional y eficiente de los recursos renovables de los que dispone la región.

El documento se encuentra estructurado en siete capítulos, los que se mencionan a continuación:

Capítulo 1: Aspectos generales.

Capítulo 2: Estudio socioeconómico.

Capítulo 3: Estudio hidrológico.

Capítulo 4: Levantamiento topográfico.

Capítulo 5: Diseño de los componentes del sistema.

Capítulo 6: Plan de gestión ambiental.

Capítulo 7: Especificaciones técnicas.

CONTENIDO

CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES	12
1.1. Introducción.....	12
1.2. Antecedentes.....	13
1.4. Justificación.....	14
1.5. Objetivos.....	15
1.6. Marco conceptual.....	16
1.6.1. Estudio socioeconómico.....	16
1.6.2. Estudio hidrológico.....	16
1.6.3. Levantamiento Topográfico.....	24
1.6.4. Proyección de población.....	24
1.6.5. Nivel de servicio.....	25
1.6.6. Dotación.....	25
1.6.7. Caudales nodales.....	25
1.6.8. Normas y reglamentos.....	26
1.6.9. Parámetros de diseño.....	26
1.6.10. Miniacueducto por bombeo solar.....	31
1.6.11. Diseño de los componentes del sistema.....	33
1.6.12. Tratamiento y desinfección.....	48
1.6.13. Plan de gestión ambiental.....	49
1.7. Diseño metodológico.....	50
1.7.1. Tipo de investigación.....	50
1.7.2. Universo y muestra.....	50
1.7.3. Operacionalización de variables.....	51
1.7.4. Recopilación de información.....	52
1.7.5. Procesamiento y análisis de la información.....	56
CAPITULO II: DIAGNOSTICO SOCIOECONOMICO	58
2.1. Descripción general de la comunidad.....	58
2.1.1. Localización.....	58
2.1.2. Extensión.....	59
2.1.3. Límites y colindancias.....	59
2.1.4. Topografía de la zona.....	59
2.1.5. Clima y precipitación.....	59
2.2. Población.....	60
2.3. Situación habitacional.....	61
2.3.1. Situación de la Propiedad.....	61
2.3.2. Materiales de los cerramientos.....	61
2.3.3. Materiales de los techos.....	62
2.4. Servicios públicos existentes.....	64
2.4.1. Educación.....	64

2.4.2.	Salud.....	64
2.4.3.	Agua potable	64
2.4.4.	Saneamiento	65
2.4.5.	Energía eléctrica.....	67
2.4.6.	Transporte y comunicación	67
2.5.	Situación económica	68
2.5.1.	Población económicamente activa	68
2.5.2.	Actividades económicas.....	68
2.5.3.	Ingreso familiar.....	69
2.5.4.	Capacidad económica	70
CAPITULO III: ESTUDIO HIDROLOGICO		71
3.1.	Características generales de la fuente.....	71
3.2.	Potencial y caudal explotable	72
3.3.	Análisis de la calidad del agua	72
3.3.1.	Análisis físico-químico	72
3.3.2.	Análisis de parámetros organolépticos	73
3.3.3.	Análisis bacteriológico	73
3.3.4.	Análisis de sustancias no deseadas.....	74
3.3.5.	Análisis de arsénico	74
3.4.	Balance hídrico de suelos	75
3.4.2.	Estimación de la Evapotranspiración real (EPR).....	77
3.4.3.	Evaluación de la recarga del acuífero.....	81
CAPITULO IV: LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO		82
4.1.	Trabajo de campo.....	82
4.1.1.	Primera etapa: Planimetría de detalles	82
4.1.2.	Segunda etapa: Altiplanimetría	82
CAPITULO V: DISEÑO DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA.....		84
5.1.	Selección del nivel de servicio.....	84
5.2.	Selección de la dotación.....	84
5.3.	Estimación de la población de diseño	84
5.4.	Estimación del caudal de diseño.....	86
5.5.	Diseño hidráulico del equipo de bombeo.....	87
5.6.	Diseño hidráulico de la línea de conducción.....	91
5.7.	Dimensionamiento del tanque de almacenamiento	93
5.8.	Análisis hidráulico de la red de distribución	94
5.8.1.	Condición n°1: Tanque lleno y CMH	97
5.8.2.	Condición n°2: Tanque 1/3 y CMH	101
5.8.3.	Condición n°3: Tanque lleno y consumo cero	103

5.8.4. Análisis en periodo extendido.....	105
5.8.5. Análisis de resultados.....	107
5.9. Selección del módulo solar.....	108
5.10. Desinfección.....	109
CAPITULO VI: PLAN DE GESTION AMBIENTAL.....	111
CAPITULO VII: ESPECIFICACIONES TECNICAS	118
RESULTADOS.....	139
CONCLUSIONES.....	144
RECOMENDACIONES.....	145
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL MODULO SOLAR.....	146
BIBLIOGRAFIA.....	147
ANEXOS	149

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama del miniacueducto por bombeo solar de la comunidad El orégano, Santa Lucía, Boaco.	32
Figura 2: Módulo solar FV del miniacueducto por bombeo solar de la comunidad El orégano, Santa Lucía, Boaco.	35
Figura 3: Marcas disponibles de controladores de bombas solares.	36
Figura 4: Mapa de macrolocalización.	58
Figura 5: Mapa de microlocalización.	59
Figura 6: Tipología de las viviendas.	62
Figura 7: Tipología de cubiertas de techo.	63
Figura 8: Abastecimiento de agua en la comunidad mediante el sistema de PPCMB.	64
Figura 9: Estado de letrinas.	67
Figura 10: Vista del pozo comunal.	71
Figura 11: Esquema de la red de distribución, etiquetado de nodos.	95
Figura 12: Esquema de la red de distribución, etiquetado de líneas.	96
Figura 13: Esquema de presiones para la condición Tanque lleno y CMH.	97
Figura 14: Esquema de velocidades para la condición Tanque lleno y CMH.	99
Figura 15: Esquema de presiones para la condición Tanque 1/3 y CMH.	101
Figura 16: Esquema de presiones para la condición Tanque lleno y consumo cero.	103
Figura 17: Patrón de demanda.	105

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Componentes del coeficiente de infiltración.	19
Tabla 2: Valores de la constante ka.	21
Tabla 3: Propiedades del suelo debido a su textura.	23
Tabla 4: Profundidad de raíces de diferentes cultivos.	24
Tabla 5: Periodo de diseño de los componentes de un SAAP.	27
Tabla 6: Parámetros bacteriológicos.	29
Tabla 7: Parámetros organolépticos.	30
Tabla 8: Parámetros físico-químicos.	30
Tabla 9: Parámetros para sustancias no deseadas.	31
Tabla 10: Parámetros para sustancias inorgánicas de significado para la salud.	31
Tabla 11: Pérdidas localizadas en longitudes equivalentes (en metros de tubería recta).	38
Tabla 12: Valores de K para diferentes materiales de tubería.	42
Tabla 13: Constante de la capacidad de almacenamiento en función del volumen.	47
Tabla 14: Operacionalización de variables independientes.	52
Tabla 15: Operacionalización de variables dependientes.	52
Tabla 16: Matriz de obtención de la información.	54
Tabla 17: Estadísticas censales.	55
Tabla 18: Distribución de la población por edad.	60
Tabla 19: Distribución de la población por escolaridad.	60
Tabla 20: Situación laboral en la comunidad.	68
Tabla 21: Características estructurales del pozo perforado de la comunidad Las masías.	71

Tabla 22: Resultados del análisis físico-químico.	73
Tabla 23: Resultados del análisis de parámetros organolépticos.....	73
Tabla 24: Resultados del análisis bacteriológico.	74
Tabla 25: Resultados del análisis de hierro.	74
Tabla 26: Resultados del análisis de arsénico.....	75
Tabla 27: Resumen de cálculo de retención de lluvia mensual interceptada por el follaje.	76
Tabla 28: Resumen de cálculo de infiltración pluvial mensual.	76
Tabla 29: Resumen de cálculo de la constante ka.	77
Tabla 30: Resumen de cálculo de la constante I.	77
Tabla 31: Resumen de cálculo de la evapotranspiración potencial.....	78
Tabla 32: Propiedades de los suelos franco arcilloso.....	78
Tabla 33: Resumen de cálculo coeficientes de humedad al final del mes (C1).	79
Tabla 34: Resumen de cálculo de la evapotranspiración real ETR1.....	79
Tabla 35: Resumen de cálculo coeficientes de humedad al final del mes (C2).	80
Tabla 36: Resumen de cálculo de la evapotranspiración real.	80
Tabla 37: Resumen de cálculo de la recarga del acuífero.....	81
Tabla 38: Resumen de cálculo de la proyección de población.....	85
Tabla 39: Resumen de cálculo del caudal de diseño.	87
Tabla 40: Pérdidas localizadas como longitudes equivalentes de tubería.	89
Tabla 41: Resultados de presiones para la condición Tanque lleno y CMH.	98
Tabla 42: Resultados de velocidades para la condición Tanque lleno y CMH.....	100
Tabla 43: Resultados de presiones para la condición Tanque 1/3 y CMH.....	102
Tabla 44: Resultados de presiones para la condición Tanque lleno y consumo cero.....	104
Tabla 45: Coeficientes del patrón de demanda.	105
Tabla 46: Dosificación de hipoclorito de Calcio.	110
Tabla 47: Categorización ambiental de los proyectos de agua y saneamiento rural.	112
Tabla 48: Medidas de mitigación.....	116
Tabla 49: Especificaciones del módulo solar	138
Tabla 50: Resumen de resultados para la estación de bombeo.....	141
Tabla 51: Resumen de resultados para la línea de conducción.	142
Tabla 52: Dimensiones finales del tanque de almacenamiento.....	142

LISTA DE GRAFICAS

Gráfica 1: Materiales de los cerramientos.....	61
Gráfica 2: Materiales de los techos.....	63
Gráfica 3: Disposición de las aguas servidas.....	65
Gráfica 4: Disposición de desechos sólidos.....	65
Gráfica 5: Disposición de excretas y valoración de las estructuras sanitarias.....	66
Gráfica 6: Actividades económicas.....	69
Gráfica 7: Principales rubros agrícolas.....	69
Gráfica 8: Ingreso familiar mensual.....	70
Gráfica 9: Recarga vs precipitaciones.....	81
Gráfica 10: Comportamiento poblacional dentro del periodo de diseño.....	86
Gráfica 11: Curva de evolución temporal de la bomba.....	106
Gráfica 12: Evolución temporal en los niveles del depósito.....	106

CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES

1.1. Introducción

Siendo el agua el elemento vital para la supervivencia de los seres vivos y de la naturaleza, el ser humano en comunidades organizadas debe poseer las condiciones básicas que permitan el suministro de agua con la calidad y cantidad suficientes que favorezcan el bienestar del ser humano como individuo y como grupo. La ingeniería sanitaria brinda alternativas de solución a los problemas que pudieran presentar los asentamientos urbanos y rurales para hacerse del vital líquido, además le corresponde vigilar y mantener un equilibrio en la naturaleza conservando el ciclo que debe cumplirse para que los recursos ya aprovechados vuelvan a ser reincorporados a esta.

Dentro del municipio de Teustepe solamente el 65 % de la población rural es beneficiados con el acceso a un servicio de agua potable, ya sea a través de miniacueducto o por sistemas de pozos perforados. Otro porcentaje de la población se abastece de 208 pozos excavados a mano y manantiales. Aproximadamente unas 3700 viviendas rurales del municipio de Teustepe no tienen acceso al servicio de agua potable, por lo que deben recurrir al agua de pozos privados o públicos, ríos o manantiales.¹

El presente trabajo de graduación consiste en una propuesta de solución al problema de abastecimiento de agua de calidad que presenta la comarca “Las Masías”, localizada en el municipio de Teustepe, Boaco, a través del diseño de un miniacueducto por bombeo solar. Esta comunidad históricamente afectada con el suministro de agua, cuenta con un único pozo, como principal fuente para la obtención del vital líquido.

Para garantizar un proyecto social y ambientalmente factible, se realizó un estudio a fondo de las condiciones y estilo de vida de la población, sus capacidades y limitaciones; información que fue utilizada para la correcta aplicación de las “Normas técnicas de diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural (NTON 09001-99)”, emitidas por el INAA.

¹ Alcaldía municipal de Teustepe. (2012). *Diagnóstico de la infraestructura vial de la red de caminos vecinales del municipio de Teustepe*. Teustepe, Nicaragua.

1.2. Antecedentes

En el municipio de Teustepe solamente el casco urbano cuenta con un servicio de agua potable formalmente establecido. Bajo la administración de la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL), el agua potable es llevada a la totalidad de la población, a través de conexiones domiciliarias. Actualmente Teustepe no cuenta con servicio de alcantarillado sanitario, el medio comúnmente empleado es el sistema de letrinas tradicionales y sumideros.

Las zonas rurales no cuentan con este beneficio y se abastecen de forma básica a través de miniacueducto con puestos públicos, pozos perforados y excavados a mano, manantiales o ríos.

En el caso de la comarca Las Masías, la principal fuente de agua para consumo humano es un pozo perforado con bomba de mecate (PPCBM). Las aguas de los manantiales y pozos excavados a mano, son utilizadas primordialmente para las labores de agricultura y ganadería, aunque en ocasiones esporádicas, cuando la ocasión lo amerita, también es utilizada para consumo humano.

El agua del pozo no recibe tratamiento alguno por parte de ENACAL o el MINSA que garantice la calidad del agua extraída, por ende los casos de diarreas están siempre en aumento, principalmente en épocas de verano, cuando las familias se hacen del agua de las fuentes superficiales para saciar su sed.

Para acceder al agua del pozo la población debe recorrer una distancia media de 500 metros, aunque para las viviendas más alejadas esta aumenta hasta más de 800 metros, producto del patrón diseminado y desorganizado de las viviendas.

Con relación a la jurisdicción, el pozo se encuentra en terreno comunal y es administrado por el Comité de Agua Potable (CAP) de la localidad. En la actualidad, la Asociación Fénix (ASOFENIX), se encuentran trabajando para intervenir en la difícil situación que enfrenta la población para hacerse del vital líquido, a través de la implementación de un sistema de abastecimiento de agua potable, proyecto que en la actualidad se encuentra en la etapa de pre-factibilidad.

1.3. Planteamiento del problema

La calidad de vida dentro de la comarca Las Masías se ha visto afectada por las deficientes e inadecuadas condiciones en que es suministrado el servicio de agua para consumo humano, el sistema de extracción por bombeo manual resulta ineficiente dado el número de habitantes, sumado a esto está la falta de un proceso de desinfección efectivo que garantice la potabilización del agua extraída.

Este conjunto de situaciones impiden que el servicio satisfaga de una manera eficaz en cantidad, disponibilidad y con la calidad suficiente las necesidades de la población.

1.4. Justificación

Entre las comunidades rurales del municipio de Teustepe que presentan mayor dificultad para hacerse del vital líquido, se encuentra la comarca “Las Masías”, pues solamente cuentan con una única fuente de agua destinada para consumo humano. Aunque la población es pequeña (aproximadamente 50 familias) debe considerarse el problema de accesibilidad que representa para los consumidores el acudir todos a la misma fuente, la dificultad para el traslado del agua y la incertidumbre en cuanto a la calidad.

Esta situación en conjunto con la mala disposición de excretas y basura han afectado la salud pública, presentándose altos índices de enfermedades gastrointestinales que en su mayoría son causadas por agentes de origen hídrico.

Al analizar las alternativas de intervención, la opción más favorable para mejorar a corto plazo la calidad de vida de la población, es la implementación de un sistema de abastecimiento de agua potable por bombeo solar, puesto que de esta manera, mejorarían las condiciones de higiene y salubridad, incidiría en la asistencia escolar y disminuiría la tasa de mortalidad infantil. Al mismo tiempo que contribuiría al ahorro energético y fomentaría el uso de energías renovables.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Diseñar un miniacueducto por bombeo solar para la comarca “Las masías” del municipio de Teustepe, Boaco, para el periodo 2015-2034.

1.5.2. Objetivos específicos

- ❖ Dar a conocer las condiciones socioeconómicas que prevalecen dentro de la comunidad.
- ❖ Analizar la disposición de la fuente mediante un estudio hidrológico.
- ❖ Realizar el levantamiento topográfico.
- ❖ Realizar el diseño hidráulico de los componentes del sistema más el módulo solar.
- ❖ Realizar un plan de gestión ambiental.
- ❖ Elaborar los planos y especificaciones técnicas.
- ❖ Elaborar el presupuesto del proyecto.

1.6. Marco conceptual

1.6.1. Estudio socioeconómico

Este tiene como objetivo conocer el potencial económico de la población. La construcción de todo sistema de agua potable, implica inversiones de cuantiosos recursos tanto humanos, técnicos y económicos, para poner en funcionamiento cada una de las unidades que constituyen el proyecto.

En un SAAP, los costes de operación y mantenimiento son inevitables y deben ser cubiertos por la población servida. Sumado a esto, y en dependencia del nivel de servicio, están los costos de instalación de las tomas de dentro de la propiedad.

Del conocimiento de la capacidad económica de la población se derivan las tarifas, la necesidad de subsidios por parte de la municipalidad y la búsqueda de financiamiento adicional.

1.6.2. Estudio hidrológico

Con el fin de evaluar el potencial de las fuentes que presenten mayores posibilidades, se realizan observaciones detalladas, mediante la realización de pruebas para evaluar su calidad y rendimiento potencial. El estudio hidrológico conlleva un diagnóstico complejo de los acuíferos explotables para el proyecto, con el objetivo de definir su extensión y capacidad de recuperación.

El estudio hidrológico comprende los siguientes aspectos: calidad del agua de la fuente, rendimiento potencial y la evaluación cuantitativa de los recursos hídricos a través de un balance hídrico.

a) Calidad del agua

La calidad del agua es dependiente de factores naturales, tales como los estratos geológicos, el ciclo hidrológico, así como de factores externos como la contaminación de que es objeto con los desechos provenientes de las actividades humanas que alteran sus características físicas, químicas, bacteriológicas y biológicas, con impactos negativos para la economía y la salud humana.

Para determinar la calidad y contaminación del agua de la fuente de abastecimiento se debe realizar un análisis exhaustivo de la misma, cuyo objetivo principal es proteger al consumidor de la ingestión de sustancias tóxicas y microorganismos patógenos, preservando la salud pública.

La fuente de agua seleccionada debe ser objeto de un análisis de calidad de agua físico-químico, bacteriológico, arsénico y metales pesados, parámetros que deben encontrarse dentro de los límites permisibles para el agua de consumo humano establecidos en la norma.

b) Rendimiento de la fuente

La aceptación de un pozo se realiza en base a su rendimiento, el que se mide a través de una prueba de bombeo, dicha prueba tiene como objetivo determinar el caudal máximo de explotación. De esta manera que sea posible comparar el rendimiento de la fuente con la demanda de agua de la población.

La norma establece realizar la prueba en período seco, si se desconoce el caudal de una fuente en este periodo, no se puede considerar como alternativa para el proyecto y se debe esperar hasta el período seco para su aforo.

c) Balance hídrico

El estudio del balance hídrico se basa en la aplicación del principio de conservación de masas. Este establece que para cualquier volumen arbitrario y durante cualquier período de tiempo, la diferencia entre las entradas y salidas estará condicionada por la variación del volumen de agua almacenada.²

El potencial de las aguas subterráneas de un acuífero, representa la máxima cantidad de agua a sustraer del acuífero, para que no sea sobreexplotado. Dicho potencial se estima mediante la recarga al acuífero, que se determina conociendo en primer lugar, la fracción de lluvia que es interceptada por el follaje. En segundo lugar, se requiere conocer la infiltración del agua de lluvia hacia el suelo, generada por la precipitación que llega a su superficie. En tercer lugar, se debe realizar un balance de suelos, que nos permita estimar el agua que drena del suelo hacia el acuífero, que se encuentra ubicado debajo del suelo.

La recarga al acuífero se lleva a cabo, si la cantidad de agua que infiltra es suficiente para llevar al suelo a capacidad de campo y además satisfacer la evapotranspiración de las plantas. El agua sobrante, una vez satisfecha la capacidad de campo y la evapotranspiración, es la que recarga al acuífero, la que se calcula con la siguiente ecuación.

² UNESCO. (1982). *Guía metodológica para la elaboración del balance hídrico de américa del sur*. Montevideo, Uruguay: ROSTLAC, Oficina Regional Ciencia y Tecnología.

$$R_p = P_i + H_{Si} - H_{Sf} - ETR \quad (1)$$

Donde:

R_p = Recarga potencial mensual en mm/mes.

P_i = Precipitación que infiltra en mm/mes.

H_{Si} = Humedad al inicio del mes, humedad de suelo inicial en mm.

H_{Sf} = Humedad del suelo al final del mes en mm.

ETR = Evapotranspiración real en mm/mes.

1) Cálculo de infiltración pluvial mensual

El cálculo de la precipitación que infiltra mensualmente (P_i) al suelo, está dado por la siguiente ecuación:

$$P_i = (C_i)(P - Ret) \quad (2)$$

Donde:

P_i = Precipitación que infiltra mensualmente al suelo en mm/mes.

C_i = Coeficiente de infiltración (adimensional).

P = Precipitación mensual en mm/mes (dato meteorológico).

Ret = Retención de lluvia mensual por follaje en mm/mes.

❖ Coeficiente de infiltración del suelo

Además del coeficiente de infiltración debido a la textura del suelo, influye la pendiente del terreno y la vegetación. Estos coeficientes, vienen a conformar el coeficiente de infiltración del suelo (C_i), basado en la siguiente ecuación:

$$C_i = K_p + K_v + K_{fc} \quad (3)$$

Donde:

C_i = Coeficiente de infiltración (adimensional).

K_p = Fracción que infiltra por efecto de pendiente (adimensional), ver tabla 1.

K_v = Fracción que infiltra por efecto de cobertura vegetal (adimensional), ver tabla 1.

K_{fc} = Fracción que infiltra por textura del suelo (adimensional).

Uno de los factores que más influyen en la infiltración de la lluvia en el suelo, es el coeficiente de infiltración debido a la textura del suelo (K_{fc}), que está dado tentativamente por la siguiente ecuación:

$$K_{fc} = 0,267 \ln(fc) - 0,000154fc - 0,723 \quad (4)$$

Donde:

K_{fc} = Coeficiente de infiltración

fc = Infiltración básica del suelo en mm/día.

Si $K_p + K_v + K_{fc}$ es mayor de 1, $C_i = 1$.

Si $K_p + K_v + K_{fc}$ es menor o igual a 1, entonces $C_i = K_p + K_v + K_{fc}$.

Por pendiente	Pendiente	K_p
Muy plana	0,02%-0,06%	0.30
Plana	0,3%-0,4%	0.20
Algo plana	1%-2%	0.15
Promedio Bosques	2%-7%	0.10
Fuerte	mayor de 7%	0.06
Por cobertura vegetal:		K_v
Cobertura con zacate menos del 50%		0.09
Terrenos cultivados		0.10
Cobertura con pastizal		0.18
Bosques		0.20
Cobertura con zacate más del 75%		0.21

Tabla 1: Componentes del coeficiente de infiltración.
Fuente: Schosinsky & Losilla. (2000).

❖ Fracción de lluvia interceptada por el follaje

Para calcular la retención de lluvia mensual interceptada por el follaje (Ret), se aplica la siguiente ecuación:

$$Ret = (P)(C_{fo}) \quad (5)$$

Si P es menor o igual a 5 mm/mes, $Ret = P$.

Si el producto $(P)(C_{fo})$ es mayor o igual de 5 mm/mes, $Ret = (P)(C_{fo})$

Si P es mayor de 5mm/mes y el producto $(P)(C_{fo})$ menor de 5, $Ret = 5$.

Donde:

P = Precipitación mensual del mes en mm/mes.

Ret = Retención de lluvia en el follaje en mm/mes.

C_{fo} = Coeficiente de retención del follaje, para bosques muy densos $C_{fo} = ,20$, otros $C_{fo} = 0,12$ (adimensional).

2) Humedad del suelo a inicios del mes (HSi)

Al iniciar un mes cualquiera, el suelo tendrá una humedad inicial (HSi). Si no existiese evapotranspiración, la precipitación que infiltra (Pi) vendría a aumentar la humedad en el suelo, permitiendo una mayor evapotranspiración.

3) Cálculo de la evapotranspiración real

La evapotranspiración es la cantidad de agua que retorna a la atmósfera, tanto por transpiración de la vegetación como por evaporación del suelo. Su magnitud depende del agua realmente disponible, es decir la que el suelo ha logrado retener para el consumo de la vegetación.

Si la humedad disponible es menor que la ETP, la planta no podrá evapotranspirar dicha cantidad, sino que evapotranspirará únicamente la humedad disponible, debido a que no hay suficiente humedad para evapotranspirar, Sin embargo, si la humedad disponible (HD) es mayor que la ETP, la planta evapotranspirará la cantidad expresada en la ecuación para ETP. Por lo tanto la evapotranspiración real será:

$$ETR \text{ (mm/mes)} = ((C1 + C2)/2)ETP \quad (6)$$

Si $((C1+C2)/2) ETP$ es menor o igual a HD, $ETR = ((C1 + C2)/2)ETP$

Si $((C1+C2)/2) ETP$ es mayor que HD, $ETR \text{ (mm/mes)} = HD$

Donde:

ETR= Evapotranspiración real promedio de la zona, ocurrida durante el mes en mm/mes.

C1= Coeficiente de humedad máximo, sin considerar la evapotranspiración

C2= Coeficiente de humedad mínimo considerando evapotranspiración calculada con C1.

ETP= Evapotranspiración potencial en mm/mes.

HD= Humedad disponible en mm/mes.

❖ Estimación de la evapotranspiración potencial

La evapotranspiración potencial es evaluada a partir de la ecuación de Thornthwaite:

$$ETPj = 1.6ka \left(\frac{10Ti}{I} \right)^a \quad (7)$$

Dónde:

ETPj: Evapotranspiración potencial en el mes j en cm.

Ti: Temperatura media en el mes j en °C.

a, l: Constantes.

Ka: Constante que depende de la latitud y mes del año, ver tabla 2.

$$I = \sum_{j=1}^{12} I_j \quad (8) \quad I_j = \left(\frac{T_j}{5}\right)^{1.514} \quad (9)$$

Dónde:

j: Número del mes.

$$a: 0.49239 + 1792 \times 10^{-5}(l) - 771 \times 10^{-7}(l^2) + 675 \times 10^{-9}(l^3) \quad (10)$$

Latitud	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0°	1.04	0.94	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04	1.04	1.01	1.04	1.01	1.01
10°	1.00	0.91	1.03	1.03	1.08	1.06	1.08	1.07	1.02	1.02	0.98	0.99
20°	0.95	0.90	1.03	1.05	1.13	1.11	1.14	1.11	1.02	1.00	0.93	0.91
30°	0.90	0.87	1.03	1.08	1.18	1.17	1.20	1.14	1.03	0.98	0.89	0.88
35°	0.87	0.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.16	1.03	0.97	0.86	0.85
40°	0.84	0.83	1.03	1.11	1.24	1.25	1.27	1.18	1.04	0.96	0.83	0.81
45°	0.80	0.81	1.02	1.13	1.28	1.29	1.31	1.21	1.04	0.94	0.79	0.75
50°	0.74	0.78	1.02	1.15	1.33	1.36	1.37	1.25	1.06	0.92	0.76	0.70

Tabla 2: Valores de la constante ka.

Fuente: Tirado, V. R. (2009). Apuntes de hidrología. Managua, Nicaragua: Facultad de ciencias e ingeniería, UNAN-MANAGUA.

❖ Coeficientes de humedad al inicio y al final del mes (C1 y C2)

Al iniciar un mes cualquiera, el suelo tendrá una humedad inicial (HSi). Si no existiese evapotranspiración, la precipitación que infiltra (Pi) vendría a aumentar la humedad en el suelo, permitiendo una mayor evapotranspiración. Si no consideramos la evapotranspiración, el coeficiente de humedad, al final del mes, sería (C1):

$$C1 = (HSi - PM + Pi) / (CC - PM) \quad (11)$$

Donde:

C1 = Coeficiente de humedad al final del mes antes de que ocurra la evapotranspiración.

Hsi = Humedad al inicio del mes, humedad de suelo inicial en mm.

PM = Punto de marchitez en mm.

Pi = Precipitación que infiltra en mm/mes.

CC = Capacidad de campo en mm.

Si consideramos que ocurre la evapotranspiración, una vez ocurrida la infiltración, el coeficiente de humedad, al final del mes sería:

$$C2 = (HSi - PM + Pi - ETR1) / (CC - PM) \quad (12)$$

$$ETR1 = (C1)(ETP) \quad (13)$$

Donde:

C2 = Coeficiente de humedad al final del mes, después de que ocurra la evapotranspiración.

ETR1 = Evapotranspiración potencial real en mm/mes, considera la humedad correspondiente al coeficiente C1.

ETP = Evapotranspiración potencial en mm/mes.

Ninguno de los coeficientes de humedad, C1 y C2, pueden ser superiores a 1, ni menores a 0. En caso que C1 o C2, sea mayor de 1, se tomará igual a 1. Si C1 o C2 son negativos se tomarán con valor de 0.

4) Humedad del suelo final del mes (HSf)

Para poder realizar el cálculo de la recarga del acuífero, se requiere conocer la humedad del suelo al final del mes, humedad de suelo final (HSf), la cual no puede ser mayor que la capacidad de campo y se obtiene con la siguiente ecuación:

$$HSf = HD + PM - ETR \quad (14)$$

Si $(HD + PM - ETR)$ es menor que la capacidad de campo

$$HSf = HD + PM - ETR.$$

Si $(HD + PM - ETR)$ es mayor o igual que la capacidad de campo

$$HSf = CC$$

Donde:

HSf = Humedad del suelo final (final de mes) en mm.

HD = Humedad disponible en mm/mes.

PM = Punto de marchitez en mm.

ETR= Evapotranspiración real en mm/mes.

CC = Capacidad de campo en mm.

Además del cálculo de la ecuación para la humedad del suelo al final del mes, es necesaria la humedad de suelo al inicio del mes, o sea, humedad inicial (HSi). La humedad inicial de un mes dado es la siguiente:

HSi = Es igual a la humedad de suelo final del mes anterior (HSf)

HSi = Humedad del suelo inicial (inicio de mes) en mm.

HSf = Humedad del suelo final (final de mes) en mm.

❖ Humedad disponible (HD)

Definiremos como humedad disponible (HD), aquella humedad que pueden tomar las raíces de las plantas, para poder evapotranspirar. La humedad disponible está dada por la siguiente ecuación:

$$HD (mm/mes) = HSi + Pi - PM \quad (15)$$

Donde:

HD = Humedad disponible en mm/mes.

Hsi = Humedad de suelo inicial (al inicio del mes) en mm.

Pi = Precipitación que infiltra en mm/mes.

PM = Punto de marchitez en mm, ver tabla 3.

TEXTURA SUELO	Permeabilidad y/o Cap. Infiltración (cm/hora)	Capacidad de Campo (%)	Punto de Marchitez (%)	Densidad del Suelo (gr/cm ³)
ARENOSO	(2.5-25.5)	(6-12)	(2-6)	(1.55-1.8)
FRANCO ARENOSO	(1.3-7.36)	(10-18)	(4-8)	(1.4-1.6)
FRANCO	(0.8-2.0)	(18-26)	(8-12)	(1.35-1.50)
FRANCO ARCILLOSO	(0.25-1.5)	(23-31)	(12-16)	(1.30-1.40)
ARCILLOSO ARENOSO	(0.03-0.5)	(27-35)	(14-18)	(1.25-1.35)
ARCILLOSO	(0.01-0.1)	(31-39)	(16-20)	(1.2-1.3)

Tabla 3: Propiedades del suelo debido a su textura.
Fuente: (Grassi, 1976).

PROFUNDIDAD DE RAÍCES	
Cultivo	Metros
Alfalfa (pastos)	1-2
Algodón	1-1.7
Banano	0.5-0.8
Caña de azúcar	1.20-2
Frijol	0.5-0.7
Cebolla	0.3-0.5
Cítricos	1.20-2
Zacate 0,3-0,5	0.3-0.5
Bosques	2-3

Tabla 4: Profundidad de raíces de diferentes cultivos.
Fuente: Grassi. (1976).

1.6.3. Levantamiento Topográfico

El levantamiento topográfico se realiza con el fin de determinar la configuración del terreno y la posición sobre la superficie de la tierra de elementos naturales o instalaciones construidas por el hombre. En el diseño de un SAAP, la topografía sirve de guía para determinar las diferencias de alturas en el terreno, la carga por elevación y los niveles de descarga del agua.

1.6.4. Proyección de población

Para el cálculo de la población futura en el periodo de diseño la norma sugiere se proyecte usando el método geométrico, para el cual:

$$P_n = P_0(1 + r)^n \quad (16)$$

Dónde:

P_n : Población del año "n".

P_0 : Población al inicio del período de diseño.

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

n: Número de años que comprende el período de diseño.

La tasa de crecimiento por el método geométrico, se determina con la siguiente ecuación:

$$kg = \left(\frac{Pf}{Pb}\right)^{1/n} - 1 \quad (17)$$

Dónde:

kg: Tasa de crecimiento geométrico.

Pb: Población base o población 1.

Pf: Población futura o población 2.

n: Número de años que comprende el período entre los datos poblacionales.

La tasa de crecimiento considerada para calcular el periodo de diseño, deberá ser comparada con la tasa nacional, que varía de 2.5 a 4%

1.6.5. Nivel de servicio

a) Puestos públicos

Son tomas de agua que se implantan particularmente en el sector rural para abastecer dos a un máximo de 20 casas. La distancia máxima entre puesto y casa más alejada será de 100mts, dando prioridad a las escuelas, centros de salud y centros Infantiles.

b) Conexiones domiciliarias

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

1.6.6. Dotación

Según lo establecido en la NTON 09001-99, sección (3.1.), las dotaciones deberán ser asignadas de la siguiente manera, de acuerdo al sistema a implementarse:

- Para sistemas de abastecimiento de agua potable, por medio de puestos públicos, se asignará un caudal de 30 a 40 lppd.
- Para sistemas de abastecimiento de agua potable por medio de conexiones domiciliarias de patio, se asignará un caudal de 50 a 60 lppd.
- Para sistemas por bombeo manual a través de pozos excavados a mano y pozos perforados se asignará una dotación de 20 a 30 lppd.

1.6.7. Caudales nodales

Estos pueden ser determinados por el método de la longitud unitaria, a través del cual se calcula un caudal unitario, dividiendo el caudal máximo horario entre la longitud total de la red. Para obtener el caudal en cada tramo, se debe multiplicar el caudal unitario por la longitud del tramo correspondiente.

Entonces:

$$Q_i = q * L_i \quad (18)$$

Dónde:

$$q = Q_{mh} / L_t \quad (19)$$

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

Qi: Caudal en el tramo “i” (l/s).

Qmh: Caudal máximo horario (l/s).

Lt: Longitud total de tubería del proyecto (m).

Li: Longitud del tramo “i” (m).

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

1.6.8. Normas y reglamentos

A nivel nacional, el gobierno de la república, ha designado al Nuevo FISE como la entidad del poder ejecutivo responsable de gestionar recursos, promover y ejecutar los programas, proyectos y acciones en el sub sector de agua y saneamiento rural. Este ente establece que los proyectos de agua y saneamiento a llevarse a cabo en el medio rural, deberán cumplir con las normas siguientes:

- Normas técnicas de diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural (NTON 09001-99).
- Normas técnicas de saneamiento básico rural (NTON 09002-99).

Dichas normas elaboradas por el INAA, recopilan la experiencia obtenida por los diferentes organismos que han impulsado proyectos de agua potable y saneamiento básico en las zonas rurales del país.

1.6.9. Parámetros de diseño

a) Periodo de diseño

En los proyectos de abastecimiento de agua se recomienda fijar la vida útil de cada uno de los componentes del sistema con los siguientes propósitos:

- Determinar los periodos en que satisfacen las demandas de la población.
- Que elementos del sistema deberán diseñarse por etapas.
- Cuáles serán las previsiones que deben considerarse para incorporar los nuevos componentes del sistema.

A continuación se indican los periodos de diseños económicos de los elementos componentes de un SAAP.

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

Tabla 5: Periodo de diseño de los componentes de un SAAP.

Fuente: Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado, INAA. (2001). Normas técnicas de diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural, NTON 09001-99. Managua, Nicaragua.

b) Variaciones de consumo

Las variaciones de consumo están expresadas como factores de la demanda promedio diario, y sirven de base para el dimensionamiento de la capacidad de: obras de captación, línea de conducción y red de distribución, etc.³

Estos valores son los siguientes:

Consumo máximo día (CMD)= 1.5 CPDT (Consumo promedio diario total) (20)

Consumo máximo hora (CMH)= 2.5 CPDT (Consumo promedio diario total) (21)

c) Presiones máximas y mínimas

Para brindar presiones adecuadas para el funcionamiento se recomienda que éstas se encuentren dentro de un rango permisible.⁴

Presión Mínima: 5.0 metros.

Presión Máxima: 50.0 metros.

³ INAA. (2001). Normas técnicas de diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural. Managua, Nicaragua.

⁴ Ídem 3.

d) Velocidades permisibles en tuberías

Se recomienda fijar valores de velocidades del flujo en los conductos en un rango tal que eviten erosión interna o sedimentación en las tuberías.⁵ Los valores permisibles son los siguientes:

Velocidad mínima: 0.4 m/s.

Velocidad máxima: 2.0 m/s.

e) Cobertura de tuberías

Para sitios que correspondan a cruces de carreteras y caminos con mayor afluencia de tráfico se recomienda mantener una cobertura mínima de 1.20 metros sobre la corona de las tuberías, y en caminos de poco tráfico vehicular, una cobertura de 1.0 metro sobre la corona del tubo.⁶

f) Pérdidas de agua en el sistema

Dentro de la norma rural se establece que al proyectar un sistema de abastecimiento de agua potable, deben considerarse las pérdidas que se presentan en cada uno de sus componentes. La cantidad total de agua perdida se fija como un porcentaje del consumo promedio diario cuyo valor no deberá ser mayor del 20%.

g) Parámetros de calidad del agua

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

- i. La fuente de agua a considerada para el proyecto, deberá ser objeto de por lo menos un análisis físico-químico, de metales pesados cuando se amerite y bacteriológico antes de su aceptación como tal.
- ii. Los parámetros mínimos de control para el sector rural serán: coliforme total, coliforme fecal, olor, sabor, color, turbiedad, temperatura, concentraciones de iones de hidrógeno y conductividad.

⁵ INAA. (2001). *Normas técnicas de diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural*. Managua, Nicaragua.

⁶ Ídem 5.

- iii. Análisis de las fuentes de agua tales como manantiales, pozos perforados, pozos excavados a mano deberán cumplir con las normas de calidad de las aguas vigentes aprobadas por el INAA y MINSA.

En las tablas siguientes se muestran las concentraciones máximas permisibles de los parámetros establecidos por el INAA para evaluar la calidad del agua, dichos parámetros han sido adoptadas de las “Normas regionales de calidad del agua para el consumo humano”, editadas por CAPRE.

Origen	Parámetros (ii)	Valor recomendado	Valor max. Admisible	Observaciones
A.- Todo tipo de agua de bebida	Coliforme fecal	Negativo	Negativo	
B.- Agua que entra al sistema de distribución	Coliforme fecal	Negativo	Negativo	
	Coliforme total	Negativo	≤4	En muestras no consecutivas
C.- Agua en el sist. de distribución detectado	Coliforme total	Negativo	≤4	En muestras puntuales
	Coliforme fecal	Negativo	Negativo	No debe ser detectado en el 95% de las muestras anuales (iii)

Tabla 6: Parámetros bacteriológicos.

Fuente: Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado, INAA. (2001). Normas técnicas de diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural, NTON 09001-99. Managua, Nicaragua.

- i. NMP/100 ml en caso de análisis por tubos múltiples o colonias/100 ml en el caso de análisis por el método de membranas filtrantes. El indicador bacteriológico más preciso de contaminación fecal es la E. Coli. La bacteria coliforme total no es un indicador aceptable de la calidad sanitaria de acueductos rurales, particularmente en áreas tropicales donde muchas bacterias sin significado sanitario se encuentran en la mayoría de acueductos sin tratamiento.
- ii. En los análisis de control de calidad se determina la presencia de coliformes totales. En caso de detectarse una muestra positiva se procede al muestreo y se investiga la presencia de coliforme fecal. Si el remuestreo da resultados negativos, no se toma en consideración las muestras adicionales recolectadas, cuando se intensifican las actividades de inspección sanitaria, no deben ser consideradas para la valoración anual de calidad.
- iii. En los sistemas donde se recolectan menos de 20 muestras al año, el porcentaje de muestras negativas debe ser ≥90%.

Parámetro	Unidad	Valor recomendado	Valor máximo admisible
Color verdadero	Mg/L (Pt-Co)	1	15
Turbiedad	UNT	1	5
Olor	Factor dilución	0	2 a 10 °C 3 a 25 °C
Sabor	Factor dilución	0	2 a 12 °C 3 a 25 °C

Tabla 7: Parámetros organolépticos.

Fuente: Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado, INAA. (2001). Normas técnicas de diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural, NTON 09001-99. Managua, Nicaragua.

Parámetro	Unidad	Valor recomendado	Valor máximo admisible
Temperatura	°C	18 a 30	
Iones de hidrogeno	Valor Ph	6.5 a 8.5 (i)	
Cloro residual	mg/l	0.5 a 1.0 (ii)	(iii)
Cloruros	mg/l	25	250
Conductividad	us/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
Sol. Tot. Disueltos.	mg/l		1000
Zinc	mg/l		3.0

Tabla 8: Parámetros físico-químicos.

Fuente: Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado, INAA. (2001). Normas técnicas de diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural, NTON 09001-99. Managua, Nicaragua.

- i. Las aguas deben ser estabilizadas de manera que no produzcan efectos corrosivos ni incrustantes en las tuberías.
- ii. Cloro residual libre.
- iii. 5 mg/l en casos especiales para proteger a la población de brotes epidémicos.

Parámetro	Unidad	Valor recomendado	Valor máximo admisible
Nitrato – NO ⁻¹ ₃	mg/l	25	45
Nitritos – NO ⁻¹ ₂	mg/l	0.1	1
Amonio	mg/l	0.05	0.5
Hierro	mg/l		0.3
Manganeso	mg/l	0.1	0.5
Fluoruro	mg/l		0.7-1.5
Sulfuro de hidrógeno	mg/l		0.05

Tabla 9: Parámetros para sustancias no deseadas.

Fuente: Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado, INAA. (2001). Normas técnicas de diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural, NTON 09001-99. Managua, Nicaragua.

Parámetros	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

Tabla 10: Parámetros para sustancias inorgánicas de significado para la salud.

Fuente: Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado, INAA. (2001). Normas técnicas de diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural, NTON 09001-99. Managua, Nicaragua.

1.6.10. Miniacueducto por bombeo solar

Un miniacueducto por bombeo solar es un sistema de abastecimiento de agua potable que aprovecha la energía del sol, transformándola en energía eléctrica, a través de un sistema de paneles solares.

Estos sistemas también son muy utilizados para el riego de cultivos y para ganadería.

❖ Ventajas

- La bomba utiliza una fuente de energía disponible.
- La tecnología requiere de poco mantenimiento.
- Es limpia, reduce la posibilidad de contaminación.
- No hay necesidad de combustible.
- Es fácil instalarla en un período de tiempo relativamente corto.

- La tecnología es sencilla y confiable.
- Los paneles solares tienen una larga vida útil.
- Puede ser incorporada en un sistema flexible y modular que se adapta fácilmente a las necesidades comunitarias.

❖ Desventajas

La principal desventaja es su costo, la mayoría de los costos de un sistema solar ocurren al inicio del proyecto, en la compra, construcción e instalación de los equipos y sus complementos. La parte más cara de un sistema de energía solar son los paneles fotovoltaicos⁷. Cuando se necesita bombear mucha agua o el pozo es muy profundo, se necesitan muchos paneles. El costo de un sistema solar puede llegar a USD\$ 12 mil dólares (aproximadamente).



Figura 1: Diagrama del miniacueducto por bombeo solar de la comunidad El orégano, Santa Lucía, Boaco. Fuente: ASOFENIX. (2013). Manual para sistemas de agua potable a través de energías renovables.

⁷ Fotovoltaico: Que convierte la energía luminosa en energía eléctrica.

1.6.11. Diseño de los componentes del sistema

Un miniacueducto por bombeo solar, se compone de los siguientes elementos: Fuente de abastecimiento (generalmente un pozo perforado), estación de bombeo (incluye el módulo solar), línea de conducción, depósito y red de distribución.

a) Fuente

La fuente de abastecimiento para el suministro de agua potable, constituye el elemento más importante de todo el sistema, por tanto debe estar lo suficientemente protegida para cumplir dos propósitos fundamentales.

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

Los pozos perforados se construyen cuando no es posible excavar un pozo a mano y está en dependencia de la formación geológica, particularmente cuando el terreno es rocoso o donde el acuífero se encuentre muy profundo, mayor de 40mts.

La norma rural, sección (5.3.3.), establece los siguientes criterios de aceptación de un pozo perforado:

- El caudal de explotación será obtenido a través de una prueba de bombeo de un mínimo de 24 horas a caudal constante y de una prueba a caudal variable con mínimo de cuatro etapas de una hora cada una. La recomendación del caudal máximo de explotación se hará de acuerdo al análisis de la prueba.
- El caudal de explotación de bombeo estará en función de un período de bombeo mínimo de 12 horas y un máximo de 16 horas.
- El caudal máximo recomendado de la explotación de un pozo deberá ser igual o superior a 1.5 del consumo día promedio (CPD).

b) Estación de bombeo

i. Elementos de la estación de bombeo

La estación de bombeo para un miniacueducto por bombeo solar se compone de cuatro elementos:

- La tubería de succión y sus accesorios (anterior a la bomba).
- La bomba (generalmente centrífuga, se debe disponer siempre de una bomba de reserva).
- Módulo solar.
- La tubería de impulsión y sus respectivos accesorios (posterior a la bomba).

Los equipos de bombeo se seleccionan para un periodo inicial de 5 a 10 años, mientras que los diámetros de las tuberías de impulsión y succión se determinan con base en el caudal necesario para el periodo de diseño final.

ii. Ubicación de la estación

En el caso de la captación de agua por bombeo, la estación debe colocarse aguas arriba de cualquier descarga de aguas residuales. Se debe estudiar la disponibilidad de energía eléctrica o combustible y el acceso a las instalaciones.

iii. Caseta de Control

La caseta de control se diseña de mampostería reforzada acorde a un modelo típico, incluyéndose la iluminación, ventilación y desagüe, tiene la función de proteger los equipos eléctricos y mecánicos.

iv. Fundaciones de equipos de bombeo

La fundación de la sarta de la bomba se diseña de acuerdo a las dimensiones y característica del equipo, generalmente es de concreto reforzado con una resistencia a la comprensión de 210 kg/cm² a los 28 días.

v. Módulo solar

El módulo solar consiste en un arreglo de paneles solares fotovoltaicos que toman la energía del sol y la convierten en energía eléctrica de corriente continua. Las características a tomar en cuenta para seleccionar un panel fotovoltaico son: su potencia nominal en Watts, voltaje de operación en Voltios, y corriente nominal (Amperios).

En Nicaragua existen tiendas que venden paneles solares de las siguientes potencias: 35, 50, 85, 100, 135, 180 y 200 Watts.

Para alcanzar la potencia requerida se pueden conectar varios paneles solares en series, paralelo o mixto; conformado de esta manera el modulo solar o sistema de paneles solares. En cualquiera de los casos se construye una estructura de montaje para ubicar los paneles con una orientación al Sur y una inclinación de 12 grados que permita la mejor obtención de los rayos solares.⁸

La cantidad de agua a bombear depende de la incidencia del sol sobre los paneles solares; en horas del mediodía el bombeo de agua potable será mayor que por la tarde, esto depende también de la estación de un año.

En temporada de invierno los paneles solares reciben menos horas del sol que en época de verano. La cantidad de sol que recibe el departamento de Boaco es 5 Kilowatts hora cada día (Kw/h día)⁹, suficiente para hacer funcionar sistemas fotovoltaicos.



Figura 2: Módulo solar FV del miniacueducto por bombeo solar de la comunidad El orégano, Santa Lucia, Boaco.
Fuente: ASOFENIX. (2013). Manual para sistemas de agua potable a través de energías renovables. Managua, Nicaragua.

❖ Controlador de carga

El controlador de carga tiene la función de recibir la energía de los paneles solares y pasarla a la bomba de una manera adecuada. Los controladores protegen al sistema de bombeo de agua potable contra algunas fallas como: sobrecarga, circuitos abiertos y otros, de igual manera permite que los sistemas de bombeo de agua potable funcionen de manera automática, es decir sin que una persona tenga

⁸ ASOFENIX. (2013). *Manual para sistemas de agua potable a través de energías renovables*. Managua, Nicaragua.

⁹ Ídem 8.

que operarla. Normalmente, el fabricante de la bomba también construye los controladores de carga de la misma; es importante seleccionar un controlador de la misma marca de la bomba.

Las marcas más disponibles de controladores usados en sistemas de bombeo de agua potable son: Grundfos, SunPump y Mono Pump.

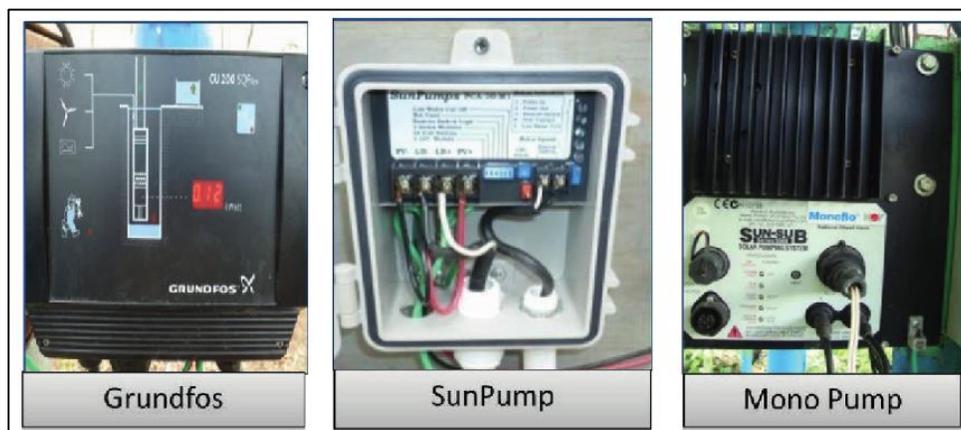


Figura 3: Marcas disponibles de controladores de bombas solares.

Fuente: ASOFENIX. (2013). Manual para sistemas de agua potable a través de energías renovables. Managua, Nicaragua.

vi. Equipo de bombeo

En la práctica nacional, los equipos de bombeo que generalmente se emplean para pozos menores de 10m de profundidad son bombas de eje horizontal, y para pozos mayores de 10 m son las de turbinas de eje vertical y sumergible. Las bombas solares generalmente son sumergibles, pero existen bombas superficiales. La capacidad de bombeo de agua potable de estos equipos, depende de la altura a bombear y la cantidad de energía que recibe.

vii. Hidráulica de la estación de bombeo (bombas sumergibles)

❖ Diámetros y velocidades en las tuberías:

El diámetro de la tubería de descarga se calcula a partir de la siguiente ecuación, similar a la de Bresse, pero que utiliza el caudal de diseño en lugar del caudal de bombeo:

$$D = 0.9(Q)^{0.45} \quad (22)$$

Q: Caudal de diseño en m³/s.

Las velocidades en la descarga deberán estar entre el siguiente rango:

$$0.6 \text{ m/s} < V_{des} < 1.5 \text{ m/s}$$

❖ Carga total dinámica (CTD):

$$CTD = NB + CED + hf_{columna} + hf_{desc} \quad (23)$$

NB: Nivel más bajo del agua durante el bombeo.

CED: Carga estática de la descarga.

$hf_{columna}$: Perdidas de la columna dentro del pozo.

hf_{desc} : Perdidas en la descarga.

NB= NEA + Variación + Abatimiento.

CED= Nivel del agua en la descarga – Nivel más bajo en la superficie.

Carga Total Dinámica (CTD): Es la carga total contra la cual debe operar una bomba. La energía por unidad de peso de líquido que debe suministrarle la bomba al mismo para que pueda realizar el trabajo que pretende.

Nivel estático del agua: Es la profundidad del agua subterránea referida al nivel del terreno. Este componente puede obtenerse mediante mediciones hechas en los pozos cercanos al sitio donde se propone construir el pozo.

Variación estacional del agua subterránea: Puede establecerse restando la profundidad del agua medida al final del mes de abril o a principios de mayo, la profundidad del agua registrada al final de octubre o a principios de noviembre.

▪ Pérdidas en la columna

La NTON 09001-99, sección (6.4.) establece que las pérdidas por fricción en la columna de bombeo se consideran igual al 5% de su longitud.

$$hf_{columna} = 5\%Lc \quad (24)$$

$$Lc = NB + Sumergencia \quad (25)$$

Lc= Longitud de la columna.

En la práctica la sumergencia de la bomba generalmente se estima en unos 10 a 20 pies.

▪ Pérdidas en la descarga

Para determinar las pérdidas en la descarga se necesita conocer las pérdidas localizadas en los accesorios como longitud equivalente de tubería Le (ver tabla 9).

$$L_{real} = L_{tuberia} + Le \quad (26)$$

Le= Longitud equivalente que depende de los elementos contenido en la sarta.

$$h_{desc} = 10.674 \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} \frac{L_{real}}{\phi^{4.87}} \quad (27)$$

Elemento	mm.	13	19	25	32	38	50	63	76	100	125	150	200	250	300	350
	plg.	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4	5	6	8	10	12	14
Codo 90°																
Radio largo		0.3	0.4	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	1.6	2.1	2.7	3.4	4.3	5.5	6.1	7.3
Radio medio		0.4	0.6	0.7	0.9	1.1	1.4	1.7	2.1	2.8	3.7	4.3	5.5	6.7	7.9	9.5
Radio corto		0.5	0.7	0.8	1.1	1.3	1.7	2.0	2.5	3.4	4.5	4.9	6.4	7.9	9.5	10.5
Codo 45°		0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	0.9	1.2	1.5	1.9	2.3	3.0	3.8	4.6	5.3
Curva 90°																
R/D: 1 ½		0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0	1.3	1.6	1.9	2.4	3.0	3.6	4.4
R/D: 1		0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9	1.0	1.3	1.6	2.1	2.5	3.3	4.1	4.8	5.4
Curva 45°		0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9	1.1	1.5	1.8	2.2	2.5
Entrada Normal		0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.9	1.1	1.6	2.0	2.5	3.5	4.5	5.5	6.2
De borda		0.4	0.5	0.7	0.9	1.0	1.5	1.9	2.2	3.2	4.0	5.0	6.0	7.5	9.0	11.0
Válvula Compuerta		0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.5	0.7	0.9	1.1	1.4	1.7	2.1	2.4
Globo		4.9	6.7	8.2	11.3	13.4	17.4	21.0	26.0	34.0	45.3	51.0	67.0	85.0	102	120
Angulo de pie		2.6	3.6	4.6	5.6	6.7	8.5	10.0	13.0	17.0	21.0	26.0	34.0	43.0	51.0	60.0
Retención		3.6	5.6	7.3	10.0	11.6	14.0	17.0	20.0	23.0	31.0	39.0	52.0	65.0	78.0	90.0
T. liviano		1.1	1.6	2.1	2.7	3.2	4.2	5.2	6.3	6.4	10.4	12.5	16.0	20.0	24.0	38.0
T. pesado		1.6	2.4	3.2	4.0	4.8	6.4	8.1	9.7	12.9	16.1	19.3	25.0	32.0	38.0	45.0
Te de paso Directo		0.3	0.4	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	1.6	2.1	2.7	3.4	4.3	5.5	6.1	7.3
Lateral		1.0	1.4	1.7	2.3	2.8	3.5	4.3	5.2	6.7	8.4	10.0	13.0	16.0	19.0	22.0
Te salida Bilateral		1.0	1.4	1.7	2.3	2.8	3.5	4.3	5.2	6.7	8.4	10.0	13.0	16.0	19.0	22.0
Salida de tubería		0.4	0.5	0.7	0.9	1.0	1.5	1.9	2.2	3.2	4.0	5.0	6.0	7.5	9.0	11.0

Tabla 11: Pérdidas localizadas en longitudes equivalentes (en metros de tubería recta).

Fuente: López, R. A. (1999). Diseño de acueductos y alcantarillados. Segunda edición. Bogotá, Colombia: editorial Alfa y Omega.

❖ Selección del equipo de bombeo

Conociendo la altura a vencer por la bomba (Hb) y el caudal que debe suministrar la misma (Q), se selecciona de entre los equipos de bombeo ofrecidos por catálogo aquel modelo que presente una curva característica que trabaje en un rango de altura y caudal lo más parecido posible a los valores calculados. Del catálogo se obtienen las especificaciones de la bomba seleccionada, que incluye: velocidad de giro (n), diámetro del orificio de la bomba (d), potencia (P), CNPSr y la eficiencia (N).

❖ Potencia hidráulica de la bomba

$$P_B = \frac{Q * CTD}{3960 * e} \quad (28)$$

Dónde:

P_B : Potencia de la bomba (HP).

Q : CMD (gpm).

CTD : Carga total dinámica (pie).

e : Eficiencia de la bomba (para efectos del cálculo teórico se estima en un 60%).

❖ Potencia del motor

Se tiene que considerar por norma emplear un factor de 1.15 para calcular la potencia necesaria del motor en base a la potencia neta demandada por la bomba. Este factor cubre ampliamente las pérdidas mecánicas por fricción en el eje y cabezal de descarga de la bomba.

$$P_M = 1.15 * P_B \quad (29)$$

P_B : Potencia hidráulica de la bomba (HP).

P_M : Potencia del bombeo (HP).

c) Líneas 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.

Para su dimensionamiento deberá considerarse los siguientes aspectos:

- Se dimensionará para la condición del consumo de máximo día al final del período de diseño ($CMD=1.5$ CP, más las pérdidas).
- La tubería de descarga deberá ser seleccionada para resistir las presiones altas, y deberán ser protegidas contra el golpe de ariete instalando válvulas aliviadoras de presión en las vecindades de las descargas de las bombas.

i. Diámetro económico

Línea de conducción y tubería de descarga hacen referencia a la misma estructura, por tanto el diámetro calculado en la sección (1.5.11.b), es el mismo diámetro económico del que aquí se hace mención.

ii. Velocidad

La velocidad en la línea de conducción será calculada a partir de la fórmula de continuidad, que se expresa como sigue:

$$V = \frac{4Q}{\pi\phi^2} \quad (30)$$

$$0.6 \text{ m/s} < V < 1.5 \text{ m/s}$$

Este límite es una medida para limitar los efectos del golpe de ariete que se pueda presentar en el sistema de bombeo.

iii. Pérdidas

Para el cálculo hidráulico, las pérdidas por fricción se determinarán por el uso de la fórmula de Hazen - Williams, donde se despeja la gradiente hidráulica.

$$\frac{H}{L} = S = \frac{10.549Q^{1.85}}{C^{1.85}D^{4.87}} \quad (31)$$

Dónde:

H: Pérdida de carga en metros.

L: Longitud en metros.

S: Pérdida de carga en m/m.

Q: CMD en m³/seg.

D: Diámetro en metros.

C: Coeficiente de Hazen-Williams, en dependencia del tipo de tubería.

La línea gradiente hidráulica debe estar siempre por encima del terreno. En los puntos críticos se puede optar por cambiar el diámetro para mejorar la pendiente.

iv. Golpe de ariete

Se denomina golpe de ariete al choque violento que se produce sobre las paredes de un conducto forzado, cuando el movimiento del líquido es modificado bruscamente.

El mecanismo del golpe de ariete es el siguiente:

Inicialmente la tubería conduce el agua en condiciones normales a una velocidad V . Idealizando el flujo como una serie de láminas, en el momento del cierre de la válvula:

La lámina contigua a la válvula se comprime y convierte su energía de velocidad en energía de presión, causando la dilatación de la tubería en un punto, y una dilatación elástica de la lámina. Lo mismo sucede con las láminas aguas arriba (2,3,...n), y se produce una onda de sobrepresión en la dirección de aguas arriba.

Al llegar la onda de sobrepresión a la última lamina (lamina n contigua al tanque), esta tiende a salir de la tubería con una velocidad igual en magnitud pero de sentido contrario a la que tenía el agua antes de interrumpirse el flujo (V). Como la extremidad inferior está cerrada, se produce una depresión interna de las láminas y se genera una onda de depresión de magnitud igual a la onda de sobrepresión, la cual se propaga en la dirección de aguas abajo.

El tiempo que la lámina 1, contigua a la válvula, ha permanecido en estado de sobrepresión es:

$$T = \frac{2L}{C} \quad (32)$$

Dónde:

L: Longitud hasta el depósito (m).

C: Velocidad de propagación de la onda o celeridad (m/s).

T: Fase o periodo de cierre (s).

Si la maniobra es rápida, la válvula quedará completamente cerrada antes de comenzar a actuar la onda de depresión.

$$T < \frac{2L}{C} \text{ sobrepresion maxima}$$

Si el tiempo de cierre es lento, la onda de depresión llegara a la válvula antes de que se halle está completamente cerrada.

$$T > \frac{2L}{C} \text{ maniobra lenta}$$

En el caso de una maniobra rápida ($T < 2L/C$), la sobrepresión máxima será:

$$G.A = \frac{CV}{g} \quad (33)$$

Dónde:

G.A: sobrepresión (m).

V: velocidad media del agua (m/s).

C: Celeridad (m/s).

g: aceleración de la gravedad (m/s^2).

El valor de la celeridad se calcula mediante fórmula de Allievi:

$$C = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + K \frac{D}{e}}} \quad (34)$$

Dónde:

C: Celeridad o velocidad de la onda de compresión o de succión (m/s).

D: Diámetro de la tubería (m).

e: Espesor de los tubos (m).

K: Coeficiente que tiene en cuenta los módulos de elasticidad (adimensional).

Material de la tubería	K
Acero	0.5
Hierro fundido	1.0
Concreto	5.0
Asbesto-cemento	4.4
Plástico	18.0

Tabla 12: Valores de K para diferentes materiales de tubería.

Fuente: López, R. A. (1999). Diseño de acueductos y alcantarillados. Segunda edición. Bogotá, Colombia: Editorial Alfa y Omega.

La presión total en la tubería será la suma de la carga estática sumada a la sobrepresión por ariete hidráulico.

v. Válvulas y estructuras complementarias

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

Válvula de globo: El uso principal de las válvulas de globo consiste en regular o estrangular un fluido, desde el goteo hasta el sello completo y opera eficientemente en cualquier posición intermedia del vástago.

Válvulas de admisión y expulsión de aire: Se utiliza para expulsar el aire que pueda haber entrado en la tubería de impulsión mezclado con el agua o que esté presente en esta antes de comenzar su funcionamiento. Igualmente para admitir aire en la tubería y romper así el vacío que pueda producirse dentro de esta e impedir la falla por aplastamiento al producirse el cierre de las válvulas de compuerta.

Válvulas de retención o de check: Su disposición tiene como objetivo en la línea de impulsión impedir que la inversión de la corriente de agua ocasione la rotación inversa del conjunto para preservar el motor de la bomba e impedir el vaciado de la línea de impulsión y posibles inundaciones de la casa de bombas. En la sarta de bombeo se debe de colocar después del equipo de bombeo y antes de la válvula de cierre y en posición horizontal.

Válvulas de alivio contra el golpe de ariete: En las sargas de bombeo, estas se colocan después de la válvula de retención para disipar la sobrepresión que se pueda producir y así proteger el equipo de bombeo y accesorios del golpe de ariete.

Cámara de válvula de aire: El aire acumulado en los puntos altos provoca la reducción del área del flujo del agua, produciendo un aumento de pérdida de carga y una disminución del gasto. Para evitar esta acumulación es necesario instalar válvulas de aire automáticas (ventosas) o manuales.

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

Cámara rompe-presión: Usada mayormente en miniacueductos por gravedad, la pila rompe presión sirve para aliviar las presiones que pueden ocasionar daños a las tuberías. Al existir fuerte desnivel entre la captación y algunos puntos a lo largo de la línea de conducción, pueden generarse presiones superiores a la máxima que puede soportar la tubería. En este caso se sugiere la instalación de cámaras rompe-presión cada 50 m de desnivel.

d) Red de distribución

Es el sistema de conductos cerrados, que permite distribuir el agua bajo presión a los diversos puntos de consumo, para su diseño deberá considerarse los aspectos siguientes:

- Se deberá diseñar para la condición del consumo de hora máxima al final del periodo de diseño (CMH=2.5CPD, más las pérdidas).
- La red se deberá proveer de válvulas, accesorios y obras de arte necesarias, para asegurar su buen funcionamiento y facilitar su mantenimiento.

i. Tipos de redes

Según la forma de los circuitos, existen dos tipos de sistemas de distribución:

- **Redes abiertas:** Son redes de distribución que están constituidas por un ramal matriz y una serie de ramificaciones. La principal desventaja de este sistema son los puntos muertos, donde se requiere instalar válvulas de limpieza.
- **Red cerrada:** Son aquellas redes constituidas por tuberías interconectadas formando mallas. Este tipo de red elimina los puntos muertos, además de ser más económico, los tramos son alimentados por ambos extremos consiguiéndose menores pérdidas de carga y por lo tanto menores diámetros.

ii. Análisis hidráulico

Para el caso de red cerrada la NTON 09001-99 recomienda la aplicación del método de pruebas y errores controlados de Hardy Cross:

$$H = KQ^n \quad (35)$$

Donde, para un tubo dado, “K” es una constante numérica dependiente de C, D y L; y Q es el flujo, siendo “n” una constante e igual a 1.85 en la fórmula de Hazen – Williams.

La red se dimensiona balanceando las cargas por corrección de los flujos supuestos, aplicando la ecuación:

$$q = -\frac{\sum H}{n \sum H/Q} \quad (36)$$

q: Factor de corrección del flujo en litros/seg.

H: Pérdida de carga en metros.

Q: Caudal en litros/seg.

Para el análisis de redes complejas, como es el caso de los sistemas mixtos, la norma nacional recomienda la implementación de programas de computadoras, basados en la fórmula de Hazen-Williams, o cualquier otra ampliamente conocida.

iii. Accesorios y obras complementarias de la red de distribución

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

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

Válvula reductora de presión y cajas rompe presión: Deben diseñarse siempre y cuando las condiciones topográficas de la localidad así lo exijan.

e) Depósito

Los depósitos tienen como objetivos: Suplir la cantidad necesaria para compensar las máximas demandas que se presenten durante su vida útil, brindar presiones adecuadas en la red de distribución y disponer de reserva ante eventualidades e interrupciones en el suministro de agua. Los tanques de almacenamiento deberán estar localizados en zonas próximas al poblado y tomándose en cuenta la topografía del terreno.

❖ Capacidad

La capacidad del tanque de almacenamiento deberá de satisfacer las condiciones siguientes:

- **Volumen Compensador:** El volumen necesario para compensar las variaciones horarias del consumo, se estimará en 15% del consumo promedio diario.
- **Volumen de reserva:** El volumen de reserva para atender eventualidades en caso de emergencia, reparaciones en línea de conducción u obras de captación, se estimará igual al 20 % del consumo promedio diario.

De manera que la capacidad del tanque de almacenamiento se estimará igual al 35% del consumo promedio diario.

$$Vol.Total = Vol.Reserva + Vol.Compensador$$

$$Vol.Total = 35\%CPDT \quad (37)$$

❖ Altura del tanque

La altura del tanque depende de consideraciones de tipo económico:

- A mayor profundidad, mayor será el costo de los muros perimetrales y menor será el costo de las placas de fondo y de cubierta.
- A menor profundidad, mayor será el costo de las placas de cubierta y fondo y menor será el costo de los muros perimetrales.

Teniendo en cuenta esas consideraciones la altura del tanque será calculada con la siguiente relación empírica:

$$h = \frac{Vol}{3} + k \quad (38)$$

h: Altura en m.

Vol: Volumen del tanque/100.

A: Área transversal en m².

k: Coeficiente en ciento de metros cúbicos (ver tabla 11).

Vol. en cientos de m ³	K
<3	2.0
3-6	1.8
7-9	1.5
10-13	1.3
14-16	1.0
>17	0.7

Tabla 13: Constante de la capacidad de almacenamiento en función del volumen.

Fuente: Baltodano, J. (2003). Folleto de abastecimiento de agua potable, del curso de explotación y administración de recursos hídricos. Managua, Nicaragua: Facultad de Tecnología de Construcción, UNI-RUPAP.

La base del tanque puede ser calculada considerando una sección cuadrada, a través de la ecuación:

$$L = \sqrt{\frac{Vol}{h}} \quad (39)$$

L: Lado de la base en m.

❖ Accesorios para tanques de mampostería o concreto ciclópeo

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

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

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

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

1.6.12. Tratamiento y desinfección

La desinfección se aplica con el propósito de establecer una barrera de seguridad para evitar la difusión de enfermedades relacionadas con el agua. Con los resultados obtenidos de los análisis físicos-químicos, bacteriológicos y demás; se determina si la desinfección será un tratamiento suficiente para garantizar la pureza del agua y eliminar los gérmenes totales y coliformes totales. En sistemas donde la calidad física-química del agua es satisfactoria la desinfección muchas veces es el único tratamiento previsto.

Se ha reconocido ampliamente la cloración del agua potable como uno de los avances más significativos en la protección de la salud pública. La filtración y la cloración prácticamente han eliminado las enfermedades transmitidas por el agua como el cólera, la tifoidea, la disentería y la hepatitis A, en los países desarrollados. Los desinfectantes basados en cloro son los únicos con las propiedades residuales duraderas que previenen un nuevo crecimiento microbiano y proporcionan protección continua durante todo el proceso de distribución.

El cloro se presenta puro en forma líquida o compuesta, como hipoclorito de Calcio, el cual se obtiene en forma de polvo blanco y en pastillas, y el hipoclorito de Sodio de configuración líquida. Cuando se usa hipoclorito de Calcio, la concentración de la solución debe ser entre 1% y 3% de cloro disponible para impedir la formación excesiva de depósitos y sedimentos de Calcio. Las soluciones de hipoclorito de sodio pueden ser hasta de 10%. Las concentraciones mayores no son aconsejables porque pierden potencia rápidamente y si son muy altas se pueden cristalizar.

La efectividad de una desinfección se expresa como cloro residual después de cierto tiempo de contacto, el INAA establece concentraciones entre 0.2 y 0.5 mg/lit después de 30 minutos, mientras que la OMS recomienda una concentración de 0.5mg/l de cloro libre residual.

❖ Dosificación

La dosis necesaria de hipoclorito de Calcio a suministrar en el tanque de almacenamiento, se determina a través de la aplicación de las siguientes ecuaciones:

$$Vol. \text{ cloro } (lb/dia) = 0.012 * CMD * d \quad (40)$$

CMD: Caudal Máximo Día en gpm.

d: Dosis promedio de hipoclorito de Calcio en mg/lit.

0.12: Factor de conversión de unidades.

$$\text{Vol. hipoclorito de Calcio} \left(\frac{\text{lb}}{\text{día}} \right) = \frac{\text{Vol. cloro}}{\text{Concentración comercial}} \quad (41)$$

$$\text{Vol. hipoclorito de Calcio} (\text{gr/día}) = \frac{V. h. \text{ Calcio}(\text{lb/día}) * 1000}{2.2} \quad (42)$$

$$\text{Vol. solución} (\text{lt/día}) = \frac{V. h. \text{ Calcio}(\text{gr/día})}{\text{Concentración de la solución} * 100} \quad (43)$$

$$\text{Vol. solución} (\text{gl/día}) = \frac{\text{Vol. solución}(\text{lt/día})}{3.785} \quad (44)$$

$$\text{Dosificación} (\text{got/min}) = \text{Vol. solución}(\text{lt/día}) * 1000 * 13/24/60 \quad (45)$$

1.6.13. Plan de gestión ambiental

La evaluación de los posibles impactos ambientales generados por un proyecto de ingeniería, comprende el análisis exhaustivo de los efectos ocasionados por las acciones propuestas en el medio ambiente y los recursos naturales de la localidad, para buscar medidas preventivas y/o correctivas que permitan el desarrollo del proyecto con el menor daño o deterioro ambiental.

De conformidad con el artículo 25 de la Ley No. 217 (Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales), los proyectos de MABE son clasificados en la categoría IV, categoría que incluye proyectos que se consideran pueden causar bajos impactos ambientales, por lo que no están sujetos a un Estudio de Impacto Ambiental (EIA), únicamente deben considerarse la prevención y/o mitigación de los impactos negativos al medio ambiente local, mediante la elaboración de un Plan de Gestión Ambiental (PGA).

El Plan de Gestión Ambiental contiene las medidas preventivas y correctivas que permitan el desarrollo del proyecto con la mínima afectación al ambiente, de conformidad con lo establecido por el Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (MARENA), que tiene como objetivo asegurar que en todos los proyectos a desarrollarse en nuestro país estén presentes los aspectos ambientales y que se adopten las medidas pertinentes a fin de evitar el impacto ambiental adverso, sin descuidar el balance entre los costos y beneficios económicos y sociales que el proyecto a de generar.

1.7. Diseño metodológico

1.7.1. Tipo de investigación

De acuerdo con Piura López, J. (2006); el proceso investigativo en esta de tesis monográfica, corresponde a un estudio de tipo Correlacional-Transeccional. Transeccional porque se recolectaron datos en un solo momento y correlacional porque se usó la correlación entre variables dependientes e independientes, para definir estas últimas.

La primera etapa de la investigación, que incluye los primeros 3 objetivos (Dar a conocer las condiciones socioeconómicas que prevalecen dentro de la comunidad, Analizar la disposición de la fuente mediante un estudio hidrológico y Realizar el levantamiento topográfico.) responde a un estudio descriptivo, el cual es el precedente a un estudio correlacional. El objetivo de esta etapa es la recolección de información.

La segunda etapa de la investigación, que incluye a los siguientes 2 objetivos (Realizar el diseño hidráulico de los componentes del sistema y realizar un plan de gestión ambiental), corresponde al estudio correlacional, donde se usó como herramienta la correlación entre las variables resultantes de la etapa descriptiva, para definir las nuevas condiciones del servicio, los componentes del sistema propuesto y prever el deterioro al medio ambiente local.

1.7.2. Universo y muestra

Para la recolección de datos correspondiente al primer objetivo de la primera etapa de la investigación (Diagnóstico socioeconómico), la medición de las variables se realizó por medio de encuestas. Para esto la población de estudio (universo), para quienes son válidos los resultados aquí obtenidos, son las familias de la comarca Las masías, y la muestra, según las sugerencias del nuevo FISE para el número de habitantes fue igualmente el número total de familias de la comunidad.

Para los 2 objetivos restantes de la primera etapa de la investigación (Estudio hidrológico y Levantamiento topográfico), por concernir a un proceso diferente de recolección de información, o corresponden a una población y muestra, sino a una unidad de análisis.

1.7.3. Operacionalización de variables

a) Variables independientes

En la siguiente tabla se muestra un resumen del procedimiento de operacionalización de las variables independientes.

Objetivo específico	Variabes	Indicador	Unidad de análisis	Instrumento
Dar a conocer las condiciones socioeconómicas que prevalecen dentro de la comunidad.	Edad	Entrevista	Familia	Encuesta socioeconómica
	Escolaridad	Entrevista		
	Situación de la propiedad	Entrevista		
	Situación laboral	Entrevista		
	Ingreso familiar mensual	Entrevista		
	Disposición al pago del agua	Entrevista		
	Capacidad de pago	Entrevista		
Analizar la disposición de la fuente mediante un estudio hidrológico.	Potencial y caudal explotable	Criterios para la aceptación de pozos perforados	Pozo perforado	Rendimiento potencial del pozo
	Calidad del agua	Análisis fisicoquímico		Resultados de los análisis
		Análisis bacteriológico		
		Análisis de parámetros organolépticos		
Análisis de arsénico				
	Análisis de sustancias o deseada			
	Balance hídrico de suelos	Análisis del balance hídrico	Microcuencia	Datos de la estación HMO 69084
Realizar el levantamiento topográfico.	Selección del predio del tanque	Recorrido de campo	Terreno	Observación
	Selección de la ruta de la línea de conducción			
	Accidentes topográficos	Levantamiento topográfico		GPS
	Localización de viviendas			
	Localización de infraestructura pública			
	Altiplanimetría del tanque, línea de			

conducción y red de
distribución.

Tabla 14: Operacionalización de variables independientes.
Fuente: Elaboración propia. (2015).

b) Variables dependientes

Para el desarrollo de la segunda etapa se recurrió al análisis y correlación de los datos obtenidos del proceso descriptivo. Por tanto las variables de esta segunda etapa dependen de las variables de la primera.

Objetivo	Variables	Indicador	Unidad de análisis	
Realizar el diseño hidráulico de los componentes del sistema.	Dotación	Criterio técnico	Nueva condición servicio de agua	
	Nivel de servicio			
	Estación de bombeo			
	Línea de conducción		Trazado	
			Diámetro	
			Material	
	Depósito		Accesorios	
			Tipo de tanque	
			Capacidad	
	Red de distribución		Configuración	Elementos del sistema
			Trazado	
			Diámetros de tuberías	
			Material	
			Accesorios	

Tabla 15: Operacionalización de variables dependientes.
Fuente: Elaboración propia. (2015).

1.7.4. Recopilación de información

La recolección de datos en estudios descriptivos conlleva una etapa exploratorio para recabar información visual y una etapa descriptiva para representar mediante datos cuantificables ciertos fenómenos de interés. La recopilación de información, se desarrolló en primera instancia por medio de un reconocimiento de campo y posteriormente por medio de la aplicación la encuesta, levantamiento de información de campo y la búsqueda de información en las entidades competentes. El resultado de la etapa descriptiva son los datos que se presentan en los estudios socioeconómico, hidrológico y topográfico.

La segunda etapa corresponde al análisis y correlación de los resultados de la primera etapa, lo que conlleva a la selección de la dotación, nivel de servicio y la toma de decisiones sobre aspectos técnicos relacionados con el diseño de los

elementos componentes del sistema, en base a las condiciones socioeconómicas de las familias y las características topográficas e hidrológicas del área. Debe entenderse que esta segunda etapa corresponde aun al proceso de recolección de información y no al diseño como tal de los elementos del sistema. La recolección de información finaliza cuando se ha recabado información suficiente, que mediante el criterio técnico permita el diseño de los componentes del sistema.

a) Matriz de obtención de la información

En la siguiente tabla se muestra un resumen de los mecanismos, fuentes e instrumentos utilizados para la recolección de información para variables independientes.

Objetivo específico	Variabes	Fuente	Indicador	Instrumento
Dar a conocer las condiciones socioeconómicas que prevalecen dentro de la comunidad.	Edad	Familia	Entrevista	Encuesta socioeconómica
	Escolaridad		Entrevista	
	Situación de la propiedad		Entrevista	
	Situación laboral		Entrevista	
	Ingreso familiar mensual		Entrevista	
	Disposición al pago del agua		Entrevista	
	Capacidad de pago		Entrevista	
Analizar la disposición de la fuente mediante un estudio hidrológico.	Potencial y caudal explotable	Alcaldía de Teustepe	Criterios para la aceptación de pozos perforados	Rendimiento potencial del pozo
	Calidad del agua	Asociación Fénix	Análisis fisicoquímico Análisis bacteriológico Análisis de parámetros organolépticos Concentración de arsénico	Resultados de los análisis
	Balance hídrico de suelos	INETER	Análisis del balance hídrico	Datos de la estación HMO 69084
Realizar el levantamiento topográfico.	Selección del predio del tanque	Terreno	Recorrido de campo	Observación
	Selección de la ruta de la línea de conducción			
	Accidentes topográficos Localización de viviendas		Levantamiento topográfico	GPS

Localización de
infraestructura pública
Altiplanimetría del
tanque, línea de
conducción y red de
distribución.

Tabla 16: Matriz de obtención de la información.
Fuente: Elaboración propia. (2015).

b) Recorrido de campo

El reconocimiento de campo, tuvo como objetivo recabar información, principalmente visual sobre algunas características de interés. Sin ser excluyentes, durante la visita de campo se llevaron a cabo las siguientes actividades de reconocimiento:

- Observación general de las condiciones socioeconómicas en que habitan las familias de la comunidad.
- Observación de las condiciones en que se suministra actualmente el servicio de agua para consumo humano.
- Observación de los sistemas de disposición de excretas.
- Observación de los mecanismos para disposición de desechos.
- Reconocimiento de la infraestructura pública, en particular la infraestructura vial.
- Reconocimiento de la fuente de abastecimiento y el estado de esta.
- Reconocimiento de la topografía de la zona en general, tanto dentro del núcleo poblacional como a las afueras de este.
- Reconocimiento general de las características ambientales de la zona.
- Reconocimiento general de las características hidrológicas de la zona.
- Identificación de posibles zonas inundables.
- Identificación de accidentes topográficos.
- Identificación de posibles zonas con amenaza de derrumbes.
- Identificación de posibles predios para el depósito.
- Reconocimiento general de las características del suelo, principalmente en los posibles predios para el depósito.
- Identificación de posibles rutas para la línea de conducción.

c) Recopilación de datos poblacionales

Las estadísticas censales proceden de los datos oficiales de la alcaldía municipal de Teustepe y del censo nacional realizado por el INIDE en el año 2005.

Año	Población (habitantes)	Fuente
2005	210	INIDE
2014	282	Alcaldía municipal de Teustepe

Tabla 17: Estadísticas censales.
Fuente: Elaboración propia. (2015).

d) Aplicación de encuesta

La encuesta socioeconómica aplicada corresponde a un formulario elaborado por el FISE (ver anexos), que tiene como objetivo principal recabar información sobre la capacidad económica de la población, por medio de una serie de preguntas que incluye como principales tópicos, la condición de la vivienda, la situación económica de la familia y la situación del agua y saneamiento.

Atendiendo a las recomendaciones de esta entidad, el formulario fue aplicado indistintamente a todas las familias de la comunidad, una por familia, por lo tanto el universo y la muestra fueron la totalidad de las familias de la comunidad (47 familias).

El proceso de encuestado se llevó a cabo en el mes de Noviembre del año 2014, los días 20 y 21.

e) Levantamiento topográfico

La metodología para la realización del levantamiento topográfico, se llevó a cabo aplicando las recomendaciones brindadas por FISE en el documento “Manual de Administración del Ciclo de Proyecto Municipal (MACPM) – Capítulo VII: Agua y Saneamiento Rural”, sin embargo debido a las limitaciones, particularmente en equipos, algunos procedimientos debieron ser adaptados a las condiciones de trabajo. A falta de un equipo óptico-digital o electrónico de precisión (teodolito o estación total), la principal herramienta para el levantamiento de puntos fue un GPS de mano marca GARMIN, modelo 12XL, con un error de 0.5 - 2 metros. El equipo restante consistió en una cinta métrica de 50 m, cámara fotográfica y una libreta de apuntes.

f) Recopilación de datos generales de la fuente

En vista de que la fuente para el nuevo sistema propuesto será el mismo pozo tradicionalmente explotado, fue necesario recopilar información sobre sus características generales, para la construcción de un modelo hidráulico que asemeje el comportamiento de este.

La información concerniente a las características estructurales del pozo, nivel estático del agua y rendimiento potencial, fueron facilitados por la Alcaldía municipal de Teustepe.

g) Recolección de datos meteorológicos

Para la caracterización de los parámetros meteorológicos de interés (temperatura y precipitación media anual de la región) fue necesario el solicitar la información recolectada por las estaciones hidrometeorológicas o pluviométricas del INETER, más cercanas al área del proyecto.

El Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) facilitó los datos de la Estación Hidrometeorológica Ordinaria de Boaco (HMO 69084), localizada en las coordenadas 12°28'12" latitud Norte y 85°39'18" longitud Este. Estación que se localiza lo suficientemente cerca del área del proyecto (12 km aproximadamente) y que presenta un registro lo suficientemente completo de precipitaciones y temperaturas (periodo 1971-2011 y 1971-1987 respectivamente). Las demás estaciones localizadas dentro del departamento de Boaco no carecían de registro de ambos parámetros, presentaban periodos de mediciones interrumpidos o se encontraban demasiado lejos del área en consideración.

Los registros de la estación HMO 69084 y los periodos considerados para el cálculo de la temperatura y la precipitación media, se muestran en anexos.

1.7.5. Procesamiento y análisis de la información

a) Procesamiento del material encuestado

El procesamiento del material encuestado se llevó a cabo en el programa MICROSOFT EXCEL, de manera que se pudiera presentar de forma práctica, por medios gráficos, los resultados obtenidos de las encuestas.

b) Procesado de datos topográficos

La información alti-planimétrica resultado del levantamiento de puntos fue procesada con la ayuda del programa CIVIL 3D, con el que se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- Modelación de la superficie en tres dimensiones.

- Elaboración de planos de detalle en planta, para localización de infraestructura pública vial, edificios públicos, viviendas, accidentes topográficos, entre otros.
- Elaboración de planos topográficos.
- Poligonal del predio del tanque.
- Construcción de perfiles longitudinales.

c) Procesamiento de datos meteorológicos

❖ Análisis de la consistencia de datos y estimación de datos faltantes

El periodo de precipitaciones analizado presentaba buenas características en cuando a la consistencia de las mediciones, por lo tanto no fue necesaria la aplicación de método alguno para la corrección de valores erróneos.

Además presentaba un registro completo, por lo que no fue necesaria la aplicación de métodos para la estimación de datos faltantes.

❖ Estimación de la precipitación media sobre la cuenca

Solamente se utilizaron los datos de precipitaciones recolectados por la estación HMO 69084, se calcularon las precipitaciones medias para la última década cuantificada (periodo 2002 - 2011). Los resultados obtenidos se observan en la tabla resumen del cálculo de aportaciones.

Igualmente se utilizaron los datos de temperaturas recolectados por la estación HMO 69084, aunque para este caso se carecía de mediciones para el mismo periodo considerado en precipitaciones, por lo que se decidió utilizar los valores promedios para el periodo completo de mediciones (1971-1987). Los resultados obtenidos se observan en la tabla resumen del cálculo de la constante I.

CAPITULO II: DIAGNOSTICO SOCIOECONOMICO

Los datos que se presenta en esta sección son el resultado del procesado del material obtenido de la aplicación de la encuesta socioeconómica.

2.1. Descripción general de la comunidad

2.1.1. Localización

La comarca “Las masías” se ubica en el Municipio de Teustepe a 15.70 kilómetros al Oeste de la cabecera municipal, la ciudad de Teustepe. Geográficamente se posiciona en las coordenadas $12^{\circ}32'56.98''$ latitud Norte y $85^{\circ}49' 23.91''$ longitud Este.

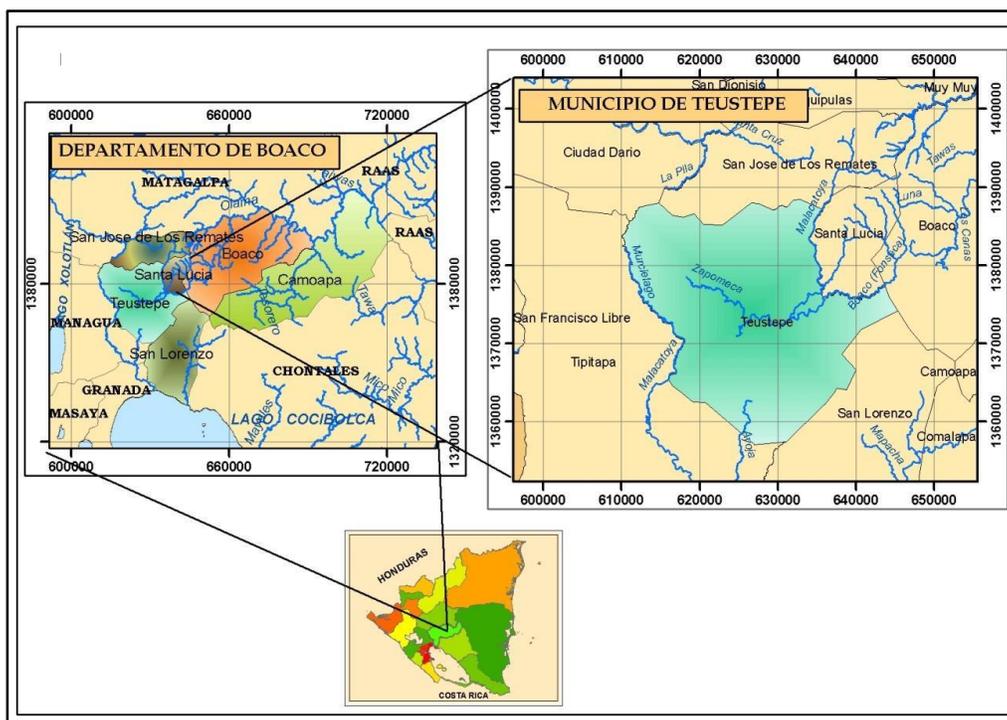


Figura 4: Mapa de macrolocalización.

Fuente: Alcaldía municipal de Teustepe. (2012). Diagnóstico de la infraestructura vial de la red de caminos vecinales del municipio de Teustepe. Teustepe, Nicaragua.



Figura 5: Mapa de microlocalización.
Fuente: Google Earth. (2013).

2.1.2. Extensión

La comunidad tiene una extensión aproximada de 1.6 km², tomando como referencia el principal núcleo poblacional.

2.1.3. Límites y colindancias

Los límites de la comunidad están definidos por las siguientes comunidades circunvecinas:

Norte: Comunidad Las Culebras.

Sur: Comunidad El Guanacaste.

Este: Comunidad Los Orioncitos.

Oeste: Comunidad El Espino.

2.1.4. Topografía de la zona

La topografía de la comunidad es ligeramente plana, con una pendiente media del 6.4%, mostrando una inclinación máxima en el lado Oeste.

2.1.5. Clima y precipitación

Según la clasificación del INETER, el municipio de Teustepe cuenta con un clima seco de sabana tropical. La temperatura oscila entre los 26° y 27° Celsius y una precipitación que varía entre los 1,000 y 1,200 mm al año, caracterizándose por una

buena distribución de lluvias durante todo el año. Estas mismas características climáticas predominan en la zona Noroeste del municipio, donde se localiza la comarca Las masías.

2.2. Población

Según el último censo y encuesta socioeconómica realizados por la alcaldía municipal en el 2014, la comunidad cuenta con una población de 282 habitantes, distribuidos en 47 viviendas, para un índice poblacional de 5.32 habitantes por vivienda.

2.2.1. Distribución de población por edad y sexo

La población se compone de un 49% de habitantes del sexo masculino y un 51% del sexo femenino.

La distribución de la población por grupo de personas menores a 15 años o mayores o iguales a 15 años se muestra en la siguiente tabla.

	Hombres	Mujeres
De 15 años a mas	89	89
Menores de 15 años	48	56

Tabla 18: Distribución de la población por edad.
Fuente: Alcaldía municipal de Teustepe. (2014).

Como indica la gráfica la población se compone principalmente de gente joven.

2.2.2. Distribución de la población por escolaridad

La distribución de la población por nivel académico se detalla en la siguiente tabla.

Pre-escolar	Primaria		Secundaria		Universidad		Total
	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	
7	5	8	3	4	3	5	35

Tabla 19: Distribución de la población por escolaridad.
Fuente: Alcaldía municipal de Teustepe. (2014).

En lo que respecta a los niveles de analfabetismo, según datos de la alcaldía del municipio de Teustepe, el 25.8% de los hombres es analfabeta o solo saben leer y el 28.1% de las mujeres se encuentran en esta misma situación.

2.3. Situación habitacional

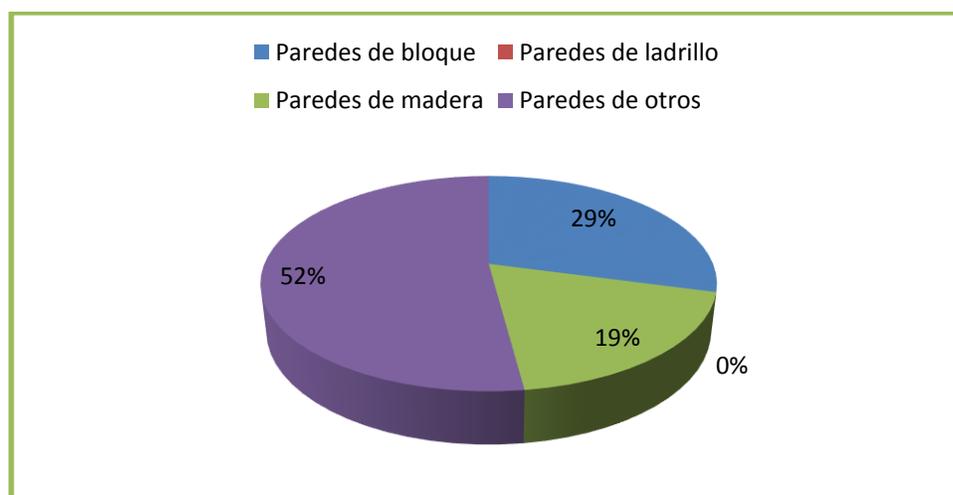
La comunidad cuenta con un total de 47 viviendas, para una media de 6 habitantes por vivienda, por ende se puede decir que no hay déficit habitacional.

2.3.1. Situación de la Propiedad

Según los resultados obtenidos de la aplicación de la encuesta socioeconómica a los habitantes de las viviendas, se pudo determinar que el 100% de las viviendas son propias.

2.3.2. Materiales de los cerramientos

El tipo de construcción es tradicional, con materiales de la zona (madera, barro) y otros materiales más industrializados (bloque de mortero, piedra cantera, cemento, hierro).



Gráfica 1: Materiales de los cerramientos.
Fuente: Elaboración propia. (2014).

La mayor parte de las viviendas están construidas con materiales poco efectivos para construcción de cerramientos. El termino otros se refiere a viviendas construidas barro y reforzadas con madera (ver figura 6).



- a: Vivienda de mampostería.
- b: Fachada de vivienda de barro.
- c: Vivienda de madera y barro.
- d: Vivienda de madera y barro.

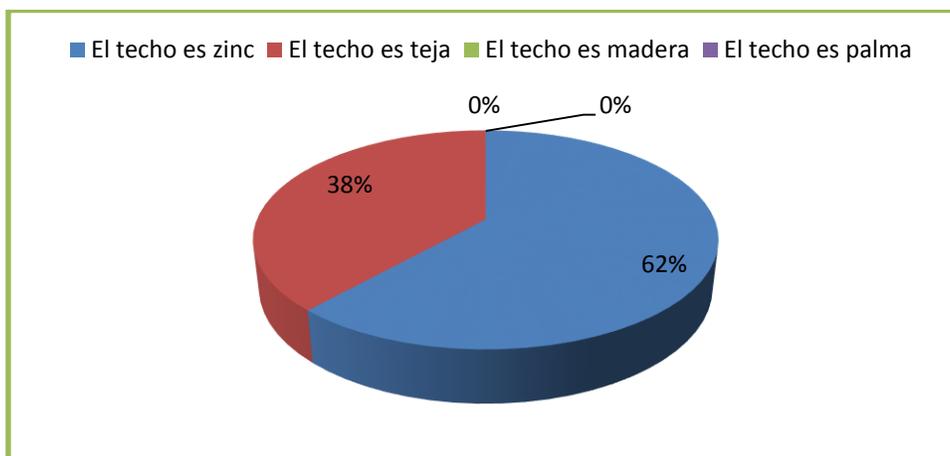
Figura 6: Tipología de las viviendas.

Fuente: Elaboración propia. (2014).

De estos resultados podemos inferir que la mayor parte de las viviendas son construidas con materiales de la zona, esto seguramente por la dificultad de transportar materiales de construcción hacia la comunidad, por los altos costos que esto implica.

2.3.3. Materiales de los techos

La distribución de los diferentes tipos de cubierta de techo se indica en la siguiente gráfica.



Gráfica 2: Materiales de los techos.
Fuente: Elaboración propia. (2014).

En la comunidad predominan los techos de lámina combinados con una estructura de soporte de madera, aunque también hay abundante presencia de estructuras tradicionales de tejas de barro (ver figura 7).



a: Cubierta de lámina.
b: Cubierta de teja de barro.

Figura 7: Tipología de cubiertas de techo.
Fuente: Elaboración propia. (2014).

2.4. Servicios públicos existentes

2.4.1. Educación

Existe un centro escolar llamado Rubén Darío, que cuenta con las modalidades de preescolar, primaria y cuarto ciclo, el que atiende a una población estudiantil de: 7 preescolar y 20 multigrado.¹⁰

2.4.2. Salud

La comunidad no cuenta con un centro de atención médica u hospitalaria. Los pobladores son atendidos bajo la modalidad del ESAFC (Equipo de Salud Familiar y Comunitario), debiendo asistir a la cabecera municipal, en el centro de salud Santa Rita. Las enfermedades más recurrentes en la edad infantil y vejez son las del tipo respiratorio y gastrointestinales.¹¹

2.4.3. Agua potable

No se cuenta con una red pública de suministro de agua potable, el servicio de agua consiste en un pozo perforado equipado con una bomba de mecate. El agua del pozo, no recibe de parte de ENACAL o MINSA, ningún tipo de tratamiento para garantizar su calidad para consumo humano, aunque esto, al parecer, basado en las anécdotas de la población, no ha derivado en problemas a su salud.



Figura 8: Abastecimiento de agua en la comunidad mediante el sistema de PPCMB.
Fuente: Elaboración propia. (2014).

¹⁰ MINED. (2014). *Matrícula escolar 2014, Escuela Pablo Antonio Cuadra*. Teustepe, Nicaragua.

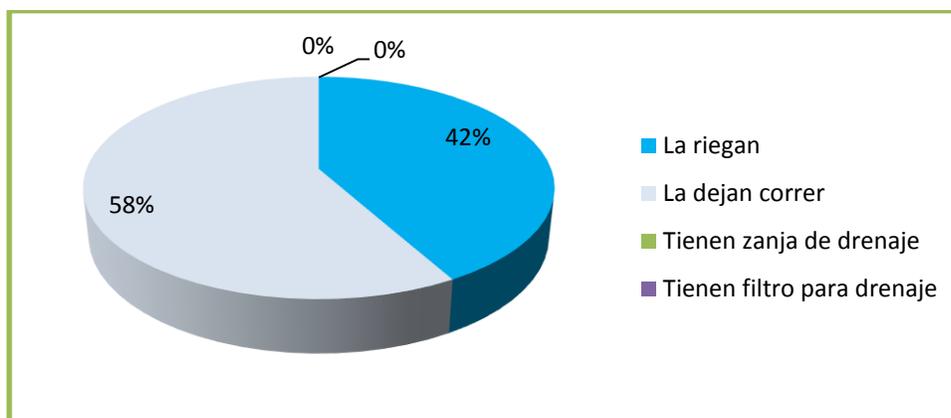
¹¹ Alcaldía municipal de Teustepe. (2014).

2.4.4. Saneamiento

a) Aguas servidas

En la comunidad no hay servicio de alcantarillado sanitario, las aguas servidas provenientes del lavado, baño y cocina son descargadas superficialmente sobre los patios, lugar en donde se estancan formando charcas y deterioros al suelo, ocasionando la proliferación de mosquitos y mal olor.

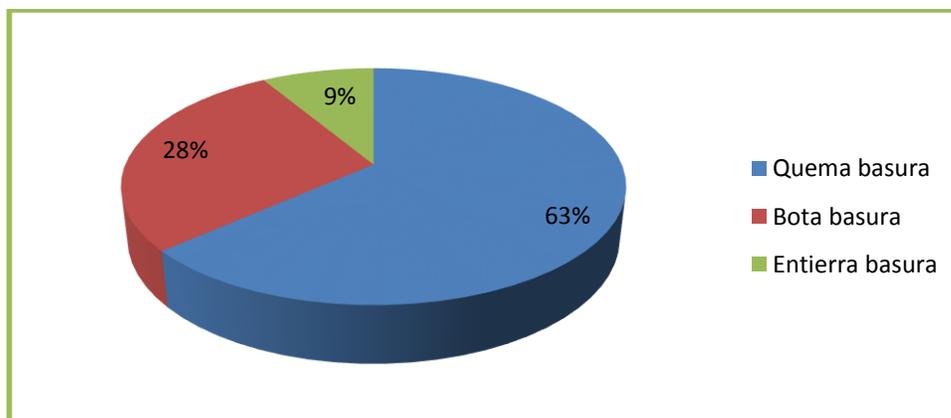
A continuación se muestran los principales mecanismos para la disposición de las aguas servidas implementados por las familias.



Gráfica 3: Disposición de las aguas servidas.
Fuente: Elaboración propia. (2014).

b) Desechos solidos

No existe un mecanismo comunitario de eliminación de desechos, por lo que cada familia se encarga de despejar los desechos de sus viviendas.

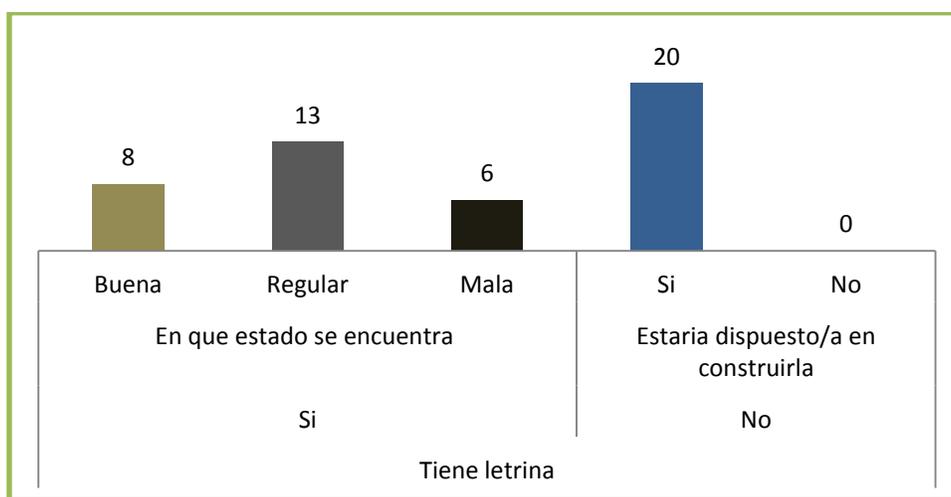


Gráfica 4: Disposición de desechos sólidos.
Fuente: Elaboración propia. (2014).

El 63% de la población efectúa la acción más efectiva para este caso en particular (quemar la basura), sin embargo otro porcentaje bastante significativo utiliza métodos menos efectivos para la eliminación de basura como botarla o enterrarla (28% y 9% respectivamente).

c) Disposición de excretas

El 43% de las familias no tienen una letrina en sus viviendas, por lo que se ven en la necesidad de prestar o de hacer sus necesidades al aire libre, sin embargo de este grupo de personas el 100% estaría dispuesto a construir una.



Gráfica 5: Disposición de excretas y valoración de las estructuras sanitarias.
Fuente: Elaboración propia. (2014). Encuesta socioeconómica.

Con relación a la integridad de las estructuras sanitarias, se encontró que solamente el 30% de las letrinas se encuentran en óptimas condiciones, otro 48% se encuentran en regulares condiciones y el 22% yacen en malas condiciones (ver figura 9).



Figura 9: Estado de letrinas.
Fuente: Elaboración propia. (2014).

2.4.5. Energía eléctrica

La comunidad cuenta con energía eléctrica y alumbrado público, sin embargo este último se limita a las dos calles principales, la calle de acceso, abarcando desde la quebrada hasta el centro de la comunidad; y la calle principal, abarcando aproximadamente 200 metros en ambas direcciones a partir de la plaza.

2.4.6. Transporte y comunicación

La red de telefonía celular de las operadoras Claro y Movistar es de baja intensidad, la posibilidad de establecer una comunicación se limita a las zonas más altas.

Se cuenta con un servicio de transporte colectivo que sale de la comunidad, pasando por Teustepe y terminando en la ciudad de Boaco, con un estimado de una hora por viaje, con un único viaje por día.

Las vías de acceso a la comunidad, al igual que las calles dentro de la misma, consisten en caminos de macadam. Estas calles se encuentran en buenas condiciones y son transitables en toda clase de vehículo. Los principales medios de transporte a lo interno de la comunidad son bicicletas, caballos y en algunos casos motos.

2.5. Situación económica

2.5.1. Población económicamente activa

La Población Económicamente Activa de la comunidad es de 100 personas, que representa el 35% de la población total. La Población con Trabajo Permanente está comprendida por 39 personas, que representa el 14% de la población total y el 39% de la PEA. En la tabla 20 se describe a detalle esta situación.

POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA (PEA)		POBLACION CON TRABAJO PERMANENTE (PTP)						POBLACION ECONOMICAMENTE INACTIVA (PEI)	
Hombres	Mujeres	Hombres			Mujeres			Hombres	Mujeres
		10-14 años	15-29 Años	30 a mas	10-14 años	15-29 Años	30 a mas		
81	19	4	19	3	0	1	12	31	98

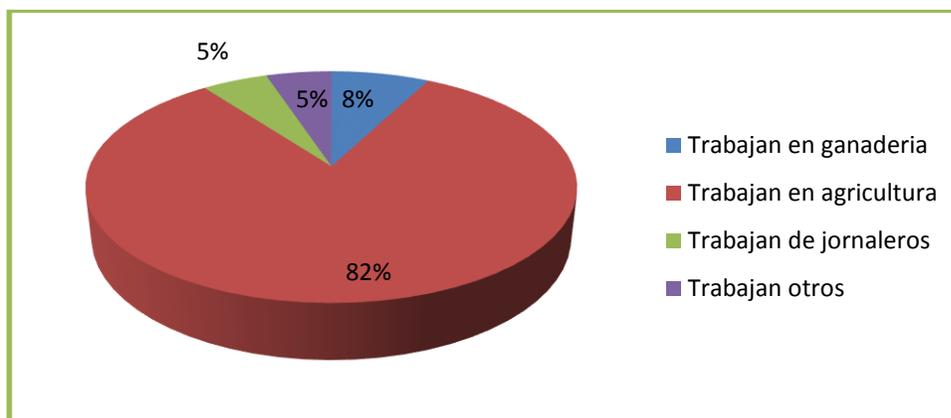
Tabla 20: Situación laboral en la comunidad.
Fuente: Alcaldía municipal de Teustepe. (2014).

Población Económicamente Activa (PEA): Personas de 10 años y más, que durante el periodo de referencia definido en el censo tienen un trabajo, o lo buscan activamente o no buscan por estar a la espera de una respuesta por parte de un empleador, o esperan continuar sus labores agrícolas.

Población Económicamente Inactiva (PEI): Personas que no teniendo ocupación, no buscan empleo activamente. Comprende a los estudiantes, personas que se dedican a quehaceres del hogar, pensionados/jubilados/rentistas, incapacitados permanentes, ancianos y a otros como una categoría remanente.

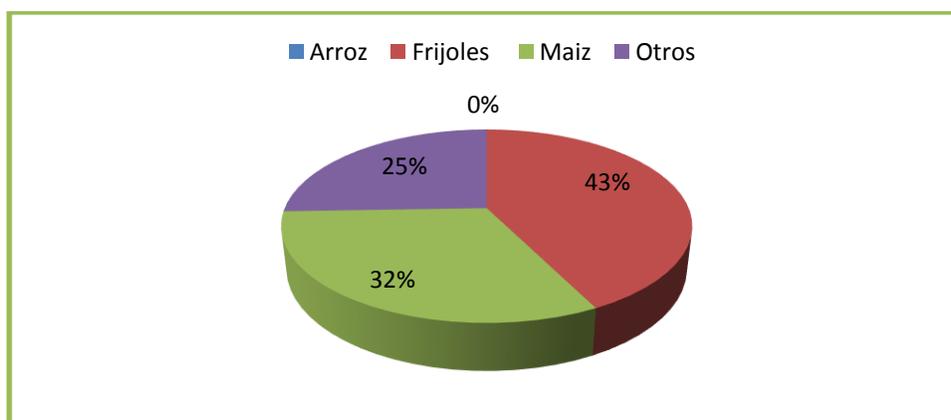
2.5.2. Actividades económicas

Los habitantes de la comunidad se dedican principalmente a las labores de agricultura y ganadería a pequeña escala, siendo prácticamente para el consumo local y el comercio a las cabeceras municipal y departamental.



Gráfica 6: Actividades económicas.
Fuente: Alcaldía municipal de Teustepe. (2014).

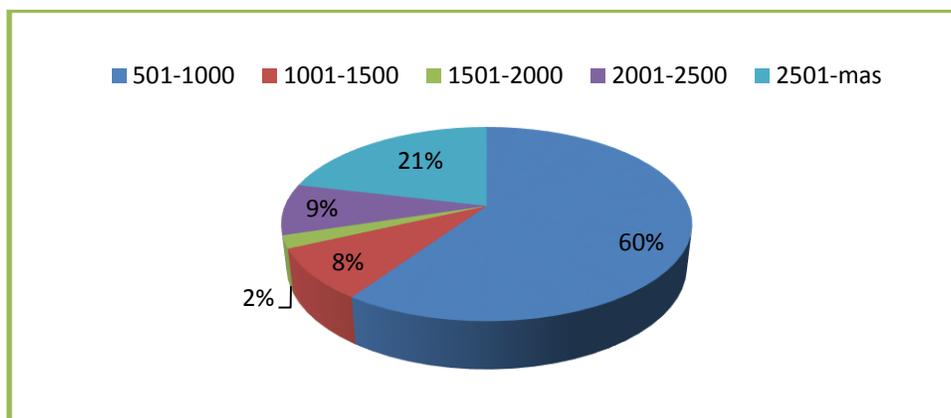
La principal actividad económica es la agricultura, destacándose el cultivo del frijol (43%) y maíz (32%).



Gráfica 7: Principales rubros agrícolas.
Fuente: Alcaldía municipal de Teustepe. (2014).

2.5.3. Ingreso familiar

Se realizó una valoración del estado financiero de las familias de la comunidad, considerando cinco posibles categorías en cuanto a ingresos, teniendo como referencia el ingreso neto por obrero en labores del campo, el que oscila entre los C\$ 3,500 (tres mil quinientos córdobas) a C\$ 4,000 (cuatro mil córdobas). Se evidenció lo limitado de los ingresos familiares, el 60% de las familias encuestadas presentan ingresos mensuales por debajo de los C\$ 1000 córdobas y solamente el 21% tiene ingresos por encima de los C\$ 2500 córdobas. En la siguiente gráfica se amplían a detalle los resultados obtenidos.



Gráfica 8: Ingreso familiar mensual.
Fuente: Alcaldía municipal de Teustepe. (2014).

El ingreso mensual promedio para las familias encuestadas resultó de C\$ 1567 (un mil quinientos sesenta y siete córdobas).

2.5.4. Capacidad económica

La capacidad de pago por familia, se determinó considerando el 3% de los ingresos familiares para el pago del servicio de agua potable, esto de conformidad a lo establecido por el Banco Mundial y Banco Interamericano de Desarrollo.¹²

La capacidad de pago mensual por familia para un ingreso familiar promedio de C\$ 1567 (un mil quinientos sesenta y siete córdobas), vendría a ser de $47.01 \approx$ C\$ 50 (cincuenta córdobas).

¹² Banco Mundial. (1998). *Programa de Agua y Saneamiento*. PNUD.

CAPITULO III: ESTUDIO HIDROLOGICO

3.1. Características generales de la fuente

La fuente de agua a ser explotada por el proyecto será el mismo pozo perforado del que actualmente la población es abastecida.



Figura 10: Vista del pozo comunal.
Fuente: Elaboración propia. (2014).

De acuerdo a la información facilitada por la alcaldía municipal de Teustepe, las características estructurales del pozo son las siguientes:

Concepto	Medida	Unidad
Delantal de concreto		
Diámetro de perforación	12	Pulgadas
Diámetro de revestimiento (encamisado)	6	Pulgadas
Profundidad nominal	250	Pies
Tubería ciega PVC 6"	150	Pies
Tubería ranurada PVC 6"	100	Pies
Sello sanitario	30	Pies

Tabla 21: Características estructurales del pozo perforado de la comunidad Las masías.
Fuente: Alcaldía municipal de Teustepe. (2014).

Por encontrarse en el centro de la comunidad este no presenta focos de contaminación visibles, las letrinas más cercanas se encuentran a una distancia de más de 100 metros.

3.2. Potencial y caudal explotable

La fuente de abastecimiento para el suministro de agua potable, constituye el elemento más importante de todo el sistema, por tanto, debe estar lo suficientemente protegida para garantizar su durabilidad.

La sección (5.3.3.) de la NTON 09001-99 considera como uno de los principales criterios de aceptación de una fuente de agua para un miniacueducto por bombeo, que el caudal máximo recomendado de la explotación de un pozo deberá ser igual o superior a 1.5 del consumo día promedio (QDP).

Para un pozo con un rendimiento de 80 gpm:

CPD	12.2	gpm
1.5CPD	18.29	gpm
Rendimiento aproximado	80	gpm

Debido a que rendimiento del pozo (80gpm) es mayor a 1.5CPD (18.29gpm), la fuente considerada es suficiente para abastecer al sistema, a su vez este resultado indica que el grado de explotación entrado en funcionamiento el proyecto será mínimo, lo que garantiza la durabilidad de la fuente y un suministro de agua en cantidad suficiente para abastecer a cabalidad la demanda de la población.

3.3. Análisis de la calidad del agua

Los estudios que se muestran a continuación, fueron facilitados por la asociación ASOFENIX, organización no gubernamental que se encarga de realizar proyectos de desarrollo en el sub sector rural. Los estudios fueron realizados en dos etapas, los análisis fisicoquímico y de parámetros organolépticos, fueron realizados a finales 2013; y los análisis bacteriológicos y de arsénico se llevaron a cabo a inicios del 2014.

Los resultados de los análisis, contrastados con los valores de referencia encontrados en las Normas de calidad del agua para consumo humano, emitidas por el CAPRE y adoptadas por el INAA; se muestran a continuación.

3.3.1. Análisis físico-químico

Debido a que el agua es un solvente universal, existe la posibilidad de que una inmensa cantidad de elementos y compuestos estén presentes en ella en forma de solución, aunque la gran mayoría de estos no tienen mucho significado, existen

otros que tiene incidencia directa en la salud. Los resultados del análisis físico-químico se muestran a continuación.

Parámetro	Unidad	Resultado	Valor recomendado	Valor máximo admisible	Observación
Iones de hidrogeno	Valor pH	7.32	6.5 a 8.5 (a)		Cumple
Cloruros	mg/l	6.05	25	250	Cumple
Conductividad	us/cm	352.00	400		Cumple
Dureza	mg/l CaCO ₃	113.52	400		Cumple
Sulfatos	mg/l	6.19	25	250	Cumple
Calcio	mg/l CaCO ₃	37.13	100		Cumple
Magnesio	mg/l CaCO ₃	5.07	30	50	Cumple
Sodio	mg/l	20.00	25	200	Cumple
Potasio	mg/l	6.96		10	Cumple

Tabla 22: Resultados del análisis físico-químico.
Fuente: Asociación ASOFENIX (2013).

Las concentraciones de los parámetros se encuentran dentro de los límites permisibles por norma, por tanto, desde el punto de vista físico-químico, el agua es adecuada para fines de consumo humano.

3.3.2. Análisis de parámetros organolépticos

Los parámetros organolépticos, corresponden a características físicas, es decir aquellas que se detectan con los sentidos, lo que implica que tienen incidencia directa sobre las condiciones estéticas del agua. Las características físicas son las que más impresionan al consumidor, sin embargo, tienen menor importancia desde el punto de vista sanitario.

Parámetro	Unidad	Resultado	Valor recomendado	Valor admisible	Observación
Color verdadero	Mg/L (Pt-Co)	9.00	1	15	Cumple
Turbiedad	UNT	4.80	1	5	Cumple

Tabla 23: Resultados del análisis de parámetros organolépticos.
Fuente: Asociación ASOFENIX (2013).

Los parámetros analizados se encuentran dentro de los límites permisibles por norma.

3.3.3. Análisis bacteriológico

Las condiciones bacteriológicas del agua son fundamentales desde el punto de vista sanitario. Para que el agua sea potable debe estar exenta de gérmenes patógenos de origen entérico y parasitario intestinal, causantes de transmitir enfermedades.

Parámetro	Unidad	Resultado	Valor recomendado	Valor admisible	Observación
Coliforme Total	NPM/100ml	0.3*10 ³	Neg.	Neg.	No cumple
Coliforme Fecal	NPM/100ml	Neg.	Neg.	Neg.	Cumple

Tabla 24: Resultados del análisis bacteriológico.
Fuente: Asociación ASOFENIX (2014).

El análisis bacteriológico indica una leve presencia de coliforme total, sin embargo, al no encontrarse rastros de coliformes fecales, el INNA sugiere desestimar la presencia de coliforme total.

3.3.4. Análisis de sustancias no deseadas

Corresponde a elementos que tiene incidencia en la salud, que influencia en los procesos de tratamientos o que tienen implicaciones de tipo económico.

Parámetro	Unidad	Resultado	Valor recomendado	Valor máximo admisible	Observación
Nitrato – NO ⁻¹ ₃	mg/l	1.70	25	45	Cumple
Nitritos – NO ⁻¹ ₂	mg/l	< 0.009	0.1	1	Cumple
Hierro	mg/l	0.295		0.3	Cumple
Manganeso	mg/l	< 0.020	0.1	0.5	Cumple
Fluoruro	mg/l	0.237		0.7-1.5	Cumple

Tabla 25: Resultados del análisis de hierro.
Fuente: Asociación ASOFENIX (2013).

Solamente las concentraciones de hierro y nitratos se encuentran cerca del valor máximo permisible por norma, los parámetros restantes se encuentran cerca del valor recomendado.

3.3.5. Análisis de arsénico

El arsénico es uno de los elementos más dañinos, tiene efectos en los pulmones, intestinos y en el hígado. Es un compuesto cancerígeno con alta incidencia en cáncer de piel, principalmente en manos y pies y otros cánceres aumentando su efecto con la ingesta de dosis elevadas y edad de la persona. El elevado contenido de arsénico en las aguas subterráneas se debe a la erosión natural del subsuelo

que contiene arsenita, también está asociado a la existencia de yacimientos de cobre.

Parámetro	Unidad	Resultado	Valor recomendado	Valor admisible	Observación
Arsénico	mg/l	0.006		0.01	Cumple

Tabla 26: Resultados del análisis de arsénico.

Fuente: Asociación ASOFENIX (2014).

Con relación al arsénico la presencia de esta sustancia también se encuentra dentro del valor permisible por norma.

En conclusión los resultados obtenidos de los análisis realizados para determinar la calidad del agua de la fuente, fueron satisfactorios, todos los parámetros se encuentran dentro de los límites permisible según las normas CAPRE y el INAA, por lo tanto no se requiere de ningún tratamiento adicional más que la desinfección preventiva con cloro para asegurar la protección contra riesgo de infecciones de origen hídrico.

3.4. Balance hídrico de suelos

3.4.1. Estimación de la infiltración pluvial mensual

a) Cálculo del coeficiente de infiltración del suelo

Considerando un suelo con cobertura con pastizal ($K_v = 0.18$), y una pendiente promedio para zona boscosa ($K_p = 0.10$)

$$K_{fc} = 0,267 \ln(150) - 0,000154(150) - 0,723$$

$$K_{fc} = 0.59$$

$$C_i = 0.1 + 18 + 0.59$$

$$C_i = 0.57$$

b) Cálculo de retención de lluvia mensual interceptada por el follaje

P (mm)	Cfo (adimensional)	Ret= (P) (Cfo) (mm)
29.55	0.12	5.00
12.32	0.12	5.00
9.29	0.12	5.00
20.77	0.12	5.00
152.1	0.12	18.25
251.87	0.12	30.22
216.69	0.12	26.00
204.95	0.12	24.59
208.34	0.12	25.00
190.64	0.12	22.88
75.15	0.12	9.02
29.46	0.12	5.00

Tabla 27: Resumen de cálculo de retención de lluvia mensual interceptada por el follaje.
Fuente: Elaboración propia. (2015).

c) Infiltración pluvial mensual

Ci (adimensional)	P (mm)	Ret (mm)	Pi= (Ci)(P-Ret)
0.87	29.55	5.00	21.35
0.87	12.32	5.00	6.36
0.87	9.29	5.00	3.73
0.87	20.77	5.00	13.71
0.87	152.1	18.25	116.44
0.87	251.87	30.22	192.83
0.87	216.69	26.00	165.90
0.87	204.95	24.59	156.91
0.87	208.34	25.00	159.51
0.87	190.64	22.88	145.95
0.87	75.15	9.02	57.53
0.87	29.46	5.00	21.28

Tabla 28: Resumen de cálculo de infiltración pluvial mensual.
Fuente: Elaboración propia. (2015).

3.4.2. Estimación de la Evapotranspiración real (EPR)

a) Cálculo de la evapotranspiración potencial

❖ Cálculo de la constante ka para estación HMO, latitud 12°28'12"

Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio	
Lat.	Ka.	Lat.	Ka.	Lat.	Ka.	Lat.	Ka.	Lat.	Ka.	Lat.	Ka.
10°	1	10°	0.91	10°	1.03	10°	1.03	10°	1.08	10°	1.06
12°28'12"	X= 0.9876	12°28'12"	X=0.9075	12°28'12"	X=1.03	12°28'12"	X=1.0349	12°28'12"	X=1.0924	12°28'12"	X=1.0724
20°	0.95	20°	0.9	20°	1.03	20°	1.05	20°	1.13	20°	1.11

Julio		Agosto		Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	
Lat.	Ka.	Lat.	Ka.	Lat.	Ka.	Lat.	Ka.	Lat.	Ka.	Lat.	Ka.
10°	1.08	10°	1.07	10°	1.02	10°	1.02	10°	0.98	10°	0.99
12°28'12"	X=1.0948	12°28'12"	X=1.0799	12°28'12"	X=1.02	12°28'12"	X=1.0151	12°28'12"	X=0.9677	12°28'12"	X=0.9702
20°	1.14	20°	1.11	20°	1.02	20°	1	20°	0.93	20°	0.91

Tabla 29: Resumen de cálculo de la constante ka.

Fuente: Elaboración propia. (2015).

❖ Cálculo de la constante I

El resumen de cálculo se muestra en la siguiente tabla:

Mes	Temperatura	$I_j = \left(\frac{T_j}{5}\right)^{1.514}$
Enero	23.3	10.279
Febrero	24.2	10.886
Marzo	26	12.135
Abril	27.2	12.993
Mayo	27.1	12.920
Junio	25.2	11.574
Julio	24.5	11.091
Agosto	24.7	11.228
Septiembre	24.6	11.159
Octubre	24.7	11.228
Noviembre	24.3	10.954
Diciembre	23.5	10.413
$I = \sum_{i=1}^{12} I_j$		136.858

Tabla 30: Resumen de cálculo de la constante I.

Fuente: Elaboración propia. (2015).

❖ **Cálculo de la constante a**

$$a = 0.49239 + 1792 \times 10^{-5}(I) - 771 \times 10^{-7}(I^2) + 675 \times 10^{-9}(I^3)$$

$$a = 3.2311$$

❖ **Cálculo de la evapotranspiración potencial (EPT)**

Meses	Temp. media T (°C)	Valor ka	Valor I	$ETP_j = 1.6ka \left(\frac{10Ti}{I}\right)^a * 10 (mm)$
Enero	23.3	0.988	136.858	88.177
Febrero	24.2	0.908	136.858	91.580
Marzo	26	1.030	136.858	131.059
Abril	27.2	1.035	136.858	152.350
Mayo	27.1	1.092	136.858	158.912
Junio	25.2	1.072	136.858	123.347
Julio	24.5	1.095	136.858	114.968
Agosto	24.7	1.080	136.858	116.422
Septiembre	24.6	1.020	136.858	108.532
Octubre	24.7	1.015	136.858	109.436
Noviembre	24.3	0.968	136.858	98.965
Diciembre	23.5	0.970	136.858	89.049

Tabla 31: Resumen de cálculo de la evapotranspiración potencial.
Fuente: Elaboración propia. (2015).

b) Cálculo de coeficientes de humedad al inicio del mes (C1)

Considerando un suelo con textura franco arcilloso, de la tabla 3, se extraen los siguientes parámetros:

Por peso				
fc (mm/d):	150	(%)	(mm)	
I (%):	0.58	CC	27	135
DS (g/cm3):	1.3	PM	16	80
PR (mm):	500	RAD	13	55

fc: Capacidad de Infiltración
I: Infiltración.

PR: Profundidad de Raíces.

RAD (CC-PM): Rango de Agua Disponib

DS: Densidad de Suelo.

Tabla 32: Propiedades de los suelos franco arcilloso.

Fuente: Elaboración propia. (2015).

HSi (mm)	PM (mm)	Pi (mm)	CC (mm)	C1= (HSi – PM + Pi) / (CC-PM) adimensional
85	80	21.36	135	0.48
85	80	6.37	135	0.21
85	80	3.73	135	0.10
85	80	13.72	135	0.25
85	80	116.45	135	1.00
85	80	192.83	135	1.00
85	80	165.90	135	1.00
85	80	156.91	135	1.00
85	80	159.51	135	1.00
85	80	145.95	135	1.00
85	80	57.53	135	1.00
85	80	21.28	135	1.00

Tabla 33: Resumen de cálculo coeficientes de humedad al final del mes (C1).
Fuente: Elaboración propia. (2015).

c) Evapotranspiración real (ETR1)

C1 (adimensional)	ETPj (mm)	ETR1= c1*ETPj
0.48	88.177	42.26
0.21	91.580	19.31
0.10	131.059	13.52
0.25	152.350	38.00
1.00	158.912	158.91
1.00	123.347	123.35
1.00	114.968	114.97
1.00	116.422	116.42
1.00	108.532	108.53
1.00	109.436	109.44
1.00	98.965	98.96
1.00	89.049	89.05

Tabla 34: Resumen de cálculo de la evapotranspiración real ETR1.
Fuente: Elaboración propia. (2015).

d) Calculo de coeficientes de humedad al final del mes (C2)

HSi (mm)	PM (mm)	Pi (mm)	ETPj (mm)	CC (mm)	C2 = (HSi – PM + Pi – ETRj) / (CC-PM)
85	80	21.35	88.177	135	0
85	80	6.36	91.580	135	0
85	80	3.73	131.059	135	0
85	80	13.71	152.350	135	0
85	80	116.44	158.912	135	0
85	80	192.83	123.347	135	1
85	80	165.90	114.968	135	1
85	80	156.91	116.422	135	1
85	80	159.51	108.532	135	1
85	80	145.95	109.436	135	1
85	80	57.53	98.965	135	0.25
85	80	21.28	89.049	135	0

Tabla 35: Resumen de cálculo coeficientes de humedad al final del mes (C2).
Fuente: Elaboración propia. (2015).

e) Calculo de la evapotranspiración real (ETR)

C1	C2	P	ETPR = ((C1+C2)/2) ETP (mm/mes)
0.48	0	29.55	21.13
0.21	0	12.32	9.66
0.10	0	9.29	5.67
0.25	0	20.77	13.72
1.00	0	152.1	79.46
1.00	1	251.87	123.35
1.00	1	216.69	114.97
1.00	1	204.95	116.42
1.00	1	208.34	108.53
1.00	1	190.64	109.44
1.00	0.25	75.15	61.69
1.00	0	29.46	44.52

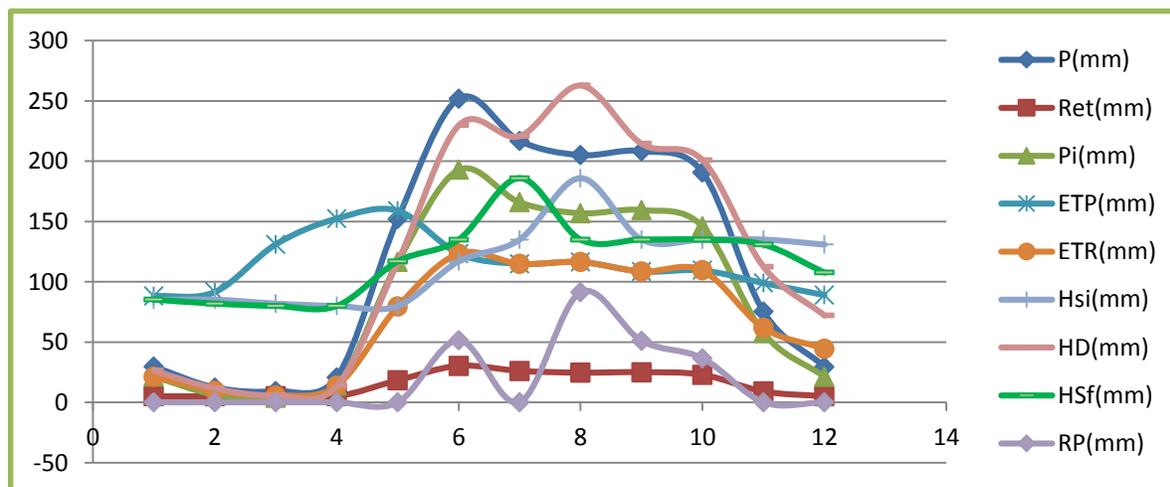
Tabla 36: Resumen de cálculo de la evapotranspiración real.
Fuente: Elaboración propia. (2015).

3.4.3. Evaluación de la recarga del acuífero

Parámetro	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	TOTAL
P(mm)	29.55	12.32	9.29	20.77	152.1	251.87	216.69	204.95	208.34	190.64	75.15	29.46	1401.13
Ret(mm)	5.00	5.00	5.00	5.00	18.25	30.22	26.00	24.59	25.00	22.88	9.02	5.00	180.97
Pi(mm)	21.36	6.37	3.73	13.72	116.45	192.83	165.90	156.91	159.51	145.95	57.53	21.28	1061.54
ETP(mm)	88.18	91.58	131.06	152.35	158.91	123.35	114.97	116.42	108.53	109.44	98.96	89.05	1382.80
ETR(mm)	21.13	9.66	5.67	13.72	79.46	123.35	114.97	116.42	108.53	109.44	61.69	44.52	808.56
Hsi(mm)	85.00	85.23	81.94	80.00	80.00	116.99	135.00	185.93	135.00	135.00	135.00	130.84	1385.94
HD(mm)	26.36	11.60	5.67	13.72	116.45	229.82	220.90	262.84	214.51	200.95	112.53	72.12	1487.48
HSf(mm)	85.23	81.94	80.00	80.00	116.99	135.00	185.93	135.00	135.00	135.00	130.84	107.60	1408.54
RP(mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	51.48	0.00	91.42	50.97	36.52	0.00	0.00	230.38
%RP													16.44

- P: Precipitación Media Mensual.
- Ret: Retención de lluvia en el follaje.
- PI: Precipitación que Infiltra.
- ETP: Evapotranspiración Potencial.
- ETR: Evapotranspiración Real.
- HSi: Humedad del suelo inicial (inicio de mes).
- HD: Humedad disponible.
- HSf: Humedad del suelo final (final de mes).
- Rp: Recarga Potencial.

Tabla 37: Resumen de cálculo de la recarga del acuífero.
Fuente: Elaboración propia. (2015).



Gráfica 9: Recarga vs precipitaciones.
Fuente: Elaboración propia. (2015).

Se obtuvo un porcentaje de recarga del 16.44% de la precipitación con potencial de infiltración.

CAPITULO IV: LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

4.1. Trabajo de campo

Debido a que un levantamiento topográfico conlleva dos componentes, la planimetría y la altimetría, este se llevó a cabo en dos etapas. El procedimiento seguido se describe a continuación.

4.1.1. Primera etapa: Planimetría de detalles

Esta etapa tuvo como objetivo el levantamiento de detalles, de tal manera que permitiese la localización en plano de la infraestructura pública y privada, accidentes topográficos, puntos críticos y establecimiento de colindancias entre el terreno comunal y privado.

Esta etapa comprendió los siguientes aspectos:

- Localización de viviendas, escuela y edificios públicos y privados en general, esto por medio del levantamiento de las esquinas de las estructuras.
- Levantamiento de la infraestructura vial, calles y caminos dentro del núcleo poblacional, mediante marcaje de puntos a lo largo de la calzada, al centro y a los dos lados de esta, con estacionamientos de 20m, prestando el suficiente detalle a las intersecciones.
- Levantamiento de accidentes en el terreno: cauces naturales, depresiones y quebradas. Se levantó una cantidad de puntos tal que permitieran presentar el relieve con el suficiente detalle.

Con esta información se elaboró el croquis de la comunidad y de esta manera facilitar la localización de nodos, trazado de la red de distribución y selección de la ruta de la línea de conducción.

4.1.2. Segunda etapa: Altiplanimetría

Correspondiente al replante y levantamiento altimétrico de los nodos y línea de tubería de conducción, además de la altiplanimetría del predio del tanque.

El procedimiento seguido se describe a continuación:

- **Fuente**

Se marcó la elevación del terreno y coordenadas de todos los pozos, teniendo especial atención en el pozo de interés, donde fue necesario el marcar en varias ocasiones para promediar los resultados y obtener un dato más preciso.

- **Predio del tanque**

La ubicación del tanque es de vital importancia para el buen funcionamiento del sistema, debe estar lo suficientemente elevado sobre la comunidad para que el agua llegue con suficiente presión al consumidor ubicado en lugares lejanos y de altura similar al tanque.

El levantamiento del terreno del tanque de almacenamiento conllevó primeramente la identificación del predio más favorable en base a los criterios de elevación, accesibilidad y estabilidad del suelo de emplazamiento. El levantamiento se llevó a cabo en cuadrículas de 5m, en un área de 25x25m.

- **Línea de conducción**

Luego de la identificación de la ruta más favorable a partir del reconocimiento de campo, se realizó el levantamiento de puntos iniciando en el lugar de la captación hasta llegar al sitio de emplazamiento del tanque, con estacionamientos de 20m, además se marcaron los puntos más altos. Con relación a la ruta se seleccionó la opción más favorable en cuanto a pendiente y accidentes topográficos.

- **Red de distribución**

El levantamiento conllevó primeramente la identificación de los nodos para el respectivo marcaje de puntos, cada nodo debió ser marcado en varias ocasiones para promediar los resultados y así obtener datos más precisos.

CAPITULO V: DISEÑO DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA

5.1. Selección del nivel de servicio

La selección del nivel de servicio debe considerar dos aspectos: la capacidad o rendimiento de la fuente, esto con el objetivo de proteger los recursos hídricos, y la capacidad económica de la población para hacer frente a los costos de instalación y operación del sistema.

Con relación a la capacidad de la fuente, esta cuenta con el rendimiento suficiente para cubrir tanto un proyecto con tomas públicas como uno con conexiones domiciliarias, por lo tanto la selección dependerá más de la capacidad económica de la población.

En la sección (2.5.4.) se valoró la capacidad económica de las familias, donde se encontró que el ingreso familiar promedio es de C\$ 1567 (un mil quinientos sesenta y siete córdobas), para una capacidad de pago mensual por familia (considerando el 3% del ingreso mensual para pago del servicio de agua potable) de C\$ 50 (cincuenta córdobas); suficientes para cubrir los costos de instalación de las tomas de patio y la cuota mensual para operación y mantenimiento del sistema.

5.2. Selección de la dotación

De acuerdo a la sección (3.1.), NTON 09001-99, los sistemas de abastecimiento de agua a través de conexiones domiciliarias deberán ser proyectados considerando una dotación de 50 a 60 litros por persona por día, sin embargo en los proyectos financiados por el FISE se acostumbra utilizar una dotación de 20 galones por día ≈ 75 lppd, por lo tanto se usara una dotación de 20 gppd, esto para compensar cualquier volumen de agua no considerado o fuera de lo previsto.

5.3. Estimación de la población de diseño

5.3.1. Tasa de crecimiento geométrico

Se utilizó una tasa de crecimiento geométrico de 3.33%, calculada a partir de la ecuación 17 y utilizando los censos poblacionales de los años 2005 y 2014 (210 y 282 personas respectivamente).

Las tasas de crecimiento geométrico del municipio de Teustepe y del departamento de Boaco para el periodo 1995-2005 fueron de 2.12% y 2.90% respectivamente, por

lo tanto la tasa seleccionada excede levemente el crecimiento que experimenta la población de Boaco estos últimos años, lo que ayuda a disminuir la incertidumbre sobre un posible crecimiento poblacional superior al calculado, pero a su vez está por debajo 4%, que es la tasa de crecimiento máxima establecida para Nicaragua.

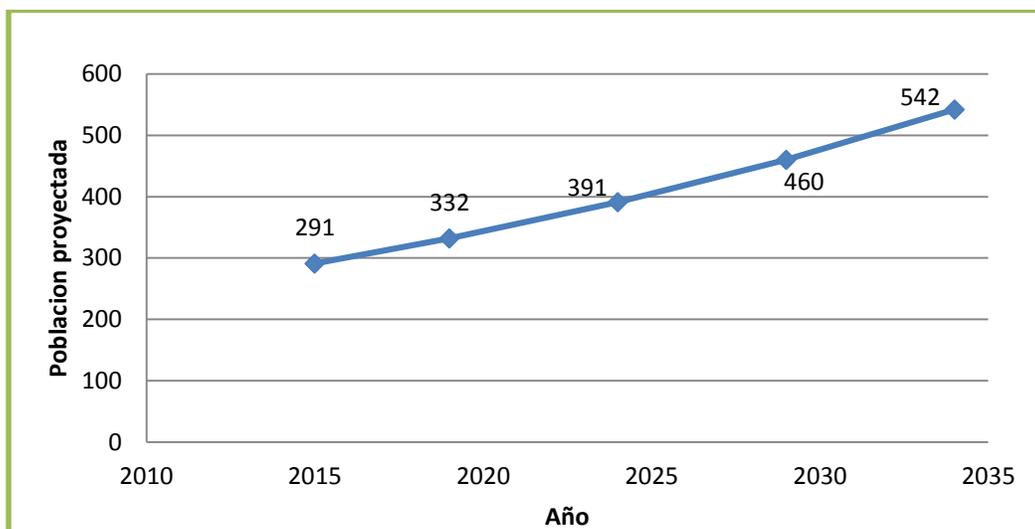
5.3.2. Proyección de población

La población para el periodo de diseño se proyectó utilizando el método geométrico (ecuación 16), para un periodo de 20 años, con un tasa de crecimiento geométrica de 3.33% y utilizando el censo poblacional del año 2014 como población base.

El resumen de los cálculos se muestra en la siguiente tabla.

METODO GEOMETRICO					
Año a proyectar	2005	2014	Kg (2005-14)	Kg útil	Población proyectada
2015	210	282	3.33	3.33	291
2016	210	282	3.33	3.33	301
2017	210	282	3.33	3.33	311
2018	210	282	3.33	3.33	321
2019	210	282	3.33	3.33	332
2020	210	282	3.33	3.33	343
2021	210	282	3.33	3.33	355
2022	210	282	3.33	3.33	366
2023	210	282	3.33	3.33	378
2024	210	282	3.33	3.33	391
2025	210	282	3.33	3.33	405
2026	210	282	3.33	3.33	417
2027	210	282	3.33	3.33	431
2028	210	282	3.33	3.33	446
2029	210	282	3.33	3.33	462
2030	210	282	3.33	3.33	475
2031	210	282	3.33	3.33	491
2032	210	282	3.33	3.33	508
2033	210	282	3.33	3.33	527
2034	210	282	3.33	3.33	541

Tabla 38: Resumen de cálculo de la proyección de población.
Fuente: Elaboración propia. (2015).



Gráfica 10: Comportamiento poblacional dentro del periodo de diseño.
Fuente: Elaboración propia. (2015).

5.4. Estimación del caudal de diseño

La estimación del consumo de agua para el periodo de diseño debe considerar, según lo establecido por norma, el volumen de agua por posibles pérdidas en el sistema, las que se consideran como un máximo el 20% del consumo promedio diario.

Aplicando las ecuaciones 20 y 21 de la sección (1.5.9.b), se obtienen los siguientes resultados:

Año	Población	Dotación		Consumo Promedio Diario (CPD)		Perdidas en el sistema (20%CPD)	CPDT	CMD (150%CPDT)	CMH (250%CPDT)
		gppd	Lppd	gpd	Lps				
2015	291	20	75	5820	0.253	0.051	0.303	0.450	0.760
2016	301	20	75	6020	0.261	0.052	0.314	0.470	0.780
2017	311	20	75	6220	0.270	0.054	0.324	0.490	0.810
2018	321	20	75	6420	0.279	0.056	0.334	0.500	0.840
2019	332	20	75	6640	0.288	0.058	0.346	0.520	0.860
2020	343	20	75	6860	0.298	0.060	0.357	0.540	0.890
2021	355	20	75	7100	0.308	0.062	0.370	0.550	0.920
2022	366	20	75	7320	0.318	0.064	0.381	0.570	0.950
2023	378	20	75	7560	0.328	0.066	0.394	0.590	0.980
2024	391	20	75	7820	0.339	0.068	0.407	0.610	1.020

2025	405	20	75	8100	0.352	0.070	0.422	0.630	1.050
2026	417	20	75	8340	0.362	0.072	0.434	0.650	1.090
2027	431	20	75	8620	0.374	0.075	0.449	0.670	1.120
2028	446	20	75	8920	0.387	0.077	0.465	0.700	1.160
2029	462	20	75	9240	0.401	0.080	0.481	0.720	1.200
2030	475	20	75	9500	0.412	0.082	0.495	0.740	1.240
2031	491	20	75	9820	0.426	0.085	0.511	0.770	1.280
2032	508	20	75	10160	0.441	0.088	0.529	0.790	1.320
2033	527	20	75	10540	0.457	0.091	0.549	0.820	1.370
2034	541	20	75	10820	0.470	0.094	0.564	0.850	1.410

Tabla 39: Resumen de cálculo del caudal de diseño.
Fuente: Elaboración propia. (2015).

5.5. Diseño hidráulico del equipo de bombeo

El diseño contempla un único equipo de bombeo, por tanto finalizando el primer periodo de 10 años, este deberá ser reemplazado por otro equipo de iguales especificaciones que el primero.

La falta de información disponible sobre las características y comportamiento del pozo, obligó a asumir bajo consideración algunos de estos valores. La alcaldía municipal de Teustepe únicamente conoce el dato correspondiente al nivel estático del pozo, los datos restantes son asumidos.

El abatimiento por bombeo se asumió considerando los resultados de una prueba de bombeo realizada por la Asociación Fénix a la comunidad La Conga, que es una comarca vecina a Las Masías. La prueba fue realizada bajo un régimen de bombeo continuo a un caudal máximo de 30 gpm, dando como resultado una disminución de 10 pies en el nivel del agua por efectos del bombeo, por lo tanto proyectado a Las masías, al tener una mayor población se consideró duplicar este valor.

En cuanto a las variaciones estacionales, los sistemas de abastecimiento de agua proyectados en Boaco generalmente se diseñan considerando una disminución estacional de los niveles de agua por el orden de los 10 pies.

Condiciones

Nivel Estático del Agua (NEA)	12 m
Variaciones estacionales	10 Pies
Abatimiento por bombeo	20 Pies
Sumergencia	10 Pies
Tubería de conducción de PVC con C	150
Q _{diseño}	0.85 Lps

a) Diámetro interno de la tubería de descarga

Aplicando la ecuación 22:

$$D = 0.9(0.00085 \text{ m}^3/\text{s})^{0.45}$$

$$D = 0.037 \text{ m} = 1.46 \approx 2 \text{ plg}$$

b) Carga total dinámica

$$CTD = NB + CED + hf_{columna} + hf_{descarga}$$

- Nivel más bajo del agua durante el bomba (NB)

$$NB = NEA + \text{Variaciones estacionales} + \text{Abatimiento}$$

$$NB = 39.36 \text{ pies} + 10 \text{ pies} + 20 \text{ pies}$$

$$NB = 69.36 \text{ pies} \approx 21.15 \text{ m}$$

- Carga estática de la descarga CED

$$CED = 294.05 \text{ m} - 267.39 \text{ m}$$

$$CED = 26.66 \text{ m}$$

- Pérdidas de la columna dentro del pozo ($hf_{columna}$)

La NTON 09001-99 establece (sección 6.4.1.), que las pérdidas por fricción en la columna de bombeo se consideran no mayor al 5% de su longitud.

$$hf_{columna} = 5\%Lc$$

$$Lc = NB + \text{Sumergencia}$$

$$Lc = 69.36 \text{ pies} + 10 \text{ pies}$$

$$Lc = 79.36 \text{ pies}$$

$$hf_{columna} = 0.05(79.36 \text{ pies})$$

$$hf_{columna} = 3.97 \text{ pies} \approx 1.21 \text{ m}$$

- **Pérdidas en la descarga ($hf_{descarga}$)**

Considerando una tubería con un diámetro $\phi_{descarga} = 2''$.

Utilizando la tabla 11 de pérdidas localizadas en longitudes equivalentes en metro de tubería recta.

Accesorio	Cantidad	Longitud equivalente (m)	Total (m)
C-90° de radio mediano	1	1.4	1.4
Válvula de compuerta, VC liviano	1	0.4	0.4
Válvula de retención, VR liviano	1	4.2	4.2
Tee paso directo	1	1.1	1.1
Medidor	1	10	10
C-45°	5	0.8	4
Salida al tanque	1	1.5	1.5
			$\sum Le \text{ total} = 22.6 \text{ m}$

Tabla 40: Pérdidas localizadas como longitudes equivalentes de tubería.
Fuente: Elaboración propia. (2015).

$$L_{real} = Le_{total} + L_{tuberia}$$

$$L_{real} = 22.6 \text{ m} + 505.3 \text{ m}$$

$$L_{real} = 527.9 \text{ m}$$

$$hf_{descarga} = 10.674 \left(\frac{Q}{C} \right)^{1.852} \left(\frac{l}{\phi^{4.87}} \right)$$

$$hf_{descarga} = 10.674 \left(\frac{0.00085 \text{ m}^3/\text{s}}{150} \right)^{1.852} \left(\frac{527.9 \text{ m}}{(0.0508 \text{ m})^{4.87}} \right)$$

$$hf_{descarga} = 2.17 \text{ m}$$

$$CTD = NB + CED + hf_{columna} + hf_{descarga}$$

$$CTD = 21.15 \text{ m} + 26.66 \text{ m} + 1.21 \text{ m} + 2.17 \text{ m}$$

$$CTD = 51.19 \text{ m} \approx 167.90 \text{ pies}$$

c) Potencia hidráulica de la bomba

$$P_B = \frac{Q * CTD}{3960 * e}$$

$$P_B = \frac{(13.47 \text{ gpm})(167.90 \text{ pies})}{3960 * 0.6}$$

$$P_B = 0.95 \approx 1 \text{ HP}$$

Se requiere un equipo de bombeo con una potencia hidráulica superior a los 1 HP.

d) Potencia del motor

$$P_M = 1.15 * P_B$$

$$P_M = 1.15 * 1 \text{ HP}$$

$$P_M = 1.15 \text{ HP}$$

e) Selección del equipo de bombeo

Se seleccionó el equipo de bombeo para las siguientes condiciones de operación:

Caudal 3 m³/h
CTD 167.90 Pies

Como referencia se utilizó el catálogo de bombas sumergibles GRUNDFOS SP A, SP de 50Hz, resultando la elección de la bomba SP 3A-15 para caudales de operación de hasta 4.4 m³/h, las características del equipo de bombeo se indican a continuación:

Velocidad de giro (n) 2870 rpm
Diámetro 3 plg
Potencia (P) 1.1 kw ≈ 1.25 HP
Eficiencia (e) 59 %

El fabricante no indica en catalogo el valor de la altura neta positiva de succión requerida (CNPSr), por tanto se considera que el valor es tan pequeño que el equipo no presentara problemas de cavitación.

5.6. Diseño hidráulico de la línea de conducción

a) Diámetro económico

El diámetro económico fue calculado en la sección (5.5.a), dando como resultado una tubería de conducción de 2 pulgadas.

b) Velocidad

Aplicando la ecuación de continuidad, obtenemos:

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

$$V = \frac{4(0.00085m^3/s)}{\pi(0.0508m)^2}$$

$$V = 0.41 \text{ m/s}$$

$$0.6 \text{ m/s} < v < 1.5 \text{ m/s}$$

La velocidad no se encuentra dentro de los límites establecidos por la norma, sin embargo al ser pequeña en magnitud ayudara a limitar el efecto del golpe de ariete.

c) Golpe de ariete

- Cálculo de la celeridad

Considerando una línea de conducción de PVC SDR-26 de 2”, el espesor del tubo es 2.31mm y la K para tubos plásticos de acuerdo a la tabla 12 es de 18.

Aplicando la ecuación de celeridad (ecu. 34):

$$C = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + 18 \frac{(0.0508m)}{(0.00231m)}}}$$

$$C = 469.76m/s$$

- **Cálculo del tiempo de cierre**

Para considerar las peores condiciones de funcionamiento los cálculos se realizan para cierre inmediato de la válvula de retención, de esta manera consideramos la sobrepresión máxima.

Aplicando la ecuación 32 para cierre instantáneo:

$$T = \frac{2(505.3m)}{469.76m/s}$$

$$T = 2.15 \text{ segundos}$$

- **Cálculo de la sobre presión**

A través de la ecuación 33, se obtiene el valor de la sobrepresión.

$$G.A. = \frac{(469.76 \text{ m/s})(0.41 \text{ m/s})}{9.81 \text{ m/s}^2}$$

$$G.A. = 19.63 \text{ m}$$

d) Presión total

La presión máxima ejercida en las paredes de la tubería está dada por la sumatoria de la carga estática y la sobrepresión ocasionada por golpe de ariete.

$$PT = G.A. + CED$$

$$PT = 19.63 \text{ m} + 26.66 \text{ m}$$

$$PT = 46.29 \text{ m}$$

Considerando que la presión de servicio ofrecida por la tubería PVC cédula SDR-26 es de aproximadamente 112 m.c.a., se concluye que es factible el usar esta denominación de tubería en la línea de conducción.

5.7. Dimensionamiento del tanque de almacenamiento

a) Cálculo del volumen del tanque

El volumen del tanque lo compone el volumen de reserva para atender eventualidades en caso de emergencia (20% CPTD), más el volumen de compensador (15% CPDT).

$$Vol.Total = 35\%CPDT$$

$$Vol.Total = 0.35(48.78m^3/dia)$$

$$Vol.Total = 17.07m^3$$

b) Cálculo de la altura del tanque

De la tabla 13, se determina que la constante de la capacidad de almacenamiento del tanque es $k = 2$. Aplicando la ecuación 38 para determinar la altura económica:

$$h = \frac{17.07m^3}{\frac{100}{3}} + 2$$

$$h = 2.06m$$

La altura hasta la tubería de reboce será de 2.5m, para una altura total del tanque será de 3.2m, esto sin afectar la estabilidad de la estructura.

c) Cálculo de la base del tanque

$$L = \sqrt{\frac{17.07m^3}{2.06m}} = 2.87m$$

Sin embargo, al tratarse de Miniacueducto por bombeo solar, donde predomina la variabilidad en el volumen de agua extraída, un depósito pequeño puede ocasionar tanto problemas en el funcionamiento propio de la estructura como en el funcionamiento del sistema en general, ante la eventualidad de periodos de llenado y vaciado excesivamente rápidos, por tanto, por efectos prácticos se considera una longitud efectiva de 3.7 m.

El depósito final tendrá una altura hasta el reboce de 2.5 metros y un largo de 3.7 metros, para un volumen efectivo de 34.2 metros cúbicos.

5.8. Análisis hidráulico de la red de distribución

La simulación del sistema fue realizada con el software EPANET, considerando tres condiciones de operación:

- Tanque lleno y CMH.
- Tanque a 1/3 de capacidad y CMH.
- Tanque lleno y consumo cero.

Además se realizó una simulación en periodo extendido, con una duración de 3 días, para analizar el comportamiento de los componentes del sistema en condiciones más realistas, de manera que se puedan identificar las siguientes situaciones:

- Horas de bombeo y la necesidad de bombeo continuo o discontinuo.
- La evolución en los niveles del depósito, horas de llenado y de vaciado.
- Velocidades en las tuberías de la red de distribución y línea de conducción.
- La evolución de las presiones nodales durante el día.
- La evolución de los caudales.

Todas las simulaciones se realizaron tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- Nivel dinámico del agua dentro del pozo.
- La curva característica del equipo de bombeo seleccionado en la sección.
- Las dimensiones del tanque de almacenamiento calculadas en la sección.
- Tuberías de PVC, C= 150 y 2 pulgadas de diámetro.

Para la modelación del sistema se necesitaron 43 nodos, el alto nivel de sinuosidad de las calles y las altas pendientes en algunos sectores, hizo necesario la colocación de nodos ocasionalmente cercanos, para llevar un mejor control de las características de interés (presiones y velocidades).

El esquema de la red con el etiquetado de nodos, se muestra a continuación:



Figura 11: Esquema de la red de distribución, etiquetado de nodos.
Fuente: EPANET. (2015).

Con relación al pase de la línea de distribución a través de las quebradas, estos se realizarán elevando la tubería sobre la superficie, de tal manera que la tubería pase por encima de su cauce, se consideró una elevación de un metro por encima del nivel de desborde observado. Para la modelación de esta condición en EPANET, se necesitaron 4 nodos para representar los cambios bruscos de elevación, localizados en los accesorios (4 codos de 45° por quebrada).



Figura 12: Esquema de la red de distribución, etiquetado de líneas.
Fuente: EPANET. (2015).

5.8.1. Condición n°1: Tanque lleno y CMH

a) Análisis de presiones

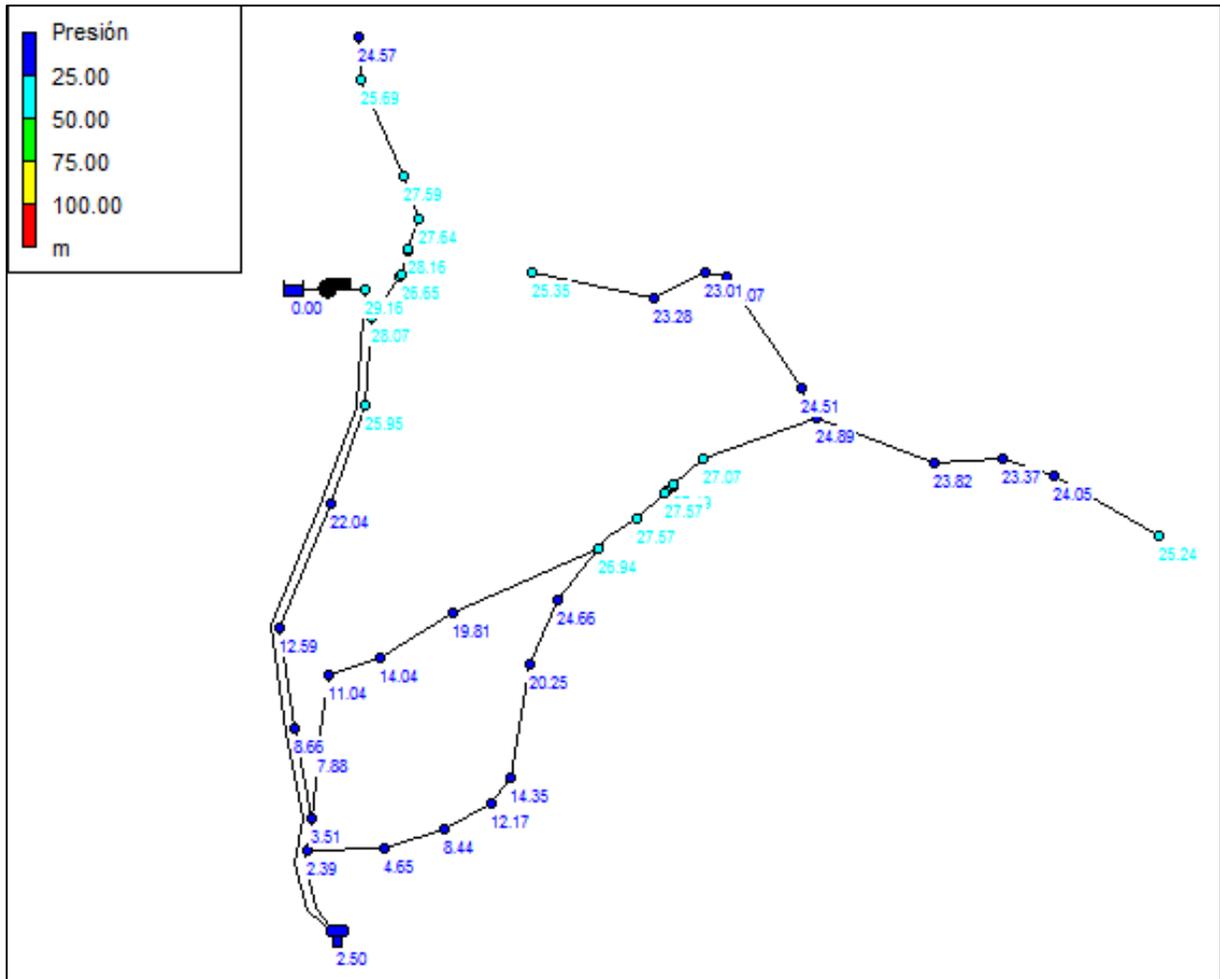


Figura 13: Esquema de presiones para la condición Tanque lleno y CMH.
Fuente: EPANET. (2015).

ID Nodo	Cota m	Demanda LPS	Presión m	ID Nodo	Cota m	Demanda LPS	Presión m
Nodo 1	493.36	0.03	2.39	Nodo 23	471.77	0.05	23.28
Nodo 2	491	0.04	4.65	Nodo 24	469.7	0.03	25.35
Nodo 3	487.14	0.03	8.44	Nodo 25	492.12	0.04	3.51
Nodo 4	483.36	0.02	12.17	Nodo 26	487.68	0.04	7.88
Nodo 5	481.15	0.04	14.35	Nodo 27	484.46	0.03	11.04
Nodo 6	475.17	0.05	20.25	Nodo 28	481.42	0.04	14.04
Nodo 7	470.72	0.04	24.66	Nodo 29	475.6	0.06	19.81
Nodo 8	468.4	0.07	26.94	Nodo 30	486.9	0.05	8.66
Nodo 9	467.71	0.03	27.57	Nodo 31	482.91	0.06	12.59
Nodo 10	467.67	0.01	27.57	Nodo 32	473.41	0.06	22.04
Nodo 11	469.47	0	25.77	Nodo 33	469.47	0.05	25.95
Nodo 12	469.54	0	25.69	Nodo 34	467.33	0.04	28.07
Nodo 13	467.74	0.01	27.49	Nodo 35	466.95	0.01	28.45
Nodo 14	468.12	0.04	27.07	Nodo 36	468.75	0	26.65
Nodo 15	470.19	0.07	24.89	Nodo 37	469.04	0	26.36
Nodo 16	471.24	0.05	23.82	Nodo 38	467.24	0.01	28.16
Nodo 17	471.69	0.03	23.37	Nodo 39	467.75	0.02	27.64
Nodo 18	471	0.05	24.05	Nodo 40	467.8	0.04	27.59
Nodo 19	469.81	0.03	25.24	Nodo 41	469.7	0.04	25.69
Nodo 20	470.56	0.04	24.51	Nodo 42	470.82	0.01	24.57
Nodo 21	471.99	0.04	23.07	Nodo 43	467.39	0	29.16
Nodo 22	472.05	0.02	23.01	Depósito	494.05	-1.41	2.5

Tabla 41: Resultados de presiones para la condición Tanque lleno y CMH.
Fuente: EPANET. (2015).

En esta condición, solamente se presentan 3 nodos con presiones por debajo de los 5 m.c.a. recomendados en la norma rural (nodo 1 con 2.39 m, nodo 2 con 4.65 m y el nodo 25 con 3.51 m). Los 40 nodos restantes mantienen presiones por encima de 20 m.c.a.

b) Análisis de velocidades

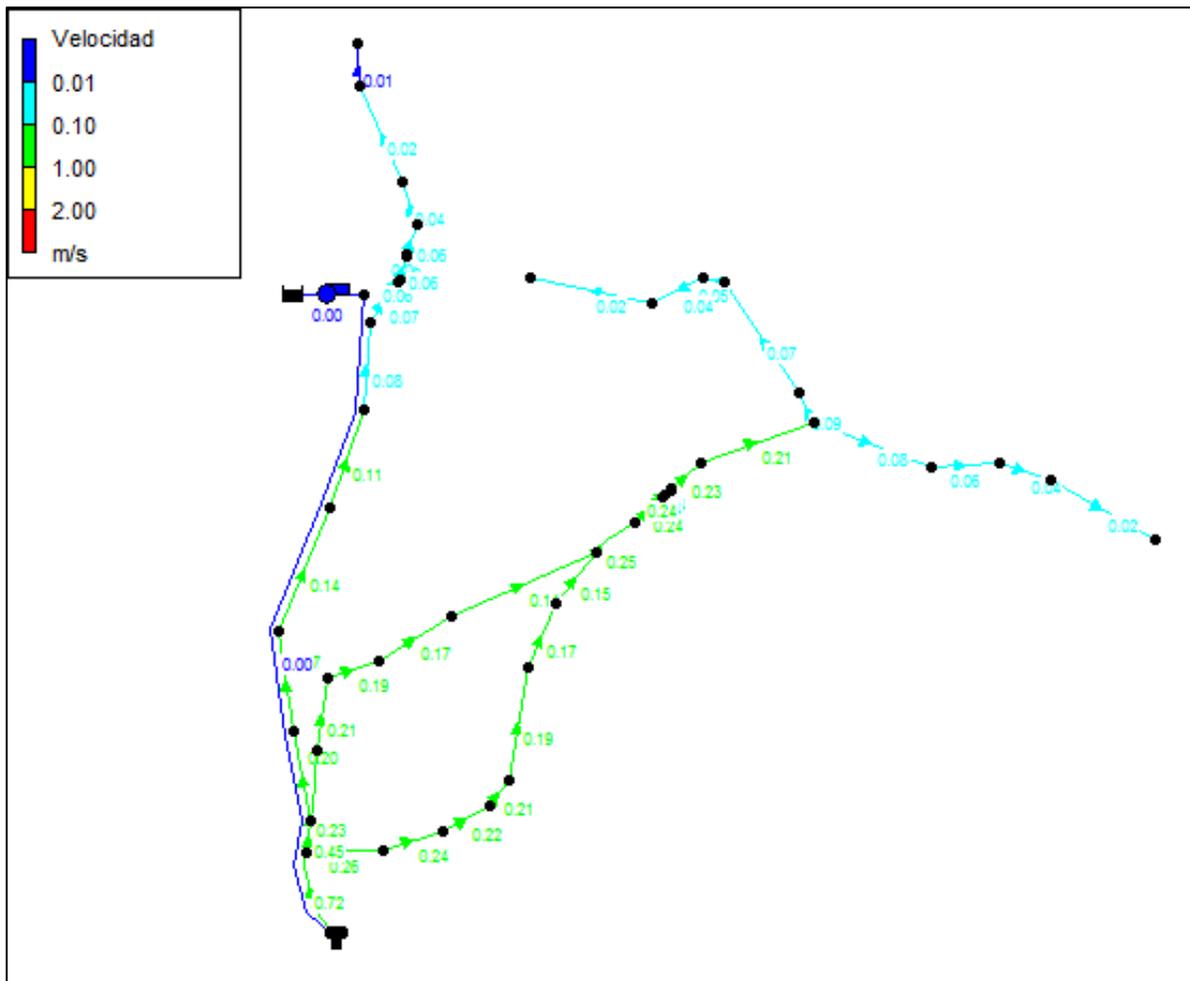


Figura 14: Esquema de velocidades para la condición Tanque lleno y CMH.
Fuente: EPANET. (2015).

Las 43 tuberías de la red presentan velocidades por debajo de los 0.4 m/s recomendados en la norma para evitar la sedimentación de material dentro de las mismas. Las tuberías principales presentan velocidades de entre 0.2 y 0.25 m/s, las demás se encuentran por debajo de los 0.2 m/s.

ID Línea	Longitud m	Caudal LPS	Velocidad m/s	ID Línea	Longitud m	Caudal LPS	Velocidad m/s
Tubería 1	58.56	0.51	0.26	Tubería 23	92.51	0.03	0.02
Tubería 2	47.65	0.47	0.24	Tubería 24	25.56	0.88	0.45
Tubería 3	39.71	0.44	0.22	Tubería 25	51.98	0.45	0.23
Tubería 4	24.71	0.42	0.21	Tubería 26	56.32	0.4	0.21
Tubería 5	85.65	0.38	0.19	Tubería 27	39.9	0.37	0.19
Tubería 6	52.84	0.33	0.17	Tubería 28	63.61	0.34	0.17
Tubería 7	47.86	0.3	0.15	Tubería 29	118.9	0.27	0.14
Tubería 8	37.79	0.5	0.25	Tubería 30	67.48	0.39	0.2
Tubería 9	28.16	0.47	0.24	Tubería 31	76.22	0.34	0.17
Tubería 10	1.8	0.46	0.24	Tubería 32	101.2	0.28	0.14
Tubería 11	5.74	0.46	0.24	Tubería 33	76.8	0.22	0.11
Tubería 12	1.8	0.46	0.24	Tubería 34	67.53	0.17	0.08
Tubería 13	29.11	0.45	0.23	Tubería 35	36.69	0.13	0.07
Tubería 14	90.11	0.41	0.21	Tubería 36	1.8	0.12	0.06
Tubería 15	95.47	0.16	0.08	Tubería 37	17.63	0.12	0.06
Tubería 16	51.09	0.11	0.06	Tubería 38	1.8	0.12	0.06
Tubería 17	41.44	0.08	0.04	Tubería 39	24.48	0.11	0.06
Tubería 18	88.86	0.03	0.02	Tubería 40	34.48	0.09	0.04
Tubería 19	24.63	0.18	0.09	Tubería 41	78.31	0.05	0.02
Tubería 20	100.2	0.14	0.07	Tubería 42	32.12	0.01	0.01
Tubería 21	16.34	0.1	0.05	Tubería 43	505.3	0	0
Tubería 22	43.73	0.08	0.04	Tubería 44	69.81	1.41	0.72

Tabla 42: Resultados de velocidades para la condición Tanque lleno y CMH.
Fuente: EPANET. (2015).

Las bajas velocidad indican la necesidad de colocar válvulas de limpiezas en los puntos más bajos de los sectores problemáticos.

5.8.2. Condición n°2: Tanque 1/3 y CMH

a) Análisis de presiones

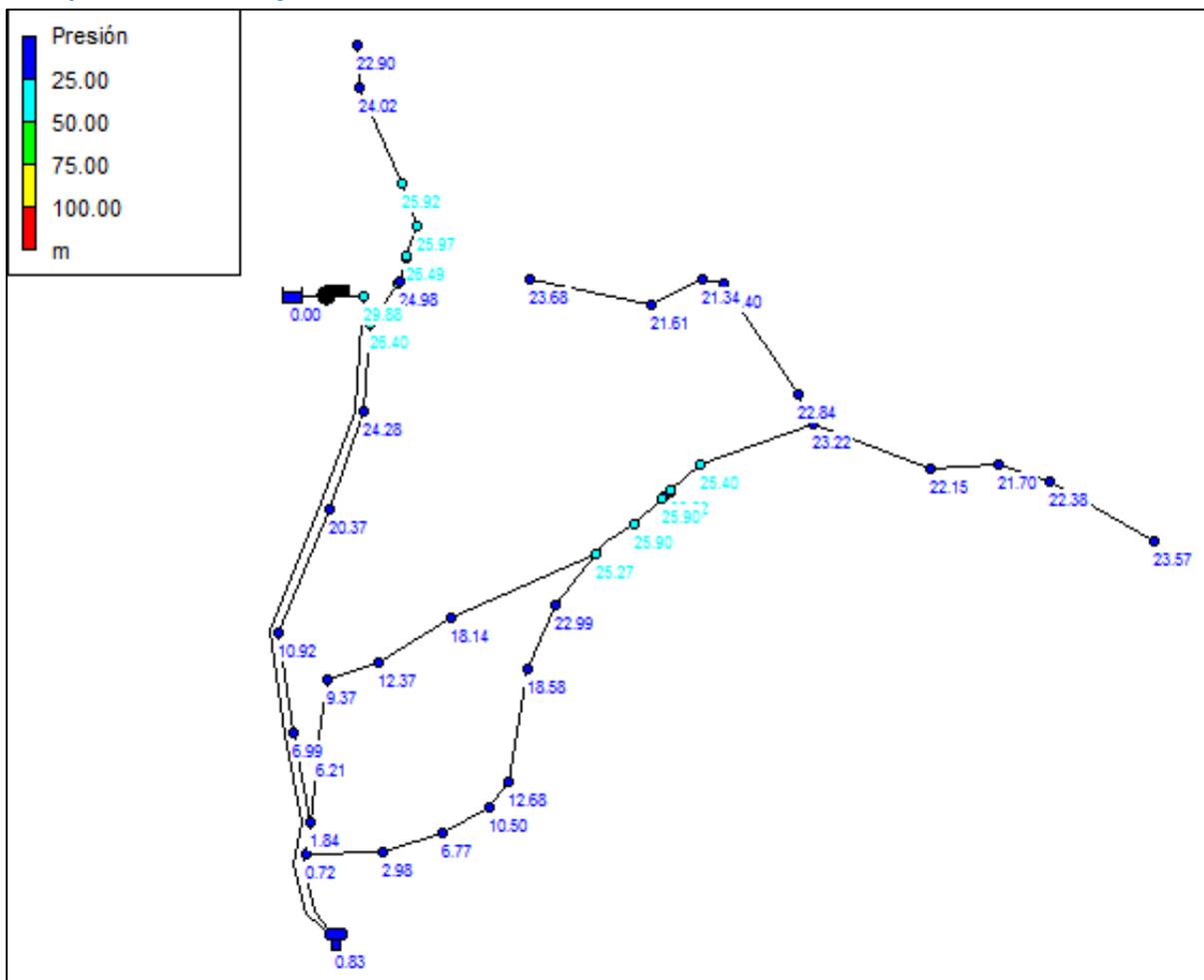


Figura 15: Esquema de presiones para la condición Tanque 1/3 y CMH.
Fuente: EPANET. (2015).

Al igual que en la condición anterior, los nodos 1, 2 y 25 presenta presiones por debajo de los 25 m.c.a. (0.72 m, 2.98 m y 1.84 m respectivamente), la gran mayoría de los nodos restantes mantienen presiones por encima de los 20 m.c.a.

ID Nodo	Cota m	Demanda LPS	Presión m	ID Nodo	Cota m	Demanda LPS	Presión m
Nodo 1	493.36	0.03	0.72	Nodo 23	471.77	0.05	21.61
Nodo 2	491	0.04	2.98	Nodo 24	469.7	0.03	23.68
Nodo 3	487.14	0.03	6.77	Nodo 25	492.12	0.04	1.84
Nodo 4	483.36	0.02	10.5	Nodo 26	487.68	0.04	6.21
Nodo 5	481.15	0.04	12.68	Nodo 27	484.46	0.03	9.37
Nodo 6	475.17	0.05	18.58	Nodo 28	481.42	0.04	12.37
Nodo 7	470.72	0.04	22.99	Nodo 29	475.6	0.06	18.14
Nodo 8	468.4	0.07	25.27	Nodo 30	486.9	0.05	6.99
Nodo 9	467.71	0.03	25.9	Nodo 31	482.91	0.06	10.92
Nodo 10	467.67	0.01	25.9	Nodo 32	473.41	0.06	20.37
Nodo 11	469.47	0	24.1	Nodo 33	469.47	0.05	24.28
Nodo 12	469.54	0	24.02	Nodo 34	467.33	0.04	26.4
Nodo 13	467.74	0.01	25.82	Nodo 35	466.95	0.01	26.78
Nodo 14	468.12	0.04	25.4	Nodo 36	468.75	0	24.98
Nodo 15	470.19	0.07	23.22	Nodo 37	469.04	0	24.69
Nodo 16	471.24	0.05	22.15	Nodo 38	467.24	0.01	26.49
Nodo 17	471.69	0.03	21.7	Nodo 39	467.75	0.02	25.97
Nodo 18	471	0.05	22.38	Nodo 40	467.8	0.04	25.92
Nodo 19	469.81	0.03	23.57	Nodo 41	469.7	0.04	24.02
Nodo 20	470.56	0.04	22.84	Nodo 42	470.82	0.01	22.9
Nodo 21	471.99	0.04	21.4	Nodo 43	467.39	0	29.88
Nodo 22	472.05	0.02	21.34	Depósito	494.05	-0.53	0.83

Tabla 43: Resultados de presiones para la condición Tanque 1/3 y CMH.
Fuente: EPANET. (2015)

El principal problema lo presenta el nodo que conecta la línea de conducción con la red de distribución, nodo que presenta una cota topográfica solamente 1 metro por debajo de la cota topográfica del terreno del tanque. Esto evita el desarrollo de una buena presión de entrada a la red, sin embargo esta situación mejora en el recorrido de esta, por el predominio de las pendientes.

b) Análisis de velocidades

Al no existir cambios en la demanda de agua, las velocidades son las mismas calculadas para la condición anterior.

5.8.3. Condición n°3: Tanque lleno y consumo cero

a) Análisis de presiones

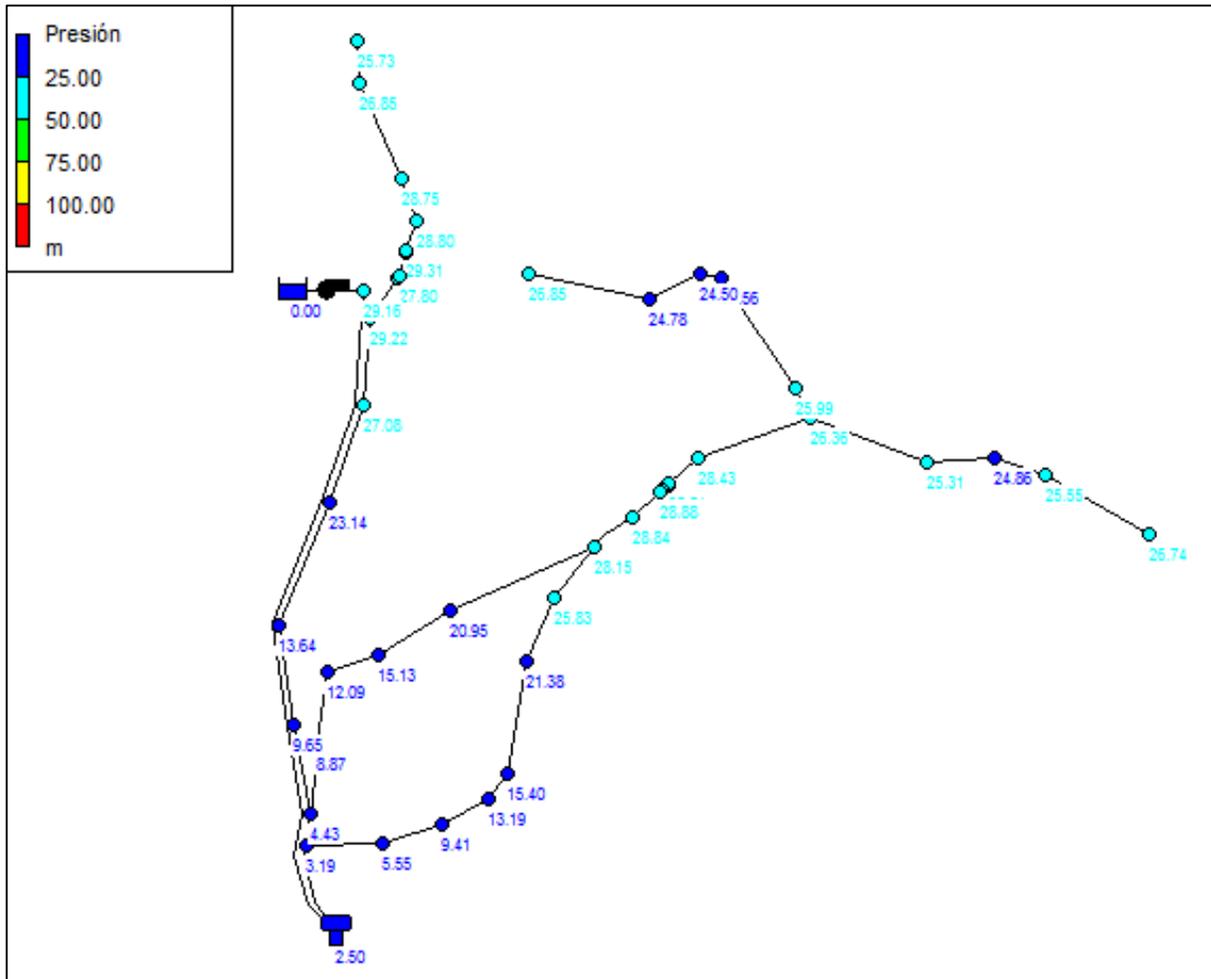


Figura 16: Esquema de presiones para la condición Tanque lleno y consumo cero.
Fuente: EPANET. (2015).

ID Nudo	Cota m	Demanda LPS	Presión m	ID Nudo	Cota m	Demanda LPS	Presión m
Nodo 1	493.36	0	3.19	Nodo 23	471.77	0	24.78
Nodo 2	491	0	5.55	Nodo 24	469.7	0	26.85
Nodo 3	487.14	0	9.41	Nodo 25	492.12	0	4.43
Nodo 4	483.36	0	13.19	Nodo 26	487.68	0	8.87
Nodo 5	481.15	0	15.4	Nodo 27	484.46	0	12.09
Nodo 6	475.17	0	21.38	Nodo 28	481.42	0	15.13
Nodo 7	470.72	0	25.83	Nodo 29	475.6	0	20.95
Nodo 8	468.4	0	28.15	Nodo 30	486.9	0	9.65
Nodo 9	467.71	0	28.84	Nodo 31	482.91	0	13.64
Nodo 10	467.67	0	28.88	Nodo 32	473.41	0	23.14
Nodo 11	469.47	0	27.08	Nodo 33	469.47	0	27.08
Nodo 12	469.54	0	27.01	Nodo 34	467.33	0	29.22
Nodo 13	467.74	0	28.81	Nodo 35	466.95	0	29.6
Nodo 14	468.12	0	28.43	Nodo 36	468.75	0	27.8
Nodo 15	470.19	0	26.36	Nodo 37	469.04	0	27.51
Nodo 16	471.24	0	25.31	Nodo 38	467.24	0	29.31
Nodo 17	471.69	0	24.86	Nodo 39	467.75	0	28.8
Nodo 18	471	0	25.55	Nodo 40	467.8	0	28.75
Nodo 19	469.81	0	26.74	Nodo 41	469.7	0	26.85
Nodo 20	470.56	0	25.99	Nodo 42	470.82	0	25.73
Nodo 21	471.99	0	24.56	Nodo 43	467.39	0	29.16
Nodo 22	472.05	0	24.5	Depósito	494.05	0	2.5

Tabla 44: Resultados de presiones para la condición Tanque lleno y consumo cero.
Fuente: EPANET. (2015).

En esta condición disminuye a dos el número de nodos que presentan problemas de presión (nodo 1 y nodo 25) con 3.19 m y 4.43 m respectivamente, lo que indica que solamente durante las horas de la noche y madrugada los consumidores de estos sectores podrían gozar de un mejor servicio.

b) Análisis de velocidades

Al no haber demanda, no hay flujo de agua.

5.8.4. Análisis en periodo extendido

Para el análisis en periodo extendido se incorporó un patrón de demanda, de manera permitiera simular el cambio que experimenta la demanda de agua a lo largo del día (ver figura 17).

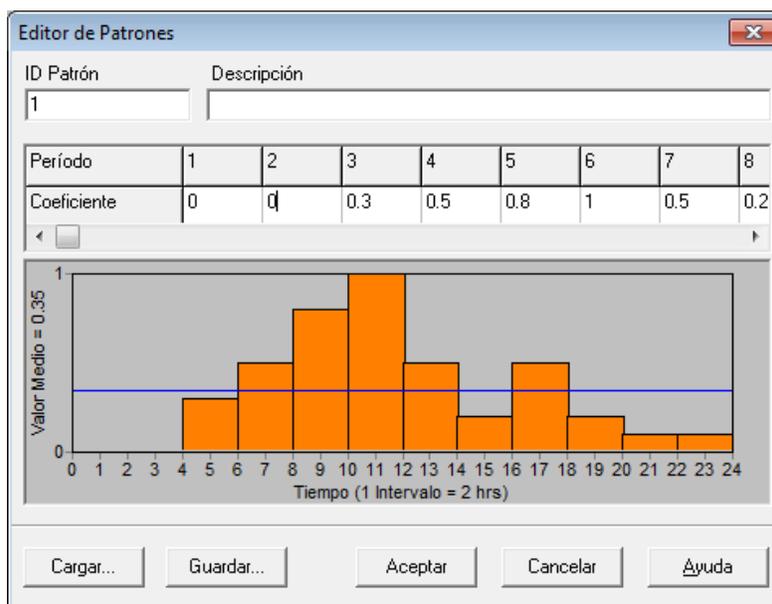


Figura 17: Patrón de demanda.
Fuente: Elaboración propia. (2015).

Los coeficientes adoptados se muestran en la tabla 45 y representan, bajo criterio propio, los requerimientos de agua para el caso particular de la comarca Las masías.

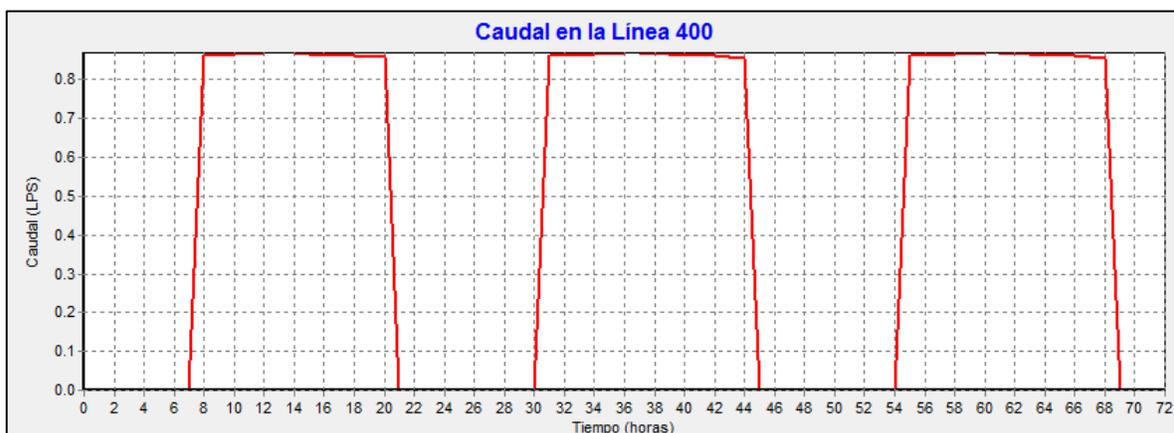
Hora	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24
Coef.	0	0	0.3	0.5	0.8	1	0.5	0.2	0.5	0.2	0.1	0.1

Tabla 45: Coeficientes del patrón de demanda.
Fuente: Elaboración propia. (2015).

Los restantes datos de entrada fueron los mismos incorporados en los análisis en régimen permanente.

a) Horas de bombeo

El sistema fue modelado considerando que el bombeo debiera iniciarse cuando se alcance un nivel de agua en el deposito de 1.9 metros y terminarse al alcanzar los 2.4 los 2.4 metros (sin llegar al reboce). En la siguiente gráfica se muestran la evolución temporal del equipo de bombeo en estas condiciones.



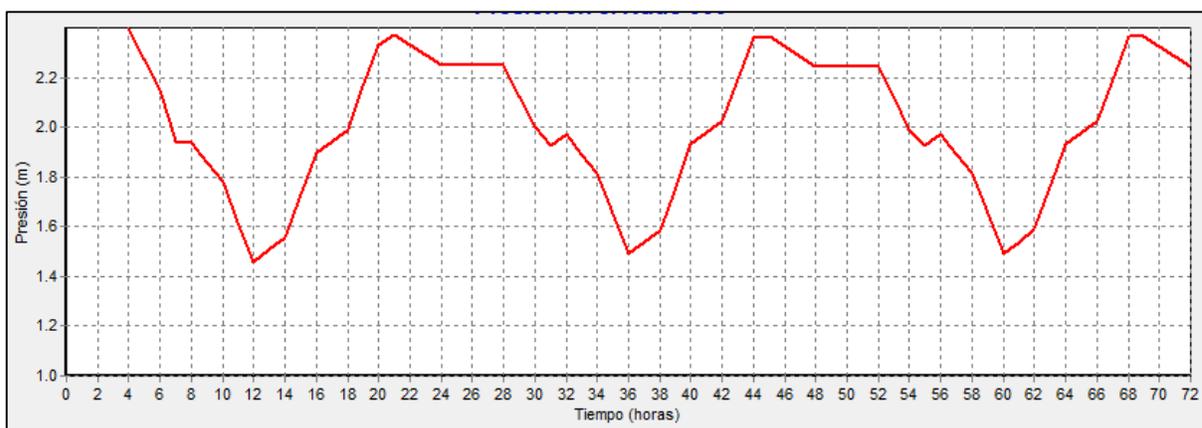
Gráfica 11: Curva de evolución temporal de la bomba.
Fuente: EPANET. (2015).

Luego de estabilizado el sistema (a partir del segundo día) puede observarse la necesidad de un régimen de bombeo continuo de 13 horas, que va de las 7 am a las 8 pm.

El caudal suministrado al sistema por el equipo de bombeo seleccionado es de 0.87 lps.

b) Evolución temporal en los niveles del depósito

Se hizo énfasis en el nivel máximo que debe alcanzar el depósito en condiciones normales de operación, se considero que el nivel del agua dentro del mismo jamas podra alcanzar el nivel de reboce y se limitara a unmaximo de 2.4 metros.



Gráfica 12: Evolución temporal en los niveles del depósito.
Fuente: EPANET. (2015).

En la gráfica 12, se muestra la variación de los niveles de agua dentro del depósito, el nivel mínimo registrado es de 1.46 metros y el nivel máximo de 2.4 metros.

c) Evolución de las presiones

Las máximas presiones se alcanzan durante la noche y madrugada, con valores cercanos a los calculados para la condición tanque lleno y consumo cero, pues en esa sección se consideró un tanque en la peor condición (reboce), mientras que en esta sección se considera un nivel más realista (2.4m). Durante el resto del día, en dependía de las horas de llenado y vaciado del tanque, las presiones se limitan a mantenerse levemente por debajo a los valores calculados para la condición tanque lleno y CMH, pero por encima a los valores calculados para la condición tanque 1/3 y CMH, esto último debido a que el nivel mínimo registrado en el depósito es de 1.46 metros, que es un nivel superior a los 0.83 metros utilizados en esa ocasión.

Las mayores presiones se experimentan entre las 7pm a 5am, cuando el nivel en el depósito se encuentra cercano al máximo y la demanda de agua al mínimo.

d) Evolución de las velocidades

Las velocidades obtenidas para la condición tanque lleno y CMH representan las máximas velocidades que se pueden desarrollar en el sistema, sin embargo al considerar la variación que experimenta la demanda de agua durante el día, obtenemos velocidades por debajo de estos valores, lo que indica la inevitable necesidad de colocar válvulas de limpieza en un sistema en donde a determinadas horas del día, la gran mayoría de las líneas experimentarán velocidades muy por debajo de los valores permisibles por norma.

Las menores velocidades se desarrollan durante las horas de la tarde y noche, y las mayores entre las 10am a 12pm, cuando la población es más activa y el servicio experimenta la mayor demanda.

5.8.5. Análisis de resultados

a) Presiones

Las presiones obtenidas para las diferentes condiciones de trabajo consideradas fueron en general satisfactorias, se presentaron solamente 3 nodos con problema de bajas presiones, sin embargo estos se encuentran en los sectores con menor densidad poblacional, por lo que el número de se limita a 4 familias. Sin embargo el análisis demostró que estas familias experimentarán buenas presiones durante las horas de la noche y madrugada, por lo que se propone como solución a este problema la instalación de un tanque plástico de 50 galones de capacidad elevado

sobre una estructura metálica, localizado lo más cerca posible del sitio destinado para colocar la toma de patio, esto para disminuir las pérdidas que pudieran ocasionarse en la tubería de ½”. El depósito deberá ser llenado durante la noche después de las siete, cuando las presiones alcancen su máximo.

b) velocidades

Las bajas velocidades que presenta el sistema indican la inevitable necesidad de colocar válvulas de limpieza para prevenir la acumulación de sedimentos, pues la gran mayoría de las tuberías presenta velocidades por debajo de los 0.2 m/s.

La localización de las válvulas de limpieza se especifica en los planos constructivos, además de la localización de las válvulas de pase para el cierre de ramales durante las labores de mantenimiento del sistema.

5.9. Selección del módulo solar

Para garantizar el abastecimiento del agua potable durante todo el día y no solamente limitado a las horas de sol, el modulo solar deberá estar conectado a la red eléctrica nacional. Esto a su vez erradica la necesidad de acoplar un banco de baterías para almacenar energía.

Para simplificar la operación del sistema se ha optado por un equipo de bombeo de corriente continua¹³, es decir el sistema deberá incorporar una bomba sumergible equipada con un motor eléctrico de corriente continua, esto considerando que los paneles solares fotovoltaicos con los que se trabajarán convierten la luz solar directamente a corriente continua.

Aunque las bombas de corriente continua son más complejas internamente y pueden costar hasta tres veces más que las bombas comunes de corriente alterna, estas no requieren de un inversor de corriente, equipo que implicaría costos adicionales, haría más complejo el sistema y requeriría de mano de obra calificada para su instalación y operación.

El número de paneles que conforman el arreglo fotovoltaico necesario para hacer funcionar la bomba dependerá del voltaje de trabajo de esta, la bomba propuesta en la sección (5.6.) es de 0.75 kilovatios, por lo tanto utilizando paneles marca Solar

¹³ Corriente continua: Es el movimiento continuo de carga eléctrica a través de un conductor entre dos puntos, que no cambia de sentido con el tiempo. Las cargas eléctricas corren siempre en la misma dirección.

world de 135 voltios (ver especificaciones técnicas), se necesitaría un arreglo de 6 paneles de 135 voltios cada uno para hacerla funcionar, el voltaje restante generado por los paneles pasara a formar parte de la red eléctrica nacional.

El modulo estará ubicado en el predio del tanque, con una orientación al Sur y una inclinación de 12 grados, de tal manera que permita la mejor obtención de los rayos solares.

5.10. Desinfección

Los resultados de los análisis físico-químicos, bacteriológicos, organolépticos, hierro y arsénico determinaron que no se requiere de ningún tratamiento adicional más que la desinfección preventiva con cloro para garantizar la pureza del agua y eliminar las coliformes totales.

De conformidad con los métodos y medios empleados por el ENACAL y FISE en sistemas rurales, el método de cloración consistirá en desinfección por inyección hidráulica de hipoclorito de Calcio, usando una concentración de cloro activo de 2 mg/lit, para obtener una concentración de cloro residual de 0.2 mg/lit, Ante la ausencia de coniformes fecales, esta concentración será suficiente para desinfectar el agua de cualquier microorganismo restante y además permitirá que el agua mantenga un sabor agradable.

La aplicación al agua de la solución se efectuará mediante un hipoclorador de carga constante, que dosifique una solución de hipoclorito de calcio al 65%, diluido hasta alcanzar una concentración de solución del 1%. A inicios del primer periodo de 10 años de la vida útil del proyecto, se deberá realizar una inspección detallada para verificar el funcionamiento de la unidad y si es necesario reemplazarla.

En la siguiente tabla se detalla la dosificación del cloro a suministrar en el tanque.

Dosis Promedio		Concentración Comercial			Concentración Solución		
d= 2mg/lt		CC= 0.65			CS= 0.01		
AÑO	CMD	Vol. Cloro	Vol. Hipoclorito de Calcio		Vol. de Solución		Dosificación
	gpm	lb/día	lb/día	gr/día	lt/día	GPD	gotas/min
2015	7.13	0.17	0.26	119.45	11.94	3.16	107.83
2016	7.45	0.18	0.28	124.81	12.48	3.30	112.67
2017	7.77	0.19	0.29	130.17	13.02	3.44	117.51
2018	7.93	0.19	0.29	132.85	13.28	3.51	119.93
2019	8.24	0.20	0.30	138.04	13.80	3.65	124.62
2020	8.56	0.21	0.32	143.40	14.34	3.79	129.46
2021	8.72	0.21	0.32	146.08	14.61	3.86	131.88
2022	9.04	0.22	0.33	151.44	15.14	4.00	136.72
2023	9.35	0.22	0.35	156.64	15.66	4.14	141.41
2024	9.67	0.23	0.36	162.00	16.20	4.28	146.25
2025	9.99	0.24	0.37	167.36	16.74	4.42	151.09
2026	10.30	0.25	0.38	172.55	17.26	4.56	155.78
2027	10.62	0.25	0.39	177.91	17.79	4.70	160.62
2028	11.10	0.27	0.41	185.96	18.60	4.91	167.88
2029	11.41	0.27	0.42	191.15	19.11	5.05	172.57
2030	11.73	0.28	0.43	196.51	19.65	5.19	177.40
2031	12.21	0.29	0.45	204.55	20.46	5.40	184.66
2032	12.52	0.30	0.46	209.74	20.97	5.54	189.35
2033	13.00	0.31	0.48	217.79	21.78	5.75	196.61
2034	13.47	0.32	0.50	225.66	22.57	5.96	203.72

Tabla 46: Dosificación de hipoclorito de Calcio.
Fuente: Elaboración propia. (2015).

A lo largo de la vida útil del proyecto deberán ser realizados estudio periódicos para evaluar la calidad del agua de la fuente, si los resultados arrojan que la calidad del agua no cumple con los parámetros establecidos por el INAA, entonces dependiendo de la severidad del caso, la dosificación deberá ser recalculada basado en los nuevos; de lo contrario el tratamiento considerado en esta sección será aún vigente.

CAPITULO VI: PLAN DE GESTION AMBIENTAL

6.1. Introducción

A continuación se presenta un análisis de los efectos posibles que podrían incidir de forma directa en el medio ambiente de la comarca “Las Masías” al llevarse a cabo el proyecto de un miniacueducto por bombeo solar.

Mediante la proyección de consecuencias potenciales al medio natural, es posible predecir y valorar las secuelas que generarán las obras y tareas de construcción, operación y mantenimiento del sistema de abastecimiento de agua de la alternativa seleccionada; permitiendo así determinar medidas que eviten afectar el entorno y principalmente la calidad de vida de los pobladores de la comunidad.

6.2. Objetivos:

- ❖ Anticipar y evaluar los posibles daños que pudiese generar el proyecto del miniacueducto en el ambiente y población de la comarca “Las masías”.
- ❖ Definir la categoría ambiental a la que pertenece dicho proyecto para incorporar las medidas de mitigación adecuadas.

6.3. Marco legal aplicable

La gestión ambiental y el uso sostenible de los recursos naturales en Nicaragua están regidos por normas, leyes y criterios jurídicos, obteniendo así un progreso bastante sostenible como país.

Dentro de la legislación que nos regula encontramos:

- ❖ Ley No. 217: Ley general del medio ambiente y los recursos naturales.
- ❖ Ley No. 620: Ley general de aguas nacionales.
- ❖ NTON 09 006 -11 :Norma técnica obligatoria nicaragüense
- ❖ Decreto No. 45-94: Reglamento de permiso y evaluación de impacto ambiental.
- ❖ Marco ambiental del Programa de agua y saneamiento rural del Nuevo FISE.

6.4. Categoría ambiental del proyecto

Es necesario definir la condición ambiental al que pertenece el proyecto, con la finalidad de determinar los procedimientos ambientales a seguir.

Sub sector	Tipo de proyecto	Categoría				
		I	II	III	IV	V
Agua potable urbana	Ampliación de sistema de agua potable				X	
Agua potable urbana	Construcción de sistemas de agua potable				X	
Agua potable urbana	Mejoramiento de sistema de agua potable				X	
Agua potable urbana	Rehabilitación de sistemas de agua potable				X	
Agua y saneamiento rural	Ampliación de miniacueductos				X	
Agua y saneamiento rural	Captación de manantial				X	
Agua y saneamiento rural	Construcción de letrinas				X	
Agua y saneamiento rural	Construcción de miniacueductos				X	
Agua y saneamiento rural	Construcción de pozos (escavado a mano y perforados)				X	
Agua y saneamiento rural	Construcción de sistemas de agua potable				X	
Agua y saneamiento rural	Construcción de soluciones de agua				X	
Agua y saneamiento rural	Construcción de soluciones de saneamiento				X	
Agua y saneamiento rural	Mejoramiento de miniacueductos				X	
Agua y saneamiento rural	Rehabilitación de miniacueductos				X	
Agua y saneamiento rural	Rehabilitación de pozos				X	
Agua y saneamiento rural	Rehabilitación de sistemas de agua potable				X	

Tabla 47: Categorización ambiental de los proyectos de agua y saneamiento rural.

Fuente: Clasificación Ambiental de proyectos establecida en el SISGA-FISE según el Decreto 76-2006.

El proyecto de diseño de un miniacueducto para la comunidad de “Las masías” se encuentra dentro de la categoría IV, categoría que incluye proyectos que se consideran pueden causar bajos impactos ambientales, por lo que no están sujetos a un Estudio de Impacto Ambiental (EIA). De conformidad con el artículo 25 de la

Ley No. 217, Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, se debe elaborar un Plan de Gestión Ambiental (PGA) haciendo énfasis en el plan de mitigación, plan de reforestación y plan de educación ambiental.

6.5. Plan de mitigación

En el siguiente cuadro se muestran las medidas de mitigación a considerar para las principales actividades con efectos negativos en el medio ambiente local.

ACCION	EFFECTOS AMBIENTALES	MEDIDAS DE MITIGACION
Trabajos de limpieza y desmonte en los predios del tanque de almacenamiento y caseta de bombeo.	<ul style="list-style-type: none"> • Cambios en la estructura del suelo (propiedades físico-químicas). • Afectación de la cobertura vegetal • Impacto visual. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se debe delimitar y señalar solamente las áreas de cobertura vegetal a ser intervenidas por la obra, las cuales deben ser conocidas por los organismos competentes. • Si en el predio a intervenir se encuentran árboles para tala se deberá solicitar el permiso correspondiente al INAFOR y a la municipalidad. • Las zonas verdes intervenidas deben ser restauradas de tal forma que las condiciones sean iguales o mejores a las existentes antes de ejecutar la obra, respetando el diseño paisajístico. • Para el caso del predio de la caseta de bombeo, se deberá recuperar y restaurar el espacio público afectado, una vez finalizada la actividad, retirando todos los materiales y residuos provocados.
Actividades de zanjeo y excavaciones estructurales para el depósito y caseta de bombeo.	<ul style="list-style-type: none"> • Emisión de material particulado y polvo. • Cambios en la estructura del suelo (propiedades físico-químicas) • Incremento de los niveles de ruido. 	<ul style="list-style-type: none"> • Transportar el material de excavación cubierto (con malla rachel u otra). • Humedecer la superficie a excavar para evitar partículas suspendidas. • Retirar, transportar y disponer residuos sobrantes, en lugares autorizados. • Realizar trabajos de excavación en horarios diurnos. • Se debe delimitar y señalar solamente las áreas de cobertura vegetal a ser intervenidas por la obra, las

	<ul style="list-style-type: none"> • Posible desplazamiento de especies de fauna terrestre, aérea. • Remoción y afectación de la cobertura vegetal. • Impacto visual. 	<p>cuales deben ser conocidas por los organismos competentes.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Si en el corredor a intervenir se encuentran árboles para tala se deben ubicar los nidos de aves y proceder a su rescate (cruces por las quebradas a través del terreno boscoso). • Las zonas verdes intervenidas deben ser restauradas de tal forma que las condiciones sean iguales o mejores a las existentes antes de ejecutar la obra, respetando el diseño paisajístico. • Separar la capa de material orgánico del material inerte, el material orgánico es posible reutilizar. • Esta actividad deberá contar con las respectivas medidas de señalización.
<p>Transporte de materiales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Emisión de material particulado y polvo. • Incremento de los niveles de ruido. • Contaminación de cursos de agua por sedimentos y residuos. • Desplazamiento de especies de fauna terrestre, aérea. 	<ul style="list-style-type: none"> • Transportar el material de excavación cubierto (con malla rachel u otra). • Humedecer periódicamente las vías de acceso a la obra. <p>En el caso de camiones de carga:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Controlar la velocidad del vehículo. • Remover inmediatamente, en caso de derrames accidentales de combustible, el suelo y restaurar el área afectada con materiales y procedimientos sencillos. • Mantener en las mejores condiciones mecánicas los vehículos, para reducir al mínimo las emisiones de ruido. • Toda la maquinaria utilizada debe disponer con los permisos de emisiones. • El lavado, reparación y mantenimiento correctivo de vehículos y maquinaria, debe realizarse fuera del área de campamento, obra o sobre zonas verdes; esta

		<p>actividad debe efectuarse en centros autorizados para tal fin.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evitar el paso de maquinaria sobre suelo con cobertura vegetal fuera del área de la obra. • Transportar los escombros y material de excavación sin superar la capacidad del vehículo de carga. • Verificar el buen estado del vehículo de carga, de tal manera que no se presente derrame, pérdida de agregados ni escurrimiento de material húmedo durante el transporte. En el caso de pérdidas, el material deberá ser recogido inmediatamente. • Mantener una adecuada señalización en el área de la obra. • Los vehículos deben contar con alarma reversa.
<p>Generación, almacenamiento y disposición final de escombros.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Emisión de material particulado y polvo. • Generación de residuos sólidos. • Incremento de los niveles de ruido. • Contaminación de cursos de agua por sedimentos y residuos. • Afectación de la cobertura vegetal. • Impacto visual. 	<ul style="list-style-type: none"> • Antes de iniciar actividades se debe delimitar el área de deposición de material final y señalizar mediante barreras, estacas y cinta reflectiva. • Los materiales de construcción empleados deben almacenarse temporalmente en sitios adecuados para prevenir mayores alteraciones en el área de faenas. • Proteger al máximo las zonas verdes evitando el depósito de material en ellas. • Cubrir los materiales con lonas o plásticos para evitar el arrastre de sedimentos a cuerpos de agua e impedir la dispersión del material por acción del viento. • Al finalizar los trabajos, los sitios de las obras y sus zonas contiguas deberán entregarse en óptimas condiciones de limpieza y libres de cualquier tipo de material de desecho, garantizando que las condiciones sean mejores o similares a las que se encontraban antes de iniciar las actividades. <p>En el caso de camiones de carga:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se debe limpiar las vías de acceso de los vehículos de carga como mínimo 2 veces al día de manera que

garantice la no generación de partículas suspendidas a la atmósfera.

- Utilizar las rutas programadas y los horarios establecidos para el transporte.
- Se debe hacer limpieza de las llantas de todos los vehículos que salgan de la obra.

Tabla 48: Medidas de mitigación.
Fuente: Elaboración propia. (2015).

6.6. Plan de reforestación

Su objetivo principal es corregir y compensar los impactos producidos en las áreas afectadas por el proyecto. Para se deberán corregir y compensar la afectación llevada a cabo sobre el medio físico y biótico del área de influencia del proyecto, mediante la revegetación con especies nativas, para lograr la protección y conservación de los suelos, disminuyendo la escorrentía, aumentando la infiltración de agua de lluvia, y favoreciendo a las demás plantas a disponer de agua durante más tiempo.

Con las labores de reforestación se conseguirá además el restablecimiento y/o mantenimiento de la cobertura boscosa, garantizando la estabilidad de los taludes y reduciendo el riesgo de deslizamientos violentos. Por último, con estas medidas se conseguirá de forma indirecta proteger la calidad de las aguas superficiales.

6.7. Plan de educación ambiental

El objetivo del Plan de capacitación y educación ambiental es formar a la población aledaña y al personal que realizará los trabajos en las etapas de construcción, operación y mantenimiento, tanto en áreas de seguridad y salud, como en áreas de actuación frente a desastres naturales y otros riesgos, y por supuesto, formación ambiental.

Este plan se llevará a cabo a través de talleres, conferencias, debates, medios radiales y material informativo, ya que los mismos constituyen la vía principal para la apropiación y producción de conocimientos dentro de un proceso de aprendizaje grupal. Las actividades se llevarán a cabo durante las etapas de preparación del proyecto, construcción y operación y mantenimiento. Los temas principales que se abordarán a través de este plan son:

- ❖ Evolución, situación actual e importancia del patrimonio natural en Nicaragua.
- ❖ El agua y su importancia para el medio ambiente global.
- ❖ Educación ambiental para la salud, gestión de residuos y manejo comunitario de las soluciones.

6.8. Plan de seguimiento y control

Los objetivos de este plan son:

- ❖ Realizar un seguimiento de los impactos, determinando su adecuación a las previsiones implementadas.
- ❖ Detectar impactos no previstos, y articular las medidas de prevención y corrección necesarias.
- ❖ Supervisar la ejecución de las medidas mitigación y determinar su efectividad, para luego establecer los impactos residuales, analizando su adecuación a lo previsto, así como la necesidad de incrementar la intensidad de estas medidas.
- ❖ Realizar un seguimiento durante el primer año de la etapa de operación y mantenimiento sobre el entorno, para determinar las afectaciones a los recursos naturales y al medio social y económico, por la ejecución y operación del sistema de agua potable, así como para conocer con exactitud la eficacia y evolución de las medidas realmente ejecutadas.

CAPITULO VII: ESPECIFICACIONES TECNICAS

7.1. Especificaciones para el tanque de concreto ciclópeo

7.1.1. Condiciones generales

Toda mención hecha en estas especificaciones o indicadas en los planos obliga al Contratista a suplir e instalar cada artículo o material con el proceso o método indicado y suplir toda la mano de obra y equipos necesarios para la terminación de la obra.

7.1.2. Movimiento do tierra

El trabajo consiste en la preparación del sitio, nivelación, excavación, relleno, tal como es descrito en los planos, o razonablemente implicado en ellos. Se removerán también del sitio de la obra, todas las piedras y cualquier obstáculo que pueda interferir con los trabajos de construcción. El Contratista tomará todas las precauciones necesarias para no causar daño a terceros en la eliminación de los desechos provenientes de esta operación.

7.1.3. Concreto reforzado

Consiste en el suministro de los materiales, mano de obra, equipos, herramientas y demás complementos para suplir el concreto reforzado para la obra de acuerdo a estas especificaciones y a los detalles que aparecen en los planos. El concreto tendrá una resistencia a la compresión a los 28 días $f'c=3,000\text{psi}$. Para todo concreto la proporción de cemento, árido y agua para obtener la plasticidad y resistencia requerida, estará de acuerdo con las normas 613-54 del ACI. No se permitirá cambios en las proporciones sin la aprobación del Ingeniero.

7.1.4. Materiales

a) Cemento

El cemento a emplearse en las mezclas de concreto será cemento Portland Tipo 1, sujeto a las especificaciones ASTM C-150-69. Deberá llegar al sitio en sus envases originales y enteros.

b) Agregado fino

El agregado fino será arena natural Motastepe manufacturada, dura, limpia y libre de todo material vegetal, mica o detrito de conchas marinas, sujeta a las especificaciones ASSHTO-R92-93 y ASTM-C-33-92; en caso de usarse arena de cauce de la zona, ésta deberá ser lavada para eliminar todo limo o tierra vegetal que contenga. El agregado grueso será piedra triturada o grava limpia, dura, durable y libre de todo recubrimiento, sujeta a especificaciones ASTM-C-33-61T.

c) Agregado grueso

El tamaño más grande permitido del agregado será un quinto (1/5) de la dimensión mínima de la formaleta de los elementos de concreto o tres cuarto (3/4) del espaciamiento libre mínimo de refuerzo según lo recomendado por la norma ASTM C-33 y sus dimensiones máximas deberán cumplir con la sección 33 del reglamento.

d) Agua

El agua a emplear en la mezcla del concreto deberá ser limpia, libre de aceite, ácido o cantidades perjudiciales de material vegetal, álcalis y otras impurezas que puedan afectar la resistencia y propiedades físicas del concreto o refuerzo, deberá ser previamente aprobada por el Ingeniero.

e) Acero de refuerzo

El acero de refuerzo deberá cumplir la especificación ASTM A-305 con un límite de fluencia $f_y=40\text{ksi}$, de acuerdo a las especificaciones ASTM A-615-68, grado 40. Todas las varillas deberán estar limpias y libres de escamas, trazas de oxidación avanzada, grasas y otras impurezas e imperfecciones que afecten sus propiedades físicas, resistencia o su adherencia al concreto.

7.1.5. Almacenaje de materiales

El cemento se almacenará en bodegas secas, sobre tarimas de madera en estibas de no más de 10 sacos. El cemento debe llegar al sitio de la construcción en sus envases originales y enteros. No se utilizará cemento dañado o ya endurecido. Los áridos finos y gruesos se manejarán y almacenarán separadamente de manera tal que se evite la mezcla con materiales extraños. Todas las varillas de acero de refuerzo se deberán proteger hasta el momento de usarse.

7.1.6. Colocación del acero de refuerzo

La limpieza, doblado, colocación y empalme de refuerzo se harán de acuerdo con las normas y recomendaciones 318-89 del ACI. El acero de refuerzo se limpiará de toda suciedad y óxido no adherente. Las barras se doblarán en frío, ajustándolas a los planos y especificaciones del proyecto, sin errores mayores de un centímetro. Los dobleces de las armaduras, salvo indicación especial en los planos, se harán con radios superiores a siete y medio (7.50) veces su diámetro. Las barras se sujetarán a la formaleta con alambre o tacos de concreto y entre sí con ataduras de alambre de hierro dulce n°16, de modo que no puedan desplazarse durante la llena y que éste pueda envolverlos completamente. No se dispondrá sin necesidad, el empalme de las varillas no señaladas en los planos sin autorización del Ingeniero.

7.1.7. Dosificación y mezcla

Las dosificaciones de cemento, agregados y agua utilizados deberán ser aprobadas por el Ingeniero. Se harán en base a pruebas de clasificación y contenido de humedad de los materiales, asentamiento de la mezcla de concreto y resistencia del concreto, comprobada por pruebas de resistencia a la compresión ejecutadas en cilindros de este material, la cantidad de cilindros será de 4 cilindros por cada llena o lo que decida el Ingeniero.

Estas pruebas deberán ser realizadas por un laboratorio de reconocida competencia y pagadas por el Contratista. Informes certificados de las pruebas deberán ser presentados al Ingeniero, antes de proceder al vaciado de concreto. El Contratista no podrá cambiar abastecedores de materiales durante el curso del trabajo sin autorización del Ingeniero y presentación de nuevas pruebas certificadas de laboratorio. Excepto cuando se especifique lo contrario, el concreto será mezclado en sitio, la mezcla del concreto se ajustará a los requerimientos de las normas 613-54 y 614-59 del ACI.

El método para determinar la cantidad correcta de agua y agregado para cada mezcla, debe ser de un tipo que permita controlar con exactitud la proporción de agua y cemento y verificarla fácilmente en cualquier momento, el revenimiento de la mezcla no deberá ser mayor de 4" pulgadas y/o conforme el diseño del concreto sometido por el Contratista y aprobado por el Ingeniero.

7.1.8. Colocación del concreto

El vertido de todo el concreto se hará de acuerdo con las normas 318-89, 605-59 y 614-59 del ACI y en la forma que aquí se amplía. El transporte y vertida del concreto se hará de modo que no se disgreguen sus elementos, volviendo a mezclar al menos con una vuelta de pala. No se permitirá la colocación de mezclas que muestren señales de fraguado, prohibiéndose la adición de agua o lechada durante la llena. Todo el concreto se colocará sobre superficies húmedas, libres de agua y nunca sobre lodo suave o tierra seca o porosa. El concreto debe ser colocado con la ayuda de equipo de vibración mecánica. La vibración deberá ser aplicada directamente al concreto a menos que el Ingeniero lo apruebe de otra manera. La intensidad de la vibración será lo suficiente como para causar el flujo y asentamiento del concreto en su lugar.

7.1.9. Curado del concreto

El Contratista prestará cuidadosamente atención al curado apropiado de todo el concreto. Una vez desencofrado cualquier miembro reciente, se mantendrá húmedo todo el día por un periodo de 7 días. En el caso de la fundación masiva para el tanque, se esparcirá una capa de arena en toda la superficie la cual se mantendrá húmeda todo el día y teniendo el cuidado de humedecerla por las noches durante los siete días del curado.

7.1.10. Paredes de concreto ciclópeo

Los muros del tanque de mampostería serán construidos de piedra bolón de tamaño máximo de 4” a 10” de diámetro, estas piedras deberán ser de roca sólida, no se permitirán bolones de piedras calizas, terrones o materiales fácilmente disgregables. El mortero a emplearse en la pegada de la piedra tendrá una proporción de una parte de cemento por cuatro partes de arena colada con la malla n°16. El volumen de piedra bolón ocupara como máximo el 60% del volumen total del muro. La colocación de la piedra bolón se hará de manera que las juntas queden completamente llenas de mortero y no hagan espacios vacíos obteniendo así la conformación monolítica de la piedra con el mortero, deberá colocarse la piedra de forma estética, de manera que la apariencia de la pared presente un buen acabado.

7.1.11. Excavación

El Contratista replanteará el trabajo y será responsable de su marcación de acuerdo a las referencias de los planos, las cuales deberán ser mantenidas durante el progreso del trabajo. El Ingeniero establecerá un banco de nivel permanente que

servirá de referencia para todos los niveles. El Contratista será responsable de la conservación de este banco de niveles y pagará el costo de su reposición si se pierde por su negligencia.

La excavación para el tanque se efectuará de acuerdo con las dimensiones y niveles indicados en los planos. La excavación se extenderá a una distancia tal de las paredes que permita llevar a cabo las diferentes operaciones de construcción e inspección de la obra, el mejoramiento del suelo donde se construirá el tanque, será de acuerdo a lo recomendado por el laboratorio de suelo que efectuó los estudios y que se anexan a estas especificaciones. Toda obstrucción, troncos y desperdicios en el área del movimiento de tierra será removida fuera del predio por el Contratista. Si no se encontrara un subsuelo a la profundidad indicada en los planos de fundaciones con un soporte adecuado, el Contratista notificará inmediatamente al Ingeniero. El Contratista mantendrá el área de excavación convenientemente drenada para no perturbar la estabilidad de las fundaciones y del suelo de soporte. El fondo de la excavación debe quedar a nivel libre de material, suelto y llevarse hasta los niveles indicados sin alterar el suelo a dichos niveles

El Contratista mantendrá en todo momento los pozos y zanjas de las cimentaciones libres de agua. Proveerá el bombeo necesario para mantener durante la construcción los espacios excavados libres de agua.

A fin de mantenerlas firmes y seguras, se apuntalarán y arriostrarán excavaciones en la forma requerida y aprobada por el Ingeniero. Se removerán los puntales a medida que la obra progrese, asegurándose esta medida hasta que los terraplenes estén completamente seguros de colapsos y desprendimientos.

7.1.12. Limpieza

Todo material sobrante resultado de la excavación del sitio, será removido del predio a costo del Contratista. Asimismo todos los desperdicios y resultados de estos trabajos, se removerán del sitio, el cual se entregara limpio y en condiciones aceptables.

7.1.13. Partes a ser construidas de concreto

Todas las partes del tanque que fueren construidas de concreto, tales como fundaciones, losas, vigas, columnas, recubrimiento de losa de techo, etc deberán ser construidas siguiendo invariablemente las alineaciones horizontales y verticales

de los planos de detalle y cumpliendo la condición de que el concreto se coloque monolíticamente.

7.1.14. Curado del concreto

El Contratista prestará cuidadosamente atención al curado apropiado de todo el concreto de las estructuras. Todas las superficies expuestas, deberán mantenerse húmedas por un período de 10 días después que el concreto haya sido colocado y desencofrado. Se evitarán causas externas (sobrecargas, vibraciones, etc) que puedan provocar fisuras en el concreto sin fraguar o sin la resistencia adecuada.

7.1.15. Remoción de formaletas y obras falsas

La formaleta de la losa superior y columna central podrá ser removida parcialmente a los 21 días después de colada, quedando ciertos soportes a criterio del Ingeniero para removerse a los 28 días. El proceso de remoción deberá hacerse de tal forma que no cause daño a la estructura o superficie.

7.1.16. Acabado de superficies expuestas

Cuando las formaletas sean removidas, las superficies finales serán razonablemente lisas, libre de ratoneras, poros o protuberancias. Si estos defectos se presentan deberán ser reparados de la forma aprobada por el ingeniero sin costo adicional para el Dueño.

7.1.17. Trabajos defectuosos

Cualquier trabajo defectuoso que se descubra después que las formaletas hayan sido removidas, será reparado de inmediato después que el Ingeniero lo haya observado. Si las partes de concreto tuvieran abultamientos, irregularidades o marcas excesivas de formaleteado, cuyos defectos a criterio del Ingeniero no puedan ser reparados satisfechamente, entonces toda parte defectuosa será removida o reemplazada sin que ello represente costo adicional para “El Contratante” por trabajos y materiales ocupados durante la remoción defectuosa.

7.1.18. Pruebas

Una vez que el tanque esté totalmente terminado se ejecutará una prueba de impermeabilidad, la cual se hará de la forma siguiente: Se debe llenar el tanque hasta la altura del rebosadero durante un periodo de 48 horas, reponiendo continuamente el agua que sea consumida por la saturación de los materiales que forman las partes del tanque, a continuación se dejará lleno el tanque por 72 horas más, no debiendo rebajar el nivel del agua más de 9 centímetros. Cualquier fuga deberá ser revisada por el Ingeniero y recomendar su reparación en la forma más adecuada sin que ello signifique costos extras para "El Contratante".

7.1.19. Acabado interno de paredes

En la parte interior de las paredes se aplicará un repello de 1.6 centímetros con una proporción de una parte de cemento por tres partes de arena. Posterior al repello se aplicará un fino tipo espejo de cemento con textura lisa. Se tendrá especial cuidado con el curado de estos acabados, evitando agrietamiento por la falta de humedad.

7.1.20. Accesorios del tanque

El contratista deberá suministrar los accesorios que se muestran en los planos constructivos o que aquí se especifican.

a) Tubería de llegada

La tubería de llegada al tanque proyectado será de PVC de 2", que previo a su entrada será convertida mediante un adaptador a tubería de H.G. de igual diámetro, contando además con válvulas de control de flujo (ver detalles en planos).

b) Tubería de salida

La tubería de salida será de H.G. de 2", provista de una válvula de compuerta del mismo diámetro de H.F., posterior a la válvula de compuerta será convertida en tubería de PVC de igual diámetro mediante un adaptador (ver detalles en planos).

c) Tubería de limpieza

Sera de 2" H.G. y está ubicada en el fondo de la unidad de almacenamiento. Cuenta para su operación con una válvula de compuerta de H.F. del mismo diámetro.

d) Tubería de ventilación

Consiste en tubería de material H.G. de 3", formando con codos del mismo material, una "U" invertida. La entrada será protegida con cedazo fino (ver detalles en planos).

e) de rebose

Consiste en tubería 2" de diámetro H.G., que descargara hacia un canal rectangular de 0.20x0.40 cm (ver detalles en planos).

f) Escalera Interior

Se deberá suministrar e instalar una escalera interior, construida con peldaños de acero de refuerzo galvanizado de 5/8" de pulgada de diámetro. Los peldaños tendrán un ancho de 0.40 metros, siendo el espaciamiento de los mismos de 0.30 metros.

g) Boca de inspección

Se construirá una boca de inspección de acceso en el techo, dicha boca de deberá construirse conforme al detalle mostrado en los planos constructivos.

7.2. Especificaciones para la caseta de bombeo

7.2.1. Limpieza inicial

Esta sección comprende todo lo relacionado con remoción, desalojo y disposición final de todos los materiales producto de la limpieza y/o desbrozo de todas las áreas en donde se realizarán las obras definitivas del proyecto. Este trabajo comprende la eliminación y despeje del terreno de todos los árboles, arbustos, troncos, cercas vivas, matorrales y vegetación en general.

Las labores de limpieza y desbroce al mismo tiempo en toda el área de emplazamiento de la caseta.

7.2.2. Concreto

Se usara concreto con $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$ en acera. El revenimiento máximo será de 12 cm. Se deberán cumplir las normas mínimas constructivas del Reglamento Nacional de la Construcción (RNC).

En la fabricación, transporte y colocación del concreto deberán cumplirse todas las recomendaciones del American Concrete Institute (A.C.I.), contenidas en el último Informe del Comité A.C.I. 301.

7.2.3. Materiales

El cemento, agua, agregado grueso, agregado fino y acero de refuerzo, seguirá las especificaciones establecidas en la sección 7.1.4., de este documento.

a) Bloques de adobe estabilizado (hueco)

Se usarán bloques de 10cm x 20cm x 40cm, con color y textura uniforme, de fabricación local o de fábrica. El bloque deberá ser curado totalmente y en el transporte se tomarán precauciones para evitar descascaramientos y fracturas.

Los bloques deberán presentar superficies y cantos bien definidos y duros, igualmente para los huecos.

7.2.4. Repellos y finos

Las superficies de concreto que deben repellarse, serán piqueteadas totalmente para asegurar la adhesión del mortero. No se permitirá piquete salteado. En lugar del piqueteado, se podrá utilizar productos químicos aprobados que garanticen la adherencia.

El mortero para repello se fabricara con una proporción 1: 4, tanto para el interior como para el exterior.

Con relación al curado, se deberá tener el suficiente cuidado para evitar secados repentinos, por efectos del sol y viento. El curado se llevará a cabo por siete días con abundante agua.

El fino se aplicará a golpes de llana de madera, sobre la superficie repellada, dándole el espesor mínimo necesario para cubrir las desigualdades de la superficie, puliéndola enseguida. Las superficies deberán rociarse con agua por lo menos durante tres días.

7.2.5. Estructura de techo

Este trabajo comprende el suministro de equipo, mano de obra, materiales, herramientas y servicios necesarios para llevar a cabo la construcción de la estructura de techo de acuerdo con los planos constructivos y estas especificaciones.

a) Construcción

Durante la construcción de la viga corona, se deberán instalar las platinas con forma, dimensiones y sitios indicados en los planos. Al terminar el fraguado de la viga corona, las platinas deben estar bien empotradas a la viga.

Terminada esta actividad, se procederá a la pintura de la estructura, esperar que seque, y ya está lista para recibir la cubierta de techo.

b) Cubierta de techo

Se suplirán todos los materiales, mano de obra y accesorios necesarios para construir los techos libres de filtraciones. El calibre de la lámina deberá ser de Clase 26.

7.2.6. Acabado y pintado

Se le darán dos manos de pintura anticorrosiva color rojo, esperando que la primera seque completamente para aplicar la segunda capa, no se deberán dejar rebabas de pintura ni espacios sin pintar, la aplicación de estas capas debe ser pareja, de tal forma que se observe una capa lisa y uniforme de pintura y color.

7.2.7. Piso

Este acápite implica el suministro e instalación de todos los materiales y mano de obra necesarios para la correcta instalación y acabado del piso.

La cubierta de piso consistirá en un cascote de concreto de 7.5 cm de espesor, sin refuerzo.

7.3. Especificaciones para el equipo de bombeo

El equipo de bombeo será del tipo sumergible, el que será seleccionado en base a las características siguientes.

Caudal	13.47	Gpm
CTD	167.90	Pies
Potencia de la bomba	1	HP

7.3.1. Bomba

El equipo de bombeo deberá consistir en una bomba sumergible para corriente continua, los tazonos de la bomba podrán ser de acero inoxidable, hierro dúctil o hierro fundido de grano fino, teniendo una resistencia mínima de 30,000 lb/plg². La resistencia del material seleccionado para la construcción de los tazonos deberá tener relación directa con la carga total dinámica de la bomba. Además, deberán estar libres de ampollas, picaduras o cualquier otro defecto; haber sido maquinados con precisión y ajustados a dimensiones exactas.

Se deberá especificar la curva de operación, la cual será planteada a las mismas revoluciones con que gira el motor eléctrico a que irá acoplada. Se requiere que la bomba sea seleccionada en real punto de máxima eficiencia o ligeramente a la derecha del mismo.

La bomba debe estar dotada de un sensor de mínimo y máximo nivel de bombeo. Dicho plato debe tener agujeros que permitan la introducción del cable de alimentación eléctrica del motor, así como la introducción de tubería PVC de una pulgada. Esta última será utilizada como tubo piezométrico. La tubería de columna irá roscada directamente al codo de descarga.

7.3.2. Válvulas de retención horizontal (válvula check)

Esta válvula deberá operar abierta normalmente en condiciones de flujo normal. Cuando la presión de salida exceda a la presión de aguas arriba, la válvula deberá cerrar lentamente controlando la velocidad de su apertura en prevención del golpe de ariete. Llevarán colocadas en relieve el diámetro nominal, la presión nominal, el material, la marca de fábrica y la flecha indicando el sentido de la corriente, tendrán interior y exteriormente un revestimiento protector. La presión de trabajo deberá ser mínimo 200 psi. Las bridas serán conformes las especificaciones AWWA C-508. Se recomienda la marca Apolo o equivalente.

7.3.3. Medidor maestro

Serán del tipo medidor de velocidad con hélice propulsada, de esfera seca y lectura tipo recta con rodillos de cifras saltantes. En términos generales, deberán cumplir con las normas AWWA C-794-70.

La indicación de totalizador deberá tener por lo menos seis (6) rodillos de cifras. Los primeros cinco rodillos indicarán metros cúbicos enteros hasta 99.99 metros cúbicos y el sexto rodillo indicará décimas de metros cúbicos. La indicación de las centésimas de metros cúbicos (10 litros) podrá ser hecha mediante aguja indicadora que gire en el sentido horario en círculo dividido en diez partes iguales mediante un séptimo rodillo de cifra. La totalización máxima será de 100,000 metros cúbicos, mientras que la lectura mínima será de diez litros.

Los medidores tendrán sus bocas de unión solidaria a la caja y provista de bridas del tipo redondo conforme ASA B.16.1-1960 clase 125, que especifique la perforación del diámetro y su espesor. Cada boca traerá su respectivo compañero de brida (COMPANION FLANGE) provisto de rosca hembra IP según ASA B.2.1 1960.

Los ejes, piñones y cojinetes del tren de engranaje deberán ser de materiales durables y anticorrosivos. Los piñones estarán sujetos, engranarán completamente entre si y se deslizarán libremente. Los cojinetes estarán afianzados de tal manera que no podrán abandonar su posición y serán fácilmente reemplazados.

Los medidores traerán las siguientes marcas:

- Tamaño nominal en ambos lados de la caja fundido en alto relieve.
- Dirección de la corriente en ambos lados de la caja fundidos en alto relieve.
- Marca abreviada del fabricante con el número de fabricación en la tapa o en la cabeza, en el anillo de sujeción del cristal.
- Sentido de la regulación fundido en alto relieve.

Deberán venir provistos de dispositivos para sello de alambre y será accesible desde el exterior sin necesidad de desarmar el contador. Traerán tapa protectora de bronce que cubra el cristal y rebatible 180 grados.

7.3.4. Manómetro de carga

Deberá ser adecuado para medir presiones entre 0 y 14 kg/cm², sistema Bourdon. Será del tipo ASHCROTT DURAGAGE AND ACCESORIES, iguales o similares a los manufacturados por Maming, Max Well y More, Inc. Stroford, Comertiend, U.S.A.

con escala circular de 4 -1/2" de diámetro carátula blanca con números negros, con lectura doble en kg/cm² y en metros de columna de agua. Estarán provistos de un tubo de bronce fosforado.

7.4. Especificaciones para instalación de tuberías

7.4.1. Excavación

a) Trabajos iniciales

Antes de iniciar la excavación de las zanjas El Contratista deberá verificar la existencia de infraestructura dentro del área de las tuberías a instalar, al mismo tiempo avisar y suministrar la información requerida al Ingeniero, para que este revise y dictamine sobre los cambios de alineaciones y niveles propuestos por el contratista. Todo aviso y notificación al respecto deberá hacerse por escrito, acompañado si fuere posible, con detalles constructivos (esquemas). El Contratista deberá planear y colocar en los ligares aprobados por el Ingeniero, las señales necesarias que permitan a los conductores y peatones sobre las precauciones de deben tomar al transitar por el lugar.

b) Dimensiones excavación

El ancho de zanja será igual al diámetro nominal de la tubería más 0.40m, colocando la tubería al centro de la zanja, manteniendo la verticalidad de zanja en toda su extensión. No se reconocerá a El Contratista en la forma de pago, la ampliación de las zanjas hechas sin autorización del Ingeniero.

En general, a menos que los planos indiquen lo contrario, la profundidad de la zanja será de 0.8m.

El fondo de la zanja deberá quedar perfectamente nivelado, sin protuberancias que afecten a la tubería a instalarse, de manera que el tubo descansa sobre el terreno en toda su longitud y extensión.

En caso de que durante la excavación se presentasen terrenos de poca consistencia (muy húmedo, suelos orgánicos, entre otros) o arcillosos como el zonzocuite la zanja deberá profundizarse como lo indique el Ingeniero, pero no menos de 30cm abajo del fondo previsto. El material excavado deberá reponerse por material aceptado por el Ingeniero dentro de las especificaciones señaladas en la sección de relleno especial.

Cuando la excavación sea en roca o en piedra cantera, se removerá está a una profundidad de 0.15m bajo la rasante de la línea inferior del tubo. Esta excavación comúnmente conocida como excavación adicional, se rellenara después con material aprobado por el Ingeniero de la manera descrita en la sección de relleno especial o como lo indique el Ingeniero.

7.4.2. Instalación de tuberías

a) Recursos y procedimientos

Los materiales, mano de obra, herramientas, equipos, entre otros, para dejar instalada y en completa operación la línea de agua potable, serán suministrados por El Contratista.

b) Cortes y rectificaciones en tubería

Los cortes en tubería son una actividad importante a controlar durante la ejecución del trabajo, principalmente durante la instalación de accesorios y válvulas, o bien, cuando es necesario cortar y rectificar tubos que han sufrido algún daño durante el transporte, manejo o acarreo al sitio de la obra. También pueden requerirse para efectuar curvas en el alineamiento; en tales casos, es preciso cortar la parte dañada o reducir un tubo normal a la longitud requerida y rectificar luego los extremos del corte para proceder a efectuar las uniones.

c) Remoción de agua en las zanjas

El Contratista removerá inmediatamente toda agua superficial o de infiltración que pueda acumularse en las zanjas durante la excavación y la construcción, mediante la previsión de los drenajes necesarios o mediante bombeo o achicamiento. Se requiere que toda zanja se mantenga seca y no se permitirá que la tubería o alguna estructura sean colocadas en presencia de agua.

d) Instalación de tuberías

Las tuberías a instalar en la red de distribución y línea de conducción serán de PVC SDR-26, con diámetro de 50 mm (2").

Antes de instalarse, los tubos serán alineados a un lado y a lo largo de la zanja. Se deberán usar herramientas y equipos apropiados para manejar e instalar los tubos y accesorios en una forma segura y satisfactoria, siendo lo ideal el seguir las recomendaciones del fabricante. En el manejo debe evitarse el uso de métodos

bruscos, tal como dejar caer los tubos. El almacenamiento de la tubería debe ser hecho sobre suelo llano, exento de piedras y de preferencia bajo cubierta y a la sombra.

Los tubos podrán ser abajados a la zanja a mano o por medio de cuerdas, teniendo el cuidado de no dejarlos caer sino depositarlos y no dejados rodar.

Se revisará el interior de los tubos a instalarse, con el objeto de verificar su limpieza. Los accesorios a usarse en la tubería, serán igualmente revisados y sometidos a una limpieza general.

La rasante de los tubos y accesorios, deberá ser terminada cuidadosamente y se formara en ella una especie de media caña a fin de que una cuarta parte de la circunferencia de cada tubo y en toda su longitud quede en contacto con terreno firme.

Los extremos de los tubos que ya hayan sido instalados, serán protegidos con tapones de material aprobado por el Ingeniero, para evitar que tierra y otras suciedades penetren en los tubos.

En los pases a través de cauces y quebradas, la tubería será protegida con una camisa consistente en tubos de hierro fundido H°F° de 2” de diámetro.

Cuando el zanjeo sea en forma de curva horizontal, la instalación se hará aprovechando las desviaciones angulares permisibles que cada junta puede alcanzar, la cual será la especificada por el fabricante de la tubería. Conviene recordar que el montaje se realiza a partir de tubos perfectamente alineados. La desviación sólo debe realizarse, después que el montaje de la junta se encuentre totalmente terminado.

En las zanjas con fuertes declives, será necesario anclar o asegurar los tubos que se van instalando, previendo que por su propio peso puedan deslizarse u originar defectos en sus uniones.

e) Instalación de válvulas y accesorios

Antes de proceder con la instalación de las válvulas y cualquier otro accesorio. El Contratista los examinará cuidadosamente, el accesorio encontrado defectuoso será separado para su correcta reparación o para su abandono.

Las válvulas serán inspeccionadas para comprobar la dirección de apertura, libertad de operación, la fijeza de los pernos, la limpieza de las puertas de la válvula y especialmente el asiento, daños por el manejo y grietas.

Las válvulas deberán ser instaladas en los lugares fijados por los planos o en los sitios indicados por el Ingeniero. Toda válvula deberá ser instalada de modo que su eje quede completamente vertical. Su instalación completa deberá comprender caja protectora, bloque de reacción y anclaje. Cuando se tengan uniones flexibles no es necesario el uso de estas pozas cortas. Las cajas de protección de las válvulas se instalarán a nivel con la superficie del terreno.

Se instalará una caja de válvulas por cada válvula a ser instalada de acuerdo con los detalles de los planos constructivos. Todas las cajas de válvulas deberán ser colocadas de manera que no transmitan impactos o esfuerzos a la válvula y deberán ser centradas y colocadas a plomo sobre la tuerca de operación de las válvulas.

❖ **Válvulas de compuerta**

En los sitios indicados en los planos se instalarán válvulas de compuerta. Estas deberán instalarse sobre bases de concreto con varillas de anclaje de acuerdo con los detalles indicados en los planos. Toda válvula deberá ser instalada de tal forma que la tuerca para operar quede en posición vertical. Las cajas de protección de las válvulas se instalarán a nivel con la superficie del terreno.

❖ **Válvula de Limpieza**

En general la ubicación se realiza en el lugar indicado conforme a los planos y consiste en colocar una tee en la línea, a la cual se conecta lateralmente un Niple y una válvula de compuerta y luego otro Niple, hasta el punto adecuado del desfogue.

f) Anclajes bloques de reacción

Accesorios en general como tees, codos, tapones y válvula; serán afianzados por medio de anclajes y bloques de reacción a fin de impedir su desplazamiento bajo la presión del agua. Estos serán construidos con concreto de 2000 psi, de acuerdo a las especificaciones detalladas en los planos para cada accesorio.

En las pendientes fuertes hay tendencia del relleno al deslizamiento y puede arrastrar consigo la tubería. En la mayoría de los casos, basta apisonar muy bien en capas de 10 cm hasta llegar al nivel natural del terreno o rasante. Si por alguna razón se tiene un deslizamiento, deben construirse bloques de anclaje de manera que queden apoyados en el terreno firme que ha sido excavado. Estos bloques de anclaje pueden construirse a cada tercer tubo.

g) Prueba de presión hidrostática y de estanqueidad

La finalidad de la prueba no es la de verificar una vez más la calidad de los materiales, sino hallar averías causadas por maltrato en la tubería o fallas en el montaje de las distintas partes de la línea. Es indispensable que el tramo que vaya a probarse se encuentre totalmente terminado, por tanto, debe verificarse que la tubería este totalmente soportada, los bloques de anclaje estén construidos y fraguados.

La prueba de la tubería se realizara medida que la obra progrese y en tramos no mayores de 200 metros, aunque a criterio del Ingeniero podrá variarse la longitud por razones prácticas tales como las facilidades de aislamiento por válvulas y los tiempos de llenado y vaciado de las tuberías.

La tubería se someterá a una prueba de presión hidrostática equivalente a 1.5 veces la presión estimada de trabajo, no siendo inferior en ningún caso a 150 psi. Estas presiones de prueba deberán mantenerse por no menos de una hora. Los costos del agua que se utilice para realizar las pruebas deben ser integrados en los precios unitarios de la oferta.

7.4.3. Relleno y compactación

Para toda zanja abierta para la instalación de tuberías o para otras actividades complementarias del proyecto, se requerirá de El Contratista el suministro de los recursos necesarios para efectuar adecuadamente el relleno y compactación de los mismos. El relleno y la compactación deben ser realizados adecuadamente para cerrar las zanjas. En general, esta actividad utiliza como material, el mismo que fue extraído de la zanja, libre de elementos inadecuados.

a) Requerimientos generales

A menos que se indique lo contrario o que circunstancias especiales así lo exijan, no se rellenarán las zanjas hasta que la tubería haya sido probada, desinfectada y lavada satisfactoriamente. Durante el relleno de las zanjas es necesario ajustarse a los siguientes requerimientos:

1) Se iniciará el relleno con capas de 10 centímetros de espesor y material seleccionado aceptado por El Ingeniero, cuidadosamente apisonadas sobre y muy particularmente, debajo del tubo y sus costados, hasta un nivel que corresponda a 1/4 del área del tubo. Al terminar el apisonado del fondo de la zanja, se usará un

azadón de forma curva para proveer un apoyo uniforme y continuo para el cuadrante inferior de los tubos.

- 2) Se continuará compactando el relleno en capas no mayores de 10 centímetros hasta alcanzar un espesor de 30 cm arriba de la parte superior de la tubería.
- 3) Desde 0.30 metros sobre el tubo hasta el nivel de rasante, se rellenará con material de la excavación, pero escogido, colocado y apisonado en capas de 15 centímetros. Piedras de más de 10 centímetros serán excluidas de todo relleno.
- 4) Cada capa de material de relleno con una humedad aceptable, que no sea ni muy baja (falta de agua) ni excesivamente saturada (exceso de agua) será compactada adecuadamente con apisonadoras de barra hasta lograr una apariencia de compactación sólida y densidad uniforme.

b) Tipos de relleno

❖ Relleno común

Consistente en material aprobado y seleccionado, sacado de la excavación de la zanja o de otra fuente, libre de terrones grandes, cenizas, basuras, plantas, hierbas u otros materiales degradables. El relleno deberá tener alrededor del 2% de agua natural, con relación al peso seco del suelo original.

❖ Relleno especial

En vista que la norma requiere para rellenos de zanjas, cierto grado de calidad de material dependiendo de las condiciones específicas encontradas en el subsuelo, algunas veces se obligará el mejoramiento y/o la sustitución del material existente en la excavación, por otro catalogado como relleno especial, tales rellenos podrán ser: a) de material selecto para sustituir o para mezclar; b) material especial granular; c) material especial arenoso.

7.5. Especificaciones para tubería y accesorios PVC

7.5.1. Tuberías

Todas las tuberías de Cloruro de Polivinilo (PVC) a ser suministradas deberán cumplir con la especificación estándar ASTM D 2241-89, la tubería de 2” deberá ser clase SDR-26, según la, del tipo de unión flexible, tipo PUSH-ON o TYTON o JUNTA RAPIDA, es decir, que en el interior de uno de sus extremos traerá incorporado un

empaques de caucho o neopreno donde se insertará el extremo libre del otro tubo, haciendo un sello perfecto.

Las tuberías PVC de 4 y 6” a utilizar para la protección de válvulas serán clase SDR-41, mientras que las tuberías de ½” de diámetro a utilizarse en acometidas domiciliarias serán clase SDR-13.5 del tipo de unión cementada. Las propiedades físicas de la tubería serán probadas de conformidad a la última versión de las normas ASTM D2241, D1598 y D1599, para la presión sostenida, presión de estallido integridad hidrostática, aplastamiento y calidad de la extrusión.

Todas las tuberías PVC deberán llevar marcado lo siguiente:

- Marca del fabricante.
- Código de fabricación, designando como mínimo la fecha de fabricación.
- Diámetro nominal.
- Tipo, grado, valor SDR y la presión de servicio.
- ASTM D 2241.
- Sello o marca del laboratorio que certifica el producto para el transporte de agua potable.

La tubería de PVC será fabricada de compuestos vírgenes de clase igual o superior a las clases 12454-B, 12454-C, 14333-D, según lo define la especificación ASTM D 1784. Las tuberías deben ser diseñadas para una presión hidrostática de 2000 psi (14 MPa) para agua a 23° C, designadas como PVC1120, PVC1220 y PVC2120. Los compuestos usados en la fabricación de las tuberías y accesorios no deben contener ingredientes solubles en agua en una cantidad tal que su migración en determinadas cantidades en el agua sea tóxica y no permitida, según las normas de calidad OPS/OMS para el agua potable. Es de hacer notar que no se aceptarán materiales que contengan plomo y sus derivados, o materiales solubles en agua u otros que perjudiquen la calidad específica de la tubería.

Dimensiones: Los diámetros, espesores de paredes y longitudes de la tubería serán determinados conforme a lo establecido por el método de prueba estándar ASTM D2122-88.

Longitudes estándares: La tubería debe suministrarse en longitudes estándares de 20 pies±1 pulgada (6.1 m±25 mm). Un máximo del 5% de la longitud de cada diámetro puede suministrarse en longitudes variables que no sean menores a los 10 pies (3 m).

Empaques de caucho y lubricantes: Los empaques y lubricantes proyectados para usarse con la tubería de PVC, deberán ser fabricados de material que sean

compatibles el uno al otro con el material de plástico, cuando son usados juntos. El material no deberá soportar el crecimiento de bacterias ni adversamente afectar la calidad potable del agua que está siendo transportada.

7.5.2. Accesorios PVC

Todos los accesorios serán cédula 40, de extremos lisos (Slip x Slip) para junta cementada. Los adaptadores hembra (female adapter) y adaptadores machos (male adapter) de 1/2" tendrán un extremo liso y el otro extremo roscado S. T. (Slip x THREAD). Para el caso de las abrazaderas de 2" * 1/2", rosca recta en la boca de servicio, deberá cumplir la norma ASTM D-2466-74, para una presión de trabajo de 250 psi. Otros nombres utilizados para las abrazaderas son collares de derivación o silletas roscadas (threaded services addle). Los pernos y tuercas utilizados serán de bronce o acero con tratamiento especial anticorrosivo.

7.5.3. Pegamento PVC

El pegamento a suministrarse debe cumplir con la norma D-2564, la cual rige las especificaciones para cemento solvente. Esta es una solución de PVC clase 12454-B que debe suministrarse en recipientes de 1/4 de galón o menor.

7.6. Especificaciones para válvulas de hierro fundido y bronce

7.6.1. Válvulas de pase de bronce (CURB STOP)

El material de fabricación de las válvulas será de una aleación de bronce, que contenga un 85% de cobre y un 5% de estaño, plomo y zinc, de acuerdo a los requerimientos mecánicos y químicos de ASTM B62 o ASTM B584. Serán diseñadas, fabricadas y probadas según la norma ANSI/AWWA C800, última revisión.

Las válvulas serán de 1/2" similares a los modelos FORD ZX11-111 y MUELLER H-10202.

7.6.2. Válvulas de compuerta de hierro fundido

Serán fabricadas conforme a las Normas AWWA C-509-87. Las válvulas de compuerta ofertadas serán del tipo de cierre elástico de vastago no-levadizo (NRS RESILIENT SEATED GATE VALVE), con la compuerta o cuña de hierro fundido,

encapsulada en elastómero, diseñadas para una presión de trabajo de 200 psi, vástago de bronce no levadizo, con cierre en sentido de las manecillas del reloj.

Las válvulas vendrán provistas de tuerca de operación de 2" x 2" con extremos con empaque de hule, con un diámetro interior igual al diámetro exterior del tubo suministrado (PVC SDR-17 o 26), llevarán interior y exteriormente un revestimiento protector. Las válvulas con extremos de bridas serán según especificaciones ANSI B-16.1, clase 125, con sus respectivos compañeros de brida de hierro fundido con rosca hembra I.P. (Female Iron Pipe Threads), pernos, tuercas y empaques.

7.7. Especificaciones para tuberías y accesorios de Hierro Galvanizado (HG)

La tubería de hierro galvanizado será del tipo estándar cédula 41, debiendo ajustarse a las especificaciones ASTM 120-65 y ASTM A 90-39. Será suministrada en longitud de 6 metros, con rosca estándar en cada extremo y las respectivas uniones. Esta última consistirá en una camisa de hierro galvanizado con rosca standard para roscarse en el extremo del tubo. Los accesorios de hierro galvanizado se ajustarán a las especificaciones ASTM, tendrán rosca hembra del tipo IRON PIPE (I.P.) y deberán ser diseñados para acoplarse a tubería de HG.

7.8. Especificaciones para el modulo solar

El arreglo de paneles solares que conformarán el modulo solar deberán cumplir con las siguientes características:

Paneles solares		Características del controlador de carga	
Marca	Solar world	Marca	Grundfos
Modelo	SW 135 poly R6A		
Potencia	135 vatios		
Tipo y numero de conductor	AWG N° 2X10	Interruptores de cuchilla	Estándar de doble tiro 30 amperios.
Características de línea de transmisión eléctrica	Enterrado con tubería conduit de 1".		

Tabla 49: Especificaciones del módulo solar
Fuente: Elaboración propia. (2015).

RESULTADOS

1) Diagnóstico socioeconómico

El diagnóstico socioeconómico reflejó:

- La distribución de géneros es bastante equitativa, correspondiendo a un 49% de habitantes del sexo masculino y 51% del sexo femenino.
- El 23.6% de los hombres es analfabeta o solo saben leer y el 31.1% de las mujeres se encuentran en esta misma situación.
- Con relación a la vivienda, el tipo de construcción es tradicional, con materiales de la zona (madera y barro).
- En la comunidad no hay servicio de alcantarillado sanitario, las aguas servidas provenientes de lavado, baño y cocina son descargadas superficialmente sobre los patios.
- No existe un mecanismo comunitario de eliminación de desechos, por lo que cada familia se encarga de despejar los desechos de sus viviendas.
- El 43% de las familias no tiene una letrina propia, por lo que se ven en la necesidad de prestar o de hacer sus necesidades al aire libre. Además solamente el 30% de las letrinas se encuentran en óptimas condiciones.
- El único servicio público básico con el que cuenta la comunidad es el suministro de energía eléctrica.
- La principal actividad económica es la agricultura, destacándose el cultivo del frijol (43%) y maíz (32%).
- La Población Económicamente Activa de la comunidad es de 100 personas, que representa el 35% de la población total. La Población con Trabajo Permanente está comprendida por 39 personas, que representa el 14% de la población total y el 39% de la PEA.
- El diagnóstico socioeconómico reflejó que la población de comunidad Las masías cuenta con la suficiente solvencia económica para hacer frente a un Miniacueducto por bombeo solar. El ingreso familiar promedio de C\$ 1567 resulta en una capacidad de pago de C\$ 50, suficiente para cubrir la cuota a establecerse para labores de administración, operación y mantenimiento del sistema, cuota que en general no excede los C\$ 30 mensuales.

2) Estudio hidrológico

❖ Análisis de la calidad del agua

Los resultados del análisis de la calidad del agua en términos generales fueron satisfactorios, los parámetros físico-químicos, organolépticos, hierro y arsénico, se encuentran dentro de los límites establecidos en la norma; en cuanto a los parámetros bacteriológicos, se encontró una concentración excedente de coliformes totales con un valor de 300 NPM/100ml, sin embargo la ausencia de coliformes fecales asegura la utilización del agua del pozo para consumo humano.

❖ Balance hídrico

De la aplicación del balance hídrico se obtuvieron los siguientes resultados:

- Se deduce, basado en los altos niveles de infiltración, la existencia de un predominio de suelos con alta permeabilidad.
- La evapotranspiración se encuentra en niveles relativamente normales, ocasionado por el equilibrio entre los factores que aumentan o disminuyen este fenómeno.
- Se obtuvo un porcentaje de recarga del 14.12%, como resultado el acuífero experimenta un buen rendimiento y capacidad de recuperación.

3) Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico se llevó a cabo adoptando las recomendaciones brindadas por FISE en el documento “Manual de Administración del Ciclo de Proyecto Municipal (MACPM) - Capítulo VII: Agua y Saneamiento Rural”.

El trabajo de campo tuvo resultados satisfactorios, permitiendo el plasmar en plano con el suficiente detalle las características generales del terreno, como accidentes topográficos, estructuras públicas y privadas, entre otros. Además de la altiplanimetría para la modelación de la superficie de los caminos y el recorrido de la línea de conducción.

4) Diseño de los componentes del sistema

❖ Fuente de abastecimiento

Como resultado del análisis del caudal explotable del pozo de interés realizado en la sección (5.5), se encontró que el grado de explotación entrado en funcionamiento el proyecto será mínimo, lo que garantiza la durabilidad de esta fuente y un suministro de agua en cantidad suficiente para abastecer la demanda de la población.

❖ Equipo de bombeo

El equipo de bombeo consistirá en una bomba sumergible de 1 HP, con una capacidad de al menos 13.5 gpm. El equipo deberá ser reemplazado al finalizar el primer periodo de 10 años con otro equipo de iguales características.

El resumen de los resultados obtenidos en la sección (5.6.) se muestra en la siguiente tabla:

Concepto	Valor calculado
Diámetro interno de la tubería	2 Pulgadas
Nivel de Bombeo (NB)	21.15 m
Carga Estática de Descarga (CED)	26.66 m
Pérdidas friccionantes en la columna de bombeo ($hf_{columna}$)	1.21 m
Pérdidas friccionantes en la descarga (hf_{desc})	2.17 m
Carga Total Dinámica (CTD)	167.90 Pies
Potencia hidráulica de la bomba (calculada)	1 HP
Potencia del motor	1.15 HP

Tabla 50: Resumen de resultados para la estación de bombeo.
Fuente: Elaboración propia. (2015).

❖ Línea de conducción

La línea de conducción del sistema de abastecimiento será de tubería de PVC SDR-26 de 2". Al realizar el cálculo hidráulico se determinó que la velocidad de flujo se encontrara por debajo del límite recomendado por la normativa de (0.6 m/s), sin embargo esto no implica riesgos de sedimentación dentro de la tubería.

Con relación al golpe de ariete se determina que este no representa un problema a tener en consideración para el tipo de tubería.

En la siguiente tabla se muestra el resumen de los resultados obtenidos:

Concepto	Valor calculado	Valor de referencia	Observación
Velocidad	0.41 m/s	0.6 m/s < v < 1.5 m/s	No cumple
Golpe de ariete	58.7 m	112 m.c.a.	Cumple

Tabla 51: Resumen de resultados para la línea de conducción.
Fuente: Elaboración propia. (2015).

❖ Red de distribución

La red de distribución será construida con tubería de PVC SDR-26 de 2”. Con la finalidad de garantizar un óptimo funcionamiento hidráulico, se han diseñado obras especiales como pasos elevados; así como la instalación de válvulas de compuerta y válvulas de limpieza, cuyas características y localización y se amplían en las especificaciones técnicas y planos constructivos.

❖ Tanque de almacenamiento

El tanque de almacenamiento será construido de concreto ciclópeo y tendrá una capacidad efectiva de 34.2 m³. Los aspectos constructivos se detallan en los planos y especificaciones técnicas.

Concepto	Dimensión	Observación
Volumen	17.07 m ³	Considerando un 35% del CPDT
Altura	2.50 m	Incluye un reboce de 40 cm
Lado	3.7 m	El tanque será de base cuadrada
El volumen final efectivo del depósito será de 34.2 m ³		

Tabla 52: Dimensiones finales del tanque de almacenamiento.
Fuente: Elaboración propia. (2015).

❖ Análisis hidráulico del sistema

- El análisis hidráulico del sistema se realizó con el programa EPANET, con el que se evidenció la necesidad de garantizar un bombeo continuo de un mínimo de 13 horas.
- Después de analizar los resultados para las 3 condiciones estudiadas, únicamente se presentan 3 nodos con problema de bajas presiones, afectando a un número de 4 familias. Como solución a este problema se propuso la instalación de un tanque elevado de 50 galones de capacidad, el que deberá ser llenado durante la noche después de las siete, cuando las presiones alcancen su máximo.

- El sistema será dotado de 2 válvulas de limpieza para prevenir la acumulación de sedimentos en los puntos de confluencia de pendientes. La localización de las válvulas de limpieza se especifica en los planos constructivos, además de la localización de las válvulas de pase para el cierre de ramales durante las labores de mantenimiento del sistema.

5) Plan de gestión ambiental

De conformidad con la información ampliada en el capítulo VI se deduce que el proyecto no tendría una incidencia significativa en el deterioro ambiental de la zona. Los impactos negativos se presentaran principalmente en la etapa de corte y relleno, por la alteración a la integridad de los suelos y la calidad del aire, aunque son susceptibles a ser controlados mediante la aplicación de medidas de mitigación y/o corrección.

CONCLUSIONES

- ❖ El estudio y diseño del miniacueducto por bombeo solar para la comunidad Las masías del municipio de Teustepe, departamento de Boaco, se ha efectuado adoptando las “Normas técnicas de diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural (NTON 09001-99)”, emitidas por el INAA.
- ❖ Con la implementación del sistema de abastecimiento de agua potable los habitantes de la comunidad mejorarían de forma sustancial las condiciones higiénico-sanitarias en que habitan, haciendo énfasis en el mejoramiento de la higiene personal y habitacional en general; sin embargo las condiciones sanitarias no mejorarían, el estudio socioeconómico mostró que la comunidad presenta un grave problema con relación a la eliminación excretas, desechos y aguas grises, situación que debe ser contemplada para la implementación de un futuro proyecto de saneamiento rural, de tal manera que se sufraguen a corto plazo las necesidades básicas requeridas por las familias para mejorar de forma sustancial su calidad de vida.
- ❖ Según todo lo abordado en este documento se concluye que el sistema propuesto es el más adecuado, habiendo considerado la realidad socioeconómica en que viven las familias de la comunidad, sus necesidades y ambiciones, y las características hidrológico y topográficas del sitio.

RECOMENDACIONES

- 1) El organismo promotor del proyecto deberá coordinarse con las instituciones del estado correspondientes para presentar formalmente el proyecto a los comunitarios, a la vez que deberá programarse reuniones y seminarios que aborden el manejo, operación y mantenimiento del sistema, sus aspectos técnicos, financieros y de salud.
- 2) Al no haberse realizado un levantamiento topográfico empleando un equipo de alta precisión, se recomienda la realización de un nuevo levantamiento, o al menos rectificar los niveles empleados para la formulación del modelo hidráulico empleado en el diseño de la red de distribución, mediante un replanteo de los nodos, niveles del predio del tanque y del brocal del pozo.
- 3) Se recomienda la realización de nuevas pruebas para verificar la calidad del agua del pozo, ya que los resultados aquí presentados proceden de pruebas realizadas a finales del año 2013 y por lo tanto a la fecha tienen un desfase de casi dos años.
- 3) Se recomienda la realización de una prueba de bombeo al pozo de la comunidad, con el objetivo de corroborar los niveles estáticos y dinámicos considerados para el dimensionamiento del equipo de bombeo, haciendo particular énfasis en determinar el valor real del abatimiento experimentado por el pozo ante un régimen de bombeo.
- 4) De no realizarse la interconexión del módulo solar con la red eléctrica pública, se recomienda la implementación de un arreglo de baterías con el objetivo de almacenar la energía restante producida por el arreglo de paneles solares, y que no será utilizada por el equipo de bombeo.
- 5) Para el caso de equipos de bombeo y elementos del módulo solar se recomendó una marca específica con amplia tradición en nuestro país, sin embargo existen muchas otras que pudieran ser utilizadas, tales como: FRANKLIN ELECTRIC, MONO PUMP, SUMI SOLAR, NICA SOLAR.

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL MODULO SOLAR

- Limpieza del área externa e interna se debe realizar semanal
- Debemos revisar los paneles solares y lavarlos cuando tengan suciedad para tener un mejor aprovechamiento de los rayos del sol.
- Revisión de base y estructura de soporte de paneles solares (Estado de corrosión y tornillería) cada seis meses.
- Eliminar las abejas que se instalan en paneles y cables.
- Revisión de conexiones eléctrica (Entre paneles y línea de transición) y resocar bornes de conexión eléctricos debe realizarse cada 6 meses.
- Limpieza exterior del controlador (Con brocha y cepillo dental en mal estado) cada mes.
- Pintado de estructura metálica de soporte con pintura anticorrosiva cada vez se presente corrosión.
- Poner grasa a las balineras y seguidor de la estructura.
- Tapar las balineras y seguidor para evitar corrosión.
- Revisar la cerca perimetral de protección de paneles y resocar cada vez que sea necesario para evitar la incorporación de animales.

BIBLIOGRAFIA

- Agüero, P. R. (1997). *Sistemas de abastecimiento sin tratamiento*. Lima, Perú.
- Arocha, S. (1977). *Abastecimientos de agua, teoría y diseño*. Venezuela.
- Asamblea Nacional de Nicaragua. (2014). *Ley No. 217, Ley general del medio ambiente y los recursos naturales*. Managua, Nicaragua: Gaceta.
- ASOFENIX. (2013). *Manual para sistemas de agua potable a través de energías renovables*. Managua, Nicaragua.
- Baltodano, J. (2003). *Folleto de abastecimiento de agua potable, del curso de explotación y administración de recursos hídricos*. Managua, Nicaragua: Facultad de Tecnología de Construcción, UNI-RUPAP.
- Benítez, C. (1980). *Manual de conservación de suelos y agua* (Ministerio de Agricultura y Conservación). Lima, Perú.
- Blanco, M. (2003). *Folleto de estaciones y equipos de bombeo. Curso de explotación y administración de recursos hídricos*. Managua, Nicaragua: Facultad de Tecnología de la Construcción, UNI-RUPAP.
- Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado. (1999). *Manual de normas y procedimientos técnicos para la implementación de proyectos de agua potable y saneamiento en el sector rural disperso de Nicaragua*. Managua, Nicaragua.
- Fondo de Inversión Social de Emergencia. (2007). *Manual de administración del ciclo de proyecto municipal, Capítulo II: Preinversión*. Managua, Nicaragua.
- Fondo de Inversión Social de Emergencia. (2007). *Manual de administración del ciclo de proyecto municipal, Capítulo VII: Agua y saneamiento rural*. Managua, Nicaragua.
- Fondo de Inversión Social de Emergencia. (2008). *Manual de gestión ambiental*. Managua, Nicaragua.
- Gobierno de la República de Nicaragua. (2006). *Decreto No. 76-2006, Sistema de evaluación ambiental*. Managua, Nicaragua: Gaceta.
- Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado. (2001). *Normas técnicas de diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural, NTON 09001-99*. Managua, Nicaragua.
- Krasny, & Hecht. (1998). *Estudios hidrogeológicos e hidroquímicos de la región del central de Nicaragua* (INETER). Managua, Nicaragua.

- López, R. A. (1999). *Diseño de acueductos y alcantarillados. Segunda edición*. Bogotá, Colombia: Editorial Alfa y Omega.
- Netto, A., & Acosta, G. (1996). *Manual de Hidráulica*. Editorial Harla.
- Organización Panamericana de la Salud. (2004). *Guía de diseño para líneas de conducción e impulsión de sistemas de abastecimiento de agua rural*. Lima.
- Organización Panamericana de la Salud. (2005). *Guía para el diseño de redes de distribución en sistemas rurales de abastecimiento de agua*. Lima.
- Organización Panamericana de la Salud. (2006). *Criterios básicos para la implementación de sistemas de agua y saneamiento en los ámbitos rural y de pequeñas ciudades*. Lima.
- Piura, L. J. (2008). *Metodología de la investigación científica. Sexta edición*. Managua, Nicaragua: Xerox.
- Tirado, V. R. (2009). *Apuntes de hidrología. Managua, Nicaragua: Facultad de Ciencias e Ingeniería, UNAN-MANAGUA*.

ANEXOS

Anexo 1: Informe de resultados del análisis fisicoquímico y parámetros organolépticos.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE NICARAGUA
Programa de Investigación Estudios Nacionales y Servicios Ambientales
LABORATORIOS AMBIENTALES

PIENSA

CERTIFICADO DE ENSAYOS FQAN1311-0119

EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN		TELEFONO	
Asociación FENIX		Residencial Montecristi		NR	
ATENCIÓN		CARGO		EMAIL	
Joel Aftreth		Practicante		asu-orden@yahoo.com	
CELULAR		NUMERO DE MUESTRAS			
8442-6958		Uno (1)			
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO					
INGRESO	INICIO DE ANALISIS	FINAL DE ANALISIS	FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA	
06/11/2013	06/11/2013	14/11/2013	18/11/2013	1655	
Fecha y Hora de Muestreo			05/11/2013, 05:00 p.m		
Muestreado por			Joel Aftreth		
Supervisor de Muestreo en Campo			Ing. Agueda Ordeñana		
Fuente			Pozo perforado		
Tipo de muestra			Agua Subterránea		
Observaciones de Ubicación			Comunidad Las masías, Teustepe, Boaco		
Coordenadas			NR		
Codificación PIENSA			LA-1311-0761		
VALOR DE CONCENTRACION			PUNTO DE MUESTREO 1		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad			Norma CAPRE*
Visual	Aspecto	NE	Clara		NE
2350-B	Temperatura	°C	NR		18 - 30
4500-B	Potencial de Hidrogeno	pH	7.32		6,5 - 8,5
2510-B	Conductividad Eléctrica	µS/cm	352.00		400
2130-B	Turbiedad	NTU	4.80		5
2120-C	Color Verdadero	UC	9.00		15
2320-B	Alcalinidad	mg/l	168.20		NE
2320-B	Carbonatos	mg/l	< 0.10		NE
2320-B	Bicarbonatos	mg/l	168.20		NE
4500-D	Nitratos	mg/l	1.70		50
4500-B	Nitritos	mg/l	< 0.009		0.1
4500-D	Cloruros	mg/l	6.05		250
3500-B	Hierro Total	mg/l	0.0295		0.3
4500-D	Sulfatos	mg/l	6.19		250
2340-C	Dureza Total	mg/l	113.52		400
2340-C	Dureza Calcica	mg/l	92.64		NE
3500-B	Calcio	mg/l	37.13		100
3500-B	Magnesio	mg/l	5.07		50
3500-B	Manganeso	mg/l	< 0.020		0.5
3500-C	Potasio	mg/l	6.96		10
3500-X	Sodio	mg/l	20.00		200
4500-C	Fluor	mg/l	0.237		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.
 <: menor al Límite de Detección que se especifica por parámetro. NE= No especificada en la Norma, NR= No Reporta, PMS=Poca Materia en Suspensión.
 Métodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods, 21th.2005 EPA = Environmental Protection Agency

* Norma regional de calidad del agua para consumo humano

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

PhD. Leandro Paramo Aguilera
Coordinador de Laboratorios Ambientales

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

Telefax: (505) 2278-1462 • Teléfono: (505) 2270-5613 / 2270-1517 • Celular: 8866-6702 / 8866-6705
 Email: piensa@uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni • Managua, Nicaragua.

0000175

Mismo

Fuente: Asociación ASOFENIX. (2013).

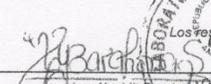
Anexo 2: Informe de resultados del análisis de arsénico.

LABORATORIOS AMBIENTALES

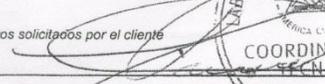
CERTIFICADO DE ENSAYOS MP1409-0058

EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN		TELEFONO	
ASOFENIX		Residencial Montecristo		8742-8368	
ATENCIÓN		CARGO		EMAIL	
Juan Carlos Calero		Ingeniero de Proyecto		NR	
				CELULAR	
				8742-8368	
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO					
INGRESO	INICIO DE ANALISIS	FINAL DE ANALISIS	FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA	NUMERO DE MUESTRAS
02/09/2014	05/09/2014	05/09/2014	09/09/2014	1875	Una (1)
Fecha y Hora de Muestreo			02/09/2014 ; 11:48 am		
Muestreado por			Ing. Juan Carlos Calero		
Supervisor de Muestreo en Campo			Ing. Juan Carlos Calero		
Fuente			Pozo perforado		
Tipo de muestra			Agua Subterránea		
Observaciones de Ubicación			Comunidad Las masías, Teustepe, Boaco		
Coordenadas			NR		
Codificación PIENSA			LA -1409-0521		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION		Norma
G.H	Arsénico	mg/L	PUNTO DE MUESTREO 1		CAPRE*
			0.006		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.
 <: menor al Límite de Detección que se especifica por parámetro. NE= No especificada en la Norma, NR= No Reporta. ND=No Detectado
 Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods, 21th.2005 EPA = Environmental Protection Agency
 * Norma regional de calidad del agua para consumo humano
 G.H: Generador de Hidruros, Utilizando ARSENATOR



Ing. Xochilt Barahona Silva
Responsable Laboratorio Micropoluentes



Ph.D. Ing. Leandro Paramo
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

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

R.U 060215
059074
Fact. 0328

Fuente: Asociación ASOFENIX. (2014).

Anexo 3: Informe de resultados del análisis bacteriológico.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Programa de Investigación Estudios Nacionales y Servicios Ambientales



LABORATORIO AMBIENTAL

CERTIFICADO DE ENSAYOS MB1410-0103

EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN:		TELEFONO
ASOFENIX		Residencial Monte Cristi		87428368
ATENCIÓN:		CARGO:	EMAIL:	CELULAR
Ing. Jaime Muñoz		Director	juangarcia1987@hotmail.es	87428368
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO			FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA
INGRESO:	INICIO DE ANALISIS:	FINAL DE ANALISIS:	27/10/2014	1927
16/10/2014	16/10/2014	22/10/2014		
Fecha y Hora de Muestreo			16/10/14, 7:37 A.M	Rango o valor máximo permisible
Supervisor y muestreo de campo			NR	
Muestreado por			Ing. Juan Carlos Calero	
Fuente			Pozo perforado	
Tipo de muestra			Agua subterránea	
Coordenadas			NR	
Observaciones de Ubicación			Comunidad Las masías, Teustepe, Boaco	
Codificación PIENSA			LA-1410-0658	
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION	Norma CAPRE*
9221B	Coliforme total	NMP/100ml	0,3*10 ³	Neg
9221E	Coliforme fecal	NMP/100ml	Neg	Neg

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.
<: menor al Limite de Detección que se especifica por parámetro. NE= No especificada en la Norma, NR= No Reporta, Neg= Negativo
Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Metodos, 21th.2005 EPA = Environmental Protection Agency

* Norma regional de calidad del agua para consumo humano

Los resultados de estos ensayos corresponden a los solicitados por el cliente



Ph.D. Leandro Páramo Aguilera
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio se reserva los derechos de confidencialidad e imparcialidad del informe.

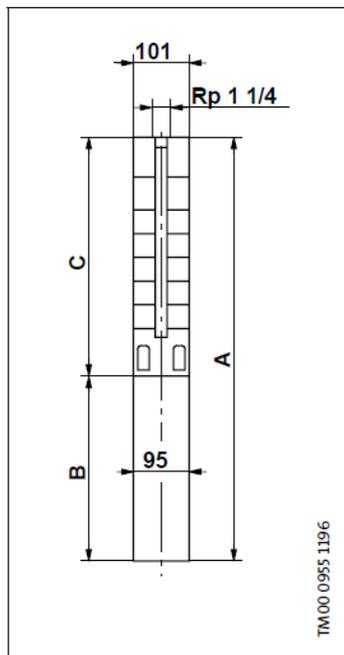
Telefax: (505) 2278-1462 • Teléfono: (505) 2270-5613 / 2270-1517 • Atención al Cliente: 8152 7314, Lab.: 8100 0421
Email: piensa@uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni • Managua, Nicaragua.

Pág. 1 de 1

Fuente: Asociación ASOFENIX. (2014).

Anexo 4: Datos técnicos bombas GRUNDFOS modelos SP 3A de 50Hz.

Dimensiones y pesos

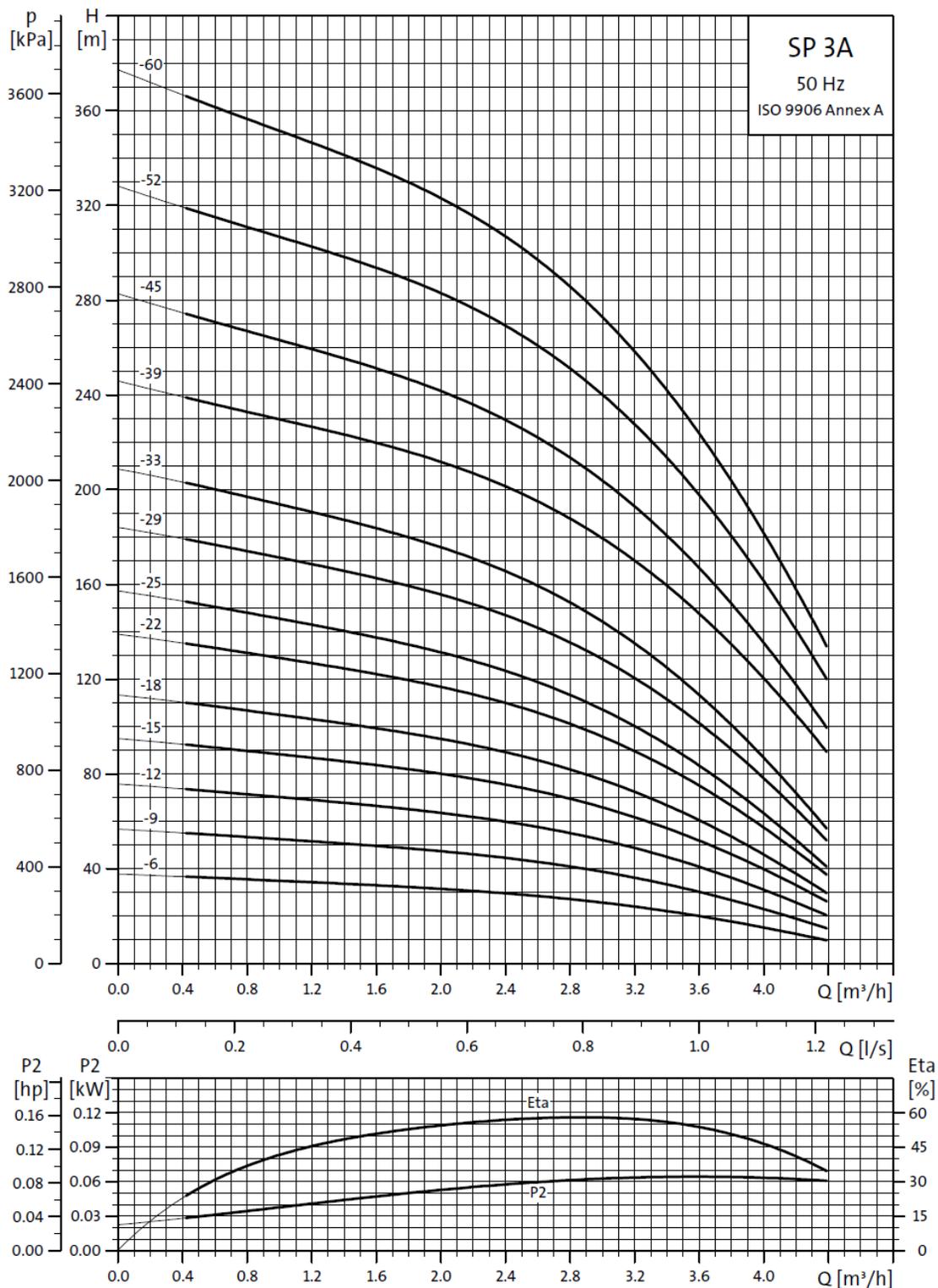


101 mm = Diámetro máximo de la bomba incl. protector de cable y motor.

Tipo de bomba	Motor		Dimensiones [mm]				Peso neto [kg]		
	Tipo	Potencia [kW]	C	B		A		1x230V	3x230V 3x400V
				1x230V	3x230V 3x400V	1x230V	3x230V 3x400V		
SP 3A-6	MS 402	0.37	281	256	226	537	507	10	9
SP 3A-6N	MS 4000R	2.2	326	573		899		26	
SP 3A-6N	MS 4000R	0.75	326		398		724		18
SP 3A-9	MS 402	0.55	344	291	241	635	585	12	10
SP 3A-9N	MS 4000R	2.2	389	573		962		27	
SP 3A-9N	MS 4000R	0.75	389		398		787		19
SP 3A-12	MS 402	0.75	407	306	276	713	683	13	12
SP 3A-12N	MS 4000R	2.2	452	573		1025		28	
SP 3A-12N	MS 4000R	0.75	452		398		850		20
SP 3A-15	MS 402	1.1	470	346	306	816	776	16	14
SP 3A-15N	MS 4000R	2.2	515	573		1088		29	
SP 3A-15N	MS 4000R	1.1	515		413		928		22
SP 3A-18	MS 402	1.1	533	346	306	879	839	16	15
SP 3A-18N	MS 4000R	2.2	578	573		1151		30	
SP 3A-18N	MS 4000R	1.1	578		413		991		23
SP 3A-22	MS 402	1.5	617	346	346	963	963	18	17
SP 3A-22N	MS 4000R	2.2	662	573		1235		31	
SP 3A-22N	MS 4000R	1.5	662		413		1075		24
SP 3A-25	MS 402	1.5	680	346	346	1026	1026	18	18
SP 3A-25N	MS 4000R	2.2	725	573		1298		32	
SP 3A-25N	MS 4000R	1.5	725		413		1138		25
SP 3A-29	MS 4000	2.2	764	573		1337		29	
SP 3A-29	MS 402	2.2	764		346		1110		20
SP 3A-29N	MS 4000R	2.2	809	573	453	1382	1262	33	28
SP 3A-33	MS 4000	2.2	848	573		1421		30	
SP 3A-33	MS 402	2.2	848		346		1194		21
SP 3A-33N	MS 4000R	2.2	893	573	453	1466	1346	34	29
SP 3A-39	MS 4000	3.0	1019		493		1512		32
SP 3A-39N	MS 4000R	3.0	1019		493		1512		32
SP 3A-45	MS 4000	3.0	1145		493		1638		34
SP 3A-45N	MS 4000R	3.0	1145		493		1638		34
SP 3A-52	MS 4000	4.0	1292		573		1865		41
SP 3A-52N	MS 4000R	4.0	1292		573		1865		41
SP 3A-60	MS 4000	4.0	1460		573		2033		43
SP 3A-60N	MS 4000R	4.0	1460		573		2033		43

Fuente: GRUNDFOS España S.A. (2013). Catálogo de bombas sumergibles modelos SP A, SP de 50Hz. España.

Anexo 5: Curvas características bombas GRUNDFOS modelos SP 3A de 50Hz.



Fuente: GRUNDFOS España S.A. (2013). Catálogo de bombas sumergibles modelos SP A, SP de 50Hz. España.

Anexo 6: Registro de precipitaciones estación HMO 69084.



INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA
RESUMEN METEOROLÓGICO ANUAL

Estación: **BOACO /** Código: **69084**
Departamento: **BOACO** Municipio: **BOACO**
Latitud: **12°28'12"** Longitud: **85°39'18"**
Años: **1971-2011** Elevación: **400 msnm**
Parámetro: **Precipitación (mm)** Tipo: **HMO**

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1971	104.4	15.3					148.5	158.9	221.0	133.1	21.0	68.9	871.1
1972	38.3	14.7	1.3	1.3	107.8	83.8	195.6	146.7	159.7	74.8	59.4	56.7	940.1
1973	9.7	2.9	1.8	0.2	248.5	167.6	167.7	133.9	215.2	273.2	84.7	19.3	1,324.7
1974	52.3	7.6	22.6	22.6	30.2	138.8	72.9	159.4	299.0	163.5	13.2	51.2	1,033.3
1975	82.0	4.0	4.9	8.5	87.6	130.7	121.9	201.5	204.3	152.1	94.6	22.9	1,115.0
1976	37.3	13.3	20.0	0.8	57.6	242.6	150.3	124.9	73.6	59.6	61.8	52.7	894.5
1977	5.0	9.4	0.0	2.2	143.4	289.9	165.7	62.0	195.1	92.0	49.6	34.4	1,048.7
1978	20.7	0.2	2.2	0.3	168.1	175.9	248.4	135.4	152.3	148.9	44.4	56.5	1,153.3
1979	60.5	1.6	20.2	287.0	60.4			96.0	214.6	219.5	36.7	78.0	1,074.5
1980	26.5	5.4	4.1	0.0	310.3	190.5	226.5	59.0	193.5	245.4	239.1	40.7	1,541.0
1981	0.0	27.7	58.1	13.6	128.7	505.1	79.2	266.9	109.2	167.5	49.4	19.8	1,425.2
1982	36.5	37.9	23.2	39.3	497.3	242.3	222.8	115.6	139.5	117.5	37.7	34.0	1,543.6
1983	5.4	10.2	3.2	1.9	37.3	197.9	161.1	175.1	203.2	146.5	64.3	72.8	1,078.9
1984	17.3	13.1	15.7	0.5	65.5	167.2	190.6	191.1	237.9	190.9	25.8	85.9	1,201.5
1985	24.5	42.0	25.9	1.2	92.5	241.5	144.9	114.7	124.7	195.6	90.5	76.1	1,174.1
1986	11.1	7.4	0.4	3.8	197.1	281.0	196.0	117.5	118.1	65.2	121.8	31.6	1,151.0
1987	13.2	0.6	0.0										13.8
1994	37.9	24.3	4.7	31.9	172.3	109.9	113.6	121.1	186.4	204.2	141.4	37.9	1,185.6
1995	27.7	19.1	22.2	68.2	109.1	279.1	178.6	390.0	271.4	215.2	71.8	54.5	1,706.9
1996	17.4	4.7	3.9	0.9	188.1	183.5	211.4	399.8	180.9	201.6	162.5	33.3	1,588.0
1997	17.0	17.6	23.3	12.5	2.4	336.9	203.3	139.7	141.9	253.6	178.2	0.0	1,326.4
1998	4.0	0.0	15.2	4.0	127.7	144.0	121.5	179.5	240.6	761.9	178.5	55.1	1,832.0
1999	43.1	19.9	11.7	8.9	250.1	108.0	208.9	101.1	147.2	276.2	99.9	2.8	1,277.8
2000	23.2	29.9	3.6	0.0	36.5	236.6	137.3	207.0	344.9	124.4	65.9	39.5	1,248.8
2001	9.5	34.4	0.0	0.0	104.0	117.4	184.6	190.2	174.7	120.3	11.5	8.1	954.7
2002	26.8	32.0	6.4	1.8	210.8	202.5	251.4	140.2	128.5	127.8	58.4	28.3	1,217.0
2004	59.8	27.9	51.5	25.6	175.4	189.4	168.8	119.3	220.8	172.4	128.8	20.1	1,259.8
2005	16.0	2.8	0.0	14.3	139.3	371.8	190.4	172.1	176.9	330.0	65.4	29.0	1,508.0
2006	76.4	11.7	16.2	0.0	38.6	217.4	217.2	97.2	143.0	96.1	137.4	49.1	1,100.3
2007	30.3	5.2	1.3	25.7	67.8	157.9	232.0	250.0	318.3	338.6	93.9	37.4	1,558.4
2008	48.8	7.6	4.6	9.2	190.2	333.1	309.0	227.6	264.0	389.6	9.0	20.0	1,812.7
2009	15.8	15.9	0.0	0.0	249.4	151.3	225.0	181.4	82.3	119.3	40.7	0.0	1,081.1
2010	0.0	0.0	0.0	96.6	214.0	251.5	179.8	588.7	365.9	98.9	59.2	9.3	1,863.9
2011	8.2	15.8	4.7	17.5	148.8	226.0	226.5	155.1	234.1	229.2	103.9	87.3	1,457.1
Suma	1,020.0	486.4	381.1	717.3	4,743.5	7,088.9	6,018.2	6,036.5	6,632.3	6,509.1	2,755.2	1,327.3	43,715.8
Media	29.1	13.9	11.2	21.7	143.7	221.6	182.4	177.5	195.1	191.4	81.0	39.0	1,249.0
Max	104.4	42.0	58.1	287.0	497.3	505.1	309.0	588.7	365.9	761.9	239.1	87.3	1,863.9
Min	4.0	0.6	1.3	0.5	2.4	83.8	72.9	59.0	73.6	59.6	9.0	2.8	13.8

Fuente: INETER. (2014). Dirección general de meteorología. Managua, Nicaragua.

Anexo 7: Registro de temperaturas estación HMO 69084.



INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA
RESUMEN METEOROLÓGICO ANUAL

Estación:	BOACO /	Código:	69084
Departamento:		Municipio:	BOACO
Latitud:	12°28'12"	Longitud:	85°39'18"
Años:	1971-1987	Elevación:	400 msnm
Parámetro:	Temperatura Media (C°)	Tipo:	HMO

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media
1971	21.7	23.3	25.3				23.9	24.4	23.7	24.3	23.9	22.9	23.7
1972	22.7		25.7	26.8	26.1	25.4	24.6	24.1	24.6	24.9	24.3	23.5	24.8
1973	23.7	24.5	26.8	28.0	27.1	24.7	24.4	24.8	24.2	24.2	23.7	22.2	24.9
1974	22.3	22.4	24.4	25.0	26.4	25.0	24.1	23.8	24.2	23.6	23.6	22.9	24.0
1975	22.4	23.1	25.1	26.4	27.6	25.1	24.2	23.8	23.9	24.0	23.2	22.1	24.2
1976	22.2	22.7	23.9	25.6	26.0	24.6	24.1	24.4	24.5	25.1	24.2	23.6	24.2
1977	23.2	24.3	26.2	27.0	26.9	24.2	24.3	24.7	24.7	25.0	24.8	23.7	24.9
1978	23.3	24.4	26.2	27.5	27.0	24.4	23.9	24.6	24.5	24.6	24.2	23.2	24.8
1979	23.2	24.2	25.7	25.9	26.4			24.6	24.4	24.4	24.6	23.4	24.7
1980	23.4	23.9	25.2	27.2	27.3	25.1	24.4	24.7	24.6	24.4	24.1	23.3	24.8
1981	23.2	24.2	26.2	26.2	26.3	25.0	25.0	24.6	25.0	25.0	24.5	24.0	24.9
1982	23.8	24.1	25.8	27.5	26.6	25.2	24.2	24.8	24.3	24.5	24.4	23.7	24.9
1983	24.3	25.4	27.6	28.8	29.4	26.8	24.5	25.1	25.1	25.2	25.2	24.2	26.0
1984	23.6	24.6	26.2	28.5	27.5	26.7	25.8	25.2	25.0	25.5	25.2	24.8	25.7
1985	24.4	24.4	26.3	28.8	28.2	25.7	26.2	26.0	26.0	25.4	24.9	24.0	25.9
1986	23.8	24.9	26.0	28.1	28.3	24.9	24.5	25.1	24.9	25.3	24.6	25.0	25.4
1987	24.7	26.0	29.7										26.8
Suma	396.0	386.4	442.1	407.4	407.0	352.8	368.0	394.6	393.6	395.3	389.3	376.6	424.6
Media	23.3	24.2	26.0	27.2	27.1	25.2	24.5	24.7	24.6	24.7	24.3	23.5	25.0
Max	24.7	26.0	29.7	28.8	29.4	26.8	26.2	26.0	26.0	25.5	25.2	25.0	26.8
Min	21.7	22.4	23.9	25.0	26.0	24.2	23.9	23.8	23.7	23.6	23.2	22.1	23.7

Fuente: INETER. (2014). Dirección general de meteorología. Managua, Nicaragua.

Anexo 9: Encuesta socioeconómica (continuación).

11. ¿Tienen animales de crianza? Sí _____ No _____

Cuantos: a) Cerdos _____ b) Gallinas _____

12. Los animales están

a) Encerrados _____ b) Amarrados _____ c) Suelos _____

18. ¿Existen charcas en el patio?

a) Sí _____ (pasar # 19) b) No _____

19. ¿Cómo eliminan las charcas?

a) Drenando _____ b) Aterrando _____ c) Otros _____

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

14. ¿Tienen Letrina?

Sí _____ En qué estado se encuentra? a) Buena _____
b) Regular _____ c) Mala _____ (verificar)

No _____ ¿Estaría dispuesto/a en construir su letrina?

a) Sí _____ b) No _____

15. ¿Quiénes usan la Letrina? a) Adultos _____

b) Niños/as _____ c) Otros familiares _____

16. La letrina está construida en suelo a) Rocoso _____

b) Arenoso _____ c) Arcilloso _____

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

a) La riegan _____ b) La dejan correr _____ c) Tienen zanja
de drenaje _____ d) Tiene filtro para drenaje _____

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

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

a) Sí _____ b) No _____ c) Poco _____ ¿Que sabe? _____

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

a) Sí _____ b) No _____ c) Porque _____

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

a) C\$ 20 a 35 _____ b) C\$ 36 a 50 _____

c) C\$ 51 a más _____ d) No estaría dispuesto/a _____
¿Porque? _____

Fuente: FISE. (2007). Manual de Administración del Ciclo de Proyecto Municipal (MACPM), Capítulo II: Preinversión. Managua. Nicaragua.

Anexo 10: Predio propuesto para el tanque de almacenamiento.



Fuente: Elaboración propia. (2014).

Anexo 11: Calle principal y plaza.



Fuente: Elaboración propia. (2014).

Anexo 12: Vista de la Quebrada.



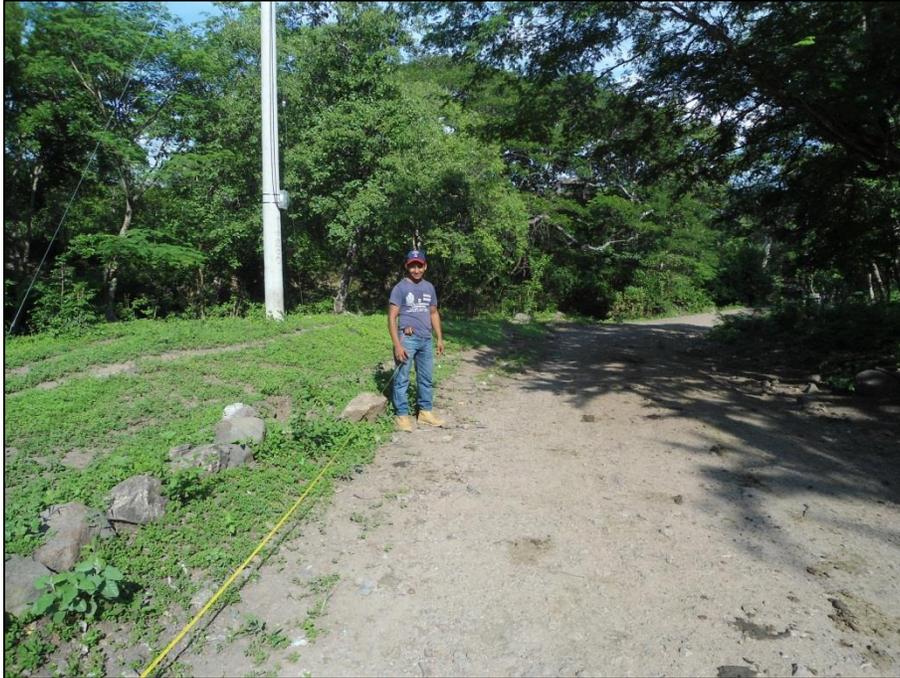
Fuente: Elaboración propia. (2014).

Anexo 13: Exposiciones del sistema constructivo de barro.



Fuente: Elaboración propia. (2014).

Anexo 14: Levantamiento planimétrico de calles.



Fuente: Elaboración propia. (2014).

Anexo 15: Levantamiento de los predios de las viviendas.



Fuente: Elaboración propia. (2014).

Anexo 16: Presupuesto del proyecto.

Para el análisis de costos se utilizó como referencia el catálogo de etapas y sub-etapas del FISE para proyectos de sistemas de agua potable y las normas de rendimiento horario establecida por esta misma entidad.

❖ Estructura del presupuesto

a) Costo directo

Son las atribuciones directas a la ejecución del proyecto y se definen en la mano de obra calificada y no calificada, materiales locales y no locales y costo de herramienta y transporte. Estos costos son integrados a través de los correspondientes costos unitarios.

b) Costos indirectos

Serán costos a los que se incurrirá de manera global para realizar la construcción, mantenimiento o reparación de un punto dañado de la red en un plazo establecido, sin que vayan a ser aplicados directamente en la realización de una actividad o un concepto de obra. Entre los costos indirectos tenemos los siguientes grupos:

Costos administrativos: Son los costos en que se incurre por mantener el personal administrativo de campo el tiempo que dure el proyecto. Estos generalmente son:

- Salinos, prestaciones sociales, transporte, alimentación y dormida del personal de campo.
- Mobiliario y equipo de oficina.
- Formatos y papelería.
- Impresiones y fotocopias de informes y avalúos.

Costos de Utilidad: Son los costos previos que un contratista espera obtener como ganancia por ejecutar la construcción, reparación o mantenimiento de un "sitio crítico" de la red (terrestre o acuática) en la jurisdicción de una municipalidad en un plazo establecido. Este costo se presenta en forma de porcentaje de la sumatoria de los costos directos, indirectos y de administración central, con un rango entre el 3% y el 20% (no establecido). Este costo fluctúa en la medida en que se comporta oferta y la demanda del sector construcción.

Costos de operación: Son los costos en que se incurre permanentemente para operar el tiempo que dure el proyecto. Estos generalmente son:

- Movilización y desmovilización.
- Equipo liviano y herramientas.
- Alquileres de bienes inmuebles.
- Combustibles y lubricantes.
- Señalamiento preventivo.
- Seguridad, protección e higiene ocupacional.
- Medidas de mitigación de impactos ambientales.

Costos por servicios especializados: Son los costos en que se incurre por la contratación de servicios profesionales. Estos generalmente son:

- Laboratorio de materiales.
- Informática de proyectos.
- Mantenimiento preventivo especializado de equipos.
- Supervisión de trabajos.
- Asesoría Jurídica.
- Asesoría técnica.

Costos imprevistos: Son los costos en que se incurre por acontecimientos o circunstancias no previstas. Estos generalmente son:

- Errores de diseño.
- Errores de presupuesto.
- Ampliación injustificada de plazo.
- Incremento de costos no reconocibles.

Costos de administración central: Son los costos previstos en que puede incurrir un contratista al atender y monitorear con su administración central la construcción, reparación o mantenimiento de un "sitio crítico" de la red en un plazo establecido.

Impuestos: Se presentan en forma de porcentaje de la sumatoria de los costos directos, indirectos, de administración central y de utilidad, siendo actualmente el 1% del impuesto municipal y el 15% del impuesto de valor agregado, que se aplica a la misma sumatoria anterior, pero agregándole el impuesto municipal.

❖ Criterios considerados durante la elaboración del presupuesto

a) Materiales

El costo de materiales se determinó en base a cotizaciones con proveedores específicos (no locales), en combinación con los valores de referencia encontrados en el manual de costo del FISE.

b) Mano de obra

Los costos de mano de obra fueron estimados teniendo como referencia el manual de costos del FISE del año 2013, proyectados al año 2015, a través de los reajustes hechos al salario mínimo en el sector construcción en los años 2014 y 2015.

c) Transporte

Los costos de transporte del material se estimaron como el 8% del total de costos de los materiales, considerando con esto el aumento de costos que implica el trabajar con proveedores no locales.

d) Equipos y herramientas

El costo en equipos y herramientas se incorporó considerando el 3% del costo de los materiales.

e) Impuestos

- Costos indirectos de operación: 15% del sub total de los costos directos.
- Impuestos sobre el valor agregado: 15% del sub total de los costos directos.
- Impuesto municipal: 1% del sub total de los costos directos.
- Imprevistos: 10% del sub total de los costos directos.
- Gastos administrativos y utilidades: 15% del sub total de los costos directos.

**Diseño de miniacueducto por bombeo solar para la comarca "Las masías"
del municipio de Teustepe, Boaco, periodo 2015-2034.**

2015

Etapa	Sub-etapa	Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Costos Unitarios (C\$)		Costo Total (C\$)		Total (C\$)
					Materiales	Mano de obra	Materiales	Mano de obra	
1		Preliminares							C\$ 17,065.10
	1.1	Limpieza inicial	m2	41.00		3.50	0.00	143.50	C\$ 143.50
	1.2	Trazo y nivelación	m.l	2644.00	4.25	2.15	11237.00	5684.60	C\$ 16,921.60
2		Línea de conducción							C\$ 124,318.85
	2.1	Excavación para tubería	m3	204.00		91.50		18666.00	C\$ 18,666.00
	2.2	Tubería de 2" x 20' PVC SDR-26	m.l	565.00	51.60	25.20	29154.00	14238.00	C\$ 43,392.00
	2.3	Bloques de reacción	c/u	5.00	101.76	95.75	508.80	478.75	C\$ 987.55
	2.4	Válvulas y accesorios							
	2.4.1	Codo 2" de diámetro de 45° grados de PVC	c/u	3	51.80	30.00	155.40	90	C\$ 245.40
	2.4.2	Codo 2" de diámetro de 45° grados de PVC (salida de sarta)	c/u	2	51.80	30.00	103.60	60	C\$ 163.60
	2.4.3	Estructura válvula de limpieza con tubería de 2" y válvula de H°F°	c/u	2	3653.44	350.00	7306.88	700	C\$ 8,006.88
	2.5	Relleno y compactación	m3	204.00	135.60	96.70	27662.40	19726.80	C\$ 47,389.20
	2.6	Prueba hidrostática en tubería diámetro hasta 4" con bomba manual	c/u	3	1301.96	520.78	3905.88	1562.34	C\$ 5,468.22
3		Línea de distribución							C\$ 457,214.45
	3.1	Excavación para tubería	m3	749		91.50		68533.50	C\$ 68,533.50
	3.2	Tubería de 2" de diámetro PVC SDR-26	ml	2079	51.60	25.20	107276.40	52390.80	C\$ 159,667.20
	3.3	Bloques de reacción	c/u	21	101.76	95.75	2136.96	2010.75	C\$ 4,147.71
	3.4	Válvulas y accesorios							
	3.4.1	Válvula de pase H°F° 2"	c/u	5	3227.00	350.00	16135.00	1750.00	C\$ 17,885.00
	3.4.2	Estructura válvula de limpieza con tubería de 2" y válvula de H°F°	c/u	2	3653.44	350.00	7306.88	700.00	C\$ 8,006.88
	3.4.3	Tee 2" x 2" x 2" (S-40)	c/u	2	185.72	30.00	371.44	60.00	C\$ 431.44
	3.4.4	Codo 2" de diámetro de 90 grados de PVC	c/u	1	51.80	30.00	51.80	30.00	
	3.4.5	Codo 2" de diámetro de 45° grados de PVC	c/u	5	51.80	30.00	259.00	150.00	C\$ 409.00

**Diseño de miniacueducto por bombeo solar para la comarca "Las masías"
del municipio de Teustepe, Boaco, periodo 2015-2034.**

2015

	3.4.6	Yee 2" PVC SDR-26	c/u	2	110.32	30.00	220.64	60.00	C\$ 280.64
	3.4.7	Tapón hembra PVC 2"	c/u	6	36.09	30.00	216.54	180.00	C\$ 396.54
	3.4.8	junta dresser	c/u	4	1659.11	150.00	6636.44	600.00	C\$ 7,236.44
	3.5	Relleno y compactación	m3	749	135.60	96.70	101564.40	72428.30	C\$ 173,992.70
	3.6	Prueba hidrostática en tubería diámetro hasta 4" con bomba manual.	c/u	10	1301.96	320.78	13019.60	3207.80	C\$ 16,227.40
4		Tanque de almacenamiento							C\$ 147,066.39
	4.1	Concreto ciclópeo (considerando compra de piedra bolón)	m3	36.29	2,717.25	244.55	98609.00	8874.81	C\$ 107,483.81
	4.2	Colima de concreto de 3000 PSI de 15X20cm, incluye formaleta	m.l	2.6	679.13	61.12	1765.74	158.92	C\$ 1,924.65
	4.3	Viga de concreto de 3000 PSI de 20X30cm, incluye formaleta	m.l	4.3	273.59	24.62	1176.44	105.88	C\$ 1,282.32
	4.4	Aditivos							
	4.4.1	Impermeabili Zante	gals	2	580.00	52.20	1160.00	104.40	C\$ 1,264.40
	4.5	Entra y salida							
	4.5.1	Unión de tracción de H°G° a PVC	c/u	2	371.19	33.41	742.38	66.81	C\$ 809.19
	4.5.2	Tubería de entrada H°G° 2"	c/u	1	481.42	43.33	481.42	43.33	C\$ 524.75
	4.5.3	Bridas	c/u	5	23.17	2.09	115.85	10.43	C\$ 126.28
	4.5.4	Tubería de salida H°G° 2"	c/u	1	481.42	43.33	481.42	43.33	C\$ 524.75
	4.6	Tapadera de acero completa	c/u	1	6,738.03	606.42	6738.03	606.42	C\$ 7,344.45
	4.7	Canal perimetral de piedra cantera de 20 X 40 X 60 cm	m.l	35.6	208.11	18.73	7408.72	666.78	C\$ 8,075.50
	4.8	Anden perimetral de 80 X 8 cm	m2	18.88	330.29	29.73	6235.88	561.23	C\$ 6,797.10
	4.9	Respiradero de tubo de H°G° 3"	c/u	1	944.69	85.02	944.69	85.02	C\$ 1,029.71
	4.10	Tubería de rebosadero							
	4.10.1	Tubería de H°G° 2"	m.l	1	481.42	43.33	481.42	43.33	C\$ 524.75
	4.10.2	Codo 45° H°G°	c/u	2	489.64	30.00	979.28	60.00	C\$ 1,039.28
	4.11	Hipoclorador de plastico Cap.=33 GALONES	c/u	1	6,750.00	1565.45	6750.00	1565.45	C\$ 8,315.45

5		Estación de bombeo							C\$ 298,224.52
	5.1	Bomba							
	5.1.1	Bomba sumergible corriente 0.85 HP y 15 Gpm.	Global	2		67500	0	135000	C\$ 135,000.00
	5.2	Sarta de la bomba							
	5.2.1	Columna de bombeo $\phi 3''$ H°G°	m.l	24.2	778.43	62.27408	18837.9092	1507.032736	C\$ 20,344.94
	5.2.2	Tee 2" x 2" x 2" H°G°	c/u	2	150.00	40	300	80	C\$ 380.00
	5.2.3	Unión dresser universal $\phi 1''$ H°G°	c/u	2	913.45	225.26	1826.9	450.52	C\$ 2,277.42
	5.2.4	Medidor maestro 2" H°F°	c/u	1	2297	803.25	2297	803.25	C\$ 3,100.25
	5.2.5	Válvula Check 2" H°F°	c/u	1	1,755.00	614.25	1755	614.25	C\$ 2,369.25
	5.2.6	Válvula de compuerta 2" H°F°	c/u	2	2,025.00	708.75	4050	1417.5	C\$ 5,467.50
	5.2.7	Manómetro de carga de 200 PSI	c/u	1	1252.48	313.12	1252.48	313.12	C\$ 1,565.60
	5.2.8	Tubería H°G° 2"	c/u	1	481.42	134.5	481.42	134.5	C\$ 615.92
	5.3	Caseta de bombeo							
	5.3.1	Pared de adobe estabilizado, reforzada	m2	21	1200	420	25200	8820	C\$ 34,020.00
	5.3.2	Zapa corrida de piedra cantera de 20 X 40 X 60 cm	m.l	9.6	145.6	25	1397.76	240	C\$ 1,637.76
	5.3.3	Repellos y finos corriente	m2	42	151.31	12.6	6355.02	529.2	C\$ 6,884.22
	5.3.4	Cubierta de techo de lámina ondulada de zinc cal.26 sobre estructura metálica	m2	14.44	251.6	207.8	3633.104	3000.632	C\$ 6,633.74
	5.3.5	Piso de concreto de 2500 PSI, Espesor =0.075 m (embaldosada)	m2	4	427	125	1708	500	C\$ 2,208.00
	5.3.6	Puerta de madera roja solida de 0.90 x 1.80 m, con marco de madera + bisagra + cerradura	c/u	1	3,763.18	158.35	3763.18	158.35	C\$ 3,921.53
	5.3.7	Ventana de marco de aluminio con forro de vidrio fijo escarchado Espesor = 6mm	m2	1	889.05	129.56	889.05	129.56	C\$ 1,018.61
	5.4	Instalaciones eléctricas	Global	1	77648		77648	0	C\$ 77,648.00
6		Costo de equipos y herramientas (3% del costo total de los materiales)							C\$ 18,620.82
7		Costo de transporte (8% del costo total de los materiales)							C\$ 49,655.53

**Diseño de miniacueducto por bombeo solar para la comarca “Las masías”
del municipio de Teustepe, Boaco, periodo 2015-2034.**

2015

		Sub total de costos directos en C\$							C\$ 1112,165.66
		Costos indirectos de operación 15% del sub total de costos directos en CS							C\$ 166,824.85
		IVA 15% del subtotal de costos directos en CS							C\$ 166,824.85
		Impuestos municipales 1% del subtotal de costos directos en CS							C\$ 11,121.66
		Imprevistos 10% del subtotal de costos directos en CS							C\$ 111,216.57
		Administración y Utilidades 15% del subtotal de costos directos en CS							\$166,824.85
		Costo total de la obra en CS							C\$ 1734,978.44
		Costo total de la obra en \$							\$63,668.93
		TIPO DE CAMBIO A LA FECHA (05 de Agosto 2015)	C\$ 27.25						