

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA Facultad de Tecnología de la Construcción

# Monografía

# "DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y LETRINAS SANITARIAS PARA LA COMUNIDAD EL BONICHE, MUNICIPIO DE SAN SEBASTIÁN DE YALÍ, JINOTEGA".

Para optar al título de Ingeniero Civil.

#### **Autor**

Br. Daysi Lisseth Zamora Talavera.

**Tutor** 

Dr. Ing. Víctor Rogelio Tirado Picado.

Managua, Octubre 2015

# DEDICATORIA



Esta meta alcanzada es para mi Padre Celestial "DIOS", ser supremo; fuente de toda sabiduría, creador del universo y dueño de mi vida, la luz que siempre ilumina y guía mis pasos desde el principio hasta el final. Honor y Gloria a ti Señor Jesús.

Con mucho cariño, a una "gran mujer", una verdadera amiga, mi adorada madre "Gloria Talavera" y al mejor papá del mundo, mi viejito querido "Francisco Zamora", quienes con gran amor y esfuerzo me han ayudado a alcanzar mis metas, y que junto a mí han luchado para hacer mis sueños realidad. Gracias por sus sabios consejos, por creer en mí, la más chica de sus hijos, gracias por ser mis papas, mi orgullo, el mejor regalo que Dios ha dado a mi vida. Los amo con toda mi alma.

A mis queridos hermanos: Luz Marina, Aracelly, Orlando, Tyrone, Harold, Nolvia, Joel, Raquel y Deylin (q.e.p.d), por estar conmigo y apoyarme siempre. Los quiero mucho. Gracias Deylito, por todo el tiempo que me acompañasteis en mis viajes a la escuela y estuvisteis apoyándome hasta el último día de tu vida, fuistes un gran hermano, siempre vivirás en mi mente y en mi corazón.

A todos mis **sobrin@s**, que han alegrado mi vida con su presencia, en especial a **Jacksell** "mi primer sobrinito" quien ha sido como mi hermanito menor. A todos ustedes, les dejo este ejemplo de dedicación y superación. Los quiero mucho.

También, a mis **cuñad@s** por sus motivaciones y consejos.

Al hombre de mis sueños y el amor de mi vida, mi esposo "**Rene Javier**", por amarme tal y como soy, por su paciencia, respeto, confianza y comprensión. Dios nos dio la oportunidad de conocernos, amarnos y unirnos para compartir muchas experiencias en nuestras vidas a pesar de la distancia. ¡Te amo, papi!

A todos mis **amig@s**, que han estado a mi lado en todo momento, por su lealtad y amistad sincera.

Sin olvidar a mi tierra de lagos y volcanes "**Nicaragua**", por permitirme nacer y crecer en ella y confiar en mí como profesional, me comprometo a cuidarte, llenarte de orgullo y siempre ofrecerte lo mejor. ¡Viva Nicaragua!

Desde lo más profundo de mi corazón...,

# AGRADECIMIENTO

A mi padre celestial "Dios", arquitecto, ingeniero y constructor de mi vida, por llenarla de dicha y bendiciones y por darme la sabiduría necesaria, fuerza, coraje y el privilegio de cumplir este sueño, sin ti nada de esto hubiese sido posible, gracias "Divino Niño". Y a ti virgencita de Guadalupe, por interceder en cada una de mis plegarias para cumplir esta meta, gracias Madre Santa.

A mi tutor - guía Dr. Ing. Víctor Tirado, quien con mucha dedicación me guió y me motivó para la elaboración de este trabajo. "Gracias profe".

A mi querida familia "mis padres y mis hermanos", por su apoyo moral, económico y espiritual, tanto en mi formación personal como profesional. Gracias a todos, los amo.

A mi bello esposo René Javier, por motivarme cada día y enseñarme que no hay límites, que todo lo que me proponga lo puedo lograr y que solo depende de mí. Además por tan valiosos obsequios: Estación Total, GPS y todo lo necesario para realizar este trabajo especialmente su •. Hoy hemos alcanzado un triunfo más, porque los dos somos uno y mis logros son tuyos; Gracias mi amor, te adoro.

A Deydania Benavidez y mi tía María Julia Zamora, por darme alojamiento en sus hogares durante mis estudios universitarios y elaboración de este trabajo monográfico. Les quiero y agradezco mucho.

En especial, a estas personas por su inmensa colaboración en este trabajo:

- ♦ Ing. Keyling Pérez Blandón, "Gracias amiga"
- ♦ Ing. Jimmy Sierra, "Gracias Profe"
- ◆ Sra. Carmen Gadea y familia
- ♦ El CAPS de la comunidad El Boniche

- ◆ Ing. Harold Dalla torre
  - ♦ Ing. Francisco Baltodano
  - ♦ Ing. Miguel A. Baltodano

A mis docentes de toda mi formación académica, por brindarme "la caja de herramientas para la vida", en especial los de mi carrera universitaria, por compartir sus valiosos conocimientos y que hoy son la causa de este triunfo, mil veces "gracias". Y a esta prestigiosa casa de formación profesional, Universidad Nacional de Ingeniería (UNI – NORTE), por abrirme las puertas de la enseñanza y darme la oportunidad de ser una profesional exitosa.

A mis amig@s y a cada persona que directa e indirectamente colaboraron y estuvieron presente hasta en el detalle más mínimo de este trabajo. A todos ellos, ¡Muchas gracias!, Dios siempre les bendiga.

#### **ABREVIATURAS**

Arto: Artículo Ippd: litros por persona por día

Br.: bachiller

I/s: litros sobre segundo

BR: bronce

Ips: litros por segundo

Cap.: capítulo m: metro

**cm:** centímetro **m.c.a:** metro por columna de agua

COD: código ml: metro lineal

Dir.: director ml: mililitro

Dr.: doctor mm: milímetro

Ec: ecuación MML: Matriz de Marco lógico

Ed.: edición m²: metros cuadrados

EIA: Evaluación de Impacto Ambiental m³: metros cúbicos

F.L: Filtro Lento MSNM: metros sobre el nivel del mar

F.M.D: Factor máximo día N°: número

**F.M.H**: Factor máximo horario **p.**: página

Hab/viv.: habitantes por vivienda pág.: página

**gpd:** galones por día **PRP:** Pila rompe presión

**gpm:** galones por minuto Pulg: pulgada

**gppd:** galones por persona por día **PU:** Precio Unitario

**HG**: Hierro Galvanizado **PVC**: polyvinyl chloride (*inglés*) o poli

Hf: Pérdida de carga cloruro de vinilo.HF: Hierro Fundido Pf: población futura

Ídem: Igual PSI: pounds-force per square inch

IGV: Impuesto General de Venta (inglés) o libra-fuerza por pulgada

IM: Impuesto Municipal cuadrada

Ing.: Ingeniero, -ra

S.a: sin autor

IR: Impuesto de Renta

S.c: pendiente

**kg:** kilogramo **SDR:** standard (*inglés*) o estándar

Km: kilómetro S.f: sin fecha

**LBA:** Línea de Base Ambiental **Sra.:** señora

**Ipd:** litros por día **U/M:** unidad de medida

#### **SIGLAS Y ACRONIMOS**

**AMUNIC:** Asociación de Municipios de Nicaragua

**ASTM:** Sociedad Americana para Pruebas y Materiales

CAPRE: Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y

Saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana

**CAPS:** Comité de Agua Potable y Saneamiento

**CEPIS:** Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente

**ENACAL:** Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados

**FISE:** Fondo de Inversión Social de Emergencia

**FODA:** Fortalezas, Oportunidades, Debilidades, Amenazas

**GPS:** Global Positioning System

**INAA:** Instituto Nacional Acueductos y Alcantarillados

**INEC:** Instituto Nacional de Estadísticas y Censos

**INETER:** Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (Nicaragua)

INIFOM: Instituto Nicaragüense de Fomento Municipal

**MINED:** Ministerio de Educación

MINSA: Ministerio de Salud

NTON: Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense

**OMS:** Organización Mundial de la Salud

**ONG:** Organización No Gubernamental

**OPS:** Organización Panamericana de la Salud

UNAN-CIRA: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua - Centro de

Investigación de los Recursos Acuáticos

# LISTA DE PRINCIPALES SIMBOLOS

**α:** Alfa.

**β:** Beta.

X: X barra. Media aritmética.

Nº: Signo numeral

Ø: Diámetro

 $\pi$ : Valor **pi** igual a 3.1416

>: Signo mayor que

<: Signo menor

≤: Signo menor o igual que

#: Signo numeral

%: Signo de porcentaje

Σ: Sumatoria

&: "y" comercial (concatenación)

\*: Asterisco o multiplicación

≈: igual o equivalente

^: Exponenciación

**¢**: Centavos

C\$: Córdoba (moneda nacional de Nicaragua)

\$: Dólar (moneda nacional de Estados Unidos)

: Barra oblicua o Signo divisorio

#### **LISTA DE TABLAS**

- Tabla 1: Componentes del análisis FODA.
- Tabla 2: Vida útil de los componentes de un sistema de agua potable.
- Tabla 3: Valores comunes del Coeficiente de Rugosidad (Hazen Williams).
- Tabla 4: Temperatura media mensual, Estación de referencia (ER): HMO Estelí.
- Tabla 5: Resultados de la Evapotranspiración Potencial (Método de Thornthwaite).
- Tabla 6: Resultados de la Evapotranspiración Real (Método de Turc).
- Tabla 7: Datos de Iluvia anual, Estación San Rafael del Norte.
- Tabla 8: Resultados del Censo Poblacional de la comunidad El Boniche.
- Tabla 9: Presiones Máximas en condiciones de CMH en la línea de conducción.
- Tabla 10: Datos obtenidos de aforos realizados a la fuente propuesta.
- Tabla 11: Cálculo de la velocidad.
- Tabla 12: Datos del sitio de captación.
- Tabla 13: Cálculo de la capacidad del tanque de almacenamiento.
- Tabla 14: Cálculo del Vr y H para familias de 2 a 6 usuarios.
- Tabla 15: Número total de impactos ambientales negativos generados por el proyecto.
- Tabla 16: Número total de impactos ambientales positivos generados por el proyecto.
- Tabla 17: Identificación del problema.
- Tabla 18: Matriz de Involucrados.
- Tabla 19: Matriz de Operación de las Variables.
- Tabla 20: Matriz de Marco Lógico para el diseño metodológico.
- Tabla 21: Datos Topográficos Línea de Conducción.
- Tabla 22: Datos Topográficos Red-Distribución: Red Principal.
- Tabla 23: Datos Topográficos Red-Distribución: Tramos o Ramales 1, 2, 3, 4, 5, 6.
- Tabla 24: Proyección de la población y Consumo del sistema de agua potable.
- Tabla 25: Proyección y distribución de caudales por nodo en la Red de Distribución.
- Tabla 26: Longitud por tramos de la Red de Distribución.
- Tabla 27: Presiones máximas y mínimas con CMD en la Línea de Conducción.
- Tabla 28: Presiones máximas y mínimas con CMH en la Red de Distribución.
- Tabla 29: Velocidades máximas y mínimas con CMD en la Línea de Conducción.
- Tabla 30: Velocidades máximas y mínimas con CMH en la Red de Distribución.
- Tabla 31: Análisis Hidráulico en la Línea de Conducción.
- Tabla 32: Análisis Hidráulico en la Red de Distribución.
- Tabla 33: Resultados de Costos Totales del Proyecto.
- Tabla 34: Detalle de Costos Totales por Mano de Obra del Proyecto.
- Tabla 35: Detalle de Costos Totales por Material y Transporte para la construcción del Sistema de Agua Potable.
- Tabla 36: Costos de Operación y Mantenimiento del sistema de agua potable.
- Tabla 37: Accesorios en la Línea de Conducción.
- Tabla 38: Cruces Especiales en la Línea de Conducción.
- Tabla 39: Accesorios en la Red de Distribución.
- Tabla 40: Tipo de Tuberías.

- Tabla 41: Resultados de la Sobrepresión por Golpe de Ariete en la Línea de Conducción.
- Tabla 42: Resultados de la Sobrepresión por Golpe de Ariete en la Red de Distribución.
- Tabla 43: Clase de Tubería y Presiones de Trabajo para tubería PVC.
- Tabla 44: Parámetros Bacteriológicos.
- Tabla 45: Parámetros para sustancias no deseadas.
- Tabla 46: Parámetros Físico- Químicos.
- Tabla 47: Parámetros para sustancias inorgánicas de significado para la salud.
- Tabla 48: Parámetros Organolépticos.
- Tabla 49: Parámetros para sustancias orgánicas de significado para la salud.
- Tabla 50: Parámetros para pesticidas.
- Tabla 51: Parámetros para desinfectantes subproducto de la desinfección.
- Tabla 52: Parámetros y valor máximo admisible en calidad del agua.
- Tabla 53: Tasa de filtración.
- Tabla 54: Capas de grava de soporte.
- Tabla 55: Número de Unidades.
- Tabla 56: Dimensiones para cajas de filtros rectangulares.
- Tabla 57: Aplicación de solución de cloro al agua para la comunidad El Boniche.
- Tabla 58: Línea de Base Ambiental (Componentes ambientales).
- Tabla 59: Identificación de impactos negativos en la construcción y funcionamiento del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable.
- Tabla 60: Matriz causa- efecto de impactos negativos en la etapa de construcción.
- Tabla 61: Matriz para valoración de impactos negativos en la etapa construcción.
- Tabla 62: Matriz de importancia de impactos (-) del proyecto en la etapa de construcción.
- Tabla 63: Matriz causa- efecto de impactos (+) del proyecto en la etapa de construcción.
- Tabla 64: Matriz valoración de impactos (+) en la etapa de construcción.
- Tabla 65: Matriz de importancia de impactos (+) del proyecto en la etapa de construcción.
- Tabla 66: Matriz causa- efecto de impactos negativos en la etapa de operación.
- Tabla 67: Matriz para valoración de impactos negativos en la etapa de operación.
- Tabla 68: Matriz de importancia de impactos (-) del proyecto en la etapa de operación.
- Tabla 69: Matriz causa- efecto de impactos (+) del proyecto en la etapa de operación.
- Tabla 70: Matriz valoración de impactos positivos en la etapa de operación.
- Tabla 71: Matriz de importancia de impactos positivos en la etapa de operación.
- Tabla 72: Interpretación de impactos negativos en construcción y operación.
- Tabla 73: Guía de seguimiento para mitigación de impactos (-) en la etapa de construcción.
- Tabla 74: Guía de seguimiento para mitigación de impactos (-) en la etapa de operación.

#### LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Macrolocalización del proyecto
- Figura 2: Logotipo del Municipio
- Figura 3: Letrina con asiento y piso en fibra de vidrio
- Figura 4: Brújula y Radios GPS utilizados para levantamiento de datos
- Figura 5: Años de vivir en la comunidad
- Figura 6: Pirámide poblacional de la comunidad El Boniche
- Figura 7: Personas por vivienda
- Figura 8: Nivel de Educación
- Figura 9: Condiciones de la Vivienda
- Figura 10: Principal actividad económica
- Figura 11: Cultivos principales
- Figura 12: Servicio de energía eléctrica
- Figura 13: Enfermedades comunes en la familia
- Figura 14: Organización Comunitaria
- Figura 15: Disponibilidad de pago por servicio
- Figura 16: Población económicamente activa
- Figura 17: Egreso mensual en el hogar
- Figura 18: Condiciones de la basura
- Figura 19: Servicio de agua
- Figura 20: Calidad del agua
- Figura 21: Características del agua
- Figura 22: Servicios de eliminación de excretas
- Figura 23: Condiciones de la letrina
- Figura 24: Tipo de suelo de las letrinas
- Figura 25: Disponibilidad de construcción
- Figura 26: Lluvia media mensual. Estación San Rafael del Norte
- Figura 27: Mapa Geológico Nacional
- Figura 28: Mapa Hidrogeológico Regional (INETER 2001)
- Figura 29: Mapa de nivel del agua subterránea
- Figura 30: Localización de posibles fuentes de agua
- Figura 31: Mapa de Resumen de Resultados
- Figura 32: Ubicación de la fuente propuesta
- Figura 33: Sitio de captación propuesto
- Figura 34: Medición de la profundidad media de la fuente
- Figura 35: Línea de Gradiente Hidráulica Fuente Tanque en Línea de Conducción
- Figura 36: Línea de Gradiente Hidráulica Tanque Red Principal de distribución
- Figura 37: Línea de Gradiente Hidráulica Tanque Ramal 1
- Figura 38: Línea de Gradiente Hidráulica Tanque Ramal 2
- Figura 39: Línea de Gradiente Hidráulica Tanque Ramal 3
- Figura 40: Línea de Gradiente Hidráulica Tanque Ramal 4
- Figura 41: Línea de Gradiente Hidráulica Tanque Ramal 5
- Figura 42: Línea de Gradiente Hidráulica Tanque Ramal 6
- Figura 43: Golpe de Ariete en una conducción por gravedad

# LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1: Microlocalización del proyecto (fotografía satelital)

Imagen 2: Toma de datos en campo

Imagen 3: Almacenamiento de los datos en la estación total

Imagen 4: Toma de muestra de agua de la fuente propuesta

Imagen 5: Caja del filtro (captación actual)

Imagen 6: Tubería de conducción existente

Imagen 7: Tanque de almacenamiento existente

# **PALABRAS CLAVES**

Diseño, captación, tanque de almacenamiento, tubería, caudal, impactos, costos, planos, diagnóstico, saneamiento, topografía, calidad, desinfección.

#### RESUMEN

El presente proyecto tiene por objetivo, erradicar la necesidad del agua y saneamiento básico que sufren los pobladores de la comunidad El Boniche del municipio de San Sebastián de Yalí, ubicada al noroeste del departamento de Jinotega, para que los mismos puedan mejorar la calidad de vida, a través de la construcción de un sistema de agua potable y de estructuras adecuadas para la correcta eliminación de excretas.

Para fortalecer el propósito del proyecto, se han desarrollado componentes, tales como: el diagnóstico del entorno en el que se desarrolla la obra y la manifestación del sentir de la población con el sistema de agua potable, seguido se evalúa el estado físico del sistema existente mediante visitas y entrevistas a los pobladores.

Esta comunidad posee una población de 228 habitantes actualmente. Existe un sistema de agua potable pero no abastece a toda la población, además el mismo no funciona adecuadamente por el deterioro y caducidad de sus componentes.

Se efectuó un análisis físico-químico y bacteriológico de la fuente seleccionada, a través de muestras de agua llevadas al Centro de Investigación de los Recursos Acuáticos (UNAN-CIRA), que conforme a parámetros nacionales e internacionales de las Normas CAPRE aceptadas y aprobadas por el INAA y el MINSA, fue evaluada como apta para el consumo humano. Estos resultados son un indicador de calidad y se presentan en anexos, los cuales están firmados y sellados por dicho laboratorio, a partir de los cuales se ha definido el tratamiento adecuado de desinfección.

Se realizó un levantamiento topográfico estableciendo la línea de conducción de 3483.38 ml, y la red de distribución de 7657.03 ml para un total de 11,140.41ml, aproximadamente 11.14 km. de tuberías para conformar el sistema. Se dibujó en un juego de planos de 26 láminas con sus respectivas estaciones, niveles, en Planta-Perfil enumerados en conceptos y cuantificación detallada a escalas variables.

El Sistema está diseñado a partir de las normas técnicas de diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural (NTON 09001-99), tomando en cuenta las principales características que posee la zona y con los criterios hidráulicos que garanticen un funcionamiento eficiente durante su vida útil.

El proyecto comprende el dimensionamiento de los diámetros de tubería más adecuados de la línea de conducción, red de distribución y conexiones domiciliares, asimismo el dimensionamiento de la obra de captación, obras de tratamiento, tanque de almacenamiento y obras auxiliares. También, se ha contemplado el diseño de estructuras para la disposición de excretas en base a los criterios que establecen las normas técnicas de saneamiento básico rural en Nicaragua (NTON 09002-99).

El diseño hidráulico del sistema se realizó en el software EPANET, en el cual se definen los principales parámetros hidráulicos como: caudal, presión, diámetro, velocidad, etc. éstas se presentan en las tablas del diseño hidráulico en anexos.

Se realizó una evaluación del *Impacto Ambiental* que generará el proyecto, mediante la definición de la Línea Base Ambiental que comprende 18 componentes que intervienen en 2 fases: en la etapa de Construcción y en la etapa de Operación del proyecto. Se evalúa el efecto que genera el proceso en el componente mediante las Matrices de Milán, en la fase de Construcción y Operación, lo que cuantifica la cantidad de impactos negativos y positivos presentes en la obra que conlleva a establecer medidas para mitigar los impactos negativos generados por el proyecto.

Por último, se estimó el costo total de la obra, para sus 10 etapas de construcción y sus respectivas sub etapas, elaborado a partir del Catálogo de Etapas del Nuevo FISE, y la cuantificación del valor unitario y total de los materiales, mano de obra y equipos a través de las cotizaciones en el mercado actual, se presentan en tablas generadas en hojas de cálculo (Microsoft Excel) para determinar el *costo total* de la obra que asciende a C\$ 3,233,496.91 (tres millones doscientos treinta y tres mil cuatrocientos noventa y seis córdobas con 91/100 centavos).

#### I. ASPECTOS GENERALES

#### 1.1. Introducción

El agua es por excelencia el líquido vital de mayor importancia para poder subsistir en cualquier medio y forma de vida. Sin duda alguna el acceso al agua de calidad y los servicios de saneamiento, tienen incidencias en el crecimiento y desarrollo socioeconómico de las ciudades.

El municipio de San Sebastián de Yalí, se abastece principalmente de aguas procedentes de fuentes superficiales y subterráneas que en temporada seca tienden a disminuir su capacidad de abastecimiento, esto a su vez ocasiona racionamientos en algunas partes de la ciudad.

En las zonas rurales del municipio, el problema se vuelve aún más grave debido a que son pocas las comunidades que cuentan con acueductos que brinden un servicio en óptimas condiciones, ya que la mayoría de éstas, se abastecen de pozos comunales, pozos artesanales y fuentes superficiales expuestas a condiciones no aptas para consumo humano, aumentando el grado de vulnerabilidad y salubridad de las personas.

La comunidad El Boniche, es una de las 44 comunidades pertenecientes al municipio de San Sebastián de Yalí. Esta comunidad presenta un alto grado de deficiencia en saneamiento básico, principalmente en lo que respecta al abastecimiento de agua. Aunque la misma cuenta con un sistema de agua potable, el servicio es de mala calidad e interrumpido, ya que todos sus componentes hidráulicos están deteriorados debido a su antigüedad, falta de mantenimiento y baja capacidad de la fuente, afectando directamente a sus habitantes.

Muchas de las viviendas poseen letrinas en mal estado, lo que representa un alto riesgo de colapso; otras, ni siquiera cuentan con estas instalaciones, por lo que los habitantes, recurren a las letrinas de sus vecinos y familiares o

simplemente realizan el *fecalismo al aire libre*, siendo éste, el principal factor de contaminación del medio ambiente, generalmente de los cuerpos de agua cercanos y de enfermedades infecciosas e intestinales propagadas por vectores o malos hábitos de higiene.

Por tal razón, la comunidad demanda la construcción de un sistema de agua potable, tomando como referencia una pequeña fuente superficial ubicada a 3.5 km aproximadamente de la comunidad, con una notable diferencia de altura que puede ser aprovechada para la construcción de un mini acueducto por gravedad.

La descripción anterior conlleva a darle solución a este problema, proponiendo "El Diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable y letrinas sanitarias para la comunidad El Boniche, municipio de San Sebastián de Yalí, Jinotega".

#### 1.2. Antecedentes

La comunidad El Boniche, presenta una densidad poblacional moderada. La mayoría de las viviendas están ubicadas a orillas de la carretera que comunica a la ciudad de San Sebastián de Yalí con la ciudad de San Rafael del norte, y las demás viviendas se encuentran aisladas entre sí. Esta carretera es de tipo pavimento asfáltico, construida por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) entre los años 2013 - 2014 y financiada por el Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE).

En el año 1996, se construyó en esta comunidad, un Mini Acueducto por Gravedad (MAG) con conexiones domiciliares, a través de la alcaldía municipal de San Sebastián de Yalí y financiado por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE). Este sistema opera para 25 viviendas solamente, de las 51 existentes en la localidad. La administración y operación del sistema, está a cargo del comité de agua potable y saneamiento (CAPS) de la misma comunidad, quienes por falla en la organización y mutuos desacuerdos no le han dado el mantenimiento requerido al sistema, provocando de esta forma el deterioro de sus componentes y por consiguiente, deficiencias en la provisión del servicio de agua potable.

La falta de cultura y conciencia del uso responsable del agua, ha sido un factor más para ocasionar el problema. Este acueducto no posee aparatos de micromedición que refleje rápidamente una mejor distribución y uso eficiente del servicio, además la población no está al día con los pagos de la tarifa establecida de C\$ 10.00 córdobas mensuales por vivienda y a su vez ésta no satisface los altos costos de operación y mantenimiento del sistema.

Este sistema posee un tanque de almacenamiento en estado de deterioro. Algunos pobladores que han brindado mantenimiento a este tanque, afirman que el sistema de evacuación de residuos no funciona debido a que los tubos de desagües quedaron más altos con respecto a su nivel inferior en el momento de

su construcción, lo que ha provocado que se asienten en el fondo muchos residuos o sedimentos haciendo que el agua llegue turbia a las viviendas y más aún con olor y sabor indiferente. Cabe señalar que para tratar el agua del sistema, utilizan soluciones de cloro, pero con mucha irregularidad.

En la época de verano, el sistema no funciona correctamente y no abastece lo suficiente a la comunidad, por lo que otros pobladores en busca de su vital líquido, suelen abastecerse de estanques, pozos artesanales y/o fuentes superficiales obviando un debido tratamiento.

Desde el año 2008 hasta hoy, se han registrado un 20% más de pobladores de la comunidad que visitan con más frecuencia las unidades de salud correspondientes en el municipio, a causa de enfermedades respiratorias, infecciosas e intestinales <sup>1</sup>.

\_

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Ministerio de Salud (MINSA). (2010). Registros anuales MINSA-San Sebastián de Yalí-Filial Jinotega

#### 1.3. Justificación

La cobertura del sistema de agua potable existente en la comunidad El Boniche, alcanza tan solo el 45% de las viviendas con conexiones domiciliares, mientras la otra parte, suele abastecerse de pozos excavados rústicamente y de fuentes superficiales como quebradas, a través del acarreo de la misma en recipientes o

por medio de mangueras que van directamente hasta sus hogares.

Este sistema tiene más de 15 años de antigüedad. Además de no poseer un adecuado tratamiento, sus componentes principales se encuentran deteriorados, el caudal que proporciona la fuente de captación llamada "El Cipresal" ha disminuido notablemente su nivel, factores que provocan que el servicio de agua

además de ser interrumpido, sea deficiente y de mala calidad.

La mayor parte de la población posee letrinas en mal estado, mientras otros, no cuentan con las condiciones necesarias para la disposición de excretas, de tal forma que realizan sus necesidades fisiológicas al aire libre incrementando la contaminación del suelo y del agua, y especialmente las enfermedades en los

mismos habitantes<sup>2</sup>.

Los acontecimientos antes mencionados, hacen ineludible la instalación de nuevas letrinas independientes para cada vivienda e implementación de un nuevo sistema de agua potable, con todos los requerimientos precisos tomando en cuenta las características propias de la zona, para garantizar un suministro continuo con calidad y eficiencia, tal como lo demandan los habitantes, evitando de esta manera, el uso de agua de fuentes contaminadas y el riesgo de contraer muchas enfermedades<sup>3</sup>.

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Obsérvese: *Apéndice A*.

<sup>-</sup> A.1: Árbol de problema

<sup>-</sup> A.4: Matriz de Involucrados

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Obsérvese: *Apéndice A*.

<sup>-</sup> A.3: Árbol de objetivos y soluciones

#### II. OBJETIVOS

# 2.1. Objetivo General

Diseñar el sistema de abastecimiento de agua potable y letrinas sanitarias para la comunidad El Boniche, municipio de San Sebastián de Yalí, Jinotega.

# 2.2. Objetivos Específicos

- 1. Realizar un diagnóstico de la situación actual de la comunidad El Boniche.
- 2. Efectuar una prospección hidrogeológica en la zona del proyecto.
- Realizar un análisis de calidad y cantidad del agua de la posible fuente de abastecimiento.
- 4. Realizar levantamientos topográficos en la zona del proyecto.
- 5. Dimensionar los elementos y componentes del sistema de abastecimiento de agua potable.
- 6. Dimensionar la planta de tratamiento según el proceso de filtración lenta.
- Realizar el análisis hidráulico de la línea de conducción y red de distribución del sistema de abastecimiento de agua potable mediante el uso del software EPANET.
- 8. Dimensionar las obras sanitarias apropiadas para la disposición adecuada de excretas en cada vivienda.
- 9. Realizar una evaluación de impacto ambiental.
- 10. Estimar los costos de la obra propuesta.

#### III. INFORMACIÓN GENERAL DEL ÁREA EN ESTUDIO

# 3.1. Descripción general del municipio

# 3.1.1. Geografía

Según la caracterización hecha por la asociación de Municipios de Nicaragua (AMUNIC), la cabecera municipal de San Sebastián de Yalí se encuentra ubicada a 244 km al norte de la capital Managua, entre las coordenadas 13°18'00" de latitud Norte y 86°11'00" de longitud Oeste. Este municipio tiene una extensión territorial de 311 km² y una densidad poblacional de 66 hab/km². El Municipio se divide en 8 zonas urbanas y a nivel rural en 12 distritos conformados por 44 comunidades. La cuenca hidrográfica está formada por el Río Coco en su sección Norte y los Ríos Monte Cristo, El Coyolar, Yalí y La Quebrada Grande que cruza todo el centro urbano; y una laguna ubicada en el Cerro Colorado.

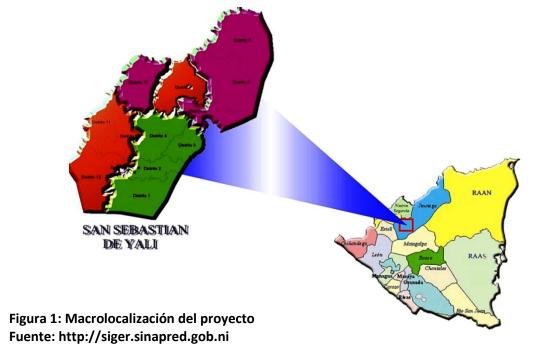
#### 3.1.2. Límites

Al Norte: Municipios de Telpaneca y San Juan del Río Coco (Dpto. de Madriz) y el municipio de Quilalí (Dpto. de Nueva Segovia).

Al Sur: Municipio La Concordia.

Al Este: Municipios de Santa María de Pantasma y San Rafael del Norte.

Al Oeste: Municipios de Estelí y Condega (Dpto. de Estelí).



# 3.1.3. Naturaleza y Clima

San Sebastián de Yalí está caracterizado dentro del tipo de clima de sabana tropical de altura, con una temperatura promedio que oscila entre los 21°C y 22°C según la clasificación de Kopen, con una precipitación pluvial anual entre los 2,000 mm y 2,600 mm. Llueve constantemente sobre todo, en la parte Norte, lo que ha permitido el desarrollo de una vegetación selvática.

#### 3.1.4. Breve reseña histórica

Este municipio fue conocido desde su fundación en 1908 como La Rinconada, luego como La Placita o Plaza Yale, luego y por último San Sebastián de Yalí, aunque comúnmente los habitantes de la zona lo llaman "Yalí", que se deriva de los vocablos náhuatl Ya, que significa "pez" y lí, que significa "río"; para los lingüísticos la palabra Yalí quiere decir "Río de Peces". Se dice que fueron sus fundadores, Blas Miguel Molina y Adolfo Bermúdez (de quien se sabe muy poco) y junto a otros madereros llegados de Jinotega, hicieron los primeros caminos de penetración. Yalí es muy conocido en la historia nacional ya que desde la casa del Señor Molina, fue lanzado el primer manifiesto del General Augusto C. Sandino, llamando a la rebelión contra la ocupación norteamericana, en 1927. Además se libraron duros combates contra los intervencionistas, que habían saqueado hasta la eucaristía de la iglesia católica, y en el combate de "El Bramadero" las tropas de Sandino, recuperaron La Copa del Padre o Cáliz de Oro que las tropas estadounidenses llevaban consigo.



Figura 2: Logotipo del Municipio.
Fuente: Alcaldía Municipal de San Sebastián de Yalí, Jinotega, (2011).

# 3.2. Descripción y caracterización de la comunidad

#### 3.2.1. Ubicación

El área de estudio del proyecto, se ubica en el Distrito I del municipio de San Sebastián de Yalí, en la comarca El Boniche. Esta comunidad se localiza en la Microcuenca de Las Chichiguas. Dicha Microcuenca, según los resultados del plan de cuenca (MARENA-PIMCHAS, 2008) se determinó que es un área sensible, social y ambiental (ASAS) prioritaria. (*Ver Hoja 1, Juego de Planos, Microlocalización del proyecto*).



Imagen 1: Microlocalización del proyecto. (Fotografía satelital). Fuente: Google Earth (2015).

### 3.2.2. Límites y Colindancias

Al Norte limita con la comunidad Las Trozas y la comunidad La Fuente.

Al Sur con la comunidad La Colmena, la comunidad El consuelo y la comunidad Las Chichiguas.

Al Este con la comunidad La Brellera y la comunidad La Tejera.

Al Oeste con la comunidad El Volcán Abajo y la comunidad La Estrechura.

# 3.2.3. Aspectos topográficos

La comunidad El Boniche presenta un relieve montañoso y fuertemente accidentado. Las elevaciones topográficas oscilan entre los 1800 a 1600 MSNM. Las formas del relieve predominantes son: altiplanicies, cordilleras, serranías, colinas aisladas, terrenos montañosos, quebrados, hasta muy escarpados con pendientes que varían entre 15 - 75 % de sur a norte, lo que conlleva tanto ventajas y desventajas a la hora de elegir la mejor ruta de la línea conducción y red de distribución.

#### 3.2.4. Economía

La principal actividad económica de la comunidad es la producción agropecuaria, siendo este rubro un gran generador de divisas importantes para la comunidad. La producción principalmente consiste en la siembra de maíz, frijoles, café y modestas parcelas de hortalizas. Por otra parte se dedican a la crianza de ganado bovino y animales domésticos pero en menor grado.

# 3.2.5. Calidad del ambiente y Amenazas socioculturales

Con la práctica de las quemas y el uso de pesticidas en la agricultura tradicional, tierras desnudas de vegetación y alta precipitación, se ha provocado la erosión de tierras fértiles de los terrenos ubicados en las Zonas más altas y el deterioro del ambiente (contaminación del aire y cuerpos de agua). Los bosques carecen de un plan de manejo. El efecto más directo del despale se observa en el cambio climático y la pérdida de la biodiversidad de la comunidad puesto que los animales silvestres emigran a otros lugares en busca de alimentos y refugio.

#### IV. Marco Teórico

#### 4.1. Generalidades

Nicaragua es un país dotado de recursos naturales principalmente de recursos hídricos, los cuales no son aprovechados racionalmente. La optimización de los recursos disponibles ha alcanzado todos los niveles de la vida humana, pero en el caso del agua, dicha optimización adquiere gran importancia, ya que la disponibilidad del líquido disminuye cada vez más y por lo tanto su obtención se dificulta y encarece de manera importante.

El crecimiento acelerado de la población en nuestro país, ha sido uno de los factores que limitan la cobertura total de los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento. La capacidad financiera limitada de los organismos encargados de proveer estos servicios y la institucionalidad débil del sector, son factores que restringen las posibilidades de mejorar el acceso y calidad de agua potable y saneamiento en el país, en especial para las zonas no urbanas. La entrega de servicios de abastecimientos de agua y saneamiento en las zonas urbanas de Nicaragua, compete principalmente a una empresa nacional de servicios públicos (ENACAL) y en zonas rurales, a los comités de agua potable (CAPS), quienes están ligados a la municipalidad.

El agua potable debe ser disponible en calidad y cantidad suficiente, para cubrir las necesidades básicas de los beneficiarios. Las obras son diseñadas, con el fin de garantizar un acceso seguro y constante del agua en todo momento.

#### 4.1.1. Sistemas rurales de abastecimiento de agua

Heredia, M. (s.f.)<sup>4</sup> define el sistema de abastecimiento de agua potable como el conjunto de tuberías, instalaciones y accesorios destinados a conducir las aguas requeridas bajo una población determinada para satisfacer sus necesidades, desde su lugar de existencia natural o fuente hasta el hogar de los usuarios.

<sup>4</sup> Heredia, M. (s.f.) *Sistema de abastecimiento de Aguas*. Recuperado el 24 de enero de 2010, de http://www.arqhys.com/contenidos/agua-sistema.html

Para las poblaciones rurales, en la mayoría de los casos es posible utilizar sistemas de tecnología simple, que no demandan personal calificado o altos costos operativos.

#### 4.1.2. Componentes de un sistema convencional de agua

- Captación
- Línea de conducción o impulsión
- Planta de tratamiento de agua (dependiendo de la calidad del agua)
- Estación de bombeo de agua (para sistemas por bombeo)
- Reservorio
- Red de distribución
- Conexiones domiciliarias y/o piletas públicas

# 4.2. Diagnóstico de Situación

El diagnostico de situación tiene el objetivo de lograr un acercamiento lo más objetivo posible a la dinámica territorial con base en una participación interactiva y compartida. El diagnóstico implica tanto un proceso de recolección y análisis de información secundaria así como primaria. La secundaria provendrá de documentos de análisis existente sobre el contexto nacional y específicamente sobre el ámbito territorial y la primaria, implica procesos participativos en un ámbito territorial específico (Romero, 2005)<sup>5</sup>.

Según Serrano (2009)<sup>6</sup>, la primera fase de la creación de un sistema de abastecimiento de agua es la evaluación de la comunidad en la que se pretende instalar dicho sistema. Se debe realizar un reconocimiento en el que se reflejen datos objetivos, como: densidad de la población local, materiales disponibles en

<sup>6</sup> Serrano, J. (2009). Proyecto fin de carrera. *Proyecto de un sistema de abastecimiento de agua potable en Togo*. Recuperado el 15 de mayo de 2011, de http://hdl.handle.net/10016/5469

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup> Romero, P. (2005). *Curso-formulación-gestión-proyectos*. Recuperado el 04 de mayo de 2011, de http://www.mailxmail.com/curso-formulacion-gestion-proyectos-desarrollo/diagnostico-situacion.

la zona de trabajo, disponibilidad de la mano de obra calificada, la capacidad de los medios de transporte, etc.

#### 4.2.1. Recolección de información para el armado del diagnóstico

En este sentido, se deberá construir una imagen clara del contexto territorial recopilando información secundaria de carácter global que servirá también para tomar decisiones en otras fases del ciclo del proyecto. Es evidente que el diagnóstico y la recopilación de información se realizan considerando un ámbito territorial delimitado, sin embargo, se deberán considerar los datos y la información que existen más allá de los límites territoriales especificados y que tienen relación con nuestra área delimitada.

# 4.2.2. Metodologías de análisis

En este sentido, se propone utilizar dos metodologías complementarias para el análisis y resolución del problema.

# 4.2.2.1. Metodología FODA

FODA: Como metodología de diagnóstico y definición estratégica.

Según Bonicatto y Sarquis (2009)<sup>7</sup>, "El FODA no se constituye estrictamente en una metodología de planificación sino, más bien, en un método de análisis situacional que sirve como base pero no agota el proceso de planificación".

# 4.2.2.1.1. Componentes de un análisis FODA

El FODA analiza y se relaciona con el ambiente interno y con el externo. En su concepción original el FODA ha direccionado las Fortalezas y Debilidades hacia el interior de la situación o institución analizada, y hacia el análisis externo las Oportunidades y Amenazas (Bonicatto y Sarquis, 2009).

<sup>&</sup>lt;sup>7</sup> Bonicatto, M. y Sarquis, N. (2009). *EL ANÁLISIS FODA: Una herramienta simple para la planificación*. Recuperado el 16 de Abril de 2011 de http://www.trabajosocial.unlp.edu.ar/uploads/docs/ficha\_de\_catedra\_administracion\_nro\_\_35.pdf

Lozano (s.f.)<sup>8</sup> considera que el análisis FODA, es una técnica que emplea los principales puntos del estudio del contexto e identifica aquellos que ofrecen oportunidades y los que representan amenazas u obstáculos para su operación. Por tanto, deben analizarse las condiciones del FODA de la organización, en el siguiente orden: Fortalezas ⇒ Oportunidades ⇒ Amenazas ⇒ Debilidades

Esta técnica es fundamental en la Planeación Estratégica.

	Positivos	Negativos
Internos	Fortalezas	Debilidades
Externos	Oportunidades	Amenazas

Tabla 1: Componentes del análisis FODA. Fuente: http://www.zeusconsult.com.mx/tfoda.pdf

# 4.2.2.2. Metodología de Marco Lógico

Matriz de Marco Lógico (MML): Como metodología para la elaboración de los objetivos y actividades<sup>9</sup>.

El Marco Lógico es una herramienta dinámica que sirve para facilitar el proceso de conceptualización, diseño, ejecución y evaluación de proyectos. Su propósito es el de brindar estructura al proceso de planificación y comunicar información esencial relativa al Plan. En la etapa de elaboración del plan se reconoce la utilidad al ofrecer un formato para analizar los objetivos, actividades, metas, indicadores y riesgos del proyecto. La MML debe ser modificada y mejorada repetidamente a lo largo del diseño y la ejecución del proyecto (De Melo, 2007)<sup>10</sup>.

<sup>9</sup> Obsérvese tabla 37: *Matriz de Marco Lógico para el diseño metodológico* para este proyecto, en anexo 6.

<sup>&</sup>lt;sup>8</sup> Lozano, L. (s.f.). *TÉCNICA FODA*. Recuperado el 02 de mayo de 2011, de http://www.Zeus consult.com.mx/arttfoda.htm.

<sup>&</sup>lt;sup>10</sup> De Melo, A. (2007). *El Marco Lógico para el Diseño de Proyectos*. Universidad Nacional de Ingeniería. Departamento de Hidráulica. Managua, Nicaragua.

#### 4.3. Estudio Hidrogeológico

Yrigoyen (2009)<sup>11</sup> considera, que los estudios hidrogeológicos permiten determinar las variables hidráulicas del manto de agua, definir su rendimiento y calidad y los caudales óptimos de captación. Por medio de los estudios hidrogeológicos pueden definirse también la dirección del flujo subterráneo, las áreas de mayor aptitud para la captación, el adecuado distanciamiento entre pozos y se establecen las situaciones anómalas que podrían interferir sobre el recurso hídrico. De ese modo se asegura la sustentabilidad del acuífero, tanto en rendimiento como en calidad.

La investigación hidrogeológica implica, entre otras, tres temáticas principales:

- ♣ El estudio de las relaciones entre la geología y las aguas subterráneas.
- ♣ El estudio de los procesos que rigen los movimientos de las aguas subterráneas en el interior de las rocas y de los sedimentos.
- El estudio de la química de las aguas subterráneas (hidro-química e hidrogeoquímica).

Es imposible, en la mayor parte de los casos, brindar un conocimiento acabado de las características y procesos hidrogeológicos, y es necesario un estudio permanente de los recursos hídricos, tanto superficiales como subterráneos.

Los estudios hidrogeológicos son de carácter iterativo, especialmente debido a dos razones:

- ♣ El objeto de estudio (el agua subterránea) cambia muy rápidamente con el tiempo, en función de cambios climáticos recientes o actuales y sobre todo por la utilización intensiva del agua subterránea y por las modificaciones en su quimismo, introducidas por la acción antrópica.
- ♣ A medida que se perforan más pozos se obtiene información complementaria que permite ajustar o modificar las hipótesis de trabajo y los modelos conceptuales.

18

<sup>&</sup>lt;sup>11</sup> Yrigoyen, H. (2009). *Estudios Hidrogeológicos*. Recuperado el 06 de mayo de 2010 de http://www.geodatargentina.com.ar/html/estudios\_ambientales/geodata\_est\_amb\_estudios\_hidrog eologicos.html.

La prospección hidrogeológica, se dividirá en dos fases: Preliminar (antecedentes) y a Detalle o verificación en campo. El conjunto de estas fases dará una imagen necesaria para luego desarrollar una fase final de generación de especificaciones generales para la perforación de la obra de captación, sus zonas de protección y una primera aproximación a la vulnerabilidad del acuífero a explotar (González, 2010)<sup>12</sup>.

# 4.3.1. Fase preliminar

- ✓ Su contenido será la recopilación, sistematización y análisis de toda la información existente.
- ✓ ¿Se conoce de problemas relacionados con la calidad y cantidad del agua?

  Serán extraídos mediante entrevistas con pobladores y de información y estudios antecedentes.
- ✓ Que otros aspectos, además de la hidrogeología, es necesario explorar como clima y tiempo, suelos y usos de suelos, vegetación, población, mujer y familia, Calidad del agua y peligro geológico para la captación y el acueducto.
- ✓ Definir la escala y la naturaleza de la exploración.
- ✓ Aproximar la demanda actual y futura del agua. Esto se hará a partir de la dinámica poblacional registrada en los censos nacionales de población, vivienda y nivel de vida.
- ✓ Generar un modelo conceptual, o varios modelos posibles de la ocurrencia del agua local.

# 4.3.2. Fase de profundización en campo

Según González (2010), su contenido será la verificación y ampliación del modelo conceptual. Además se obtendrá información de campo y de la población, sobre el comportamiento del agua en la comunidad. En esta fase se desarrollará completamente el Modelo Geológico y el Modelo Hidrogeológico como se indica en la siguiente página.

<sup>&</sup>lt;sup>12</sup> González, E. (2010). Prospección Hidrogeológica en la Comunidad El Boniche, San Sebastián de Yalí, Jinotega. Estelí, Nicaragua.

# 4.3.2.1. Modelo Geológico

- ✓ Se desarrollará una columna lito estratigráfica aproximada y de estructura geológicas locales.
- ✓ Reconocimientos del terreno: Durante ésta, se verificarán las estructuras geológicas, estratigrafía visible, red de drenaje y el modelo de elevaciones, y se localizarán los pozos y manantiales existentes en el terreno.
- ✓ Confirmación del modelo conceptual e integración de modificaciones y hallazgos.
- ✓ Registro fotográfico.

# 4.3.2.2. Modelo Hidrogeológico

- ✓ Se tomará la información sobre precipitación y temperatura ambiental de los documentos oficiales de INETER para aproximar la lluvia media; y por gradiente adiabático húmedo se aproximará la temperatura de la comunidad.
- ✓ Se medirá el Nivel Estático de las Aguas Subterráneas (NEA), con referencia a la elevación del terreno, se verificará en la carta topográfica, para la elaboración de una aproximación de niveles de agua subterránea y dirección de flujos.
- ✓ Se tomará en cuenta el registro oral de los ciudadanos de la comunidad en lo referente a manantiales de antes y de ahora, (efímeros y permanentes) que ya no aparecen o se han convertido en intermitentes; se registrará su localización.
- ✓ Se Integrará el modelo conceptual de Geología con los resultados de Hidrología y Régimen Meteórico y con ellos se hará la primera aproximación de Hidrogeología Local.

Los resultados serán expresados mediante mapas temáticos para hidrogeología, vulnerabilidad y protección de la fuente. Obsérvese capítulo IV<sup>13</sup>.

<sup>&</sup>lt;sup>13</sup> Capítulo IV, sección 4.2. "Evaluación hidrogeológica" para la comunidad El Boniche, San Sebastián de Yalí, Jinotega.

#### 4.4. Estudio de análisis de calidad del agua

# 4.4.1. Calidad del agua

El término "calidad del agua" es relativo, referido a la composición del agua en la medida en que esta es afectada por la concentración de sustancias producidas por diversos procesos naturales y actividades humanas. Como tal, es un término neutral que no puede ser clasificado como bueno o malo sin hacer referencia al uso para el cual es destinada.

Para determinar la calidad del agua se toman muestras de cantidades pequeñas de agua en un medio que a posterior se puede analizar en un laboratorio. Los laboratorios analizan estas muestras según varios factores, y determinan si están dentro de los estándares de la calidad del agua.

La OMS establece unas directrices para la calidad del agua potable que son el punto de referencia nacional e internacional para el establecimiento de estándares y seguridad del agua potable. Para determinar la calidad del agua y para efectos de este estudio se considerarán las normas en base al documento de "Normas de calidad del agua para el consumo Humano" (Normas CAPRE, 1994), que son emitidas por el comité coordinador regional del Instituto de Agua y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana, siendo éstas aceptadas por el MINSA y ENACAL en nuestro país.

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

 a) La fuente de agua a utilizarse en el proyecto, se le deberá efectuar por lo menos un análisis físico, químico, de metales pesados (cuando se amerite) y bacteriológico antes de su aceptación como tal.

- b) Los parámetros mínimos de control para el sector rural serán: coliformes totales, coliformes fecales, olor, sabor, color, turbiedad, temperatura, concentraciones de iones de hidrógeno y conductividad.
- c) El análisis de las fuentes de agua tales como: manantiales, pozos perforados, pozos excavados a mano deberán cumplir con las normas vigentes de calidad del agua aprobadas por el INAA y el MINSA.

En Apéndice S: Parámetros de control de calidad del agua, se indican las tablas 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51; las cuales, muestran las concentraciones máximas permisibles de los principales parámetros indicadores de la calidad del agua.

# 4.5. Levantamiento Topográfico

Guevara y Fuentes (2006)<sup>14</sup> consideran que la topografía es la ciencia que estudia el conjunto de procedimientos, para determinar las posiciones de puntos sobre la superficie de la tierra por medio de medidas, según los 3 elementos del espacio. Estos elementos pueden ser: dos distancias y una elevación, o una distancia, una dirección y una elevación.

La finalidad principal del levantamiento de detalles y de las mediciones de campo es la elaboración de un mapa o un plano. Se debe recolectar siempre más datos que lo necesario para tener medidas de comprobación. Gracias al levantamiento topográfico se establece por proyección la planimetría y la topografía de la tubería, que permite calcular las longitudes y los diámetros de los tubos necesarios a fin de garantizar los caudales de agua en condiciones óptimas. Es indudable, que la gama de métodos de levantamientos es muy amplia. Sin embargo, está claro que si no se utiliza la modalidad apropiada, el instrumental adecuado y el procesamiento correspondiente a cada objetivo, los resultados podrían ser parcial o totalmente incorrectos.

<sup>&</sup>lt;sup>14</sup> Guevara, S. F., y Fuentes, J. A. (2006). *Topografía*. Recuperado el 10 de agosto de 2011 de http://www.monografias.com/trabajos14/topograf/topograf.shtml.

Las actividades u operaciones necesarias para llevar a cabo el levantamiento topográfico, se dividen en dos áreas de trabajo, que son las siguientes:

- En campo. Efectuadas directamente sobre el terreno, en las cuales se utilizan los instrumentos de medición al espacio físico.
- 2. Oficina o Gabinete. Es el procesamiento de datos adquiridos en el campo.

En un sistema de abastecimiento de agua, es importante, que al momento de realizar la topografía, se hagan radiaciones a todas las casas o edificios de la población beneficiada que se conectará a la red de distribución (Aguilar, 2007)<sup>15</sup>.

#### 4.6. Guía Metodológica para el Diseño

#### 4.6.1. Datos generales

Tales como: categoría política, localización geográfica, climatología e hidrología, vías de comunicación, servicios públicos, economía y aspectos de la localidad.

### 4.6.2. Factores y Criterios de diseño

#### 4.6.2.1. Generalidades

El crecimiento poblacional está determinado por factores de tipo socioeconómico: crece por nacimientos, decrece por defunciones, crece o decrece por migración y aumenta por anexión. Por tal razón se adoptará el criterio más adecuado para determinar la población futura, tomando en cuenta para ello datos censales y proyecciones u otra fuente que refleje el crecimiento poblacional, los que serán debidamente sustentados.

Las fuentes primarias pueden ser los servicios de estadística de los que disponga el país. En Nicaragua se puede encontrar información en las siguientes instituciones:

1. Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), es el responsable de realizar los censos de la población y de proporcionar datos oficiales.

<sup>&</sup>lt;sup>15</sup>Aguilar, P. (2007). *Apuntes sobre el curso de ingeniería sanitaria 1*. Recuperado el 06 de noviembre de 2011 de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\_2766\_C.pdf

- Registros municipales (ALCALDIAS) y de salud (MINSA). Proporcionan datos de nacimientos y defunciones.
- Censos escolares (MINED) y censo de población que se efectúa previo al diseño (éste conviene realizarlo cuando la cuadrilla lleva a cabo los trabajos de topografía).

### 4.6.2.2. Proyección de la población

Los métodos para estimar la población futura son: el aritmético, el exponencial y el geométrico. Para el cálculo de las poblaciones futuras dentro del segmento tipo rural - disperso se usará el método geométrico expresado por la fórmula siguiente:

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

Donde:

 $P_n$  = Población del año "n"

 $P_o =$ Población al inicio del periodo de diseño.

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

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

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

#### 4.6.2.3. Dotación

La dotación es una cantidad (volumen por unidad de tiempo) de agua que se asigna a una persona, expresada en litros por persona por día, y está en dependencia de: Nivel de servicio adoptado, factores geográficos, factores culturales y uso del agua.

Para fijar la dotación, hay que tomar en cuenta los estudios de demanda para la población o de poblaciones similares, si los hubiere. Cuando no se haya realizado ninguno, las normas de diseño de las instituciones encargadas del abastecimiento de agua potable en el medio rural indican los siguientes valores:

- a) Para sistemas de abastecimiento de agua potable por medio de puestos públicos, se asignará un caudal de 30 a 40 lppd.
- b) Para sistemas de abastecimiento de agua potable por medio de conexiones domiciliares de patio, se asignará un caudal de 50 60 lppd.
- c) Para los pozos excavados a mano y pozos perforados, se asignará una dotación de 20 a 30 lppd.

#### 4.6.2.4. Población a servir

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

En los mini acueductos por gravedad y captaciones de manantial, la población a servir estará en dependencia de las características de la población objeto del estudio, el tipo y configuración de la comunidad y las características tecnológicas de las instalaciones a establecerse.

#### 4.6.2.5. Nivel de servicio

#### 4.6.2.5.1. Puestos públicos

Son tomas de agua que se implantan particularmente en el sector rural para abastecer de 2 a un máximo de 20 casas.

#### 4.6.2.5.2. Conexiones domiciliares

Son las tuberías de servicio de agua que se instalan a partir de la tubería matriz hasta el interior de cada vivienda. Sujetas a ciertas condiciones, tales como: disponibilidad suficiente de agua, bajos costos de operaciones (sistemas por gravedad), capacidad de pago de la población, y número de usuarios del servicio. Para la instalación de las conexiones domiciliarias se utiliza tuberías Ø 1/2" SDR-13.5.

# 4.6.3. Parámetros de diseño<sup>16</sup>

#### 4.6.3.1. Período de diseño

Es el tiempo en el cual se estima que una obra proporcionará un servicio eficiente y satisfactorio, para poder atender la demanda de la población. Se empieza a contar desde el momento en que entra en servicio la obra. Para fijarlo, se toman en cuenta varios factores que influyen en el período de diseño.

# 4.6.3.1.1. Factores influyentes en el período de diseño

Los factores que intervienen en la selección del período de diseño son:

 Vida útil de los materiales y equipos. A continuación se indican los periodos de diseño económico de los elementos componentes de un sistema de abastecimiento de agua potable.

Tabla 2: Vida útil de los componentes de un sistema de agua potable

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

Tabla 2: Vida útil de los componentes de un sistema de agua potable.

Fuente: INAA. (1999). Norma Técnica de Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable en el medio Rural (NTON 09001-99).

En todo caso, el período de diseño no debe exceder de 20 años.

2. La población de diseño o la población a servir, la cual podrá predecirse o estimarse a períodos muy cortos.

<sup>&</sup>lt;sup>16</sup> Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA). (1999). *Normas Técnicas de Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable en el medio Rural (NTON 09001-99)*. Managua, Nicaragua.

- Facilidad de ampliación. Es una de las formas de alargar la vida de las obras.
   Las facilidades de ampliación vienen a ser el toque de vida que le podría dar el ingeniero a las obras que está diseñando.
- 4. Comportamiento en los primeros años de la obra.
- 5. Costo de conexión y tasas de interés.

#### 4.6.3.2. Determinación de consumos

#### 4.6.3.2.1. Variaciones de consumo

Las variaciones de consumo estarán expresadas como factores de la demanda promedio diario, y sirven de base para el dimensionamiento de la capacidad de obras de captación, línea de conducción y red de distribución, etc. Estos valores ya están dados bajo las normas técnicas rurales del país y son los siguientes<sup>17</sup>:

- Consumo máximo día (CMD) = 1.5 CPD (Consumo promedio diario)
- Consumo máxima hora (CMH) = 2.5 CPD (Consumo promedio diario)

# 4.6.3.2.2. Factores que afectan el consumo de agua

Los factores que afectan el consumo de una población son:

× Temperatura

Calidad del agua

Características socioeconómicas

Servicio de alcantarillado

Presión en la red de distribución de agua

Administración

Medición y tarifa

# 4.6.3.2.3. Consumo promedio diario

Es el caudal que consume a diario una población; generalmente se obtiene del promedio de consumos de un año. Por tal razón, cuando se proyectan sistemas de abastecimiento de agua potable, es necesario considerar las pérdidas que se presentan en cada uno de sus componentes. La cantidad total de agua perdida se fija como un porcentaje del consumo promedio diario cuyo valor no deberá ser mayor del 20%.

<sup>&</sup>lt;sup>17</sup> Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA). (1999). *Normas Técnicas de Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable en el medio Rural (NTON 09001-99)*. Managua, Nicaragua.

#### 4.6.3.2.4. Consumo de máximo día

Es el caudal que satisface la demanda del día de mayor consumo y se utiliza en el diseño de la línea de conducción del sistema. Para efectos de cálculos se determina incrementando el caudal promedio por el factor de máximo día.

#### 4.6.3.2.5. Consumo de máxima hora

Es el caudal que satisface la demanda de la hora de mayor consumo. Se utiliza en el diseño de la red de distribución del sistema. Para efectos de cálculos se determina incrementando el caudal promedio por el factor de máxima hora.

# 4.6.3.3. Presión en la línea de conducción y red de distribución

La presión hidrostática máxima en líneas de conducción y de distribución debe ser menor que la presión de trabajo de la tubería a utilizar, aunque hay que tomar en cuenta la calidad de los accesorios y las válvulas, para evitar fugas cuando el acueducto esté en servicio. Las presiones van a depender de las diferentes alturas que tenga el terreno.

La *presión estática* se produce cuando todo el líquido en la tubería y en el recipiente que la alimenta está en reposo.

La *presión dinámica* se produce cuando hay flujo de agua, la presión estática modifica su valor disminuyéndose por la resistencia o fricción de las paredes de la tubería.

La cota piezométrica es la suma de la cota topográfica más la altura de presión  $\left(Z+\frac{P}{\gamma}\right)$ . Si se colocara un manómetro, éste solo capta la altura de presión, no la cota piezométrica.

#### Donde:

Z: Altura de posición con respecto a un plano horizontal arbitrario.

P: Presión en la sección (metros de columna de agua).

Y: Peso específico del líquido (constante).

# 4.6.3.3.1. Cálculo de las presiones

En general, debe buscarse que la cota piezométrica sea paralela a la superficie del terreno; y la presión será igual a la diferencia de cotas piezométrica y del terreno.

# 4.6.3.3.2. Presiones máximas y mínimas

Para brindar presiones adecuadas en el funcionamiento del sistema de abastecimiento, se recomienda que éstas se cumplan dentro de un rango permisible, según las normas emitidas por ENACAL, en los valores siguientes<sup>18</sup>:

Presión Mínima: 5.0 metros

Presión Máxima: 50.0 metros

Tabla 3: Coeficiente de Rugosidad (C) de Hazen - Williams para los diferentes tipos de materiales en los conductos.

Material del Conducto	Coeficiente de Rugosidad (C)
Tubo de Hierro Galvanizado (Ho.Go.)	100
Tubo de Concreto	130
Tubo de Asbesto Cemento	140
Tubo de Hierro Fundido (Ho.Fo.)	130
Tubo Plástico (PVC)	150

Tabla 3: Valores comunes del Coeficiente de Rugosidad (Hazen Williams).

Fuente: INAA. (1999). Norma Técnica de Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable en el medio Rural (NTON 09001-99).

# 4.6.3.4. Velocidades permisibles en tuberías

Se recomienda fijar valores de las velocidades del flujo en los conductos en un rango para evitar erosión interna o sedimentación en las tuberías. Los valores permisibles según las normas emitidas por ENACAL son<sup>19</sup>:

Velocidad mínima: 0.4 m/s

Velocidad máxima: 2.0 m/s

19 Idem<sup>18</sup>

<sup>&</sup>lt;sup>18</sup> Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA). (1999). *Normas Técnicas de Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable en el medio Rural (NTON 09001-99)*. Managua, Nicaragua.

# 4.6.3.5. Línea de gradiente hidráulica

La línea de gradiente hidráulica (L.G.H.) indica la presión de agua a lo largo de la tubería bajo condiciones de operación. Cuando se traza la línea de gradiente hidráulica para un caudal que descarga libremente en la atmósfera, puede resultar que la presión residual en el punto de descarga se vuelva positiva o negativa. La presión residual positiva, indica que hay energía gravitacional suficiente para mover el flujo. La presión residual negativa, indica que no hay suficiente energía gravitacional para mover la cantidad deseada de agua; motivo suficiente para que el agua no fluya. Se puede volver a trazar la L.G.H. usando un menor caudal y/o un diámetro mayor de tubería con la finalidad de tener en toda la longitud de la tubería una carga operativa de agua positiva.

La línea gradiente hidráulica estará siempre por encima del terreno. En los puntos críticos, se podrá cambiar el diámetro para mejorar la pendiente.

#### 4.6.3.6. 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.

#### 4.6.3.7. Tipos y clases de tuberías

Toda tubería cuenta con tres características fundamentales, las cuales son: el diámetro, la clase y el tipo de tubería. Con respecto al <u>diámetro</u>, se debe mencionar que comercialmente a cada tubería se le asigna un diámetro nominal que no es el mismo diámetro interno del conducto. La <u>clase de tubería</u>, se refiere a la norma que se usó para su fabricación, íntimamente relacionada con la presión de trabajo y la razón entre el diámetro externo y el espesor de la pared de la tubería. Y por último el <u>tipo de tubería</u>, se refiere al material de que está fabricada. Los materiales más comunes usados para las tuberías de acueductos son el cloruro de polivinilo (PVC) y el acero galvanizado (H.G.).

# 4.6.3.7.1. Tuberías de acero galvanizado (HG)

El acero galvanizado tiene su principal aplicación cuando se encuentre sobre la superficie del terreno, ya que si se entierra empieza a corroerse.

# 4.6.3.7.2. Tubería de plástico (PVC)

El cloruro de polivinilo (PVC) es el material que más se emplea en la actualidad, debido a que es más económico, más liviano, fácil de instalar, durable y no se corroe, pero también tiene muchas desventajas, es más frágil y no se puede dejar en la intemperie, ya que se vuelve quebradizo.

# 4.6.3.8. Selección de la clase de tubería a emplear

La selección de la clase de la tubería a emplear será capaz de soportar la presión hidrostática y ajustarse a la máxima economía<sup>20</sup>. En el caso de que la naturaleza del terreno no permita o haga antieconómica la excavación, se seleccionará una de las tuberías como el Hierro Galvanizado, que por resistencia a impactos puede instalarse sobre soportes.

#### 4.6.3.9. Uniones

La tubería de PVC cuenta con dos tipos de uniones: la unión con campana y la unión de junta rápida. Para la unión con <u>campana</u> se requiere utilizar cemento solvente, para lo cual deben limpiarse perfectamente los bordes de la tubería y luego colocar el cemento solvente y empalmar los dos tubos. La <u>unión de junta rápida</u>, trae un empaque de hule, el cual permite una unión más firme. La ventaja de la unión con campana está en su costo y la ventaja de la junta rápida está en el tipo de unión, que es más segura.

#### 4.6.3.10. Dispositivos especiales

Son estructuras complementarias, importantes para el buen funcionamiento de la línea de conducción y red de distribución tales como, pilas rompe presión, válvulas de aire en los puntos altos y válvulas de limpieza en los puntos bajos.

<sup>&</sup>lt;sup>20</sup> Obsérvese anexo 31, tabla 62.: Clase de Tubería y Presiones de Trabajo para tubería PVC.

# 4.6.3.10.1. Caja o pila rompe presión

Cuando en un tramo de tubería se tiene un fuerte desnivel, puede ser necesario seccionarlo, con el fin de que cada fracción trabaje con una carga acorde con la presión de trabajo de la tubería que se emplee. En una línea de conducción, la tubería de PVC, solo soporta cierta presión y puede darse que la presión estática exceda la presión de trabajo de las tuberías, por lo tanto las pendientes de las tuberías no deben sobrepasar esa presión. Para evitar ese problema y que la tubería se rompa, se debe colocar una o varias cajas rompe-presión.

# 4.6.3.10.2. Pasos aéreos y de zanjones

Cuando es necesario salvar una depresión del terreno o atravesar un río, etc. es necesario emplear un paso aéreo. Para los pasos aéreos y de zanjones solo se puede utilizar tubería de acero galvanizado.

# 4.6.3.10.3. Cajas para válvulas

Estructuras complementarias que sirven para proteger cualquier válvula que sea necesario instalar en el sistema, tales como: válvulas de compuerta, válvulas de paso, válvulas de aire (ventosas), válvulas de limpieza (purga) en los puntos bajos, válvulas reguladoras de presión, etc.

#### 4.6.3.11. Válvulas

Son dispositivos que permiten el control del flujo en la conducción, atendiendo a situaciones de corte y control de flujo, acumulación de aire por llenado y vaciado de la conducción, depresiones y sobrepresiones generadas por fenómenos transitorios y retroceso del aqua por paro del equipo de bombeo, entre otras.

#### 4.6.3.11.1. Válvula de aire

Baldizón (2008) considera, que las líneas de conducción por gravedad tienen la tendencia de acumular aire en los puntos altos. Cuando se tienen presiones altas, el aire tiende a disolverse y continúa en la tubería hasta que es expulsado, pero en los puntos altos de relativa baja presión, el aire no se disuelve creando bolsas que reducen el área útil de la tubería.

La acumulación de aire en los puntos altos provoca:

- ▶ Reducción del área de flujo del agua y consecuentemente se produce un aumento en las pérdidas y una disminución del gasto.
- ▶ Produce golpes repentinos en la tubería, a fin de prevenir estos fenómenos deben utilizarse válvulas automáticas, que ubicadas en todos los puntos altos permitan la expulsión del aire acumulado y la circulación del gasto deseado.

Los fabricantes generalmente recomiendan, el uso de válvulas cuyo diámetro es 1 ½" por pie de diámetro de la línea de conducción.

# 4.6.3.11.2. Válvula de limpieza

En las líneas de conducción con topografía accidentada existirá la tendencia a la acumulación de sedimentos en los puntos bajos por lo que conviene colocar dispositivos que permitan periódicamente la limpieza de tramos de tuberías. En este caso se usará el diámetro inmediato inferior al de la línea principal.

# 4.6.3.11.3. Válvula reguladora de presión

La válvula reguladora de presión, produce en su interior una pérdida constante cualquiera que sea la presión de entrada. Se usan para mantener una presión constante en la descarga, aunque en la entrada varíe el flujo o la presión.

#### 4.6.3.12. Accesorios

Los accesorios son piezas especiales que se instalan en las tuberías con fines de limpieza, separación y seguridad en la misma. Estos se colocan como elementos de unión entre los componentes de una conducción de agua, además se utilizan para efectuar intersecciones de conductos, variación de diámetros, cambios de dirección, conexiones con válvulas, etc. Entre los principales accesorios se pueden encontrar: juntas carretes, extremidades, codos de 45 y 90 grados, reducidores, bushing, adaptadores machos y hembras, tapones machos y hembras, tees, yes, uniones, coplas y uniones universales, entre otros. Algunos de estos accesorios de PVC tienen un extremo con rosca, son útiles cuando se cambia el tipo de tubería o para la instalación de válvulas.

Estos accesorios al igual que los tubos PVC trabajan a cierta presión. Estos tipos de elementos, se deben inspeccionar frecuentemente para verificar si no tienen fugas, si trabajan correctamente y no se encuentran obstruidos por elementos extraños o deterioro.

#### 4.6.3.12.1. Te

La Te se utiliza para unir tres conductos con uniones del mismo diámetro, o dos de igual diámetro y uno menor. En el segundo caso se llama *Te de reducción*.

#### 4.6.3.12.2. Reducciones

Las reducciones se emplean para unir dos tubos de diferente diámetro.

#### 4.6.4. Fuente de abastecimiento

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 y debe cumplir dos propósitos fundamentales<sup>21</sup>:

- 1. 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 manantiales son puntos localizados en la corteza terrestre por donde aflora el agua subterránea. Generalmente este tipo de fuentes, sufre variaciones en su producción, asociadas con el régimen de lluvia en la zona. Los criterios para considerar un manantial como fuente de suministro de agua potable son los siguientes<sup>22</sup>:

 a) El dato o datos de aforo, deberán corresponder al final del período seco de la zona y se tomará como base para el diseño, el mínimo valor obtenido.

<sup>&</sup>lt;sup>21</sup> Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA). (1999). *Normas Técnicas de Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable en el medio Rural (NTON 09001-99)*. Managua, Nicaragua.

<sup>&</sup>lt;sup>22</sup> Idem<sup>21</sup>

b) El caudal crítico de producción de la fuente deberá ser mayor o igual al consumo máximo diario de la población al final del período de diseño, de lo contrario se desechará su utilización, o se complementará con otra fuente disponible.

Estas consideraciones son válidas para sistemas tipo MAG, MABE y CM.

# 4.6.4.1. Captación de agua superficial

El término genérico utilizado para las obras de captación, derivación o toma en ríos es "bocatoma". Por medio de esta estructura se puede derivar el caudal de diseño que por lo general corresponde al caudal máximo diario.

Las obras de captación deben localizarse en zonas donde el suelo sea estable y resistente a la erosión, procurando que se haga en un tramo recto del cauce.

Considerando el funcionamiento hidráulico y la ubicación del dispositivo de captación, existen diferentes tipos de bocatomas: Toma lateral con muro transversal, bocatoma de fondo, bocatoma lateral con bombeo, bocatoma lateral por gravedad, toma mediante estabilización del lecho, toma en embalses o lagos, estaciones de bombeo flotantes y deslizantes, etc. Los factores determinantes para su adecuada selección son la naturaleza del cauce y la topografía general del proyecto (López Cualla, Ricardo Alfredo; 1999)<sup>23</sup>.

# 4.6.4.1.1. Dique-Toma con tanque de captación por debajo del vertedero de rebose

El dique - toma o bocatoma de fondo, es una obra civil que consiste en un dique de represamiento construido transversalmente al cauce del río, donde el área de captación se ubica sobre la cresta del vertedero central y está protegida mediante rejas que permiten el paso del agua, que a su vez es direccionada en

<sup>&</sup>lt;sup>23</sup> López, R. A. (1999). Diseño de Acueductos y Alcantarillados. 2da Edición. Alfaomega Grupo Editor, 1999, ISBN 9789701504024, páginas 81-98.

sentido normal de la corriente. El ancho de esta presa puede ser igual o menor que el ancho del río.

El caudal medio del río pasa a través del vertedero de rebose del dique. Una parte de dicho caudal cae en el canal ubicado por debajo del vertedero, que lo conduce hacia la cámara de recolección, cerca del anclaje lateral del dique, de donde arranca la línea de conducción o toma.

La entrada al canal está protegida contra el paso de material flotante, por medio de una rejilla, cuyas barras están orientadas paralelas a la dirección de la corriente.

La bocatoma de fondo consta de presa, vertederos, solado o enrocado superior e inferior, muros laterales, rejilla, canal de aducción y cámara de recolección.

# 4.6.5. Línea de Conducción y Red de Distribución

#### 4.6.5.1. Generalidades

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

#### 4.6.5.2. Línea de conducción

La línea de conducción es el conjunto de ductos, obras de arte y accesorios destinados a transportar el agua, desde la fuente de abastecimiento (captación) hasta la planta de tratamiento y en el caso de no existir ésta hacia los depósitos o tanques de almacenamiento, formando el enlace entre la obra de captación y la red de distribución. Su capacidad deberá ser suficiente para transportar el gasto de máximo día. Se le deberá proveer de los accesorios y obras de arte necesarios para su buen funcionamiento, conforme a las presiones de trabajo especificadas para las tuberías, tomándose en consideración la protección y mantenimiento de las mismas.

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

De acuerdo a la naturaleza y características de la fuente de abastecimiento, se distinguen dos regímenes de conducción: régimen libre que se utiliza mediante canales o túneles y el régimen forzado que es la línea de conducción por gravedad o por bombeo. Estas dos últimas, son las más utilizadas para transportar el agua a los tanques de almacenamiento. Aunque es preferible utilizar la conducción por gravedad, ya que su costo es mucho más económico.

# 4.6.5.2.1. Línea de conducción por gravedad

En el diseño de una línea de conducción por gravedad, se dispone para transportar el caudal requerido aguas abajo, de una carga potencial entre sus extremos que puede utilizarse para vencer las pérdidas por fricción originadas en el conducto al producirse el flujo. Se deberá tener en cuenta los aspectos siguientes<sup>24</sup>:

- a) Se diseñará para la condición del consumo de máximo día al final del período de diseño, el cual resulta al aplicar el factor de 1.5 al consumo promedio diario (CMD= 1.5 CPD).
- b) En los puntos críticos se deberá mantener una presión de 5 m por lo menos.
- c) La presión estática máxima estará en función de las especificaciones técnicas de la clase de tubería a utilizarse, sin embargo se recomienda mantener una presión estática máxima de 70 m, incorporando en la línea tanquillas rompe presión donde sea necesario.

#### 4.6.5.3. Red de distribución

La red de distribución es el sistema de conductos cerrados, que permite distribuir el agua bajo presión a los diversos puntos de consumo, que pueden ser

<sup>&</sup>lt;sup>24</sup> Idem<sup>21</sup>, pág. 7-1

conexiones domiciliares o puestos públicos; para su diseño deberá considerarse los aspectos siguientes<sup>25</sup>:

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

La red de distribución está conformada por tuberías principales y secundarias. La red de tuberías principales es la encargada de distribuir el agua en las diferentes zonas de la población, mientras que las tuberías secundarias son las encargadas de hacer las conexiones domiciliares.

El trazado de la red, debe obedecer a la disposición física de la población y por tanto no existe una forma predefinida. Hidráulicamente, se pueden establecer redes abiertas, redes cerradas o redes mixtas, dependiendo de las condiciones anteriores.

En los sistemas rurales de agua potable, es muy frecuente utilizar redes abiertas, esto es debido a que las viviendas se encuentran dispersas y no en bloque como ocurre en el área urbana, es por ello que las condiciones de diseño de una red en un área rural son mucho más complejas.

#### 4.6.5.4. Hidráulica del acueducto

El diseño hidráulico se divide en dos partes fundamentales: línea de conducción y red de distribución. También se debe tomar en cuenta que para diseñar se

<sup>&</sup>lt;sup>25</sup> Idem<sup>21</sup>, pág. 7-2

debe conocer la resistencia de la tubería. Por tanto, el análisis hidráulico de la red y de la línea de conducción, permite dimensionar los conductos que integran dichos elementos. La selección de los diámetros es de gran importancia, ya que si son muy grandes, además de encarecer el sistema, las bajas velocidades provocarán problemas de depósitos y sedimentación; pero si es reducido puede originar pérdidas de cargas elevadas y altas velocidades las cuales podrían causar erosión a las tuberías<sup>26</sup>.

El análisis de la línea de conducción y red de distribución se realizará aplicando el software Epanet y la fórmula Hazen – Williams. (Ver ecuación 2 y 3).

#### 4.6.5.4.1. Dimensionamiento de la línea de conducción

Para el diseño de líneas de conducción por gravedad se deben determinar las longitudes y los diámetros para poder ajustar las pérdidas a las alturas disponibles. Existen varios tipos de pérdidas en una línea de conducción, se encuentra la pérdida por fricción que es provocada por el roce del agua y la tubería, y las pérdidas menores que son producidas por los accesorios, la entrada de agua y la descarga de la misma.

Las longitudes de la tubería al igual que las alturas de la misma, se determinan en el levantamiento topográfico; y es importante tomar en consideración que las distancias son horizontales, mientras que en la realidad, al estar enterradas las tuberías, éstas siguen la pendiente del terreno, de manera que la longitud real es mayor, por lo tanto, como seguridad adicional se recomienda afectar la longitud por un factor que varía entre el 5% y 10%. Después de conocer la longitud que se usará para cada tubería, se debe calcular las pérdidas reales, éstas tienen que dar un resultado muy próximo a la diferencia de cotas. Algo muy importante de resaltar, es que en las líneas de conducción, los diámetros mayores irán al principio de las mismas.

<sup>&</sup>lt;sup>26</sup> Idem<sup>21</sup>, pág. 7-2

Para el dimensionamiento de la tubería de la línea de conducción, se aplicará la fórmula exponencial de Hazen - Williams (ampliamente utilizada), donde se despeja la gradiente hidráulica<sup>27</sup>.

$$h = Pérdidas de carga (m/m)$$

$$l = \text{Longitud de la tubería (m)}$$

$$Q = \text{Caudal o Gasto (m}^3/\text{seg)}$$

$$\emptyset$$
 = Diámetro de la tubería (m)

# 4.6.5.4.2. Dimensionamiento de la red de distribución

Para el diseño se adopta el mayor de los caudales, es decir, se calcula el caudal unitario, el que se multiplica por el número de viviendas a servir y se compara con el caudal de uso simultáneo.

Para el análisis de la red debe considerarse los casos de red abierta (ramificada) y de malla cerrada. Para el primer caso el análisis puede efectuarse aplicando la fórmula siguiente<sup>28</sup>:

H = Pérdidas por fricción en metros

Q<sub>e</sub> = Caudal entrante en el tramo en (gpm)

Q<sub>f</sub> = Caudal de salida al final del tramo (gpm)

S<sub>e</sub> = Pérdidas en el tramo correspondientes a Q<sub>e</sub> en decimales.

S<sub>f</sub> = Pérdidas en el tramo correspondientes a Q<sub>f</sub> en decimales.

L = Longitud del tramo en metros

 $\frac{hf}{l} = S = \frac{10.674 \ Q^{1.852}}{C^{1.852} \ 0^{4.87}}$ 

Ec. 2

Ec. 3

 $H = \left\lceil \frac{SeQe - S_fQ_f}{2.85(Oe - O_f)} \right\rceil L$ 

<sup>&</sup>lt;sup>27</sup> Idem<sup>21</sup>, pág. 7-3 <sup>28</sup> Idem<sup>21</sup>, pág. 7-3

#### 4.6.6. Almacenamiento

#### 4.6.6.1. Generalidades

Los depósitos para el almacenamiento en los sistemas de abastecimiento de agua, 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.

# 4.6.6.2. Capacidad

La capacidad del tanque de almacenamiento deberá de satisfacer las condiciones siguientes<sup>29</sup>:

# a) Volumen Compensador

El volumen necesario para compensar las variaciones horarias del consumo, se estimará en 15% del consumo promedio diario.

#### b) 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 tal manera que la capacidad del tanque de almacenamiento se estimará igual al 35% del consumo promedio diario.

#### 4.6.6.3. Localización

Los tanques de almacenamiento deberán estar localizados en zonas próximas al poblado y tomándose en cuenta la topografía del terreno, de tal manera que brinden presiones de servicios aceptables en los puntos de distribución<sup>30</sup>.

<sup>&</sup>lt;sup>29</sup> Idem<sup>21</sup>, pág. 8-1 <sup>30</sup> Idem<sup>21</sup>, pág. 8-1

# 4.6.6.4. Clases y tipos de tanques

La clase y el tipo de tanque estarán de acuerdo a los materiales locales, permeabilidad y presiones de servicios.

#### 4.6.6.4.1. Clases de tanques

De acuerdo a los materiales de construcción se clasifican en:

# a) Mampostería

Se recomienda construir tanque de este material en aquellas localidades donde se disponga de piedra bolón o piedra cantera. No deberá tener altura mayor de 2.5 metros.

# b) Hormigón Armado

En la construcción de tanque con este material se debe de considerar la permeabilidad del terreno y no deberá tener altura mayores de 3.0 metros.

## c) Acero

Se propone construir tanque de acero, cuando en la localidad no se disponga de materiales locales, como en los casos anteriores y por razones de requerimiento de presiones de servicios.

#### **4.6.6.4.2.** Tipos de tanques

Los tipos de tanques que se han recomendado construir en el país son:

- a) Tanque sobre el suelo
- b) Tanques elevados
- c) Tipo cisterna

La construcción de *tanque sobre el suelo*, resulta ser más económico para las poblaciones rurales. Se recomienda este tipo de tanque en los casos siguientes:

Cuando la topografía del terreno lo permita y en comunidades rurales que dispongan localmente de materiales de construcción como piedra bolón o cantera.

En el diseño de los tanques sobre el suelo debe de considerarse lo siguiente<sup>31</sup>:

- a) Cuando la entrada y salida de agua es por medio de tuberías separadas, estas se ubicarán en los lados opuestos con la finalidad de permitir la circulación del agua.
- b) Debe considerarse un paso directo y el tanque conectado tipo puente (bypass), de tal manera que permita mantener el servicio mientras se efectúe el lavado o reparación del tanque.
- c) La tubería de rebose descargará libremente sobre una plancha de concreto para evitar la erosión del suelo.
- d) Se instalarán válvulas de compuerta en todas las tuberías, limpieza, entrada y salida con excepción de la de rebose, y se recomienda que las válvulas y accesorios sean tipo brida.
- e) Se debe de considerar los demás accesorios como: escaleras, respiraderos, indicador de niveles y acceso con su tapadera.
- f) Se recomienda que los tanques tengan una altura máxima de 3.0 m, con un borde libre de 0.50 m y deberán estar cubiertos con una losa de concreto. En casos especiales se construirán tanques de acero sobre el suelo.

#### 4.6.6.5. Materiales de construcción

Los materiales usados para la construcción, deben ser apropiados y duraderos. Los más recomendables son concreto, mampostería y acero. En lo posible, se deben aprovechar al máximo los materiales y la mano de obra disponibles en la región.

<sup>&</sup>lt;sup>31</sup> Idem<sup>21</sup>, pág. 8-2

# 4.6.7. Tratamiento y Desinfección

#### 4.6.7.1. Generalidades

El suministro de Agua Potable para el sector rural procedente de fuentes superficiales, sean éstas pequeños ríos o quebradas, o afloramientos de agua subterráneas como los manantiales, pueden presentar características fisicoquímicas y bacteriológicas no aptas para el consumo humano, esto implica que se requiere de una serie de procesos unitarios con el objeto de corregir su calidad y convertirla en agua potable acorde con las normas establecidas.

Aunque no se requiera de la construcción de una planta de purificación de aguas convencionales, el tratamiento mínimo que se le debe dar al agua es la desinfección con el fin de entregarla libre de organismos patógenos que son los causantes de enfermedades en el organismo humano. También se debe prever una protección adicional contra la contaminación en una red de distribución.

Estos procesos unitarios se clasifican en pretratamiento, tratamiento y post tratamiento, los que se describen a continuación:

#### 4.6.7.2. Pretratamiento

Cuando la turbiedad tiene un valor promedio de más de 50 UNT en períodos que sobrepasan algunas semanas, ó más de 100 UNT en períodos que sobrepasan algunos días, es necesario efectuar un pretratamiento antes de pasar el agua a través de los filtros lentos, con la finalidad de disminuir la turbiedad. Los pretratamientos más simple que pueden emplearse son la captación indirecta y la prefiltración en lechos granulares. Estos pueden combinarse<sup>32</sup>.

#### 4.6.7.3. Tratamiento por Filtración Lenta

La filtración lenta en arena (FLA) es el sistema de tratamiento de agua más antiguo del mundo. El filtro lento se utiliza principalmente para eliminar la turbiedad del agua, pero si se diseña y opera convenientemente puede ser considerado como un sistema de desinfección del agua (Cánepa de Vargas, CEPIS.)

\_

<sup>&</sup>lt;sup>32</sup> Idem<sup>21</sup>, pág. 9-2.

El proceso de tratamiento del agua por filtración lenta, consiste en hacerla pasar por un lecho de arena en forma descendente o ascendente y a muy baja velocidad. Durante el proceso, las impurezas entran en contacto con la superficie de las partículas del medio filtrante y son retenidas, desarrollándose adicionalmente procesos de degradación química y biológica que reducen la materia retenida a formas más simples, las cuales son llevadas en solución o permanecen como material inerte hasta un subsecuente retiro o limpieza.

# Siendo sus principales ventajas<sup>33</sup>:

- ✓ No hay que utilizar productos químicos (excepto cloro para desinfección)
- ✓ Sencillez del diseño, construcción y operación
- ✓ No requiere energía eléctrica.
- ✓ Facilidad de limpieza (no requiere retrolavado).

#### Las principales desventajas son:

- ✓ Poca flexibilidad para adaptarse a condiciones de emergencias.
- ✓ Pobre eficiencia en remoción de color (20 30%)
- ✓ Necesita una gran área para su instalación
- Presenta pobres resultados para aguas con alta turbiedad.
- ✓ Se necesita una gran cantidad de medio filtrante.

La turbiedad del agua cruda puede limitar el rendimiento del filtro, por lo cual a veces es necesario aplicar algún pretratamiento tal como prefiltrado horizontal o vertical o prefiltración rápida en medio granular grueso.

# 4.6.7.3.1. Descripción General

Un filtro lento de flujo descendente o ascendente, consiste en una caja rectangular o circular que contiene un lecho de arena, un lecho de grava que impide que el material granular del lecho del filtro sea acomodada hacia el sistema de drenaje, un sistema de drenaje que puede ser de tuberías o ladrillos

<sup>&</sup>lt;sup>33</sup> Idem<sup>21</sup>, pág. 9-5.

de construcción, dispositivos simples de entrada y salida con sus respectivos controles y una cámara de agua tratada para realizar la desinfección<sup>34</sup>. El parámetro de diseño más importante en un FLA es la velocidad de filtración (Vf), la cual debe tener un valor en el rango: 0.1 m³/m².h – 0.3 m³/m².h.

Los criterios de diseño para tratamiento por filtración lenta se presentan en anexos, *Apéndice T: Criterios de diseño para tratamiento por filtración lenta.* 

#### 4.6.7.4. Desinfección o Post tratamiento

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

El cloro es el desinfectante más extendido y usado a nivel mundial, debido a su potencia germicida, economía y eficiencia. Se presenta puro en forma líquida o compuesta como el hipoclorito de calcio, el cual se obtiene en forma de polvo blanco y en pastillas, y el hipoclorito de sodio (lejía) de configuración líquida. Además, los desinfectantes basados en cloro son los únicos desinfectantes principales con las propiedades residuales duraderas que previenen el crecimiento microbiano y proporcionan protección continua durante la distribución de la planta de tratamiento al hogar. La dosis empleada se determina por ensayos, y debe cubrir la demanda de cloro y a un residual para evitar posteriores reinfecciones del agua en los circuitos.

En Nicaragua, en el caso de Acueductos Rurales, se utiliza el cloro en forma de hipocloritos, debido a su facilidad de almacenamiento, manejo y aplicación. Se deberá tener el debido cuidado para el transporte, manejo del equipo requerido, disponibilidad suficiente y seguridad en cuanto al almacenamiento. El tiempo de almacenamiento para el hipoclorito de sodio no debe ser mayor de un mes y para el de calcio no mayor de tres meses.

<sup>&</sup>lt;sup>34</sup> Idem<sup>21</sup>, pág. 9-5.

Dos de las presentaciones del hipoclorito de calcio son: el hipoclorito de calcio al 65% e hipoclorito de calcio al 70%. Ambos, se utilizan para fines de esterilización, por su alto contenido de cloro libre capaz de oxidar materia orgánica, así como microorganismos patógenos relacionados con enfermedades que se producen en los abastecimientos de agua. Este producto es utilizado para fines de consumo humano, ya que no contiene productos tóxicos. Otra de las ventajas con respecto a otros desinfectantes es que no deja productos insolubles indeseables<sup>35</sup>.

La aplicación al agua, de la solución de hipoclorito de calcio o de sodio se efectuará mediante el hipoclorador de carga constante o bien con una bomba dosificadora. Para desinfectar el agua se estima la concentración del cloro que vamos a utilizar para preparar adecuadamente la dosificación de la mezcla.

#### 4.6.7.4.1. Volumen Dosificador

La determinación del volumen dosificador se basa en la cantidad de cloro que se agrega al agua<sup>36</sup>, la producción de la fuente y el grado de concentración dosificante que se quiere establecer<sup>37</sup>.

Donde:

A = Cantidad de solución diluida a agregar, en ml/min

 $A = \frac{B \times Q}{C \times 10}$  B = Dotación de Cloro igual a 1.5 mg/lt. Q = Consumo máximo elimina para action.

Q = Consumo máximo diario para cada año comprendido entre el periodo de diseño (CMD) en litros/minutos.

Ec. 4 C = Concentración de la solución (1 %).

\_

<sup>&</sup>lt;sup>35</sup> QuimiNet.(2011). *Principales características del hipoclorito de calcio*. Recuperado el 06 de noviembre de 2014 de http://www.quiminet.com/articulos/principales-caracteristicas-del-hipoclorito-de-calcio-57341.htm

<sup>&</sup>lt;sup>36</sup> Dotación de Cloro (variable)

<sup>&</sup>lt;sup>37</sup> Concentración al 1%

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

$$V_{dia}$$
 = volumen dosificador x  $\frac{1440 \text{min}}{dia} x \frac{1/t}{1000 \text{ml}}$ 

Como en el mercado nicaragüense las soluciones de cloro (hipoclorito de sodio) se venden en presentaciones del 12% de concentración, es necesario calcular el volumen de solución al 12% necesaria para preparar una solución al 1% de concentración que es la que nos permite calcular la dosificación del aparato clorinador. Se emplea la siguiente formula:

#### Donde:

$$V_{12\%}*C_{12\%}=V_{1\%}*C_{1\%}$$
 
$$V_{12\%}=\text{Volumen de la solución al 12\% (ml)}$$
 
$$V_{1\%}=\text{Volumen de la solución al 1\% (ml)}$$
 
$$C_{12\%}=\text{Concentración de la solución al 12\%}$$
 
$$C_{1\%}=\text{Concentración de la solución al 1\%}$$

Despejando V12% que el volumen requerido:

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

Para determinar la cantidad de dosificación de cloro, se emplean las ecuaciones antes descritas. Éstas se calculan, en base a la Proyección de Consumo Máximo Día (CMD) por año.

#### 4.7. Letrinas sanitarias

# 4.7.1. Descripción de General

La letrina sanitaria es un sistema apropiado e higiénico que consta de una pequeña estructura compuesta por una caseta, una plataforma con su asiento, la que está colocada sobre una fosa donde se van depositando las heces fecales, para evitar la contaminación del medio ambiente y ayudar a preservar la salud de la población.

Los deshechos humanos (excremento y orina) representan un riesgo para la salud si no se dispone sanitariamente, en ellos se encuentra un gran número de microbios transmisores de enfermedades. Por eso, el fecalismo al aire libre, es una práctica que debe ser reemplazada, por una mejor disposición de excremento. Para disponer los desechos en forma sanitaria existen diversas alternativas: excusado conectado al drenaje, fosa séptica y letrina sanitaria.

El foso es el lugar donde se degrada, digiere o descomponga las funciones:

- La descomposición de los sólidos (excretas y papel), mediante la degradación efectuada por bacterias aerobias con presencia de oxígeno.
- La absorción o infiltración de la fase líquida de la excreta y la orina.

En el foso se producen gases que salen por el tubo de ventilación o por el orificio de la taza. Cuando el foso se sella, la descomposición se origina por una reacción química llamada " desecación alcalina". Mediante esta reacción los compuestos alcalinos que se añadieron al foso durante su uso (cal o ceniza), quitan el agua a los organismos vivos presentes en el excremento, provocando su destrucción. Sin embargo, la digestión anaeróbica que prevalece en esas condiciones, no remueve la totalidad de sólidos, por lo que se acumulan con una tasa que varía de 0.03 a 0.06 m³ por persona por año en fosos secos.

En fosos húmedos, la tasa de acumulación es menor de 0.02 a 0.04m³ por persona al año, ya que la degradación es más rápida bajo estas condiciones.

Para propósitos de diseño, la capacidad o volumen requeridos, Vr, de un foso depende de los siguientes factores<sup>38</sup>:

- ➤ Tasa de acumulación de sólidos, **S** (0.04 y 0.06 m³/persona/año), en fosos húmedos y secos, respectivamente.
- Número de usuarios, P.
- Años de vida útil, A (se recomienda de 5 a 10 años). En lo posible, no se deben construir fosos pequeños, puesto que se incrementan los costos anuales de las letrinas.
- Factor de Volumen vacío, **Vv** = 1.33. En el foso se requiere un, espacio vacío para ser llenado con tierra y basura; se usa el valor de 1.33, ya que la letrina se sella, cuando la excreta ocupa tres cuartas partes del volumen.

# 4.7.2. Tipos de letrinas y criterios técnicos de diseño<sup>39</sup>

Los tipos de letrinas que se consideran de mayor uso entre la variedad de tecnologías que hoy en día se destina a brindar soluciones al saneamiento del área rural son: letrina de foso seco, letrina de foso ventilado (LFV), letrina abonera seca familiar (LASF), letrina elevada de cámara seca ventilada (LECSV) y letrina de foso ventilado con asiento y piso en fibra de vidrio.

#### 4.7.2.1. Letrina de foso seco

Esta es la "letrina convencional" utilizada más comúnmente en Nicaragua, compuesta por: el foso, un piso con asiento y su respectiva caseta. Estas se construyen de acuerdo a los siguientes criterios<sup>40</sup>:

<sup>&</sup>lt;sup>38</sup> Comisión Nacional del Agua. (1994). *Saneamiento Rural*. Subdirección General Técnica, México. Recuperado el 15 de abril de http://www.ceasonora.gob.mx/archivos/admin/file/saneamiento rural.pdf.

<sup>&</sup>lt;sup>39</sup> Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA). (1998). *Normas Técnicas de Saneamiento Básico Rural (NTON 09002-99)*. Managua, Nicaragua. <sup>40</sup> Idem<sup>39</sup>

# a) Foso:

Período de diseño mínimo 4 años
 Período de diseño máximo 10 años

Volumen de lodos
 Rango de profundidad
 Forma
 Rectangular

- Ancho 0.70 m - Largo 0.90 m

- Brocal 0.50 m (altura mínima)

# b) Caseta:

Altura (parte frontal)
 Altura (Parte posterior)
 Alero del techo (frontal y posterior)
 0.50 m

Hueco de ventilación en parte alta de pared 0.15 m x 0.20 m

- Condición: Ubicarla sobre terraplén para que no se inunde

# 4.7.2.2. Letrina de foso ventilado (LFV)

La letrina de foso ventilado, se diferencia de la letrina convencional, (tradicional simple), por disponer de un tubo vertical de ventilación. Esta letrina tiene las partes básicas siguientes: el foso, losa, brocal, asiento y tapa, terraplén, caseta y ducto o tubo de ventilación<sup>41</sup>.

El tubo ventilador generalmente es  $\phi$  4" PVC, en su extremo superior dispone de una malla o cedazo fino para evitar el ingreso de las moscas u otros insectos, dicho tubo debe sobresalir 50 cm del nivel de techo de la caseta y colocarse en forma tal que los rayos solares lo calienten directamente. La circulación del aire elimina los olores resultantes de la descomposición de excretas en el foso y permite que los gases escapen a la atmósfera.

<sup>41</sup> Idem<sup>39</sup>

# 4.7.2.3. Letrina abonera seca familiar (LASF)

La letrina abonera seca familiar (LASF), se construye cuando no es factible implementar letrina del tipo tradicional o letrina de foso ventilado, en lugares donde el suelo es rocoso o el nivel del agua subterránea es muy superficial, que impide la construcción del foso. Los componentes son: recámara con dos compartimentos, fosa, asiento y tapa, caseta y gradas.

# 4.7.2.4. Letrina elevada de cámara seca ventilada (LECSV)

Este tipo de letrina es similar a la abonera desde el punto de vista constructivo y en cuanto al funcionamiento a la letrina excavada de foso seco ventilado. Se recomienda su construcción en lugares donde el suelo es rocoso o el nivel del agua subterránea es muy superficial que impide la construcción del foso.

# 4.7.2.5. Letrina con asiento y piso en fibra de vidrio<sup>42</sup>

Así se ha llamado a la solución industrial desarrollada con el propósito de cumplir con las funciones que tradicionalmente se han tipificado para las letrinas.

Es una versión que integra en una sola pieza el piso o losa de la letrina junto con el asiento o sentadera de la misma. Tiene tapa producida con el mismo material. Por estar fabricada en plástico reforzado con fibra de vidrio, su estética es atractiva, puede tener diferentes colores y fácilmente puede mantenerse limpia. (Ver figura 3).

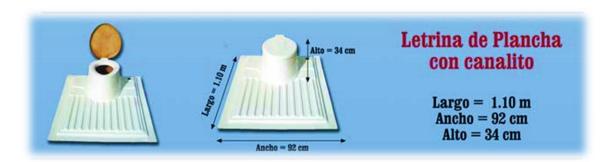


Figura 3: Letrina con asiento y piso en fibra de vidrio

52

<sup>&</sup>lt;sup>42</sup> OPS/OMS. (1997). *Guía Latinoamericana de tecnologías alternativas en agua y saneamiento*. Recuperado el 27 de junio 2011 de http://www.col.ops-oms.org/saludambiente/guia-letrinas.htm.

Este producto es adaptable a los diferentes tipos de letrinas, pudiéndose utilizar como letrina tradicional simple (convencional), letrina mejorada de pozo ventilado o como letrina con cierre hidráulico. Dadas sus dimensiones (0.92 m x 1.10 m) también puede adaptarse a casetas dentro o fuera de la vivienda.

# Características sobresalientes<sup>43</sup>:

- → Por el tipo de material con el que se fabrica, esta letrina es muy liviana, se hace con forma de inclinación cónica, apropiada para que varias piezas puedan ser apiladas una sobre otra, facilitándose el transporte simultáneo de diferentes cantidades.
- ▶ La unión entre el piso y el asiento, realizada en fábrica, le dan ventajas sanitarias que impiden el paso de insectos entre la caseta y el hueco.
- ➡ En el piso o losa se tiene prevista una abertura para colocar la tubería de ventilación.
- ➡ Esta letrina debe apoyarse muy bien para que no se sienta la flexibilidad propia de los materiales con los que está hecha y evitar el temor de los usuarios.
- ➡ Un procedimiento a utilizar para rigidizar ese piso, es por medio de la aplicación por debajo de una capa en ferrocemento o la construcción de una estructura en madera.
- Se diferencia de la letrina convencional por poseer un tubo vertical de ventilación, el cual posee una malla o cedazo fino en su extremo superior para evitar la entrada de las moscas y a la vez ese tubo es la única entrada de luz que permite ser el punto apropiado para la atracción interna de las moscas.
- ➡ El viento que pasa por encima del tubo crea una corriente de aire desde el pozo hacia la atmósfera, a través del tubo, y otra corriente descendente del exterior de la caseta hacia el pozo a través del asiento, provocándose la mayoría del tiempo una circulación conveniente de los gases.

53

<sup>&</sup>lt;sup>43</sup> OPS/OMS. (1997). *Guía Latinoamericana de tecnologías alternativas en agua y saneamiento*. Recuperado el 27 de junio 2011 de http://www.col.ops-oms.org/saludambiente/guia-letrinas.htm.

Entre las principales ventajas desde el punto de vista de instalación y sostenibilidad están las siguientes:

- Su diseño integrado, su poco peso y sencilla instalación permiten colocar la letrina con un mínimo de infraestructura de apoyo siendo su costo de colocación el más bajo por unidad instalada.
- 2. Debido a lo anterior la letrina puede ser reutilizada por muchos años lo que permite excavaciones más pequeñas y rápidas. Cada dos o tres años es posible hacer un nuevo hueco y con el suelo de la nueva excavación rellenar el anterior. De esta forma con huecos de poca profundidad se disminuye la contaminación de las aguas subterráneas y se evita la construcción de nuevos elementos evitando los desechos de mampostería y el costo de duplicación de las obras a través de los años.
- El sistema en conjunto con su caseta metálica, es el más rápido de instalar dentro de las alternativas de construcción de letrinas secas lo que garantiza disminuir los costos del proyecto aún en los casos de aporte de mano de obra comunitaria.

#### 4.7.3. Localización de letrinas<sup>44</sup>

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

-	Letrina - Pozo excavado	20.00 m
-	Letrina- Vivienda	5.00 m
-	Letrina- Linderos de propiedad	5.00 m
-	Letrina-Tanque de agua sobre suelo	10.00 m
_	Letrina-Tanque de agua sobre torre	8.00 m
_	Letrina- Tubo de agua potable	3.00 m

<sup>44</sup> Idem<sup>39</sup>

- La distancia vertical mínima entre el fondo del foso y el nivel freático de las aguas, se establece en 3.0 metros, en el caso que no se pueda cumplir con esta disposición, usar "Letrina Elevada".
- 3. Si en la excavación del foso se encuentra roca agrietada o suelos calcáreos, se deberá impermeabilizar las paredes y el fondo del foso con una lechada de cemento con arena, para impedir la contaminación del agua subterránea.
- 4. Para la instalación de letrinas en áreas de desarrollo de viviendas, debe de tratarse que éstas se ubiquen en una misma dirección o línea, previendo siempre que no se contaminen los pozos de agua, los que también deben localizarse en una misma dirección y a los mismos retiros de las letrinas.
- La plataforma o piso de las letrinas debe elevarse un mínimo de 0.20 m sobre el nivel máximo esperado de inundación, construyéndole rampas hacia los lados o gradas según el caso.
- 6. El área perimetral a 2.00 metros de la letrina debe mantenerse limpio de cualquier tipo de vegetación.

#### 4.7.4. Estructuras de letrinas

## 4.7.4.1. Paredes y Brocal

Para terrenos pocos estables, se utilizará un revestimiento de ladrillo cuarterón o piedra cantera colocados en trinchera sin usar mortero. Solamente para la construcción del brocal se utilizará mortero 1:3, sobresaliendo el brocal del nivel del terreno un mínimo de 0.20 m., para evitar entradas de agua superficial al foso. Los brocales deben ser del mismo material del foso.

#### 4.7.4.2. Pisos de letrinas

El piso de la letrina debe tener capacidad de soporte, para resistir su propio peso y el de los usuarios de la letrina, y en el caso de las letrinas ventiladas se considerará además el peso del tubo de ventilación, que será Ø 4" PVC SDR-41 de color negro.

#### a) Losas de concreto

Largo: 1.10 m.
Ancho: 0.90 m

Concreto: 1 de cemento; 2 de arena y 3 de piedra triturada, en volumen.

Refuerzo: Varilla # 2 en ambas direcciones, cada 0.05 m., con alambre de

amarre # 18 ó 20.

# b) Pisos de madera

Para pisos de madera se deberán usar tablas de la mejor densidad, con un espesor mínimo de 1", con las fibras en el sentido longitudinal y sin nudos que puedan provocar fracturas de las mismas. Debe considerarse que la madera no sea vulnerable al ataque de polillas, durante una vida útil mínima de 5 años, por lo que se recomienda pintarla con pintura de aceites.

#### 4.7.4.3. Tazas de letrinas

Las tazas podrán ser de forma de pirámide-truncada o tronco-cónicas, estas se pueden fabricar de concreto, madera, plástico y fibra de vidrio.

Para la fabricación de tazas de concreto se utilizará una dosificación de mezcla en volumen de: 1 de cemento, 2 de arena y 3 de piedra triturada de ½", agregándole agua hasta obtener una mezcla homogénea, que al fraguar se obtenga una resistencia a la compresión, mínima de 210 kg/cm² a los 28 días.

Los asientos de las letrinas no llevarán armadura de hierro. Para la construcción de asientos de madera, las tablas deberán tener un espesor no menor de 1", teniéndose cuidado de que estas estén sanas, sin nudos y aserradas en el sentido longitudinal de la fibra. Y para la construcción de asientos de PVC, fibra

de vidrio o cualquier otro material, estas deberán resistir la carga muerta más carga viva a la que serán sometidas.

Las tazas deberán ser dimensionadas de acuerdo al tipo de usuario, entre niños y adultos, tomando en consideración las siguientes medidas mínimas.

Sección Dimensionada	Niños (cm)	Adultos (cm)
Altura de taza	18	36
Diámetro del brocal	18 - 5	20 - 5
Largo y ancho	45	50

# 4.7.5. Limitaciones para las instalaciones de letrinas<sup>45</sup>

Las letrinas de foso excavado no deben instalarse:

- a) En suelos muy arenosos o con altos niveles friáticos, debido a que se pueden producir derrumbes y contaminación del agua subterránea.
- b) En áreas poblacionales donde se hace gran uso de agua de pozos superficiales, debido a que pueden contaminar el acuífero.

En los casos anteriores se deberá usar letrinas aboneras o letrinas elevadas.

# 4.7.6. Conservación y Mantenimiento<sup>46</sup>

- Conservar la letrina y su perímetro circundante limpio y libre de todo desecho.
- 2. Mantener el asiento limpio y cerrado cuando no se utilice la letrina.
- 3. No utilizar ningún desinfectante, ya que estos inhiben la descomposición bacteriana.
- 4. Se debe prohibir el uso de hidrocarburos clorados (aldrina, dieldrina, clordano, HCH o DDT) en letrinas, debido a que provocan el aumento de moscas hasta de 50 veces, ya que éstas crean resistencia.

\_

<sup>45</sup> Idem<sup>39</sup>

<sup>46</sup> Idem<sup>39</sup>

# 4.8. Evaluación del Impacto Ambiental

# 4.8.1. Impacto ambiental en los proyectos de agua potable

La evaluación de Impacto Ambiental, tiene por función analizar la viabilidad ambiental del proyecto, identificar el contexto en el cual será desarrollado y efectuar recomendaciones que permitan la elaboración del mismo en total compatibilidad con el ambiente.

El objetivo general del EIA, es identificar y valorar los impactos ambientales que este proyecto pueda ocasionar sobre el ambiente (tanto natural como socio-económico) y sobre las áreas de influencia definidas en estos estudios y efectuar recomendaciones tempranas que permitan maximizar los impactos positivos y mitigar los potenciales impactos negativos.

Se identifican los factores ambientales que serán mayormente afectados por el proyecto, tanto en la etapa constructiva como en la etapa operativa, efectuando una valoración relativa de los impactos que sean generados en la implementación de cada uno de los subsistemas que componen un sistema de abastecimiento de agua potable (captación, tratamiento y distribución del agua).

Según Romero P. (s.f.)<sup>47</sup>. Dentro de los criterios de evaluación está el "Impacto: cuyo peso valorativo es muy importante y que implica comprender cómo el proyecto transformó una realidad determinada para un grupo determinado de actores; cómo afecto positiva y/o negativamente intereses, transformó posibilidades de acceso a recursos y en última instancia generó modificaciones en las cantidades y calidades de vida."

Las tareas desarrolladas surgen como resultado de un análisis de los antecedentes existentes, reconocimiento de campo, análisis de gabinete de la

58

<sup>&</sup>lt;sup>47</sup> Romero, P. (2005). *Curso-formulación-gestión-proyectos*. Recuperado el 04 de mayo de 2011 de http://www.mailxmail.com/curso-formulacion-gestion-proyectos-desarrollo/diagnóstico situación

información cartográfica/fotográfica disponible; así como la obtenida a través de entrevistas y contacto con técnicos y pobladores locales.

# 4.9. Costo y Presupuesto

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

Cada obra en particular requiere ser cuidadosamente estudiada y analizada desde todos los puntos de vistas: Normas específicas institucionales, métodos constructivos a utilizar, disponibilidad de recursos financieros, materiales y mano de obra, modalidad de contratación, fluctuaciones en el mercado, tiempos de ejecución, pliego de bases del concurso, ajuste de precios, etc. (Manual de Presupuesto de Obras Municipales, INIFOM<sup>48</sup>).

El presupuesto debe incluir el análisis del costo de cada elemento que interviene en la construcción de la obra. Presupone el precio de la obra en determinadas circunstancias, por lo que es un valor aproximado, no preciso. Cada precio o costo unitario está integrado por costos directos y costos indirectos y constituye el precio de cada concepto de obra. Para obtenerlo se analizan sus componentes: Los materiales, mano de obra, herramientas y equipos (costos directos), además de los gastos por administración de oficinas, impuestos y utilidad (costos indirectos).

59

<sup>&</sup>lt;sup>48</sup> Instituto Nicaragüense de Fomento Municipal (INIFOM). (s.f.). *Manual de Presupuesto de Obras Municipales*. Elaborado por el Departamento de Inversiones y Servicios Municipales, Managua, Nicaragua. (pág. 11-13).

# V. DISEÑO METODOLÓGICO

La metodología empleada para el diseño de este sistema de abastecimiento de agua potable responde a la normativa de las guías técnicas empleadas por INAA y ENACAL para sistemas de agua potable en el medio rural. El proyecto se ha desarrollado, siguiendo las siguientes etapas:

## 5.1. Fase Exploratoria

#### **5.1.1.** Visitas

En esta etapa se realizaron visitas a la comunidad con el fin de inspeccionar y localizar los diferentes sitios que abarcaría el proyecto. Se hizo una inspección física a la zona de estudio, para poder señalar las variaciones topográficas, a través de un recorrido en algunos puntos que se consideraron críticos para la construcción del sistema. Además, se crearon bocetos a mano alzada de la comunidad, marcando el recorrido y el orden en que se levantarían las encuestas, asimismo, de las posibles rutas para trazar la línea de conducción y red de distribución.

## 5.1.2. Recopilación de datos

Se visitaron las instituciones locales correspondientes (Alcaldía Municipal de San Sebastián de Yalí, CARE MARENA-PIMCHAS, MINSA, entre otros), para recopilar estudios básicos existentes sobre el sitio, información necesaria de la caracterización de la zona, enfermedades de transmisión hídrica, etc.

#### 5.2. Evaluación socioeconómica

Se realizó un censo poblacional a la comunidad con el objetivo de conocer y valorar la situación que enfrentan estos pobladores, en temáticas específicas relacionadas a: salud, educación, género, economía, degradación ambiental, saneamiento básico, entre otras.

Uno de los criterios básicos para lograr la sostenibilidad de los acueductos, es que la opción tecnológica y el nivel de servicio estén basados en las condiciones físicas, económicas, sociales y culturales de la comunidad a ser atendida; para

ello se brindó la mayor información a la población y de tal forma se seleccionó el tipo de sistema o de servicio más conveniente para la comunidad.

El diagnóstico de la situación actual de la comunidad, fue el resultado del procesamiento de 51 encuestas<sup>49</sup> levantadas para tal objetivo, utilizándose el software de computación Microsoft Excel, para digitar los datos recopilados y hacer una mejor evaluación con gráficos computacionales cuidadosamente versátiles y que pueden ser aplicables a este tipo de análisis.

#### 5.3. Evaluación de la fuente de abastecimiento

La fuente de abastecimiento para este proyecto, es de tipo superficial y está constituida por la unión de dos corrientes naturales (arroyos) provenientes de las montañas del Cerro "Cuspire" y el Cerro "El Columpio", las cuales fluyen continuamente durante todo el año sobre el terreno de la finca "Ojo de Agua", propiedad del Sr. Leopoldo Aráuz, sitio que presenta las características adecuadas para la explotación y aprovechamiento de las aguas.

#### 5.3.1. Determinación del caudal de aforo

Para evaluar la disponibilidad del recurso hídrico de la fuente propuesta, se usó el *método volumétrico* el cual consiste, en tomar el tiempo que demora en llenarse un recipiente de volumen conocido. Dicho volumen en litros se divide entre el tiempo promedio en segundos, obteniéndose el caudal en lts/seg.

Con el fin de obtener resultados más precisos, se realizó un total de 3 aforos a la fuente; cada uno en diferentes épocas del año 2010, tomándose como parámetro de diseño, el caudal obtenido en época de estiaje en el mes de marzo 2010. En cada aforo realizado se hicieron 5 mediciones en diferentes intervalos de tiempos (t). Luego se tomó el promedio del volumen (v) y el tiempo para el cálculo del caudal (Q) mediante la ecuación siguiente:

<sup>&</sup>lt;sup>49</sup> Ver Anexo 7: Formato de encuesta utilizado para el Estudio socioeconómico de la comunidad El Boniche, San Sebastián de Yalí, Jinotega.

$$Q = \frac{v}{t}$$
  $Ec. (6)$   $Q = Caudal (litros/segundos)$   $v = Volumen (litros)$   $t = Tiempo (segundos)$ 

#### 5.3.2. Determinación de la velocidad

Para determinar la velocidad del caudal en el punto de captación, se empleó el *método del flotador*, el cual es comúnmente utilizado para medir caudales de pequeños a grandes con mediana exactitud. Conviene utilizarlo en arroyos con aguas tranquilas y en buen tiempo. Como flotador se utilizó un trozo de madera de unos 20 cm de longitud y 5 cm de ancho, el cual se soltó repetidas veces unos cuantos metros aguas arriba de la sección de prueba (5 m), cronometrando el tiempo que tardó en recorrer esa distancia marcada previamente sobre un tramo recto y uniforme.

El método consiste en dividir la longitud del tramo por el tiempo que tarda el flotador en recorrerla. Luego, la velocidad superficial se determina dividiendo la distancia promedio recorrida entre el tiempo promedio de viaje del flotador, como se indica en la siguiente ecuación:

$$V_{s} = \frac{D}{t} \qquad Ec. (7)$$

 $V_S$  = Velocidad superficial (m/s)

D = Distancia recorrida por el flotador (m)

t = Promedio de los tiempos recorridos (seg)

En vista de que la velocidad superficial será mayor que la velocidad promedio del caudal, se corrigió la medición del flotador multiplicándola por un coeficiente que varía de 0.65 a 0.80; misma que debe ser de 0.65 para pequeños caudales (acequias) y de 0.80 para grandes caudales (ríos, diques y canales), mediante la siguiente ecuación:

$$V_{prom} = k * V_s \qquad Ec. (8)$$

#### Donde:

 $V_s$  = Velocidad superficial (m/s)

k = Coeficiente de corrección de la velocidad superficial, varía de 0.65 a 0.80

 $V_p$  = Velocidad promedio (m/s)

# 5.3.3. Determinación de la profundidad media

Para conocer la profundidad media del agua en el sitio de la captación, se mide la profundidad del agua (en metros) del arroyo en varios lugares a lo largo de su anchura y se toma la mitad de la medida más profunda (h) como una aproximación de la profundidad media.

$$P_{media} = \frac{h}{2} \qquad Ec. (9)$$

# 5.4. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico se realizó con el fin de determinar la configuración del terreno y la posición sobre la superficie de la tierra de elementos naturales e instalaciones construidas por la población. Se tomaron los datos necesarios para la representación gráfica del área de estudio.

# 5.4.1. Equipos y herramientas utilizadas

Para el levantamiento topográfico del proyecto, se utilizó una sola cuadrilla conformadas por un topógrafo y 4 ayudantes. Entre los equipos y herramientas más importantes utilizados para el trazado de la línea de conducción y red de distribución, así como para la demarcación de la poligonal en el sitio del tanque y la captación se tienen los siguientes:

#### Primarios:

- Estación total marca CST BERGER 205, con precisión lineal: 3mm +/ 3ppm, precisión angular: 5 seg.
- Prisma y porta prisma
- Brújula y Radio GPS, marca Garmin Rhino 520HCx (para comunicación y ubicar coordenadas UTM).

- Libreta de campo (para anotaciones).
- Chalecos de seguridad y conos protectores para tránsito

# Complementarios:

- Machete, cinta métrica, estacas de madera, pintura roja de aceite, brochas, aerosoles reflexivos, caja o bolsa de herramientas con mazo, clavos de acero, pines de 10 pulg de largo por Ø ½", otros.



Imagen 2: Toma de datos en campo Fuente: Daysi Zamora (2010).



Imagen 3: Almacenamiento de los datos Fuente: Daysi Zamora (2010).





Figura 4: Brújula y Radios - GPS utilizados para levantamiento de datos Fuente: Elaboración propia (2015).

#### 5.4.2. Método utilizado

Para el levantamiento y representación de la superficie (curvas de nivel), donde se ubicarán las diferentes obras propuestas (fuente de captación, planta de tratamiento y tanque de almacenamiento), se utilizó el método de radiación que permite determinar coordenadas (X, Y, H) desde un punto fijo llamado polo de radiación y empleado comúnmente en levantamientos de superficies medianas y de gran extensión, en zonas de topografía accidentada y con vegetación espesa.

Por la falta de un BM en la zona del proyecto se procedió a ubicar un punto fijo y permanente cuya cota y coordenadas UTM fueron asumidas utilizando un GPS. Se tomó como punto de partida, el sitio propuesto para la ubicación del tanque de almacenamiento. Seguidamente se procedió a determinar la ubicación de las vías principales, caminos, escuela, iglesia y otros puntos de referencia importantes. En lo que se refiere a las viviendas, se registró la ubicación de las mismas, sin que significara ello una delimitación exacta. Por último se procedió a realizar el levantamiento en el sitio de la captación del agua y el trazado de la línea de conducción propuesta para el diseño del sistema.

La estación total, toma y registra los datos automáticamente (en forma digital), eliminando los errores de lectura, anotación, transcripción y cálculo; por medio de programas incorporados a dichas estaciones. Generalmente estos datos son archivados en formato ASDII para poder ser leídos por diferentes programas de topografía, diseño geométrico y edición gráfica. Para una mejor comprensión de la información levantada se trabajó con abreviaturas para las descripciones de las estructuras y puntos de interés. Gracias al empleo de una libreta topográfica, se logró el objetivo de definir y describir los principales puntos levantados, puntos auxiliares y otros datos relevantes del sitio.

Los datos del levantamiento fueron automáticamente guardados en la memoria de la Estación total, los que luego se descargaron a un software *TS-Link* para el post proceso de ajuste de coordenadas cartesianas y convertirlos a formato *CVS* 

en *Microsoft Excel*, posteriormente fueron cargados en el Software "*AutoCAD Land Desktop*" para ubicar los estacionamientos y diseñar los perfiles. Las curvas de nivel se diseñaron para 50 cm de equidistancia.

## 5.5. Evaluación Hidrogeológica

La prospección hidrogeológica por indicios geomorfológicos, se realizó con el propósito de localizar sitios de construcción de la obra de captación para el abastecimiento de agua segura para la comunidad El Boniche. De tal manera que al identificar las principales estructuras geológicas que afectan la ocurrencia de aguas subterráneas y superficiales se pueda elaborar un balance hídrico del territorio y establecer la localización y características generales de fuentes potenciales para el abastecimiento de agua en esta comunidad.

Durante el estudio se construyó un modelo conceptual a partir de la geología descrita en el mapa geológico de la República de Nicaragua, hoja 2955 I, se realizó un reconocimiento de campo validando el modelo, aportando elementos de geología y de la ocurrencia hidrogeológica relevantes para la satisfacción de los objetivos del estudio. Se entrevistó brevemente a la población para conocer experiencias y condiciones del sitio, localización de pozos, manantiales, accidentes geológicos, topográficos y de la historia hidrosocial de la comunidad.

De acuerdo a los registros de Iluvia media aportados por la dirección de Meteorología de INETER y la temperatura media calculada se logró determinar la temperatura media de la zona para cada mes mediante el método de Gradiente Adiabático Húmedo (GVAH) utilizando como estación de referencia la Estación Estelí (HMO). Se usó un coeficiente de -0.65°C por cada 100 metros de incremento de altitud y se obtuvo una elevación media por cálculo aritmético. Para la determinación de la lluvia mensual (precipitaciones), se tomó en cuenta la Estación Pluviométrica de San Rafael del Norte, con longitud de 56 años de registro. La Evapotranspiración Potencial mensual del área de estudio se calculó, aplicando el Método de Thornthwaite, mientras que para determinar la Evapotranspiración Real se aplicó el Método de Turc.

### 5.6. Análisis de calidad de la fuente de abastecimiento

El objetivo de este estudio es definir la calidad de la principal fuente de agua que alimentará al sistema propuesto para abastecer a la comunidad El Boniche. La calidad natural del agua depende de diversos factores ambientales como: la constitución geológica de cauces y terrenos donde se ubican los cuerpos de agua, el clima que determina la abundancia o escasez de lluvias y las actividades humanas como: minería, agricultura, industria y domésticas.

De conformidad con el **Decreto 394**<sup>50</sup>, "**Disposiciones Sanitarias**", **publicado en La Gaceta No. 200 del 21 de octubre de 1988**, en su arto. 6 establece que "los sistemas de abastecimiento de agua para el consumo humano quedan sujetos al control del Ministerio de Salud en cuanto a la vigilancia de la calidad, así como la inspección higiénico sanitaria".

Según el Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado Sanitario, (INAA)<sup>51</sup>, para efectos del estudio de análisis de calidad, el agua de la fuente propuesta se clasifica como tipo 1 y de categoría 1-B, por tratarse de agua destinada para el al uso doméstico (consumo humano) y aguas que pueden ser acondicionadas por medio de tratamientos convencionales de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y/o cloración.

La calidad del agua para la construcción de este sistema, se ha evaluado a través de la extracción de muestras correspondiente a la fuente propuesta "Ojo de Agua" proveniente del Cerro "Cuspire" y Cerro "El Columpio", propiedad del Sr. Leopoldo Aráuz, las que luego fueron llevadas al laboratorio "Centro de Investigación de Ecosistemas Acuáticos (CIDEA)" de la ciudad de Managua, para sus respectivos análisis de calidad. Obsérvese imagen # 4.

<sup>51</sup> Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado Sanitario, (INAA). (1998). *Normas para Sistemas de Tratamientos de Aguas Servidas Domésticas (NTON 05-008-98)*. Managua, Nicaragua.

<sup>&</sup>lt;sup>50</sup> Ministerio de Salud. (1994). *Decreto 394. Disposiciones Sanitarias*, publicado en La Gaceta Diario oficial No. 200 del 21 de octubre de 1988.



Imagen 4: Toma de muestra de agua de la fuente propuesta Fuente: Daysi Zamora (Noviembre 2010).

Según el **ACUERDO MINISTERIAL No. 65-94**<sup>52</sup> en su Arto. 9, sub arto. 9.5 establece que "Los laboratorios que realicen análisis de agua deberán estar certificados, normalizados o regulados según legislación existente en cada país, en este campo".

Los resultados de los exámenes reportados por el laboratorio, se han evaluado frente a los estándares de calidad para agua potable, e interpretado haciendo una comparación de sus concentraciones y características límites que no deben ser excedidos respecto a estándares nacionales e internacionales, tal como lo definen las normas vigentes de calidad del agua aprobadas por INAA y el MINSA en nuestro país.

Tomando en consideración lo establecido en las "Normas de Calidad del agua para consumo humano" (Norma Regional CAPRE)<sup>53</sup>, en su arto. 8, Tercera etapa (E3), establece que: "el estudio corresponde a un programa de análisis avanzado del agua potable. Comprende la ejecución de los parámetros de N3, ampliados con sólidos totales disueltos, desinfectantes, sustancias Orgánicas (plaguicidas) con significado para la salud, y subproductos de la desinfección". Estos valores recomendados y máximos admisibles, se indican anexos, *Apéndice S: Parámetros de control de calidad del agua*.

<sup>&</sup>lt;sup>52</sup> Ministerio de Salud. (1994). *ACUERDO MINISTERIAL No. 65-94*, publicado en La Gaceta Diario oficial No. 200, del 24 de octubre de 1994.

<sup>&</sup>lt;sup>53</sup> CAPRE. (1993). Normas de Calidad del Agua para Consumo Humano. (1ra. ed.). Costa Rica.

# 5.7. Diseño de los elementos y componentes del sistema

El Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la comunidad El Boniche, se llevó a cabo siguiendo las normas técnicas de diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, emitidas por ENACAL<sup>54</sup> para el sector rural.

# 5.7.1. Determinación de parámetros y criterios de diseño

### 5.7.1.1. Período de diseño

De la tabla 2 que se presenta en el capítulo 1, se tomó el parámetro requerido para el período de diseño del sistema de agua potable igual a 20 años. Dicho período de diseño corresponderá desde el año 2015 hasta el año 2035.

## 5.7.1.2. Proyección de la Población

#### 5.7.1.2.1. Cálculo de la tasa de crecimiento

De los datos extraídos de los Censos Nacionales de 1995, y 2005, proporcionados por el INEC y el MINSA, se verificó que la tasa de crecimiento para el departamento de Jinotega y el municipio de San Sebastián de Yalí, actualmente se aproxima al 3% en zonas rurales. Bajo estas condiciones y para efectos de diseño del sistema de la comunidad El Boniche, se consideró la tasa de crecimiento calculada igual a 2.72 %, de tal forma que cumple con el rango (2.5% - 4%) establecido por las normas<sup>55</sup>. *Ver Apéndice F, Tabla № 24: Proyección de la población y consumos del sistema de agua potable.* 

### 5.7.1.2.2. Cálculo de la población

A partir de los datos obtenidos del censo familiar uno de los tres principales enfoques del estudio socioeconómico (*Situación Socioeconómica, Servicio de Agua y Saneamiento, Censo Familiar*) realizado en dicha comunidad, se evaluó el índice de hacinamiento, mediante la siguiente ecuación empírica:

-

<sup>&</sup>lt;sup>54</sup> Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados.

<sup>&</sup>lt;sup>55</sup> Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA). (1999). *Normas Técnicas de Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable en el medio Rural (NTON 09001-99)*. Managua, Nicaragua.

$$I_{hac} = \frac{N_{hab}}{N_{Viv}} \qquad Ec. (10)$$

Donde:  $I_{hac} =$ Índice de hacinamiento

 $N_{hab}$  = Número de habitantes

 $N_{viv}$  = Número de vivienda

Para el cálculo de la población futura (20 años) de la comunidad El Boniche, se utilizó el método de proyección geométrico expresado por la Ec. (1), planteada también en el capítulo 1.

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

### 5.7.1.3. Estimación de la dotación

En función del tipo de fuente de abastecimiento, características geográficas, clima, número de habitantes y necesidades de la población, se asignó una dotación máxima de 60 lppd según el rango (50 a 60 lppd) establecido por las normas de diseño<sup>56</sup> para sistemas de abastecimiento de agua potable por medio de conexiones domiciliares y sin servicio de alcantarillado sanitario.

### 5.7.1.4. Estimación de la población a servir

De acuerdo a las características propias de la zona y la población de estudio se cubrirá el 100 % de la población por medio de tomas domiciliares de patio. En la Tabla Nº 25 (*Apéndice F*, F.5), se presenta la proyección de consumo de agua, que demandará la localidad.

### 5.7.1.5. Determinación de las variaciones de consumo

Como el consumo no es constante durante todo el año, inclusive se presentan variaciones durante el día, esto hace necesario que se calculen gastos máximos diarios y máximos horarios. Para el cálculo de éstos, es necesario utilizar coeficientes de variación diaria y horaria respectivamente.

-

<sup>&</sup>lt;sup>56</sup> Idem<sup>55</sup>

# 5.7.1.5.1. Consumo promedio diario

Es el producto de multiplicar la dotación adoptada por el número de habitantes que se hayan estimado para el final del período de diseño, dividido entre el número de segundos que tiene un día.

$$CPD = \frac{Consumo \left(\frac{lt}{hab*d}\right)*Población(hab)}{86400(seg/d)} \qquad Ec. (11)$$

## 5.7.1.5.2. Consumo de máximo día

Se determina incrementando el caudal promedio diario por el factor de máximo día igual a **1.5.** 

$$CMD = FMD * CPD$$
  $Ec. (12)$ 

### 5.7.1.5.3. Consumo de máxima hora

Se determina incrementando el caudal promedio diario por el factor de máxima hora igual a **2.5.** 

#### 5.7.1.6. Pérdidas en el sistema

Se propone utilizar un factor de pérdida de agua (por fugas de tubería, rutas, malas, conexiones, mantenimiento en la red distribución, limpieza de tanque de almacenamiento y otras actividades) en el sistema del 20% del consumo promedio diario, debido a que este sistema será completamente nuevo y se construirá con tubería de PVC.

#### 5.7.2. Cálculo Hidráulico del Sistema

El diseño hidráulico de la línea de conducción y red de distribución se realizó mediante el software de análisis y modelación hidráulica "EPANET". Este programa trabaja mediante la simulación de las características hidráulicas de una red de distribución abierta o cerrada. Su diseño en general consiste en

definir el diámetro en función de las pérdidas de carga, a partir del gasto que se conducirá y el material de la tubería. Los datos que se introducen en el software EPANET, para la realización del análisis hidráulico son:

- En Nodos: Cota de elevación y la demanda nodal.
- ▶ En Tramos o Tuberías: Diámetro, longitud, coeficiente de rugosidad.

También es necesario introducir accesorios como: Válvulas rompe cargas, de limpieza o de control de flujo para el funcionamiento óptimo del sistema. Con estos datos el programa realiza el análisis hidráulico de la línea de conducción y red de distribución, tomando en cuenta todas las propiedades necesarias para el modelo de comportamiento de una red, donde dichos resultados deben cumplir con parámetros y criterios establecidos por las normas nacionales, tal como se muestra en la Ilustración Nº 3 del *Apéndice I*.

Para el análisis hidráulico se utilizó la siguiente ecuación de Hazen-Williams, la cual permite calcular las pérdidas a lo largo del sistema. Utilizando un coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams de 150 para tuberías de PVC.

$$\frac{H}{l} = S = \frac{10.674Q^{1.852}}{C^{1.852}D^{4.87}}$$

### 5.7.2.1. Dimensionamiento de la línea de conducción

Para el diseño hidráulico de la línea de conducción se tomó como referencia principal, el levantamiento topográfico del tramo fuente – tanque, la elevación y distancia en cada nodo, el caudal demandado para consumo máximo diario que corresponde a 0.4875 l/s, el coeficiente de rugosidad para tubería PVC y los diámetros comerciales.

#### 5.7.2.1.1. Selección del diámetro

Para determinar y verificar el mejor diámetro teórico (económico y con mayor capacidad hidráulica) de la tubería de conducción, se calculó mediante la aplicación de la ecuación anterior. Despejando ésta, se tiene:

$$D = 4.87 \sqrt{\frac{10.674Q^{1.852}}{C^{1.852}H/l}}$$

Una vez seleccionado el diámetro comercial, se procedió a introducir todos los datos requeridos en el software Epanet, para calcular las pérdidas, la presión de servicio y las velocidades. Posteriormente se verificó que estos parámetros estén bajos los criterios establecidos por las normas técnicas de diseño<sup>57</sup>.

#### 5.7.2.2. Dimensionamiento de la red de distribución

El diseño de la red de distribución se efectuará con el método de redes abiertas, debido a que las viviendas se hayan dispersas, la red tendrá una longitud de 7657.03 metros lineales de tubería de cloruro de polivinilo (PVC). Para dicho diseño se tomó en cuenta las condiciones topográficas del lugar y el caudal máximo horario, mejor conocido como caudal de distribución.

### 5.7.2.2.1. Demandas nodales

Las demandas nodales se determinaron en dependencia de la cantidad de viviendas y el número de usuarios que estaría abasteciendo cada nodo en ese tramo. Para lo cual se consideró el hacinamiento actual de personas por cada casa, la dotación percápita, la tasa de crecimiento adoptada y el factor de consumo máximo horario. Por lo tanto, el caudal total debe ser igual al consumo máximo horario calculado.

Por medio de la ecuación empírica (10), se obtiene el caudal requerido por cada nodo dentro de la red<sup>58</sup>.

$$Q_{nodo} = \frac{N_{Pob\ proy}}{N_{tot\ pob}} * CM$$
 Ec. (14)

<sup>57</sup> Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA). (1999). Normas Técnicas de Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable en el medio Rural (NTON 09001-99). Managua, Nicaragua.

<sup>&</sup>lt;sup>58</sup> Los datos obtenidos para el diseño se reducen en la Tabla Nº 41 del Anexo 11.

Donde:  $N_{Po\ proy}$ = Número de habitantes proyectados a 20 años que habitan por cada casa perteneciente a ese nodo.

N<sub>tot pob</sub>= Número total de habitantes proyectados a 20 años.

### 5.7.2.2.2. Selección del diámetro

 $H = 1.56 \frac{V^2}{2a} \qquad Ec. (15)$ 

Para definir el diámetro comercial más conveniente en cada tramo, se determinó de igual manera que para la línea de conducción. En el software Epanet, se proponen estos diámetros, los cuales estarán en dependencia de los resultados hidráulicos de la velocidad y la presión en cada tramo y nodo respectivamente, si estos no cumplen se pueden proponer diferentes diámetros, hasta obtener resultados aceptables de acuerdo a los criterios establecidos por las normas técnicas de diseño nacionales, elaboradas específicamente para el sector rural.

## 5.7.2.3. Dimensionamiento de la Cámara Rompe Presión

El dimensionamiento de la cámara rompe presión, se realizó de acuerdo a lo establecido por Agüero Pittman, Roger (1997), quien considera que para determinar la altura de la cámara rompe presión, es necesario conocer la carga requerida (H) para que el gasto de salida pueda fluir. Este valor se determina mediante la ecuación experimental de Bernoulli.

H =Carga de agua (m)

V = Velocidad del flujo en m/s definida como

1. 9735  $\frac{Q}{D^2}$ , considerando:

 $Q = \text{Caudal de diseño CMD y/o CMH en m}^3/\text{s}$ 

D = Diámetro de la línea de tubería (m

 $g = \text{Aceleración gravitacional (9.8 1 m/s}^2)$ 

Para calcular la altura total de la cámara rompe presión  $(H_T)$ , se empleó la siguiente ecuación.

$$H_T = \mathbf{A} + \mathbf{H} + \mathbf{B} \cdot \mathbf{L}$$
. Ec. (16)

A: Altura mínima de 10 cm B.L.: Borde libre mínimo 40 cm

H: Carga mínima de 30 cm HT: Altura total de la cámara rompe presión

## 5.7.3. Dimensionamiento de la obra de captación

De acuerdo al levantamiento topográfico, estudio hidrogeológico y el diagnóstico de la situación actual de la comunidad, se opta por el diseño de una obra de captación Dique – Toma. Su dimensionamiento y diseño hidráulico, está realizado bajo los criterios de diseño, según el libro de Ricardo Alfredo López Cualla<sup>59</sup>; debido a que las normas de nuestro país no establecen criterios de diseño específicos para este tipo de estructuras. La metodología y memoria de cálculo para este diseño se presenta en anexos en el *Apéndice V*.

### 5.7.4. Dimensionamiento de la planta de tratamiento

El tratamiento de agua tiene por finalidad producir los cambios necesarios para acondicionarla a los patrones de calidad recomendados para el consumo humano y esto se logra a través de la instalación de plantas de tratamiento de agua, las cuales tienen que entregar un agua, cuyas características físicas, químicas y bacteriológicas estén enmarcadas dentro de las normas vigentes y además, entregarla en cantidad suficiente, con la continuidad requerida, para satisfacer las necesidades de la población servida.

Los principales componentes de una planta de tratamiento dependen principalmente de las características del agua a tratar y del tamaño poblacional que se pretende atender.

Para el dimensionamiento del filtro lento, se han seguido los parámetros y criterios establecidos por las normas técnicas de diseño de INAA y ENACAL,

<sup>&</sup>lt;sup>59</sup> López, R. A. (1999). *Diseño de Acueductos y Alcantarillados*. 2<sup>da</sup> Edición. Alfaomega Grupo Editor, 1999, ISBN 9789701504024, páginas 81- 98.

mismas que se han planteado en el *Apéndice T* (en anexos) de este documento. A continuación se resumen algunas ecuaciones básicas para el cálculo de las partes elementales que componen un filtro lento.

La caja del filtro será rectangular con un borde libre de 0.20 m, cuyas dimensiones deben estar en la siguiente relación:

Para 2 unidades como mínimo Largo/Ancho = 1.33

El área de cada filtro estará en función del tiempo de trabajo de cada uno, y se calculó mediante la ecuación:

$$A_f = \frac{Q}{N * Vf} \qquad Ec. (17)$$

Donde:

 $A_f = \text{Área del filtro (m}^2)$  N = Número de unidades

 $Q = \text{Caudal total (m}^3/\text{h)}$   $V_f = \text{Velocidad de filtración (m/h)}$ 

Las dimensiones largo y ancho del filtro, se obtienen de:

$$B = (A_f/K)^{1/2}$$
  $Ec. (18)$   $L = (A_f * K)^{1/2}$   $Ec. (19)$ 

Se asumió una velocidad de filtración de 0.10 m/s, ya que el filtro lento es la única unidad de tratamiento, para el sistema propuesto.

El sistema de drenaje se conformó de acuerdo a los criterios que se establecen en el *Apéndice T*.

La altura total de la caja del filtro se propuso de 2.70 m, valor que depende de la altura del agua sobre el lecho, borde libre, altura del lecho (capa de arena), altura de la capa de soporte y drenaje.

# 5.7.5. Dimensionamiento del tanque de almacenamiento

Debido a que la localidad es pequeña y con pocos usuarios, la capacidad del tanque se determinará de acuerdo a las normas (NTON 09001-99)<sup>60</sup>, donde el volumen compensador debe ser el 15%CPD y el volumen de reserva igual al 20%CPD. Por tanto el volumen total del tanque de almacenamiento será la sumatoria del volumen compensador más volumen de reserva igual 35%CPD.

### 5.8. Dimensionamiento de la letrina sanitaria

Para propósitos de diseño de la letrina empleada para la comunidad El Boniche, la capacidad o volumen requeridos (Vr) de un foso depende de los siguientes factores<sup>61</sup>:

- ◆ La tasa de acumulación de sólidos (S) varía entre 0.04 y 0.06 m³/persona/año, en fosos húmedos y secos, respectivamente. Para el diseño se toma 0.06 m³/persona/año.
- ◆ El número de usuarios (P): De la tabla 8 que se presenta en el Cap. V, se asume el valor indicado por el índice de hacinamiento para esta comunidad igual a 4.47 ⇒ 5 habitantes por casa.
- ◆ Años de vida útil (A): Se recomienda de 5 a 10 años. Se asumió 5 años para evitar excavaciones muy profundas que puedan alcanzar el nivel freático.
- ◆ Factor de volumen vacío (Vv) igual a 1.33. En el foso se requiere un espacio vacío para ser llenado con tierra y basura; se usa el valor de 1.33 porque la letrina se sella cuando la excreta ocupa tres cuartas partes del volumen.
- ◆ La forma del foso de la letrina es cuadrada, con dimensiones de 1.0 m por lado, para un área total de 1.0 m².

<sup>61</sup> Tomado de la Comisión Nacional del Agua (1994). *Saneamiento Rural*. Subdirección General Técnica, México.

<sup>&</sup>lt;sup>60</sup> Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA). (1999). Normas Técnicas de Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable en el medio Rural (NTON 09001-99). Managua, Nicaragua.

El volumen requerido (Vr) es igual al producto de la tasa de acumulación de sólidos (S) por el número de usuarios (P) por los años de vida útil (A) por el factor del volumen vacío (Vv), tal como se indica en la ecuación siguiente:

$$Vr = S * P * A * Vv \qquad (m^3) \qquad Ec. (20)$$

♦ La profundidad del foso (H) se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$H = \frac{Vr}{B}$$
 (m) Ec. (21) Donde:  $B = \text{ Área de la base del foso, en m²}$ 

## 5.9. Evaluación de impacto ambiental

El método elegido para la elaboración de la EIA debe permitir identificar, predecir y evaluar los impactos ambientales sobre un proyecto. De conformidad con el **Decreto No. 76-2006 Sistema de Evaluación Ambiental**, de la Ley General de Medio Ambiente y los Recursos Naturales (Ley 217)<sup>62</sup>, en el Capítulo IV, da a conocer **La Evaluación Ambiental de Proyectos, Obras, Actividades e Industrias**, dentro de la cual regula la clasificación de las categorías de proyectos y el tipo de evaluación a realizar, en función de ésta. Por ubicarse en la Categoría III, el proyecto del sistema de abastecimiento de agua potable, está sujeto, según el Arto. 18 a una *Valoración Ambiental*, como condición para otorgar la autorización ambiental correspondiente.

El punto de partida para este estudio fue la definición de la "Línea Base Ambiental"<sup>63</sup> afectada por el proyecto. Posteriormente se identifican los impactos causados en los factores del medio físico, biológico, socioeconómico y cultural y a través de una serie de matrices, se procedió a valorar cuantitativa y cualitativamente dichos impactos ambientales.

de Ingeniería. Managua, Nicaragua. Dirección de Posgrado.

Asamblea Nacional de la República de Nicaragua. (2006). Decreto 76- 2006. Sistema de Evaluación Ambiental. Publicado en la Gaceta Diario oficial No. 248 de 22 de diciembre de 2006.
 Rosales Rivera. B. (2007). Posgrado: Evaluación de Impacto Ambiental. Universidad Nacional

Para realizar la evaluación de impacto ambiental del proyecto "Sistema de abastecimiento de agua potable para la comunidad El Boniche, municipio de San Sebastián de Yalí, Jinotega", es necesario elaborar la "Línea Base Ambiental" de los factores involucrados y del componente ambiental afectado, evaluar y analizar los impactos ambientales previsibles, directos e indirectos en el área de influencia del proyecto mediante las matrices de Milán y finalmente plantear medidas de mitigación ambiental para los impactos negativos más críticos.

# 5.10. Estimación de los costos de la obra propuesta

El presente presupuesto de estimación de costos e inversión total del "Sistema de Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento Básico Rural para la comunidad El Boniche, municipio de San Sebastián de Yalí, Jinotega", refleja el precio unitario que constituye el precio de cada concepto de obra. Para obtenerlo se analizan sus componentes:

- Costos Directos (materiales, mano de obra, herramientas y equipos, transporte).
- Costos Indirectos (gastos administrativos, impuestos y utilidades).

El presupuesto está dividido de acuerdo a las etapas y sub-etapas. Para definir las etapas, se utilizó el "Catálogo de Etapas y Sub -etapas del Nuevo FISE al 15 de Agosto de 2008"<sup>64</sup>, para proyectos de Agua Potable y Saneamiento Rural. A partir del "Maestro de Costos Unitarios Primarios" y del "Maestro de Costos Unitarios Complejos del FISE, así como, cotizaciones<sup>65</sup> en el mercado nacional se determinó el costo relacionado a cada unidad específica. Dichos resultados fueron calculados en hojas de Excel para obtener de manera detallada todos los costos (material, transporte, mano de obra).

<sup>&</sup>lt;sup>64</sup> Fondo de Inversión Social de Emergencia (Nuevo FISE). (2008). *Catálogo de etapas y sub-etapas; Maestro de Costos Unitarios Primarios y Maestro de Costos Unitarios Complejos*. Managua, Nicaragua: División de desarrollo institucional.

<sup>65</sup> FERRETERIA JENNY CENTRAL. Managua, Nicaragua. RUC J0310000002550

#### 5.10.1. Costos Directos

- Materiales: Se cotizó el costo de los diferentes materiales como: cemento, arena, piedrín, grava, ladrillo cuarterón, acero de refuerzo, tuberías PVC y HG, accesorios, válvulas, alambre de púas etc., que intervienen en la construcción de un proyecto de agua potable, y del mismo modo materiales que son necesarios para la construcción de las letrinas propuestas, tales como: losa y asiento de fibra de vidrio, zinc corrugado, zinc liso, perlines, golosos, entre otros, los que posteriormente fueron detallados en una hoja de cálculo de Microsoft Excel junto a las cantidades de obras, de donde se obtuvieron los costos estimados para cada actividad del proyecto.
- Mano de obra: Se determinó como un porcentaje del costo unitario de la actividad (cantidad de material + transporte). Este costo es de forma individual.
- Equipos y Herramientas: Se obtuvo a partir de la Guía de Costos del FISE mencionada anteriormente, de acuerdo a la unidad de medida reflejada.
- Transporte: Se calculó de acuerdo a cotizaciones en el mercado nacional como un costo unitario por cada material a utilizar, tomando en cuenta la unidad de medida indicada para cada concepto de obra.

### 5.10.2. Costos Indirectos

Para la determinación de los costos indirectos se aplicaron factores del total de costos directos de la obra.

### 5.10.2.1. Costos indirectos de operación

- Gastos Administrativos: 15% del costo directo (honorarios, sueldos, prestaciones y servicios).
- Alquileres y depreciaciones

- Obligaciones y seguros
- Materiales de consumo

#### 5.10.2.2. Costos indirectos de obra

- Capacitación y promoción
- Cargas Impositivas: IGV, IR, IM

# 5.10.2.3. Cargos adicionales

- Imprevistos: corresponde al 10 % del total del costo directo del Proyecto.
- Impuestos y Fianzas: 15 % de costo directo.
- Utilidad: 15 % del total del costo directo del Proyecto.

# 5.10.3. Procedimiento para la determinación de los costos

- a) Cálculo de la cantidad de obra según los planos del proyecto y tomando criterios y especificaciones técnicas en base a las normas de nuestro país NTON 09001-99 y NTON 09002-99, para poblaciones rurales.
- b) Cantidad de materiales, transporte y mano de obra en el proyecto Sistema de Abastecimiento de Agua Potable.
- c) Una vez calculada las cantidades de obras y analizados los materiales, transporte y mano de obra que intervienen en cada etapa del proyecto, se calcula el costo unitario por etapa y sub-etapa de actividades de obra de acuerdo a los costos actuales de comercialización.
- d) Costo total directo que es la cantidad por el costo unitario de cada uno de los componentes: materiales, transporte y mano de obra.
- e) Cálculo del costo total directo de cada etapa que es la suma de costo total directo de materiales, transporte y mano de obra.
- f) Los costos indirectos: impuestos, imprevistos, administración resultan de la aplicación de un porcentaje al total de los costos como se indicó anteriormente.
- g) Al final se suman los costos directos con los indirectos y se obtiene el costo total del proyecto.

# VI. ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

# 6.1. Diagnóstico de la situación actual de la comunidad

# 6.1.1. Población y Viviendas

Según el resultado de la encuesta socioeconómica aplicada al 100% de los jefes de cada familia por vivienda, refleja que actualmente existe una población de 228 habitantes, distribuidos en 51 viviendas que se encuentran dispersas en toda la localidad. De las cuales, el 80% se hallan asentadas a orillas de la carretera principal, en un tramo de 4 km aproximadamente y un 20% se encuentran alejadas hasta 1 km de esta carretera. También existen tres edificaciones importantes: un centro escolar de educación primaria y preescolar, una iglesia católica y una bodega comunitaria para uso agrícola.

Se constató que el 77.30 % de la población, tienen más de 15 años de vivir en la comunidad lo que indica que conocen la problemática de la misma. (Ver figura 5).

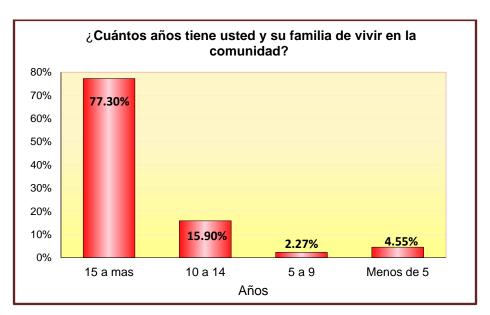


Figura 5: Años de vivir en la comunidad Fuente: Elaboración propia (2015).

La pirámide de población (figura 6), es un histograma que representa gráficamente la estructura por edad y sexo de la población de dicha comunidad, calculada a partir de los valores porcentuales que aporta cada grupo de edad.

De un total de 228 habitantes, el 54.90% son varones y el 45.10% son mujeres, destacando que la mayor parte de esta población de ambos sexos equivalente al 61.27% es menor de 30 años de edad, aportando el mayor porcentaje a la pirámide las personas incluidas en el grupo entre 15 a 19 años de edad con el 15.20%.

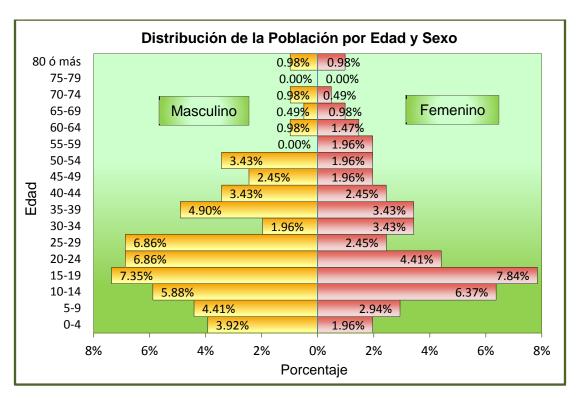


Figura 6: Pirámide poblacional de la comunidad El Boniche Fuente: Elaboración propia (2015).

El 84.31 % de las familias tienen entre 1 y 5 miembros; sin embargo solo el 64.22% de los habitantes han llegado a un nivel de educación primaria. El 98.10% considera que la mejor alternativa para suplir sus necesidades básicas del agua es diseñar un nuevo sistema de abastecimiento de agua potable, por lo que el 96.5% de los pobladores están dispuestos a colaborar durante su ejecución y mantenimiento de la obra. (Ver figuras 7 y 8 en la siguiente página).



Figura 7: Personas por vivienda Fuente: Elaboración propia (2015).



Figura 8: Nivel de Educación Fuente: Elaboración propia (2015).

### 6.1.2. Situación habitacional

El 98.04% de las viviendas de la comunidad son de un solo nivel y en su mayoría están construidas con techos de zinc, paredes de madera y/o adobe y pisos de tierra. Este tipo de viviendas es la típica de una zona rural, aunque también existen en esta comunidad, algunas viviendas que suelen ser de mampostería (bloque o ladrillo cuarterón) y piso embaldosado con/sin ladrillo.

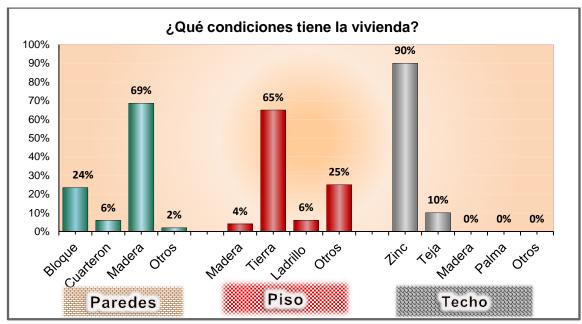
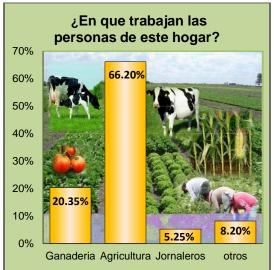


Figura 9: Condiciones de la Vivienda Fuente: Elaboración propia (2015).

### 6.1.3. Actividades económicas

La mayoría de los jefes de familia son propietarios de sus tierras, por tanto el 66.20% de la población se dedica a la agricultura, principalmente a la producción de granos básicos como el maíz y Frijoles, existen otros rubros de producción a pequeña escala como hortalizas, papa, café, y un 35% se dedica a la ganadería. (Ver figuras 10 y 11)



¿A qué cultivos se dedica? **Hortalizas** Otro 17% Tradicionales 15% 0% **Frutales** 0% Papa 10% Maiz Frijol Sorgo 29% 29% 0% Arroz 0%

Figura 10: Principal actividad económica Fuente: Elaboración propia (2015).

Figura 11: Cultivos principales Fuente: Elaboración propia (2015).

### 6.1.4. Servicios existentes en la comunidad

### 6.1.4.1. Energía eléctrica

La comunidad actualmente cuenta con un servicio de energía eléctrica proporcionado por la empresa DISNORTE (sucursal San Sebastián de Yalí), dicho servicio cubre al 59.10% de las casas, mientras que un 40.90% de los hogares no cuentan con el servicio de electricidad por lo que generalmente se alumbran a través de velas, mecheros con gas e incluso con lámparas de baterías.

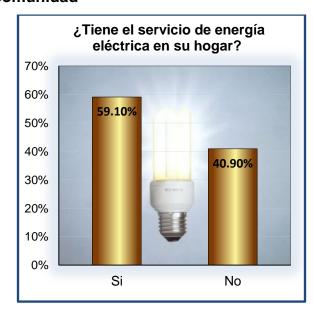


Figura 12: Servicio de energía eléctrica Fuente: Elaboración propia (2015).

# 6.1.4.2. Transporte

En la comunidad existe una carretera pavimentada, siendo ésta la principal vía de acceso. Es transitada por cualquier tipo de vehículo, principalmente por rutas de transporte público que viajan a los municipios de San Sebastián de Yalí, San Rafael del Norte, Jinotega, La Concordia y Estelí.

### 6.1.4.3. Salud

Según la encuesta realizada a la población, las enfermedades que más se han presentado en niños y adultos actualmente son las enfermedades intestinales, ya que el 53.25% tienen problemas de infección renal, así como resfriados, tos y otras pero en menor grado. La población no cuenta con un centro de salud en su comunidad, por lo que suelen trasladarse hasta los puestos de salud ubicados en la zona urbana de San Sebastián de Yalí y/o San Rafael del Norte donde son debidamente atendidos por especialistas. Ambos lugares quedan a corta distancia de la comunidad.

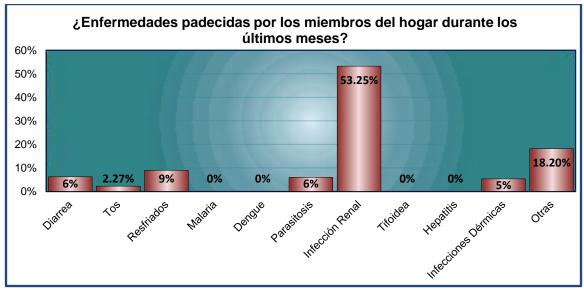


Figura 13: Enfermedades comunes en la familia Fuente: Elaboración propia (2015).

### 6.1.4.4. Educación

La comunidad cuenta con un centro escolar de educación primaria y preescolar que atiende a la mayoría de niños entre 6 a 14 años de edad de esta localidad y de otras comunidades cercanas.

# 6.1.5. Aspectos socio organizativos

La población posee un nivel medio de organización dentro de su comunidad. El 52.40% de las familias pertenecen a cargos con grupos formados dentro de la comunidad como: Comité Comarcal, Comité de agua potable y saneamiento (CAPS), organizaciones religiosas (religión católica) y una organización de productores con instituciones y ONG, mientras que el 47.60 % de las familias no están organizadas, por falta de voluntad e interés.

La comunidad ha sido apoyada por diferentes organismos e instituciones por mencionar algunos: COSUDE, TECNOSERVE, Alcaldía Municipal de San Rafael del Norte y Alcaldía Municipal de San Sebastián de Yalí, MINSA de ambos municipios, otros.

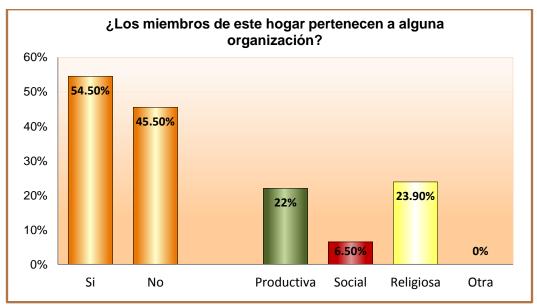


Figura 14: Organización Comunitaria Fuente: Elaboración propia (2015).

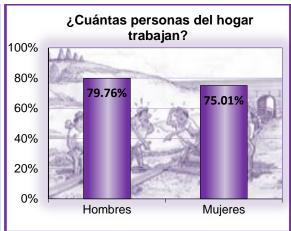
### 6.1.6. Disponibilidad de integración al proyecto

Las encuestas reflejan que la población tiene mucha disponibilidad en apoyar el proyecto en todas sus etapas para poseer el vital líquido dentro de sus viviendas. Del mismo modo un 95.3% de la población está dispuesta a pagar por este servicio para su debida operación y mantenimiento. (Ver figura 15)

## 6.1.7. Aspectos económicos

Los pobladores de esta comunidad, está compuesta en su gran mayoría por campesinos dedicados a las actividades de agricultura, ganadería y otras actividades en menor escala, de tal modo que el 79.76% de los hombres trabajan en este tipo de labor, mientras el 75.01% de las mujeres trabajan en actividades propias del hogar.





Fuente: Elaboración propia (2015).

Figura 15: Disponibilidad de pago por servicio Figura 16: Población económicamente activa Fuente: Elaboración propia (2015).

También se indagó sobre el gasto promedio mensual de las familias, obteniendo los siguientes datos: el 4.63% de las familias tienen gastos mensuales inferiores a los C\$ 450 córdobas, un 29.50% tiene gastos que están en el rango de los C\$ 450 y C\$ 599 córdobas y un 63.60% de las familias tienen gastos superiores a los C\$ 600 Córdobas.



Figura 17: Egreso mensual en el hogar Fuente: Elaboración propia (2015).

# 6.1.8. Condiciones higiénico-sanitarias

# 6.1.8.1. Disposición de los desechos solidos

Con relación a la basura en la comunidad, se determinó que el 47.70% la quema, alrededor del 22.80% tiene la costumbre de botar la basura en los alrededores de la vivienda, lo cual no se considera una práctica sana desde el punto de vista de la salud y el ambiente, mientras que el 14.75% entierra la basura y los demás hacen abono orgánico o practican otros métodos para su debida eliminación.



Figura 18: Condiciones de la basura Fuente: Elaboración propia (2015).

# 6.1.9. Situación actual del servicio de agua potable

El 54.50% de la población posee el servicio de agua por medio del sistema existente y un 45.50% se abastecen a través del acarreo desde pozos artesanales, quebradas o del vecino que posee el servicio. Según el 65.90% de los usuarios que se abastecen del sistema y de otras fuentes consideran que la calidad del agua que consumen es buena, aunque un 15.40% afirman que el agua tiene mal color y sabor. (Ver figuras 19, 20 y 21).



Figura 19: Servicio de agua Fuente: Elaboración propia (2015).

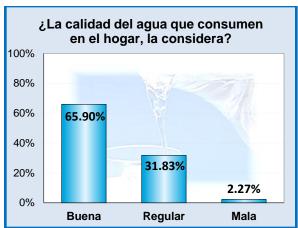


Figura 20: Calidad del agua Fuente: Elaboración propia (2015).



Figura 21: Características del agua Fuente: Elaboración propia (2015).

### 6.1.9.1. Obra de captación y fuente de abastecimiento

La fuente de agua es superficial, con un caudal aproximado de 0.32 lt/seg, por lo que no garantiza el caudal que actualmente demanda la población. Además la estructura de captación se encuentra deteriorada y no posee un diseño que le permita captar el agua en mejores condiciones. (Ver imagen 5 y *Apéndice* Y).

### 6.1.9.2. Tubería de conducción

La línea de conducción, tiene una longitud de 2550.0 ml aproximadamente. La tubería es de material PVC SDR-26 en su totalidad, con diámetros que varían desde 1 ½ a 1". En algunos tramos de la línea, se observó que la tubería se encuentra aérea o a la intemperie, expuesta a múltiples deterioros, presentando muchas reparaciones rústicas hechas por los mismos usuarios. (Ver imagen 6).



Imagen 5: Caja del filtro (captación actual)
Fuente: Daysi Zamora (2010).

Imagen 6: Tubería de conducción existente Fuente: Daysi Zamora (2010).

# 6.1.9.3. Tanque de almacenamiento

El agua potable es almacenada en una pila de forma rectangular con una capacidad aproximada de 7.5 m³, sus dimensiones en planta son de 2.0 m x 3.0 m y profundidad 1.25 m. Las paredes son construidas de ladrillo cuarterón sin repello exterior y las losas de concreto, todo esto en malas condiciones. Además, el tubo de desagüe de la pila no cumple con las condiciones requeridas provocando asentamientos de residuos o sedimentos en el fondo del tanque, razones por el cual se suministra aguas muy turbias a los usuarios, además de que no posee un sistema de purificación o tratamiento constante y adecuado.



Imagen 7: Tanque de almacenamiento existente Fuente: Daysi Zamora (2010).

## 6.1.10. Situación de la disposición de excretas

Actualmente por no contar con un sistema de alcantarillado sanitario, el 83.33% de la población utiliza como medio para la evacuación de excretas, letrinas de tipo convencional de foso seco. Un 50% de éstas, se encuentran en malas condiciones y están construidas en lugares inapropiados, presentando inundaciones en período de invierno. Además, existe un 16.67% de la población que no poseen condiciones para la realización de sus necesidades fisiológicas. Por tanto el 100% de los pobladores están dispuestos a construir nuevas letrinas para una correcta disposición de excretas. Ver fig. 22, 23, 24 y 25.



Figura 22: Servicios de eliminación de excretas Fuente: Elaboración propia (2015).

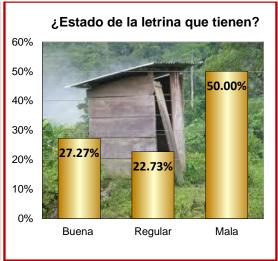


Figura 23: Condiciones de la letrina Fuente: Elaboración propia (2015).

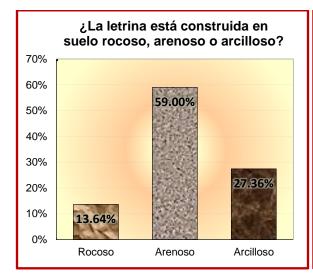


Figura 24: Tipo de suelo de las letrinas Fuente: Elaboración propia (2015).

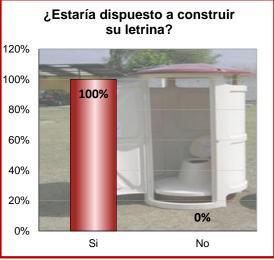


Figura 25: Disponibilidad de construcción Fuente: Elaboración propia (2015).

# 6.2. Evaluación Hidrogeológica de la comunidad

El área de estudio, abarca aproximadamente 6.5 Km<sup>2</sup> y comprende desde Cerro Volcán Yalí (N-1466700, E-590200) a Cerro El Tigre (N-1466700, E-593000) por el norte, por el sur desde la línea (N1464000, E-590200) hasta (N-1464000, E-93000). La comunidad de Boniche con centro aproximado en N-1465000, E-91500, tiene una elevación aproximadamente entre 1100 msnm y 1600 msnm.

# 6.2.1. Régimen Climático

## 6.2.1.1. Temperatura

La temperatura media de la zona es de unos 19.34 °C en el año, con mínimas de 17.64 °C en Enero y máximas de unos 21.39 °C en Abril. En la siguiente tabla se presenta, los datos obtenidos de la temperatura media anual de la zona, mediante el método de Gradiente Adiabático Húmedo (GVAH).

Municipi	o: Sar	ı Rafa	el del	Norte	:	Estación de Referencia (ER): HMO Estelí								
Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	X <sub>anual</sub>	
Temperatura	21 50	22 54	24 22	25 34	25.06	23 63	23 44	23 50	23 03	22 84	22 44	21 78	23.29	
media ER=T ºC	21.59	22.54	24.22	25.54	20.00	20.00	25.44	25.55	25.05	22.04	22.44	21.70	25.25	
Temperatura	1764	10 50	20.27	21 20	21 11	10.69	10.40	10.62	10.00	10 00	10 10	17 02	19.34	
LySdeB(°C)	17.64	16.59	20.27	21.39	21.11	19.00	19.49	19.03	19.00	10.09	10.49	17.03	19.34	

Tabla 4: Temperatura media mensual, Estación de referencia (ER): HMO Estelí. Fuente: González, Eddie M. (2011). Prospección Hidrogeológica en la Comunidad "El Boniche", San Sebastián de Yalí, Jinotega.

### 6.2.1.2. Precipitaciones

La precipitación media anual es de 1301.8 mm ± 274.79 mm. Las mayores precipitaciones ocurren en Octubre, sin embargo estas se comportan en rango anual con dos picos modales en Junio y Septiembre-Octubre.

La lluvia media mensual evidencia el impacto de la localización de la zona en donde existe fuerte influencia de la orografía. Obsérvese figura 26.

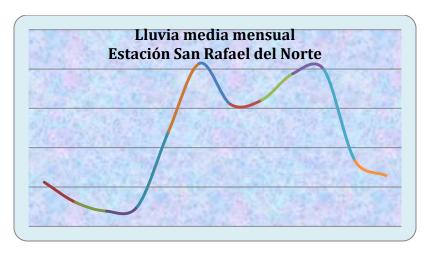


Figura 26: Lluvia media mensual. Estación San Rafael del Norte Fuente: González, Eddie M. (2011). Prospección Hidrogeológica en la Comunidad "El Boniche", San Sebastián de Yalí, Jinotega. Estelí, Nicaragua

# 6.2.1.3. Abstracciones de Humedad: Evapotranspiración

Aplicando el procedimiento desarrollado por Thornthwaite, utilizando como parámetro de base, el cálculo a la temperatura media de la zona, la evapotranspiración resulta en:

ſ	Evapotranspiración Potencial (Método de Thornthwaite)													
ſ	Mes	Sept	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Total
ſ	ETP corr.	69.0	65.9	61.6	56.4	56.3	63.5	76.8	88.0	86.7	76.5	74.4	73.3	848.6

Tabla 5: Resultados de la Evapotranspiración Potencial (Método de Thornthwaite)<sup>66</sup>. \*

La evapotranspiración real, según Turc, es de:

	Evapotranspiración Real (Método de Turc)														
Mes	Sept	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Total		
ETR	69.0	65.9	61.6	56.4	56.0	30.6	19.3	25.2	86.7	76.5	74.4	73.3	695.1		

Tabla 6: Resultados de la Evapotranspiración Real (Método de Turc). \*

El Balance de humedad del suelo, evidencia disponibilidad suficiente para las tareas de producción agrícola y pecuaria. Sin embargo estos datos evaluados desde la lluvia media deben ser tomados con precaución dado el alto nivel de variabilidad que existe, aun en este medio de aparente abundancia de precipitaciones. El Balance resultante es:

<sup>&</sup>lt;sup>66</sup> \*Tablas 5, 6 y 7; Fuente: González, Eddie M. (2011). *Prospección Hidrogeológica en la Comunidad El Boniche, San Sebastián de Yalí, Jinotega*. Estelí, Nicaragua.

	Evapotranspiracion por Thornthwaite													
	Datos de Iluvia anual Estacion San Rafael del Norte													
											F	Reserva	a máx:	50
		set	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	Total
P		194	199	83.6	64.6	56	30.6	19.3	25.2	120	207	155	160	1315.7
ETP corr.		69.0	65.9	61.6	56.4	56.3	63.5	76.8	88.0	86.7	76.5	74.4	73.3	848.6
ETR		69.0	65.9	61.6	56.4	56.3	63.5	36.1	25.2	86.7	76.5	74.4	73.3	745.1
Déficit		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	40.7	62.8	0.0	0.0	0.0	0.0	103.4
Reserva	0	50.0	50.0	50.0	50.0	49.7	16.8	0.0	0.0	33.7	50.0	50.0	50.0	
Excedentes		75.0	133.5	22.0	8.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	114.3	80.6	87.1	520.6

Tabla 7: Datos de Iluvia anual, Estación San Rafael del Norte. \*

De acuerdo a los registros de lluvia media aportados por la dirección de Meteorología de INETER y la temperatura media calculada, en el territorio existen solo dos meses con déficit de humedad. Sin embargo evaluando los patrones de las precipitaciones aparecen otros comportamientos. La lluvia en la estación seleccionada indica la existencia de varios patrones, que se describen en términos de su concentración y presencia modal.

# 6.2.2. Hidrología superficial

La zona de estudio se localiza hidrológicamente en los parteaguas regionales de las cuencas Coco o Wanki (45) y la cuenca del Lago Xolotlán con su tributario, el Río Viejo. Esto crea unas condiciones particulares para un estudio hidrológico.

Su red de drenaje se compone de una red de cursos efímeros, concentrados especialmente hacia el sector sur de La Concordia, donde se reúnen en el Río San Rafael. Fluyen en cauces paralelos y sub-paralelos hacia el sur, sus bifurcaciones ocurren en ángulo recto; indicio de la existencia de rocas duras y cristalinas, fallas y fracturas. El trazo y pendiente de estos cursos de agua se relacionan con la dirección de la pendiente principal superficial del terreno (cursos consecuentes). En todos los casos son cursos de agua de alta energía por su perfil en laderas de gran pendiente, lo que les confiere elevada potencia erosiva. Los excedentes de humedad obtenidos del balance, escurren como flujos superficiales y/o flujos subsuperficiales, hacia los cursos de agua.

## 6.2.3. Geología

Las tierras del centro de la provincia geológica central están compuestas por deposiciones de materiales volcánicos del tipo de Ignimbritas, Tobas, Basaltos, Dacitas y Andesitas; que pertenecen al grupo Coyol las cuales descansan sobre los materiales de la Formación Matagalpa que emerge hacia el norte de la zona de estudio y que a su vez sobreyacen a la plataforma Mesozoica. En algunos sectores se han formado valles mediante diversos procesos. Estos valles se componen de una estructura geológica del terciario que encaja a materiales depositados durante el cuaternario y compuestos fundamentalmente por gravas arenas, limo, arcillas y cascajo.

En este territorio, producto de la intensidad de las precipitaciones y del efecto de los vientos del Norte y Noreste, junto a las inadecuadas prácticas de uso y explotación de los recursos de suelo, el conjunto del paisaje, está muy erosionado, en estas condiciones aparecen cerros testigo y antecerros. En la zona, El Cerro volcán Yalí parece corresponder con el concepto de "Cerro Testigo". Igualmente las elevaciones del Cerro Boniche, Cerro El Tigre y elevaciones circundantes, son testigos de la antigua forma, estructura y elevación del paisaje. La alineación y forma escalonada, aunque erosionada, de las laderas que aparecen en el territorio indican la presencia de esta malla de fallas y fracturas, en lo que aparenta ser una estructura en cizallamiento por la acción de los sistemas regionales en compresión y asociados a la actividad de la tectónica de las placas Coco y Caribe.

Uno de los cuales, está descrito gráficamente en el mapa geológico de 1971, ésta ingresa desde el noroeste y cruza la zona por la ladera Este del Volcán Yalí en dirección a la Brellera y continúa hasta la Ciudad de San Rafael del Norte, a la cual parte en dos. Más hacia el Este aparece otra estructura similar, que pasa en las cercanías del Cerro El Cedro.

La columna estratigráfica de la zona descrita gráficamente en el mapa geológico de 1971 es:

- 1. La capa más superficial, suelos y material de cobertura, tiene con espesor variable desde < 0.10 en las laderas a aprox. 1.5 metros de espesor, de acuerdo a su ubicación en el relieve. Las texturas entre franco hasta franco arcilloso, pobre a buena permeabilidad vertical. En algunos sectores existe roca expuesta. Este material de cobertura es reciente. Estos suelos son sensibles a la acción erosiva del agua y a las malas prácticas en la actividad agropecuaria, a pesar de que muchos están protegidos por vegetación nativa.</p>
- 2. Bajo los suelos aparece un paquete de Ignimbritas (Tpci). Subyaciendo a Ignimbritas aparece una capa de Basaltos del Plioceno (Tpcb). Estos paquetes a su vez sobreyacen a paquetes de Dacitas del Mioceno hacia el Sur y hacia el Norte, este y Oeste. Las Dacitas (Tmcd) aparecen en las laderas más escarpadas.

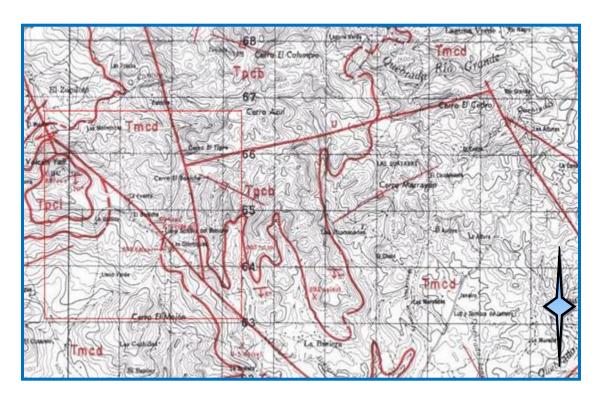


Figura 27: Mapa Geológico Nacional. Instituto Geológico Nacional (1971), INETER (2001). Fuente: González, Eddie M. (2011). Prospección Hidrogeológica en la Comunidad "El Boniche", San Sebastián de Yalí, Jinotega.

# 6.2.4. Hidrogeología

Según el conjunto geológico se cree en un acuífero de falla y de medio fracturado, cuyas zonas de recarga se localizan en las elevaciones circundantes por encima de los 1300 metros contenidos en un paquete de Ignimbritas y Basaltos fracturados.

La estructura con mayor aportación de aguas a los caudales de estiaje aparenta ser la falla que pasa al sur del Cerro El Tigre y corre con rumbo Noreste hasta el Cerro El Cedro que, como se dijo antes evidencia una estructura particular de este territorio. Existen indicios en la superficie del terreno para asegurar esto, como los manantiales alineados de donde se abastece agua la población; a través de la cual ocurre la descarga fundamental. La calidad del agua, desde la Hidroquímica parece indicar alguna dificultad con valores de residuo seco sumamente elevados (>1000mg/l) como lo indica la composición reflejada por el mapa de Hidroquímica regional (Castillo Matute, Et al. 2001).

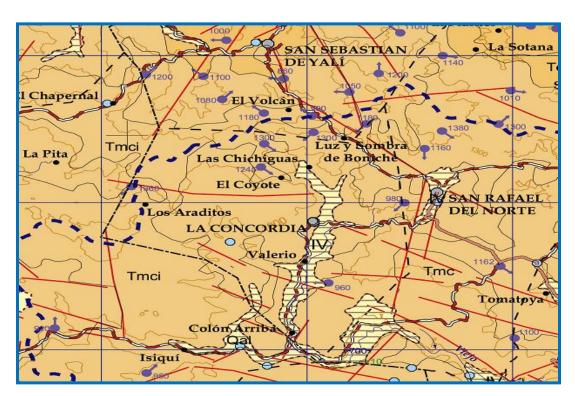


Figura 28: Mapa Hidrogeológico Regional (INETER 2001).

Fuente: González, Eddie M. (2011). Prospección Hidrogeológica en la Comunidad "El Boniche", San Sebastián de Yalí, Jinotega.

Haciendo uso del mapa geológico de 1971 y comparando las imágenes y sobre poniendo la red de drenaje, los Niveles del Agua en excavaciones (NEA) y los manantiales, se desarrolló una aproximación de la sección transversal del edificio geológico logrando crear una imagen de la localización potencial de los reservorios subterráneos y los sitios de construcción de obras de captación.

La estratigrafía no muestra la existencia de paleosuelos, sin embargo aparecen estratos en proceso de arenización en los cuales transita agua como se evidencia en los cortes de carretera y otros sitios (estratos permeables en el perfil), por tanto la captación deberá desarrollarse aprovechando las zonas de fragilidad, permeabilidad secundaria y estratos trasmisivos de la columna estratigráfica. Esto coincide con lo señalado por Fenzl cuando dice que la presencia de paleosuelos y rocas altamente meteorizadas separados por rocas frescas (jóvenes) y fracturadas, favorece la creación de acuíferos colgados. Así mismo, las grandes diferencias en los parámetros hidrogeológicos evidencian la heterogeneidad del medio hidrogeológico.

Igualmente, la búsqueda de aguas subterráneas solo puede ser realizada localmente y estudiando cada caso individualmente. Por su parte Custodio et. al, señalan que "en los contactos entre diferentes estratos ocurren en zonas de alta capacidad transmisiva".

## 6.2.4.1. Niveles de Agua Subterránea

Proyectando el NEA a partir de las elevaciones de los manantiales se puede estimar que las aguas subterráneas están a unos metros de profundidad en los sectores del terreno con capacidad transmisiva y que se ajustan en estricto sentido a los planos de falla del edificio geológico.

A partir de las observaciones de campo, la permanencia de los manantiales y lo expresado por la población local, se puede especular sobre la capacidad del acuífero llamado "Ojo de agua" para proveer agua suficiente para todas las

necesidades de la población. La estructura que presenta los mejores indicios de capacidad es la del Cerro El Tigre. Este acuífero puede ser explotado en la construcción del nuevo sistema de abastecimiento de agua potable.

Esta localización se encuentra en dirección al noreste del caserío.

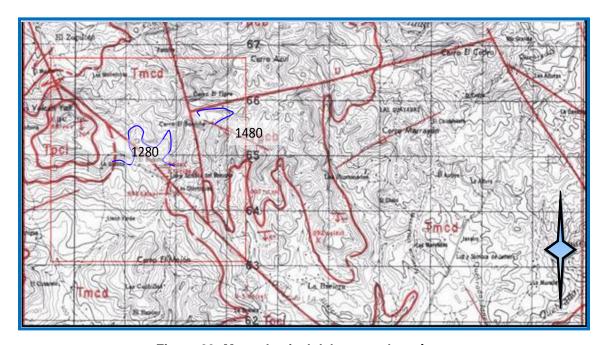


Figura 29: Mapa de nivel del agua subterránea.

Fuente: González, Eddie M. (2011). Prospección Hidrogeológica en la Comunidad "El Boniche", San Sebastián de Yalí, Jinotega.

## 6.2.4.2. Ubicación de sitios con fines de explotación

La comunidad El Boniche cuenta con un potencial de acuíferos que pueden ser explotados y/o reemplazados para mantener a la población siempre abastecida tales como: captaciones superficiales, indicios de agua para perforaciones de pozos y captaciones de galería horizontal o una trinchera de filtración.

La captación superficial ubicada a 3 km aproximadamente del caserío, posee un alto potencial de agua, que abastecerá sin duda a la población por muchos años y en épocas de estiaje, ya que esta se concentra en una zona montañosa de poca actividad agrícola. Su obra de captación puede realizarse propiamente en la unión de las dos fuentes que la conforman. Dicha fuente es la alternativa

viable para el diseño del sistema de agua potable en la comunidad El Boniche. Aunque existen otros sitios en la comunidad donde es posible realizar sondeos, tal como lo señalan, la alineación de puntos de emisión y explotación de aguas sobre la estructura interna de la zona en la figura 30.

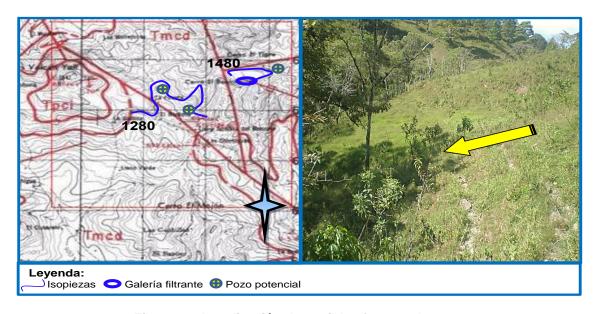


Figura 30: Localización de posibles fuentes de agua Fuente: González, Eddie M. (2011). Prospección Hidrogeológica en la Comunidad "El Boniche", San Sebastián de Yalí, Jinotega.

Una galería vertical es posible en este sector relazándola en las proximidades del plano de falla. Este se aprecia adecuadamente en la ilustración anterior (figura 30), como la zona hundida entre las lomas. En la parte boscosa hay evidencia de un manantial efímero. La flecha indica el trazo de la zona de perforación de (Este a Oeste) Al fondo a la Izquierda se observa los bloques desplazados sobre el plano de falla.

De acuerdo a lo anterior, se puede explotar cualquier acuífero existente en la zona aprovechando las estructuras hidrogeológicas que estos poseen. La captación propuesta para el diseño del sistema de agua potable, es factible dentro del área de estudio, debido a las diferentes descargas de agua existentes sobre el mismo acuífero, incrementando su caudal volumétrico y su permanencia en tiempo de estiaje.

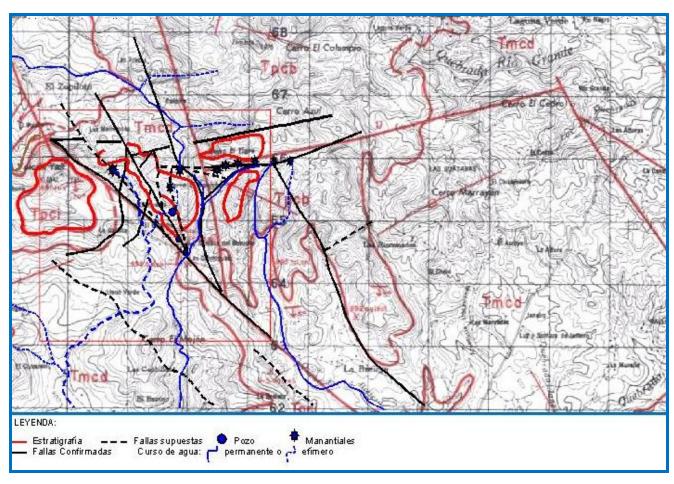


Figura 31: Mapa de Resumen de Resultados.

Fuente: González, Eddie M. (2011). Prospección Hidrogeológica en la Comunidad "El Boniche", San Sebastián de Yalí, Jinotega.

# 6.3. Interpretación de los resultados de análisis de calidad del agua

# 6.3.1. Análisis Físico-Químico<sup>67</sup>

Estos análisis determinan la turbiedad, color, olor, sabor y temperatura.

El color proviene generalmente de la descomposición de materia vegetal o de las sales de hierro.

Según los parámetros organolépticos el Color verdadero de la fuente obtenido mediante el análisis de laboratorio es de 5 mg/l (Pt-Co), siendo el valor

- *Apéndice D*, D.2: Resultados de Análisis Físico-químico

<sup>&</sup>lt;sup>67</sup> Obsérvese:

<sup>-</sup> Apéndice S: Parámetros de control de calidad del agua.

recomendado por las normas CAPRE<sup>68</sup> 1 mg/l (Pt-Co) hasta un valor máximo admisible de 15 mg/l (Pt-Co), por tanto está dentro del rango admisible.

El olor y el sabor son dos sensaciones que tienen una relación íntima y van casi siempre unidos; sin embargo, a veces puede haber sabor en el agua sin que se aprecie olor alguno. No existe forma de medir el olor y el sabor, por lo tanto en los análisis solo se indica si este es aromático, rancio, etc. De acuerdo a los análisis hechos en campo y laboratorio se puede afirmar que el agua de la fuente en estudio no posee olor perceptible y su sabor es agradable.

La turbiedad se refiere a la materia orgánica en suspensión: arcillas, barros, materia orgánica y otros organismos microscópicos, etc. Sanitariamente es inocua si es debida a arcilla o a otras sustancias minerales, pero es peligrosa si la turbiedad proviene de aguas calcáreas o residuos industriales. No debe exceder del grado 20 de la escala normal de cobalto, pero es preferible se mantenga por debajo de 10. Según los análisis de laboratorio este parámetro a pesar de tratarse de una fuente superficial, permanece dentro de un rango casi aceptable por las normas de calidad vigentes en el país igual a 10 UNT.

Según los parámetros de sustancias inorgánicas de significado para la salud, el Arsénico total de la fuente, obtenido en laboratorio es menor al límite de detección, que es igual a 2.02 µg.1<sup>-1</sup>, por tanto el arsénico se considera despreciable.

# 6.3.2. Análisis Bacteriológico o Microbiología<sup>69</sup>

Los análisis bacteriológicos ponen de manifiesto la presencia de bacterias que alteran y modifican la aptitud del agua para un uso determinado.

Según el ensayo de Coliformes totales por el método de Fermentación de tubos múltiples da como resultado 49 NMP/100 ml dentro de un rango no especificado, considerándose como "negativo".

105

<sup>&</sup>lt;sup>68</sup> CAPRE. (1993). Normas de Calidad del Agua para Consumo Humano. (1ra. ed.). Costa Rica.

<sup>&</sup>lt;sup>69</sup> Obsérvese: *Apéndice D*, D.1: Resultados de Análisis Bacteriológico.

La prueba de Coliformes fecales positiva indica un 90% de probabilidad de que el Coliforme aislado sea E. Coli. El ensayo de Coliformes fecales practicado a la muestra de agua de la fuente propuesta, utilizando el mismo método, da como resultado "positivo" por lo que se debe considerar algún tipo de tratamiento de desinfección para su debido consumo.

La presencia de bacterias Coliformes en el agua de dicha fuente es un indicio de que el suministro de agua puede estar contaminado por algún tipo de desechos en descomposición ocasionado principalmente por las plantas o heces de animales, ya que dicha fuente está muy alejada del poblado y en una zona montañosa, la cual es utilizada como terreno de pastoreo para ganado, por tanto no posee ningún obstáculo que impida el cruce y estadía de animales por el área de la fuente, tal como se muestra en la figura 32 y figura 33:

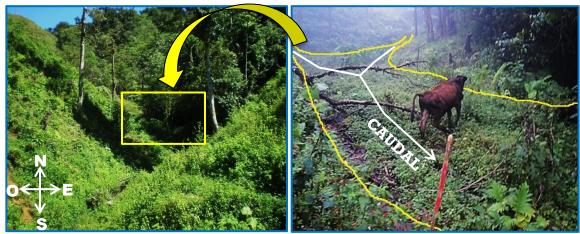


Figura 32: Ubicación de la fuente propuesta. Fuente: Elaboración propia (2015).

Figura 33: Sitio de captación propuesto. Fuente: Elaboración propia (2015).

# 6.4. Resultados del levantamiento topográfico

El Levantamiento topográfico realizado para el diseño del Sistema de abastecimiento de agua potable de la comunidad El Boniche abarca desde el punto de propuesta de captación ubicada en la parte media del cerro El Tigre hasta el área donde se concentra la población. El cual consiste en un levantamiento longitudinal (plani-altimétrico) general del sector de la localidad, ya que esta no cuenta con levantamientos o planos realizados anteriormente. Para el levantamiento de servidumbres de pase, predios de captación y tanque

de almacenamiento, se realizó una descripción topográfica conforme a los requisitos que indica el INAA.

Según este levantamiento topográfico, la línea de conducción abarca una longitud de 3483.38 ml y 7657.03 ml en la red de distribución, para un total de 11,140.41ml, aproximadamente 11.14 km. *Ver Apéndice E (tablas 21, 22 y 23).* 

Para el diseño de la obra de toma y tanque de almacenamiento, se tomaron secciones de terreno de 20 m x 20 m, para trazar la poligonal con sus respectivas referencias, elevaciones y ángulos.

# 6.4.1. Planos Topográficos

Una vez procesados todos los datos, se procedió a representar y posicionar las obras proyectadas sobre el terreno a través de planos de diseños a escalas variables. Los planos de perfiles o secciones son la representación de un corte longitudinal o transversal de las obras a ejecutar. Los perfiles longitudinales se representan en dos escalas diferentes (escala horizontal y vertical) por lo que existe una exageración en relación a la longitud horizontal y la diferencia vertical, por lo que son más fáciles de visualizar las diferencias de altura. Cabe señalar que estas exageraciones pueden variar de acuerdo a las necesidades del proyecto o a las diferencias de elevaciones que exista entre el punto inicial y el punto final. Estos planos unen la planta con el perfil, pero la información de uno con el otro se correlaciona adecuadamente.

Una vez realizados los dibujos de los planos en AUTOCAD, se distribuyeron de acuerdo a la escala más adecuada y de tal manera que se represente en los planos, el mayor número de detalles posibles. De acuerdo a esta distribución, resultaron 26 láminas en general de todo el proyecto. De las cuales 15 de ellas representan la planta y perfil del trazado de la topografía para la línea de conducción y red de distribución<sup>70</sup>.

107

<sup>&</sup>lt;sup>70</sup> Obsérvese *Apéndice AA*: Planos constructivos para el sistema de abastecimiento de agua potable para la comunidad El Boniche, municipio de San Sebastián de Yalí, Jinotega.

# 6.5. Conceptualización del proyecto

Para solucionar la problemática de suministro de agua potable en la comunidad El Boniche, se propone un sistema de abastecimiento por gravedad, de configuración **fuente - tanque – red**.

# 6.5.1. Resumen de obras propuestas

#### 6.5.1.1. Fuente de Abastecimiento

La fuente de abastecimiento es de tipo superficial, ubicada en el terreno de la finca "Ojo de agua" y está constituida por la unión de dos arroyos, provenientes del Cerro Cuspire, ambos reúnen un cuantioso caudal suficiente para abastecer las demandas de la población durante su vida útil. La productividad estimada de la fuente en época de estiaje es de 50.89 gpm. Este sitio, reúne las condiciones y características apropiadas para la explotación de las aguas.

# 6.5.1.2. Obra de captación

Se construirá un sistema de captación abierta, que consiste en un muro transversal al cauce del río, construido de mampostería y concreto reforzado, comúnmente conocido como Dique - Toma. El área de captación se ubica sobre la cresta del vertedero central y está protegida mediante rejas que permiten el paso del agua a la cámara de recolección a través de un canal de aducción.

El predio de captación, estará protegido de agentes contaminantes externos, por medio de un cercado de alambre de púas y un portón de acceso, en un área de 900 m² (30m x 30m).

#### 6.5.1.3. Planta de tratamiento

Aunque los análisis de agua realizados a la fuente, fueron muy satisfactorios, por tratarse de una fuente superficial, se ha propuesto el diseño de un filtro lento. Se consideraron dos unidades de filtros, cada unidad será de 9 m² y estará compuesta de un sistema de drenaje, una capa de grava graduada, una capa de arena, agua sobrenadante, un borde libre y un juego de dispositivos de

regulación y control. El agua filtrada es conducida mediante una tubería PVC Ø 1 1/2" SDR-26 al tanque de almacenamiento. Este filtro sin controlador de velocidad y con controles de nivel mediante vertederos es muy sencillo y confiable de operar con los recursos disponibles en la comunidad.

#### 6.5.1.4. Línea de conducción

La línea de conducción mide aproximadamente 3483.38 ml. Se propone que la línea de conducción sea en su totalidad tubería de cloruro de polivinilo PVC SDR-26 y SDR-17 de 38 mm (1 1/2"), salvo los cruces aéreos que estarán conformados por tubería de Hierro Galvanizado (HG) de 38 mm (1 1/2") de diámetro, sobre bases de concreto. En los puntos más altos (cimas) de la línea, se instalaron válvulas de aire y vacío, en las partes más bajas (columpios) válvulas de limpieza y pilas rompe presión en los puntos necesarios.

## 6.5.1.5. Tanque de almacenamiento

El agua se conducirá hasta un tanque de almacenamiento, construido de mampostería (concreto ciclópeo) sobre la superficie del suelo. La altura total es de 2.30 m, la capacidad del tanque de almacenamiento es de 10 m³ y el caudal de diseño de salida del sistema es de 0.8125 l/s, con este caudal se abastece con eficiencia y seguridad a toda la población de la comunidad.

#### 6.5.1.6. Red de distribución

La red de distribución tiene una longitud total de 7657.03 ml y estará conformada por tuberías PVC SDR- 26 y SDR- 17, con diámetros que varían desde 19 mm a 38 mm. El sistema de la red contiene válvulas de control para la interrupción del suministro de agua por mantenimiento, válvulas de limpieza, válvulas de aire y pilas rompe presión ubicadas en puntos estratégicos.

#### 6.5.1.7. Desinfección

La desinfección del agua que se suministrará a la población, se realizará con hipoclorito de calcio en forma de polvo, el cual se aplicará mediante un hipoclorador de carga constante, instalado en la parte superior del tanque de almacenamiento.

# 6.5.1.8. Conexiones domiciliares

La capacidad de la fuente permite que se proporcione un nivel de servicio por medio de tomas domiciliares. Por tanto se instalaran 51 tomas domiciliares que abarca al 100 % de las viviendas, más 3 tomas de la misma categoría en la escuela, iglesia católica y bodega comunitaria, para un total de 54 conexiones domiciliares.

## 6.5.1.9. Letrinas Sanitarias

Se empleará la letrina convencional con piso y asiento en fibra de vidrio, por ser práctica, moderna y económica. Consta de un pozo de 2.5 m de profundidad, un tubo de ventilación, paredes de zinc liso y cubierta de zinc corrugado. Se construirán sobre el suelo fuera de cada vivienda existente en la comunidad, en el centro escolar, en la bodega comunitaria y en la iglesia católica, para un total de 54 letrinas convencionales de foso seco ventilado.

## 6.6. Diseño de los elementos y componentes del sistema

#### 6.6.1. Demanda actual y futura del sistema

La comunidad El Boniche, posee una población actualmente de 228 habitantes con índice de hacinamiento de 4.47 habitantes por vivienda, aproximadamente 5 habitantes, tal como se indica en la siguiente tabla.

Comunidad	Cantidad de Viviendas		Otros No. de		Indice de	Población	
Comunidad	Censada	Total	Edificios	Habitantes	Hacinamiento	Total Estimada	
El Boniche	51	51	3	228	4.47	228	

Tabla 8: Resultados del Censo Poblacional de la comunidad El Boniche. Fuente: Elaboración Propia (2015).

El nivel de servicio a instalar son tomas domiciliares por lo que asignó una dotación percápita de 60 lppd, para una demanda actual de 3,614.27 gpd.

El período de diseño para el sistema propuesto es de 20 años. La población al final de este periodo será igual a 390 habitantes, con un consumo promedio diario de 6,182.30 gpd. La proyección será a partir del año 2015. Ver memoria de cálculos en *Apéndice F: Proyección de la población y consumos*.

#### 6.6.1.1. Determinación de las variaciones de consumo

El consumo promedio diario incluyendo las perdidas ocasionadas en el sistema al final del período de diseño, resulta de 7,418.76 gpd. Igualmente, el consumo de máximo día se calculó igual a 7.73 gpm o 0.4875 lps y el consumo de máxima hora igual a 12.88 gpm o 0.8125 lps. Con estos caudales se dimensionarán todos los elementos de conducción primaria, es decir, los comprendidos entre fuentes de abastecimientos u obras de captación y estanques de regulación. Dichos cálculos se presentan en Anexos, **Apéndice F**: *Proyección de la población y consumos*.

#### 6.6.2. Dimensionamiento de la línea de conducción

La línea de conducción inicia en el punto de captación (fuente superficial) y llega al sitio en donde se ubicará el tanque de almacenamiento o distribución. Se adopta como trazado principal lo indicado en los planos de diseño. Ver llustración 1 en *Apéndice C* y juego de planos constructivos, láminas 03/26 – 07/26 en *Apéndice AA*.

La ubicación de la fuente con respecto al tanque de distribución, permite que el sistema sea por gravedad, por lo que se realizará un diseño hidráulico comprendido en un tramo de 3,483.38 ml de longitud y con una diferencia de altura de 118.86 m, ya que ambos sitios se encuentran a una elevación de 1487.78 msnm y 1368.92 msnm respectivamente. Se utilizó el valor del consumo máximo diario de 0.4875 lps el cual es menor que 3.21 lps (caudal de aforo en la fuente, en época de estiaje), según lo recomiendan las normas técnicas nacionales para abastecimiento de agua en el medio rural.

Para el diseño hidráulico de la línea de conducción, se utilizó en su totalidad tubería de cloruro de polivinilo (PVC), con cédulas SDR-26 y SDR-17. El tramo de diseño, está comprendido desde la estación E-0+000 (PI - 456) a la estación E-3+483.38 (PI - 1). Ver **Apéndice AA**: Planos constructivos.

#### 6.6.2.1. Selección del diámetro

Para satisfacer la demanda del agua, se procedió a calcular el diámetro necesario mediante la aplicación de la ecuación de Hazen-Williams, introduciendo los siguientes datos:

$$Q = 0.4875 \ lt/seg$$
  $h = 1487.78 - 1368.92 = 118.86 \ m$   $L = 3483.38 \ m$   $C = 150$ 

$$D = \sqrt[4.87]{\frac{10.674 * (0.0005 \, m^3/seg)^{1.852}}{(150)^{1.852} * (118.86 \, m/3483.38 \, m)}} = 0.0269 \, m$$

$$D = 26.9 \, mm \approx 1.06 \, pulg$$

Para calcular las pérdidas, es necesario fijar los diámetros internos comerciales más próximos (superior e inferior) al diámetro teórico, obteniendo como resultado:

$$\emptyset = 1 \frac{1}{2}$$
" (38 mm)  $\rightarrow$  Superior  $\emptyset = 1$ " (25 mm)  $\rightarrow$  Inferior

Lo cual indica que se serán los más apropiados para el diseño hidráulico de la línea de conducción.

Aunque en la línea de conducción se colocaron cuidadosamente pilas rompe presión y se variaron los diámetros de las tuberías para bajar presiones muy altas en la línea, en las partes más bajas de este tramo, éstas no satisfacen lo recomendado por las normas técnicas de diseño, obteniéndose valores altos de presión y en otros puntos valores negativos. Por lo tanto se trabajó con un solo

diámetro de 1 1/2 pulg en toda la línea de tubería, por ser más práctico, logrando mantener de esta manera valores aceptables de velocidades y presiones.

#### 6.6.3. Dimensionamiento de la red de distribución

La red de distribución estará conformada por tubería PVC SDR-26 y SDR-17 con una longitud total de 7657.03 ml con diámetros que van desde 19 mm a 38 mm.

# 6.6.3.1. Selección del tipo de red

Debido a la topografía del terreno y a la distribución de las viviendas, la red es considerada abierta y su trazado consiste de un conducto principal que recorre por la vía principal (carretera) y en algunos casos, por potreros (solo en sitios no existen viviendas ni planes futuros de construcción) para facilitar la excavación, disminuir distancias y con ello costos de construcción. Esta va disminuyendo de diámetro a medida que avanza y que alimenta conductos laterales que se desprenden de ella comúnmente conocido como "Espina de pescado". Ver Ilustración 1 en **Apéndice C.** 

La red de distribución se dividió en 6 tramos o ramales, de los cuales tres de ellos son independientes de la red principal de distribución, es decir, la salida de cada tramo está conectada directamente de la caja distribuidora de caudales en el tanque de almacenamiento, tal como se indica en tabla Nº 26 del **Apéndice G:** Longitud por tramos de la Red de Distribución.

Para el diseño hidráulico de la red, se utilizó el valor del consumo máximo horario que resulta para el año 2035 igual a 0.8125 lt/seg según tabla Nº 24 en la columna 9 del *Apéndice F*.

Las tuberías principales se calcularon con el caudal acumulado correspondiente, tal como se demuestra en la memoria de cálculos en anexo 39: *Cálculos de caudales nodales*. La proyección y distribución de caudales por nodo en la red de distribución, se presentan en la tabla Nº 24 del *Apéndice F*. Ver también llustración 2 en *Apéndice H*.

# 6.6.4. Análisis y Cálculo Hidráulico del Sistema

Los resultados del análisis hidráulico por el software Epanet, se presentan en las tablas 27, 28, 29 y 30 del *Apéndice I*. En estos resultados se puede observar que las presiones y velocidades en su mayoría se encuentran en los rangos permisibles, a excepción de ciertos puntos críticos que no cumplen con dichos parámetros establecidos por las normas de diseño de nuestro país.

# 6.6.4.1. Presiones máximas y mínimas en la línea de conducción

De acuerdo a las normas, la línea de conducción debe analizarse para la demanda máxima diaria (CMD) al final de su período de diseño. La línea se analizó para un caudal de 7.73 gpm según tabla Nº 24 del **Apéndice F**.

La topografía de la zona por donde se trazará la conducción posee pendientes moderadas a críticas, por lo que el análisis hidráulico reflejó que algunos tramos presentan presiones elevadas, tal como se describe en la siguiente tabla:

Puntos	Rango de Presión m	Longitud del Tramo m	Observaciones
Del 12 al 16	63.15 hasta 105.84	785.08	Por encima de lo establecido

Tabla 9: Presiones Máximas en condiciones de CMH en la línea de conducción.

La **presión mínima** en la línea de conducción es de **8.81 m** (nodo 5), con elevación de 1465.06 m (se encuentra en el punto 246 en la estación 0+791.25 (Ver *Apéndice AA*: *Planos Constructivos*, lámina 03/26). Este valor es aceptable por las normas de diseño, las cuales establecen que en el medio rural la presión en cada nodo debe estar por encima de los 5 m.

La **presión máxima** en la línea de conducción es de **105.84 m** (nodo 16), con elevación de 1273.89 m (se encuentra en el punto 355 en la estación 2+525.37 (Ver *Apéndice AA: Planos Constructivos*, lámina 06/26). La mayor parte de los puntos se encuentran dentro de un rango de presiones menores que 50 m como lo establecen las normas.

Las presiones máximas y mínimas de la línea de conducción con CMH se presentan en tabla Nº 27 en el **Apéndice I**. La línea se analizó para los efectos de sobre presión que ocasionará el cierre de una válvula al final de la conducción (sobre presión por golpe de ariete)  $\Delta P = 24.56 \, m$ . (Ver cálculos en **Apéndice Q**, tabla Nº 41).

# 6.6.4.2. Tubería propuesta

Existen oportunidades en que las tuberías deben pasar por hondonadas y que por razones topográficas no es posible el uso de cajas rompe presión, ya que el agua no llegaría por gravedad al punto deseado, de manera que habrá que utilizar tubería de mayor presión.

En los tramos correspondientes, según la tabla № 31 del *Apéndice J*, donde la presión se encuentra dentro del rango permitido por las normas nacionales, se propone utilizar tubería PVC Ø 1 1/2" SDR-26, cuya presión de trabajo equivale a 160 psi ó 112.52 mca. En el tramo donde la presión de trabajo está por encima de lo establecido por las normas nacionales, se propone utilizar tubería PVC Ø 1 1/2" SDR-17, cuya presión de trabajo equivale a 250 psi ó 175.81 mca. *Obsérvese Apéndice Q, tabla № 41: Sobre presión por golpe de ariete en la línea de conducción.* 

#### 6.6.4.3. Velocidad

La velocidad del flujo en el conducto se mantiene dentro del rango establecido con 0.43 m/s según el diámetro propuesto y el caudal circulante. Los valores permisibles por las normas nacionales son de 0.4 m/s a 2.0 m/s. *Obsérvese Apéndice I*, tabla № 29: Velocidades en la línea de conducción.

#### 6.6.4.4. Presiones máximas y mínimas en la red de distribución

Las presiones máximas y mínimas en la **red de distribución** deben de estar dentro del rango de 5 mca a 50 mca según las normas nacionales.

#### 6.6.4.4.1. Análisis sin consumo

La **menor presión** calculada en la red se encuentra en los nodos 25 y 39 (línea principal y ramal 1) el cual tiene una cota topográfica de 1361.47 m y la presión es de **7.45** m en el punto 11 en la estación 0 + 106.12.

El nodo con **mayor presión** calculada en la red es el nodo 32 (línea principal), con una cota topográfica de 1188.41 m y la presión es de **117.13 m** en el punto 118 en la estación 1 + 749.70.

El cálculo de las presiones estáticas máximas y mínimas de la red de distribución se presenta en el **Apéndice K**, tabla № 32: Análisis hidráulico en la Red de Distribución.

#### 6.6.4.4.2. Análisis con consumo máximo horario

Al igual que en el análisis sin consumo descrito anteriormente, el nodo 25 y el 32, son los nodos en donde se concentran las presiones mínimas y máximas del sistema.

La **presión mínima** en la red de distribución es de **7.01 m** y se registra en el nodo 25 de línea principal.

La **presión máxima** en la red de distribución es de **98.05 m** y se registra en el nodo 32 de línea principal.

La tubería de distribución se ha analizado también para posibles efectos de sobrepresión por el golpe de ariete.

En los tramos o puntos donde la presión se encuentra dentro del rango permitido por las normas, se trabajará con una presión acumulada en el sistema correspondiente a la sobrepresión calculada por cada tramo. En los tramos o puntos donde la presión de trabajo está por encima de lo establecido por las normas, se trabajará con una presión acumulada en el sistema de acuerdo a su

tramo correspondiente. Obsérvese **Apéndice Q**, tabla № 42: Resultados de la sobre presión por golpe de ariete en la red de distribución.

# 6.6.5. Dimensionamiento de la Cámara Rompe Presión

Para determinar la altura de la cámara rompe presión, se calculó la carga requerida (H) en el sistema. Según el análisis hidráulico de la línea de conducción, el caudal de diseño (CMD)  $Q=0.4875\ l/s$  ingresará mediante una tubería de Ø 1 1/2" y saldrá por una tubería del mismo diámetro.

$$V = 1.9735 \frac{Q}{D^2}$$
  $V = 1.9735 \left(\frac{0.0005}{0.0381^2}\right) = 0.66 \, \text{m/s}$ 

Remplazando los valores en la ecuación 15 del cap. IV, se tiene:

$$H = 1.56 \frac{V^2}{2g} \qquad H = 1.56 \left(\frac{0.66^2}{2 * 9.81}\right) = 0.035 \, m$$

En los planos se identifican las dimensiones asumidas para la altura total de la cámara rompe presión ( $H_T$ ).

Como la carga de agua calculada ( $H = 3.5 \, cm$ ), no cumple con el mínimo establecido, entonces se asumen las dimensiones mínimas recomendadas, en el Capítulo IV, sección 4.7.2.3: *Dimensionamiento de la Cámara Rompe Presión*. Reemplazando estos valores en la ecuación 16, resulta:

$$H_T = 0.10 + 0.30 + 0.40 = 0.80 m$$

Por facilidad en el proceso constructivo y en la instalación de accesorios, se considera una sección base interna de 1.15 m x 0.50 m con 1.0 m de altura.

Según el análisis hidráulico de la red de distribución, el caudal de diseño en la red principal ingresará mediante una tubería de 1 1/2" y disminuye de diámetro a medida que avanza y alimenta conductos laterales en su trayectoria.

En los ramales 2 y 5, la presión está muy por encima de lo establecido por lo que se necesita colocar pilas rompe presión. En ambos ramales, el diámetro es de 3/4" en toda su trayectoria, es decir, después de la pila rompe presión la tubería sale con el mismo diámetro.

Para el diseño general de todas las pilas rompe presión, que se colocarán en los puntos establecidos de la red de distribución, se empleó el valor del caudal calculado para toda la red de distribución (CMH) de  $Q=0.8125\ l/s$  y un diámetro de  $D=1\ 1/2$ ".

$$V = 1.9735 \frac{Q}{D^2}$$
  $V = 1.9735 \left(\frac{0.0008}{0.0381^2}\right) = 1.10 \, m/s$   $H = 1.56 \frac{V^2}{2g}$   $H = 1.56 \left(\frac{1.10^2}{2 * 9.81}\right) = 0.097 \, m$  No cumple

Asumiendo las dimensiones mínimas recomendadas anteriormente, obtenemos:

$$H_T = A + H + B.L.$$
  $H_T = 0.10 + 0.30 + 0.40 = 0.80 m$ 

Por facilidad en el proceso constructivo y en la instalación de accesorios, se considera una sección base interna de 1.15 m x 0.50 m con 1.0 m de alto. Por lo tanto se empleará un mismo modelo de pilas rompe presión, tanto para la línea de conducción como para la red de distribución. En total se instalarán 5 pilas rompe presión<sup>71</sup> en todo el sistema. Las cuales estarán ubicadas en los siguientes puntos:

Línea de conducción: - EST: 1 + 093.49, Elev. 1420.84 m

- EST: 1 + 315.76, Elev. 1386.99 m

Red de distribución: - Red principal: EST: 0 + 486.03, Elev. 1305.54 m

- Ramal 2: EST: 0 + 377.42, Elev. 1231.58 m

- Ramal 5: EST: 0 + 704.46, Elev. 1301.95 m

<sup>71</sup> Ver modelo propuesto de CRP en *Apéndice AA*: *Planos Constructivos*, lámina 25/26).

=

# 6.6.6. Cálculo de la línea de gradiente hidráulica

Para el diseño de la línea de gradiente hidráulica (L.G.H.) en la línea de conducción, se tomó la cota de elevación del punto inicial donde se construirá la captación menos las pérdidas acumuladas en cada punto, mientras que para la red de distribución se tomó la cota de elevación donde se construirá el tanque de almacenamiento menos pérdidas acumuladas en cada punto. Esto representa la línea de gradiente hidráulica en cada nodo<sup>72</sup>.

#### 6.6.7. Cruces especiales

La línea de conducción atraviesa por 7 sitios de corrientes superficiales, con una altura máxima de hasta 5 metros. Para cruces enterrados, se colocará tubería PVC Ø 1 1/2" SDR-26 y para cruces aéreos, tubería HG Ø 1 1/2", soportado bajo bloques de reacción únicamente. Los cuales se ubicarán como se indica en el *Apéndice X* y tabla № 38 del *Apéndice N*. Ver lámina 25/26 en *Apéndice AA:* Planos Constructivos (Detalle típico de cruces especiales aéreos y enterrados).

#### 6.6.8. Accesorios

Para un funcionamiento óptimo en la red de distribución es necesario la anexión y distribución de una variedad de accesorios colocados cuidadosamente en el punto necesario tales como: codos de 90°, codos de 45° en los cambios bruscos de dirección y válvulas de purga/admisión de aire, válvulas de limpieza de sedimento para garantizar el buen funcionamiento del sistema de conducción.

Los accesorios se distribuyeron, tal como se indican en las tablas 37 y 39 descritas en el *Apéndice N* y *Apéndice O*, respectivamente. Obsérvese la ubicación de accesorios en *Apéndices AA: Planos Constructivos*.

119

 $<sup>^{72}</sup>$  Ver gráficos de comportamiento de la línea de gradiente hidráulica en anexos, *Apéndice L*.

## 6.6.9. Dimensionamiento de la obra de captación

# 6.6.9.1. Requerimientos de la fuente

De acuerdo al estudio de demanda, los requerimientos de la fuente quedan definidos por el gasto máximo diario de los años de provisión, tal como se indica en la tabla Nº 24 del *Apéndice F*.

La productividad estimada de la fuente es de 3.21 l/s en época de estiaje (verano) y aproximadamente 13.70 l/s en época de invierno; lo que indica excelentes condiciones para el aprovechamiento de sus aguas para abastecer a la comunidad. Tal como se indica en la tabla siguiente:

	AF	ORO 1		AFORO 2			AFORO 3				
	Fecha:	18/03/20	)10	Fecha: 30/06/2010			Fecha: 07/09/2010				
No.	Hora	V(lt)	T(seg)	No.	Hora	V(lt)	T(seg)	No.	Hora	V(lt)	T(seg)
1	12:35 m	20	6.4	1	09:10 a.m.	20	2.2	1	10:25 a.m.	20	1.4
2	12:45 m	20	6.2	2	09:14 a.m.	20	2	2	10:29 a.m.	20	1.5
3	12:50 m.	20	6.1	3	09:17 a.m.	20	1.9	3	10:33 a.m.	20	1.5
4	01:03 p.m.	20	6.3	4	09:25 a.m.	20	1.9	4	10:38 a.m.	20	1.4
5	01:08 p.m.	20	6.2	5	09:30 a.m.	20	1.8	5	10:42 a.m.	20	1.5
Р	Promedio 20 6.24		Promedio 20 1.96		Р	romedio	20	1.46			
	Q = V/T 3.21 l/s			Q = V/T 10.20 l/s			Q = V/T 13.7 l/s				

Tabla 10: Datos obtenidos de aforos realizados a la fuente en estudio. Fuente: Elaboración propia (2015).

La velocidad superficial calculada para la fuente propuesta es igual a 0.50 m/s. Como esta velocidad siempre será mayor que la velocidad promedio del caudal, es necesario corregir la medición del flotador multiplicándola por un coeficiente igual a 0.65 utilizado para pequeños caudales, como es el caso de esta fuente.

$$V_{prom} = 0.65 * 0.50 \ m/s = 0.33 \ m/s$$

Tal como se indica en el gráfico siguiente (figura 34); se midió el ancho del arroyo (de orilla a orilla) en varios lugares, obteniendo las siguientes medidas: 8.2 m, 8.0 m, 8.0 m, 7.9 m, 8.0 m y 8.3 m. Tomando la medida que reaparece con más frecuencia, como el ancho medio igual a 8.0 m. Para conocer la profundidad media del agua en el sitio de la captación, se dividió su ancho en secciones de 1.0 m, obteniendo los siguientes datos en metros: 0, 0.1, 0.18,

0.21, 0.19, 0.15, 0.05 y 0; luego se tomó la mitad de la medida más profunda como una aproximación de la profundidad media, es decir:

$$P_{media} = \frac{0.21 \, m}{2} = 0.11 \, m$$

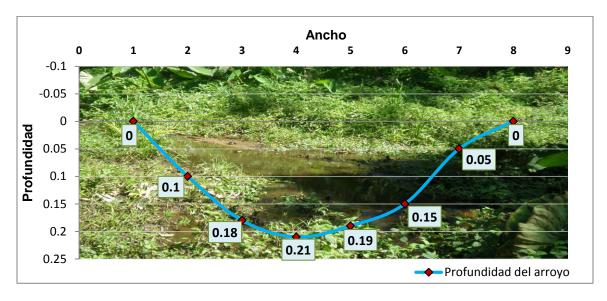


Figura 34: Medición de la profundidad media de la fuente Fuente: Elaboración propia (2015).

En la tabla 11, se describe el cálculo de la velocidad superficial de acuerdo a los diferentes valores obtenidos en el sitio, así como en la tabla 12, se presenta un resumen de datos que se adquirieron en el sitio de captación para el diseño de la estructura de captación.

CÁLCULO DE LA VELOCIDAD Fecha: 07/09/2010								
Recorrido D(m) t(seg)								
1	5.0	10						
2	5.0	11						
3	5.0	10						
4	5.0	9						
5	5.0	10						
Promedio	Promedio 5.0 10							
Vs = D / t 0.50 m/s								

Tabla 11: Cálculo de la velocidad. Fuente: Elaboración propia (2015).

Descripción	Resultado	Método
Área perimetral	400 m²	Topografía
Ancho de la fuente	8.00 m	Topografía
Profundidad media	0.11 m	Topografía
Tirante máximo	0.21 m	Topografía
Tirante mínimo	0.05 m	Topografía
Caudal máximo	13.70 l/s	Volumétrico
Caudal mínimo	3.21 l/s	Volumétrico
Velocidad promedio	0.33 m/s	Flotador

Tabla 12: Datos del sitio de captación. Fuente: Elaboración propia (2015).

6.6.9.2. Diseño Hidráulico del Dique - Toma

De acuerdo a los resultados de diseño, la estructura constará de un muro de

retención de concreto ciclópeo de forma trapezoidal, con las siguientes medidas:

Longitud: 8.0 m

Ancho superior: 0.80 m

Ancho inferior: 1.25 m

Altura sobre la superficie: 1.30 m

Esta estructura posee 2 muros laterales (aletones) que encauzan el agua hacia

la rejilla, un vertedero central para rebose y un vertedero para máximas crecidas,

un canal de aducción de 4.80 m de longitud por 0.40 m de ancho, mismo que

recibe el agua a través de la rejilla y que inmediatamente entregará a la cámara

de recolección de forma cuadrada, con dimensiones internas de 1.00 m x 1.00 m

y su altura igual a la de los muros laterales.

Las dimensiones de la rejilla serán de 1.00 m largo por 0.40 m de ancho,

colocada sobre la garganta del vertedero central y el canal de aducción.

La memoria de cálculos para el dimensionamiento del Dique – Toma se presenta

en el **Apéndice V** y su representación arquitectónica, se muestra en las láminas

20/26 – 23/26 del **Apéndice AA:** Planos Constructivos.

Considerando la topografía realizada en el sitio, la obra de captación estará

ubicada en la estación EST 0+000 (Pto. 456) con elevación 1487.78 m, entre las

coordenadas geográficas X 593517.47, Y 1467300.31.

Una fuente de agua debe tener protección física para evitar posibles causas de

contaminación. Por lo que el sitio de captación estará protegido con un cerco de

alambre de púas y portón de acceso, en un área de 900 m² (30 m x 30 m), ya

que se construirá un sistema de captación abierta, con mayor exposición a

agentes contaminantes externos.

122

# 6.6.10. Dimensionamiento del tanque de almacenamiento

## 6.6.10.1. Cálculo del volumen de almacenamiento

Caudal Promedio Diario:  $CPD = 0.3250 \ lts/seg$ 

# Volumen compensador

$$\forall_c = 0.3250 \frac{l}{s} * \frac{1 \, m^3}{1000 \, l} * \frac{86400 \, s}{1 \, dia} * \frac{15\% \, dia}{100} = 4.21 \, m^3$$

# Volumen de reserva o emergencia

$$\forall_e = 0.3250 \frac{l}{s} * \frac{1 \, m^3}{1000 \, l} * \frac{86400 \, s}{1 \, dia} * \frac{20\% \, dia}{100} = 5.62 \, m^3$$

## Volumen total de almacenamiento

$$\forall_t = \forall_c + \forall_e \qquad Ec. (17)$$

 $\forall_t = 4.21 \ m^3 + 5.62 \ m^3 = 9.83 \ m^3$ , es el volumen total de diseño.

Por tanto se adopta un volumen de diseño de  $10 m^3$ .

No.	۸ño	Año Población	CPD	Vol. Comp.	Vol. Res.	Capacidad	del Tanque
NO.	Allo		gpd	15%CPD	20%CPD	<b>35%CPD</b> (gal)	<b>35%CPD</b> (m <sup>3</sup> )
0	2015	228	4,337.12	650.57	867.42	1,517.99	5.75
5	2020	261	4,964.86	744.73	992.97	1,737.70	6.58
10	2025	298	5,668.69	850.30	1,133.74	1,984.04	7.51
15	2030	341	6,486.66	973.00	1,297.33	2,270.33	8.59
20	2035	390	7,418.76	1,112.81	1,483.75	2,596.57	9.83
		Volumen /	Asumido	10 m³ ≈	10000 Lt ≈	2642 gal	

Tabla 13: Cálculo de la capacidad del tanque de almacenamiento Fuente: Elaboración propia (2015).

Con el valor del volumen (V) se define un reservorio de sección cuadrada, cuyas dimensiones se obtienen mediante:

$$\frac{\forall_t}{100} = \frac{10 \ m^3}{100} = 0.1$$

 $\forall_t = A * h \qquad EC. (19)$ 

Donde:

Se despeja,

Volumen total  $\forall_t = 10 \ m^3$ Constante<sup>73</sup> k = 1.3

 $\forall_t = l^2 * h$ , obteniendo:

$$h = \frac{\forall_t}{3} + k \qquad EC. (18)$$

$$L = \sqrt{\frac{\forall_t}{h}} = \sqrt{\frac{10 \, m^3}{1.33 \, m}} = 2.37 \, m$$

$$h_{agua} = \frac{0.1}{3} + 1.3 = 1.33 m$$

$$L \approx 2.5 m$$

De tal forma que las dimensiones asumidas del tanque serán:

# Dimensiones exteriores:

Base mayor (B) = 4.5m; Base menor (b) = 3.10m; altura (h) = 2.30m

$$A_{Tanque} = \frac{(B+b)}{2} * h; \quad A = \frac{(4.5+3.10)}{2} * 2.10 = 7.98 \, m \approx 8 \, m^2$$

# Dimensiones interiores:

Largo(l) = 2.5m; ancho(a) = 2.5m; altura(h) = 2.0m

Volumen interno total:  $\forall_t = l * a * h$  $\forall_t = 2.5m * 2.5m * 2.0m = 12.5m^3$ 

✓ Volumen mojado útil:  $\forall_t = l * a * h_{útil}$ 

 $h_{\text{útil}} = h_{total} - borde\ libre - h_{sedimentos}$ 

 $h_{\text{útil}} = 2.0m - 0.30m - 0.10m = 1.6 m$ 

 $\forall_t = 2.5m * 2.5m * 1.6m = 10 m^3$ 

La representación arquitectónica del tanque de almacenamiento se muestra en las láminas 18/26 y 19/26 del **Apéndice AA:** Planos Constructivos.

<sup>&</sup>lt;sup>73</sup> López, R. A. (1999). Diseño de Acueductos y Alcantarillados. 2<sup>da</sup> Edición. Alfaomega Grupo Editor, 1999, ISBN 9789701504024.

# 6.6.10.2. Clase y Tipo de tanque

Para abastecer a la comunidad El Boniche, se propone un tanque típico sobre el suelo, de forma trapezoidal y con secciones internas cuadradas. Las paredes y losa inferior del tanque se construirán de concreto ciclópeo, a diferencia de la losa superior que se construirá de concreto reforzado. Según las normas<sup>74</sup>, esta clase y tipo de tanque, es el que más satisface las demandas del diseño, debido a las características topográficas del lugar y además es uno de los tanques más económicos financieramente, ya que cerca de la comunidad se puede encontrar el material necesario para su propia construcción.

Al Noreste de la población existe una sobre elevación en la cual se ha proyectado la construcción del tanque de almacenamiento por ser el lugar más alto y cercano a la población. Considerando la topografía del terreno y la ubicación de la fuente de agua, el tanque de distribución estará ubicado entre las coordenadas geográficas X: 591205.41, Y: 1465686.85, propiamente en la propiedad del Sr. Francisco Rivera. Esta ubicación ha sido determinada principalmente por la necesidad y la conveniencia de mantener la presión en la red dentro de los límites de servicio, garantizando presiones máximas y mínimas dependiendo de la respectiva ubicación de las viviendas.

El nivel del fondo del tanque esta sobre la estación 0+000 (Punto 1) con elevación **1368.92 m**, cota que garantiza presiones aceptables en todos los puntos de la red de distribución.

El tanque tiene la capacidad de almacenar **10 m³** (2,642 gal), volumen requerido para el final del periodo de diseño. Consta de todos los accesorios necesarios para un excelente funcionamiento, entre los cuales se mencionan: tubería de limpieza, tubería de entrada y salida, válvulas de cierre en tuberías de entradas y salidas, escalera de acceso, tapa de visita, respiradero, tubería de rebose, entre otros.

125

<sup>&</sup>lt;sup>74</sup> Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA). (1999). Normas Técnicas de Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable en el medio Rural (NTON 09001-99). Managua, Nicaragua.

#### 6.6.11. Conexiones Domiciliares

Se propone la instalación de 51 conexiones domiciliares directas, que abastecerán agua potable a un total de 228 habitantes. De igual forma se instalarán 3 puestos públicos institucionales (escuela, iglesia católica y bodega de almacenamiento), para un total de 54 conexiones domiciliares con su respectivo sistema de micromedición. En cada vivienda se instalará una toma domiciliaria de un diámetro mínimo de 13 mm (½")<sup>75</sup>.

#### 6.6.12. Dimensionamiento de filtro lento

Por ser una población pequeña y con aguas relativamente claras (casi el 90% del tiempo), el tratamiento del agua será mediante un filtro lento, el cual consiste, en una estructura que contiene: un lecho de arena, un lecho de grava, un sistema de drenaje, dispositivos simples de entrada y salida con sus respectivos controles y una cámara de agua tratada para realizar la desinfección.

La caja del filtro tendrá forma rectangular y con muros verticales, construida de concreto reforzado, siendo de tal manera resistente a las diferentes fuerzas a las que estará sometida, durante su vida útil, además es hermética para evitar pérdidas de agua e ingreso de agentes contaminantes.

Para el diseño del filtro lento se tomó en cuenta, los criterios establecidos por las normas de diseño, emitidas por ENACAL<sup>76</sup>.

- ◆ La estructura se diseñó para un periodo de 20 años.
- ◆ El periodo de operación es contínuo (24 horas).
- La calidad del agua a filtrarse según las normas debe ser:
  - Turbiedad < 50 UNT ⇒ 10 UNT
  - Color < 50 unidades ⇒ 5 unidades

<sup>75</sup> Ver detalle de conexión típica domiciliar con tubería PVC en el *Apéndice AA*: *Planos Constructivos*, lámina 26/26).

<sup>76</sup> Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA). (1999). Normas Técnicas de Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable en el medio Rural (NTON 09001-99). Managua, Nicaragua.

- La velocidad de filtración se asumió igual a 0.10 m/h.
- ♦ Se emplearán 2 unidades con un área superficial total de 18 m².
- ♦ El área total de cada unidad será de 9 m².
- ◆ Las dimensiones por caja cumplen con la relación Largo/Ancho = 1.33:
  - Ancho (B) = 2.60 m Largo (L) = 3.46 m
- Cada unidad estará compuesta por:
  - Medio filtrante conformado por un lecho de material inerte granular durable (arena) sin arcilla y sin materia orgánica, con espesor de 0.80 m a 1.20 m y tamaño efectivo (D10) que oscila entre 0.15 mm a 0.35 mm, con coeficiente de uniformidad (Cu) igual a 2.
  - Grava de soporte en cuatro capas, con espesores variables.
  - Altura del agua sobrenadante igual a 1.5 m
  - Borde Libre (m) igual a 0.20 m

La recolección del agua filtrada se hará mediante una tubería Ø 2" ubicado en la cámara de salida. Esta tubería sirve para evacuar el agua filtrada, que será conducida al reservorio de regulación.

El dimensionamiento de los drenes se efectuó con el criterio de que la velocidad límite en cualquier punto de estos no sobrepase de 0.30 m/s. La separación entre los drenes laterales cumple con el criterio que debe ser de 1/16 de su longitud o como máximo de 2.5 m, así mismo, con respecto a la pared, se considera una separación de 1/32 de su longitud o como máximo de 1.25 m.

Los tubos de drenaje están compuestos de un dren principal (central) de PVC Ø 4" SDR-26 y ramificaciones o drenes laterales PVC Ø 2" SDR-26 perforados con orificios Ø 1/8" y separados a 0.10 m centro a centro, en ambos lados. Estos se encuentran unidos al principal mediante *cruces* de PVC, los cuales desembocan en forma de espina de pescado. Encima de dichos drenes se colocará la capa de soporte de 0.30 m. de espesor, la cual tiene granulometría decreciente en el sentido ascendente.

El agua ingresa al filtro, mediante el sistema de drenaje distribuido uniformemente en el fondo del filtro. Según los criterios de diseño, el llenado del lecho filtrante debe realizarse de abajo hacia arriba (ascendente) para eliminar el aire, por lo que se diseñó un tubo de ingreso con válvula, para el ingreso del agua por la parte baja, mientras que la salida del agua filtrada (tratada) se hará mediante un vertedero rectangular, ubicado en la cámara de salida, cuyo nivel está a la misma altura del nivel máximo de la capa sobrenadante. Esta agua es conducida mediante una tubería PVC Ø 1 1/2" SDR-26 al reservorio de regulación.

El Sistema de regulación y control (entrada y salida), consta de dispositivos que estarán constituidos por: vertederos, válvulas u otros accesorios, instalados en la entrada y salida del filtro, para mantener la velocidad de filtración a una tasa constante. Se consideró una salida de purga, en el fondo de la caja del filtro, con tubo y válvula, para verter toda el agua cuando se quiera hacer una limpieza.

La planta de tratamiento (filtro lento), se encuentra ubicada a una distancia de 562.93 m de la captación y a 2,920.45 m del tanque de almacenamiento. El nivel de entrada y salida del filtro, está sobre la estación 0+562.94 en el punto 234, con elevación 1475.25 m, cota que garantiza presiones aceptables aguas abajo, de la línea de conducción y estará protegida con un cerco de alambre de púas y portón de acceso, en un área de 625 m² (25 m x 25 m), para evitar el ingreso de animales o accidentes.

La memoria de cálculos del diseño del filtro, se presenta en el **Apéndice W.**Obsérvese también la lámina 24/26 del **Apéndice AA:** Planos Constructivos.

#### 6.6.13. Desinfección por cloro

El agua proveniente de la captación es posible que presente contaminación bacteriana, por lo que se requerirá de un proceso de desinfección mediante el uso de hipoclorito de calcio.

La tabla 57 del *Apéndice U*, muestra el cálculo de la cantidad de cloro para la desinfección mediante la aplicación de hipoclorito de calcio para conseguir una dotación de 4.0 mg/l. La columna vI nos indica la cantidad solución de cloro al 70% que se debe comprar para preparar la solución diaria al 1% por cada año del periodo de diseño del proyecto. Por tanto, se propone la instalación de un hipoclorador de carga constante<sup>77</sup>. Este equipo tendrá la capacidad de aplicar un caudal de 24.09 lt/día de solución.

## 6.7. Implementación de letrinas sanitarias en la comunidad

Según la encuesta socioeconómica realizada en la comunidad, existen 29 viviendas que no tienen letrinas, 6 que tienen letrinas en buen estado, 5 que tienen letrinas en regular estado (y que en su mayoría están llenas) y 11 tienen letrinas en mal estado. Cabe mencionar que al 45.50% de las letrinas en uso, presentan problemas de inundación en períodos de invierno por lo que necesitan ser reemplazadas. Por tanto el 87% de las viviendas requieren de la construcción de nuevas letrinas. De tal forma que para darle solución a este problema, se propone el "Diseño de un sistema de letrina convencional de foso seco ventilado con piso y asiento en fibra de vidrio".

La comunidad es topográficamente accidentada. Según pobladores de la zona el nivel freático de las aguas es profundo, por lo que deben excavar hasta más de 6 metros para localizar agua subterránea, además el tipo de suelo es arcilloso y en algunos sitios se encuentra roca agrietada. El perímetro de las viviendas, posee espacios apropiados para la instalación de una letrina convencional y que cumplen con los criterios de diseño establecidos por las normas<sup>78</sup>.

La instalación de letrinas convencionales en esta comunidad, resulta más viable que los sistemas modernos de saneamiento básico (inodoros), porque brindan una mayor cobertura y además las letrinas son más económicas. Para la

<sup>78</sup> Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA). (1999). Normas Técnicas de Saneamiento Básico Rural (NTON 09002-99). Managua, Nicaragua.

<sup>&</sup>lt;sup>77</sup> Ver ilustración № 4: *Hipoclorador de carga constante*, en el *Apéndice U*.

selección de esta alternativa, se ha tomado en cuenta los criterios culturales, técnicos y económicos de la comunidad, así como las características que presentan los sitios donde serán construidas.

El proyecto contempla la construcción de 54 letrinas sanitarias para igual número de casas que incluye: 51 viviendas, una escuela, una iglesia y una bodega comunitaria. Se diseñará una letrina convencional con asiento y piso en fibra de vidrio, pero que a su vez funcionará como una letrina mejorada de pozo ventilado; ya que cada letrina constará de un pozo de 2.5 m de altura con un tubo de ventilación. En todas las viviendas de la comunidad se empleará el mismo modelo de diseño, ya que la zona donde serán construidas lo permite. Durante la excavación para el foso, existe la posibilidad que en algunos sitios se encuentre roca agrietada o suelos calcáreos, por lo tanto se impermeabilizarán las paredes y el fondo del foso con una lechada de cemento con arena para impedir la posibilidad de contaminación del agua subterránea.

Entre los principales materiales para la construcción de estas letrinas se mencionan: ladrillo de barro para las paredes del foso, una pieza de piso y asiento en fibra de vidrio con tapadera, tubo de ventilación, paredes de estructura metálica con forro de zinc liso y cubierta de techo de zinc ondulado.

#### 6.7.1. Dimensionamiento de la letrina sanitaria

Para el dimensionamiento de la letrina empleada para la comunidad El Boniche, se ha tomado una tasa de acumulación de sólidos (S) igual a 0.06 m³/persona/año para un número de usuarios (P) de 5 habitantes por casa y una vida útil (A) de 5 años. El factor de volumen vacío (VV) se asume de 1.33, para una letrina de forma cuadrada con un área total de 1.0 m². Conociendo estos datos se determinó el volumen requerido (Vr) y la profundidad del foso, resultando:

H = 2 m

$$Vr = 0.06 * 5 * 5 * 1.3$$
  $H = 2/1$   $Vr = 2 m^3$   $H = 2 m$ 

En la siguiente tabla, se presenta el cálculo del volumen requerido y la profundidad de fosos de 1 m² de área, con tasas de acumulación de 0.06 m³/persona/año y una vida útil de 5 años, que pueden usar familias de 2, 3, 4, 5, y 6 usuarios, respectivamente, en la comunidad El Boniche.

NÚMERO DE USUARIO P (hab)	TASA DE ACUMULACIÓN DE SÓLIDOS S (m³/hab/año)	AÑOS DE VIDA ÚTIL A (año)	FACTOR DE VOLUMEN VACÍO VV	VOLUMEN REQUERIDO Vr (m³)	PROFUNDIDAD DEL FOSO H (m)
2	0.06	5	1.33	0.8	0.8
3	0.06	5	1.33	1.2	1.2
4	0.06	5	1.33	1.6	1.6
5	0.06	5	1.33	2	2
6	0.06	5	1.33	2.4	2.4

Tabla 14: Cálculo del Vr y H para familias de 2 a 6 usuarios. Fuente: Elaboración propia (2015).

Para el dimensionamiento del foso de la letrina a emplear, se asume una profundidad de 2.30 m, con un borde libre de 0.20 m por encima de la superficie del terreno, para el evitar que se llene a ras y tenga mayor vida útil e incluso si se tratase de la ocupación de más de 5 usuarios.

#### 6.7.2. Elementos y características de la letrina propuesta

Cumpliendo con los criterios de diseño establecidos por las normas<sup>79</sup> de saneamiento básico en nuestro país, la letrina que se empleará en la comunidad El Boniche, queda definida de acuerdo a lo siguiente:

- 1. Las casetas serán pre-fabricadas con estas dimensiones:
  - ✓ Altura Frontal 2.00 m libre.
  - ✓ Altura Posterior 1.90 m libre.
  - ✓ Ancho 0.90 m.
  - ✓ Fondo 1.00 m.
- 2. La estructura de la caseta estará conformada por 4 paneles de lámina de zinc liso cal. 28 de 1.60 m x 1.00 m en los laterales y parte trasera 1.70 m x

131

<sup>&</sup>lt;sup>79</sup> Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA). (1999). Normas Técnicas de Saneamiento Básico Rural (NTON 09002-99). Managua, Nicaragua.

- 0.90 m con un soporte estructural de angulares metálicos y techo de zinc corrugado cal. 28 de 1.00 m x 2.00 m.
- 3. Asiento y base de fibra de vidrio de 0.92 m x 1.10 m
- 4. Puerta de panel de lámina de zinc liso de 1.58 m x 0.75 m con capa de aislante.
- 5. Tubo de ventilación PVC Ø 4" SDR-26
- Losa de fondo de concreto de 2500 PSI.
- 7. Profundidad del pozo 2.30 m
- 8. Altura del borde libre 0.20 m
- 9. Ancho del pozo: externo (1.0 m x 1.0 m) interno (0.93 m x 0.93 m).
- 10. Bases de concreto de 0.15 m x 0.15 m x 0.30 m, para la fijación de la estructura (angulares) y losa de fibra de vidrio.

Las dimensiones exactas de la letrina convencional de pozo ventilado, y detalles de la misma se reflejan en el **Apéndice AA**: Planos constructivos, lámina 26/26).

# 6.8. Análisis de Impacto Ambiental

En el **Apéndice Z**: "Evaluación de Impacto ambiental del proyecto", se presentan el desarrollo de las matrices de impacto ambiental elaboradas mediante el método de Milán, tanto en la etapa de construcción como en la etapa de operación. La evaluación cualitativa de los impactos ambientales negativos y positivos en la etapa de construcción y operación del proyecto, se obtiene por la definición de las matrices de importancia, matrices causa-efecto y las matrices de valoración, según los factores del medio afectados por el proyecto.

# 6.8.1. Resultados de la importancia de impactos negativos y positivos generados por el proyecto

# 6.8.1.1. Impactos ambientales negativos

La mayor cantidad de impactos negativos se generan en la etapa de construcción como son: alteración del suelo, su geología y morfología, alteración a la calidad del aire y al sector transporte por el movimiento de tierra. Mientras que en la etapa de operación se produce 1 impacto crítico, 1 moderado y 5

irrelevantes, lo cual indica que el proyecto funciona de manera satisfactoria en el medio. A partir de estos impactos negativos se formulan acciones para mitigar la alteración al medio ambiente.

Etapa	Impactos Críticos	Impactos Moderados	Impactos Irrelevantes
Construcción	7	23	21
Funcionamiento	1	1	5
Totales	8	24	26

Tabla 15: Número total de impactos ambientales negativos generados por el proyecto. Fuente: Elaboración propia. (2015).

# 6.8.1.2. Impactos ambientales positivos

El proyecto provoca impactos positivos tanto en su construcción como en su funcionamiento que benefician principalmente a la población de la comunidad entre los que se mencionan: erradicación de la deficiencia del servicio de agua potable y sistemas inadecuados para la disposición de excretas, generación de empleos a los obreros de la construcción como un aporte a la economía local, reducción de riesgos ambientales y de la salud de la población, mejoramiento de la calidad de vida, etc.

Etapa	Impactos Relevantes	Impactos Moderados	Impactos Irrelevantes
Construcción	8	22	5
Funcionamiento	2	3	4
Totales	10	25	9

Tabla 16: Número total de impactos ambientales positivos generados por el proyecto. Fuente: Elaboración propia. (2015).

En la evaluación de impacto ambiental se identificaron impactos negativos y positivos que genera el sistema, en su adaptación con el ambiente. Esta evaluación considera que el impacto ambiental negativo del proyecto es bajo, con un elevado impacto ambiental positivo por la mejora de la calidad de vida de la población y actividades que se realizan en el área de influencia en general y en las localidades que atraviesa en particular. Los escasos impactos negativos generados durante la etapa de construcción pueden ser mitigados con

adecuadas prácticas ambientales. Por lo que se han establecido guías de seguimiento para la mitigación de los impactos negativos tanto en la etapa de construcción como en la etapa de operación del sistema de abastecimiento de agua potable. Estas se presentan en el **Apéndice Z**, tablas 73 y 74.

# 6.9. Costo y presupuesto de las obras propuestas

El costo aproximado para la ejecución del proyecto "Sistema de abastecimiento de agua potable y letrinas sanitarias para la comunidad El Boniche, municipio de San Sebastián de Yalí, Jinotega" asciende a un monto en moneda nacional de C\$ 3,233,496.91 (tres millones doscientos treinta y tres mil cuatrocientos noventa y seis córdobas con 91/100 centavos), y su equivalente en dólar americano es \$ 117,581.71 (ciento diecisiete mil quinientos ochenta y uno dólares con 71/100 centavos), utilizando una tasa de cambio de C\$ 27.50 (veintisiete córdobas con 50/100 centavos) equivalente a \$ 1.00 (un dólar americano).

El costo percápita del proyecto asciende a C\$ 14,182.00, equivalentes a US \$ 515.71.

Los resultados de la memoria de cálculo del costo de inversión de esta obra, se muestra en el Take Off del Proyecto, en anexos,<sup>80</sup>, el cual está conformado por 10 etapas con sus respectivas sub-etapas y actividades correspondientes.

## 6.9.1. Estimación de la tarifa mínima

Para determinar la cuota del costo por cada metro cúbico de agua que consumirá la población por vivienda a través del nuevo sistema de agua potable, se efectuó según el costo total anual de operación y mantenimiento del sistema para el año 2016 igual a C\$ 14,713.18 (catorce mil setecientos trece córdobas con 18/100 centavos) versus el número total de viviendas beneficiadas con el servicio.

<sup>&</sup>lt;sup>80</sup> Ver *Apéndice M*: *Costos y Presupuestos*. Tablas 33, 34 y 35: Tablas de desarrollo presupuestario del proyecto, en cada una de sus etapas, sub etapas y actividades.

De acuerdo a la dotación establecida, cada familia cuenta con 5 personas en promedio por vivienda, se asume que estas consumen un total de 10 m³ como mínimo al mes, esto implica un costo promedio de C\$ 24.05 (veinticuatro córdobas con 05/100 centavos al mes.

Para efectos de la tarifa mínima y considerando los gastos de operación y mantenimiento del sistema, se establece la cantidad de C\$ 25.00 (veinticinco córdobas netos) por vivienda para un gasto de 10 m³. De tal forma que el costo sería de C\$ 2.50 (dos córdobas con 50/100 centavos) por metro cúbico (m³).

La cantidad de metros cúbicos consumidos adicionalmente en el mes, se deberá pagar en función del costo unitario por cada m³. De esta forma se evitará el mal funcionamiento del sistema que puede ser afectado por el derroche de agua, debido a una tarifa fija y no por consumo.

En la tabla № 36 del *Apéndice M*: Costos y Presupuestos, se describen los costos anuales de operación y mantenimiento del sistema durante su vida útil.

## 6.9.1.1. Cálculo de la tarifa mensual por vivienda para el año 2016

Costo 
$$Tarifa_{mensual} = \frac{(Costo anual OyM/12 meses)}{51 viv}$$

Costo 
$$Tarifa_{mensual} = \frac{C\$ 14,713.18/12}{51} = C\$ 24.05 \approx C\$ 25.00$$

Se establecerá un costo por consumo de agua de C\$ 25.00 por cada vivienda.

Con ésta tarifa se estará recaudando anualmente C\$ 15,300.00 (quince mil trescientos córdobas netos), cantidad suficiente para garantizar como mínimo los costos anuales relacionados con la administración, operación y mantenimiento del sistema; atendiendo los principales parámetros de cantidad, calidad y continuidad del sistema.

#### **CONCLUSIONES**

- 1. Por medio del diagnóstico socioeconómico y la evaluación hidrogeológica realizados en la comunidad, se comprobó de la existencia de fuentes proveedoras de materia prima como bancos de materiales y de acuíferos superficiales que pueden ser aprovechados satisfactoriamente por las estructuras hidrogeológicas que estos poseen. Además de la disponibilidad de la mano de obra voluntaria, por parte de los habitantes beneficiarios para la construcción de las obras propuestas, así como gran disponibilidad para el pago de la tarifa establecida de C\$ 25.00 mensuales, por un consumo máximo de 10 m³ de agua.
- 2. El caudal que aporta la fuente seleccionada es de 3.21 l/s en época de estiaje, lo que indica que es suficiente para abastecer a la población de la comunidad, durante la vida útil del proyecto; ya que el caudal de consumo de máximo día demandado para el año 2015 es de 0.2850 l/s y para finales del año 2035 es de 0.4875 l/s para el cual fue diseñado el sistema.
- 3. La calidad del agua de la fuente propuesta, cumple con los estándares de normas de calidad vigentes en nuestro país, pero por tratarse de una fuente superficial, necesita de un tratamiento por filtración lenta debido al alto contenido de turbiedad y material en suspensión que en ocasiones esporádicas pueda contener. Por otra parte necesita de un porcentaje de solución de cloro para su total desinfección y que ésta, sea apta para el consumo humano.
- 4. El diseño del sistema de abastecimiento de agua potable y letrinas sanitarias presentado, se basó en dos factores importantes: la optimización de recursos económicos y la selección de la alternativa más viable hidráulica y técnicamente de acuerdo a las características que posee la zona del proyecto.

- 5. Según los resultados del levantamiento topográfico no hay inconvenientes en implementar el sistema de abastecimiento de agua potable por gravedad propuesto para esta comunidad, ya que la configuración del terreno lo permite perfectamente.
- 6. En el diseño de la línea de conducción se calculan 2,805.92 ml de tubería PVC de 1 1/2" SDR-26 y 677.46 ml de tubería PVC de 1 1/2" SDR-17; mientras que en la red de distribución, se calculan 486.03 ml de tubería PVC de 1 1/2" SDR-26, 2,273.52 ml de tubería PVC de 1" SDR-26, 595.55 ml de tubería PVC 1" SDR-17 y 4,301.93 ml de tubería PVC 3/4" SDR-26.
- 7. Para el respectivo análisis hidráulico de la línea de conducción y red de distribución se evaluó con el software EPANET, el cual presentó una ejecución del 99% de efectividad, lo que garantizó que los elementos hidráulicos funcionen con la propuesta establecida, obteniéndose niveles de presiones y velocidades aceptables.
- 8. Se propone la instalación de 51 conexiones de patio con su respectivo aparato de micromedición y 3 puestos públicos, cada uno ubicado en iglesia católica, escuela y bodega comunitaria. Mediante estas conexiones se beneficiará al 100% de la población. A cada conexión de patio, los beneficiarios le deberán construir un pequeño pozo de infiltración rellenado con material granular grueso, propio de la zona.
- 9. Todos los materiales y accesorios que intervienen en la obra fueron cuidadosamente seleccionados, considerando su respectiva eficiencia de trabajo y el factor económico para no encarecer el proyecto.
- 10. El diseño de las estructuras de eliminación de excretas, está conformado por elementos como: plancha y tasa de fibra de vidrio, láminas de zinc liso y zinc corrugado y tubo de ventilación. El foso tendrá una profundidad de 2.30 m por debajo del nivel del terreno natural. Estas letrinas se construirán fuera de

cada vivienda sobre el suelo y respetando los criterios técnicos de ubicación e instalación indicados por las normas técnicas para saneamiento básico rural en Nicaragua.

- 11. Con la construcción de las letrinas sanitarias se erradicará enfermedades transmisibles a través del contacto de heces fecales y se evitará la contaminación de los diferentes componentes ambientales, principalmente del suelo, el aire y el agua. Sin embargo, para asegurar que este proceso sea viable, se requiere de medidas adecuadas de higiene y mantenimiento para dichas instalaciones sanitarias.
- El costo total de la inversión en letrinas sanitarias es de C\$ 680,650.63 (seiscientos ochenta mil seiscientos cincuenta córdobas con 63/100 centavos).
- 13. El costo total del proyecto del sistema de abastecimiento de agua potable y letrinas sanitarias, se estimó basado a los precios reales del comercio, actualmente en el país y considerando factores como: operación, imprevistos, utilidades, impuestos, etc. para reducir riesgos y tomar alternativas viables ante la ejecución del proyecto. El costo total estimado asciende C\$ 3,233,496.91 (tres millones doscientos treinta y tres mil cuatrocientos noventa y seis córdobas con 91/100 centavos), y su equivalente en dólar americano es \$ 117,581.71, con un costo percápita de C\$ 14,182.00, equivalentes a US \$ 515.71.
- 14. Todo proyecto de construcción siempre generará Impactos negativos y positivos. Para este proyecto los impactos positivos están presentes en la etapa de operación o funcionamiento, éstos contrarrestan los efectos que producen los impactos negativos generados principalmente en la etapa de construcción del proyecto.

#### **RECOMENDACIONES**

- Capacitar a toda la población beneficiada en cuanto a la administración, uso, operación y mantenimiento del nuevo sistema de agua potable, así como realizar campañas de educación sanitaria, basadas en la importancia, ubicación, construcción y mantenimiento de letrinas.
- Para asegurar mayor vida útil y el correcto funcionamiento de las obras, se deben realizar mantenimientos preventivos y periódicos al sistema de abastecimiento de agua potable y de esta forma optimizar recursos para evitar el mantenimiento correctivo.
- 3. Promover la reforestación en los puntos existentes de agua, principalmente en el sitio de la obra de captación, con el propósito de prevenir erosiones, deslizamientos, daños y colapsos de las estructuras, y de tal forma conservar la permanencia del vital líquido.
- 4. Realizar un análisis estructural de los diferentes elementos y componentes el sistema, con las dimensiones propuestas en los planos. Por seguridad y economía de las fundaciones, se debe realizar un estudio de suelo en el predio donde se emplazará el tanque de almacenamiento y otro en el predio donde se construirá el filtro lento, para conocer con exactitud sus propiedades físicas, mecánicas y su composición estratigráfica. También estudios para conocer el nivel friático con exactitud, en sitios donde se construirán las letrinas sanitarias.
- Para garantizar una aproximación real del costo total del proyecto para su debida ejecución, se deben realizar actualizaciones de precios de los diferentes materiales que intervienen en la obra, debido a las fluctuaciones existentes en el Mercado.
- 6. Realizar un Estudio de Impacto Ambiental más detallado del proyecto.
- 7. Realizar las especificaciones generales y técnicas del proyecto para la debida ejecución.

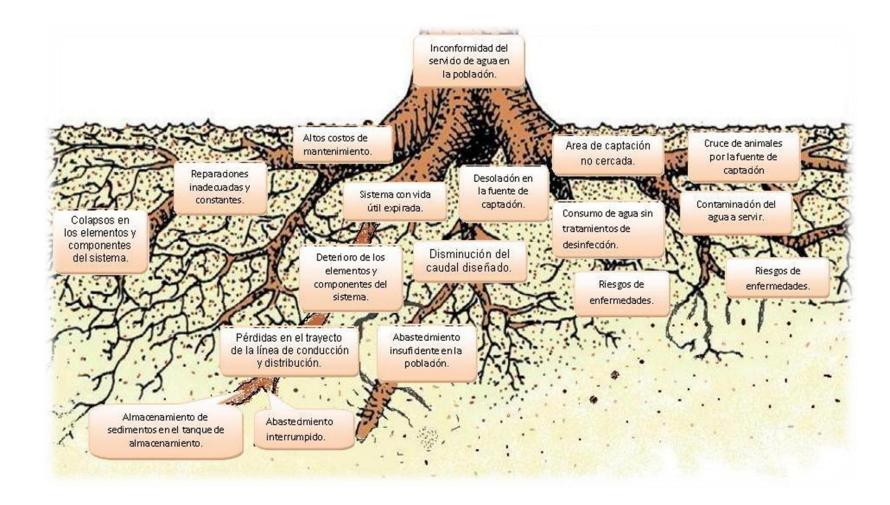
#### **BIBLIOGRAFIA**

- Azevedo, J. M. y Acosta, G. (1976). Manual de Hidráulica. México: Harper & Row.
- Agüero P. R. (1997). "Agua Potable para Poblaciones Rurales: Sistema de Abastecimiento por Gravedad sin Tratamiento". Lima, Perú. Recuperado el 03 de marzo de 2015 de https://www.academia.edu/11124658/agua\_potable
- Aguilar, P. (2007). *Apuntes sobre el curso de ingeniería sanitaria 1*. Recuperado el 06 de noviembre de 2011, de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\_2766\_C.pdf
- Baldizón, M. E. (2007). *Apuntes de Ingeniería Sanitaria I*. Universidad Nacional de Ingeniería. Departamento de Hidráulica. Managua, Nicaragua.
- Baldizón, M. E. (2008). *Apuntes de Ingeniería Sanitaria II*. Universidad Nacional de Ingeniería. Departamento de Hidráulica. Managua, Nicaragua.
- Bonicatto, M. y Sarquis, N. (2009). *EL ANÁLISIS FODA: Una herramienta simple para la planificación*. Recuperado el 16 de abril de 2011 de http://www.trabajosocial.unlp.edu.ar/uploads/docs/ficha\_de\_catedra\_administracion\_nro\_\_35.pdf
- Cánepa de Vargas, L. (CEPIS). (Perú). (s.f.). *Plantas de Tratamiento de Filtros Lentos*. Recuperado el 03 de marzo de 2011 de http://www.bvsde.paho.org/eswww/fulltext/tratagua/lenta/lenta1.html.
- Comisión Nacional del Agua. (1994). *Saneamiento Rural*. Subdirección General Técnica, México. Recuperado el 15 de abril de http://www.ceasonora.gob.mx/archivos/admin/file/saneamiento\_rural.pdf
- De Melo, A. (2007). *El Marco Lógico para el Diseño de Proyectos*. Universidad Nacional de Ingeniería. Departamento de Hidráulica. Managua, Nicaragua.
- Fondo de Inversión Social de Emergencia. (Nuevo FISE). (2008). *Catálogo de etapas y sub-etapas*. Managua, Nicaragua: División de desarrollo institucional.
- Fondo de Inversión Social de Emergencia (Nuevo FISE). (2008). *Maestro de Costos Unitarios Primarios*. Managua, Nicaragua: División de desarrollo institucional.
- González, E. M. (2010). Prospección Hidrogeológica en la Comunidad "El Boniche", San Sebastián de Yalí, Jinotega. Estelí, Nicaragua.
- Guevara, S. F. y Fuentes, J. A. (2006). *Topografía*. Recuperado el 10 de agosto de 2011 de http://www.monografías.com/trabajos14/topograf/topograf.shtml.

- Heredia, M. (s.f.). *Sistema de abastecimiento de Aguas*. Recuperado el 24 de enero de 2010 de http://www.arqhys.com/contenidos/agua-sistema.html
- Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA). (1998). "Diseño de Abastecimiento de Agua en el Medio Rural" (NTON 09001-99) y "Saneamiento Básico Rural" (NTON 09002-99). Managua, Nicaragua.
- Instituto Nicaragüense de Fomento Municipal (INIFOM). (s.f.). *Manual de Presupuesto de Obras Municipales*. Elaborado por el Departamento de Inversiones y Servicios Municipales, Managua, Nicaragua.
- Lago, L. (s.f.). *Metodología general para la evaluación de impacto ambiental de proyectos*. Recuperado el 08 de mayo de 2010 de http://www.monografias.com/trabajos14/elimpacto-ambiental/elimpactoambiental.shtml?monosearch#eva.
- López, R. A. (1999). *Diseño de Acueductos y Alcantarillados*. 2<sup>da</sup> Edición. Alfaomega Grupo Editor, 1999, ISBN 9789701504024.
- Lozano, L. (s.f.). *TÉCNICA FODA*. Recuperado el 02 de mayo de 2011, de http://www.zeusconsult.com.mx/arttfoda.htm
- Organización Panamericana de la Salud (OPS). (1997). *Guía Latinoamericana de tecnologías alternativas en agua y saneamiento*. Recuperado el 27 de junio 2011 de http://www.col.ops-oms.org/saludambiente/guia-indice.htm
- QuimiNet. (2011). *Principales características del hipoclorito de calcio*. Recuperado el 06 de noviembre de 2014 de http://www.quiminet.com/articulos/principales-caracteristicas-del-hipoclorito-de-calcio-57341.htm
- Romero, P. (2005). *Curso-formulación-gestión-proyectos*. Recuperado el 04 de mayo de 2011 de http://www.mailxmail.com/curso-formulacion-gestion-proyectos-desarrollo/diagnóstico-situación
- Rosales B. (2007). *Posgrado: Evaluación de Impacto Ambiental*. Universidad Nacional de Ingeniería. Managua, Nicaragua. Dirección de Postgrado.
- Serrano, J. (2009). Proyecto fin de carrera. *Proyecto de un sistema de abastecimiento de agua potable en Togo*. pág. 16-17. Recuperado el 15 de mayo de 2011 de http://hdl.handle.net/10016/5469
- Yrigoyen, H. (2009). *Estudios Hidrogeológicos*. Recuperado el 06 de mayo de 2010 de http://www.geodatargentina.com.ar/html/estudios\_ambientales/geodata\_est\_amb\_estudios\_hidrogeologicos.html.

### Apéndice A: Metodología para el análisis y solución del problema

### A.1. Árbol de problema



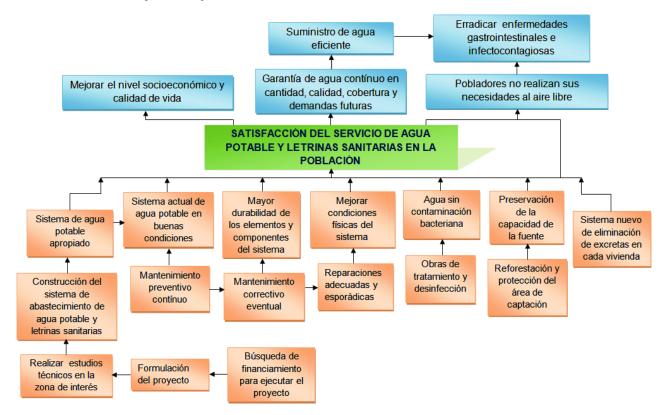
Fuente: Elaboración propia (2010).

#### A.2. Identificación del problema (Causa- Efecto).

CAUSAS	PROBLEMA PRINCIPAL	EFECTOS
Caducidad del		Inconformidad en el servicio de agua en la población.
sistema.	"La fuente de agua que alimenta al sistema ha	Deterioro y colapsos de los materiales y componentes del sistema.
Deforestación en la fuente de	bajado su caudal y los componentes del sistema	Incremento de los costos de operación y mantenimiento del sistema.
captación.	han caducado por lo que no son apropiadas para	Servicio interrumpido.
Mantenimientos	proveer el buen suministro del vital liquido a la población de la comunidad	Deficiencias al no brindar el vital líquido al sector más aislado de la población.
inadecuados en el sistema.	El Boniche".	Búsqueda del vital líquido en otras fuentes sin tratamiento.
		Enfermedades infecto-contagiosas.

Tabla 17: Identificación del problema. Fuente: Elaboración propia (2010).

#### A.3. Árbol de objetivos y soluciones



Fuente: Elaboración propia (2010).

### A.4. Matriz de Involucrados

GRUPOS	INTERESES	PROBLEMAS PERCIBIDOS	RECURSOS Y MANDATOS
Población (habitantes de la comunidad)	Cuyo interés es poseer durante las 24 horas un buen servicio de agua potable en las mejores condiciones, aprovechándolo para el desarrollo de las activdades hogareñas, cultivos y principalmente en el consumo humano, sin interrupción en su ciclo y no contaminando el medio ambiente.	Malestar e inconformidad en la población al contar con sistemas absoletos con una mala distribución de agua.	R: Disposición de mano de obra.  M: Mejor sistema de abastecimiento de Agua Potable y saneamiento Básico.
Alcaldía Municipal de Yalí	Promover el desarrollo económico, social, cultural y ambiental sostenible para mejorar la calidad de vida de las grandes mayorías, en especial de los más desprotegidos, de manera justa y equitativa.	Quejas constantes de la población, al no contar con un buen suministro de agua que garantice cantidad, calidad y continuidad del vital liquido para el desarrollo de actividades que dependen de ésta, así como de estructuras adecuadas para la eliminación de resíduos fecales.	R: Incluición dentro del presupuesto municipal recursos económicos para demandas de proyectos de agua potable.  M: Capacitaciones a los beneficiarios para el buen mantenimiento y uso de los proyectos.
MARENA- PIMCHAS (ONG)	Brindar apoyo a los gobiernos municipales, que dan respuesta a las necesidades de la población con equidad e igualdad de género.	Problemas de salud y bienestar economico de la poblacion de la comunidad "El Boniche", por los diferentes factores sociales, economicos, ambientales y culturales.	R: Financiero  M: Mejorar el nivel de vida de la población mediante la restauración y desarrollo económico de manera participativa por medio del manejo de cuencas y de los recursos naturales incluido como prioridad el agua.
Coordinación de Ingeniería Civil UNI - NORTE	Formar profesionales de calidad, mejorar la enseñanza- aprendizaje para graduar ingenieros con mejor perfil, amplios conocimientos, y con alta vocación social.	Riesgos de enfermedades por la falta de un buen sistema de abastecimiento de agua potable y de estructuras adecuadas de saneamiento básico, en la comunidad "El Boniche".	M: Vincular la docencia, la investigación y extension social, asi establecer vinculos con las instituciones y sectores productivos.  R: mano de obra calificada.
Estudiantes egresados de la carrera de ingeniería civil (UNI-NORTE)	Optar al título de ingeniero civil para gozar de los derechos y prerrogativas que le confiere la ley mediante la investigación monográfica, así como adquirir mayor experiencia y grandes conocimientos en la rama de agua y saneamiento.	Caducidad del sistema, desolación de la fuente que alimenta el sistema, mantenimientos rústicos e inadecuados en el sistema, sistema sin cobertura total.	M: Llevar a la práctica todos los conocimiento adquiridos de forma sistemática y profesional para contribuir al buen desarrollo de la sectores sociales.  R: Disposición de mano de obra.

Tabla 18: Matriz de involucrados Fuente: Elaboración propia (2010).

## A.5. Matriz de Operación de las Variables

Tipo	Variables	Definición	Sub-variables	Indicador	Valor	Escala							
diente	Deficiencia del sistema de	Procedimiento para la	Caducidad del sistema.	Cantidad de elementos y componentes del sistema en buen y mal estado.	Tuberías, grifos, valvulas, tanque de almacenamiento	cuantitativa							
pend	abastecimiento de agua	evaluacion del estado fisico-		Volumen de sedimentos producen perdidas e impiden el flujo libre agua.	Alto, Medio, Bajo (m³)	cuantitativa							
Inde	potable existente	estructural del sistema.	Desolación de la fuente de alimentacion.	Disminución del nivel del caudal servido.	Alto, Medio, Bajo (It/seg)	cuantitativa							
nte	le e e este meri de el	Diagnóstico de	, ,	Baja producción Retrazo de actividades	- Pérdidas económicas - Límites de tiempo	cuantitativa cualitativa							
endie	Inconformidad del servicio de agua en la	identificación de causas, efectos y	Niños/as	Niveles académicos bajos	<ul> <li>Disminución del índice de crecimiento profesional y desarrollo mental</li> </ul>	cuantitativa/ cualitativa							
e p	población	factores incidentes del	Magnitud de	Familias con/sin conexión domiciliar	No. Habitantes (adimencional)	cuantitativo							
О		problema.	inconformidad	Agricultores	No. Personas (adimencional)	cuantitativo							
		Procedimiento de cálculo que permite el diseño de un sistema seguro y eficiente	de cálculo que permite el diseño de un sistema seguro y	Datos topográficos	Planos de: Datos de: - Localización del sitio - Altimetría - Características geológicas del - Planimetría terreno y su clasificación - Derroteros - Curvas de nivel	m /grados	cuantitativa/ cualitativa						
iente	Diseño de			de cálculo que permite el diseño de un sistema seguro y	de cálculo que permite el diseño de un sistema seguro y	de cálculo que permite el diseño de un sistema seguro y		de cálculo que		Análisis hidrogeológico	- Características y propiedades geológicas - Niveles estáticos del agua - Profundidad del acuifero - Caudales estimados	(S/U/M) m m m m³/s	cualitativa cuantitativa cuantitativa cuantitativa
Independ	sistema de abastecimiento de agua potable						Diseño hidráulico	<ul> <li>Presiones máximas y mínimas</li> <li>Coeficiente de rugosidad</li> <li>Línea de conducción</li> <li>Variaciones de consumo</li> <li>Velocidades permisibles</li> <li>en tuberías</li> </ul>	hab. Ippd/Ipph hab. años psi porcentaje adimensional m/s m m <sup>3</sup> m	cuanttitativo			
			Criterios técnicos	- Eficiencia del sistema - Calidad de los materiales	Alto/Medio/Bajo	cuantitativa							
			Criterios económicos	<ul><li>Costos de la obra</li><li>Disposición financiera</li><li>Alcances de la obra</li></ul>	Alto/Medio/Bajo	cuantitativa							

Tabla 19: Matriz de Operación de las Variables Fuente: Elaboración propia (2010).

# A.6. Matriz de Marco Lógico (MML) para Investigación

OBJETIVO GENERAL	OBJETIVOS ESPECIFICOS	FUENTES DE INFORMACION	TIPOS DE INFORMACION	INSTRUMENTOS PARA RECOPILAR INFORMACION	PROCEDIMIENTO PARA RECOPILAR INFORMACION	FORMA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION	ANALISIS DE INFORMACION	нітоѕ	RECURSOS A UTILIZAR						
		- Evaluación de la Situación socio- económica de los pobladores.		- Observacion in situ.	- Identificación del sitio.										
	Realizar un diagnóstico de la situación actual de la comunidad "El Boniche".	- Evaluación de la Situación de salud, saneamiento e higiene ambiental de la vivienda.	Primario	- Elaboración de encuesta con aspectos sociales,económicos, culturales y servicios existentes.	- Elaboración y Aplicación de encuestas con aspectos sociales,económicos culturales y servicios exixtentes.	Los resultados de las encuestas seran procesados en el programa Microsoft Excel.	Se hará un análisis de los resultados y post considerarlo en el diseño.	Informe final de la cantidad de obra a reemplazar.	Recursos humanos (Evaluador), Financieros y materiales.						
		- Evaluación de los Recursos y servicios de agua.		- Entrevistas	-Entrevistar y/o dialogar con los involucrados en la solución del problema.										
		- Sondeos en sitios de posibles fuentes subterráneas.	Primario	- Equipo de sondeo.		La información y datos			Recursos						
	Efectuar estudio hidrogeológico en la zona del proyecto.	- Aforos a las posibles fuentes superficiales.	Primario	- Recipiente, cronómetro, libreta.	- Se realizaran sondeos y aforos mediante métodos apropiados de aplicación	procesados en programas Microsoft e Word y Microsoft	Se Realizara un análisis minucioso y exhaustivo de los resultados.	Informe final de la principal fuente de captación, criterios y consideraciones.	humanos (Evaluador), Financieros,						
		- Evaluación de características y propiedades geológicas, - niveles estáticos del agua, - profundidad del acuifero, - caudales estimados.	Primario	- Cintas e instrumentos para medir la profundidad.	utilizando el equipo e				materiales y equipos para la realización del estudio.						
		-Muestras de agua de las posibles fuentes de abastecimiento consideradas para el consumo doméstico.	Primario	- Embases limpios con agua extraída de las posibles fuentes. Apuntes de las muestras recolectadas.	Las muestras seran Ilevadas a un laboratorio										
	Realizar estudio de análisis y calidad del agua de	- Laboratorios para los respectivos análisis de calidad de agua.	Primario	- Departamento de Análisis y calidad del agua.	eficiente para el respectivo análisis de las mismas, las que deberan	Los resultados obtenidos procesados	Se analizaran los resultados cualitativos y	Informe final de la	Recursos humanos (Evaluador),						
Diseñar sistema de abastecimiento de agua potable y	las posibles fuentes de abastecimientos.	- Evaluación de parámetros cualitativos y cuantitativos que reflejan las propiedades físicas, químicas, bacteriológicas y biológicas del agua así como límites máximos admisibles, establecidos en normas de calidad del agua para consumo (CAPRE, 1994).	Primario	-Documento de Normas de calidad del agua para el consumo humano, (Normas CAPRE).	cumplir con los parámetros establecidos por las normas normas de calidad del agua para consumo humano (CAPRE, 1994)	en el programa Microsoft Excel.	cuantitativos obtenidos en el diagnóstico.	calidad del agua	Financieros, materiales, equipos y laboratorio.						
saneamiento básico rural para la comunidad "El	Realizar	Realizar	Realizar	Realizar	Realizar	Realizar		- Reconocimiento del terreno	Primario	- Observaciones y levantamiento de datos	Realizar levantamiento	Los resultados obtenidos seran	Se interpretaran los datos en el	Se estableceran los criterios y parámetros	Recursos: Financieros,
Boniche", municipio de San Sebastián de Yalí, Jinotega.	levantamientos topográficos en la zona del proyecto.	- Trazados de las obras de captación, líneas de conducción y distribución.	Primario	GPS,Teodolito,libreta, estadia, cintas, otras.	topográfico, transcribir y/o desacargar datos en software, dibujar conforme los datos.	procesados en el programa Microsoft Excel, Autocad, Epanet y Watercad.	programa EPANET Y WATERCAD y Autocad.	constructivos, así como la escala para la elaboración de los planos.	Materiales, Equipos y personal capacitado de topografía.						
	Dimensionar los elementos y componentes del sistema de abastecimiento de				Datos de : Curvas de nivel y levantamiento topográfico	Primario	Equipo de topografía.	Determinación de las pendientes existentes en el sitio, identificación de los principales obstáculos sobre el trazado de las líneas de conducción y distribución.	obtenidos seran procesados en el programa Microsoft	Se interpretaran los datos en el programa EPANET Y WATERCAD,y Autocad.	como la escala	Recursos: Financieros, Materiales, Equipos y personal capacitado de topografía.			
		Normas técnicas de INAA (ENACAL) y Normas técnicas FISE para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural.	Primario	Documento de Normas técnicas de INAA (ENACAL) para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural.	Se consultarán parámetros y criterios de diseño que rige las normas de ENACAL y normas FISE.	Se selecionarán los parámetros y criterios de diseño que rige las normas de ENACAL y normas FISE.	Se analizaran los parámetros y criterios de diseño que rigen las normas FISE y ENACAL.	Se establecerán los parámetros y criterios de diseño que rige las normas de ENACAL y FISE.	Evaluador y Materiales						
	agua potable.	Bibliografias: libros, revistas, internet, entrevistas, manuales, monografias de sistemas de abastecimiento de agua potable.	Secundario	Análisis de documentos, manuales, otras, con parámetros y criterios para el dimencionamiento de los elementos.	Se consultará documentos que contengan normas, parámetros, criterios para el dimencionamiento de los elementos y componentes del sistema.	Se consultaran diferentes referencias para la selección y utilización de ecuaciones, parámetros y criterios para el diseño del sistema en software con fines hidráulicos.	Se determinará el diseño óptimo del sistema a partir de los resultados obtenidos de los metodos manuales y soffware.	Diseño final del proyecto	Recurso humano, financiero y materiales.						
	Realizar una evaluación de impacto ambiental.	-Población -MINSA -Alcaldía de Yalí -MARENA-PIMCHAS -UNI-NORTE	Secundario	Evaluación de impacto ambiental.	Valoración y Diagnóstico de las medida de prevención y conservación de los recursos Naturales.	Análisis del diagnóstico de impacto ambiental.	Conclusiones y resumen de los impactos negativos y positivos del proyecto.	Mayores impactos positivos que impactos negativos.	Recurso humano y material.						
	Estimar los costos de la obra propuesta.	Tipo de materiales, proformas de las distintas empresas distribuidoras.	Secundario	Análisis de costos de materiales.	Selección del material mas económico y/o eficiente.	TAKE OFF en el programa Microsoft Excel.	Análisis de la evaluación económica del diseño y construcción del proyecto.	Estimación del costo y presupuesto total de la obra propuesta.	Proformas de materiales de contrucción, recursos: humano, material y económico.						

Tabla 20: Matriz de Marco Lógico para el Diseño Metodológico. Fuente: Elaboración propia (2010).

### Apéndice B: Estructura de la encuesta aplicada en la comunidad para la recolección de la información.

coman							ido a pobla ı de Yalí, Jir		II. <u>CONDICIONES DE LA VIVIENDA</u> (Preg. 2, 3, 4, marcar con X una o más repuestas)
	dad Er Bolli	ciic, ii	шпор	io uc .	AII SC	Dastian	r de ran, sn	lotoga.	
Objetivo: Con							e agua y sar	eamiento que	1. La vivienda es: Propia Prestada Alquilada
enfrentan los p									2. Las paredes son: Bloque Ladrillo Madera Otros
Departamento			Mı	unicipi	o: <u> </u>				3. El piso es : ☐ Madera ☐ Tierra ☐ Ladrillo ☐ Otros
Comunidad: _						Fecha	ı:		4. El techo es: ☐ Zinc ☐ Teja ☐ Madera ☐ Palma ☐ Otros
¿Quién es Responsable del Hogar? Padre Madre Otro							e	Otro	5. ¿Cuántas divisiones tiene la vivienda: 🗌 Tres 📄 Dos 🦳 No tiene
Nombre de la	persona Er	cuest	ada: _						6. Resumen del estado de la vivienda: □ Buena □ Regular □ Mala
I. <u>DATOS PER</u>	SONALES:	(inicia	ır con 6	el respe	onsabl	e del h	ogar)		III. <u>SITUACIÓN ECONOMICA DE LA FAMILIA</u>
Nombres y		Sex	5		Edad		Niv		<ol> <li>¿Cuánto dinero invierte Ud. en la manutención de su familia, casa y trabajo mensualmente?</li> </ol>
Apellidos	Parentesco	м	F 1-5	6 -15	16 - 25	26 - 35	+36 Escolar		☐ 600 a más ☐ 450-599 ☐ 300-449 ☐ No sabe
			$\pm$						2. ¿Tiene el servicio de energía eléctrica en su hogar? ☐ SI a) ¿Qué tipo de sistema eléctrico tiene? ☐ Red comercial ☐ Panel solar ☐ Otro
		$\sqcup$	+	$\vdash$	$\square$				b) ¿Cuánto paga por el servicio? C\$
		1 1			1 1			<del>-    </del>	□NO ¿por qué?
		$\vdash$	+	+					
			$\pm$	_					3. ¿Cuántos años tiene Ud. y su familia de vivir en esta comunidad?
									15 a más10 - 14 5 - 9 menos de 5
									□15 a más □10 - 14 □ 5 - 9 □ menos de 5 4. ¿Cuántas personas del hogar trabajan?
									□15 a más □10 - 14 □ 5 - 9 □ menos de 5 4. ¿Cuántas personas del hogar trabajan? a. Dentro de la Comunidad: H □ M □ Total □

Formato de Encuesta: Censo Familiar, Situación Socioeconómica, Servicio de Agua y Saneamiento pág. 1/8 y pág. 2/8 Fuente: Elaboración propia (2010).

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA SEDE- ESTELI Facultad de Tecnología de la Construccion	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA SEDE- ESTELI Facultad de Tecnologia de la Construccion
6. ¿A qué cultivos se dedica? a) hortalizas   hombre   mujer   ambos   b) frutales   hombre   mujer   ambos   d) frijol   hombre   mujer   ambos   e) sorgo   hombre   mujer   ambos   e) sorgo   hombre   mujer   ambos   f) arroz   hombre   mujer   ambos   g) papa   hombre   mujer   ambos   h) no tradicionales   Si   NO   hombre   mujer   ambos   h) arroz   hombre   mujer   ambos   h) otro   hombre   hombre   hombre   hombre   hombre   hombre   hombre   hombre   hombre   hombre	IV. SITUACION DE SANEAMIENTO E HIGIENE AMBIENTAL DE LA VIVIENDA (Observar, verificar)  EXCRETAS  1. ¿Tienen Letrina? a) SI ¿En qué estado se encuentra? Buena Regular Mala (verificar) b) No Estaría dispuesto/a en construir su letrina SÍ No 2. ¿Cuántas letrinas hay en la vivienda?  3. ¿Quiénes usan la letrina? Adultos Niños/as Otros familiares 4. La letrina está construida en suelo: Rocoso Arenoso Arcilloso 5. En temporada de invierno, la letrina se llena de agua. SI NO 6. La letrina en uso: a) Tiene tapa. SI NO a) Tiene cedazo el tubo de ventilación. SI NO b) Tiene papelera. SI NO 7. Tiene baño interno en su casa. SI NO 8. ¿Qué hacen con la basura? (ver alrededor de la casa) La entierran La botan en el La botan en el Hacen abono camino otro 9. ¿Qué hacen con las aguas servidas de la casa? La riegan Tienen zanja de drenaje La dejan correr Tienen filtro para drenaje 10. ¿Existen charcas en el patio? Si (pasar #11) No 11. ¿Cómo eliminan las charcas? Drenando Aterrando Otros
3 Agradecemos el tiempo invertido y tu sinceridad al responder a todas y cada una de las preguntas de esta encuesta	4 Agradecemos el tiempo invertido y tu sinceridad al responder a todas y cada u de las preguntas de esta encuesta

Formato de Encuesta: Censo Familiar, Situación Socioeconómica, Servicio de Agua y Saneamiento pág. 3/8 y pág. 4/8 Fuente: Elaboración propia (2010).

V. RECURSOS Y SERVI	ICIOS DE AGUA	
1. Tiene sistema o servi ¿Cómo se abastecen	icio de agua: □SI (pas ?	ar inciso a y b) NO
a. Con sistema: □ Propia □Vecino	☐ Toma intradomicilia	□Toma en el pat □Puesto publico
		☐ Manantial ☐ Río ☐ Quebrada ☐ Otro
2. Tiene medidor la ton	na: 🗆 SI 🗆 NO	
3. Paga por el servicio:	□SI □NO ¿Cuánto	o paga al mes?: (C\$)
4. ¿Quién busca o acan □ La mujer □ El hombre		niños/as os
5. ¿Cuánto tiempo en l □ 6 a más □ 3 -	horas invierte diario en tra - 5 □ Menos de 3 ho	
6. ¿En qué almacena e	el agua? □Barriles	☐ Bidones ☐ Pilas
7. Los recipientes en qu	ue se almacena el agua lo	s mantienen:
□Tapados	☐ Destapados	(verificar)
8. La calidad del agua d	que consumen en el hoga	r, la considera:
Buena	Regular	Mala
9. ¿Qué condiciones tie situaciones)	ene el agua que consume	n? (se puede marcar varias
☐Tiene mal sabo	r 🔲 Tiene mal olor	☐Tiene mal color
	to de toma es: Dentro	o de la vivienda □En el patio

	ene acceso al agua todo el año? SI NO e?
	onsidera Ud. suficiente la cantidad de agua que recibe? SI NO e?
13. ¿Qւ	ué cantidad de agua utiliza en el día?
<b>□15</b>	- 20 gal
ŬS	esinfecta el agua de tomar? I ¿Con qué? □Cloro □ Otros desinfectantes O ¿Por qué?
15. ¿Le	gustaría tener el Servicio de Agua Potable en su hogar?
	□Si □No ¿Porqué?
¿cuánto	uviese en su casa una toma domiciliar o un puesto público de agua, os galones mas usaría? enos de 30
	taría Ud. Dispuesto a pagar por este servicio? I □ NO ¿Por qué?
18. ¿Cu □ De	iánto estaría dispuesto a pagar? 40 a más
cota qu	etener una toma Domiciliar un puesto publico estaría dispuesto apagar la le la comunidad estime? NO ¿Por qué?

Formato de Encuesta: Censo Familiar, Situación Socioeconómica, Servicio de Agua y Saneamiento pág. 5/8 y pág. 6/8 Fuente: Elaboración propia (2010).

1. ¿Los miembros de						
_	este nogar p	ertenece	n a alg	una org	anización?	
□ Si ¿Quétipo □ Produ	o? uctiva [	□ Social		☐ Rel	igiosa	
□ No ¿Por qué	é?					
2. ¿Cuántos miembros	s del hogar p	articipan	en la c	organiza	ción comu	nitaria?
a) Hombres	b) Mujeres	3	c) Tota	al	_	
A . Cuántos días a la s	eemana nodi	ían anor	tar entr	a todoe	loe miembi	다이의 네스 이
4. ¿Cuántos días a la s familia?  1 - 2  VII. <u>SITUACION DE SA</u>	□ más de 2		□N	e todos o saber		ros de s
familia? □ 1 – 2 [	más de 2  ALUD EN LA Vecidas por los	VIVIENDA	□ N	o saber	1	
familia?  1 - 2  VII. SITUACION DE SA  1. Enfermedades pade los últimos meses (cu	más de 2  ALUD EN LA vecidas por los jántos).	VIVIENDA s miembi Grupos	□ N A ros del de eda	o saber	l durante el p	oasado a
familia?  1 - 2  VII. SITUACION DE SA  1. Enfermedades pade los últimos meses (cu Enfermedades	más de 2  ALUD EN LA \ ecidas por los \ iántos).	VIVIENDA s miembi Grupos	□ N <u>A</u> ros del	o saber	l durante el p	
familia?  1 - 2  VII. SITUACION DE SA  1. Enfermedades pade los últimos meses (cu  Enfermedades  Diarrea	más de 2  ALUD EN LA vecidas por los jántos).	VIVIENDA s miembi Grupos	□ N A ros del de eda	o saber	l durante el p	oasado a
familia?  1 - 2  VII. SITUACION DE SA  1. Enfermedades pade los últimos meses (cu Enfermedades  Diarrea Tos	más de 2  ALUD EN LA vecidas por los jántos).	VIVIENDA s miembi Grupos	□ N A ros del de eda	o saber	l durante el p	oasado a
familia?  1 - 2  VII. SITUACION DE SA  1. Enfermedades pade los últimos meses (cu Enfermedades  Diarrea Tos  Resfriados	más de 2  ALUD EN LA vecidas por los jántos).	VIVIENDA s miembi Grupos	□ N A ros del de eda	o saber	l durante el p	oasado a
familia?  1 - 2 [  VII. SITUACION DE SA  1. Enfermedades pade los últimos meses (cu  Enfermedades  Diarrea  Tos  Resfriados  Malaria	más de 2  ALUD EN LA vecidas por los jántos).	VIVIENDA s miembi Grupos	□ N A ros del de eda	o saber	l durante el p	oasado a
familia?  1 - 2  VII. SITUACION DE SA  1. Enfermedades pade los últimos meses (cu Enfermedades  Diarrea Tos  Resfriados	más de 2  ALUD EN LA vecidas por los jántos).	VIVIENDA s miembi Grupos	□ N A ros del de eda	o saber	l durante el p	oasado a
familia?  1 - 2  VII. SITUACION DE SA  1. Enfermedades pade los últimos meses (cu Enfermedades  Diarrea Tos Resfriados Malaria Dengue Parasitosis	más de 2  ALUD EN LA vecidas por los jántos).	VIVIENDA s miembi Grupos	□ N A ros del de eda	o saber	l durante el p	oasado a
familia?  1 - 2 [  VII. SITUACION DE SA  1. Enfermedades pade los últimos meses (cu Enfermedades  Diarrea Tos Resfriados Malaria Dengue Parasitosis Infección renal	más de 2  ALUD EN LA vecidas por los jántos).	VIVIENDA s miembi Grupos	□ N A ros del de eda	o saber	l durante el p	oasado a
familia?  1 - 2 [  VII. SITUACION DE SA  1. Enfermedades pade los últimos meses (cu  Enfermedades  Diarrea Tos Resfriados  Malaria  Dengue Parasitosis Infección renal  Tifoidea	más de 2  ALUD EN LA vecidas por los jántos).	VIVIENDA s miembi Grupos	□ N A ros del de eda	o saber	l durante el p	oasado a
familia?  1 - 2 [  VII. SITUACION DE SA  1. Enfermedades pade los últimos meses (cu Enfermedades  Diarrea Tos Resfriados Malaria Dengue Parasitosis Infección renal	más de 2  ALUD EN LA 1  ecidas por lo: iántos).	VIVIENDA s miembi Grupos	□ N A ros del de eda	o saber	l durante el p	oasado a

		jia de la Construccion
	nados los niños y niñas? No ¿Por qué?	
. Las persona:	s que habitan en esta vivie	nda practican hábitos de higiene como:
a) Lavado d	le manos 🔲 Sí 🔲 No ,	¿Por qué?
b) Hacer bu	en uso del Agua ☐ Sí [	No ¿Por qué?
c) Hacer bu	en uso de la letrina 🔲 Sí	□No ¿Por qué?
. ¿Cuántos nií asado?	ños y niñas nacieron y/o fa	llecieron en este hogar, durante el año
Vivos/as	: □Niñas □Niño	s Total
Fallecide	os/as: □Niñas □N	liños □ Total
	GRAC	IAS!
Nombre d	el Encuestador(a)	Nombre del Supervisor(a)

Formato de Encuesta: Censo Familiar, Situación Socioeconómica, Servicio de Agua y Saneamiento pág. 7/8 y pág. 8/8 Fuente: Elaboración propia (2010).

**Apéndice C:** Trazo y ubicación de los principales elementos y componentes del sistema de agua en la hoja topográfica.

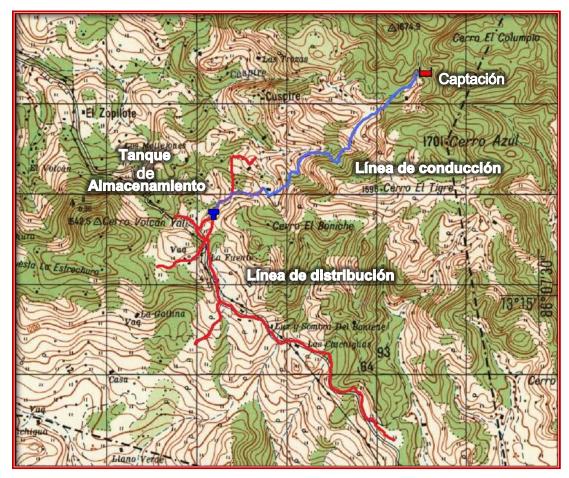


Ilustración 1: Trazo y ubicación de los principales elementos y componentes del sistema. Fuente: Elaboración propia (2015) y Hoja Topográfica con código 2956-I. MARENA, Estelí.

#### Apéndice D: Informes de Resultados de análisis de calidad del agua

#### Resultados de Análisis Bacteriológico



Centro de Investigación de Ecosistemas Acuáticos



#### LABORATORIO CIDEA

#### INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE MICROBIOLOGÍA

Orden No.

Cliente Dirección : UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA - ESTELÍ. : Pulpería Los Coquitos 800 metros al sur. Barrio Hacienda El Higo.

Descripción de la muestra : Agua de ojo de agua.

Procedencia

Rotulación de la muestra : Cuspire. El Boniche - Yalí.

: MIC-10-373

Código de muestra

: 14/11/10 Hora: 01:00 -- 05:00pm.

Fecha de muestreo Fecha de recepción

: 15/11/10 Hora: 12:00pm.

Fecha del ensayo

: Del 15 al 17 de noviembre 2010.

Fecha de entrega Muestra tomada por : 25/11/10 : Cliente

ENSAYOS	MÉTODO	RESULTADOS	RANGO PERMISIBLE*
Coliformes totales	Fermentación de tubos múltiples (Validado por el Laboratorio)	49 NMP/100ml	NO ESP.
Coliformes fecales	Fermentación de tubos múltiples (Validado por el Laboratorio)	Positivo	NO ESP.

#### **OBSERVACIONES:**

\* Rango permisible: No se especifican debido a que no se conoce el uso de este tipo de agua.

Los métodos validados por el Laboratorio corresponden a métodos publicados por la Food Drug Administration (FDA) y el Standard

Declaración: Este informe reporta, los resultados de la muestra enviada a nuestro laboratorio para su evaluación. Es nuestra política aplicar los métodos que cumplan los requisitos del cliente y sean apropiados para los ensayos. El cliente puede duplicar y/o publicar estos resultados únicamente en forma total.

NOTA: ESTOS RESULTADOS NO SON VÁLIDOS SIN LA FIRMA Y SELLO AUTORIZADOS POR LA DIRECCIÓN DEL CIDEA-UCA.

Lic. Zunilla Castellanos Responsable de la Calida Laboratorio CID

Cc. Arch.

Rotonda Rubén Dario 150 mts. al oeste • Apartado: 69, Managua, Nicaragua. Teléfono: 278 3930 • Fax: 278 1492 • e-mail: cidea@ns.uca.edu.ni • www.uca.edu.ni

Página 1 de 1

Fuente: Centro de Investigación de Ecosistemas Acuáticos CIDEA. (2010). Ensayo de laboratorio muestra de agua de la comunidad El Boniche, Yalí.

### Resultados de Análisis Físico-químico





Centro de Investigación de Ecosistemas Acuáticos



#### LABORATORIO CIDEA

## INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE FÍSICO-QUÍMICA

Orden No.

Cliente

Dirección

: UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA – ESTELÍ. : Pulpería Los Coquitos 800 metros al sur. Barrio Hacienda El Higo.

Descripción de la muestra

: Agua ojo de agua.

Procedencia

: Yalí.

Rotulación de la muestra

: Cuspire. El Boniche - Yalí.

Código de muestra

: FQ-10-511.

Fecha de muestreo

: 14/11/10 Hora: 01:00 - 05:00pm.

Fecha de recepción

: 15/11/10 Hora: 12:00pm.

Fecha del ensayo

: Del 15 al 24 de noviembre 2010.

Fecha de entrega

: 01/12/10 (Debido a la espera de resultados subcontratados).

Muestra tomada por

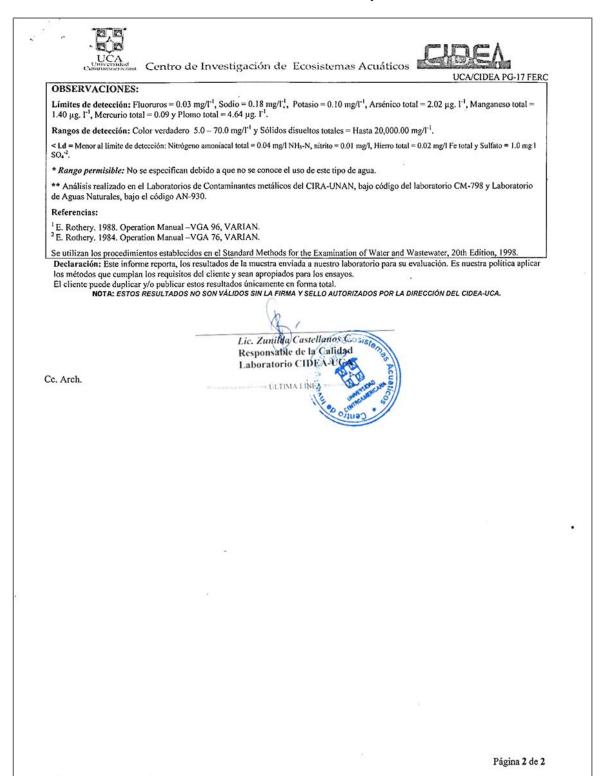
: Cliente

ENSAYOS	MÉTODO	RESULTADOS/ INCERTIDUMBRE	UNIDAD DE MEDIDA	RANGO PERMISIBLE*
Nitrógeno amoniacal	Espectrofotométrico	< l.d	mg/l NH3-N	NO ESP.
total Nitrito	Espectrofotométrico	< 1.d	mg/l NO <sub>2</sub> -1	NO ESP.
рН	Potenciométrico (validado por el laboratorio)	6.401 ± 0.04	Unidades	NO ESP.
Nitrato	Espectrofotométrico	1.66	mg/l NO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	NO ESP.
Sulfato	Espectrofotométrico	< 1.d	mg/I SO <sub>4</sub> -2	NO ESP.
Magnesio	Por diferencia	2	mg/I CaCO <sub>3</sub>	NO ESP.
Dureza total	Titulométrico	19	mg/I CaCO <sub>3</sub>	NO ESP.
Calcio	Titulométrico	17	mg/l CaCO <sub>3</sub>	NO ESP.
Conductividad eléctrica	Electrodo	36.3	μS/cm	NO ESP.
Cloruros	Argentométrico	6	mg/l Cl	NO ESP.
Turbiedad	Turbidimétrico	10	UNT	NO ESP.
Hierro total	Espectrofotométrico	<1.d	mg/ Fe	NO ESP.
Color verdadero**	2120-B	5.0	mg/l-1 Pt-Co	NO ESP.
Fluoruros**	4500-F.D	<1.d	mg/l <sup>-1</sup>	NO ESP.
Sólidos disueltos totales**	2540-C	28.00	mg/l <sup>-1</sup>	NO ESP.
Sodio**	3500-Na-B	7.48	mg/l <sup>-1</sup>	NO ESP.
Potasio**	3500-K-B	1.80	mg/l <sup>-1</sup>	NO ESP.
Arsénico total**	E. Rothery. Et al, 1988	< 1.d	μg. l <sup>-1</sup>	NO ESP.
Manganeso total**	E. Rothery. Et al, 1984 <sup>2</sup>	41.15	μg. Γ <sup>1</sup>	NO ESP.
Mercurio total**	E. Rothery. Et al, 1988	< 1.d	μg. Γ <sup>1</sup>	NO ESP.
Plomo total**	E. Rothery. Et al, 1984 <sup>2</sup>	< l.d	μg. l <sup>-1</sup>	NO ESP.

Página 1 de 2

Fuente: Centro de Investigación de Ecosistemas Acuáticos CIDEA. (2010). Ensayo de laboratorio muestra de agua de la comunidad El Boniche, Yalí.

#### Continuación de Resultado de Análisis Físico-químico



Fuente: Centro de Investigación de Ecosistemas Acuáticos CIDEA. (2010). Ensayo de laboratorio muestra de agua de la comunidad El Boniche, Yalí.

Apéndice E: Datos topográficos utilizados para el análisis hidráulico con el software EPANET.

LINEA DE CONDUCCION						
Punto	Estación	Elevación (m)	Longitud (m)			
456	0 + 000	1487.78	0			
227	0 + 424.66	1456.82	424.66			
234	0 + 562.94	1475.25	138.27			
240	0 + 681.77	1458.21	118.82			
246	0 + 791.25	1465.06	109.48			
263	1 + 093.49	1420.84	302.22			
274	1 + 216.49	1383.05	123.02			
279	1 + 305.89	1388.64	89.40			
280	1 + 315.76	1386.99	19.87			
287	1 + 421.98	1362.24	96.22			
292	1 + 510.50	1375.26	88.53			
308	1 + 740.28	1321.33	229.77			
311	1 + 779.68	1326.72	39.40			
316	1 + 855.88	1312.15	76.20			
320	1 + 926.13	1325.10	70.25			
355	2 + 525.37	1273.89	599.23			
369	2 + 797.82	1330.40	272.44			
376	2 + 935.85	1344.25	138.04			
378	2 + 975.46	1337.75	39.62			
380	3 + 004.54	1344.38	29.08			
390	3 + 174.17	1334.91	169.64			
394	3 + 253.66	1341.10	79.50			
398	3 + 333.54	1336.79	79.87			
1	3 + 483.38	1368.92	149.85			
		Total	3483.38			

Tabla 21: Datos Topográficos Línea de Conducción Fuente: Elaboración Propia (2015).

RED PRINCIPAL								
Punto	Estación	Elevación (m)	Longitud (m)					
1	0 + 000	1368.92	0					
11	0 + 106.12	1361.47	106.12					
18	0 + 190.77	1342.93	84.65					
22	0 + 231.12	1344.93	40.35					
63	0 + 374.34	1318.15	143.23					
65	0 + 486.03	1305.54	111.68					
83	0 + 948.26	1262.07	462.24					
89	1 + 229.18	1257.84	280.93					
118	1 + 749.70	1188.41	520.51					
131	2 + 293.70	1235.63	544.01					
146	2 + 748.45	1271.23	454.75					
162	3 + 228.22	1251.65	479.76					
168	3 + 506.37	1262.28	278.15					
173	3 + 623.14	1256.11	116.77					
177	3 + 854.68	1273.63	231.53					
		Total	3854.68					

Tabla 22: Datos Topográficos Red-Distribución: Red Principal Fuente: Elaboración Propia (2015).

	RAMAL 1							
Punto	nto Estación Elevación (m) Longitud (							
1	0+ 00	1368.92	0					
11	0+ 106.12	1361.47	106.12					
18	0+ 190.77	1342.93	84.65					
20	0+ 253.28	1351.61	62.62					
26	0+ 366.81	1343.94	113.54					
27	0+ 503.30	1359.38	136.41					
38	0+ 899.90	1323.47	396.56					
		Total	899.9					

	RAMAL 2							
Punto	Estación	Elevación (m)	Longitud (m)					
83	0+ 00	1262.07	0					
81	0+ 65.16	1260.72	65.16					
181	0+ 214.37	1241.56	149.20					
184	0+ 323.25	1253.10	108.88					
189	0+ 377.42	1231.58	54.16					
195	0+ 609.04	1185.80	231.64					
	_	Total	609.04					

RAMAL 3						
Punto Estación Elevación (m) Longitud (						
1	0+ 00	1368.92	0			
12	0+ 212.71	1339.42	212.71			
60	0+ 484.05	1308.94	271.34			
		Total	484.05			

RAMAL 4						
Punto Estación Elevación (m) Longitud (n						
12	0+ 00	1339.42	0			
20	0+ 190.15	1351.61	190.15			
24	0+ 224.95	1347.36	34.80			
		Total	224.95			

RAMAL 5									
Punto	Punto Estación Elevación (m) Longitud (n								
1	0+ 00	1368.92	0						
398	0+ 149.85	1336.79	149.85						
394	0+ 229.71	1341.10	79.87						
390	0+ 309.20	1334.91	79.50						
385	0+ 408.93	1342.13	99.73						
412	0+ 508.80	1342.90	99.86						
422	0+ 704.46	1301.95	195.67						
430	0+ 835.71	1272.67	131.26						
444	1+ 38.16	1254.50	202.46						
451	1+ 171.68	1263.55	133.48						
		Total	1171.68						

RAMAL 6						
Punto Estación Elevación (m) Longitud (n						
385	0+ 00	0				
378	0+ 98.99	1337.75	98.99			
376	0+ 138.60	1344.25	39.62			
362	0+ 412.73	1300.84	274.12			
Total 412.73						

Tabla 23: Datos Topográficos Red-Distribución: Tramos o Ramales 1, 2, 3, 4, 5 y 6. Fuente: Elaboración Propia (2015).

#### Apéndice F: Proyección de la Población y Consumos

#### F.1. Cálculo de la proyección de la población. Método Geométrico

$P_n = P_o(1+r)^n$	$P_0 = 228 * (1 + 0.272)^{\Lambda 0} = 228 \ hab$
$P_n = ?$	$P_5 = 228 * (1 + 0.272)^{5} = 261 \ hab$
$P_o = 228$	$P_{10} = 228 * (1 + 0.272)^{10} = 298 \ hab$
r = 2.72%	$P_{15} = 228 * (1 + 0.272)^{15} = 341 \ hab$
$n = 20 \ a$ nos	$P_{20} = 228 * (1 + 0.272)^{^{120}} = 390 \ hab$

#### F.2. Cálculos de variaciones de consumos

#### **Consumo Promedio Diario**

$$CPD = \frac{Consumo \left(\frac{lt}{hab*d}\right)*Población (hab)}{86400 \left(\frac{seg}{d}\right)}$$

Consumo = Dotación + Pérdidas (20%)

Consumo = 
$$60 + (60 * 20\%)$$

$$= 72 lt/hab * d$$

$$Población = 228 hab$$

$$CPD_0 = \frac{72 * 228}{86400} = 0.1900 l/s$$

$$CPD_5 = \frac{72 * 261}{86400} = 0.2175 l/s$$

$$CPD_{10} = \frac{72 * 298}{86400} = 0.2483 l/s$$

$$CPD_{15} = \frac{72 * 341}{86400} = 0.2842 l/s$$

$$CPD_{20} = \frac{72 * 390}{86400} = 0.3250 l/s$$

#### Consumo Máximo Diario

#### CMD = FMD \* CPD

$$CMD_0 = (1.5 * 0.1900 \ l/s) = 0.2850 \ l/s$$
 $CMD_5 = (1.5 * 0.2175 \ l/s) = 0.3263 \ l/s$ 
 $CMD_{10} = (1.5 * 0.2483 \ l/s) = 0.3725 \ l/s$ 
 $CMD_{15} = (1.5 * 0.2842 \ l/s) = 0.4263 \ l/s$ 
 $CMD_{20} = (1.5 * 0.3250 \ l/s) = 0.4875 \ l/s$ 

#### Consumo Máximo Horario

$$CMH = FMH * CPD$$

$$CMH_0 = (2.5 * 0.1900 \ l/s) = 0.4750 \ l/s$$
  
 $CMH_5 = (2.5 * 0.2175 \ l/s) = 0.5438 \ l/s$   
 $CMH_{10} = (2.5 * 0.2483 \ l/s) = 0.6208 \ l/s$   
 $CMH_{15} = (2.5 * 0.2842 \ l/s) = 0.7105 \ l/s$   
 $CMH_{20} = (2.5 * 0.3250 \ l/s) = 0.8125 \ l/s$ 



#### F.3. Cálculos de caudales nodales

$$Q_{nodo} = \frac{N_{Pob proy}}{N_{tot pob}} * CMH$$

$$Q_{total} = \frac{390 \ hab}{228 \ hab} * 0.4750 \ l/s = 0.8125 \ l/s$$

$$qN_{60} = \frac{60 \ hab}{390 \ hab} * 0.8125 \ l/s$$

$$= \mathbf{0.12500} \ l/s$$

$$qN_{20} = \frac{45 \ hab}{390 \ hab} * 0.8125 \ l/s$$

$$= \mathbf{0.02083} \ l/s$$

$$qN_{21} = \frac{15 \ hab}{390 \ hab} * 0.8125 \ l/s$$

$$= \mathbf{0.03125} \ l/s$$

$$qN_{24} = \frac{10 \ hab}{390 \ hab} * 0.8125 \ l/s$$

$$= \mathbf{0.02083} \ l/s$$

$$qN_{181} = \frac{33 \ hab}{390 \ hab} * 0.8125 \ l/s$$

$$= \mathbf{0.03125} \ l/s$$

$$qN_{181} = \frac{33 \ hab}{390 \ hab} * 0.8125 \ l/s$$

$$= \mathbf{0.06875} \ l/s$$

$$qN_{195} = \frac{36 \ hab}{390 \ hab} * 0.8125 \ l/s$$

$$= \mathbf{0.07500} \ l/s$$

$$qN_{38} = \frac{10 \ hab}{390 \ hab} * 0.8125 \ l/s$$

$$= \mathbf{0.07500} \ l/s$$

$$qN_{38} = \frac{10 \ hab}{390 \ hab} * 0.8125 \ l/s$$

$$= \mathbf{0.07500} \ l/s$$

$$qN_{430} = \frac{34 \ hab}{390 \ hab} * 0.8125 \ l/s$$

$$= \mathbf{0.01458} \ l/s$$

$$qN_{118} = \frac{17 \ hab}{390 \ hab} * 0.8125 \ l/s$$

$$= \mathbf{0.03542} \ l/s$$

$$= \mathbf{0.05000} \ l/s$$

## F.4. Tabla de Proyección de la población y consumos

	Codido: A V S   Provecto:					de abastecimiento de agua potable y ırias, comunidad "El Boniche"		
		PROYE	CCIÓN DE I	POBLACIÓN	Y CONS	UMOS		
			CENSOS (ha	bitantes)		Posterior 2005	Anterior 1995	Tasa de Crecimiento
	DEPA	RTAMENTO		JINOTEGA		331,335	257,933	2.54%
		MUNICIPIO	San S	Sebastián de Ya	alí	26,979	20,277	2.90%
		COMARCA		El Boniche		170	130	2.72%
Formulador				2.7	'2%	Usar	2.72%	
AÑO	2015		COMUNIDAD: EL BONICH					TOTAL
•			Pol	olación Actual		228		228
OTRAS CO	NEXIONES		Pob	lación Natural	228			228
Escuelas	1		Pobla	ación Flotante		0	0	
Iglesias	1		Pob	lación Verano	0			0
Bodega	1			. de Viviendas	51		51	
comunitaria	•		Indic	e Poblacional		4		4.47
			Conexione	s Domiciliares		51		54
Población			. (lppd)	Pérdidas				
Conex.Dom.	100%	60	Promedio	20%				
Puest.Pub.	0%	0	60					

						1.5	F.M.H =	2.5
	4Ño	POBLACIO	CONSUMO P	CONSUMO PROM. DIARIO		/IAX. DIA		MAX. HORA
No.	AÑO	N	GPD	LPD	GPM	LPS	GPM	LPS
0	2015	228	4,337.120	16,416	4.52	0.2850	7.53	0.4750
1	2016	234	4,451.255	16,848	4.64	0.2925	7.73	0.4875
2	2017	241	4,584.412	17,352	4.78	0.3013	7.96	0.5021
3	2018	247	4,698.547	17,784	4.89	0.3088	8.16	0.5146
4	2019	254	4,831.704	18,288	5.03	0.3175	8.39	0.5292
5	2020	261	4,964.861	18,792	5.17	0.3263	8.62	0.5438
6	2021	268	5,098.018	19,296	5.31	0.3350	8.85	0.5583
7	2022	275	5,231.176	19,800	5.45	0.3438	9.08	0.5729
8	2023	283	5,383.355	20,376	5.61	0.3538	9.35	0.5896
9	2024	290	5,516.513	20,880	5.75	0.3625	9.58	0.6042
10	2025	298	5,668.692	21,456	5.90	0.3725	9.84	0.6208
11	2026	306	5,820.872	22,032	6.06	0.3825	10.11	0.6375
12	2027	315	5,992.074	22,680	6.24	0.3938	10.40	0.6563
13	2028	323	6,144.254	23,256	6.40	0.4038	10.67	0.6729
14	2029	332	6,315.456	23,904	6.58	0.4150	10.96	0.6917
15	2030	341	6,486.658	24,552	6.76	0.4263	11.26	0.7104
16	2031	350	6,657.860	25,200	6.94	0.4375	11.56	0.7292
17	2032	360	6,848.085	25,920	7.13	0.4500	11.89	0.7500
18	2033	370	7,038.309	26,640	7.33	0.4625	12.22	0.7708
19	2034	380	7,228.534	27,360	7.53	0.4750	12.55	0.7917
20	2035	390	7,418.758	28,080	7.73	0.4875	12.88	0.8125

Tabla 24: Proyección de la población y consumos del sistema de agua potable. Fuente: Elaboración propia (2015).

### F.5. Distribución de la población y consumo concentrado por nodo

PI	Nodo	№ de Casas	Población actual	Población proyectada	Demanda nodal	Ubicación
60	51	10	35	56	0.12500	Ramal 3
20	52	8	26	42	0.09375	Ramal 4
24	53	1	6	9	0.02083	Ramai 4
27	43	2	9	15	0.03125	Ramal 1
38	44	1	6	9	0.02083	Raillai i
89	31	6	32	52	0.11458	
118	32	3	10	16	0.03542	Red
131	33	4	14	23	0.05000	Principal
177	38	2	6	9	0.02083	
81	45	2	9	15	0.03125	
181	46	3	19	31	0.06875	Ramal 2
195	49	4	21	34	0.07500	
362	65	4	20	33	0.07083	Ramal 6
430	60	1	4	7	0.01458	Ramal 5
451	62	3	11	18	0.03958	Kalliai 3
	·	54	228	390	0.81250	

Tabla 25: Proyección y distribución de caudales por nodo en la Red de Distribución. Fuente: Elaboración propia (2015).

### Apéndice G: Longitud por tramos de la Red de Distribución

Debido a las características topográficas que presenta el terreno, el sistema global de la red de distribución, se dividió en siete tramos. Ver tabla a continuación:

Tramo o Ramal	Nodo Inicial	Longitud							
R – Pcpal.	24	38	3854.68						
R - 1	24	44	899.90						
R - 2	30	49	609.04						
R - 3	24	51	484.05						
R - 4	50	53	224.95						
R - 5	24	62	1171.68						
R - 6	57	65	412.73						
	Total								

Tabla 26: Longitud por tramos de la Red de Distribución. Fuente: Elaboración propia (2015).

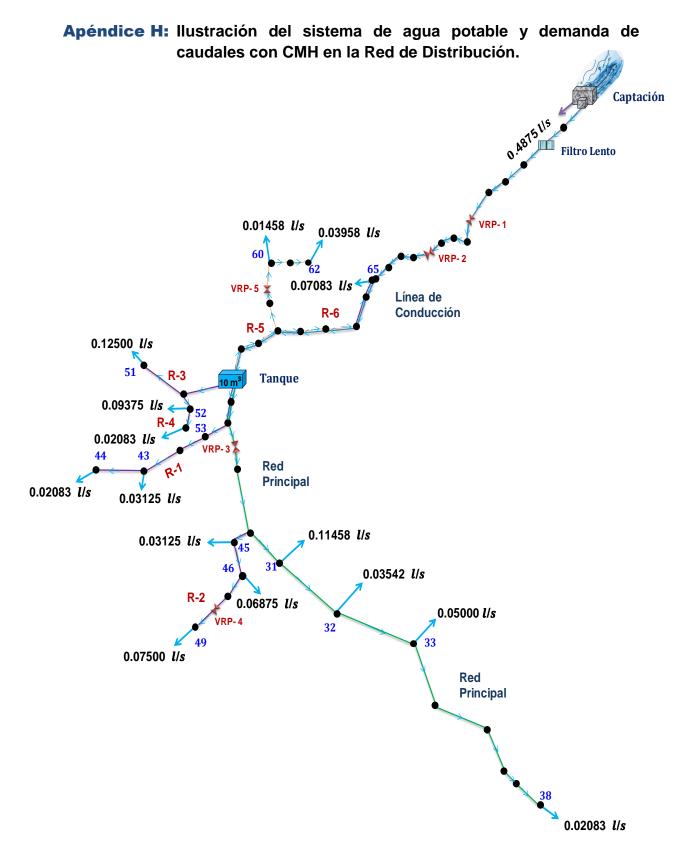


Ilustración 2: Sistema de Agua Potable y Demanda de Caudales en Red- Distribución. Fuente: Elaboración propia (2015).

**Apéndice I:** Tablas de resultados del análisis hidráulico del sistema de agua potable para la comunidad El Boniche, en el software Epanet.

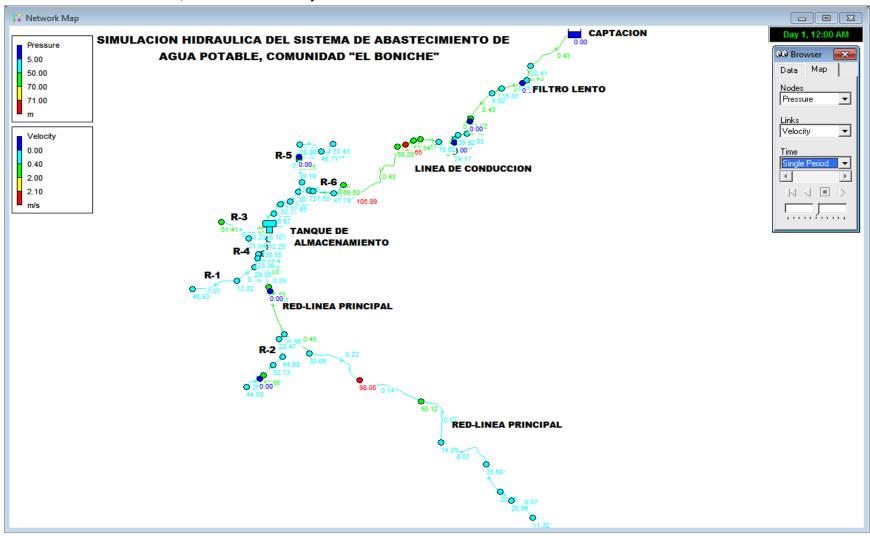


Ilustración 3: Esquema de Simulación Hidráulica del sistema de agua potable para CMH en el software Epanet.

### I.1. Presiones con Consumo Máximo Diario en la Línea de Conducción.

Node ID	Elevation m	Base Demand LPS	Demand LPS	Head m	Pressure m
Resvr 1D-T	1487.78	#N/A	-0.49	1487.78	0.00
June 2	1456.82	0	0.00	1485.21	28.39
June 3	1475.25	0	0.00	1484.37	9.12
Junc F-L	1475.25	0	0.00	1475.25	0.00
June 4	1458.21	0	0.00	1474.53	16.32
June 5	1465.06	0	0.00	1473.87	8.81
June 6	1420.84	0	0.00	1472.04	51.20
June PRP-1	1420.84	0	0.00	1420.84	0.00
June 7	1383.05	0	0.00	1420.10	37.05
June 8	1388.64	0	0.00	1419.55	30.91
June 9	1386.99	0	0.00	1419.43	32.44
Junc PRP-2	1386.99	0	0.00	1386.99	0.00
June 10	1362.24	0	0.00	1386.41	24.17
June 11	1375.26	0	0.00	1385.87	10.61
June 12	1321.33	0	0.00	1384.48	63.15
June 13	1326.72	0	0.00	1384.24	57.52
June 14	1312.15	0	0.00	1383.78	71.63
June 15	1325.10	0	0.00	1383.36	58.26
June 16	1273.89	0	0.00	1379.73	105.84
June 17	1330.40	0	0.00	1378.08	47.68
June 18	1344.25	0	0.00	1377.25	33.00
June 19	1337.75	0	0.00	1377.01	39.26
June 20	1344.38	0	0.00	1376.83	32.45
June 21	1334.91	0	0.00	1375.80	40.89
June 22	1341.10	0	0.00	1375.32	34.22
June 23	1336.79	0	0.00	1374.84	38.05
Tank 24	1368.92	0.4875	0.49	1373.93	5.01

Tabla 27: Presiones máximas y mínimas con CMD en la Línea de Conducción.

### I.2. Presiones con Consumo Máximo Horario en la Red de Distribución.

Node ID	Elevation m	Base Demand LPS	Demand LPS	Head m	Pressure m
Tank 24	1368.92	#N/A	-0.81	1368.92	0.00
June 25	1361.47	0	0.00	1368.48	7.01
Junc 26	1342.93	0	0.00	1368.14	25.20
June 27	1344.93	0	0.00	1367.97	23.04
June 28	1318.15	0	0.00	1367.38	49.23
June 29	1305.54	0	0.00	1366.92	61.38
June PRP-3	1305.54	0	0.00	1305.54	0.00
June 30	1262.07	0	0.00	1290.92	28.85
June 31	1257.84	0.11458	0.11	1287.90	30.06
June 32	1188.41	0.03542	0.04	1286.46	98.05
June 33	1235.63	0.05000	0.05	1285.75	50.12
June 34	1271.23	0	0.00	1285.52	14.29
June 35	1251.65	0	0.00	1285.27	33.62
June 36	1262.28	0	0.00	1285.13	22.85
June 37	1256.11	0	0.00	1285.07	28.96
June 38	1273.63	0.02083	0.02	1284.95	11.32
June 39	1361.47	0	0.00	1368.62	7.15
June 40	1342.93	0	0.00	1368.38	25.45
June 41	1351.61	0	0.00	1368.21	16.60
June 42	1343.94	0	0.00	1367.89	23.95
June 43	1359.38	0.03125	0.03	1367.50	8.12
Junc 44	1323.47	0.02083	0.02	1367.30	43.83
Junc 45	1260.72	0.03125	0.03	1289.19	28.47
Junc 46	1241.56	0.06875	0.07	1286.44	44.88
June 47	1253.10	0	0.00	1285.83	32.73
Junc 48	1231.58	0	0.00	1285.53	53.95
Junc PRP-4	1231.58	0	0.00	1231.58	0.00
Junc 49	1185.80	0.07500	0.08	1230.30	44.50

Tabla 28: Presiones máximas y mínimas con CMH en la Red de Distribución.

Node ID	Elevation m	Base Demand LPS	Demand LPS	Head m	Pressure m
June 50	1339.42	0	0.00	1366.27	26.84
June 51	1308.94	0.12500	0.12	1365.25	56.31
June 52	1351.61	0.09375	0.09	1365.66	14.05
June 53	1347.36	0.02083	0.02	1365.64	18.28
June 54	1336.79	0	0.00	1368.36	31.57
June 55	1341.10	0	0.00	1368.06	26.96
June 56	1334.91	0	0.00	1367.76	32.85
June 57	1342.13	0	0.00	1367.39	25.26
June 58	1342.90	0	0.00	1367.09	24.19
June 59	1301.95	0	0.00	1366.50	64.55
June PRP-5	1301.95	0	0.00	1301.95	0.00
June 60	1272.67	0.01458	0.01	1301.55	28.88
June 61	1254.50	0	0.00	1301.21	46.71
June 62	1263.55	0.03958	0.04	1300.98	37.43
June 63	1337.75	0	0.00	1366.90	29.15
June 64	1344.25	0	0.00	1366.70	22.45
Junc 65	1300.84	0.07083	0.07	1365.34	64.50

Continuación Tabla 28: Presiones máximas y mínimas con CMH en la Red de Distribución.

### I.3. Velocidades con Consumo Máximo Diario en la Línea de Conducción

Link ID	Length m	Diameter mm	Roughness	Flow LPS	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Friction Factor	Status
Pipe 1	424.66	38	150	0.49	0.43	6.05	0.024	Open
Pipe 2	138.27	38	150	0.49	0.43	6.05	0.024	Open
Valve F-L	#N/A	38	#N/A	0.49	0.43	9.12	0.000	Active
Pipe 3	118.82	38	150	0.49	0.43	6.05	0.024	Open
Pipe 4	109.48	38	150	0.49	0.43	6.05	0.024	Open
Pipe 5	302.22	38	150	0.49	0.43	6.05	0.024	Open
Valve PRP-1	#N/A	38	#N/A	0.49	0.43	51.20	0.000	Active
Pipe 6	123.02	38	150	0.49	0.43	6.05	0.024	Open
Pipe 7	89.40	38	150	0.49	0.43	6.05	0.024	Open
Pipe 8	19.87	38	150	0.49	0.43	6.05	0.024	Open
Valve PRP-2	#N/A	38	#N/A	0.49	0.43	32.44	0.000	Active
Pipe 9	96.22	38	150	0.49	0.43	6.05	0.024	Open
Pipe 10	88.53	38	150	0.49	0.43	6.05	0.024	Open
Pipe 11	229.77	38	150	0.49	0.43	6.05	0.024	Open
Pipe 12	39.40	38	150	0.49	0.43	6.05	0.024	Open
Pipe 13	76.20	38	150	0.49	0.43	6.05	0.024	Open
Pipe 14	70.25	38	150	0.49	0.43	6.05	0.024	Open
Pipe 15	599.23	38	150	0.49	0.43	6.05	0.024	Open
Pipe 16	272.44	38	150	0.49	0.43	6.05	0.024	Open
Pipe 17	138.04	38	150	0.49	0.43	6.05	0.024	Open
Pipe 18	39.62	38	150	0.49	0.43	6.05	0.024	Open
Pipe 19	29.08	38	150	0.49	0.43	6.05	0.024	Open
Pipe 20	169.64	38	150	0.49	0.43	6.05	0.024	Open
Pipe 21	79.50	38	150	0.49	0.43	6.05	0.024	Open
Pipe 22	79.87	38	150	0.49	0.43	6.05	0.024	Open
Pipe 23	149.85	38	150	0.49	0.43	6.05	0.024	Open

Tabla 29: Velocidades máximas y mínimas con CMD en la Línea de Conducción.

### I.4. Velocidades con Consumo Máximo Horario en la Red de Distribución

Link ID	Length m	Diameter mm	Roughness	Flow LPS	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Friction Factor	Status
Pipe 24	106.12	38	150	0.40	0.35	4.11	0.025	Open
Pipe 25	84.65	38	150	0.40	0.35	4.12	0.025	Open
Pipe 26	40.35	38	150	0.40	0.35	4.12	0.025	Open
Pipe 27	143.23	38	150	0.40	0.35	4.11	0.025	Open
Pipe 28	111.68	38	150	0.40	0.35	4.12	0.025	Open
Valve PRP-3	#N/A	38	#N/A	0.40	0.35	61.38	0.000	Active
Pipe 29	462.24	25	150	0.40	0.81	31.63	0.024	Open
Pipe 30	280.93	25	150	0.22	0.45	10.73	0.026	Open
Pipe 31	520.51	25	150	0.11	0.22	2.77	0.029	Open
Pipe 32	544.01	25	150	0.07	0.14	1.31	0.031	Open
Pipe 33	454.75	19	150	0.02	0.07	0.52	0.036	Open
Pipe 34	479.76	19	150	0.02	0.07	0.52	0.036	Open
Pipe 35	278.15	19	150	0.02	0.07	0.52	0.036	Open
Pipe 36	116.77	19	150	0.02	0.07	0.51	0.036	Open
Pipe 37	231.53	19	150	0.02	0.07	0.52	0.036	Open
Pipe 38	106.12	19	150	0.05	0.18	2.81	0.031	Open
Pipe 39	84.65	19	150	0.05	0.18	2.81	0.031	Open
Pipe 40	62.62	19	150	0.05	0.18	2.81	0.031	Open
Pipe 41	113.54	19	150	0.05	0.18	2.81	0.031	Open
Pipe 42	136.41	19	150	0.05	0.18	2.81	0.031	Open
Pipe 43	396.56	19	150	0.02	0.07	0.52	0.036	Open
Pipe 44	65.16	19	150	0.17	0.62	26.56	0.026	Open
Pipe 45	149.20	19	150	0.14	0.51	18.45	0.027	Open
Pipe 46	108.88	19	150	0.08	0.26	5.53	0.029	Open
Pipe 47	54.16	19	150	0.08	0.26	5.53	0.029	Open
Valve PRP-4	#N/A	19	#N/A	0.08	0.26	53.95	0.000	Active
Pipe 48	231.64	19	150	0.08	0.26	5.53	0.029	Open

Tabla 30: Velocidades máximas y mínimas con CMH en la Red de Distribución.

Link ID	Length m	Diameter mm	Roughness	Flow LPS	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Friction Factor	Status
Pipe 49	212.71	25	150	0.24	0.49	12.48	0.026	Open
Pipe 50	271.34	25	150	0.12	0.25	3.74	0.028	Open
Pipe 51	190.15	25	150	0.11	0.23	3.18	0.029	Open
Pipe 52	34.80	19	150	0.02	0.07	0.51	0.035	Open
Pipe 53	149.85	25	150	0.12	0.25	3.74	0.028	Open
Pipe 54	79.87	25	150	0.12	0.25	3.74	0.028	Open
Pipe 55	79.50	25	150	0.12	0.25	3.74	0.028	Open
Pipe 56	99.73	25	150	0.12	0.25	3.74	0.028	Open
Pipe 57	99.86	19	150	0.05	0.19	3.03	0.031	Open
Pipe 58	195.67	19	150	0.05	0.19	3.03	0.031	Open
Valve PRP-5	#N/A	19	#N/A	0.05	0.19	64.55	0.000	Active
Pipe 59	131.26	19	150	0.05	0.19	3.03	0.031	Open
Pipe 60	202.46	19	150	0.04	0.14	1.69	0.032	Open
Pipe 61	133.48	19	150	0.04	0.14	1.69	0.032	Open
Pipe 62	98.99	19	150	0.07	0.25	4.97	0.030	Open
Pipe 63	39.62	19	150	0.07	0.25	4.98	0.030	Open
Pipe 64	274.12	19	150	0.07	0.25	4.97	0.030	Open

Continuación Tabla 30: Velocidades máximas y mínimas con CMH en la Red de Distribución.

Apéndice J: Tabla de Resumen de Resultados de Análisis Hidráulico en la Línea de Conducción.

			Q	LONGITUD	LONGITUD	Elevación	del Nodo	Diámetro	Duggaidad	V	LC	ЭН	Presión I	Dinámica	Presión	Estática
DE	Α	•	Q	LONGITOD	ACUM.	Inicial	Final	Diametro	Rugosidad	V	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
		(gpm)	( m³/s )	( m )	( m )	( m )	( m )	( mm )	( mm )	( m/s )	( m )	( m )	( m )	( m )	( m )	( m )
D-T	2	7.73	0.0005	424.66	424.66	1487.78	1456.82	38	150	0.43	1487.78	1485.21	0.00	28.39	0.00	30.96
2	F-L	7.73	0.0005	138.27	562.93	1456.82	1475.25	38	150	0.43	1485.21	1475.25	28.39	0.00	30.96	12.53
F-L	4	7.73	0.0005	118.82	681.75	1475.25	1458.21	38	150	0.43	1475.25	1474.53	0.00	16.32	0.00	17.04
4	5	7.73	0.0005	109.48	791.23	1458.21	1465.06	38	150	0.43	1474.53	1473.87	16.32	8.81	17.04	10.19
5	PRP-1	7.73	0.0005	302.22	1093.45	1465.06	1420.84	38	150	0.43	1473.87	1420.84	8.81	0.00	10.19	54.41
PRP-1	7	7.73	0.0005	123.02	1216.47	1420.84	1383.05	38	150	0.43	1420.84	1420.10	0.00	37.05	0.00	37.79
7	8	7.73	0.0005	89.40	1305.87	1383.05	1388.64	38	150	0.43	1420.10	1419.55	37.05	30.91	37.79	32.20
8	PRP-2	7.73	0.0005	19.87	1325.74	1388.64	1386.99	38	150	0.43	1419.55	1386.99	30.91	0.00	32.20	33.85
PRP-2	10	7.73	0.0005	96.22	1421.96	1386.99	1362.24	38	150	0.43	1386.99	1386.41	0.00	24.17	0.00	24.75
10	11	7.73	0.0005	88.53	1510.49	1362.24	1375.26	38	150	0.43	1386.41	1385.87	24.17	10.61	24.75	11.73
11	12	7.73	0.0005	229.77	1740.26	1375.26	1321.33	38	150	0.43	1385.87	1384.48	10.61	63.15	11.73	65.66
12	13	7.73	0.0005	39.40	1779.66	1321.33	1326.72	38	150	0.43	1384.48	1384.24	63.15	57.52	65.66	60.27
13	14	7.73	0.0005	76.20	1855.86	1326.72	1312.15	38	150	0.43	1384.24	1383.78	57.52	71.63	60.27	74.84
14	15	7.73	0.0005	70.25	1926.11	1312.15	1325.10	38	150	0.43	1383.78	1383.36	71.63	58.26	74.84	61.89
15	16	7.73	0.0005	599.23	2525.34	1325.10	1273.89	38	150	0.43	1383.36	1379.73	58.26	105.84	61.89	113.10
16	17	7.73	0.0005	272.44	2797.78	1273.89	1330.40	38	150	0.43	1379.73	1378.08	105.84	47.68	113.10	56.59
17	18	7.73	0.0005	138.04	2935.82	1330.40	1344.25	38	150	0.43	1378.08	1377.25	47.68	33.00	56.59	42.74
18	19	7.73	0.0005	39.62	2975.44	1344.25	1337.75	38	150	0.43	1377.25	1377.01	33.00	39.26	42.74	49.24
19	20	7.73	0.0005	29.08	3004.52	1337.75	1344.38	38	150	0.43	1377.01	1376.83	39.26	32.45	49.24	42.61
20	21	7.73	0.0005	169.64	3174.16	1344.38	1334.91	38	150	0.43	1376.83	1375.80	32.45	40.89	42.61	52.08
21	22	7.73	0.0005	79.50	3253.66	1334.91	1341.10	38	150	0.43	1375.80	1375.32	40.89	34.22	52.08	45.89
22	23	7.73	0.0005	79.87	3333.53	1341.10	1336.79	38	150	0.43	1375.32	1374.84	34.22	38.05	45.89	50.20
23	24	7.73	0.0005	149.85	3483.38	1336.79	1368.92	38	150	0.43	1374.84	1373.93	38.05	5.01	50.20	18.07

Tabla 31: Análisis Hidráulico en la Línea de Conducción.

Fuente: Elaboración propia (2015).

Apéndice K: Tabla de Resumen de Resultados de Análisis Hidráulico en la Red de Distribución.

				2	LONGITUD	LONGITUD	Elevaciór	n del Nodo	Difmatos	Domesided	V	L	GH	Presión l	Dinámica	Presión	Estática
TRAMO	DE	Α	,	<b>J</b>	LONGITUD	ACUM.	Inicial	Final	Diámetro	Rugosidad	V	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
			(gpm)	( m³/s )	( m )	( m )	( m )	( m )	( mm )	( mm )	(m/s)	( m )	( m )	( m )	( m )	( m )	( m )
	Tanque	25	6.27	0.0004	106.12	106.12	1368.92	1361.47	38	150	0.35	1368.92	1368.48	0.00	7.01	0.00	7.45
	25	26	6.27	0.0004	84.65	190.77	1361.47	1342.93	38	150	0.35	1368.48	1368.14	7.01	25.21	7.45	25.99
	26	27	6.27	0.0004	40.35	231.12	1342.93	1344.93	38	150	0.35	1368.14	1367.97	25.21	23.04	25.99	23.99
	27	28	6.27	0.0004	143.23	374.35	1344.93	1318.15	38	150	0.35	1367.97	1367.38	23.04	49.23	23.99	50.77
ب	28	PRP-3	6.27	0.0004	111.68	486.03	1318.15	1305.54	38	150	0.35	1367.38	1305.54	49.23	0.00	50.77	63.38
PRINCIPAL	PRP-3	30	6.27	0.0004	462.24	948.27	1305.54	1262.07	25	150	0.81	1305.54	1290.92	0.00	28.85	0.00	43.47
NC NC	30	31	3.49	0.0002	280.93	1229.20	1262.07	1257.84	25	150	0.45	1290.92	1287.90	28.85	30.06	43.47	47.70
PR	31	32	1.74	0.0001	520.51	1749.71	1257.84	1188.41	25	150	0.22	1287.90	1286.46	30.06	98.05	47.70	117.13
RED	32	33	1.11	0.0001	544.01	2293.72	1188.41	1235.63	25	150	0.14	1286.46	1285.75	98.05	50.12	117.13	69.91
	33	34	0.32	0.0000	454.75	2748.47	1235.63	1271.23	19	150	0.07	1285.75	1285.52	50.12	14.29	69.91	34.31
	34	35	0.32	0.0000	479.76	3228.23	1271.23	1251.65	19	150	0.07	1285.52	1285.27	14.29	33.62	34.31	53.89
	35	36	0.32	0.0000	278.15	3506.38	1251.65	1262.28	19	150	0.07	1285.27	1285.13	33.62	22.85	53.89	43.26
	36	37	0.32	0.0000	116.77	3623.15	1262.28	1256.11	19	150	0.07	1285.13	1285.07	22.85	28.96	43.26	49.43
	37	38	0.32	0.0000	231.53	3854.68	1256.11	1273.63	19	150	0.07	1285.07	1284.95	28.96	11.32	49.43	31.91
_	24	39	0.83	0.0001	106.12	106.12	1368.92	1361.47	19	150	0.18	1368.92	1368.62	0.00	7.15	0.00	7.45
No.	39	40	0.83	0.0001	84.65	190.77	1361.47	1342.93	19	150	0.18	1368.62	1368.38	7.15	25.45	7.45	25.99
	40	41	0.83	0.0001	62.62	253.39	1342.93	1351.61	19	150	0.18	1368.38	1368.21	25.45	16.60	25.99	17.31
MA	41	42	0.83	0.0001	113.54	366.93	1351.61	1343.94	19	150	0.18	1368.21	1367.89	16.60	23.95	17.31	24.98
RAMAI	42	43	0.83	0.0001	136.41	503.34	1343.94	1359.38	19	150	0.18	1367.89	1367.50	23.95	8.12	24.98	9.54
	43	44	0.32	0.0000	396.56	899.90	1359.38	1323.47	19	150	0.07	1367.50	1367.30	8.12	43.83	9.54	45.45
. 2	30	45	2.69	0.0002	1013.43	1013.43	1262.07	1260.72	19	150	0.62	1262.07	1289.19	0.00	28.47	45.45	44.82
NO.	45	46	2.22	0.0001	149.2	1162.63	1260.72	1241.56	19	150	0.51	1289.19	1286.44	28.47	44.88	44.82	63.98
AL	46	47	1.27	0.0001	108.88	1271.51	1241.56	1253.10	19	150	0.26	1286.44	1285.83	44.88	32.73	63.98	52.44
RAMAL	47	PRP-4	1.27	0.0001	54.16	1325.67	1253.10	1231.58	19	150	0.26	1285.83	1231.58	32.73	0.00	52.44	73.96
<u>~</u>	PRP-4	49	1.27	0.0001	231.64	1557.31	1231.58	1185.80	19	150	0.26	1231.58	1230.30	0.00	44.50	0.00	45.78
- 3	24	50	3.8	0.0002	212.71	212.71	1368.92	1339.42	25	150	0.49	1368.92	1366.27	0.00	26.85	0.00	29.50
~	50	51	1.9	0.0001	271.34	484.05	1339.42	1308.94	25	150	0.25	1366.27	1365.25	26.85	56.31	29.50	59.98
- 4	50	52	1.74	0.0001	402.86	402.86	1339.42	1351.61	25	150	0.23	1339.42	1365.66	0.00	14.05	59.98	17.31
<b>E</b>	52	53	0.32	0.0000	34.80	437.66	1351.61	1347.36	19	150	0.07	1365.66	1365.64	14.05	18.28	17.31	21.56
	24	54	1.98	0.0001	149.85	149.85	1368.92	1336.79	25	150	0.25	1368.92	1368.36	0.00	31.57	0.00	32.13
	54	55	1.98	0.0001	79.87	229.72	1336.79	1341.10	25	150	0.25	1368.36	1368.06	31.57	26.96	32.13	27.82
. 5	55	56	1.98	0.0001	79.50	309.22	1341.10	1334.91	25	150	0.25	1368.06	1367.76	26.96	32.85	27.82	34.01
No.	56	57	1.98	0.0001	99.73	408.95	1334.91	1342.13	25	150	0.25	1367.76	1367.39	32.85	25.26	34.01	26.79
RAMAL	57	58	0.79	0.0000	99.86	508.81	1342.13	1342.90	19	150	0.19	1367.39	1367.09	25.26	24.19	26.79	26.02
¥	58	PRP-5	0.79	0.0000	195.67	704.48	1342.90	1301.95	19	150	0.19	1367.09	1301.95	24.19	0.00	26.02	66.97
<u> </u>	PRP-5	60	0.79	0.0000	131.26	835.74	1301.95	1272.67	19	150	0.19	1301.95	1301.55	0.00	28.88	0.00	29.28
	60	61	0.63	0.0004	202.46	1038.20	1272.67	1254.50	19	150	0.14	1301.55	1301.21	28.88	46.71	29.28	47.45
	61	62	0.63	0.0004	133.48	1171.68	1254.50	1263.55	19	150	0.14	1301.21	1300.98	46.71	37.43	47.45	38.40
9	57	63	1.11	0.0001	507.94	507.94	1342.13	1337.75	19	150	0.25	1342.13	1366.90	0.00	29.15	26.79	31.17
<b>&amp;</b>	63	64	1.11	0.0001	39.62	547.56	1337.75	1344.25	19	150	0.25	1366.90	1366.70	29.15	22.45	31.17	24.67
	64	65	1.11	0.0001	274.12	821.68	1344.25	1300.84	19	150	0.25	1366.70	1365.34	22.45	64.50	24.67	68.08

Tabla 32: Análisis Hidráulico en la Red de Distribución. Fuente: Elaboración propia (2015).

### Apéndice L: Comportamiento de la Línea de Gradiente Hidráulica y Línea de Carga Estática

#### L.1. Línea de Gradiente Hidráulica en la línea de Conducción.

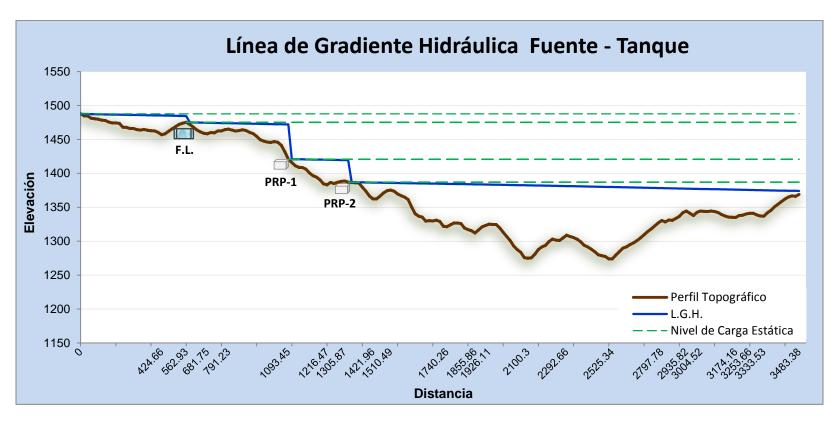


Figura 35: Línea de Gradiente Hidráulica Fuente – Tanque en Línea de Conducción. Fuente: Elaboración propia (2015).

#### Línea de Gradiente Hidráulica en la Red de Distribución L.2.

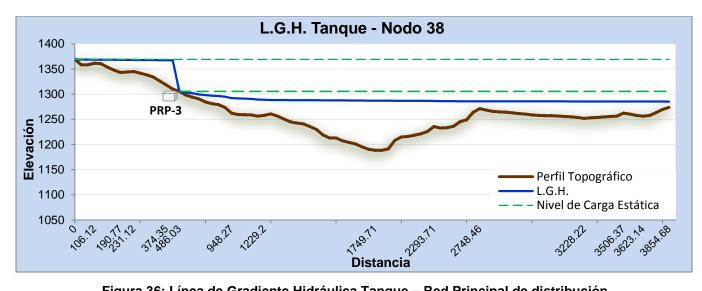


Figura 36: Línea de Gradiente Hidráulica Tanque - Red Principal de distribución

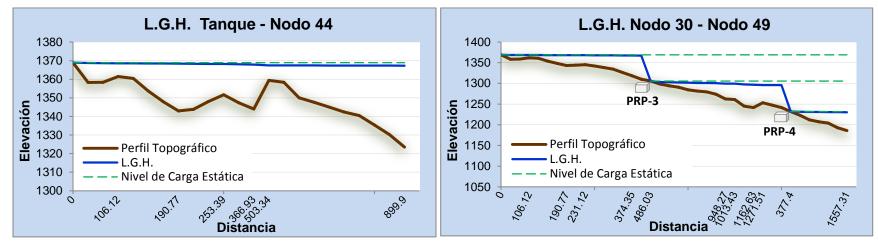
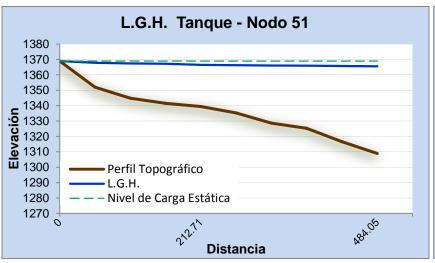


Figura 37: Línea de Gradiente Hidráulica Tanque - Ramal 1

Figura 38: Línea de Gradiente Hidráulica Tanque - Ramal 2



L.G.H. Nodo 50 - Nodo 53

1375
1370
1365
1360
1355
1340
1345
1340
1325
1320

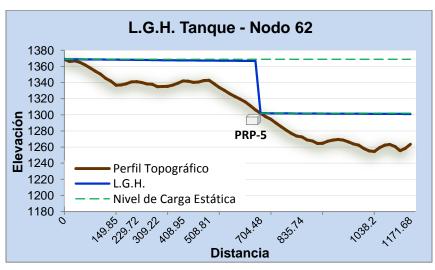
Perfil Topográfico
L.G.H.

—— Nivel de Carga Estática

Distancia

Figura 39: Línea de Gradiente Hidráulica Tanque - Ramal 3

Figura 40: Línea de Gradiente Hidráulica Tanque – Ramal 4





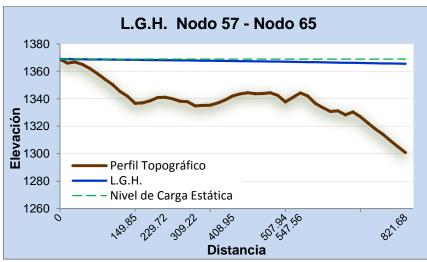


Figura 42: Línea de Gradiente Hidráulica Tanque - Ramal 6

# **Apéndice M:** Costos y Presupuesto

# M.1. Presupuesto de Ejecución del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable

No.	DESCRIPCIÓN	U/M	CANTIDAD	MATERIALES	TRANSPORTE	MANO DE OBRA	COSTO TOTAL
1.0	PRELIMINARES	glb	1.00	-	-	67,702.05	67,702.05
2.1	CAPTACIÓN 50.89 GPM (3.21 LPS)	c/u	1.00	35,679.00	8,539.20	21,741.60	65,959.80
2.2	PLANTA DE TRATAMIENTO	c/u	1.00	84,302.00	7,934.80	37,740.00	129,976.80
3.0	TRATAMIENTO	c/u	1.00	5,000.00	100.00	2,000.00	7,100.00
4.0	TANQUE DE ALMACENAMIENTO 2,642 GAL (10 m³)	c/u	1.00	110,361.64	16,235.05	27,484.05	154,080.74
5.1	LINEA DE CONDUCCIÓN	ml	3,483.38	156,850.00	6,672.50	93,084.50	256,607.00
5.2	RED DE DISTRIBUCIÓN	ml	7,657.03	143,576.00	7,103.00	271,394.90	422,073.90
6.0	CRUCES ESPECIALES	c/u	7.00	25,489.00	3,125.60	22,500.00	51,114.60
7.0	PILAS ROMPE CARGA	c/u	5.00	30,900.00	4,984.00	13,000.00	48,884.00
8.0	CONEXIONES DOMICILIARES DE PATIO	c/u	54.00	75,490.00	3,280.00	10,800.00	89,570.00
9.0	LETRINAS REVESTIDAS SENCILLAS	c/u	54.00	307,020.00	25,179.00	349,801.63	682,000.63
10.0	LIMPIEZA Y ENTREGA FINAL	glb	1.00	-	-	16,000.00	16,000.00
cos	TO TOTAL DIRECTO	C\$		974,667.64	83,153.15	933,248.73	1991,069.52
COS	TO INDIRECTO DE OPERACION	%	0.15	146,200.15	12,472.97	139,987.31	298,660.43
IMPR	EVISTOS	%	0.10	97,466.76	8,315.32	93,324.87	199,106.95
UTILI	DADES	%	0.15	146,200.15	12,472.97	139,987.31	298,660.43
SUB	-TOTAL	C\$		1364,534.70	116,414.41	1306,548.22	2787,497.33
Impu	esto Valor Agregado (IVA)	%	0.15	204,680.20	17,462.16	195,982.23	418,124.60
Impu	esto municipal (IM)	%	0.01	13,645.35	1,164.14	13,065.48	27,874.97
COS	TO TOTAL DE LA OBRA	C\$		1582,860.25	135,040.72	1515,595.94	3233,496.91
Tasa	de cambio	C\$/US\$		27.50	27.50	27.50	27.50
COS	TO TOTAL DE LA OBRA	US\$		57,558.55	4,910.57	55,112.58	117,581.71
Rubro		%		49%	4%	47%	100%

Tabla 33: Resultados de Costos Totales del Proyecto.

## M.2. Costo Total por Mano de Obra del Proyecto

	SUBETAPA	por Mano de Obra del Proyecto  DESCRIPCIÓN	11/84	CANTIDAD	MANO DE	COSTO TOTAL
ETAPA	SUBETAPA	DESCRIPCION	U/M	CANTIDAD	OBRA	
1.0	0.0	PRELIMINARES	glb	1.00	67702.05	67,702.05
	1.1	Limpieza inicial	m²	1,200.00	8.00	9,600.00
	1.2 1.3	Trazado de eje de tubería y predios Rótulo del proyecto	ml c/u	11,140.41 2.00	5.00 6,000.00	55,702.05 12,000.00
2.0	0.0	CAPTACIÓN Y PLANTA DE TRATAMIENTO	c/u c/u	2.00 2.00	<b>29,740.80</b>	<b>59,481.60</b>
2.0	2.1	Captación de 50.89 gpm (3.21 lps)	c/u	1.00	21,741.60	21,741.60
	2.11	Excavación estructural	m³	9.21	200.00	1,841.60
		Construcción de Caja de Captación de 1.30m x 1.15m x 1.20m,				,
	2.12	mampostería de ladrillo cuarterón de 2" x 5" x 10", columnas y vigas	c/u	1.00	5,000.00	5,000.00
	2.12	con 4 refuerzo # 3 y estribos a 0.10m, losa inferior y superior con	0, a	1.00	0,000.00	0,000.00
		refuerzo # 3 @ 0.10 a/d. Construcción de Muros de Retención de agua de concreto ciclópeo				
	2.13	de 3,000 Psi	m³	6.60	1,500.00	9,900.00
	2.14	Construcción de caja protectora de válvula de 0.60m x 0.60m x	c/u	1.00	500.00	500.00
		0.60m, con tapa				
	2.15	Obras Accesorias	glb	1.00	2,500.00	2,500.00
	2.16 <b>2.2</b>	Obras de Mitigación Ambiental  Planta de Tratamiento	glb <b>c/u</b>	1.00 <b>1.00</b>	2,000.00 <b>37,740.00</b>	2,000.00 <b>37,740.00</b>
	2.21	Excavación Estructural	m³	3.84	200.00	768.80
	2.22	Mejoramiento de suelo con material selecto	m³	3.84	1,000.00	3,840.00
		Construcción de filtro de concreto reforzado de 3000 Psi,		0.0 .	.,000.00	0,010.00
	2.23	Monolítico, con refuerzo principal # 4 @ 0.20m el vertical y 0.25m el	m³	6.70	2,000.00	13,400.00
		horizontal, refuerzo de cajas de entrada y salida # 3 @ 0.20m a/d				
	2.24	Contrucción de tapas para filtro de 0.50mx1.55mx0.05m, con	c/u	14.00	500.00	7,000.00
		refuerzo # 3 a 0.20m a/d				,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,
	2.25	Construcción de caja protectora de válvula de 0.60mx0.60mx0.60m, con tapa		5.00	500.00	2,500.00
	2.26	Obras Accesorias	glb	1.00	5,000.00	5,000.00
	2.27	Obras de Mitigación Ambiental	glb	1.00	2,000.00	2,000.00
3.0	0.0	TRATAMIENTO	c/u	1.00	2,000.00	2,000.00
	3.1	Instalación de Hipoclorador	c/u	1.00	500.00	500.00
4.0	3.2	Construcción de Caja de Protección	c/u	1.00	1,500.00	1,500.00
4.0	0.0	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	c/u	1.00	27,484.05	27,484.05
	4.1	Tanque sobre suelo 2,642 galones (10.00 m³)	m³	10.00	2,748.41	27,484.05
	4.11 4.12	Excavación Estructural Suelo-Cemento 1:5	m³ m³	12.15 12.15	200.00 300.00	2,430.00 3,645.00
	4.13	Construccion de Losa inferior	m²	20.25	200.00	4,050.00
	4.14	Construcción de Paredes	m³	13.71	400.00	5,482.80
	4.15	Repello de Paredes y Losa Superior	m²	60.01	35.00	2,100.35
	4.16	Arenillado de Paredes Exteriores y Losa Superior	m²	40.01	35.00	1,400.35
	4.17	Afinado de Paredes Interiores y Losa Inferior	m²	26.25	35.00	918.75
	4.18	Construcción de Losa Superior	m²	9.61	250.00	2,402.50
	4.19 4.20	Viga Corona de 0.30m x 0.30m Pintura Exterior	ml m²	11.20 40.01	70.00 30.00	784.00 1,200.30
	4.21	Instalación de Accesorios	glb	1.00	3,500.00	3,500.00
	4.22	Obras de Mitigación Ambiental	glb	1.00	2,000.00	2,000.00
5.0	0.0	CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN	ml	11,140.41	32.72	364,479.40
	5.1	Línea de Conducción	ml	3,483.38	26.72	93,084.50
	5.11	Instalación de Tubería PVC 38 mm SDR-26	ml	2,805.92	5.00	14,029.60
	5.12 5.13					
	513	Instalación de Tubería PVC 38 mm SDR-17	ml	677.46	5.00	3,387.30
		Excavación de zanja de 0.50 m de ancho y 0.80 m de profundidad	m³	1,393.35	50.00	69,667.60
	5.14	Excavación de zanja de 0.50 m de ancho y 0.80 m de profundidad Prueba hidrostática	m³ c/u	1,393.35 12.00	50.00 500.00	69,667.60 6,000.00
		Excavación de zanja de 0.50 m de ancho y 0.80 m de profundidad	m³	1,393.35	50.00	69,667.60
	5.14 <b>5.2</b> 5.21 5.22	Excavación de zanja de 0.50 m de ancho y 0.80 m de profundidad Prueba hidrostática  Red de Distribución  Instalación de Tubería PVC 38 mm SDR-26 Instalación de Tubería PVC 25 mm SDR-26	m³ c/u <b>ml</b> ml ml	1,393.35 12.00 <b>7,657.03</b> 486.03 2,273.52	50.00 500.00 <b>35.44</b> 5.00 4.00	69,667.60 6,000.00 <b>271,394.90</b> 2,430.15 9,094.08
	5.14 <b>5.2</b> 5.21 5.22 5.23	Excavación de zanja de 0.50 m de ancho y 0.80 m de profundidad Prueba hidrostática  Red de Distribución Instalación de Tubería PVC 38 mm SDR-26 Instalación de Tubería PVC 25 mm SDR-26 Instalación de Tubería PVC 25 mm SDR-17	m³ c/u ml ml ml ml	1,393.35 12.00 <b>7,657.03</b> 486.03 2,273.52 595.55	50.00 500.00 <b>35.44</b> 5.00 4.00	69,667.60 6,000.00 <b>271,394.90</b> 2,430.15 9,094.08 2,382.20
	5.14 5.2 5.21 5.22 5.23 5.24	Excavación de zanja de 0.50 m de ancho y 0.80 m de profundidad Prueba hidrostática  Red de Distribución Instalación de Tubería PVC 38 mm SDR-26 Instalación de Tubería PVC 25 mm SDR-26 Instalación de Tubería PVC 25 mm SDR-17 Instalación de Tubería PVC 19 mm SDR-26	m³ c/u ml ml ml ml	1,393.35 12.00 <b>7,657.03</b> 486.03 2,273.52 595.55 4,301.93	50.00 500.00 <b>35.44</b> 5.00 4.00 4.00 4.00	69,667.60 6,000.00 <b>271,394.90</b> 2,430.15 9,094.08 2,382.20 17,207.72
	5.14 5.2 5.21 5.22 5.23 5.24 5.25	Excavación de zanja de 0.50 m de ancho y 0.80 m de profundidad Prueba hidrostática  Red de Distribución Instalación de Tubería PVC 38 mm SDR-26 Instalación de Tubería PVC 25 mm SDR-26 Instalación de Tubería PVC 25 mm SDR-17 Instalación de Tubería PVC 19 mm SDR-26 Excavación de zanja de 0.50 m de ancho y 1.20 m de profundidad	m³ c/u ml ml ml ml	1,393.35 12.00 <b>7,657.03</b> 486.03 2,273.52 595.55 4,301.93 4,594.22	50.00 500.00 <b>35.44</b> 5.00 4.00 4.00 4.00 50.00	69,667.60 6,000.00 <b>271,394.90</b> 2,430.15 9,094.08 2,382.20 17,207.72 229,710.90
6.0	5.14 5.2 5.21 5.22 5.23 5.24	Excavación de zanja de 0.50 m de ancho y 0.80 m de profundidad Prueba hidrostática  Red de Distribución Instalación de Tubería PVC 38 mm SDR-26 Instalación de Tubería PVC 25 mm SDR-26 Instalación de Tubería PVC 25 mm SDR-17 Instalación de Tubería PVC 19 mm SDR-26	m³ c/u ml ml ml ml ml ml ml ml	1,393.35 12.00 <b>7,657.03</b> 486.03 2,273.52 595.55 4,301.93	50.00 500.00 <b>35.44</b> 5.00 4.00 4.00 4.00	69,667.60 6,000.00 <b>271,394.90</b> 2,430.15 9,094.08 2,382.20 17,207.72
6.0	5.14 5.2 5.21 5.22 5.23 5.24 5.25 5.26	Excavación de zanja de 0.50 m de ancho y 0.80 m de profundidad Prueba hidrostática  Red de Distribución Instalación de Tubería PVC 38 mm SDR-26 Instalación de Tubería PVC 25 mm SDR-26 Instalación de Tubería PVC 25 mm SDR-17 Instalación de Tubería PVC 19 mm SDR-26 Excavación de zanja de 0.50 m de ancho y 1.20 m de profundidad Prueba hidrostática	m³ c/u ml ml ml ml ml ml c/u	1,393.35 12.00 <b>7,657.03</b> 486.03 2,273.52 595.55 4,301.93 4,594.22 26.00	50.00 500.00 35.44 5.00 4.00 4.00 4.00 50.00	69,667.60 6,000.00 <b>271,394.90</b> 2,430.15 9,094.08 2,382.20 17,207.72 229,710.90 13,000.00
6.0	5.14 5.2 5.21 5.22 5.23 5.24 5.25 5.26 0.0 6.1 6.11	Excavación de zanja de 0.50 m de ancho y 0.80 m de profundidad Prueba hidrostática  Red de Distribución  Instalación de Tubería PVC 38 mm SDR-26 Instalación de Tubería PVC 25 mm SDR-26 Instalación de Tubería PVC 25 mm SDR-17 Instalación de Tubería PVC 19 mm SDR-26 Excavación de zanja de 0.50 m de ancho y 1.20 m de profundidad Prueba hidrostática  CRUCES ESPECIALES  Cruce en cauces o quebradas, enterrados y de PVC Instalación de Tubería de 38 mm x 6.00 m	m³ c/u ml ml ml ml ml c/u c/u c/u	1,393.35 12.00 <b>7,657.03</b> 486.03 2,273.52 595.55 4,301.93 4,594.22 26.00 <b>7.00</b> <b>2.00</b>	50.00 500.00 35.44 5.00 4.00 4.00 50.00 50.00 3,214.29 1,500.00	69,667.60 6,000.00 <b>271,394.90</b> 2,430.15 9,094.08 2,382.20 17,207.72 229,710.90 13,000.00 <b>22,500.00</b> 3,000.00
6.0	5.14 5.2 5.21 5.22 5.23 5.24 5.25 5.26 0.0 6.1 6.11 6.2	Excavación de zanja de 0.50 m de ancho y 0.80 m de profundidad Prueba hidrostática  Red de Distribución Instalación de Tubería PVC 38 mm SDR-26 Instalación de Tubería PVC 25 mm SDR-26 Instalación de Tubería PVC 25 mm SDR-17 Instalación de Tubería PVC 19 mm SDR-26 Excavación de zanja de 0.50 m de ancho y 1.20 m de profundidad Prueba hidrostática  CRUCES ESPECIALES  Cruce en cauces o quebradas, enterrados y de PVC Instalación de Tubería de 38 mm x 6.00 m  Cruce en cauces o quebradas, aéreos y de HG	m³ c/u ml ml ml ml ms c/u c/u c/u c/u	1,393.35 12.00 <b>7,657.03</b> 486.03 2,273.52 595.55 4,301.93 4,594.22 26.00 <b>7.00</b> 2.00 5.00	50.00 500.00 35.44 5.00 4.00 4.00 50.00 500.00 3,214.29 1,500.00 3900	69,667.60 6,000.00 <b>271,394.90</b> 2,430.15 9,094.08 2,382.20 17,207.72 229,710.90 13,000.00 <b>22,500.00</b> 3,000.00 <b>19,500.00</b>
6.0	5.14 5.2 5.21 5.22 5.23 5.24 5.25 5.26 0.0 6.1 6.11 6.2 6.21	Excavación de zanja de 0.50 m de ancho y 0.80 m de profundidad Prueba hidrostática  Red de Distribución  Instalación de Tubería PVC 38 mm SDR-26 Instalación de Tubería PVC 25 mm SDR-26 Instalación de Tubería PVC 25 mm SDR-17 Instalación de Tubería PVC 19 mm SDR-26 Excavación de zanja de 0.50 m de ancho y 1.20 m de profundidad Prueba hidrostática  CRUCES ESPECIALES  Cruce en cauces o quebradas, enterrados y de PVC Instalación de Tubería de 38 mm x 6.00 m  Cruce en cauces o quebradas, aéreos y de HG Instalación de Tubería de 38 mm x 6.00 m	m³ c/u ml ml ml ml ms c/u c/u c/u c/u c/u	1,393.35 12.00 <b>7,657.03</b> 486.03 2,273.52 595.55 4,301.93 4,594.22 26.00 <b>7.00</b> <b>2.00</b> <b>2.00</b> <b>5.00</b> 3.00	50.00 500.00 35.44 5.00 4.00 4.00 50.00 500.00 3,214.29 1,500.00 1,500.00 4,000.00	69,667.60 6,000.00 <b>271,394.90</b> 2,430.15 9,094.08 2,382.20 17,207.72 229,710.90 13,000.00 <b>22,500.00</b> 3,000.00 19,500.00 12,000.00
	5.14 5.2 5.21 5.22 5.23 5.24 5.25 5.26 0.0 6.1 6.11 6.2 6.21 6.22	Excavación de zanja de 0.50 m de ancho y 0.80 m de profundidad Prueba hidrostática  Red de Distribución  Instalación de Tubería PVC 38 mm SDR-26 Instalación de Tubería PVC 25 mm SDR-26 Instalación de Tubería PVC 25 mm SDR-17 Instalación de Tubería PVC 19 mm SDR-26 Excavación de zanja de 0.50 m de ancho y 1.20 m de profundidad Prueba hidrostática  CRUCES ESPECIALES  Cruce en cauces o quebradas, enterrados y de PVC Instalación de Tubería de 38 mm x 6.00 m  Cruce en cauces o quebradas, aéreos y de HG Instalación de Tubería de 38 mm x 6.00 m Instalación de Tubería de 38 mm x 12.00 m	m³ c/u ml ml ml ml m³ c/u c/u c/u c/u c/u c/u	1,393.35 12.00 7,657.03 486.03 2,273.52 595.55 4,301.93 4,594.22 26.00 7.00 2.00 2.00 5.00 3.00 2.00	50.00 500.00 35.44 5.00 4.00 4.00 50.00 500.00 500.00 3,214.29 1,500.00 1,500.00 3900 4,000.00 3,750.00	69,667.60 6,000.00 <b>271,394.90</b> 2,430.15 9,094.08 2,382.20 17,207.72 229,710.90 13,000.00 <b>22,500.00</b> 3,000.00 19,500.00 12,000.00 7,500.00
7.0	5.14 5.2 5.21 5.22 5.23 5.24 5.25 5.26 0.0 6.1 6.11 6.2 6.21 6.22 0.0	Excavación de zanja de 0.50 m de ancho y 0.80 m de profundidad Prueba hidrostática  Red de Distribución  Instalación de Tubería PVC 38 mm SDR-26 Instalación de Tubería PVC 25 mm SDR-26 Instalación de Tubería PVC 25 mm SDR-17 Instalación de Tubería PVC 19 mm SDR-26 Excavación de zanja de 0.50 m de ancho y 1.20 m de profundidad Prueba hidrostática  CRUCES ESPECIALES  Cruce en cauces o quebradas, enterrados y de PVC Instalación de Tubería de 38 mm x 6.00 m  Cruce en cauces o quebradas, aéreos y de HG Instalación de Tubería de 38 mm x 6.00 m  Instalación de Tubería de 38 mm x 12.00 m  CONSTRUCCIÓN DE PILAS ROMPE CARGA	m³ c/u ml ml ml ml ms c/u c/u c/u c/u c/u c/u c/u	1,393.35 12.00 7,657.03 486.03 2,273.52 595.55 4,301.93 4,594.22 26.00 7.00 2.00 2.00 5.00 3.00 2.00 5.00	50.00 500.00 35.44 5.00 4.00 4.00 50.00 500.00 3,214.29 1,500.00 1,500.00 3900 4,000.00 3,750.00 2,600.00	69,667.60 6,000.00 271,394.90 2,430.15 9,094.08 2,382.20 17,207.72 229,710.90 13,000.00 3,000.00 19,500.00 12,000.00 7,500.00 13,000.00
	5.14 5.2 5.21 5.22 5.23 5.24 5.25 5.26 0.0 6.1 6.11 6.2 6.21 6.22 0.0 7.1	Excavación de zanja de 0.50 m de ancho y 0.80 m de profundidad Prueba hidrostática  Red de Distribución  Instalación de Tubería PVC 38 mm SDR-26 Instalación de Tubería PVC 25 mm SDR-26 Instalación de Tubería PVC 25 mm SDR-17 Instalación de Tubería PVC 19 mm SDR-26 Excavación de zanja de 0.50 m de ancho y 1.20 m de profundidad Prueba hidrostática  CRUCES ESPECIALES  Cruce en cauces o quebradas, enterrados y de PVC Instalación de Tubería de 38 mm x 6.00 m  Cruce en cauces o quebradas, aéreos y de HG Instalación de Tubería de 38 mm x 12.00 m  CONSTRUCCIÓN DE PILAS ROMPE CARGA	m³ c/u ml ml ml ml ms c/u c/u c/u c/u c/u c/u c/u c/u	1,393.35 12.00 7,657.03 486.03 2,273.52 595.55 4,301.93 4,594.22 26.00 7.00 2.00 2.00 5.00 3.00 2.00 5.00 5.00	50.00 500.00 35.44 5.00 4.00 4.00 50.00 500.00 3,214.29 1,500.00 1,500.00 3,750.00 2,600.00 2,500.00	69,667.60 6,000.00 271,394.90 2,430.15 9,094.08 2,382.20 17,207.72 229,710.90 13,000.00 3,000.00 19,500.00 12,000.00 12,000.00 13,000.00 12,500.00 12,500.00
	5.14 5.2 5.21 5.22 5.23 5.24 5.25 5.26 0.0 6.1 6.11 6.2 6.21 6.22 0.0	Excavación de zanja de 0.50 m de ancho y 0.80 m de profundidad Prueba hidrostática  Red de Distribución  Instalación de Tubería PVC 38 mm SDR-26 Instalación de Tubería PVC 25 mm SDR-26 Instalación de Tubería PVC 25 mm SDR-17 Instalación de Tubería PVC 19 mm SDR-26 Excavación de zanja de 0.50 m de ancho y 1.20 m de profundidad Prueba hidrostática  CRUCES ESPECIALES  Cruce en cauces o quebradas, enterrados y de PVC Instalación de Tubería de 38 mm x 6.00 m  Cruce en cauces o quebradas, aéreos y de HG Instalación de Tubería de 38 mm x 6.00 m  Instalación de Tubería de 38 mm x 12.00 m  CONSTRUCCIÓN DE PILAS ROMPE CARGA	m³ c/u ml ml ml ml ms c/u c/u c/u c/u c/u c/u c/u	1,393.35 12.00 7,657.03 486.03 2,273.52 595.55 4,301.93 4,594.22 26.00 7.00 2.00 2.00 5.00 3.00 2.00 5.00	50.00 500.00 35.44 5.00 4.00 4.00 50.00 500.00 3,214.29 1,500.00 1,500.00 3900 4,000.00 3,750.00 2,600.00	69,667.60 6,000.00 271,394.90 2,430.15 9,094.08 2,382.20 17,207.72 229,710.90 13,000.00 3,000.00 19,500.00 12,000.00 7,500.00 13,000.00
7.0	5.14 5.2 5.21 5.22 5.23 5.24 5.25 5.26 0.0 6.1 6.11 6.2 6.21 6.22 0.0 7.1 7.2	Excavación de zanja de 0.50 m de ancho y 0.80 m de profundidad Prueba hidrostática  Red de Distribución Instalación de Tubería PVC 38 mm SDR-26 Instalación de Tubería PVC 25 mm SDR-26 Instalación de Tubería PVC 25 mm SDR-17 Instalación de Tubería PVC 19 mm SDR-26 Excavación de zanja de 0.50 m de ancho y 1.20 m de profundidad Prueba hidrostática  CRUCES ESPECIALES  Cruce en cauces o quebradas, enterrados y de PVC Instalación de Tubería de 38 mm x 6.00 m  Cruce en cauces o quebradas, aéreos y de HG Instalación de Tubería de 38 mm x 12.00 m  CONSTRUCCIÓN DE PILAS ROMPE CARGA  Pilas rompe carga  Obras de mitigación ambiental	m³ c/u ml ml ml ml m³ c/u	1,393.35 12.00 7,657.03 486.03 2,273.52 595.55 4,301.93 4,594.22 26.00 7.00 2.00 5.00 3.00 2.00 5.00 5.00 1.00	50.00 500.00 35.44 5.00 4.00 4.00 50.00 500.00 3,214.29 1,500.00 3,750.00 2,600.00 500.00	69,667.60 6,000.00 271,394.90 2,430.15 9,094.08 2,382.20 17,207.72 229,710.90 13,000.00 3,000.00 19,500.00 12,000.00 12,500.00 13,000.00 12,500.00 12,500.00 500.00
7.0	5.14 5.2 5.21 5.22 5.23 5.24 5.25 5.26 0.0 6.1 6.11 6.2 6.21 6.22 0.0 7.1 7.2 0.0 8.1 8.2	Excavación de zanja de 0.50 m de ancho y 0.80 m de profundidad Prueba hidrostática  Red de Distribución Instalación de Tubería PVC 38 mm SDR-26 Instalación de Tubería PVC 25 mm SDR-26 Instalación de Tubería PVC 25 mm SDR-17 Instalación de Tubería PVC 19 mm SDR-26 Excavación de zanja de 0.50 m de ancho y 1.20 m de profundidad Prueba hidrostática  CRUCES ESPECIALES  Cruce en cauces o quebradas, enterrados y de PVC Instalación de Tubería de 38 mm x 6.00 m  Cruce en cauces o quebradas, aéreos y de HG Instalación de Tubería de 38 mm x 12.00 m  CONSTRUCCIÓN DE PILAS ROMPE CARGA Pilas rompe carga  Obras de mitigación ambiental  CONEXIONES DE SERVICIO Instalación de Puestos Publicos	m³ c/u ml ml ml ml ms c/u	1,393.35 12.00 7,657.03 486.03 2,273.52 595.55 4,301.93 4,594.22 26.00 7.00 2.00 2.00 5.00 3.00 2.00 5.00 1.00 54.00 51.00 3.00	50.00 500.00 35.44 5.00 4.00 4.00 50.00 500.00 500.00 1,500.00 3,750.00 2,600.00 200.00 200.00	69,667.60 6,000.00 271,394.90 2,430.15 9,094.08 2,382.20 17,207.72 229,710.90 13,000.00 3,000.00 19,500.00 12,000.00 12,500.00 13,000.00 12,500.00 12,500.00 10,800.00 10,200.00 600.00
7.0	5.14 5.2 5.21 5.22 5.23 5.24 5.25 5.26 0.0 6.1 6.11 6.2 6.21 6.22 0.0 7.1 7.2 0.0 8.1 8.2 0.0	Excavación de zanja de 0.50 m de ancho y 0.80 m de profundidad Prueba hidrostática  Red de Distribución Instalación de Tubería PVC 38 mm SDR-26 Instalación de Tubería PVC 25 mm SDR-26 Instalación de Tubería PVC 25 mm SDR-17 Instalación de Tubería PVC 19 mm SDR-26 Excavación de zanja de 0.50 m de ancho y 1.20 m de profundidad Prueba hidrostática  CRUCES ESPECIALES  Cruce en cauces o quebradas, enterrados y de PVC Instalación de Tubería de 38 mm x 6.00 m  Cruce en cauces o quebradas, aéreos y de HG Instalación de Tubería de 38 mm x 12.00 m  CONSTRUCCIÓN DE PILAS ROMPE CARGA Pilas rompe carga  Obras de mitigación ambiental  CONEXIONES DE SERVICIO Instalación de Puestos Publicos  CONSTRUCCIÓN DE LETRINAS REVESTIDAS SENCILLAS	m³ c/u ml ml ml ml ms c/u	1,393.35 12.00 7,657.03 486.03 2,273.52 595.55 4,301.93 4,594.22 26.00 7.00 2.00 2.00 5.00 3.00 2.00 5.00 5.00 5.00 1.00 54.00 51.00 3.00 54.00	50.00 500.00 35.44 5.00 4.00 4.00 4.00 50.00 500.00 3,214.29 1,500.00 1,500.00 3,750.00 2,600.00 200.00 200.00 200.00 6,477.81	69,667.60 6,000.00 271,394.90 2,430.15 9,094.08 2,382.20 17,207.72 229,710.90 13,000.00 3,000.00 12,000.00 7,500.00 12,500.00 12,500.00 12,500.00 12,500.00 10,200.00 10,200.00 600.00 349,801.63
7.0	5.14 5.2 5.21 5.22 5.23 5.24 5.25 5.26 0.0 6.1 6.11 6.2 6.21 6.22 0.0 7.1 7.2 0.0 8.1 8.2 0.0 9.1	Excavación de zanja de 0.50 m de ancho y 0.80 m de profundidad Prueba hidrostática  Red de Distribución Instalación de Tubería PVC 38 mm SDR-26 Instalación de Tubería PVC 25 mm SDR-26 Instalación de Tubería PVC 25 mm SDR-17 Instalación de Tubería PVC 19 mm SDR-26 Excavación de zanja de 0.50 m de ancho y 1.20 m de profundidad Prueba hidrostática  CRUCES ESPECIALES  Cruce en cauces o quebradas, enterrados y de PVC Instalación de Tubería de 38 mm x 6.00 m  Cruce en cauces o quebradas, aéreos y de HG Instalación de Tubería de 38 mm x 12.00 m  CONSTRUCCIÓN DE PILAS ROMPE CARGA  Pilas rompe carga  Obras de mitigación ambiental  CONEXIONES DE SERVICIO Instalación de Puestos Publicos  CONSTRUCCIÓN DE LETRINAS REVESTIDAS SENCILLAS  Excavación manual de foso (hoyo) para letrina sencilla	m³ c/u ml ml ml ml ms c/u	1,393.35 12.00 7,657.03 486.03 2,273.52 595.55 4,301.93 4,594.22 26.00 7.00 2.00 5.00 3.00 2.00 5.00 1.00 54.00 51.00 3.00 54.00 90.33	50.00 500.00 35.44 5.00 4.00 4.00 50.00 500.00 500.00 3,214.29 1,500.00 1,500.00 3,750.00 2,600.00 200.00 200.00 200.00 6,477.81 100.00	69,667.60 6,000.00 271,394.90 2,430.15 9,094.08 2,382.20 17,207.72 229,710.90 13,000.00 3,000.00 19,500.00 12,000.00 12,500.00 12,500.00 10,200.00 10,200.00 349,801.63 9,033.12
7.0	5.14 5.2 5.21 5.22 5.23 5.24 5.25 5.26 0.0 6.1 6.11 6.2 6.21 6.22 0.0 7.1 7.2 0.0 8.1 8.2 0.0 9.1 9.2	Excavación de zanja de 0.50 m de ancho y 0.80 m de profundidad Prueba hidrostática  Red de Distribución Instalación de Tubería PVC 38 mm SDR-26 Instalación de Tubería PVC 25 mm SDR-26 Instalación de Tubería PVC 25 mm SDR-17 Instalación de Tubería PVC 19 mm SDR-26 Excavación de zanja de 0.50 m de ancho y 1.20 m de profundidad Prueba hidrostática CRUCES ESPECIALES Cruce en cauces o quebradas, enterrados y de PVC Instalación de Tubería de 38 mm x 6.00 m Cruce en cauces o quebradas, aéreos y de HG Instalación de Tubería de 38 mm x 12.00 m CONSTRUCCIÓN DE PILAS ROMPE CARGA Pilas rompe carga Obras de mitigación ambiental CONEXIONES DE SERVICIO Instalación de Puestos Publicos CONSTRUCCIÓN DE LETRINAS REVESTIDAS SENCILLAS Excavación manual de foso (hoyo) para letrina sencilla Botar material de excavación	m³ c/u ml ml ml ml ms c/u	1,393.35 12.00 7,657.03 486.03 2,273.52 595.55 4,301.93 4,594.22 26.00 7.00 2.00 5.00 3.00 2.00 5.00 1.00 54.00 51.00 3.00 54.00 90.33 6,341.25	50.00 500.00 35.44 5.00 4.00 4.00 50.00 500.00 500.00 3,214.29 1,500.00 1,500.00 3,750.00 2,600.00 200.00 200.00 200.00 6,477.81 100.00	69,667.60 6,000.00 271,394.90 2,430.15 9,094.08 2,382.20 17,207.72 229,710.90 13,000.00 3,000.00 19,500.00 12,000.00 12,500.00 12,500.00 10,800.00 10,800.00 10,200.00 600.00 349,801.63 9,033.12 317,062.51
7.0	5.14 5.2 5.21 5.22 5.23 5.24 5.25 5.26 0.0 6.1 6.11 6.2 6.21 6.22 0.0 7.1 7.2 0.0 8.1 8.2 0.0 9.1 9.2 9.3	Excavación de zanja de 0.50 m de ancho y 0.80 m de profundidad Prueba hidrostática  Red de Distribución Instalación de Tubería PVC 38 mm SDR-26 Instalación de Tubería PVC 25 mm SDR-26 Instalación de Tubería PVC 25 mm SDR-17 Instalación de Tubería PVC 19 mm SDR-26 Excavación de zanja de 0.50 m de ancho y 1.20 m de profundidad Prueba hidrostática CRUCES ESPECIALES Cruce en cauces o quebradas, enterrados y de PVC Instalación de Tubería de 38 mm x 6.00 m Cruce en cauces o quebradas, aéreos y de HG Instalación de Tubería de 38 mm x 12.00 m CONSTRUCCIÓN DE PILAS ROMPE CARGA Pilas rompe carga Obras de mitigación ambiental CONEXIONES DE SERVICIO Instalación de Puestos Publicos CONSTRUCCIÓN DE LETRINAS REVESTIDAS SENCILLAS Excavación manual de foso (hoyo) para letrina sencilla Botar material de excavación Calzado de foso de letrina	m³ c/u ml ml ml ml ml ms c/u	1,393.35 12.00 7,657.03 486.03 2,273.52 595.55 4,301.93 4,594.22 26.00 7.00 2.00 2.00 5.00 3.00 2.00 5.00 5.00 5.00 5.00 5.00 5.00 5	50.00 500.00 35.44 5.00 4.00 4.00 50.00 500.00 500.00 1,500.00 3,750.00 2,600.00 200.00 200.00 6,477.81 100.00 500.00	69,667.60 6,000.00 271,394.90 2,430.15 9,094.08 2,382.20 17,207.72 229,710.90 13,000.00 3,000.00 19,500.00 12,000.00 12,000.00 13,000.00 12,500.00 10,200.00 10,200.00 10,200.00 349,801.63 9,033.12 317,062.51 18,306.00
7.0	5.14 5.2 5.21 5.22 5.23 5.24 5.25 5.26 0.0 6.1 6.11 6.2 6.21 6.22 0.0 7.1 7.2 0.0 8.1 8.2 0.0 9.1 9.2	Excavación de zanja de 0.50 m de ancho y 0.80 m de profundidad Prueba hidrostática  Red de Distribución Instalación de Tubería PVC 38 mm SDR-26 Instalación de Tubería PVC 25 mm SDR-26 Instalación de Tubería PVC 25 mm SDR-17 Instalación de Tubería PVC 19 mm SDR-26 Excavación de zanja de 0.50 m de ancho y 1.20 m de profundidad Prueba hidrostática  CRUCES ESPECIALES  Cruce en cauces o quebradas, enterrados y de PVC Instalación de Tubería de 38 mm x 6.00 m  Cruce en cauces o quebradas, aéreos y de HG Instalación de Tubería de 38 mm x 12.00 m  CONSTRUCCIÓN DE PILAS ROMPE CARGA Pilas rompe carga  Obras de mitigación ambiental  CONEXIONES DE SERVICIO Instalación de Conexiones Domiciliares Instalación de Puestos Publicos  CONSTRUCCIÓN DE LETRINAS REVESTIDAS SENCILLAS  Excavación manual de foso (hoyo) para letrina sencilla Botar material de excavación  Calzado de foso de letrina Instalación de plancha y banco	m³ c/u ml ml ml ml ms c/u	1,393.35 12.00 7,657.03 486.03 2,273.52 595.55 4,301.93 4,594.22 26.00 7.00 2.00 5.00 3.00 2.00 5.00 1.00 54.00 51.00 3.00 54.00 90.33 6,341.25	50.00 500.00 35.44 5.00 4.00 4.00 50.00 500.00 500.00 3,214.29 1,500.00 1,500.00 3,750.00 2,600.00 200.00 200.00 200.00 6,477.81 100.00	69,667.60 6,000.00 271,394.90 2,430.15 9,094.08 2,382.20 17,207.72 229,710.90 13,000.00 3,000.00 19,500.00 12,000.00 7,500.00 13,000.00 12,500.00 10,200.00 10,200.00 10,200.00 349,801.63 9,033.12 317,062.51 18,306.00 2,700.00
7.0	5.14 5.2 5.21 5.22 5.23 5.24 5.25 5.26 0.0 6.1 6.11 6.2 6.21 6.22 0.0 7.1 7.2 0.0 8.1 8.2 0.0 9.1 9.2 9.3 9.4	Excavación de zanja de 0.50 m de ancho y 0.80 m de profundidad Prueba hidrostática  Red de Distribución Instalación de Tubería PVC 38 mm SDR-26 Instalación de Tubería PVC 25 mm SDR-26 Instalación de Tubería PVC 25 mm SDR-17 Instalación de Tubería PVC 19 mm SDR-26 Excavación de zanja de 0.50 m de ancho y 1.20 m de profundidad Prueba hidrostática CRUCES ESPECIALES Cruce en cauces o quebradas, enterrados y de PVC Instalación de Tubería de 38 mm x 6.00 m Cruce en cauces o quebradas, aéreos y de HG Instalación de Tubería de 38 mm x 12.00 m CONSTRUCCIÓN DE PILAS ROMPE CARGA Pilas rompe carga Obras de mitigación ambiental CONEXIONES DE SERVICIO Instalación de Puestos Publicos CONSTRUCCIÓN DE LETRINAS REVESTIDAS SENCILLAS Excavación manual de foso (hoyo) para letrina sencilla Botar material de excavación Calzado de foso de letrina	m³ c/u ml ml ml ml ml ms c/u	1,393.35 12.00 7,657.03 486.03 2,273.52 595.55 4,301.93 4,594.22 26.00 7.00 2.00 2.00 5.00 3.00 2.00 5.00 1.00 54.00 51.00 3.00 54.00 90.33 6,341.25 366.12 54.00	50.00 500.00 35.44 5.00 4.00 4.00 4.00 50.00 500.00 3,214.29 1,500.00 1,500.00 3,750.00 2,600.00 200.00 200.00 200.00 6,477.81 100.00 50.00 50.00 50.00 50.00	69,667.60 6,000.00 271,394.90 2,430.15 9,094.08 2,382.20 17,207.72 229,710.90 13,000.00 3,000.00 19,500.00 12,000.00 12,000.00 13,000.00 12,500.00 10,200.00 10,200.00 10,200.00 349,801.63 9,033.12 317,062.51 18,306.00
7.0	5.14 5.2 5.21 5.22 5.23 5.24 5.25 5.26 0.0 6.1 6.11 6.2 6.21 6.22 0.0 7.1 7.2 0.0 8.1 8.2 0.0 9.1 9.2 9.3 9.4 9.5	Excavación de zanja de 0.50 m de ancho y 0.80 m de profundidad Prueba hidrostática  Red de Distribución Instalación de Tubería PVC 38 mm SDR-26 Instalación de Tubería PVC 25 mm SDR-26 Instalación de Tubería PVC 25 mm SDR-17 Instalación de Tubería PVC 19 mm SDR-26 Excavación de zanja de 0.50 m de ancho y 1.20 m de profundidad Prueba hidrostática  CRUCES ESPECIALES  Cruce en cauces o quebradas, enterrados y de PVC Instalación de Tubería de 38 mm x 6.00 m  Cruce en cauces o quebradas, aéreos y de HG Instalación de Tubería de 38 mm x 12.00 m  CONSTRUCCIÓN DE PILAS ROMPE CARGA Pilas rompe carga  Obras de mitigación ambiental  CONEXIONES DE SERVICIO Instalación de Conexiones Domiciliares Instalación de Puestos Publicos  CONSTRUCCIÓN DE LETRINAS REVESTIDAS SENCILLAS  Excavación manual de foso (hoyo) para letrina sencilla Botar material de excavación  Calzado de foso de letrina Instalación de Caseta	m³ c/u ml ml ml ml ml ms c/u	1,393.35 12.00 7,657.03 486.03 2,273.52 595.55 4,301.93 4,594.22 26.00 7.00 2.00 5.00 3.00 2.00 5.00 1.00 54.00 51.00 3.00 54.00 90.33 6,341.25 366.12 54.00 54.00	50.00 500.00 35.44 5.00 4.00 4.00 4.00 50.00 500.00 3,214.29 1,500.00 1,500.00 3,750.00 2,600.00 200.00 200.00 200.00 6,477.81 100.00 50.00 50.00 50.00 50.00 50.00 50.00 50.00 50.00	69,667.60 6,000.00 271,394.90 2,430.15 9,094.08 2,382.20 17,207.72 229,710.90 13,000.00 3,000.00 12,000.00 7,500.00 12,500.00 12,500.00 12,500.00 12,500.00 12,500.00 13,000.00 13,000.00 13,000.00 13,000.00 10,200.00 600.00 349,801.63 9,033.12 317,062.51 18,306.00 2,700.00 2,700.00
7.0	5.14  5.2  5.21  5.22  5.23  5.24  5.25  5.26  0.0  6.1  6.11  6.2  6.21  6.22  0.0  7.1  7.2  0.0  8.1  8.2  0.0  9.1  9.2  9.3  9.4  9.5  0.0	Excavación de zanja de 0.50 m de ancho y 0.80 m de profundidad Prueba hidrostática  Red de Distribución Instalación de Tubería PVC 38 mm SDR-26 Instalación de Tubería PVC 25 mm SDR-26 Instalación de Tubería PVC 25 mm SDR-17 Instalación de Tubería PVC 19 mm SDR-26 Excavación de zanja de 0.50 m de ancho y 1.20 m de profundidad Prueba hidrostática  CRUCES ESPECIALES  Cruce en cauces o quebradas, enterrados y de PVC Instalación de Tubería de 38 mm x 6.00 m  Cruce en cauces o quebradas, aéreos y de HG Instalación de Tubería de 38 mm x 12.00 m  CONSTRUCCIÓN DE PILAS ROMPE CARGA Pilas rompe carga  Obras de mitigación ambiental  CONEXIONES DE SERVICIO Instalación de Puestos Publicos  CONSTRUCCIÓN DE LETRINAS REVESTIDAS SENCILLAS  Excavación manual de foso (hoyo) para letrina sencilla Botar material de excavación  Calzado de foso de letrina Instalación de Caseta  LIMPIEZA Y ENTREGA FINAL	m³ c/u ml ml ml ml ml ms c/u	1,393.35 12.00 7,657.03 486.03 2,273.52 595.55 4,301.93 4,594.22 26.00 2.00 2.00 5.00 3.00 2.00 5.00 5.00 5.00 5.00 5.00 5.00 5	50.00 500.00 35.44 5.00 4.00 4.00 4.00 50.00 500.00 3,214.29 1,500.00 1,500.00 2,500.00 2,500.00 200.00 200.00 200.00 6,477.81 100.00 50.00 50.00 50.00 50.00 50.00 50.00 50.00 50.00 50.00	69,667.60 6,000.00 271,394.90 2,430.15 9,094.08 2,382.20 17,207.72 229,710.90 13,000.00 3,000.00 19,500.00 12,000.00 12,500.00 12,500.00 10,200.00 10,200.00 600.00 349,801.63 9,033.12 317,062.51 18,306.00 2,700.00 16,000.00

Tabla 34: Detalle de Costos Totales por Mano de Obra del Proyecto. Fuente: Elaboración propia (2015).

# M.3. Costo Total de Material y Transporte del Proyecto

0.	CONCEPTO	MATERIAL	U/M	CANT	COSTO UNIT	COSTO TOTAL	COSTO UNIT	COSTO TOTAL	TOTAL UNIT	TOTAL
	CAPTACION	Out of the Alice (Direct Town)	global	2.0		119,981.00		16,474.00		136,45
.1	Captación de 50.89 gpm (3.21 lps)	Captación Abierta (Dique - Toma)  Acero # 2	c/u varilla	<b>1.0</b> 12	38.00	<b>35,679.00</b> 456.00	1.00	<b>8,539.20</b> 12.00	39.00	<b>44,21</b> 8
		Acero # 3	varilla	17	87.00	1,479.00	2.00	34.00	89.00	1,51
		Alambre de amarre # 18	lbs	6	32.00	192.00	0.20	1.20	32.20	193
		Arena Motastepe	m <sup>3</sup>	5.5	650.00	3,575.00	400.00	2,200.00	1,050.00	5,77
		Cemento Piedrin de 1/2"	bolsa m <sup>3</sup>	46 6.0	212.00	9,752.00	15.00	690.00	227.00 1,100.00	10,442
		Piedra bolón	m <sup>3</sup>	6.60	700.00 300.00	4,200.00 1,980.00	400.00 400.00	2,400.00 2,640.00	700.00	4,620
		Clavos	lbs	5.00	20.00	100.00	1.00	5.00	21.00	10
		Reglas de 1" x 3" x 5 vrs	und	6	65.00	390.00	5.00	30.00	70.00	420
		Tablas de 1" x 12" x 5 vrs	und	12	270.00	3,240.00	10.00	120.00	280.00	3,360
		Reglón de 2" x 2" x 5 vrs	und	6	85.00	510.00	5.00	30.00	90.00	540
		Tapa metalica de 0.6 m x 0.6 m  BR Llave de pase 3"	und	2	1,000.00 350.00	1,000.00 700.00	20.00 5.00	20.00 10.00	1,020.00 355.00	1,020 710
		BR Llave de pase 3"	und	1	350.00	350.00	6.00	6.00	356.00	356
		HG Codo 45° x 2"	und	2	100.00	200.00	5.00	10.00	105.00	210
		HG Codo 90° x 2"	und	1	100.00	100.00	5.00	5.00	105.00	105
		HG Tubo 3" x 6 m PVC Tubo 2" x 6 m	und und	1	990.00 300.00	1,980.00 300.00	20.00	40.00 21.00	1,010.00 321.00	2,020 32
		PVC Adaptador Macho 2"	und	1	25.00	25.00	5.00	5.00	30.00	32
		PVC Adaptador Hembra 2"	und	1	25.00	25.00	5.00	5.00	30.00	30
1.1	Cercado de Predio (30 x 30 m)					5,125.00		255.00		5,380
		Alambre de Púas # 13 de 300vrs	rollo	5.00	900.00	4,500.00	50.00	250.00	950.00	4,750
2	Planta de Tratamiento	Grapas Filtro Lento Ascendente	lbs C/U	25.00 <b>1.0</b>	25.00	625.00 <b>84,302.00</b>	0.20	5.00 <b>7,934.80</b>	25.20	92,230
_	Tanta de Tratamiento	Acero # 2	varilla	67	38.00	2,546.00	1.00	67.00	39.00	2,613
		Acero # 3	varilla	46	87.00	4,002.00	2.00	92.00	89.00	4,094
		Acero # 4	varilla	5	155.00	775.00	2.00	10.00	157.00	78
		Alambre de amarre # 18	lbs 3	59	32.00	1,888.00	0.20	11.80	32.20	1,89
		Arena Motastepe Cemento	m <sup>3</sup> bolsa	6 78	650.00 212.00	3,575.00 16,536.00	400.00 15.00	2,200.00 1,170.00	1,050.00 227.00	5,77 17,70
		Piedrin de 1/2"	m <sup>3</sup>	78	700.00	4,900.00	400.00	2,800.00	1,100.00	7,70
		Clavos	lbs	10	20.00	200.00	1.00	10.00	21.00	21
		Reglas de 1" x 3" x 5 vrs	und	24	65.00	1,560.00	5.00	120.00	70.00	1,68
		Tablas de 1" x 12" x 5 vrs	und	48	270.00	12,960.00	10.00	480.00	280.00	13,44
		Reglón de 2" x 2" x 5 vrs BR Llave de pase 2"	und	48 5	85.00 350.00	4,080.00 1,750.00	5.00 5.00	240.00 25.00	90.00 355.00	4,32 1,77
		BR Llave de pase 3"	und	2	350.00	700.00	5.00	10.00	355.00	71
		HG Codo 45° x 2"	und	2	100.00	200.00	5.00	10.00	105.00	21
		HG Codo 90° x 2"	und	9	100.00	900.00	5.00	45.00	105.00	94
		HG Codo 90° x 3"	und	4	100.00	400.00	5.00		105.00	42 21
		HG Reductor 4" x 3" HG Tee 4"	und	2	100.00 100.00	200.00 200.00	5.00 5.00	10.00 10.00	105.00 105.00	
		HG Tee 3"	und	3	100.00	300.00	5.00	15.00	105.00	31
		HG Tee 2"	und	2	100.00	200.00	5.00	10.00	105.00	21
		HG Tubo 3"	und	2	1,500.00	3,000.00	30.00	60.00	1,530.00	3,06
		HG Tubo 2" HG Unión de reparación 3"	und	6 2	990.00 2.000.00	5,940.00 4,000.00	20.00 5.00	120.00 10.00	1,010.00 2,005.00	6,06 4,01
		HG Unión de reparación 2"	und	5	1,400.00	7,000.00	5.00	25.00	1,405.00	7,02
		PVC Adaptador Macho 2"	und	2	25.00	50.00	5.00	10.00	30.00	. 6
		PVC Adaptador Hembra 2"	und	2	25.00	50.00	5.00	10.00	30.00	6
		PVC Adaptador Macho 4"	und	6	25.00 40.00	50.00 240.00	5.00 5.00	10.00 30.00	30.00 45.00	27
		PVC Cruz 4" x 2" PVC Tubo 4" x 6 m	und	2	450.00	900.00	5.00	10.00	455.00	9
		PVC Tubo 2" x 6 m	und	2	300.00	600.00	10.00	20.00	310.00	62
		PVC Tapón 2"	und	12	35.00	420.00	5.00	60.00	40.00	48
4	Consider to Provide (OF 11 OF 11)	PVC Tapón 4"	und	2	40.00	80.00	5.00	10.00	45.00	4.04
1	Cercado de Predio (25 x 25 m)	Alambre de Púas # 13 de 300vrs	rollo	4.00	900.00	<b>4,100.00</b> 3,600.00	50.00	<b>204.00</b> 200.00	950.00	<b>4,3</b> 0
		Grapas	lbs	20.00	25.00	500.00	0.20	4.00	25.20	5,5
	TRATAMIENTO	DESINFECCIÓN CON CLORO	und	1.0		5,000.00		100.00		5,10
		Hipoclorador	und	1	5,000.00	5,000.00	100.00	100.00	5,100.00	5,10
)	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE 2,642 gal (10.00 m³)	•		1.0		110,361.64		16,235.05		137,00
	Mejoramiento de Suelo					19,051.50		3,735.00		22,78
	,	Cemento	bolsa	87	212.00	18,444.00	15.00	1,305.00	227.00	19,7
		Material selecto (balastro) puesto en sitio	m <sup>3</sup>	12.15	50.00	607.50	200.00	2,430.00	250.00	3,03
	Losa Inferior	A 2 2 2 4 2		00.00	0=	16,772.00	0.55	3,463.80	22.22	20,2
		Acero # 3 Alambre de amarre # 18	varilla lbs	38.00 14.00	87.00 32.00	3,306.00 448.00	2.00 0.20	76.00 2.80	89.00 32.20	3,3
		Arena Motastepe	m <sup>3</sup>	3.00	650.00	1,950.00	400.00	1,200.00	1,050.00	3,1
		Cemento	bolsa	39.00	212.00	8,268.00	15.00	585.00	227.00	8,8
		Piedrin de 1/2"	m <sup>3</sup>	4.00	700.00	2,800.00	400.00	1,600.00	1,100.00	4,40
	Losa Superior					3,826.00		915.00		4,7
		Acero # 3	varilla	12.00	87.00	1,044.00	2.00	24.00	89.00	1,00
		Alambre de amarre # 18 Arena Motastepe	lbs m <sup>3</sup>	5.00 1.00	32.00 650.00	160.00 650.00	0.20 400.00	1.00 400.00	32.20 1,050.00	1,0
		Cemento	bolsa	6.00	212.00	1,272.00	15.00	90.00	227.00	1,0
		Piedrin de 1/2"	m <sup>3</sup>	1.00	700.00	700.00	400.00	400.00	1,100.00	1,10
	Paredes					29,342.00		4,979.00		34,3
•		Arena Motastepe	m <sup>3</sup>	9.00	650.00	5,850.00	400.00		1,050.00	9,4
		Cemento	bolsa	91.00	212.00	19,292.00	15.00	1,365.00	227.00	20,6
	Viga Corona	Piedra bolón	m <sup>3</sup>	14.00	300.00	4,200.00 <b>5,825.00</b>	1.00	14.00 <b>1,005.00</b>	301.00	4,2°
	viga Gui ulla	Acero # 2	varilla	28.00	38.00	<b>5,825.00</b> 1,064.00	1.00	<b>1,005.00</b> 28.00	39.00	1,09
		Acero # 3	varilla	13.00	87.00	1,131.00	2.00	26.00	89.00	1,1
		Alambre de amarre # 18	lbs	5.00	32.00	160.00	0.20	1.00	32.20	1
		Arena Motastepe	m <sup>3</sup>	1.00	650.00	650.00	400.00	400.00	1,050.00	1,0
		Cemento	bolsa	10.00	212.00	2,120.00	15.00	150.00	227.00	2,2
	Fenolón de analais de nave de s	Piedrin de 1/2"	m <sup>3</sup>	1.00	700.00	700.00	400.00	400.00	1,100.00	1,10
	Espolón de anclaje de paredes	Acero # 2	varilla	28.00	38.00	<b>4,254.00</b> 1,064.00	1.00	<b>898.00</b> 28.00	39.00	<b>5,1</b> :
		Acero # 2 Acero # 3	varilla	12.00	87.00	1,064.00	2.00	24.00	89.00	1,0
		Alambre de amarre # 18	lbs	5.00	32.00	160.00	0.20	1.00	32.20	10
				1.00	650.00	650.00	400.00	400.00	1,050.00	1,0
		Arena Motastepe	$m^3$	1.00	030.00	030.00	400.00	100.00	1,030.00	1,0

Tabla 35: Detalle de Costos Totales por Material y Transporte para la Construcción del Sistema Agua Potable. Parte 1/3

4.7	Pintura					3,400.00		130.00		3,530
		Diluyente	lit	5.00	40.00	200.00	10.00	50.00	50.00	250
1 Q	Cercado de Predio (20 x 20 m)	Pintura aceite color celeste	gal	4.00	800.00	3,200.00 <b>4,100.00</b>	20.00	80.00 <b>204.00</b>	820.00	3,280 <b>4,304</b>
4.0	Cercado de Fredio (20 x 20 III)	Alambre de Púas # 13 de 300vrs	rollo	4.00	900.00	3,600.00	50.00	200.00	950.00	3,800
		Grapas	lbs	20.00	25.00	500.00	0.20	4.00	25.20	504
4.9	Accesorios					22,045.00		529.40		33,041
		BR Válvula de Flotador de 1 1/2" ( 46.83 mca)	und	1	2,000.00	2,000.00	20.00	20.00	2,020.00	2,020
		BR Llave de pase 2"	und	1	350.00	350.00	5.00	5.00	355.00	355
		BR Llave de pase 1 1/2"	und	2	350.00	700.00	5.00	10.00	355.00	710
		BR Llave de pase 1"	und	3	350.00	1,050.00	5.00	15.00	355.00	1,065
		HG Codo 90° x 2"	und und	3	350.00 350.00	1,050.00 700.00	5.00 5.00	15.00 10.00	355.00 355.00	1,065 710
		HG Codo 45° x 2" HG Codo 45° x 1 1/2"	und	6	350.00	2,100.00	5.00	30.00	355.00	2,130
		HG Codo 45° x 1"	und	6	350.00	2,100.00	5.00	30.00	355.00	2,130
		HG Tubo 2" x 6 m	und	2	990.00	1,980.00	20.00	40.00	1,010.00	2,020
		HG Tubo 1 1/2" x 6 m	und	2	770.00	1,540.00	15.00	30.00	785.00	1,570
		HG Tubo 1" x 6 m	und	3	510.00	1,530.00	10.00	30.00	520.00	1,560
		HG Unión 1 1/2"	und	1	80.00	80.00	5.00	5.00	85.00	85
		HG Unión de reparación 2"	und	1	80.00	80.00	5.00	5.00	85.00	170
		HG Unión de reparación 1 1/2"	und	2	80.00	160.00	5.00	10.00	85.00	255
		HG Unión de reparación 1" PVC Adaptador Hembra 1 1/2"	und und	3 2	80.00 20.00	240.00 40.00	5.00 5.00	15.00 10.00	85.00 25.00	170 75
		PVC Adaptador Hembra 1"	und	3	10.00	30.00	5.00	15.00	15.00	15
		PVC Adaptador Macho 2"	und	1	25.00	25.00	20.00	20.00	45.00	45
		Tapa metálica de 0.60 m x 0.60 m	und	1	1,000.00	1,000.00	5.00	5.00	1,005.00	12,060
		Reglas de 1" x 3" x 5 vrs	und	12	65.00	780.00	10.00	120.00	75.00	900
		Tablas de 1" x 12" x 5 vrs	und	12	270.00	3,240.00	5.00	60.00	275.00	3,300
		Reglón de 2" x 2" x 5 vrs	und	12	85.00	1,020.00	1.00	12.00	86.00	430
		Clavos 3"	lbs	5	20.00	100.00	1.00	5.00	21.00	105
		Clavos 4"	lbs	5	20.00	100.00	2.00	10.00	22.00	44
10	Cajas de protección de válvulas	Hierro 3/8" estándar para peldaños	varilla	2.00	25.00	50.00 <b>1,493.00</b>	1.20	2.40 <b>319.60</b>	26.20	52 1,812
. 10	oujus de proteccion de valvulas	Acero # 2	varilla	3.00	38.00	<b>1,493.00</b> 114.00	1.00	319.60	39.00	1,812 117
		Alambre de amarre # 18	lbs	3.00	32.00	96.00	0.20	0.60	32.20	96
		Arena Motastepe	m <sup>3</sup>	0.26	650.00	169.00	400.00	104.00	1,050.00	273
		Cemento	bolsa	4.00	212.00	848.00	15.00	60.00	227.00	908
		Piedrin de 1/2"	m <sup>3</sup>	0.38	700.00	266.00	400.00	152.00	1,100.00	418
.11	Bloques de reacción				22.00	253.14		56.25		309
		Arena Motastepe	m <sup>3</sup>	0.03	600.00	20.40	400.00	13.60	1,000.00	34
		Cemento	bolsa	1.00	212.00	212.00	15.00	15.00	227.00	227
		Piedra bolón	m <sup>3</sup>	0.07	300.00	20.74	400.00	27.65	700.00	48
5.0	CONDUCCION Y DISTRIBUCION					300,426.00		13,775.50		314,201
	Línea de Conducción					156,850.00		6,672.50		163,522
.1.1	Tubería PVC de 38.10 mm					145,800.00		6,087.50		151,887
		PVC Tubo 1 1/2" SDR-26 x 6 m	und	515	220.00	113,300.00	10.00	5,150.00	230.00	118,450
4.0	Accessing	PVC Tubo 1 1/2" SDR-17 x 6 m	und	125	260.00	32,500.00	7.50	937.50	267.50	33,437
. 1 . 2	Accesorios	BR Llave de pase 1 1/2"	und	1	350.00	<b>11,050.00</b> 350.00	5.00	<b>585.00</b> 5.00	355.00	<b>11,635</b> 355
		HF Válvula de aire y vacío de 1"	und	9	450.00	4,050.00	20.00	180.00	470.00	4,230
		HF Válvula de limpieza 1"	und	5	500.00	2,500.00	21.00	105.00	521.00	2,60
		PVC Adaptador macho 1"	und	4	20.00	80.00	5.00	20.00	25.00	100
		PVC Adaptador macho 1 1/2"	und	5	20.00	100.00	5.00	25.00	25.00	125
		PVC Codo 45° x 1 1/2"	und	17	40.00	680.00	5.00	85.00	45.00	765
		PVC Codo 90° x 1 1/2"	und	4	40.00	160.00	5.00	20.00	45.00	180
		PVC Tee 1 1/2" x 1"	und	13	50.00	650.00	5.00	65.00	55.00	715
	Dod do Distribución	PVC Pegamento	gal	4	620.00	2,480.00	20.00	80.00	640.00	2,560
	Red de Distribución Tubería PVC 38.10 mm					143,576.00 19,800.00		7,103.00 675.00		150,679 20,47
.2.1	Tuberia PVC 38.10 mm	PVC Tubo 1 1/2" SDR-26 x 6 m	und	90	220.00	19,800.00	7.50	675.00	227.50	20,47
.2.2	Tubería PVC 25.10 mm	TVO TUBO T II/2 OBTO 20 X O III	una	00	220.00	54,066.00	7.00	2,635.00	227.100	56,70°
		PVC Tubo 1" SDR-26 x 6 m	und	417	98.00	40,866.00	5.00	2,085.00	103.00	42,95
		PVC Tubo 1" SDR-17 x 6 m	und	110	120.00	13,200.00	5.00	550.00	125.00	13,75
2.3	Tubería PVC 19.05 mm					59,175.00		3,156.00		62,33
_		PVC Tubo 3/4" SDR-26 x 6 m	und	789	75.00	59,175.00	4.00	3,156.00	79.00	62,33
2.4	Accesorios	LIEVA LA LA CARRESTA		_	400 = 1	10,535.00	00.11	637.00	400	11,17
		HF Válvula de limpiora 1/2"	und	9	400.00	3,600.00	20.00	180.00 42.00	420.00	3,78
		HF Válvula de limpieza 1/2" PVC Codo 45º x 1"	und und	2 12	400.00 20.00	800.00 240.00	21.00 5.00	42.00 60.00	421.00 25.00	84 30
		PVC Codo 45° x 1 PVC Codo 45° x 3/4"	und	6	35.00	240.00	5.00	30.00	40.00	24
		PVC Codo 43" X 3/4"	und	8	20.00	160.00	5.00	40.00	25.00	20
		PVC Codo 90° x 3/4"	und	7	15.00	105.00	5.00	35.00	20.00	14
		PVC Pegamento	gal	8	620.00	4,960.00	20.00	160.00	640.00	5,12
		PVC Tee 1" x 1/2"	und	1	50.00	50.00	5.00	5.00	55.00	5
		PVC Tee 3/4" x 1/2"	und	1	50.00	50.00	5.00	5.00	55.00	5
	1	PVC Reductor liso 1" x 3/4"	und	4	15.00	60.00	5.00	20.00	20.00	8
		PVC Yee 1" x 3/4" x 3/4"	und	7.00	100.00	300.00 <b>25.489.00</b>	20.00	60.00 <b>3,125.60</b>	120.00	36 <b>28.61</b>
.0.	CRUCES ESPECIALES					20,700.00				17,30
_	CRUCES ESPECIALES  Bases de Concreto reforzado		und	14.00		14,599.00		2,710.60		3,67
-		Arena Motastepe		<b>14.00</b> 3.50	650.00	<b>14,599.00</b> 2,275.00	400.00	1,400.00	1,050.00	5,51
-			und m³ bolsa	3.50		2,275.00	400.00 15.00		1,050.00 227.00	7.94
-		Arena Motastepe	m <sup>3</sup> bolsa		650.00 212.00 700.00			1,400.00	•	
-		Arena Motastepe Cemento	m <sup>3</sup>	3.50 35	212.00	2,275.00 7,420.00	15.00	1,400.00 525.00	227.00	1,92
-		Arena Motastepe Cemento Piedrin de 1/2"	m <sup>3</sup> bolsa m <sup>3</sup>	3.50 35 1.75	212.00 700.00	2,275.00 7,420.00 1,225.00	15.00 400.00	1,400.00 525.00 700.00	227.00 1,100.00	1,92 1,63
1	Bases de Concreto reforzado	Arena Motastepe Cemento Piedrin de 1/2" Acero # 2	m <sup>3</sup> bolsa m <sup>3</sup> varilla	3.50 35 1.75 42 21 8	212.00 700.00 38.00	2,275.00 7,420.00 1,225.00 1,596.00	15.00 400.00 1.00	1,400.00 525.00 700.00 42.00 42.00 1.60	227.00 1,100.00 39.00	1,92 1,63 1,86 25
1		Arena Motastepe Cemento Piedrin de 1/2" Acero # 2 Acero # 3 Alambre de amarre # 18	m <sup>3</sup> bolsa m <sup>3</sup> varilla varilla lbs und	3.50 35 1.75 42 21 8 2.00	212.00 700.00 38.00 87.00 32.00	2,275.00 7,420.00 1,225.00 1,596.00 1,827.00 256.00 1,040.00	15.00 400.00 1.00 2.00 0.20	1,400.00 525.00 700.00 42.00 42.00 1.60 40.00	227.00 1,100.00 39.00 89.00 32.20	1,9 1,6 1,8 2 <b>1,0</b>
1	Bases de Concreto reforzado	Arena Motastepe Cemento Piedrin de 1/2" Acero # 2 Acero # 3 Alambre de amarre # 18  PVC Tubo 1 1/2" SDR-26 x 6 m	m³ bolsa m³ varilla varilla lbs und und	3.50 35 1.75 42 21 8 2.00 4.00	212.00 700.00 38.00 87.00 32.00	2,275.00 7,420.00 1,225.00 1,596.00 1,827.00 256.00 1,040.00 880.00	15.00 400.00 1.00 2.00 0.20	1,400.00 525.00 700.00 42.00 42.00 1.60 <b>40.00</b> 20.00	227.00 1,100.00 39.00 89.00 32.20	1,9: 1,6: 1,8: 2: <b>1,0:</b> 9:
.2	Bases de Concreto reforzado  Cruce Enterrado de 1 1/2"	Arena Motastepe Cemento Piedrin de 1/2" Acero # 2 Acero # 3 Alambre de amarre # 18	m³ bolsa m³ varilla varilla lbs und und	3.50 35 1.75 42 21 8 2.00 4.00 4.00	212.00 700.00 38.00 87.00 32.00	2,275.00 7,420.00 1,225.00 1,596.00 1,827.00 256.00 1,040.00 880.00 160.00	15.00 400.00 1.00 2.00 0.20	1,400.00 525.00 700.00 42.00 42.00 1.60 <b>40.00</b> 20.00 20.00	227.00 1,100.00 39.00 89.00 32.20	1,92 1,63 1,86 25 <b>1,08</b> 90
.2	Bases de Concreto reforzado	Arena Motastepe Cemento Piedrin de 1/2" Acero # 2 Acero # 3 Alambre de amarre # 18  PVC Tubo 1 1/2" SDR-26 x 6 m PVC Codo 45° x 1 1/2"	m³ bolsa m³ varilla varilla lbs und und und und	3.50 35 1.75 42 21 8 2.00 4.00 4.00 5.00	212.00 700.00 38.00 87.00 32.00 220.00 40.00	2,275.00 7,420.00 1,225.00 1,596.00 1,827.00 256.00 1,040.00 880.00 160.00 9,850.00	15.00 400.00 1.00 2.00 0.20 5.00 5.00	1,400.00 525.00 700.00 42.00 42.00 1.60 <b>40.00</b> 20.00 20.00 <b>375.00</b>	227.00 1,100.00 39.00 89.00 32.20 225.00 45.00	1,92 1,63 1,86 25 <b>1,08</b> 90 18
.2	Bases de Concreto reforzado  Cruce Enterrado de 1 1/2"	Arena Motastepe Cemento Piedrin de 1/2" Acero # 2 Acero # 3 Alambre de amarre # 18  PVC Tubo 1 1/2" SDR-26 x 6 m PVC Codo 45° x 1 1/2"  HG Codo 45° x 1 1/2"	m³ bolsa m³ varilla varilla lbs und und und und und	3.50 35 1.75 42 21 8 2.00 4.00 4.00 5.00 20.00	212.00 700.00 38.00 87.00 32.00 220.00 40.00	2,275.00 7,420.00 1,225.00 1,596.00 1,827.00 256.00 1,040.00 880.00 160.00 9,850.00 2,000.00	15.00 400.00 1.00 2.00 0.20 5.00 5.00	1,400.00 525.00 700.00 42.00 42.00 1.60 40.00 20.00 20.00 375.00 100.00	227.00 1,100.00 39.00 89.00 32.20 225.00 45.00	1,92 1,63 1,86 25 1,08 90 18 10,22
.2	Bases de Concreto reforzado  Cruce Enterrado de 1 1/2"	Arena Motastepe Cemento Piedrin de 1/2" Acero # 2 Acero # 3 Alambre de amarre # 18  PVC Tubo 1 1/2" SDR-26 x 6 m PVC Codo 45° x 1 1/2"  HG Codo 45° x 1 1/2"  HG Tapón 1 1/2"	m³ bolsa m³ varilla varilla lbs und und und und und und	3.50 35 1.75 42 21 8 2.00 4.00 4.00 5.00 20.00 5.00	212.00 700.00 38.00 87.00 32.00 220.00 40.00 100.00	2,275.00 7,420.00 1,225.00 1,596.00 1,827.00 256.00 1,040.00 880.00 160.00 9,850.00 2,000.00	15.00 400.00 1.00 2.00 0.20 5.00 5.00 5.00	1,400.00 525.00 700.00 42.00 42.00 1.60 40.00 20.00 20.00 375.00 100.00 25.00	227.00 1,100.00 39.00 89.00 32.20 225.00 45.00 105.00	7,94 1,92 1,63 1,86 25 1,08 90 18 10,22 2,10
.2	Bases de Concreto reforzado  Cruce Enterrado de 1 1/2"	Arena Motastepe Cemento Piedrin de 1/2" Acero # 2 Acero # 3 Alambre de amarre # 18  PVC Tubo 1 1/2" SDR-26 x 6 m PVC Codo 45° x 1 1/2"  HG Codo 45° x 1 1/2"  HG Tapón 1 1/2"  HG Tee 1 1/2"	m³ bolsa m³ varilla varilla lbs und und und und und und und und	3.50 35 1.75 42 21 8 2.00 4.00 4.00 5.00 5.00 5.00	212.00 700.00 38.00 87.00 32.00 220.00 40.00 100.00 100.00	2,275.00 7,420.00 1,225.00 1,596.00 1,827.00 256.00 1,040.00 880.00 160.00 9,850.00 2,000.00 500.00	15.00 400.00 1.00 2.00 0.20 5.00 5.00 5.00 5.00	1,400.00 525.00 700.00 42.00 42.00 1.60 40.00 20.00 20.00 375.00 100.00 25.00 25.00	227.00 1,100.00 39.00 89.00 32.20 225.00 45.00 105.00 105.00	1,92 1,63 1,86 25 1,08 90 18 10,22
.2	Bases de Concreto reforzado  Cruce Enterrado de 1 1/2"	Arena Motastepe Cemento Piedrin de 1/2" Acero # 2 Acero # 3 Alambre de amarre # 18  PVC Tubo 1 1/2" SDR-26 x 6 m PVC Codo 45° x 1 1/2"  HG Codo 45° x 1 1/2"  HG Tapón 1 1/2"	m³ bolsa m³ varilla varilla lbs und und und und und und	3.50 35 1.75 42 21 8 2.00 4.00 4.00 5.00 20.00 5.00	212.00 700.00 38.00 87.00 32.00 220.00 40.00 100.00	2,275.00 7,420.00 1,225.00 1,596.00 1,827.00 256.00 1,040.00 880.00 160.00 9,850.00 2,000.00	15.00 400.00 1.00 2.00 0.20 5.00 5.00 5.00	1,400.00 525.00 700.00 42.00 42.00 1.60 40.00 20.00 20.00 375.00 100.00 25.00	227.00 1,100.00 39.00 89.00 32.20 225.00 45.00 105.00	1,9 1,6 1,8 2 1,0 9 1 10,2 2,1 5

Continuación Tabla 35: Detalle de Costos Totales por Material y Transporte para la Construcción del Sistema Agua Potable. Parte 2/3

7.0	PILAS ROMPE CARGA		C/U	5.00		30.900.00		4.984.00		35.884.00
		Acero # 2	varilla	35.00	38.00	1,330.00	1.00	,	39.00	1,365.00
		Acero # 3	varilla	40.00	87.00	3,480.00	2.00		89.00	3,560.00
		Alambre de amarre # 18	lbs	20.00	32.00	640.00	0.20		32.20	644.00
		Arena Motastepe	m <sup>3</sup>	5.00	650.00	3,250.00	400.00		1,050.00	5,250.00
		BR Válvula de Compuerta de 1 1/2"	und	1.00	100.00	100.00	5.00		105.00	105.00
		BR Válvula de Flotador de 1 1/2"	und	1.00	1,000.00	1,000.00	20.00		1,020.00	1,020.00
		Cemento	bolsa	35.00	212.00	7,420.00	15.00	525.00	227.00	7,945.00
		Clavos 2 1/2"	lbs	5.00	20.00	100.00	1.00		21.00	105.00
		Clavos 2 1/2"	lbs	5.00	20.00	100.00	1.00		21.00	105.00
		HG Codo 45° x 1 1/2"	und	2.00	50.00	100.00	5.00		55.00	110.00
		HG Codo 90° x 1 1/2"	und	1.00	100.00	100.00	5.00	5.00	105.00	105.00
		HG Tubo 1 1/2"	und	1.00	990.00	990.00	20.00		1,010.00	1,010.00
		HG Unión 1 1/2"	und	1.00	100.00	100.00	5.00		105.00	105.00
		Ladrillo cuarteron 2" x 5" x 10"	und	1,000.00	2.00	2,000.00	1.00		3.00	3,000.00
		Piedrin de 1/2"	m <sup>3</sup>	2.50	700.00	1,750.00	400.00	1.000.00	1,100.00	2,750.00
		PVC Adaptador Macho 1 1/2"	und	2.00	25.00	50.00	5.00	10.00	30.00	60.00
		PVC Tapon Hembra liso 1 1/2"	und	1.00	40.00	40.00	5.00		45.00	45.00
		Reglas de 1" x 3" x 5 vrs	und	10.00	65.00	650.00	5.00		70.00	700.00
		Tablas de 1" x 12" x 5 vrs	und	10.00	270.00	2,700.00	10.00	100.00	280.00	2,800.00
		Tapa metálica de 0.6 m x 0.6 m	und	5.00	1,000.00	5,000.00	20.00	100.00	1,020.00	5,100.00
8.0	CONEXIONES DE SERVICIO		C/U			75,490.00		3,280.00	,	78,770.00
8.1	Conexiones Domiciliares de Patio		C/U	54.00		75,490.00		3,280.00		78,770.00
		BR Llave de chorro tipo globo de 1/2"	und	54.00	50.00	2,700.00	5.00	270.00	55.00	2,970.00
		BR Llave de pase tipo globo de 1/2"	und	54.00	70.00	3,780.00	5.00	270.00	75.00	4,050.00
		Micro medidor de 1/2" (Incluye caja de protección)	und	54.00	950.00	51,300.00	20.00	1,080.00	970.00	52,380.00
		PVC Adaptador Hembra 1/2"	und	54.00	15.00	810.00	5.00		20.00	1,080.00
		PVC Codo 90° x 1/2"	und	54.00	15.00	810.00	5.00	270.00	20.00	1,080.00
		PVC Codo 90º x 1/2" (rosca en una punta)	und	54.00	15.00	810.00	5.00	270.00	20.00	1,080.00
		PVC Pegamento	gal	2.00	620.00	1,240.00	20.00	40.00	640.00	1,280.00
		PVC Tee 3/4" x 1/2"	und	16.00	20.00	320.00	5.00	80.00	25.00	400.00
		PVC Tee 1" x 1/2"	und	38.00	20.00	760.00	5.00		25.00	950.00
		PVC Tubo 1/2" SDR-13.5	und	216.00	60.00	12,960.00	2.50		62.50	13,500.00
9.0	LETRINAS REVESTIDAS SENCILLAS			54.00		307,020.00		25,179.00		332,199.00
		Cemento	bolsa	216.00	212.00	45,792.00	15.00	,	227.00	49,032.00
		Arena Motastepe	m <sup>3</sup>	27.00	650.00	17,550.00	400.00		1,050.00	28,350.00
		Ladrillo cuarteron de 2" x 5" x 10"	und	339.00	2.00	678.00	1.00	339.00	3.00	1,017.00
		Losa y banco de fibra de vidrio para letrina sencilla, fijación a estructura metálica	und	54.00	1,100.00	59,400.00	50.00	2,700.00	1,150.00	62,100.00
		Extructura de acero (A-36) y tubo rectangular de hierro para caseta de letrina sencilla	und	54.00	1,850.00	99,900.00	50.00	2,700.00	1,900.00	102,600.00
		Forro de lamina lisa de zinc cal. 28 sobre estructura metálica para paredes de caseta de letrina	und	54.00	1,300.00	70,200.00	50.00	2,700.00	1,350.00	72,900.00
		Cubierta de techo de lamina ondulada de zinc cal 28 sobre estructura metálica para caseta de letrina sencilla	und	54.00	250.00	13,500.00	50.00	2,700.00	300.00	16,200.00
	TOTAL		C\$			974,667.64		83,153.15	_	1057,820.79

Continuación Tabla 35: Detalle de Costos Totales por Material y Transporte para la Construcción del Sistema Agua Potable. Parte 3/3 Fuente: Elaboración propia (2015).

## M.4. Costos de Operación y Mantenimiento del Sistema de Agua Potable

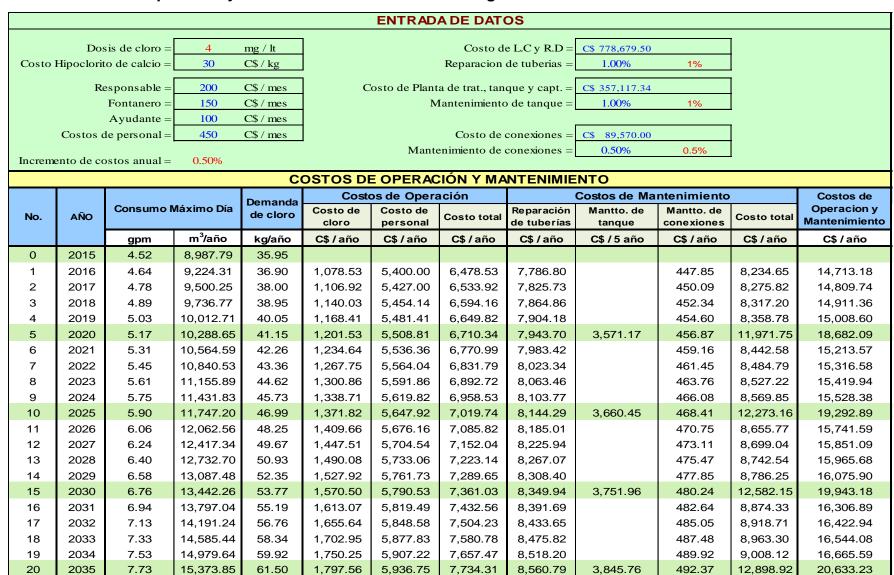


Tabla 36: Resultados de Costos de Operación y Mantenimiento del Sistema de Agua Potable. Fuente: Elaboración propia (2015).

# Apéndice N: Accesorios y cruces especiales en la Línea de Conducción

ACCESORIO	ESTACION	PUNTO
	0+046.40	205
	1+206.59	273
	1+216.49	274
	1+295.93	278
	1+431.98	288
	1+578.81	297
Codo PVC 45°	1+936.12	321
C000 F VC 45	2+158.07	334
	2+544.39	356
	2+563.67	357
	3+034.54	382
	3+273.66	395
	3+333.54	398
	3+400.72	402
	2+087.35	330
Codo PVC 90°	2+322.51	344
C000 P V C 90	2+661.75	362
	2+758.86	367
	0+424.66	227
Válvula de	1+421.98	287
	1+855.88	316
limpieza Ø 1"	2+100.33	331
	2+525.37	355
	0+861.06	250
	1+305.89	279
	1+510.50	292
	1+691.62	305
\/4h.m.la.ala.ala.	1+779.68	311
Válvula de aire y	1+926.13	320
vacío Ø 1"	2+292.68	342
	2+935.85	376
	3+044.49	383
Válvula de Boya	1+093.49	263
Ø 1" en PRP	1+315.76	280

Tabla 37: Accesorios en la Línea de Conducción Fuente: Elaboración propia (2015).

TIPO	Nº	ESTACION	PUNTO	ELEVACION
Cruce Enterrado	1	0+265.34	217	1467.65
Cruce Enterrado	2	0+325.19	221	1463.73
	3	0+424.66	227	1456.82
	4	1+198.45	272	1390.42
Cruce Aéreo	5	1+421.98	287	1362.24
	6	2+087.35	330	1275.81
	7	2+510.38	354	1274.19

Tabla 38: Cruces Especiales en la Línea de Conducción Fuente: Elaboración propia (2015).

Apéndice O: Accesorios en la Red de Distribución

ACCESORIO	ESTACION	PUNTO	TRAMO
	0+231.12	22	Red Pcpal
	0+300.47	25	Red Pcpal
	0+306.85	61	Red Pcpal
	1+229.18	89	Red Pcpal
	1+365.68	103	Red Pcpal
	1+749.70	118	Red Pcpal
	1+974.11	128	Red Pcpal
	2+409.97	139	Red Pcpal
	2+443.54	140	Red Pcpal
	2+748.45	146	Red Pcpal
	2+897.41	148	Red Pcpal
	3+073.46	154	Red Pcpal
	3+506.37	168	Red Pcpal
Codo PVC 45°	0+543.93	30	Ramal 1
00001 70 49	0+065.16	81	Ramal 2
	0+214.37	181	Ramal 2
	0+095.16	7	Ramal 3
	0+151.39	10	Ramal 3
	0+068.31	403	Ramal 5
	0+082.65	402	Ramal 5
	0+149.84	398	Ramal 5
	0+209.72	395	Ramal 5
	0+508.80	412	Ramal 5
	0+835.71	430	Ramal 5
	0+944.28	438	Ramal 5
	1+038.16	444	Ramal 5
	1+093.34	447 382	Ramal 5
	0+039.91	Ramal 6	
	1+181.31	94	Red Pcpal
	1+181.31	94	Red Pcpal
	1+552.41	110	Red Pcpal
Codo PVC 90°	1+825.82	119	Red Pcpal
	3+506.37	168	Red Pcpal
	0+168.39	21	Ramal 4
	0+023.63	44	Ramal 4
	0+315.58	367	Ramal 6
TEE de 1"	0+948.26	83	Ramal 2
	0+212.70	12	Ramal 3
YEE reducida de 1" a 3/4"	0+000	385	Ramal 5 y 6
Reductores de 1" a 3/4"	2+293.70	131	Red Pcpal
11000010100 00 1 0 0/4	0+168.39	21	Ramal 4
	1+749.70	118	Red Pcpal
Válvula de limpieza Ø 1/2"	3+228.22	162	Red Pcpal
	0+214.37	181	Ramal 2
	0+503.30	27	Ramal 1
	1+276.37	98	Red Pcpal
	2+293.70	131	Red Pcpal
	2+748.45	146	Red Pcpal
Válvula de aire y vacío Ø 1/2"	3+506.37	168	Red Pcpal
varialia de alle y vacio & 1/2	0+503.30	27	Ramal 1
	0+323.25	184	Ramal 2
	0+508.80	412	Ramal 5
	1+093.34	447	Ramal 5
	0+138.60	376	Ramal 6
\ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \ \	0+486.03	65	Red Pcpal
Válvula de Boya Ø 1" en PRP	0+377.42	189	Ramal 2
	0+704.46	422	Ramal 5

Tabla 39: Accesorios en la Red de Distribución Fuente: Elaboración propia (2015).

# **Apéndice P:** Tipo de Tuberías

Factor C:1,25		SRD 41			SDR33			SDR26			SDR21		5	DR17,	6		SDR17		SDR 13,6				SDR11	
Tubos en PE80					4,0 ba	r		5,0 bar	•		6,3 ba	•		7,5 ba	r		8,0 ba	r		10,0 b	ar		12,5 b	ar
Tubos en PE 100		4,0 bar			5,0 ba	r		6,3 bar	•		8,0 ba	•		9,6 ba	r		10,0 b	ar		12,5 b	ar	16,0 bar		
		SDR 41			SDR 33			DR 26			SDR 2	1	S	DR 17,	,6	,	SDR 17	,	s	DR 13	,6	;	SDR 11	1
Diámetros	Esp.	DM	Peso	Esp.	DM	Peso	Esp.	DM	Peso	Esp.	DM	Peso	Esp.	DM	Peso	Esp.	DM	Peso	Esp.	DM	Peso	Esp.	DM	Peso
Exteriores	pared	Int.	Kg/m	pared	Int.	Kg/m	pared	Int.	Kg/m	pared	Int.	Kg/m	pared	Int.	Kg/m	pared	Int.	Kg/m	pared	Int.	Kg/m	pared	Int.	Kg/m
(mm)	(mm)	(mm)		(mm)	(mm)		(mm)	(mm)		(mm)	(mm)		(mm)	(mm)		(mm)	(mm)		(mm)	(mm)		(mm)	(mm)	
20																			1.8	16.4	0.107	1.9	16.2	0.112
25																1.8	21.4	0.137	1.9	21.2	0.144	2.3	20.4	0.171
32													1.8	28.4	0.179	1.9	28.2	0.187	2.4	27.2	0.232	2.9	26	0.272
40							1.8	36.4	0.227	1.9	36.2	0.239	2.3	35.4	0.285	2.4	35.2	0.295	3.0	34.0	0.356	3.7	32.6	0.430
50							2.0	46.0	0.314	2.4	45.2	0.374	2.9	44.2	0.440	3.0	44.0	0.453	3.7	42.4	0.549	4.6	40.8	0.666
63				2.0	59.0	0.399	2.5	58.0	0.494	3.0	57.0	0.580	3.5	56	0.638	3.8	55.4	0.721	4.7	53.6	0.873	5.8	51.4	1.05
75				2.3	70.4	0.551	2.9	69.2	0.675	3.6	67.8	0.828	4.3	66.4	0.976	4.5	66.0	1.02	5.6	63.8	1.24	6.8	61.4	1.47
90				2.8	84.4	0.791	3.5	83.0	0.978	4.3	81.4	1.18	5.1	79.8	1.39	5.4	79.2	1.46	6.7	76.6	1.77	8.2	73.6	2.12
110				3.4	103.2	1.17	4.2	101.6	1.43	5.3	99.4	1.77	6.3	97.4	2.08	6.6	96.8	2.17	8.1	93.8	2.62	10.0	90.0	3.14
125				3.9	117.2	1.51	4.8	115.4	1.84	6.0	113.0	2.27	7.1	110.8	2.66	7.4	110.2	2.76	9.2	106.6	3.37	11.4	102.2	4.08
140	3.5	133.0	1.54	4.3	131.4	1.88	5.4	129.2	2.32	6.7	126.6	2.83	8.0	124	3.34	8.3	123.4	3.46	10.3	119.0	4.22	12.7	114.6	5.08
160	4.0	152.0	2.0	4.9	150.2	2.42	6.2	147.6	3.04	7.7	144.6	3.72	9.1	141.8	4.35	9.5	141.0	4.52	11.8	136.4	5.5	14.6	130.8	6.67
180	4.4	171.2	2.49	5.5	169.0	3.07	6.9	166.2	3.79	8.6	162.8	4.67	10.2	159.6	5.48	10.7	158.6	5.71	13.3	153.4	6.98	16.4	147.2	8.42
200	4.9	190.2	3.05	6.2	187.6	3.84	7.7	184.6	4.69	9.6	180.8	5.78	11.4	177.2	6.79	11.9	176.2	7.05	14.7	170.6	8.56	18.2	163.6	10.4
225 250	5.5	214.0	3.86	6.9	211.2	4.77	8.6	207.8	5.89	10.8	203.4	7.3	12.8	199.4	8.55	13.4	198.2	8.93	16.6	191.8	10.9	20.5	184.0	13.1
280	6.2	237.6 266.2	4.83 5.98	7.7 8.6	234.6 262.8	5.92 7.40	9.6 10.7	230.8 258.6	7.30 9.10	11.9 13.4	226.2 253.2	8.93 11.3	14.2 15.9	221.6 248.2	10.6 13.2	14.8 16.6	220.4 246.8	11.0 13.7	18.4 20.6	213.2 238.8	13.4 16.8	22.7 25.4	204.6 229.2	16.2 20.3
315	7.7	299.6	7.52	9.7	295.6	9.37	12.1	290.8	11.6	15.4	285.0	14.2	17.9	279.2	16.7	18.7	277.6	17.4	23.2	268.6	21.2	28.6	257.8	25.6
355	8.7	337.6	9.55	10.9	333.2	11.8	13.6	327.8	14.6	16.9	321.2	18.0	20.1	314.8	21.2	21.1	312.8	22.1	26.1	302.8	26.9	32.2	290.6	32.5
400	9.8	380.4	12.1	12.3	375.4	15.1	15.3	369.4	18.6	19.1	361.8	22.9	22.7	354.6	26.9	23.7	352.6	28.0	29.4	341.2	34.1	36.3	327.4	41.3
450	11.0	428.0	15.3	13.8	422.4	19.0	17.2	415.6	23.5	21.5	407.0	28.9	25.5	399	34.0	26.7	396.6	35.4	33.1	383.8	43.2	40.9	368.2	52.3
500	12.3	475.4	19.0	15.3	469.4	23.4	19.1	461.8	28.9	23.9	452.2	35.7	28.4	443.2	42.0	29.7	440.6	43.8	36.8	426.4	53.3	45.4	409.2	64.5
560	13.7	532.6	23.6	17.2	525.6	29.4	21.4	517.2	36.2	26.7	506.6	44.7	31.7	496.6	52.5	33.2	493.6	54.8	41.2	477.6	66.9	50.8	458.4	80.8
630	15.4	599.2	29.9	19.3	591.4	37.1	24.1	581.8	45.9	30.0	570.0	56.4	35.7	558.6	66.5	37.4	555.2	69.4	46.3	537.4	84.6	57.2	515.6	102.0
710	17.4	675.2	38.0	21.8	666.4	47.2	27.2	655.6	58.4	33.9	642.2	71.8	40.2	629.6	84.4	42.1	625.8	88.1	52.2	605.6	107	64.5	581	130
800	19.6	760.8	48.1	24.5	751	59.7	30.6	738.8	73.9	38.1	723.8	91.1	45.3	709.4	107	47.4	705.2	112	58.8	682.4	136			
900	22	856	60.9	27.6	844.8	75.6	34.4	831.2	93.4	42.9	814.2	115	51.0	798	136	53.3	793.4	141	66.1	767.8	172			
1000	24.5	951	75.2	30.6	938.8	93.1	38.2	923.6	115	47.7	904.6	142	56.7	886.6	167	59.3	881.4	175						
1200	29.4	1141.2	108	36.7	1126.6	134	45.9	1108.2	166	57.2	1085.6	205	68.0	1064	241									

Tabla 40: Tipo de Tuberías

Fuente: American Society for Testing and Materials (ASTM International).

## **Apéndice Q:** Sobrepresión por Golpe de Ariete

En un sistema con conducción por gravedad el golpe de ariete es debido a abrir o cerrar una válvula (véase figura 40).

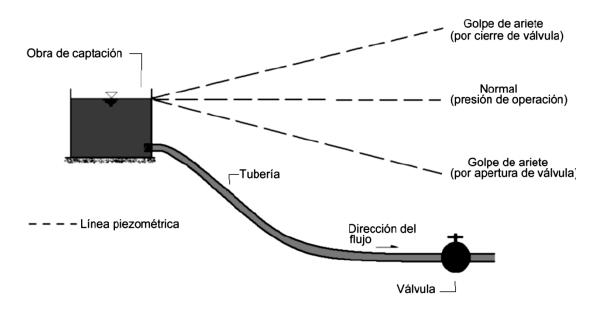


Figura 43: Golpe de Ariete en una conducción por gravedad.

## Q.1. Efectos que produce el golpe de ariete

Como consecuencia del aumento brusco y repentino de la presión dentro de un conducto ocasionada por el golpe de ariete, en un sistema de abastecimiento de agua potable pueden producirse los siguientes efectos:

X RuidoX Falla en bombas, válvulas y otrosX VibracionesX accesorios

Ruptura de tuberías

#### Q.2. Cálculo del Golpe de Ariete

El golpe de ariete\* o "water hammer" puede definirse como el fenómeno hidráulico ocasionado por rápidas fluctuaciones en el flujo debido a la interrupción o inicio súbitos del flujo en una tubería, produciendo una variación de presión por encima o debajo de la presión de operación y cambios bruscos en la velocidad del flujo. La presión que se produce cuando ocurre un golpe de ariete es presión dinámica (debida al movimiento del fluido).

## 1. Consideraciones generales<sup>79</sup>

Para cumplir con su objetivo las líneas de conducción se diseñan y operan para un régimen de flujo permanente, sin embargo en la operación son inevitables régimen de transición de un flujo permanente a otro. Al menos una vez en el inicio de su operación, la línea de conducción necesita ser llenada de agua; en ocasiones tiene que ser vaciada y llenada de nuevo. Cada arranque o paro de bombas o cada apertura y cierre de válvulas en la conducción generan un régimen que varían de forma importante los parámetros hidráulicos de la velocidad y la presión en cada punto de la línea.

La línea de conducción y red de distribución se analizarán para los efectos de sobre presión que ocasiona el cierre de una válvula al final de la conducción o distribución:

- ✓ Tramo en Línea de Conducción: Estación 1+740.28 2+525.37
- ✓ Tramo № 1 en Red de Distribución: Estación 1+749.70 2+293.70
- ✓ Puntos en Red de Distribución: STA: 0+214.37 (ramal 2), STA: 0+484.05 (ramal 3) y STA: 0+412.73 (ramal 6).

#### 1.1. Celeridad

Se trabajara con la ecuación de Allieví para calcular la velocidad de propagación de la onda de sobrepresión, conocida como Celeridad:

Donde:

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

C = celeridad de la onda de presión (m/s)

D = diámetro interno del tubo en (m)

e = espesor de la tubería (m)

K = coeficiente que tiene en cuenta el módulo de elasticidad del material del tubo (para tubos plásticos o de PVC, K = 18.

Los valores de "D" y "e", se obtienen de la tabla № 40 en Apéndice P.

<sup>&</sup>lt;sup>79</sup> Tomado del *Manual de Hidráulica* de J.M. Acevedo y Guillermo Acosta, Editorial Harper & Row. México, 1976, pág. 292 - 298.

#### 1.2. Golpe de Ariete en la Línea de Conducción

Se calculará la sobrepresión producida en los puntos críticos de la conducción.

$$D = 35.2 \ mm$$
 Para cierre rápido: (Tiempo de cierre Tc > 2 L/C) 
$$C = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + 18 * \frac{0.0352 \ m}{0.0024 \ m}}}$$
 
$$\Delta P = \frac{C.V}{g} = \frac{560.21 \frac{m}{s} * 0.43 \ m/s}{9.81 \ m/s^2}$$
 
$$\Delta P = 24.56 \ m$$

 $\Delta P = 24.56 \ m$ , es la sobrepresión por Golpe de Ariete en la tubería y se le debe sumar a la presión estática máxima de la línea de conducción para seleccionar la cédula de la tubería a emplear. Ver la tabla  $N^{\circ}$  41.

III Network Table	- Nodes						x
Node ID	Elevation m	Demand LPS	Pressure m	Waterhammer ΔP m	Pressure + ΔP m	Pipe Class	Â
June 12	1321.33	0.00	65.66	24.56	90.22	PVC SDR-26	
June 13	1326.72	0.00	60.27	24.56	84.83	PVC SDR-26	
June 14	1312.15	0.00	74.84	24.56	99.40	PVC SDR-26	
June 15	1325.10	0.00	61.89	24.56	86.45	PVC SDR-26	
June 16	1273.89	0.00	113.10	24.56	137.66	PVC SDR-17	÷

Tabla 41: Resultados de la Sobrepresión por Golpe de Ariete en la Línea de Conducción Fuente: Elaboración propia (2015).

#### 1.3. Golpe de Ariete en la Red de Distribución

Cálculo de la sobrepresión producida en los puntos críticos de la red distribución.

$$\Delta P_{Nodo\ 32} = \frac{560.21\frac{m}{s} * 0.22\frac{m}{s}}{9.81\frac{m}{s^2}} = \mathbf{12.56} \quad \Delta P_{Nodo\ 51} = \frac{560.21\frac{m}{s} * 0.25\frac{m}{s}}{9.81\frac{m}{s^2}} = \mathbf{14.28}$$

$$\Delta P_{Nodo 33} = \frac{560.21 \frac{m}{s} * 0.14 \frac{m}{s}}{9.81 \frac{m}{s^2}} = 7.99 \qquad \Delta P_{Nodo 65} = \frac{560.21 \frac{m}{s} * 0.25 \frac{m}{s}}{9.81 \frac{m}{s^2}} = 14.28$$

$$\Delta P_{Nodo\ 46} = \frac{560.21 \frac{m}{s} * 0.51 \frac{m}{s}}{9.81 \frac{m}{s^2}} = 29.12$$

Los datos calculados anteriormente, son las sobrepresiones por Golpe de Ariete en la tubería de distribución, cada una debe sumarse a la presión estática máxima del nodo correspondiente de la línea de distribución, para seleccionar la cédula de la tubería a emplear. *Ver la tabla Nº 42*.

Node ID	Elevation m	Demand LPS	Pressure m	Waterhammer $\Delta P$ m	$Pressure + \Delta P$ m	Pipe Class
June 32	1188.41	0.00	117.13	12.56	129.69	PVC SDR-17
June 33	1235.63	0.00	69.91	7.99	77.90	PVC SDR-26
Junc 46	1241.56	0.00	63.98	29.12	93.10	PVC SDR-26
June 51	1308.94	0.00	59.98	14.28	74.26	PVC SDR-26
Junc 65	1300.84	0.00	68.08	14.28	82.36	PVC SDR-26

Tabla 42: Resultados de la Sobrepresión por Golpe de Ariete en la Red de Distribución Fuente: Elaboración propia (2015).

#### Apéndice R: Clase y Presión de trabajo para tubería PVC

Como resultado de los estudios de campo se dispondrá de los planos necesarios de planta y perfil longitudinal de la línea de conducción, red de distribución informaciones adicionales acerca de la naturaleza del terreno, detalles especiales, etc. Esto permitirá seleccionar la clase de tubería a emplear (Hierro Fundido, Hierro Galvanizado, Asbesto Cemento, PVC, etc.) más conveniente para sistemas de abastecimiento de agua potable.

SDR	Presi	ón de Trab	ajo
	(kg/cm²)	(psi)	(m.c.a)
11	28.0	400	280
13.5	22.4	320	224
17	17.5	250	175
26	11.2	160	112
32.5	8.8	125	88
41	7.0	100	70
50	5.6	80	56

Tabla 43: Clase de Tubería y Presiones de Trabajo para tubería PVC Fuente: American Society for Testing and Materials (ASTM International).

## **Apéndice S:** Parámetros de control de calidad del agua.

#### a. Parámetros Bacteriológicos

PARÁMETROS BACTERIOLÓGICOS (a)				
ORIGEN	PARÁMETRO (b)	VALOR RECOMENDADO	VALOR MÁX. ADMISIBLE	OBSERVACIONES
A Todo tipo de agua de bebida	Coliforme Fecal	Negativo	Negativo	
B Agua que entra al	Coliforme Fecal	Negativo	Negativo	
sistema de Distribución	Coliforme Total	Negativo	≤ 4	En muestras no consecutivas
C Agua en el Sistema	Coliforme Total	Negativo	≤ 4	En muestras puntuales
de distribución	Coliforme Fecal	Negativo	Negativo	No debe ser detectado en el 95% de las muestras anuales (c).

Tabla 44: Parámetros Bacteriológicos Fuente: INAA. (1999). (NTON 09001-99).

- a) 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.
- b) 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.
- c) En los sistemas donde se recolectan menos de 20 muestras al año, el porcentaje de muestras negativas debe ser ≥ 90%.

## b. Parámetros para sustancias no deseadas

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR RECOMENDADO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE
Nitrato – N0- <sup>1</sup> <sub>3</sub>	mg/l	25	45
Nitritos – N0-1 <sub>2</sub>	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 Hidrógeno	mg/l		0.05

Tabla 45: Parámetros para sustancias no deseadas. Fuente: INAA. (1999). (NTON 09001-99).

#### c. Parámetros Físico- Químicos

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR RECOMENDADO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE
Temperatura	°C	18 a 30	
Concentración			
Iones Hidrógeno	Valor pH	6.5 a 8.5 (a)	
Cloro residual	mg/l	0.5 a 1.0 (b)	(c)
Cloruros	mg/l	25	250
Conductividad	us/cm	400	
Dureza	mg/ICaCO <sub>3</sub>	400	
Sulfatos	mg/l	25	250
Aluminio	mg/l		0.2
Calcio	mg/ICaCO <sub>3</sub>	100	
Cobre	mg/l	1.0	2.0
Magnesio	mg/IMgCO <sub>3</sub>	30	
Sodio	mg/l	25	200
Potasio	mg/l		10
Sol. Tot. Dis.	mg/l		1000
Zinc	mg/l		3.0

Tabla 46: Parámetros Físico- Químicos Fuente: INAA. (1999). (NTON 09001-99).

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

# d. Parámetros para sustancias inorgánicas de significado para la salud

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE
Arsénico	mg/l	0.01
Cadmio	mg/l	0.05
Cianuro	mg/l	0.05
Cromo	mg/l	0.05
Mercurio	mg/l	0.001
Níquel	mg/l	0.05
Plomo	mg/l	0.01
Antimonio	mg/l	0.05
Selenio	mg/l	0.01

Tabla 47: Parámetros para sustancias inorgánicas de significado para la salud. Fuente: INAA. (1999). (NTON 09001-99).

# e. Parámetros Organolépticos

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 12°C
Olor	Factor dilucion	U	3 a 25°C
Sabor	Factor dilución	0	2 a 12°C
Jaboi	i actor dilucion		3 a 25°C

Tabla 48: Parámetros Organolépticos. Fuente: INAA. (1999). (NTON 09001-99).

# f. Parámetros para sustancias orgánicas de significado para la salud, excepto plaguicidas.

PARÁMETRO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE (µg/l)
I. Alcanos Clorados	
Tetracloruro de Carbono	2
Diclorometano	20
1,1-dicloroetano	
1,2-dicloroetano	30
1,1,1-tricloroetano	2000
II. Etenos Clorados	
Cloruro de vinilo	5
1,1- dicloroeteno	30
1,2- dicloroeteno	50
Tricloroeteno	70
Tetracloroeteno	40
III. Hidrocarburos Aromáticos	
Tolueno	700
Xilenos	500
Etilbenceno	300
Estireno	20
Benzo – alfa – pireno	0.7
IV. Bencenos Clorados	
Monoclorobenceno	300
1,2-diclorobenceno	1000
1,3-diclorobenceno	
1,4-diclorobenceno	300
Triclorobencenos	20
V. Otros Compuestos Orgánicos	
Di adipato (2-etilhexil)	80
Di (2-etilhexil) ftalato	8
Acrilamida	0.5
Epiclorohidrino	0.4
Hexaclorobutadieno	0.5
EDTA	200
Ácido nitriloacético	200
Dialkitinos	
Óxido de tributilestaño	2
Hidrocarburos policíclicos aromáticos totales	0.2
Befinilos policlorados totales	0.5

Tabla 49: Parámetros para Sust. Orgánicas de signif. para la salud, excepto plaguicidas. Fuente: INAA. (1999). (NTON 09001-99).

# g. Parámetros para pesticidas

PARÁMETRO	VALOR MÁX. ADMISIBLE (µg/I)
Alacloro	20
Aldicarb	10
Aldrin/dieldrin	0.03
Atracina	2
Bentazona	30
Carnofurano	5
Clordano	0.2
DDT	2
1,2-dibromo-3.3-cloropropano	1
2,4-D	30
1,2-dicloropropano	20
1,3-dicloropropano	20
Heptacloro y hemptacloroepóxido	0.03
Isoproturon	9
Lindano	2
MCPA	2
Metoxicloro	20
Metolacloro	10
Molinat	6
Pendimetalina	20
Pentaclorofenol	9
Permitrina	20
Propanil	20
Pyridad	100
Simazin	2
Trifluranilo	20
Dicloroprop	100
2,4-DB	100
2,4,5-T	9
Silvex	9
Mecoprop	10

Tabla 50: Parámetros para pesticidas Fuente: INAA. (1999). (NTON 09001-99).

# h. Parámetros para desinfectantes y subproducto de la desinfección

PARÁMETRO	VALOR MÁX. ADMISIBLE (µg/l)
a- Desinfectantes	
Monocloramina	4000
b- Subproductos de la desinfección	
Bromato	25
Clorito	200
Clorato	
<u>Clorofenoles</u>	
2- clorofenol	
2,4-diclorofenol	
2,4,6-triclorofenol	200
formaldehído	900
<u>Trihalometanos</u>	
Bromoformo	100
Dibromoclorometano	100
Bromodiclorometano	60
Cloroformo	200
Ácidos Acéticos Clorados	
Ác. Monocloroacético	
Ác. Dicloroacético	50
Ác. Tricloroacetico	100
Tricloracetaldehído/cloralhidrato	100
Cloropropanonas	
<u>Haloacetonitrilos</u>	
Dicloroacetonitrilo	90
Dibromoacetonitrilo	100
Bromocloroacetonitrilo	
Tricloroacetonitrilo	1
Cloruro de Cianógeno (como CN-)	70

Tabla 51: Parámetros para desinfectantes y subproducto de la desinfección. Fuente: INAA. (1999). (NTON 09001-99).

## **Apéndice T:** Criterios de Diseño para Tratamiento por Filtración Lenta

## a) Calidad del agua

Se deberá verificar que la calidad del agua a filtrarse satisfaga en época seca y lluviosa los límites de aplicación del proceso.

Parámetro	Valor máximo
Color	50 unidades
Turbiedad	50 unidades

Tabla 52: Parámetros y valor máximo admisible en calidad del agua. Fuente: INAA. (1999). (NTON 09001-99).

#### b) Estructura de entrada

Constará de una cámara de distribución con compuertas y rebose. Se instalará un vertedero triangular de pared delgada para aforar el influente. La entrada del agua al filtro se efectuará por medio de un vertedero muy largo de pared gruesa, para obtener una delgada lámina de agua que se adhiera al muro, para evitar que se formen chorros sobre el lecho, que lo dañaría, además se colocará sobre el lecho una placa de concreto para que reciba el impacto del agua.

#### c) Estructura de salida

Consistirá en un vertedero de control, localizado a una altura mayor que la cota del extremo superior del lecho, de tal manera que el lecho filtrante quede siempre sumergido, este regulará la carga mínima.

## d) Tasa de filtración

Turbiedad (UNT)	Tasa $m^3/m^2$ . día
10	7.20 – 20.40
50	4.8
50 – 100	2.4

Tabla 53: Tasa de filtración. Fuente: INAA. (1999). (NTON 09001-99).

#### e) Medio filtrante

1) Una capa de arena de 1.20 m de espesor con la siguiente características:

Tamaño efectivo: 0.15 ≤ TE ≤ 0.35 mm Coeficiente de uniformidad: CU ≤ 2.00

2) Grava de soporte en cuatro capas como se muestra a continuación:

Capa	Tamaño (pulg)	Espesor (m)
*1	1 - 2	0.10 – 0.12
2	1/2 - 1	0.08 – 0.10
3	1/4 - 1/2	0.05 – 0.10
4	1/8 - 1/4	0.05 – 0.10
		*Fondo

Tabla 54: Capas de grava de soporte. Fuente: INAA. (1999). (NTON 09001-99).

#### f) Capa sobrenadante

Cumple básicamente las siguientes funciones:

- Proporcionar la carga necesaria al filtro para vencer la resistencia del lecho filtrante al paso del agua.
- Proporcionar un tiempo de retención del agua de varias horas, para que en un proceso físico y bioquímico las partículas en suspensión se asientan y aglomeren.

El espesor de la capa sobrenadante debe ser de 1.00 – 1.50 m.

#### g) Sistema de drenaje

El sistema de drenaje puede ser de diferentes tipos (1) ladrillos de barro cocidos tendidos de canto, con otros ladrillos encima tendidos de plano dejando un espacio de un centímetro entre los lados. (2) tuberías (PVC) de drenaje perforadas con orificios no mayores de 1" (2.54 cm), las cuales pueden desembocar en forma de espina de pescado a un conducto o tubería central o a un pozo lateral con una pendiente del 1% a 2%. (3) bloques de concreto poroso en forma de puente, que confluyen a un canal central.

#### h) Número de unidades

Se recomienda el uso de dos unidades como mínimo, en cuyo caso cada una de ellas deberá diseñarse para atender el consumo máximo diario. Debe considerarse una capacidad adicional de reserva como se indica en la tabla siguiente:

Población	Número de unidades	Unidades de reserva
> 2000	2	100%
20000 – 10,000	3	50%

Tabla 55: Número de Unidades. Fuente: INAA. (1999). (NTON 09001-99).

#### i) Caja de filtro

La caja del filtro puede ser rectangular o circular con un borde libre de 0.20 m, construida de concreto simple o reforzado y deberá ser resistente a las diferentes fuerzas que estará sometida durante su vida útil, además deberá ser hermética para evitar pérdidas de agua e ingreso de agentes contaminantes.

En el caso de cajas rectangulares las dimensiones deberán estar en la siguiente relación:

Número de unidades	Largo/Ancho	
2	1.33	
3	1.50	
4	2.00	

Tabla 56: Dimensiones para cajas de filtros rectangulares. Fuente: INAA. (1999). (NTON 09001-99).

## j) Dispositivos de regulación y control

Estos dispositivos estarán constituidos por: vertederos, válvulas u otros accesorios, instalados en la entrada o salida del filtro, para mantener la velocidad de filtración a una tasa constante.

## **Apéndice U:** Tratamiento y Cloración

Si la calidad del agua satisface las normas recomendadas deberá someterse a tratamiento de potabilización. Toda agua que se utiliza para consumo humano debe someterse a desinfección, incluso la de origen subterráneo para prevenir cualquier contaminación durante la distribución.

La mayoría de las aguas subsuperficiales, requieren en mayor o menor grado de algún tratamiento para cumplir con los requisitos de potabilización, por lo que la mayoría de los sistemas de agua potable poseen plantas de tratamiento (como mínimo cloración). Desde hace décadas, el cloro ha sido un desinfectante esencial y ha jugado un papel importante en el tratamiento de agua.

El cloro es el desinfectante más extendido y usado a nivel mundial. En Nicaragua casi todos los sistemas de abastecimiento que desinfectan el agua potable debido a su potencia germicida, economía y eficiencia. Además, los desinfectantes basados en cloro son los únicos desinfectantes principales con las propiedades residuales duraderas que previenen el crecimiento microbiano y proporcionan protección continua durante la distribución de la planta de tratamiento al hogar.

#### U.1. Cloración

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

Existen varias sustancias químicas que se emplean para desinfectar el agua, siendo el cloro el más usado universalmente, dado a sus propiedades oxidantes y su efecto residual para eliminar contaminaciones posteriores; también es la sustancia química que más económicamente y con mejor control y seguridad se puede aplicar al agua para obtener su desinfección. En el caso de acueductos rurales se utiliza para desinfección el cloro en forma de hipocloritos, debido a su facilidad de manejo y aplicación.

# U.2. Desinfección utilizando hipoclorito de calcio

ENTRADA DE DATOS							
Dosis promedio: d = 4 mg / lt Conc. Soluc.= 1.00%  Concentración Comercial: Conc. Cloro = 70%							
	CMD	Vol. Cloro	Vol. Hipoclorito de Calcio		Vol. de Solución	Dosificación	
AÑO	gpm	lbs / día	lbs / día	gr / día	lts / día	gotas / min.	
	l	II	III	IV	V	VI	
		0.012 x I x d	II / Conc.	III x 1,000 / 2.2046	IV / 1,000 x 100 /(1% x 100)	V x 1,000 x 13 / 24 / 60	
2015	4.52	0.22	0.31	140.62	14.06	127	
2016	4.64	0.22	0.31	140.62	14.06	127	
2017	4.78	0.23	0.33	149.69	14.97	135	
2018	4.89	0.23	0.33	149.69	14.97	135	
2019	5.03	0.24	0.34	154.22	15.42	139	
2020	5.17	0.25	0.36	163.29	16.33	147	
2021	5.31	0.25	0.36	163.29	16.33	147	
2022	5.45	0.26	0.37	167.83	16.78	151	
2023	5.61	0.27	0.39	176.90	17.69	160	
2024	5.75	0.28	0.40	181.44	18.14	164	
2025	5.90	0.28	0.40	181.44	18.14	164	
2026	6.06	0.29	0.41	185.97	18.60	168	
2027	6.24	0.30	0.43	195.05	19.51	176	
2028	6.40	0.31	0.44	199.58	19.96	180	
2029	6.58	0.32	0.46	208.65	20.87	188	
2030	6.76	0.32	0.46	208.65	20.87	188	
2031	6.94	0.33	0.47	213.19	21.32	192	
2032	7.13	0.34	0.49	222.26	22.23	201	
2033	7.33	0.35	0.50	226.80	22.68	205	
2034	7.53	0.36	0.51	231.33	23.13	209	
2035	7.73	0.37	0.53	240.41	24.04	217	

Tabla 57: Aplicación de solución de cloro al agua para la comunidad El Boniche. Fuente: Elaboración propia (2015).

## U.3. Esquema de Hipoclorador

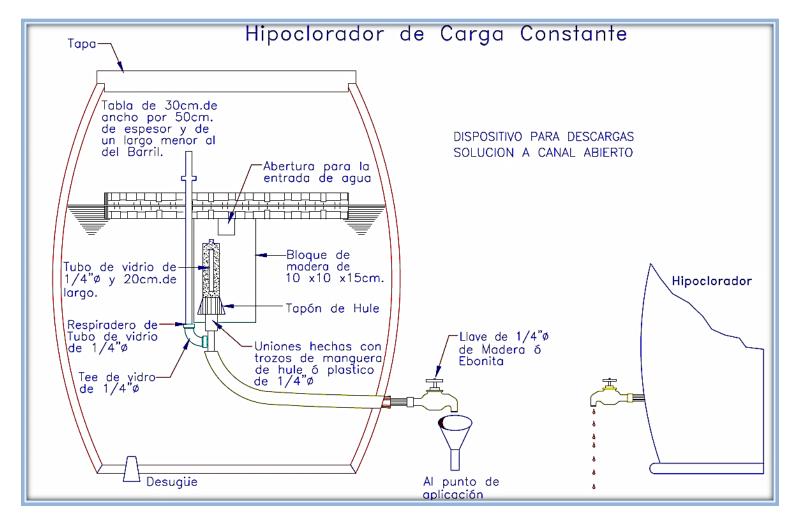


Ilustración 4: Hipoclorador de carga constante. Fuente: INAA. (1999). (NTON 09001-99). Anexo VI, Fig. VI-5

## Apéndice V: Memoria de cálculo de diseño del Dique-Toma

#### 1. Información Previa

Período de diseño: Tratándose de la captación se debe diseñar en una sola etapa, es decir para 20 años a partir de la fecha.

Población de diseño: De acuerdo con la proyección de la población realizada anteriormente, se tiene que la población para el año 2015 - 2035 es de 369 habitantes.

Caudal de diseño: El caudal máximo diario para el año 2035 fue calculado en 0.4875 L/s.

Aforo del arroyo: El caudal del arroyo en tiempo seco es de 3.21 L/s. El caudal medio del arroyo es de 10.20 L/s. El caudal máximo del arroyo es de 13.70 L/s.

Ancho del arroyo: El ancho del arroyo en el lugar de captación es de 8.0 m

#### 2. Diseño de la presa

El ancho longitudinal del muro transversal de represamiento será igual al ancho del arroyo, es decir 8.0 m. El ancho longitudinal del vertedero de rebose del muro se supone de 1.0 m. La presa y la garganta del Dique-Toma se diseñan como un vertedero rectangular o trapezoidal con doble contracción.

Para determinar la lámina de agua en las condiciones de diseño (CMD), y para las condiciones máximas y mínimas del arroyo se despeja el valor de H de:

$$Q = 1.84 \, L \, H^{1.5}$$

$$H = \left(\frac{Q}{1.84 L}\right)^{\frac{2}{3}} para \ vertedero \ rectangular$$

$$H = \left(\frac{Q}{1.86 \, L}\right)^{\frac{2}{3}}$$
 para vertedero trapezoidal o de Cipolletti

Según el Ing. Cipolletti, el vertedero trapezoidal ha sido diseñado para disminuir el efecto de las contracciones que se presentan en un vertedero rectangular con contracciones. Por tanto, para el diseño del vertedero de rebose central del muro, se propone que sea de sección trapezoidal y el vertedero de crecida de sección cuadrada, entonces:

$$H = \left(\frac{0.0005}{1.86 * 1}\right)^{\frac{2}{3}} = 0.0042 m$$

La lámina de agua en las condiciones de caudal mínimo es de:

$$H = \left(\frac{0.0032}{1.86 * 1}\right)^{\frac{2}{3}} = 0.0144 \ m$$

Con este dato de 0.0144 m³ se diseñará la estructura de captación debido que 0.0005 m³ es muy pequeño para el análisis hidráulico por lo que no se obtendrían resultados satisfactorios. De tal manera que al hacer los cálculos con resultados del caudal mínimo se estaría recolectando mayor cantidad de agua garantizando satisfactoriamente el caudal máximo diario. De tal manera que:

La corrección por las dos contracciones laterales es:

$$L' = L - 0.1 n H$$
, donde  $n = Número de contracciones  $(n = 2)$$ 

$$L' = 1 - 0.1 * 2 * 0.0144 = 1.00$$

La velocidad del agua al pasar por la rejilla debe estar comprendida entre:  $0.2\,m/s$  y  $3.0\,m/s$ .

$$V = \frac{Q}{L'H}$$
 ;  $V_r = \frac{0.0032}{1*0.0144} = 0.22 \text{ m/s}$ 

$$0.3 \, m/s < 0.22 \, m/s < 3.0 \, m/s$$

# 3. Diseño de la rejilla y el canal de aducción

El ancho del canal de aducción será:

En donde:

$$X_s = 0.36 \, V_r^{\frac{2}{3}} + 0.60 \, H^{\frac{4}{7}}$$

$$X_i = 0.18 \, V_r^{\frac{4}{7}} + 0.74 \, H^{\frac{3}{4}}$$

$$B = X_{\rm s} + 0.10$$

$$X_s$$
 = alcance del filo superior (m)

$$X_i$$
 = alcance del filo inferior (m)

$$V_r$$
 = velocidad del arroyo (m/s)

$$H = \text{profundidad}$$
 de la lámina de agua

B = ancho del canal de aducción (m)

$$X_S = 0.36 (0.22)^{\frac{2}{3}} + 0.60 (0.0144)^{\frac{4}{7}} = 0.18 m$$

$$X_i = 0.18 (0.22)_r^{\frac{4}{7}} + 0.74 (0.0144)^{\frac{3}{4}} = 0.11 m$$

$$B = 0.18 + 0.10 = 0.28 m$$

## 3.1. Rejilla

El área neta de la rejilla se determina según la siguiente expresión:

$$A_n = a * B * N$$

Siendo:  $A_n$  = área neta de la rejilla (m²)

a = separación entre barrotes (m)

N = número de orificios entre barrotes

La longitud de la rejilla y el número de orificios será:

Se adoptan barrotes de 1/2'' (0.0127 m) y separación entre ellos de 5 cm. Por otra parte se supone la velocidad entre barrotes igual a  $0.10 \ m/s$ .

$$A_n = \frac{Q}{0.9 V_b}$$
 ;  $A_n = \frac{0.0032 m^3}{0.9 * 0.10 m/s} = 0.04 m^2$ 

Reemplazando el área total en función de la longitud de la rejilla  $(L_r)$ 

$$A_n = \frac{a}{a+b} B L_r \quad \Rightarrow \quad L_r = \frac{A_n(a+b)}{a B}$$

$$L_r = \frac{0.04 (0.05 + 0.0127)}{0.05 * 0.28} = 0.18 m$$

Para cálculos satisfactorios se adopta un  $L_r = 1.0 m \text{ y } B = 0.60 m$ 

$$A_n = \frac{a}{a+b} B L_r = \frac{0.05}{0.05 + 0.0127} * 0.40 * 1 = 0.3190 m^2$$

El número de orificios es de:

$$N = \frac{A_n}{a B} = \frac{0.3190 \ m^2}{0.05 \ m * 0.40 \ m} = 15.95 \Rightarrow 16$$

Se adoptan 16 orificios separados a 5 cm entre sí, con lo cual se obtienen las siguientes condiciones finales.

$$A_n = a * B * N = 0.05 m * 0.40 m * 16 = 0.32 m^2$$

Despejando  $V_b$  de:

$$Q = K A_n V_b$$
  $\Rightarrow$   $V_b = \frac{Q}{K A_n} = \frac{0.0032 \, m^2}{0.9 * 0.32 \, m^2} = 0.01 \, m/s$ 

En donde:

K = 0.9 para flujo paralelo a la sección

 $V_b$  = velocidad entre barrotes (máxima de 0.2 m/s)

**Entonces:** 

$$L_r = \frac{0.32 \, m^2 \, (0.05 \, m + 0.0127 \, m)}{0.05 m * 0.40 \, m} = 1.0 \, m$$

#### 3.2. Niveles del canal de aducción

Los niveles del agua en el canal de aducción son:

#### - Aguas abajo

Para que la entrega a la cámara de recolección se haga en descarga libre, se debe cumplir que:  $h_e = h_c$ 

$$h_c = \left(\frac{Q^2}{g B^2}\right)^{\frac{1}{3}}$$
;  $h_e = h_c = \left(\frac{(0.0032)^2}{9.81 \, m/s^2 * (0.40)^2}\right)^{\frac{1}{3}} = 0.0187 \, m$ 

#### - Aguas arriba

Asumiendo que todo el volumen del agua es captado al inicio del canal, el nivel de la lámina aguas arriba es obtenido por medio del análisis de cantidad de movimiento en el canal:

$$h_o = \left[2h_e^2 + \left(h_e - \frac{i L_r}{3}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}} - \frac{2}{3}i L_r$$

En donde:  $h_o = \text{profundidad aguas arriba (m)}$ 

 $h_e$  = profundidad aguas arriba (m)

 $h_c$  = profundidad crítica (m)

i = pendiente del fondo del canal

g = aceleración de la gravedad (9.81m/s<sup>2</sup>)

$$L_c = L_r + L_{vc} + e_m$$

$$L_c = 1.0 m + 0.025 m + 1.0 m + 2.475 m + 0.30 m = 4.80 m$$

$$h_o = \left[ 2 (0.0187 \, m)^2 + \left( 0.0187 \, m - \frac{0.02 * 1.0 \, m}{3} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} - \frac{2}{3} (0.02 * 1.0 \, m) = 0.0157 \, m$$

$$H_o = h_0 + B.L.$$

$$H_o = 0.0157 + 0.15 m = 0.1657 m \Rightarrow 0.17 m$$

Se debe dejar un borde libre (*B. L.*) de 15 centímetros.

$$H_e = h_e + (h_o - h_e) + i L_c + B.L.$$

$$H_e = 0.0187 m + (0.0157 m - 0.0187 m) + (0.02 * 4.80 m) + 0.15 m$$

$$H_e = 0.2617 \ m \implies 0.26 \ m$$

Para que las ecuaciones de dimensionamiento de la cámara sean válidas la velocidad de la entrega a la cámara de recolección  $V_{\rm e}$ , debe ser mayor de 0.3 m/s y menor de 3.0 m/s.

La velocidad del agua al final del canal será:

$$V_e = \frac{Q}{B h_o} = V_e = \frac{0.0032 \, m^2}{0.40 * 0.0187 \, m^2} = 0.4278 \, m/s \implies 0.43 \, m/s$$

$$0.3 \, m/s < V_e < 3.0 \, m/s$$

$$0.3 \, m/s < 0.43 \, m/s < 3.0 \, m/s \Rightarrow 0.K$$

#### 4. Diseño de la cámara de recolección

$$X_S = 0.36 V_e^{\frac{2}{3}} + 0.60 h_e^{\frac{4}{7}}$$

$$X_i = 0.18 V_e^{\frac{4}{7}} + 0.74 h_e^{\frac{3}{4}}$$

$$B_{c\acute{a}mara} = X_s + 0.30$$

$$X_s = 0.36 (0.43)^{\frac{2}{3}} + 0.60 (0.0187)^{\frac{4}{7}} = 0.27 m$$

$$X_i = 0.18 (0.43)_r^{\frac{4}{7}} + 0.74 (0.0187)^{\frac{3}{4}} = 0.15 m$$

$$B = 0.27 m + 0.30 m = 0.57 m \Rightarrow 0.60 m$$

Por facilidad de acceso y mantenimiento, se adopta una cámara de recolección cuadrada de 1.0 m de lado interno.

El borde libre de la cámara es de 15 cm, por lo que el fondo de la cámara estará a 75 cm por debajo de la cota del fondo del canal de aducción a la entrega (suponiendo una cabeza de 0.60 m).

#### 5. Altura de los muros de contención

Tomando el caudal máximo del río de 13.70 l/s, se tiene:

$$H = \left(\frac{Q}{1.84 L}\right)^{\frac{2}{3}}$$
;  $H = \left(\frac{0.0137 m^3}{1.84 * 5.05 m}\right)^{\frac{2}{3}} = 0.0130 m \Rightarrow 0.01 m$ 

El caudal promedio de la fuente es de 10.20 l/s, por tanto:

$$H = \left(\frac{0.0102 \ m^3}{1.84 * 1 \ m}\right)^{\frac{2}{3}} = 0.0311 \ m \ \Rightarrow \ 0.03 \ m$$

Por tanto se adopta 2.30 m de altura de los muros de contención para elevar el nivel del agua lo que evitará ser alcanzada por la acumulación de sedimentos en la presa.

#### 6. Cálculo de las cotas<sup>80</sup>

Fondo del río en la captación: 1487.78 \*

Lámina sobre la presa:

Diseño: 1487.78 + (1.30 - 0.20) + 0.0042 = 1488.88

Máxima: 1487.78 + (1.30 - 0.20) + 0.0130 = 1488.89

Promedio: 1487.78 + (1.30 - 0.20) + 0.0311 = 1488.91

Vertedero de crecida: 1487.78 + (1.30 - 0.10) + 0.0311 = 1489.01

Corona de los muros de contención: 1487.78 + 1.30 = 1489.08

Canal de aducción:

Fondo aguas arriba: 1487.78 + (1.30 - 0.20) - 0.17 = 1488.71

Fondo aguas abajo: 1487.78 + (1.30 - 0.20) - 0.26 = 1488.62

Lámina aguas arriba: 1488.71 + 0.0157 = 1488.73

Lámina aguas abajo: 1488.62 + 0.0187 = 1488.64

Cámara de recolección:

Cresta del vertedero de excesos: 1488.62 - 0.15 = 1488.47

Fondo: 1488.47 - 0.60 = 1487.87

Se adopta en esta etapa de diseño, un valor de 60 cm correspondiente a las pérdidas en la conducción de la bocatoma al filtro lento.

Tubería de excesos:

Cota de entrada: 1487.87

Cota del arroyo en la entrega: 1484.55\*

La cota del arroyo en el punto de descarga corresponde a la cota promedio del arroyo, 50 metros aguas abajo de la captación.

#### 7. Caudal de excesos

Dentro de las condiciones iniciales del diseño, se ha supuesto un caudal medio del arroyo de  $Q_{prom}=0.0102\ m^2/s$ 

 $<sup>^{80}</sup>$  Los valores marcados con  $^{*}$  corresponden a valores leídos del plano topográfico.

$$H = \left(\frac{Q}{1.84 L}\right)^{\frac{2}{3}}$$
;  $H = \left(\frac{0.0102 m^3}{1.84 * 1 m}\right)^{\frac{2}{3}} = 0.0311 m \Rightarrow 0.03 m$ 

La capacidad máxima de captación de la rejilla se puede aproximar al caudal a través de un orificio, cuya ecuación es:

$$Q_{captado} = C_d A_{neta} \sqrt{2 g H}$$

En donde: 
$$Q_{captado}$$
 = Caudal a través de la rejilla (m³/s)

$$C_d$$
 = Coeficiente de descarga = 0.3

$$A_{neta}$$
 = Área neta de la rejilla (m²)

H = Altura de la lámina de agua sobre la rejilla (m)

$$Q_{captado} = 0.3 * 0.32 * \sqrt{2 * 9.81 m/s^2 * 0.03} = 0.0737 m^3/s$$

El caudal de excesos será la diferencia entre el caudal captado a través de la rejilla y el caudal de diseño.

$$Q_{excesos} = Q_{captado} - Q_{diseño} = 0.0737 - 0.0005 = 0.0732 \, m^3/s$$

$$H_{excesos} = \left(\frac{0.0732 \ m^3/s}{1.84 * 1 \ m}\right)^{\frac{2}{3}} = 0.1165 \ m \ \Rightarrow \ 0.12 \ m$$

$$V_{excesos} = \left(\frac{0.0732 \ m^3/s}{0.12 * 1 \ m}\right)^{\frac{2}{3}} = 0.61 \ m/s$$

H = 1487.87 - 1484.55 = 3.32 m

$$X_s = 0.36 (0.61)^{\frac{2}{3}} + 0.60 (0.12)^{\frac{4}{7}} = 0.4376 m \implies 0.44 m$$

La tubería de excesos estará colocada a 0.45 m de del fondo de la cámara de recolección.

## 8. Diámetro la tubería de excesos por la ecuación de Hazen - William

$$D = {}^{4.87} \sqrt{\frac{10.674 Q^{1.852}}{C^{1.852} H / l}}$$

$$D = {}^{4.87} \sqrt{\frac{10.674 * (0.0732 m^3 / seg)^{1.852}}{(150)^{1.852} * (3.32 / 3m)}}$$

$$L = 3.0m$$

$$D = 0.0861 m = 3.39" \Rightarrow D = 3"$$

## Apéndice W: Memoria de cálculo de diseño del filtro lento ascendente

**1. Caudal de diseño (Qd):** 
$$CMD = 0.4875 \frac{l}{seg} \Rightarrow 42.12 m^3$$

# 2. Área superficial (As):

Se utiliza la siguiente ecuación:

Donde:

$$A_s = \text{Área de la superficie del filtro en m}^2$$

$$A_s = \frac{V}{0.1 \ a + b}$$
  $V = \text{Volumen de demanda diaria en m}^3$   $a = \text{Horas de operación / día.}$ 

b = Coeficiente dependiente del N° de horas de

servicio/día, es decir, para:

8 horas 
$$\,\rightarrow\,$$
 0.5 ; 16 horas  $\,\rightarrow\,$  0.7 ; 24 horas  $\,\rightarrow\,$  0

Por tanto:

$$V = 42.12 \, m^3$$
  
 $a = 24 \, h$   $A_s = \frac{42.12 \, m^3}{(0.1 * 24) + 0} = 17.55 \, m^2 \approx 18.0 \, m^2$ 

Verificando:

b = 0

1) Según la Relación  $A_s = 0.02$  a  $0.08 m^2/persona$ 

Donde:

$$A_s = A_p * P$$
 
$$A_s = \text{\'Area total de la superficie del filtro}$$
 
$$A_p = \text{\'Area superficial del filtro por habitante} = 0.045 \text{ m}^2$$
 
$$P = \text{N\'umero de habitantes} = 390$$

$$A_s = 0.045 * 390 = 17.55 m^2 \approx 18.0 m^2$$

2) Según tasa de filtración =  $0.10 m^3/m^2 h$ 

$$0.10 \, m^3/m^2 \cdot h * 1000 \, l/m^3 * 1 \, h/3600 \, seg = 0.0278 \, l/seg \cdot m^2$$

$$A_s = \frac{0.4875 \, l/seg}{0.0278 \, l/seg. \, m^2} = 17.55 \, m^2 \approx 18.0 \, m^2$$

## 3. Dimensiones de la caja del filtro

En el caso de cajas rectangulares, se aplica el criterio que para población < 2000 habitantes, se instalarán como mínimo 2 unidades funcionando en paralelo. Para su dimensionamiento se tiene:

## a) Caudal de diseño de cada filtro (Qd)

 $Q_{m\acute{a}x}$  = Consumo futuro del día máximo (m³/h)

 $Q_{min} = \text{Consumo actual medio } q = Q/N$ ; donde q: Caudal de diseño de cada filtro.

$$Q_{m\acute{a}x} = 42.12 \, m^3/d\acute{a} = 1.76 \, m^3/h$$

$$Q_{min} = q = \frac{1.03 \, m^3/h}{2}$$
 ;  $q = 0.5130 \, m^3/h$ 

## b) Número de unidades (N): 2 unidades de filtración

# c) Área por unidad de filtración $(A_f)$

El área de cada unidad  $(A_f)$  es una función de la velocidad de filtración  $(V_f)$ , del caudal (Q) y del número de unidades (N). Con operación contínua el área de cada unidad será:

$$A_f = \frac{Q}{N*Vf} \qquad \qquad \text{Donde:} \\ A_f = \text{\'Area del filtro (m}^2) \qquad \text{N = N\'umero de unidades} \\ Q = \text{Caudal total (m}^3/\text{h}) \qquad V_f = \text{Velocidad de filtraci\'on (m/h)}$$

Cuando el filtro lento es la única unidad de tratamiento, la velocidad será de 0.10 m/h. Se podrán considerar velocidades mayores, cuando se consideren otros procesos preliminares.

$$A_f = \frac{1.76 \text{ m}^3/\text{h}}{2 * 0.10 \text{ m/h}}$$
  $A = 8.80 \text{ m}^2 \approx 9.0 \text{ m}^2$ 

# d) Coeficiente de mínimo costo (K):

$$K = \frac{2 * N}{N + 1}$$
 ;  $K = \frac{2 * 2}{2 + 1} = \frac{4}{3} = 1.33$  ok

## e) Longitud de unidad:

$$L = (A_f * K)^{1/2}$$
 ;  $L = (9 m^2 * 1.33)^{1/2} \Rightarrow L = 3.46 m$ 

## f) Ancho de unidad:

$$B = (A_f/K)^{1/2}$$
 ;  $B = (9 m^2/1.33)^{1/2}$   $\Rightarrow B = 2.60 m$ 

Se verifica que:

K: Es la relación de mínimo costo que depende del número de unidades. Por lo tanto, la relación  $L/B = 1.33\,$  para 2 unidades.

$$\frac{L}{B} = 1.33$$
 ;  $\frac{3.46 \text{ m}}{2.60 \text{ m}} = 1.33$  cumple

## g) Profundidad o altura del filtro

La altura total de la caja del filtro puede variar de 2.35 m a 2.70 m, y depende de los diferentes espesores que contenga el lecho filtrante, según criterios de diseño<sup>81</sup>. Para este diseño se asumieron los siguientes:

•	Espesor de losa	: 0.20 m
•	Altura de drenaje	: 0.10 m
•	Altura de la capa de soporte con drenaje	: 0.30 m
•	Altura del lecho filtrante	: 1.00 m
•	Altura de la capa sobrenadante	: 1.00 m
•	Borde libre	: 0.20 m
	Altura total	: 2.70 m

# h) Velocidad de filtración real (VR):

$$VR = \frac{Qd}{2(A*B)} = \frac{1.76 \, m^3/h}{2(2.30 \, m*1.95 \, m)} = 0.20 \, m/h$$

<sup>&</sup>lt;sup>81</sup> Baldizón, M. E. (2008). Apuntes de Ingeniería Sanitaria II. Managua, Nicaragua.

Apéndice X: Ubicación de cruces especiales en la línea de conducción



Fotografías tomadas durante el levantamiento topográfico (año 2010). Fuente: Daysi Zamora T.

Sistema de Agua Potable existente comunidad El Boniche Captación # 1 Tanque de **Almacenamiento** Captación Superficial Finca El Cipresal Filtro Tubería Expuesta en Línea de Conducción Interior del Filtro Agua que consumen los habitantes Captación # 2 Captación Subterránea Finca El Cipresal

Apéndice Y: Elementos y Componentes del Sistema existente de Agua Potable de la Comunidad.

Fotografías (1, 2, 3 y 4) tomadas el 20/12/2010 y (5, 6 y 7) el 23/03/2010. Fuente: Daysi Zamora T.

#### **Apéndice Z:** Evaluación de Impacto Ambiental del Proyecto

El Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la comunidad El Boniche, propone la incorporación de infraestructura nueva con acciones que por su magnitud generan impactos negativos y positivos al ambiente, por lo que resulta necesario evaluar y valorar dichos impactos a fin de prevenir efectos adversos y maximizar los beneficios del proyecto contribuyendo con su sostenibilidad.

En la evaluación se abordan factores que son afectados como: suelo, agua, flora, fauna, y el ambiente humano, realizando un programa de mitigación para los impactos negativos críticos de la obra, a fin de prevenir efectos adversos y maximizar los beneficios del proyecto contribuyendo con su sostenibilidad. Con la creación de leyes que rigen al medio ambiente y recursos naturales, se ha venido creando conciencia sobre el ambiente, generándose diferentes formas de mitigación sobre los impactos negativos que ocasionan los proyectos en diferentes áreas sobre los recursos naturales, y además aspectos socioculturales, estéticos y salud pública.

La ejecución de la obra tendrá efectos sobre tierras destinadas para actividades agrícolas y ganaderas, zonas montañosas, transportistas intermunicipales y privados y la población del sector. Las etapas de construcción de la obra son: preliminares, movimiento de tierra, instalación de tuberías, construcción de tanque de almacenamiento y obras de tratamiento, construcción de obras de captación, conexiones domiciliares, construcción de letrinas y limpieza final.

Con relación a los efectos durante la ejecución de dichas obras de construcción, se pueden presentar alteraciones temporales en la morfología del curso del agua, desviaciones de su cauce, aporte de residuos de construcción, contaminación de las aguas por residuos sólidos y líquidos de los trabajadores. También las excavaciones pueden emitir ruido, emisiones de partículas, daños en los cultivos agrícolas, vegetación, etc.

Estos aspectos se describen en las tablas mostradas a continuación:

### Z.1. Situación Ambiental del Área de Influencia (Línea de Base Ambiental)

Categoría	Componente ambiental	Variables
		Fuentes principales de emisión
		Fuentes emisoras de malos olores
	Calidad del aire	Niveles de inmisión en determinados lugares
		Estudio de la corrosión
	Coología y marfalagía	La morfología del territorio
	Geología y morfología	Análisis geológico para definir puntos de interés
I. Estudio del	Hidrología Superficial	Aguas superficiales de provenientes de fuente superficial.
Medio Físico		Erosión
		Características físico-químicas
	Suelo	Asentamientos a lo largo de viales, asentamientos de
		montaña,asentamientos dispersos.
		Uso del suelo y capacidad agraria
	Paisaje	La visibilidad
	r alsaje	Estética y calidad paisajística
	Vegetación	Muestreo del área mínima
II. Estudio de la		Identificar el dominio vital de las especies que pueden verse
Biota	Fauna	amenazadas.
Diota	i dana	Localizar áreas especialmente sensibles para las especies de
		interés o protegidas.
	Transporte	Trafico Vehicular
	-	Estado de la red vial
	Ruidos y Vibraciones	Ruido y vibraciones de las Herramientas y Maquinarias.
	Población	Personal usuario de la vía
		Acceso peatonal
		El grado de ocupación de las viviendas.
	Hábitat humano	Equipamiento de los servicios primarios y periódicos, áreas
III. Estudio del		verdes, espacios abiertos y sus características.
medio Socio		Accidentes de trabajo
Cultural		Niveles actuales de enfermedades y muertes asociadas a
	Salud	causas de deterioro ambiental.
		Infestación por vectores
		Servicios de salud
	Calidad de Vida	Sensibilidad de los pobladores afectados
	Cultura	Sistema cultural.
	Vulnerabilidad	Demandas por características de la población
		Daños en componentes del sistema de acueducto.
		Cercanía a fuentes de materia prima, disponibilidad de agua,
		mano de obra y su calificación técnica.
		Recursos naturales y locales
		Cercanía y vinculación a vías importantes de circulación
	Economía	Las condiciones naturales, tales como topografía, resistencia del
		suelo, drenaje natural, etc.
IV. Estudio del		Volumen de producción de la actividad agrícola y ganadera.
medio Socio		Población dedicada al sector y su representatividad dentro del
Económico		conjunto de población activa.
		Movimientos peatonales
	Espacios Públicos	Característica físico - geográficas y ambientales
		Costumbres locales
		Densidad constructiva y poblacional
	Medio Construido	Relacionadas con acciones constructivas
		Relacionadas con la tipología arquitectónica del medio rural.

Tabla 58: Línea Base Ambiental (Componentes ambientales).

Fuente: Elaboración propia. (2015).

# Z.2. Identificación de impactos negativos durante la Construcción y Funcionamiento del proyecto

Etapas del proyecto	Actividades del proyecto	Factor ambiental impactado	Efecto directo de la acción sobre el factor ambiental
		Vegetación	Eliminación de sombra por tala, destroncado y taraceo en el área de construcción.
	Preliminares	Transporte	Interrupción y Desvíos para el tráfico vehicular y peatonal.
	Fiellillilates		Riesgos de accidentes por terrenos abruptos y montañosos.
		Salud	Enfermedades por mordidas o picaduras de insectos u otros animales.
		Calidad del aire	Aumento de polvo en suspensión y emisión de gases de vehículos y maquinarias.
		Geología y morfología	Infertilidad y alteración en la textura del suelo, modificación en el perfil del suelo.
		Hidrología superficial	Estancamiento en puntos nocivos en períodos de lluvias.
		Suelo	Retiro de la capa vegetal y alteración de los perfiles del suelo por excavaciones.
		Paisaje	Obstrucción del paisaje natural
Construcción		Vegetación	Eliminación de plantas, cortes de raíces.
		Fauna	Migración de la fauna nativa del sitio en busca de nuevos nichos ecológicos.
	Movimiento de Tierra	Transporte	Incomodidad por alteración de las vías tradicionales de circulación.
		Transporte	Tráfico interrumpido, desviación de los vehículos.
		Ruidos y vibraciones	Perjuicios a la población y a las estructuras existentes.
		VIDIGOIOTICO	Perjuicios a la fauna de la zona.
			Interrupción del paso libre por los puntos donde se construya.
		Población	Riesgos de accidentes al transitar debido a la profundidad de las zanjas (0.8m - 1.20m.)
		Hábitat humano	Ocupación de las viviendas por materiales y herramientas y propias de la obra.
		Salud	Transporte de vectores y polvo en suspensión.
		Saluu	Enfermedades respiratorias y dermatológicas.

		Vulnerabilidad	Obstáculos por derrumbes, piedras,
		vuirierabilluau	agua dentro de zanjas.
		Economía	Daños e Interrupción en zonas de actividades agrícolas.
		Transporte	Obstrucción de la vía por la colocación de tuberías sobre la misma.
		Hábitat humano	Ocupación de espacios por materiales
	Instalación de		Accidentes de trabajos
	Tubería	Salud	Enfermedades dérmicas y respiratorias a los trabajadores que manipulen los aditivos.
		Economía	Rupturas en las tuberías de agua potable en pruebas hidrostáticas.
		Geología y morfología	Alteración en la dinámica natural de la geología del sitio.
		Suelo	Alteración de la composición natural del suelo producto de excavaciones excesivas.
			Asentamiento.
	Construcción de Tanque de Almacenamiento	Paisaje	Alteración en la armonía visual existente y en la constitución original del sitio.
	y Obras de Tratamiento	Ruidos y	Perjuicios a la población y a las estructuras existentes.
Construcción	Tratamiento	vibraciones	Ruido intenso afectando a la fauna de la zona protegida.
		Salud	Enfermedades respiratorias y dérmicas por uso y manipulación de aditivos.
		Vulnerabilidad	Riesgos de accidentes de trabajos y colapsos de estructuras.
		Geología y morfología	Alteración en la constitución de minerales y forma dinámica natural del suelo.
			Calidad del agua superficial.
		Hidrología Superficial	Desvío dentro del lecho natural del curso del agua en el sitio de la obra. inundaciones
		Suelo	Erosiones y alto volumen de excavación.
	Obras de Captación	Paisaje	Obstrucción del paisaje escénico natural por actividades de desmonte y despalme.
		Vegetación	Eliminación de sombra por tala, destroncado y taraceo en el área de construcción.
			Alteración en el ciclo del oxígeno e incremento de área deforestada.
			Alteración del hábitat.
		Fauna	Migración y/o muertes de mamíferos, aves y especies acuáticas de alta y baja relevancia.

		Salud	Accidentes de trabajo y enfermedades por la manipulación de aditivos.
		Vulnerabilidad	Riesgos de inundaciones y colapsos de estructuras.
		Suelo	Alteración de la composición natural del suelo.
		Cultura	Cambios de costumbres
	Conexiones Domiciliares	Salud	Enfermedades respiratorias y dérmicas por la manipulación de aditivos.
		Espacios públicos	Ocupación de espacios por construcción de cajas de protección de válvulas.
		Calidad del aire	Aumento de polvo en suspensión.
Construcción		Geología y morfología	Alteración en la dinámica natural de la geología del sitio.
		Suelo	Alteración de la constitución original del suelo por excavaciones profundas.
	Construcción de	Paisaje	Obstrucción del paisaje escénico natural.
	Letrinas	Ruidos y vibraciones	Molestias a la población por la generación de ruidos.
		Población	Riesgos de accidentes para personas laborando y circulando por el sitio debido a la profundidad de las fosas.
		Salud	Accidentes de trabajos y enfermedades dérmicas y respiratorias por de diferentes aditivos.
	Limpieza Final	Calidad del aire	Aumento de polvo en suspensión.
	Empleza i mai	Candad del ane	Basura producto de la construcción.
		Hidrología Superficial	Disminución del caudal de la fuente aguas abajo de la obra de toma.
		Suelo	Asentamiento en áreas del proyecto por inadecuada compactación de las capas del suelo.
		Paisaje	Menor visibilidad hacia el paisaje natural por tamaño de edificaciones.
Funcionamiento	Operación	Cultura	Cambios de costumbres y creencias.
	-,	Vulnerabilidad	Daños en el sistema debido a la intensidad y frecuencia de las diversas amenazas naturales
			Rupturas de tuberías de agua por sobre presión.
		Medio construido	Daños en el sistema por falta del uso adecuado en la operación y mantenimiento del mismo.

Tabla 59: Identificación de impactos negativos en la construcción y el funcionamiento del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable.

Fuente: Elaboración propia. (2015).

Z.3. Análisis de Impactos negativos y positivos del proyecto

Para realizar la Evaluación de Impacto Ambiental fue necesario hacer uso del

Método de Milán mediante la herramienta de Microsoft Excel para la elaboración

de las matrices de Causa- Efecto, Valoración e Importancia de impactos, donde

se definen las actividades en las dos etapas: construcción y funcionamiento del

Proyecto.

Una vez definidos se procede a marcar con una X, la etapa del proyecto que

genera un impacto en el componente ambiental.

Culminado el paso anterior, se definen los impactos en la matriz valoración de

impactos donde se asigna un valor en 13 atributos que determinarán la

importancia de cada impacto correspondiente a la matriz anterior. Estos atributos

son:

Signo: Para los impactos positivos se refiere al grado de beneficio, para los

impactos negativos es el grado de destrucción.

Intensidad: Según la destrucción del ambiente sea total, alta, media o baja.

**Extensión:** Determina la superficie territorial que ocupa el impacto con respecto

a la superficie que ocupa el proyecto.

Momento: Tiempo que transcurre desde el inicio de la acción y el inicio de la

respuesta o efecto sobre el medio ambiente.

Persistencia: Se dice que es fugaz si dura menos de 1 año; si dura de 1 a 3

años es temporal y si es para siempre sería permanente.

Reversibilidad: Expresa el grado de recuperación del Medio Ambiente ante una

acción determinada. Los impactos pueden ser caracterizados también por su

218

reversibilidad, según la posibilidad que tenga el factor ambiental afectado de volver a sus condiciones originales.

**Acumulación:** A veces la alteración final causada por un conjunto de impactos es mayor que la suma de todos los individuales y se habla de efecto sinérgico.

**Periodicidad:** Representa las características dinámicas de los impactos; el impacto temporal: supone alteración no permanente en el tiempo, con un plazo temporal de manifestación que puede estimarse o determinarse; impacto permanente: determina una alteración que no finaliza en un plazo temporal conocido; impacto periódico: se manifiesta con un modo de acción intermitente y discontinua en el tiempo.

Ya en la Matriz de importancia se sustituyen las X por el valor de importancia obtenida en la matriz anterior, lo que dará como resultado la categorización de los impactos producidos en cada etapa.

Los mismos pasos se repetirán para encontrar los impactos positivos, con la salvedad que el signo cambiará y se evaluará el beneficio de la etapa al componente. Al final se obtendrán 2 matrices una positiva y una negativa una durante el proyecto y 2 de igual forma en el funcionamiento del proyecto.

A continuación se muestra el desarrollo de las matrices antes mencionadas.

# Z.3.1. Evaluación Cualitativa de los Impactos Ambientales negativos en la etapa de Construcción

Universidad Nacional de Ingeniería

IMPACTO AMBIENTAL DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y LETRINAS SANITARIAS PARA LA COMUNIDAD EL BONICHE, SAN SEBASTIAN DE YALI, JINOTEGA

						,			
MATRIZ CAUSA - EFECTO DE IMPA NEGATIVOS	стоѕ				М	001			
				ETAP.	A: CON	STRU	CCIÓN		
		A	CCION	ES IMF	PACTAI	NTES [	DEL PR	OYEC	ГО
FACTORES DEL MEDIO AFECTADO: El PROYECTO	S POR	Preliminares	Movimiento de Tierra	Instalación de Tubería	Construcción de Tanque de Almacenamiento	Obras de Captación	Conexión Domiciliar	Construcción de Letrinas	Limpieza Final
FACTOR	COD	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8
CALIDAD DEL AIRE	<b>Z</b> 1		Х		Х			Х	X
GEOLOGIA Y MORFOLOGIA	<b>Z2</b>		X		X	X		X	
HIDROLOGIA SUPERFICIAL	<b>Z</b> 3		X			X			
SUELO	<b>Z</b> 4		X		X	X	X	X	
PAISAJE	<b>Z</b> 5		X		X	X		X	
VEGETACION	<b>Z</b> 6	X	X			X			
FAUNA	<b>Z</b> 7					X			
TRANSPORTE	<b>Z</b> 8	X	X	X					
RUIDOS Y VIBRACIONES	<b>Z</b> 9		Х		X			X	
POBLACION	Z10		X					X	
HABITAT HUMANO	Z11		Х	X			Х	Х	
SALUD	<b>Z</b> 12	Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	
CALIDAD DE VIDA	Z13								X
FACTORES SOCIOCULTURALES	Z14	X	Х						
VULNERABILIDAD	Z15		Х		Х	X			
ECONOMIA	<b>Z</b> 16		Х	X					
ESPACIOS PUBLICOS	<b>Z</b> 17						X		
MEDIO CONSTRUIDO	Z18								

Tabla 60: Matriz causa - efecto de impactos negativos en la etapa de construcción. Fuente: Elaboración propia. (2015).

		IMPACTO	AMBIENTAL DEL			DE ABASTECII DNICHE, SAN S					SANITARIAS PAR	A LA	
	idad Nacional					LA VALORACIO				<i></i>			
del	ngenieria					S DE LOS ATRIE						MO	02
IMPACTOS	Impacto perjudicial .	Baja Media Atta Muy atta Total	Puntual Parcial Extenso Total Crítica	Targo plazo  Medio plazo  Medio plazo  Medio plazo	Lemboral Persistencia	Recuperable a c. Plazo Recuperable a m. plazo Irrecuperable	Simple (sin sinergia)  Sinergico  Acumulativo	al probabilidad  Probabilidad	Indirecto Directo	Irregular y discontinuo Periodico Continuo	Mínima Media Media Alta Máxima Total	ortancia [I= - ( 3IN + 2EX + MO E + RV + AC + PB + EF + PR + PS)]	or Máximo de Importancia
	Naturaleza	Intensidad (grado de destrucción)	Extensión (Area de influencia)	de manifestación)	(permanencia del efecto)	Reversibilidad (recuperabilidad)	(increment o progresivo)	(certidumbre de aparición)	(relación causa - efecto)	(regularidad de manifestación	(grado de percepción del impacto por la población)	Import + PE	Valor
D470	Signo	I	Ex	Мо	Pr	Rv	Ac	Pb	Ef	Pr	PS	S	\$
D1Z6	(-)	2	2 2	4	2	2	1	1	1	2	2	-37 -22	100
D1Z12	(-)	2	2	4	2	1	2	2	1	1	2	-25	100
D1Z14	(-)	2	1	1	2	1	4	1	1	1	1	-20	100
D2Z1	(-)	4	4	1	2	1	2	4	4	2	8	-44	100
D2Z2	(-)	4	4	2	4	4	1	2	4	4	8	-49	100
D2Z3	(-)	4	2	2	2	2	4	2	1	1	4	-34	100
D2Z4 D2Z5	(-) (-)	8	2	1	4	2	4	2	4	4	8	-60 -40	100
D2Z5	(-)	8	2	2	2	2	1	4	4	4	4	-40 -51	100
D2Z8	(-)	4	1	4	2	1	1	2	4	2	8	-38	100
D2Z9	(-)	2	1	2	2	1	2	2	4	2	2	-25	100
D2Z10	(-)	4	1	2	2	1	2	2	4	2	4	-33	100
D2Z11	(-)	2	1	2	1	1	2	1	1	1	2	-19	100
D2Z12	(-)	4	4	4	2	1	1	1	1	2	4	-36	100
D2Z14	(-)	2	2	4	2	2	1	2	1	1	1	-24	100
D2Z15 D2Z16	(-)	2	1	2	2	1	1 4	2	1	1	2	-22 -18	100 100
D3Z8	(-)	4	2	4	2	1	1	2	1	2	8	-18 -37	100
D3Z11	(-)	4	1	2	1	1	2	1	1	1	2	-25	100
D3Z12	(-)	4	4	2	2	1	1	2	4	4	4	-40	100
D3Z16	(-)	1	1	2	1	1	4	1	1	1	1	-17	100
D4Z1	(-)	4	1	2	2	2	1	4	4	1	4	-34	100
D4Z2	(-)	8	1	4	4	4	1	4	4	4	2	-53	100
D4Z4	(-)	8	1	4	4	4	1	4	4	4	4	-55 20	100
D4Z5 D4Z9	(-)	4	1	4	2	1	2	2	4	2	4	-39 -35	100
D4Z12	(-)	4	1	4	2	1	2	2	1	4	4	-34	100
D4Z15	(-)	2	1	4	2	1	2	1	1	1	1	-21	100
D5Z2	(-)	4	1	4	4	4	1	4	4	4	2	-41	100
D5Z3	(-)	8	2	2	2	2	2	4	4	2	4	-50	100
D5Z4	(-)	4	1	1	4	4	1	4	4	4	4	-40	100
D5Z5	(-)	2	1	4	4	4	4	2	4	4	2	-36	100
D5Z6 D5Z7	(-) (-)	1	1	4	2	2	4	2	1	1	1	-35 -22	100
D5Z12	(-)	4	1	4	2	1	2	2	4	1	4	-34	100
D5Z15	(-)	1	2	4	2	1	1	4	4	2	4	-29	100
D6Z4	(-)	2	2	2	4	4	1	4	4	4	4	-37	100
D6Z11	(-)	4	1	2	1	1	4	1	1	1	2	-27	100
D6Z12	(-)	2	1	4	2	1	2	2	4	1	2	-26	100
D6Z17	(-)	2	1	2	1	1	4	1	1	1	2	-21	100
D7Z1	(-) (-)	4	1	2	4	2	4	2	4	2	2	-38 -39	100
D7Z4	(-)	8	1	1	4	4	1	4	4	4	4	-59 -52	100
D7Z5	(-)	2	1	1	4	4	1	4	4	4	4	-34	100
D7Z9	(-)	2	2	2	2	1	2	2	1	2	2	-24	100
D7Z10	(-)	2	1	2	2	1	2	1	1	1	2	-20	100
D7Z11	(-)	4	1	2	2	1	4	1	1	1	2	-28	100
D7Z12	(-)	2	1	1	2	1	1	1	1	1	2	-18	100
D8Z1	(-)	4	2	4	2	1	1	4	4	4	4	-40	100
D8Z13	(-)	4	1	4	1	1	4	1	1	4	4	-34	100

Tabla 61: Matriz para la valoración de impactos negativos en la etapa de construcción del proyecto. Fuente: Elaboración propia. (2015).

			AGUA P	OTABLE Y		SANITAR BASTIAN	DE YALI,	A LA COMI JINOTEG <i>A</i>	UNIDAD E	_	CHE,	
Universidad Nacional de Ingenie	ría		MATR	IZ DE IMP	ORTANCIA	DE IMPA	CTOS NE	GATIVOS			M003	
			A		TAPA: CON		~	ГО		n		
FACTORES DEL MEDIO AFECTA POR EL PROYECTO	ADOS	Preliminares	Movimiento de Tierra	Instalación de Tubería	Construcción de Tanque de Almacenamiento	Obras de Captación	Conexión Domiciliar	Construcción de Letrinas	Limpieza Final	Valor de la Alteración	Máximo valor de la Alteración	Grado de Alteración
FACTOR	COD	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8			
CALIDAD DEL AIRE	<b>Z</b> 1		-44		-34			-38	-40	-156	400	-39
GEOLOGIA Y MORFOLOGIA	<b>Z</b> 2		-49		<b>-5</b> 3	-41		-39		-182	400	-46
HIDROLOGIA SUPERFICIAL	Z3		-34			-50				-84	200	-42
SUELO	Z4		-60		-55	-40	-37	-52		-244	500	-49
PAISAJE	<b>Z</b> 5		-40		-39	-36		-34		-149	400	-37
VEGETACION	<b>Z</b> 6	-37	-51			-35				-123	300	-41
FAUNA	<b>Z</b> 7					-22				-22	100	-22
TRANSPORTE	<b>Z</b> 8	-22	-38	-37						-97	300	-32
RUIDOS Y VIBRACIONES	<b>Z9</b>		-25		-35			-24		-84	300	-28
POBLACION	Z10		-33					-20		-53	200	-27
HABITAT HUMANO	Z11		-19	-25			-27	-28		-99	400	-25
SALUD	Z12	-25	-36	-40	-34	-34	-26	-18	0.4	-213	700	-30
CALIDAD DE VIDA	Z13	00	0.4						-34	-34	100	-34
FACTORES SOCIOCULTURALES VULNERABILIDAD	Z14	-20	-24 -22		-21	20				-44 -72	200 300	-22
ECONOMIA	Z15 Z16		- <u>22</u> -18	-17	-21	-29				-72 -35	200	-24 -18
ESPACIOS PUBLICOS	Z16 Z17		-10	-1/			-21			-35 -21	100	-18 -21
MEDIO CONSTRUIDO	Z18						-21			0	0	0
Valor Medio de Importancia			ı	I		34	I.		L	Ŭ	<u> </u>	
Dispersión Típica					-1							
Rango de Discriminación		-44							-23			
Valor de la Alteración		-104	-493	-119	-271	-287	-111	-253	-74	-1712		
Máximo Valor de Alteración		400	1400	400	700	800	400	800	200		5100	
Grado de Alteración		-26	-35	-30	-39	-36	-28	-32	-37			-34

Tabla 62: Matriz de importancia de impactos negativos del proyecto en la etapa de construcción. Fuente: Elaboración propia. (2015).

### Z.3.2. Evaluación Cualitativa de los Impactos Ambientales Positivos en la etapa de Construcción

IMPACTO AMBIENTAL DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y LETRINAS SANITARIAS PARA LA COMUNIDAD EL BONICHE, Universidad Nacional de Ingeniería SAN SEBASTIAN DE YALI, JINOTEGA **MATRIZ CAUSA - EFECTO DE IMPACTOS** M001 **POSITIVOS ETAPA: CONSTRUCCIÓN ACCIONES IMPACTANTES DEL PROYECTO** Construcción de Letrinas Construcción de Tanque nstalación de Tubería Movimiento de Tierra Conexión Domiciliar de Almacenamiento Obras de Captación FACTORES DEL MEDIO AFECTADOS POR EI PROYECTO Limpieza Final **Preliminares** D2 D3 D4 D5 **D7** D8 **FACTOR** COD CALIDAD DEL AIRE **Z**1 Χ **Z2 GEOLOGIA Y MORFOLOGIA** HIDROLOGIA SUPERFICIAL **Z**3 SUELO **Z**4 Χ **Z**5 **PAISAJE** Χ X **VEGETACION Z**6 **FAUNA Z**7 **TRANSPORTE Z**8 Χ Χ **RUIDOS Y VIBRACIONES Z**9 Z10 X **POBLACION** HABITAT HUMANO Z11 X X X X SALUD Z12 CALIDAD DE VIDA Z13 Χ X X X X X X X FACTORES SOCIOCULTURALES Z14 X X X X X X X X VULNERABILIDAD Z15

Tabla 63: Matriz causa - efecto de impactos positivos en la etapa de construcción. Fuente: Elaboración propia. (2015).

Z16

Z17

Z18

X

Χ

Χ

X

X

X

**ECONOMIA** 

**ESPACIOS PUBLICOS** 

**MEDIO CONSTRUIDO** 

X

Χ

	ηŀ				IMI	PAC	TO A	AMI	BIEN'	TAL	DEI	L DIS															A PC				ETRI	NAS	SSA	NIT	ARI	AS	PA	RA	LA		
Universid de Ing	ad Nac genierí													MA				AVA SDE									/OS													MO	02
	(-)	(+)	1	2	4	8	12	1	2	4	8	12	1	2	4	1	2	4	1		2	4	1	2	4	1	2	4	1	4	1	2	4	1	2	4	8	1:		+ 🔅	
IMPACTOS	impacto perjudicial	impacto beneficioso	Baja	Media	Alta	Muy alta	Total	Puntual	Parcial	Extenso	Total	Crítica	Largo plazo	Medio plazo	Inmediato	Fugaz	Temporal	Permanente	Recuperable a c. Plazo	1	Recuperable a m. plazo	Irrecuperable	Simple (sin sinergia)	Sinérgico	Acumulativo	improbable	Dudoso	Cierto	Indirecto	Directo	Irregular y discontinuo	Periódico	Continuo	Mínima	Media		Máxima		ancia II= - ( 3IN + 2EX + MO	+ No	r Máximo de Importancia
	Natur	aleza	Int		ad (g	grado io)	de	ı	Extens inf	ión (A fluencia		le	(р	omeni lazo ( estad	de	(per	man	encia encia cto)			ibilio		(in	imula creme gresi	ent o	(ce	babili rtidum aparic	nbre	Efe (rela cau	ción Isa	(reg	odici Julari de esta	dad		de pe impa	rce acto	ocial oción por l ción)	del	io Import	PE + F	Valor
	Sig	jno			- 1					Ex				Мо			Pr			F	₹∨			Ac			Pb		E	Ŧ		Pr				F	S			S	S
D1Z13	(+	+)			1			Ĺ		4				2			2				1			2			2		,	1		4					I		$\perp$	26	100
D1Z14	(+	-			2					4				2			4			:	2			4			1		,	1		4					1		_	33	100
D1Z16	(+	•			4					8				2			2		_		4			1		1	4		-	1		2					3			55	100
D2Z10	(+				4					8				1			2		<u> </u>		1			2			2		•			2					2		_	41	100
D2Z13	(+	-			2			-		4				1			4		1		1			2			2					4					2		_	31	100
D2Z14	(+				2			┝		4				2			2		<del> </del>		2			4			1			1 1		4					2			32	100
D2Z16 D3Z5	(+	-			2			┝		2				2			4		1		4			4			2					4					<u> </u>		_	63 32	100
D3Z8	(+	•			4					1				2			4		1		1			1			2			1 1		1					2			31	100
D3Z11	(+				2					4				4			4		1		1			2			1		-	1		2					<u> </u>		_	33	100
D3Z13	(+	-			2					4				4			2		1		1			2			1		,	1		4					2		-	31	100
D3Z14	(+	+)			4					4				4			4			:	2			4			1		,	1		4					2			42	100
D3Z16	(+	+)			4					4				4			2				4			1			4		4	1		4					3			51	100
D4Z13	(+	+)			2					1				4			2				1			2			2		,	I		4					2			26	100
D4Z14	(+	+)			2					2				2			4			:	2			4			1		,	I		4					2			30	100
D4Z16	(+				4					1				4			2				4			1			4		4	1		4					3			45	100
D5Z13	(+	-			2					1				4			2				2			2			2		_			4					2			27	100
D5Z14	(+	•			2					2				2			4		-		1			4			1					4					2		_	29	100
D5Z16	(+				4					1				4			2		-		4			1			4			1		4		_			3		_	45	100
D6Z11	(+				1			$\vdash$		1				2			2		+		1			2			1			-		1 4					1 			21 20	100
D6Z13	(+				1			$\vdash$		1				2			4		$\vdash$		2			4			1					4					<u>2</u> 2		_	25	100
D6Z14	(+				1			$\vdash$		2				4			2		1		4			1			4		-	1		4					<u>-</u> 1		_	34	100
D7Z13	(+				2			H		1				2			2		+		1			2			2		-	, 1		4					<del>.</del> 1			29	100
D7Z14	(+				4			H		1				2			4		1		2			4			1		,			4		H			1		_	36	100
D7Z16	(+	-			2			T		2				4			2		1		4			1		1	4		_	1		4					3		$\top$	41	100
D8Z1	(+				2			T		4				4			1		1		4			1			1		4	1		1					1		1	31	100
D8Z4	(+	+)			8					8				4			4			_	4			1			2		4	1		4		2						65	100
D8Z5	(+	+)			4					8				2			4				4			4			4			1		4		4						58	100
D8Z8	(+				8					1				2			4				1			2			4		4	1		1		4						48	100
D8Z11	(+	+)			8					2				4			4				1			4		1	2			l		2		4						50	100
D8Z12	(+				8					8				4			2		_		1			2		1	2		,			4					1			60	100
D8Z13	(+				4			₽		8				2			4		<u> </u>		2			4		1	2		,			4					3		_	55	100
D8Z14	(+				2			1		1				4			4		_		1			1		1	2			1		2		_			3		_	34	100
D8Z17	(+	+)			8					1				4			4				1			2			1			1		2	_				3			52	100

Tabla 64: Matriz para la valoración de impactos positivos del proyecto en la etapa de construcción. Fuente: Elaboración propia. (2015).

ГДТ					TAL DEL DIS ETRINAS SA SAN SE	ANITARIA	S PARA L		IDAD EL E	_		
Universidad Nacional de Ingenie	ría		MATR	IZ DE IMF	PORTANCIA	A DE IMPA	CTOS PO	SITIVOS			M003	
			A		TAPA: CON			го		ión	- C	u
FACTORES DEL MEDIO AFECTA POR EL PROYECTO	ADOS	Preliminares	Excavación de zanjas	Instalación de Tubería	Construcción de Tanque de Almacenamiento	Obras de Captación	Conexión Domiciliar	Construcción de Letrinas	Limpieza Final	Valor de la Alteración	Máximo valor de la Alteración	Grado de Alteración
FACTOR	COD	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8			
CALIDAD DEL AIRE	<b>Z</b> 1								31	31	100	31
GEOLOGIA Y MORFOLOGIA	<b>Z</b> 2									0	0	0
HIDROLOGIA SUPERFICIAL	Z3									0	0	0
SUELO	Z4								65	65	100	65
PAISAJE	<b>Z</b> 5			32					58	90	200	45
VEGETACION	<b>Z</b> 6									0	0	0
FAUNA	Z7									0	0	0
TRANSPORTE	<u>Z8</u>			31					48	79	200	40
RUIDOS Y VIBRACIONES	Z9		4.4					1		0	0	0
POBLACION	Z10 Z11		41	22			04		50	41	100 300	41 35
HABITAT HUMANO	Z11 Z12			33			21		50 60	104 60	100	60
SALUD CALIDAD DE VIDA	Z12	26	31	31	26	27	20	29	55	245	800	31
FACTORES SOCIOCULTURALES	Z14	33	32	42	30	29	25	36	34	261	800	33
VULNERABILIDAD	Z15	- 33	- 02	74	30	20		- 50	U <del>T</del>	0	0	0
ECONOMIA	Z16	55	63	51	45	45	34	41		334	700	48
ESPACIOS PUBLICOS	Z17					.0			52	52	100	52
MEDIO CONSTRUIDO	Z18									0	0	0
Valor Medio de Importancia			•		3	9			•			
Dispersión Típica					1	2						
Rango de Discriminación		26							51			
Valor de la Alteración		114	167	220	101	101	100	106	453	1362		
Máximo Valor de Alteración		300	400	600	300	300	400	300	1000		3500	
Grado de Alteración		38	42	37	34	34	25	35	45			39

Tabla 65: Matriz de importancia de impactos positivos del proyecto en la etapa de construcción. Fuente: Elaboración propia. (2015).

### Z.3.3. Evaluación Cualitativa de los Impactos Ambientales negativos en la etapa de Operación

IMPACTO AMBIENTAL DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y LETRINAS SANITARIAS PARA LA COMUNIDAD

Universidad Nacional de Ingeniería	EL BO	NICHE, SAN SEBASTIAN DE YALI, JINOTEGA
MATRIZ CAUSA - EFECTO DE IMPA NEGATIVOS	CTOS	M001
		ETAPA: OPERACIÓN
FACTORES DEL MEDIO AFECTAI	oos	ACCIONES IMPACTANTES DEL PROYECTO
		OPERACIÓN
FACTOR	COD	D1
CALIDAD DEL AIRE	<b>Z</b> 1	
GEOLOGIA Y MORFOLOGIA	<b>Z2</b>	
HIDROLOGIA SUPERFICIAL	<b>Z</b> 3	X
SUELO	Z4	X
PAISAJE	<b>Z</b> 5	X
VEGETACION	<b>Z</b> 6	X
FAUNA	<b>Z</b> 7	
TRANSPORTE	<b>Z</b> 8	
RUIDOS Y VIBRACIONES	<b>Z</b> 9	
POBLACION	Z10	
HABITAT HUMANO	Z11	
SALUD	Z12	
CALIDAD DE VIDA	Z13	
FACTORES SOCIOCULTURALES	Z14	
VULNERABILIDAD	Z15	X
ECONOMIA	Z16	X
ESPACIOS PUBLICOS	Z17	
MEDIO CONSTRUIDO	Z18	X

Tabla 66: Matriz causa – efecto de impactos negativos en la etapa de operación.

Fuente: Elaboración propia. (2015).

	лŀ				IMF	PAC	ТО	AME	BIEN	IATI	. DE	L D	-	-		-			E AB	-	-		_				-				RIN	IAS	SAN	NITA	RIA	S P	ARA	LA	
Universion	dad Nac	ional																	LA V																				
de In	genierí	a														'	VALC	DRE	S DE	LOS	ATR	BUT	OS E	DE IN	/IPA	CTO	S											MO	)2
	(-)	(+)	1	2	4	8	12	1	2	4	8	12	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	4	1	2	4	1	2	4	8	12	MO + + PS)]	
IMPACTOS	impacto perjudicial	S					Crítica	()	Medio plazo	de	(pe	Temporal	ncia		Recuperable a m. plazo		(inc	Sinérgico	nt o	(cer	osopnQ babili	nbre	1		(reg	o dicio dico		(gr	el imedia	le pe	rcepc por	ión	Importancia [I= - ( 3IN + 2EX + MO PE + RV + AC + PB + EF + PR + PS	Valor Máximo de Importancia					
	Sig	no			1					Ex				Мо			Pr			Rv			Ac			Pb			<u>sto,</u> ∃f	mum	Pr	101011		ро	PS			s	s
D1Z3	(-	-)			2					1				4			4			2			1			2			4		4				2			-31	100
D1Z4	(-	-)			1					2				2			2			2			2			1			1		1				2			-20	100
D1Z5	(-	-)			1					2				4			4			2			1			1			1		1				2			-23	100
D1Z6	(-	-)			1					2				4			2			2			1			2			1		1				2			-22	100
D1Z15	(-	-)	2 2											4			2			1			1			1		İ	1		1				4			-25	100
D1Z16	(-	-)			1					1				2			1			1			4			1		İ	1		1				4			-20	100
D1Z18	(-	-)		1 1										4			2			1			4			1			1		1				2			-21	100

Tabla 67: Matriz para la valoración de impactos negativos del proyecto en la etapa de operación. Fuente: Elaboración propia. (2015).

		IMPACTO AMBIENTAL D			
		ABASTECIMIENTO DE A	GUA POTA	BLE Y LET	RINAS
		SANITARIAS PARA LA	COMUNIDA	AD EL BONI	CHE,
		SAN SEBASTIAN	N DE YALI, J	INOTEGA	
Liuis reveide d'Alecie vel de le veni	a u í a	MATRIZ DE IMPORTAN	CIA DE IMP	ACTOS	14000
Universidad Nacional de Ingeni	eria	NEGATIV	os		M003
		ETAPA:	OPERACIÓ	N	
		ACCIONES IMPACT	ANTES DEL	PROYECT	0
				a	ón
FACTORES DEL MEDIO AFECT	ADOS			<u>e</u>	Ğ
POR EL PROYECTO	AD00			r d	era
FOR EL PROTECTO		_	<b>~</b>	alo	Ą
		ió	s Ia ón	v va ón	<u>e</u>
		ac	ğ ğ	n aci	рo
		Operación	Valor de la Alteración	Máximo valor de la Alteración	Grado de Alteración
		ō	Va Alt	Má Alt	G
FACTOR	COD	D1			
CALIDAD DEL AIRE	<b>Z</b> 1		0	0	0
GEOLOGIA Y MORFOLOGIA	<b>Z2</b>		0	0	0
HIDROLOGIA SUPERFICIAL	Z3	-31	-31	100	-31
SUELO	Z4 Z5	-20	-20	100	-20
PAISAJE VEGETACION	Z6	-23 -22	-23 -22	100 100	-23 -22
FAUNA	<u>Z</u> 7	-22	0	0	0
TRANSPORTE	Z8		0	0	0
RUIDOS Y VIBRACIONES	Z9		0	0	0
POBLACION	Z10		0	0	0
HABITAT HUMANO	Z11		0	0	0
SALUD	Z12		0	0	0
CALIDAD DE VIDA	Z13		0	0	0
FACTORES SOCIOCULTURALES VULNERABILIDAD	Z14 Z15	-25	0 -25	0 100	0 -25
ECONOMIA	Z16	-25 -20	-23 -20	100	-20
ESPACIOS PUBLICOS	Z17	20	0	0	0
MEDIO CONSTRUIDO	Z18	-21	-21	100	-21
Valor Medio de Importancia		-23			
Dispersión Típica		-4			
Rango de Discriminación		-27			
Valor de la Alteración		-162	-162		
Máximo Valor de Alteración		800		700	
Grado de Alteración		-20			-23

Tabla 68: Matriz de importancia de impactos negativos en la etapa de operación. Fuente: Elaboración propia. (2015).

# Z.3.4. Evaluación Cualitativa de los Impactos Ambientales Positivos en la etapa de Operación

Universidad Nacional de Ingeniería

IMPACTO AMBIENTAL DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y LETRINAS SANITARIAS PARA LA COMUNIDAD EL BONICHE, SAN SEBASTIAN DE YALI, JINOTEGA

		,						
MATRIZ CAUSA - EFECTO DE IMPA POSITIVOS	M001							
		ETAPA: OPERACIÓN						
FACTORES DEL MEDIO AFECTADO EI PROYECTO	ACCIONES IMPACTANTES DEL PROYECTO							
		OPERACIÓN						
FACTOR	COD	D1						
CALIDAD DEL AIRE	<b>Z</b> 1	X						
GEOLOGIA Y MORFOLOGIA	<b>Z</b> 2							
HIDROLOGIA SUPERFICIAL	<b>Z</b> 3	X						
SUELO	Z4							
PAISAJE	<b>Z</b> 5	X						
VEGETACION	<b>Z</b> 6							
FAUNA	<b>Z</b> 7							
TRANSPORTE	<b>Z</b> 8							
RUIDOS Y VIBRACIONES	<b>Z</b> 9							
POBLACION	Z10	X						
HABITAT HUMANO	Z11	X						
SALUD	Z12	X						
CALIDAD DE VIDA	Z13	X						
FACTORES SOCIOCULTURALES	Z14	X						
VULNERABILIDAD	Z15							
ECONOMIA	Z16	X						
ESPACIOS PUBLICOS	Z17							
MEDIO CONSTRUIDO	Z18							

Tabla 69: Matriz causa - efecto de impactos positivos en la etapa de operación. Fuente: Elaboración propia. (2015).

	лŀ				IMP	AC	ΤΟ Α	AME	BIEN'	TAL	DE	L DI									TECII										RINA	AS S	SANI	TAF	RIAS	PA	RA L	-A	
Universid	ad Nac	ional												<u> </u>							RACIO									`									
	genieri											МО	02																										
	(-)	(-) (+)		(+) 1 2 4 8 12 1 2 4 8 12 1 2 4 8 12 1 2 4										8	12		Ī																						
IMPACTOS	impacto perjudicial	impacto beneficioso	Baja		ad (2		e Total	Puntual	Parcial	Extenso		e Crítica		Medio plazo	de	(pe	Temporal	encia encia		Recuperable a m. plazo	(papilii papilii papil	(in	Sinérgico	ent o	(ce	osopnQ babil rtidui apario	nbre	(rela	ecto ación usa cto)	(re	iodici gulari de festa	idad		de pe impa		ión d or la		Importancia [I= - ( 3IN + 2EX + MO + PE + RV + AC + PB + EF + PR + PS)]	Valor Máximo de Importancia
	Sig	gno			I					Ex				Мо			Pr			Rv			Ac			Pb		ı	Ef		Pr				PS			S	s
D1Z1	(	+)			8					4			4			4		1		4 4		4		4		4		61	100										
D1Z3	(	+)			1					4			4		4		4		1		4			1			1	1			1			28	100				
D1Z5	(	+)			4					2				2		4		2		1		4		4		4		2		2		39	100						
D1Z10	(	+)			12					8				4		4		1		1		4		4		4			8				82	100					
D1Z11	(	+)			4					1			4		4		4		1		2			2		1		4		4		4		36	100				
D1Z12	(	+)			12					8			2			4			1			4			4		4		4				4			79	100		
D1Z13	(	+)			8					8			2		4			1		2		2		4		4		4		8			69	100					
D1Z14	(	+)			2					1			2			4		2			4		2			1	4		4				31	100					
D2Z16	(	+)			8					4				2			4			1			4			4			4	4		4		59	100				

Tabla 70: Matriz para la valoración de impactos positivos del proyecto en la etapa de operación. Fuente: Elaboración propia. (2015).

Universidad Nacional de Ingenie	ría	IMPACTO AMBIENTAL DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y LETRINAS SANITARIAS PARA LA COMUNIDAD EL BONICHE, SAN SEBASTIAN DE YALI, JINOTEGA							
Oniversidad Nacional de ingeme	i ia	MATRIZ DE IMPOR POS	TANCIA DE I ITIVOS	MPACTOS	M003				
		ET/	APA: OPERA	CIÓN					
		ACCIONES IMP	PACTANTES	DEL PROYEC	сто				
FACTORES DEL MEDIO AFECTA POR EL PROYECTO	ADOS	Operación	Valor de la Alteración	Máximo valor de la Alteración	Grado de Alteración				
FACTOR	COD	D1							
CALIDAD DEL AIRE	<b>Z</b> 1	61	61	100	61				
GEOLOGIA Y MORFOLOGIA	<b>Z</b> 2		0	0	0				
HIDROLOGIA SUPERFICIAL	<b>Z</b> 3	28	28	100	28				
SUELO	Z4		0	0	0				
PAISAJE	<b>Z</b> 5	39	39	100	39				
VEGETACION	<b>Z</b> 6		0	0	0				
FAUNA	<b>Z</b> 7		0	0	0				
TRANSPORTE	Z8		0	0	0				
RUIDOS Y VIBRACIONES	<b>Z</b> 9		0	0	0				
POBLACION	Z10	82	82	100	82				
HABITAT HUMANO	Z11	36	36	100	36				
SALUD	Z12	79	79	100	79				
CALIDAD DE VIDA	Z13	69	69	100	69				
FACTORES SOCIOCULTURALES	Z14	31	31	100	31				
VULNERABILIDAD	Z15		0	0	0				
ECONOMIA	Z16	59	59	100	59				
ESPACIOS PUBLICOS	Z17		0	0	0				
MEDIO CONSTRUIDO	Z18		0	0	0				
Valor Medio de Importancia		54							
Dispersión Típica		21							
Rango de Discriminación		33							
Valor de la Alteración		484	484						
Máximo Valor de Alteración		900		900					
Grado de Alteración	_	54			54				

Tabla 71: Matriz de importancia de impactos positivos en la etapa de operación. Fuente: Elaboración propia. (2015).

### Z.4. Interpretación de la importancia de Impactos negativos

Etapa del proyecto	Actividades del proyecto	Código	Factor ambiental impactado	Efecto directo de la acción sobre el factor ambiental	Categoría de impacto
	Preliminares	D1 Z6	Vegetación	Eliminación de sombra por tala, destroncado y taraceo en el área de construcción.	Moderado
		D2 Z1	Calidad del aire	Aumento de polvo en suspensión y emisión de gases de vehículos y maquinarias.	Moderado
		D2 Z2	Geología y morfología	Infertilidad y alteración en la textura del suelo, modificación en el perfil del suelo.	Crítico
		D2 Z3	Hidrología superficial	Estancamiento en puntos nocivos en períodos de lluvias.	Moderado
	Movimiento de Tierra	D2 Z4	Suelo	Retiro de la capa vegetal y alteración de los perfiles del suelo por excavaciones.	Crítico
		D2 Z5	Paisaje	Obstrucción del paisaje natural	Moderado
		D2 Z6	Vegetación	Eliminación de plantas y cortes de raíces.	Crítico
		D2 Z8	Transporte	Tráfico interrumpido, desviación de los vehículos.	Moderado
		D2 Z12	Salud	Accidentes de trabajos y enfermedades dérmicas y respiratorias.	Moderado
	Instalación de	D3 Z8	Transporte	Obstrucción de la vía por la colocación de tuberías sobre la misma.	Moderado
	Tubería	D3 Z12	Salud	Accidentes de trabajos y enfermedades dérmicas y respiratorias.	Moderado
		D4 Z1	Calidad del aire	Aumento de polvo en suspensión.	Moderado
		D4 Z2	Geología y morfología	Alteración en la dinámica natural de la geología del sitio.	Crítico
	Construcción de Tanque de Almacenamiento	D4 Z4	Suelo	Alteración de la composición natural del suelo producto de excavaciones excesivas. Asentamientos.	Crítico
Construcción	y Obras de Tratamiento	D4 Z5	Paisaje	Alteración en la armonía visual existente y en la constitución original del sitio.	Moderado
		D4 Z9	Ruidos y Vibraciones	Perjuicios a la población y a las estructuras existentes.	Moderado
		D4 Z12	Salud	Accidentes de trabajos y enfermedades dérmicas y respiratorias.	Moderado
		D5 Z2	Geología y morfología	Alteración en la constitución de minerales y forma dinámica natural del suelo.	Moderado
	Ohyan da	D5 Z3	Hidrología superficial	Calidad del agua superficial. Desvío dentro del lecho natural del curso del agua en el sitio de la obra. Inundaciones	Crítico
	Obras de Captación	D5 Z4	Suelo	Erosiones y alto volumen de excavación.	Moderado
	Сартабіон	D5 Z5	Paisaje	Obstrucción del paisaje escénico natural por actividades de desmonte y despalme.	Moderado
		D5 Z6	Vegetación	Eliminación de sombra por tala, destroncado y taraceo en el área de construcción.	Moderado
		D5 Z12	Salud	Accidentes de trabajos y enfermedades dérmicas y respiratorias.	Moderado
	Conexiones Domiciliares	D6 Z4	Suelo	Alteración de la composición natural del suelo.	Moderado
		D7 Z1	Calidad del aire	Aumento de polvo en suspensión.	Moderado
	Construcción de Letrinas	D7 Z2	Geología y morfología	Alteración en la dinámica natural de la geología del sitio.	Moderado
		D7 Z4	Suelo	Alteración de la constitución original del suelo por excavaciones profundas.	Crítico
	Limpieza Final	D8 Z1	Calidad del aire	Aumento de polvo en suspensión y basura producto de la construcción.	Moderado
	,	D8 Z13	Calidad de vida	Bajas fuentes de trabajo e ingresos.  Readaptación al nuevo proyecto.	Moderado
Funcionamiento	Operación	D1 Z3	Hidrología superficial	Disminución del caudal de la fuente aguas abajo de la obra de toma.	Crítico
r uncionamiento	Operación	D1 Z15	Vulnerabilidad	Daños en los componentes del sistema debido a la intensidad y frecuencia de las diversas amenazas naturales	Moderado

Tabla 72: Interpretación de impactos negativos del proyecto en la etapa de construcción y operación. Fuente: Elaboración propia. (2015).

# Z.5. Guía de seguimiento para la mitigación de los impactos negativos más relevantes del Proyecto en la Etapa de Construcción

Tipo de Proyecto	Acciones Impactantes	Efectos	Medidas de Mitigación	Responsable					
	Preliminares	Vegetación	Delimitar y señalizar solamente las áreas de cobertura vegetal a ser intervenidas por la obra.	Contratista y Dueño					
		Calidad del aire	Uso de vehículos y maquinarias en buen estado.						
		Geología y	Humidificar caminos y acopio de materiales.  Garantizar la reconformación total sitio y eliminación absoluta						
		morfología	de materiales sobrantes.						
		Hidrología superficial	ficial estabilidad de los taludes, limpieza y seguridad del área de						
			trabajo.  Separar la capa de material orgánico de la del material inerte;						
	Movimiento de	Suelo	el material orgánico es posible reutilizar.  Conformar bien el material de relleno, para no provocar asentamiento.	Población,					
	Tierra	Paisaje	Respetar el diseño paisajístico o restaurar las condiciones existentes.	Contratista y Dueño					
		Vegetación	Revegetación de taludes, terraplenes y superficies desnudas.  Bajo ninguna circunstancia podrán derribarse árboles sin la debida autorización ambiental competente.						
		Transporte	Instalación de carteles de señalización, colocación de pasarelas para impedir accidentes de los peatones. Implementación vías alternas que puedan servir como desvíos provisionales.						
		Salud	Suministro de accesorios y equipos de protección.						
	Instalación de	Transporte	Señalización vial y control del tráfico.	Población y					
Diseño del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento Básico Rural	Tubería	Salud	Provisión de indumentaria adecuada a los operarios que en ella trabajen, (botas, cascos, protectores visuales, etc.)	Contratista					
		Calidad del aire	Transporte de materiales en camiones debidamente cubiertos. Humidificar el área para reducir la propagación de polvo						
		Geología y morfología	Delimitar solo el área de intervención de la obra, conformar y compactar adecuadamente.						
	Construcción de	Suelo	Conformar bien el material de relleno, para no provocar asentamiento.						
	Tanque de Almacenamiento y Obras de	Paisaje	Las zonas verdes intervenidas deben ser restauradas de tal forma que las condiciones sean iguales o mejores a las antes existentes.	Contratista					
Zuoiso ituiui	Tratamiento	Ruidos y	Utilización de equipos de construcción de baja generación de ruido.						
		Vibraciones	Programación de las actividades que producen más ruido para los períodos menos sensibles.						
		Salud	Suministro de accesorios, equipos de protección y botiquín.						
		Geología y morfología	Relleno y Compactación adecuada. Revegetación.						
		Hidrología superficial	No disponer en cauces o cursos de agua los sobrantes de mezclas de concreto.						
	Obras de	Suelo	Conformar bien el material de relleno, para no provocar asentamiento.						
	Captación	Paisaje	Respeto a la tipología de la zona de la obra.	Contratista					
		Vegetación	Eliminación y revegetación de vías de acceso al finalizar la						
		Salud	Suministro de equipos de protección y materiales de auxilio.						
	Conexiones Domiciliares	Suelo	Separar la capa de material orgánico de la del material inerte; el material orgánico es posible reutilizar.	Contratista					
		Called del aire	Humectación de materiales productores de polvo.						
	Construcción de Letrinas	Geología y morfología	Evitar sobrexcavaciones, y derrames de combustibles y productos inorgánicos.	Contratista					
		Suelo	Separar la capa de material orgánico de la del material inerte; el material orgánico es posible reutilizar.						
			Retirar basura y material sobrante de forma inmediata y en lugares autorizados. No realizar quemas.						
	Limpieza Final	Calidad del aire	Contratista y Población						
			Utilizar agua, para evitar la propagación de polvo a los negocios, viviendas, centros y a la población.	i Ubiaciuii					
		Calidad de vida	Capacitación y concientización a la población.						

Tabla 73: Guía de seguimiento para la mitigación de los impactos negativos del proyecto en la etapa de construcción. Fuente: Elaboración propia. (2015).

#### Z.6. Guía de seguimiento para la mitigación de los impactos negativos más relevantes en la etapa de operación

Tipo de Proyecto	Acciones Impactantes	Efectos	Medidas de Mitigación	Responsable			
		Hidrología superficial	Mantenimiento de un caudal ecológico, acorde con las especificidades del sitio y la época del año.	Población y Alcaldía			
		Superiiciai	Obras de drenaje y estabilización de laderas	Alcalula			
Diseño del Sistema de Abastecimiento de			Evitar el uso de zanjas abiertas o de cajas sin tapas adecuadas.				
Agua Potable y Saneamiento Básico	Operación del Proyecto		Protección de márgenes aguas abajo de la captación.	Población y Alcaldía			
Rural	V	Vulnerabilidad	Reposición de pérdidas y cuidado durante la realización de las actividades de operación y mantenimiento del sistema.				
			Implantación de cortinas vegetales (acústicas y visuales).				

Tabla 74: Guía de seguimiento para la mitigación de los impactos negativos del proyecto en la etapa de Operación. Fuente: Elaboración propia. (2015).

**Apéndice AA:** Planos Constructivos del Proyecto

