UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Tecnología de la construcción.

Monografía

"DISEÑO DE UN MINI ACUEDUCTO POR BOMBEO ELECTRICO EN LA COMUNIDAD DE PASO ANCHO, DEPARTAMENTO DE ESTELÍ"

Para optar por el título de ingeniero civil

Elaborado por

Br. Freydell Guadalupe Silva Ardón 2011-38372

Br. Jeyson Josué Mendoza Gámez 2011-38264

Tutor

MSc. Ing. Jimmy Sierra Mercado.

Managua, Octubre 2017

Dedicatoria

A Dios, por permitirnos llegar hasta este momento tan especial en nuestras vidas. Por nuestros triunfos y los momentos difíciles que nos han enseñado a valorarlo cada día más.

A nuestros Padres, Hermanos y Familiares en general que han estado presente en todo el trayecto de este proceso educativo brindándonos su inmenso apoyo que sin lugar a duda nos han llenado de fuerzas y fortalezas para no doblegar ante las circunstancias y sobre todo velado por nosotros durante este arduo camino para convertirnos en profesionales.

A nuestros compañeros y amigos que gracias al equipo que formamos logramos llegar hasta el final del camino.

A la comunidad de Paso ancho en el Municipio de Estelí, por su importante aporte y ardua labor en ayuda a que nuestra investigación pudiese dar fin y así concluir con nuestro compromiso hacia ellos.

Freydell Guadalupe Silva Ardón

Jeyson Josué Mendoza Gámez

Agradecimiento

Agradecemos a Dios por habernos ayudado maravillosamente en cada paso de nuestra investigación, facilitando y abriendo caminos, sobre todo por habernos dado la fuerza que necesitábamos día a día. Por otra parte agradecerle a nuestro maestro guía y mentor por dedicarnos gran parte de su tiempo, ayudándonos a enfocar nuestro conocimiento en la investigación y clarificando el esquema de la metodología utilizada para poder desarrollar el proceso de nuestra tesis y asimismo terminarla.

A nuestros padres, por el gran ejemplo de perseverancia y constancia, por el interés puesto en cada uno de nosotros brindándonos apoyo moral y económico para poder llegar hasta este grato momento.

A nuestros compañeros por el grandioso apoyo que nos brindaron en momentos difíciles.

Freydell Guadalupe Silva Ardón

Jeyson Josué Mendoza Gámez

Abreviaturas

CMD: Consumo Máximo Día

CMH: Consumo Máximo Hora

CAPRE: Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana

CAPS: Comités de Agua Potable y Saneamiento

CPD: Consumo Promedio Diario

CPDT: Consumo Promedio Diario Total

CTD: Carga Total Dinámica

ENACAL: Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados

G.A: Golpe de Ariete

Gl: Galones

Gpm: Galones por minuto

Gppd: Galones por persona por día

Hs: Altura estática de Succión

Hi: Altura estática de impulsión

H.F: Hierro Fundido

Hf: Pérdidas por fricción

HP: Horse Power

H.G. Hierro Galvanizado

HI: Pérdidas localizadas

INAA: Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados

INETER: Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

NTON 09001-99: Normas técnicas de diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural.

Km: Kilómetro

Lts: Litros

Lppd: Litros por persona por día

Lps: Litros por segundos

M: Metros

m.c.a: Metros columna de agua

m^2: Metros cuadrados

m^3: Metros cúbicos

M/seg: Metros por segundos

m.s.n.m: Metros sobre el nivel del mar

Mm: Milímetros

MABE: Mini Acueducto por Bombeo Eléctrico

MINSA: Ministerio de Salud

PVC: Cloruro de polivinilo

Plg: Pulgadas

SAAP: Sistema de Abastecimiento de Agua Potable

UNT: Unidades de Turbidez

Resumen del Tema

El presente documento de tesis contiene la memoria de diseño del Mini Acueducto por bombeo eléctrico (MABE) en la comunidad de Paso Ancho, municipio de Estelí.

La localidad se encuentra a 2 km de la ciudad, con una población actual de 146 habitantes y 46 viviendas existentes, por lo tanto se considera un poblado pequeño con necesidades básicas y económicas.

Según el estudio socioeconómico realizado a la población, éstos demandan un servicio de agua potable que mejore sus condiciones de vida y les permita el acceso de agua a sus hogares sin tener que recorrer grandes distancias por el vital líquido. El suministro de agua potable se lleva a cabo mediante dos pozos perforados, uno de los cuales se seca en su totalidad en época de verano, generando desabastecimiento a la población.

En época de invierno algunas personas aprovechan el aumento del caudal del rio que atraviesa la comunidad específicamente para el uso de riego, pero en la temporada seca pierde su caudal debido a la extracción excesiva de agua para riego y a los efectos de la deforestación y el cambio climático.

El consumo de agua sin tratar representa una amenaza para la salud, especialmente para los niños que son los que sufren de problemas estomacales de manera frecuente. Los resultados de la calidad del agua indican la presencia de coliformes fecales indicando amenaza a la salud efectivamente, ya que los demás resultados se encuentran dentro de los rangos normales de las normas CAPRE. La flora bacteriana eliminará en la etapa de desinfección por hipocloriación.

Para el diseño del sistema se toman otros aspectos importantes como la proyección de la población futura para determinar la demanda del consumo de agua al final del periodo de diseño establecida en 20 años. La fuente y las facilidades de abastecimiento deben tener la capacidad para abastecer la demanda de consumo de agua para la población al menos durante ese periodo de tiempo.

El conocimiento detallado de la topografía de la comunidad es esencial para el diseño hidráulico del sistema. Para ello se realizó un levantamiento a detalle mediante estación total.

Se realizó una prueba de bombeo y aforo al pozo en estudio para determinar la capacidad especifica de la fuente y su caudal respectivamente. De esta manera, diseñar el sistema hidráulico de la red mediante los caudales de diseño.

El MABE contiene una captación mediante pozo perforado, una línea de conducción, una unidad de hipo cloración, un tanque de almacenamiento y una red de distribución del agua.

Para el diseño de cada parte y componente se realizaron plantillas de cálculo en EXCEL y se realizó una simulación de la red en el software EPANET logrando obtener una comparación acertada con los cálculos obtenidos.

INDICE

1. CAPITULO I. ASPECTOS GENERALES 1

1.1 Introducción **..... 1**

1.2 Antecedentes **..... 3**

1.3 Justificación **..... 4**

1.4 Objetivos **..... 5**

1.4.1 Objetivo General: 5

1.4.2 Objetivos Específicos: 5

2. CAPITULO II. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA COMUNIDAD. 7

2.1 Localizaciòn 7

2.1.1 Macrolocalizaciòn 7

2.1.2 Microlocalizaciòn 9

2.2 Población 9

2.3 Viviendas 10

3. CAPITULO III. MARCO TEORICO 18

3.1 Mini acueducto por bombeo eléctrico. 18

3.2 Método de aforo 18

3.3 Fuentes de abastecimiento 18

3.4 Aguas Subterráneas 19

3.5 Obras de Captación 19

3.6 Captación de aguas subterráneas 19

3.7 Pozos perforados 19

3.8 Población a Servir 20

3.9 Consumo de agua 20

3.10 Dotación 20
3.11 Período de Diseños 20
3.12 Estación de Bombeo 21
3.13 Prueba de bombeo 21
3.14 Conductividad Hidráulica 21
3.15 Transmisividad 22
3.16 Capacidad específica del pozo 22
3.17 Eficiencia del pozo 22
3.18 Línea de conducción por bombeo 22
3.19 Golpe de ariete 22
3.20 Carga Dinámica Total CDT 23
3.21 Presiones Máximas y Mínimas 23
3.22 Almacenamiento 23
3.23 Tanque sobre el suelo 23
3.24 Tratamiento y Desinfección 24
3.25 Distribución. 24
3.26 Tomas Domiciliares 25
4. DISEÑO METODOLÓGICO 27
4.1 Fuentes de la recolección de datos 27
4.1.1 Fuentes primarias 27
4.1.2 Fuentes Secundarias 27
4.2 Recolección y Análisis de los datos. 28
4.3 Levantamiento Topográfico. 28
4.4 Criterios de Diseño. 29
4.5 Calculo de la población. 29

4.5.1 Tasa de Crecimiento. 29
4.5.2 Proyección de la población 30
4.6 Dotación 31
4.7 Población a servir 31
4.8 Periodo de diseño 31
4.9 Variaciones de consumo 31
4.10 Presiones Máximas y Mínimas 32
4.11 Coeficiente de Rugosidad (C) de Hazen -Williams para los diferentes tipos de materiales en los conductos. 32
4.12 Velocidades permisibles en tuberías. 32
4.13 Cobertura de Tuberías 33
4.14 Pérdidas de Agua en el Sistema 33
4.15 Diseño de los componentes del sistema 33
4.16 Fuente 33
4.17 Estación de bombeo 34
4.17.1 Prueba de bombeo y aforo de la fuente. 34
4.17.1.1 Transmisividad. 34
4.17.1.3 Capacidad especifica del pozo. 35
4.17.1.5 Medición de la profundidad del nivel de agua 36
4.17.1.4 Medición del caudal de extracción. 36
4.17.2 Equipo de bombeo. 37
4.17.3 Diseño hidráulico del equipo de bombeo 37
4.17.4 Potencia de la bomba 39
4.17.3 Potencia del motor 40
4.17.4 Motores Elèctricos. 40

4.18 Diseño Hidràulico de la linea de conducciòn. 40
4.19 Caudal de bombeo 41
4.20 Velocidad y diàmetro de la tuberia 41
4.20.1 Diàmetro 41
4.20.2 Velocidad 41
4.21 Golpe de Ariete 41
4.21.1 Tiempo de Cierre 42
4.21.2 Cálculo de la sobrepresión 43
4.21.3 Presión Admisible de la tubería. 43
4.21 Dimensionamiento del tanque. 44
4.21.1 Almacenamiento: 44
4.21.2 Calculo del volumen del tanque. 44
4.22 Calidad del agua 44
4.23 Desinfección 48
4.23.1 Tratamiento 48
4.23.2 Dosificación. 48
4.22.3 Dosificador por erosión de tabletas 49
4.23 Red de distribución 50
4.23.1 Diámetro de la red de distribución. 50
4.23.2 Determinación de caudales 51
5 CAPITULO V. RESULTADOS 58
5.1 Estimación de la población de diseño. 58
5.1.1 Tasa de crecimiento 58
5.1.2 Proyección de la población 58
5.2 Cobertura de la tubería. 59

5.3 Estación de bombeo 60
5.4 Equipo de bombeo 62
5.4.1 Potencial y caudal explotable 62
5.4 Diseño hidráulico del equipo de bombeo. 62
5.4.1 Carga total dinámica (CTD) 62
5.4.2 Pérdidas por accesorios 63
Por lo tanto se seleccionó una bomba de 1.5 hp 4PWP-18 63
5 Estudio Económico Comparativo. 64
5.6 Análisis Hidráulico del equipo de bombeo 64
5.7 Diseño Hidráulico de la línea de conducción 65
5.7.1 Caudal de bombeo de la línea de conducción 65
5.7.2 Diámetro de la línea de conducción 65
5.7.3 Velocidad 66
5.7.4 Golpe de Ariete 66
5.8 Dimensionamiento del tanque. 66
5.8.1 Calculo del volumen del tanque 66
5.8.2 Cálculo de altura del tanque rectangular 67
5.9 Calidad del Agua 67
5.9.1 Resultados de laboratorio 67
5.10 Desinfección 70
5.11 Red de distribución 71
5.11.1 Diámetro de la línea de distribución. 71
5.11.2 Determinación de caudales 71
5.11.3 Velocidad y pérdidas de carga 72
5.11.4 Cálculos de presiones 73

6. CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 83

6.1 Conclusiones..... 83

6.2 Recomendaciones 85

6.3 Bibliografía 86

Índice de Gráficos.

Grafico 1. Situación actual de las viviendas. ---------- 10
Grafico 2. Materiales de construcción de paredes. ---------- 11
Grafico 3. Materiales de construcción de techo---------- 11
Grafico 4. Tipo de piso en las viviendas. ---------- 12
Grafico 5. Condiciones de las viviendas. ---------- 12
Grafico 6. Situación laboral---------- 13
Gráfico 7. Porcentaje de escolaridad ---------- 14
Gráfico 8. Calidad del agua ---------- 15
Grafico 9. Disponibilidad de tener el servicio de agua potable. ---------- 16

Índice de Ecuaciones.

Ecuación 1. Razón de crecimiento 29
Ecuación 2. Proyección de la población 30
Ecuación 3. Consumo máximo día 32
Ecuación 4. Consumo máximo hora..... 32
Ecuación 5. Transmisividad del pozo 34
Ecuación 6. Descenso del pozo 35
Ecuación 7. Capacidad especifica del pozo 35
Ecuación 8. Eficiencia del pozo 36
Ecuación 9. Ecuacion de Van Leer 36
Ecuación 10. Ecuación de Bernoulli 38

Ecuación 11. Altura dinámica total 38
Ecuación 12. Potencia de la bomba 39
Ecuación 13. Potencia del motor 40
Ecuación 14. Ecuación de Hazen Williams 40
Ecuación 15. Caudal de bombeo 41
Ecuación 16. Formula del diámetro económico 41
Ecuación 17. Ecuación de la continuidad 41
Ecuación 18. Celeridad 41
Ecuación 19. Tiempo de cierre 42
Ecuación 20. Sobrepresión Máxima 43
Ecuación 21. Presión Admisible de la tubería 43
Ecuación 22. Volumen del tanque 44
Ecuación 23. Volumen de agua a tratar 48
Ecuación 24. Peso del hipoclorito 48
Ecuación 25. Formula de Bresse 50
Ecuación 26. Caudal Unitario 51
Ecuación 27. Caudal por nodo 51

Índice de Tablas.

Tabla 1. Periodo de diseño ---------- 31
Tabla 2. Coeficiente de Rugosidad ---------- 32
Tabla 3. Perdidas localizadas en longitudes equivalentes (en metros de tubería recta) ---------- 39
Tabla 4. Valores K según el material de la tubería ---------- 42
Tabla 5. Presión de trabajo ---------- 43
Tabla 6. Parámetros Bacteriológicos. ---------- 45
Tabla 7. Parámetros Organolépticos. ---------- 46
Tabla 8. Parámetros para sustancias no deseadas ---------- 46
Tabla 9. Parámetros físico-químicos. ---------- 47
Tabla 10. Sustancias Inorgánicas. Metales pesados y metaloides ---------- 47

Tabla 11. Proyección de la población ---------- 59
Tabla 12. Datos de prueba de bombeo ---------- 60
Tabla 13. Gasto d bombeo ---------- 61
Tabla 14. Potencial y Caudal Explotable ---------- 62
Tabla 15. Diseño Hidráulico del equipo de bombeo ---------- 62
Tabla 16. Carga total dinámica ---------- 62
Tabla 17. Pérdidas localizadas en longitudes equivalentes (en metros de tubería recta) Accesorios utilizados ---------- 63
Tabla 18. Estudio Económico Comparativo ---------- 64
Tabla 19. Resultados del análisis del equipo de bombeo. ---------- 65
Tabla 20. Curva característica de la bomba. ---------- 65
Tabla 21. Resultados de parámetros bacteriológicos ---------- 67
Tabla 22. Resultados de parámetros Organolépticos ---------- 68
Tabla 23. Resultados de parámetros físico-químicos ---------- 68
Tabla 24. Resultados para parámetros de sustancias no deseadas ---------- 69
Tabla 25. Parámetros para sustancias inorgánicas con significado para la salud 69
Tabla 26. Solución a dosificar y consumo ---------- 70
Tabla 27. Concentración de cloro en la salmuera ---------- 71
Tabla 28. Caudales nodales ---------- 72
Tabla 29. Velocidad y pérdidas ---------- 72
Tabla 30. Calculo de presiones ---------- 73
Tabla 31. Demanda, altura y presión para condición Tanque lleno y CMH. -------- 76
Tabla 32. Longitud, diámetro, caudal y velocidad para las condiciones Tanque lleno y CMH. ---------- 78
Tabla 33. Demanda y presiones para las condiciones tanque lleno y consumo 0. 80
Tabla 34. Resumen de costo y presupuesto. ---------- 81

Índice de Ilustraciones.

Ilustración 1. Macro localización. ---------- 8
Ilustración 2. Micro localización. ---------- 9
Ilustración 3. Clorador por erosión de tabletas de hipoclorito de calcio. ---------- 49
Ilustración 4. Esquema de funcionamiento del sistema ---------- 56
Ilustración 5. Análisis Hidráulico del equipo de bombeo ---------- 64
Ilustración 6. Esquema de la red etiquetados por nodos y líneas.---------- 74
Ilustración 7. Análisis de presiones ---------- 75
Ilustración 8. Análisis de Velocidades para las condiciones Tanque lleno y CMH 77
Ilustración 9. Análisis de Presiones para las condiciones tanque lleno y consumo cero. ---------- 79

CAPITULO I

Aspectos Generales

- Introducción.
- Antecedentes.
- Justificación.
- Objetivos.

1. CAPITULO I. ASPECTOS GENERALES

1.1 Introducción

“La ampliación significativa del acceso al consumo de agua potable en las zonas rurales es uno de los principales desafíos que se deben enfrentar todas aquellas instituciones que están comprometidas en la mejora de la calidad de vida de la mayoría de la población. Sistemas de abastecimientos de agua potable seguros, adecuados y accesibles, conjuntamente con un saneamiento apropiado, permitirán eliminar o disminuir los riesgos de muchas enfermedades de importante incidencia, mejorando sensiblemente la situación general de la salud, así como aminorar la carga de trabajo de las familias, en particular de mujeres y niños. (*Agüero Pittman, 1997)”*

La comunidad de Paso Ancho es un pequeño poblado que demanda un servicio de agua potable que permita mejorar las condiciones de vida de sus habitantes, actualmente no se encuentra dentro de los proyectos a ejecutar de la alcaldía municipal de Estelí. No obstante, la población se encuentra entusiasmada por presentar el proyecto a organismos que estén dispuestos a llevarlo a cabo. Lo que mejoraría satisfactoriamente su calidad de vida, evitando enfermedades de origen hídrico y aminorando la faena que conlleva acarrear el agua a grandes distancias de sus hogares.

Después de lo antes expuesto se realizará una propuesta para el diseño de un mini acueducto por bombeo eléctrico en la comunidad de Paso Ancho, municipio de Estelí.

El cálculo para el diseño del sistema de agua potable se basará en la “Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense 09-001-99 para el diseño de abastecimiento y Potabilización de agua en ambientes rurales” del Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA).

Se debe agregar que en este documento se presentan aspectos relevantes en la realización del diseño de un sistema de distribución de agua potable por bombeo, que constará de una línea de conducción y red distribución que se modeló hidráulicamente mediante el programa EPANET. Además se muestra el diseño de la selección de la bomba para la conducción al reservorio que será de sección rectangular, tomando en consideración la población proyectada y el caudal de consumo estimado, estos diseños están basados en las normas y especificaciones del INNA.

1.2 Antecedentes

Según la información brindada por los pobladores de la comunidad, para poder abastecerse del vital líquido se tenía que hacer excavaciones a orillas del río que en su momento era su principal fuente de agua.

En el año 2000 fueron perforados dos pozos que actualmente son los que mayormente abastecen a la comunidad, de los 5 existentes. Ya que, los demás pozos son artesanales y no producen la capacidad de agua requerida para abastecer a la comunidad, sin embargo, cuentan con estudios de agua aprobados por el MINSA.

La población ha realizado anteriormente gestiones a la alcaldía municipal para que se ejecute un proyecto de agua potable que satisfaga las necesidades de la comunidad, pero no han tenido aun el apoyo de la comuna.

1.3 Justificación

Actualmente los habitantes de la comunidad Paso Ancho cuentan con un sistema obsoleto de bombas de mecate. El bombeo de agua se realiza mediante una bomba eléctrica y el consumo de energía es de alto costo para la comunidad que cuenta con un censo poblacional de 46 familias por un promedio de 3 personas por cada familia y unos ingresos bajos.

El recurso hídrico disponible en la comunidad, además de los pozos citados, es el rio que hace algunos años era la principal fuente de agua, sin embargo, en la actualidad el rio se secó producto de la extracción excesiva y a los efectos del cambio climático y solo existen 3 reservorios de agua que se han formado, no obstante, estas son sobreexplotadas para el uso de riego, donde bombean la poca agua que queda hacia las zonas de cultivos.

Se considera que el proyecto es viable para la comunidad, ya que, satisfaría las necesidades de la población de Paso Ancho que demandan de un servicio de agua potable de calidad.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General:

1. Diseñar un sistema de Agua Potable por bombeo eléctrico en la comunidad de “Paso Ancho” localizada en el municipio de Estelí.

1.4.2 Objetivos Específicos:

1. Elaborar la proyección de la población mediante el método geométrico para la determinación de la población futura.

2. Aforar el pozo que servirá de fuente para evaluar la calidad de construcción y desarrollo del pozo, pérdidas de carga, caudal de bombeo óptimo y la profundidad a la que se debe colocar la bomba.

3. Realizar un análisis físico-químico y bacteriológico mediante pruebas de laboratorio para la determinación de la calidad del agua de la fuente.

4. Efectuar un levantamiento topográfico de la comunidad que se beneficiará mediante visitas al lugar para la obtención de las alturas del terreno.

5. Modelar el diseño hidráulico de la línea de conducción y red de distribución a través del programa computarizado EPANET para la determinación de las presiones y velocidades de diseño.

6. Dimensionar los componentes hidráulicos del sistema.

7. Elaborar el costo y presupuesto del proyecto.

8. Realizar un análisis hidrogeológico de la fuente en estudio.

CAPITULO II

Descripción General de la Comunidad.

2. CAPITULO II. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA COMUNIDAD.

Los datos presentados en este capìtulo estan basados en el estudio socioeconòmico que realizamos en la comunidad de Paso Ancho del municipio de Esteli. Se aplicò una encuesta a la poblacion donde se tomaron aspectos de vivienda, abastecimiento de agua, enfermedades comunes, manejo de los residuos sòlidos, el estudio de la fuente, su caudal y los niveles de calidad del agua. Partiendo de estos criterios se determinó trabajar con una muestra del 100% de la población a beneficiar.

2.1 Localizaciòn

2.1.1 Macrolocalizaciòn

El municipio de Estelí se encuentra localizado al norte de la zona central del país. Sus limites son los siguientes:

- Norte: Con el departamento de Madriz
- Sur: Con los departamentos de Leon y Matagalpa
- Oste: Departamento de Chinandega
- Este: Departamento de Jinotega

El municipio de Estelí está ubicado entre las coordenadas de 13° 05’ latitud, 86° 21’ longitud, con una altura promedio de 843.97 metros sobre el nivel del mar y una superficie de 795.67 km^2, según los datos del Instituto Nacional de Información de Desarrollo INIDE para el año 2005 la población contaba con 112,084 habitantes.

Ilustración 1. Macro localización.



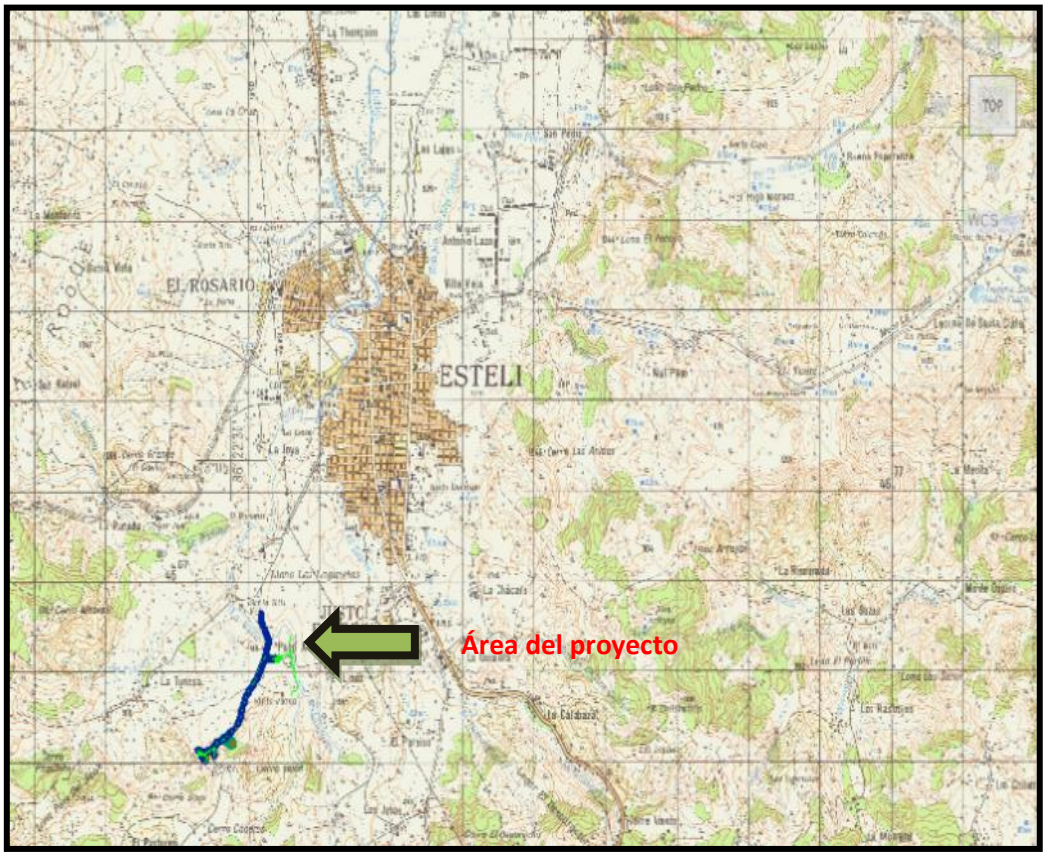
Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2005)

2.1.2 Microlocalizaciòn

La comunidad de Paso Ancho se encuentra ubicada al suroeste de la ciudad de Esteli, sus limites son :

- Norte: con la ciudad de Estelí.
- Sur con la comunidad El Pastoreo.
- Este con la comunidad El Limón.
- Oeste con la comunidad La Tunosa

Ilustración 2. Micro localización.



2.2 Población

Según los resultados de la encuesta, en la comunidad existen 46 viviendas, con una población de 146 habitantes de los cuales 75 son mujeres (51%) y 71 son varones (48%). Para un indice poblacional de 3.17 habitantes por vivienda.

2.3 Viviendas.

Según encuesta realizada en las 46 viviendas sujetas a estudio se encontró que el 100% son propias, estos datos nos permiten conocer la situación habitacional en general de las viviendas en toda la comunidad. (Ver gráfico N° 1)

Grafico 1. Situación actual de las viviendas.

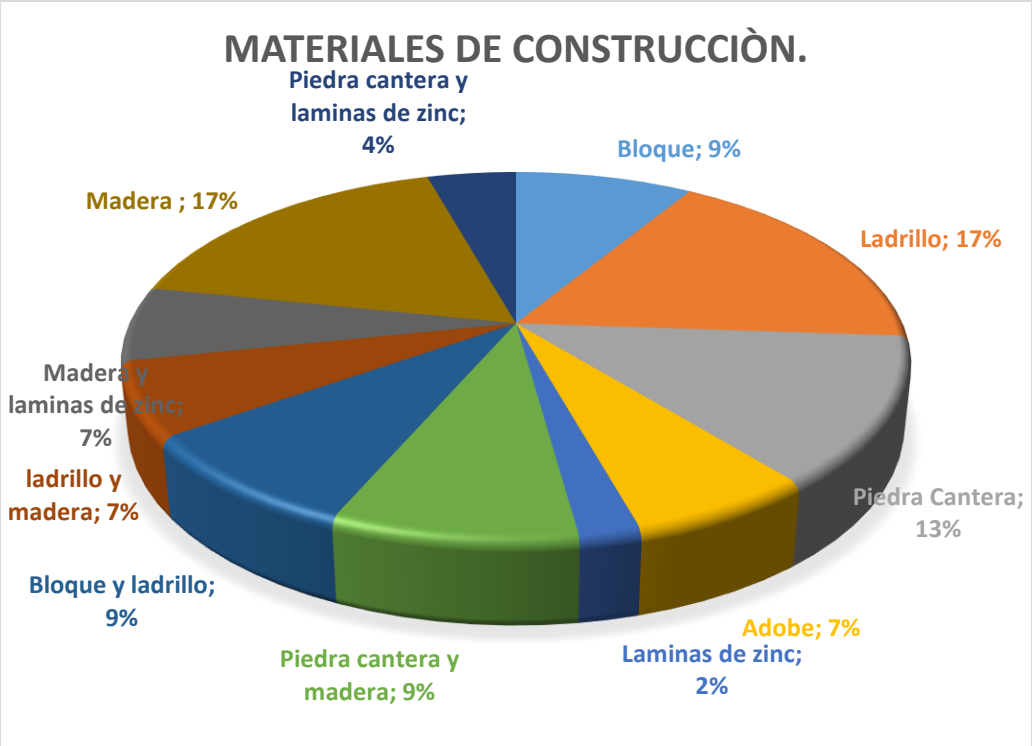


2.3 Condiciones de la vivienda

2.3.1 Paredes

Las condiciones que se presentaron en las viviendas con respecto a materiales más utilizados para la construcción de las paredes, se encontró que la mayoría son de madera y ladrillo con un 17% respectivamente (8 viviendas cada una), de piedra cantera constituyen un 13% (6 viviendas), existen viviendas que están compuestas de dos materiales, 3 de ellas son de madera y láminas de zinc representando el 7% de las casas, las viviendas construidas de adobe también representan un 7% (3 viviendas) otro conjunto de casas que representan el 9% son las viviendas compuestas de piedra cantera con madera (4 Viviendas respectivamente), piedra cantera con láminas de zinc 4% (2 viviendas), solamente de bloques 9% (4 viviendas respectivamente), un 9% de las casas corresponden a ladrillo con bloque (4 viviendas), ladrillo con madera 7% (3 viviendas) y casas de láminas de zinc 2% (1 vivienda respectivamente).

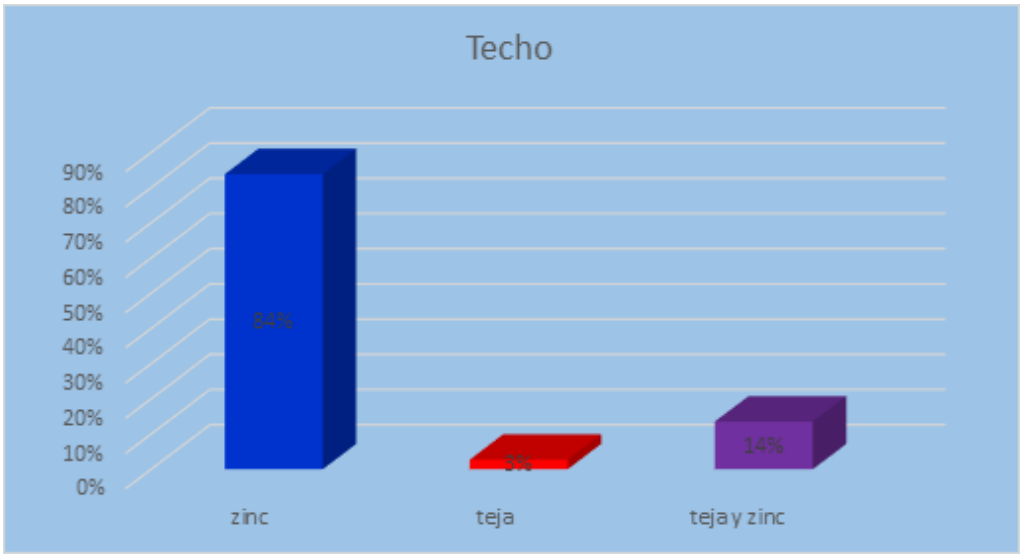
Grafico 2. Materiales de construcción de paredes.



2.3.2 Techo

Entre los materiales más utilizados para cubrir el techo de las viviendas encuestadas, en la mayoría corresponde al 84% de zinc (31 viviendas), el resto corresponde al 14% de la combinación de teja con zinc y el menor porcentaje se refleja en el 3% (1 viviendas) de teja.

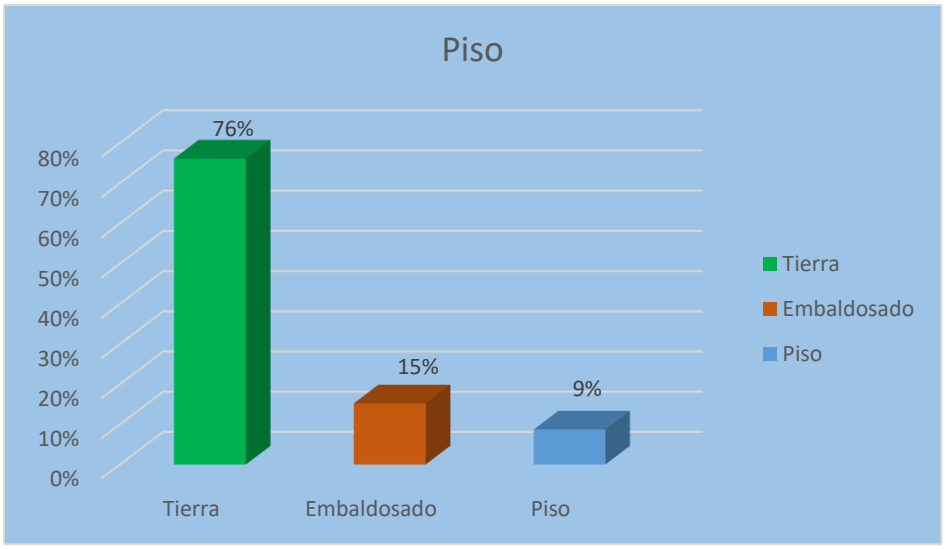
Grafico 3. Materiales de construcción de techo



2.3.3 Piso

Del total de las viviendas encuestadas el 76% corresponde a pisos de tierra, superando al 15% de piso embaldosado y al 9% de piso con colorante.

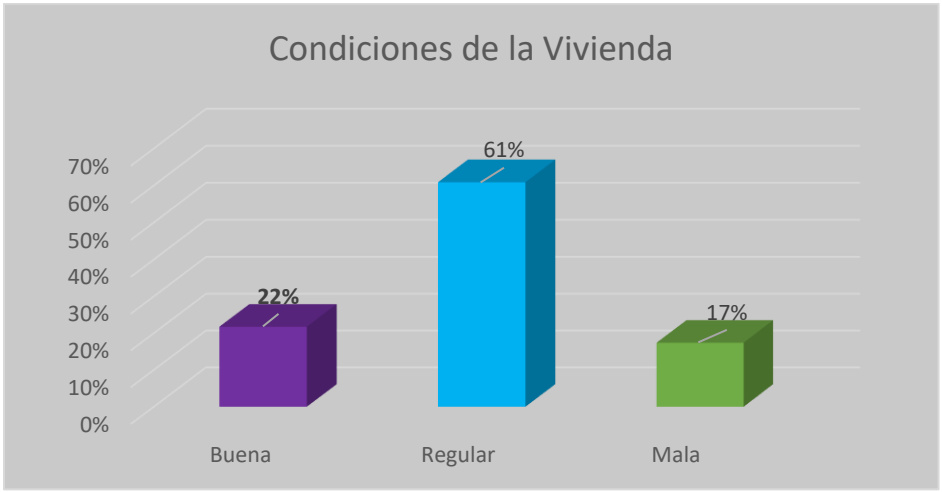
Grafico 4. Tipo de piso en las viviendas.



2.3.4 Estado actual de la vivienda.

Respecto al estado de las viviendas el 61% se encuentran en condición regular, 22% consideradas en buen estado y solo un 17% malas.

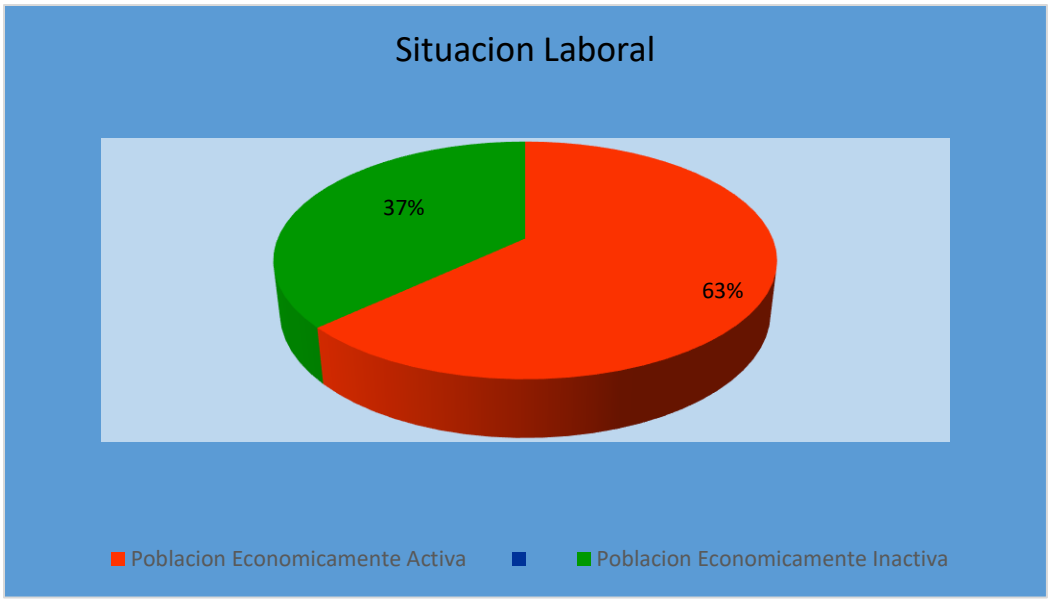
Grafico 5. Condiciones de las viviendas.



2.4 Situación Económica de las Familias

De las 146 personas que habitan en la comunidad, 103 están aptas para trabajar, de las cuales, 15 personas trabajan dentro de la comunidad 12 hombres (80%) y 3 mujeres (20%). Sin embargo la mayoría de las personas trabajan fuera siendo 30 hombres (60%) y 20 mujeres (40%) equivalentes a 50 personas. Frente a un 84% de mujeres que no tienen trabajo (32 mujeres) y un 16% de hombres (6 hombres).

Grafico 6. Situación laboral



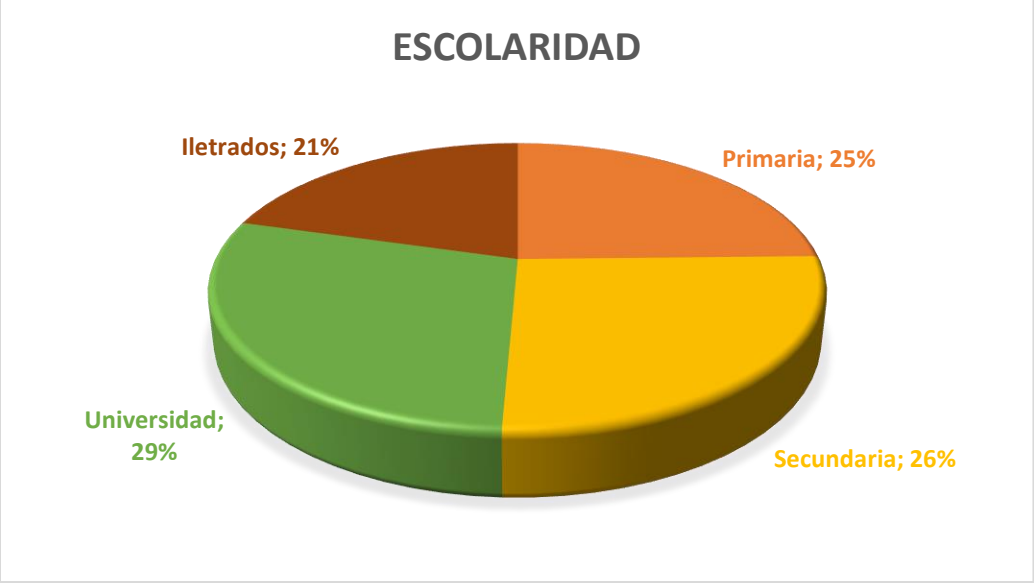
2.5 Ingreso familiar mensual (córdobas)

En las 46 viviendas que se encuestaron resultó un promedio mensual de C$ 3,000 (tres mil córdobas) para un total de C$ 129,000 de ingreso mensual en la comunidad de Paso Ancho.

2.6 Nivel de Educación

Un 13% de la población que no aplica corresponde a 19 niños que aún no han cumplido con la edad requerida para entrar al sistema educativo, al mismo tiempo representan a la población más alta en porcentaje de nivel escolar, frente a un 29% que representan a personas que no pudieron terminar la secundaria, en un 25% se encuentran los niños que ya están cursando su primaria al igual que los adultos que solamente han sido alfabetizados y que dejan por debajo a los niveles escolares de secundaria, universidad, primaria sin terminar, universidad terminada, iletrados, magisterio y preescolar, cabe recalcar que la comunidad es pequeña y el total de habitantes es de 146.

Gráfico 7. Porcentaje de escolaridad



2.7 Calidad del Agua que Consumen.

En la comunidad no existe un sistema de agua potable, por lo tanto, todos se abastecen de pozos comunitarios o de la vertiente del rio. Sin embargo la mayoría expresa que el agua que consumen es de buena calidad (54%), un 33% que es regular y solo un 13% que es mala.

Gráfico 8. Calidad del agua



2.8 Disponibilidad en tener un servicio de agua potable en el hogar.

En cuanto a la disponibilidad de un servicio de calidad de agua potable las familias expresaron (100%) que les gustaría tener un mejor y buen servicio de agua e incluso pagar una cuota considerable al consumo del agua si esto fuera posible.

Grafico 9. Disponibilidad de tener el servicio de agua potable.



2.9 ¿Cuánto estarían dispuesto a pagar por el servicio?

La población manifiesta que estará dispuesta a pagar una tarifa justa por el servicio de agua potable que pueda hacer posible la operación y mantenimiento del sistema y por ende la viabilidad del proyecto.

CAPITULO III

Marco Teórico.

3. CAPITULO III. MARCO TEORICO

Los conceptos están basados en los siguientes ejemplares y sus correspondientes autores: Agua potable para poblaciones rurales de Roger Agüero Pittman (1997), Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados de Ricardo Alfredo López Cualla (1999) y por la norma de abastecimiento de agua potable en el medio rural (NTON 09001-99), Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA).

3.1 Mini acueducto por bombeo eléctrico.

Este sistema se utiliza generalmente en comunidades donde la topografía del terreno impide la distribución de agua por gravedad, por lo que, se bombea el agua de la fuente al reservorio de almacenamiento. Esta opción será considerada solo en los casos en que exista: (1) Disponibilidad de fuente de abastecimiento; (2) Disponibilidad de energía eléctrica y (3) Capacidad de pago de la comunidad. (NTON 09-001-99)

3.2 Método de aforo

Existen varios métodos para determinar el caudal de agua y los más utilizados en los proyectos en zonas rurales son los métodos volumétrico y de velocidad-área. El primero es utilizado para calcular caudales hasta con un máximo de 10 lts/seg y el segundo para caudales mayores a 10 lts /seg". (Agüero Pittman, 1997)

3.3 Fuentes 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. ((INAA., 1998).

3.4 Aguas Subterráneas

Parte de la precipitación en la cuenca se infiltra en el subsuelo hasta la zona de saturación, formando así las aguas subterráneas. La explotación de éstas dependerá de las características hidrológicas y de la formación geológica del acuífero (Agüero Pittman, 1997).

3.5 Obras de Captación

Elegida la fuente de agua e identificada como el primer punto del sistema de agua potable, en el lugar de afloramiento se construye una estructura de captación que permita recolectar el agua, para que luego pueda ser conducida mediante las tuberías de conducción hacía el reservorio (Agüero Pittman, 1997).

3.6 Captación de aguas subterráneas

La captación de aguas subterránea se puede realizar a través de manantiales, galerías filtrantes y pozos (excavados y tubulares o perforados) (Agüero Pittman, 1997).

3.7 Pozos perforados

Este tipo de obras es el más adecuado para el suministro de agua a poblaciones de cierto tamaño o a instalaciones industriales. Por la naturaleza de su construcción son pozos profundos y, por lo tanto, los de mejor calidad de agua; pueden atravesar cualquier tipo de formación geológica (López R.A, 1999)

3.8 Población a Servir

En los mini acueductos la población a servir estará en dependencia de las características del asentamiento objeto del estudio. El tipo y configuración de la comunidad y las características tecnológicas de las instalaciones a establecerse (NTON 09001-99 capítulo 3, inciso 2)

3.9 Consumo de agua

Independientemente que la población sea rural o urbana, se debe considerar el consumo doméstico, el industrial, el comercial, el público y el consumo por Pérdidas (Agüero Pittman, 1997). La NTON 09-001-99 establece unas previsiones recomendadas para asignar esta dotación por habitante y para estimar las perdidas aceptables en el sistema de distribución.

3.10 Dotación

La dotación de agua, expresada como la cantidad de agua consumida por una persona en un día, y depende de los siguientes factores:

1. Nivel de servicio adaptado.
2. Factores geográficos
3. Factores culturales.
4. Uso de agua

(NTON 09-001-99, capítulo 3, inciso 1)

3.11 Período de Diseños

En los diseños de proyectos de Abastecimiento de Agua se recomienda fijar la vida útil de cada uno de los componentes del sistema, con el propósito de:

- Determinar que períodos de estos componentes del Sistema, deberán satisfacer las demandas futuras de la comunidad.

- Qué elementos del sistema deben diseñarse por etapas.

- Cuáles serán las previsiones que deben de considerarse para incorporar los nuevos elementos al sistema. (NTON 09-001-99)

3.12 Estación de Bombeo

En las estaciones de bombeo para pozos perforados deben considerarse los elementos que la forman lo que consiste en; caseta de protección de conexiones eléctricas, o mecánicas, conexión de bomba o sarta, fundación y equipo de bombeo (bomba y motor) y el tipo de energía**.** (NTON 09-001-99)

3.13 Prueba de bombeo

Una prueba de bombeo tiene dos objetivos principales: El primero es determinar las características hidráulicas de los acuíferos y el segundo es proporcionar los datos necesarios para determinar la capacidad específica o la relación caudal-abatimiento, para seleccionar el equipo de bombeo adecuado. (CONAGUA, p. 28)

3.14 Conductividad Hidráulica

Se conoce como conductividad hidráulica K a la cantidad de agua, que bajo condiciones físicas específicas, circula a través de una sección de área unitaria normal al sentido de flujo, bajo un gradiente hidráulico unitario; La conductividad hidráulica es una propiedad que depende de las características del fluido y de la permeabilidad del medio poroso a través del cual circula y de la fuerza de gravedad. (CONAGUA, p. 21)

3.15 Transmisividad

Es una propiedad que ha tenido relevancia práctica en la evaluación de los acuíferos. Esto determina directamente el rendimiento del espesor del acuífero que atraviesa el aprovechamiento hidráulico. A través de ella se pueden calcular la cantidad de agua que puede proporcionar un acuífero en una sección de interés determinada o estima el rendimiento probable de una captación. (CONAGUA, p.22)

3.16 Capacidad específica del pozo

Es necesario expresar cuantitativamente el rendimiento del pozo, o la cantidad de agua que se puede bombear del mismo. Generalmente, esto es expresado como capacidad específica, la relación entre el caudal bombeado y el descenso total del nivel de agua del pozo. (Hidrogeology Lecture Notes, p.58)

3.17 Eficiencia del pozo

La eficiencia del pozo se refiere a la diferencia entre el rendimiento esperado de un pozo y el rendimiento actual. Básicamente significa que el agua bombeada dentro del pozo perderá una cantidad de energía debido a la turbulencia en el filtro de empaque o en la rejilla del pozo, y esta pérdida de energía resultara una carga hidráulica menor en el pozo. (Hidrogeology Lecture Notes, p.56)

3.18 Línea de conducción por bombeo

En el diseño de conducción por bombeo se hará uso de una fuente externa de energía para impulsar el agua desde la toma hasta la altura requerida venciendo la carga estática y las pérdidas por fricción originadas en el conducto al trasladarse el flujo (NTON 09001-99, capítulo 7, inciso 2.2).

3.19 Golpe de ariete

Se denomina Golpe de ariete al efecto de choque violento sobre presión súbita producido sobre las paredes del conducto forzado, al modificarse de manera instantánea el movimiento del fluido, como puede ocurrir en el caso del cierre repentino de una válvula (López R.A, 1999). .

3.20 Carga Dinámica Total CDT

Es la altura total contra la cual debe trabajar la bomba. Para obtener la altura dinámica total, es necesario establecer la ecuación de Bernoulli entre los niveles del agua en la succión y la impulsión (López R.A, 1999)

3.21 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, en los valores siguientes:

Presión Mínima: 5.0 metros de columna de agua. (NTON 09-001-99)
Presión Máxima: 50.0 metros de columna de agua. (NTON 09-001-99)

3.22 Almacenamiento

Dado que el caudal de captación no es siempre constante y que el caudal demandado por la comunidad tampoco lo es, se requiere almacenar agua en un tanque durante los periodos en los que la demanda es menor que el suministro y utilizarla en los periodos en que la comunidad necesite gran cantidad de líquido. (López R.A, 1999).

3.23 Tanque sobre el suelo

Se recomiendan estos tipos de tanque, cuando la topografía del terreno lo permita y en comunidades rurales que dispongan localmente de materiales de construcción como piedra bolón o cantera (NTON 09001-99, capitulo 8, inciso 2.2).

3.24 Tratamiento y Desinfección

En la actualidad, ningún agua en su estado natural es apta para el consumo humano; siempre se requerirá de un tratamiento mínimo de cloración, con el fin de prevenir la contaminación con organismos patógenos durante la conducción del agua. (López R.A, 1999).

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.

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.

El cloro se presenta puro en forma líquida o compuesta, como hipoclorito de Calcio, el cual se obtiene en forma de polvo blanco y en pastillas, o como hipoclorito de Sodio de configuración líquida (NTON 09001-99, capítulo 9, inciso 2).

3.25 Distribución.

La distribución de agua a la comunidad puede hacerse desde la manera más simple, que sería un suministro único por medio de una pileta de agua, hasta su forma más compleja, por medio de una serie de tuberías o redes de distribución que llevan el agua a cada domicilio. (López R.A, 1999).

3.26 Tomas Domiciliares

Son tomas de agua que se aplican en el sector rural, pero en ocasiones esporádicas y sujetas a ciertas condiciones, tales como disponibilidad suficiente de agua, bajo costos de operaciones (sistemas por gravedad), capacidad de pago de la población y número de usuarios del servicio (NTON 09001-99, capitulo 3, inciso 3.2).

CAPITULO IV

Diseño Metodológico

4. DISEÑO METODOLÓGICO

En el presente documento se utilizaron las Normas Técnicas: Diseño de sistemas de abastecimientos de agua potable en el medio rural (NTON 09001-99).

4.1 Fuentes de la recolección de datos

Para el desarrollo de esta investigación se consultaron diversas fuentes de datos, las cuales se describen a continuación:

4.1.1 Fuentes primarias

- Identificación del área de estudio.
- Consideración de las posibles fuentes de agua.
- Ubicación del pozo y puntos estratégicos posibles para la ubicación del tanque.
- Observación Visual de las características del agua.
- Datos y mapas de la zona de estudio.
- Proyección de la población actual.

4.1.2 Fuentes Secundarias

- Recolectamos datos a través de los últimos censos poblaciones, plasmados en el Instituto Nicaragüense de Información y Desarrollo de Nicaragua, además de otros documentos estadísticos del municipio de Estelí.

- Utilizamos las normas base de agua potable para realizar el diseño hidráulico del sistema: Diseño de sistemas de abastecimientos de agua potable en el medio rural (NTON 09001-99).

- Consultamos libros de reconocidos autores, especialistas en el tema para la consideración de los diferentes métodos a utilizar en el cálculo hidráulico del sistema**.**

4.2 Recolección y Análisis de los datos.

- Encuesta socioeconómica a las familias beneficiadas.
- Aforo de la fuente para conocer el caudal disponible del pozo.
- Análisis físico-químico y bacteriológico del agua de la fuente.
- Levantamiento topográfico del terreno para conocer las elevaciones y puntos estratégicos de la ubicación de la fuente y del reservorio de almacenamiento.
- Uso de los programas asistidos por computadora como AUTOCAD y CIVILCAD para la determinación de la red y de sus perfiles respectivamente.
- Uso del programa Excel para la elaboración de los cálculos matemáticos.
- Realización de la simulación de la red en el programa EPANET para conocer el comportamiento del sistema en cuanto a las presiones máximas y mínimas.

4.3 Levantamiento Topográfico.

El estudio topográfico se realizó mediante el uso de la estación total y GPS, posteriormente la aplicación de los cálculos matemáticos para conocer las distancias y elevaciones, sobretodo de la ubicación tanto de la fuente como del tanque de almacenamiento, de esta manera proceder al cálculo hidráulico de las tuberías en las líneas de conducción y distribución, así como el trazado de la red a través de la exportación de los puntos en AUTOCAD y su programa complementario CIVILCAD.

4.4 Criterios de Diseño.

El diseño de los componentes del sistema está basado a la normativa implementada por el Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado (INAA) y las Normas técnica rurales (NTON-09001-99).

Para solucionar la problemática de abastecimiento de agua potable en la zona, se propone un sistema del tipo: fuente – tanque – red, teniendo en cuenta que la conducción se hará por bombeo eléctrico y la distribución por gravedad.

4.5 Calculo de la población.

4.5.1 Tasa de Crecimiento.

La población a servir es el parámetro básico, para dimensionar los elementos que constituyen el sistema. La metodología generalmente aplicada, requiere la investigación de las tasas de crecimiento histórico, las que sirven de base para efectuar la proyección de población. (NTON 09001-99, Cap. II, inciso 2.1)

$$r = \left(\frac{Pn}{Po}\right)^{1/n} - 1$$ **Ecuación 1.**

Donde:

r: Tasa de crecimiento
Pn: Población de año n
Po: Población al inicio del periodo de diseño
n: Número de años que comprende el período de diseño

Si no se dispone de datos de población al inicio del período 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. (NTON 09001-99, Cap. II, inciso 2.2)

Cabe señalar que no obtuvimos datos específicos de la comunidad Paso Ancho en los registros estadísticos de los censos poblacionales realizados por INIDE, debido a que no encontramos ningún dato reflejado de la comunidad en dicho documento, sino, de una recolección de datos denominado Diagnostico rural, anexos estadísticos del municipio de Estelí elaborado en el año 1999 y de la población a través de la encuesta socioeconómica realizada en el año 2016; de esta manera obtuvimos la tasa de crecimiento.

4.5.2 Proyección de la población

De acuerdo con lo establecido por la NTON 09001-99, en el inciso 2.2, el cálculo de las poblaciones futuras se usará el método geométrico expresado por la siguiente ecuación:

$Pn = Po\ (1+r)\ n$ **Ecuación 2.**

Donde:
Pn: Población del año “n”.
Po: Población al inicio del período de diseño.
r: Tasa de crecimiento en el periodo de diseño expresado en notación decimal.
n: Número de años que comprende el período de diseño.

4.6 Dotación

Para sistemas de abastecimiento de agua potable por medio de conexiones domiciliares de patio, se asignará un caudal de 50 a 60 lppd. (NTON 09001-99, Cap. III, inciso 3.1)

4.7 Población a servir

La comunidad cuenta con 146 habitantes y la construcción de una futura iglesia católica.

4.8 Periodo de diseño

De acuerdo con lo establecido por la NTON 09001-99, en el inciso 4.1, en proyectos de abastecimientos de agua potable se recomienda fijar la vida útil de cada uno de los componentes de sistema.

Tabla 1. Periodo de diseño

Tipo de Componente	**Periodo de diseño**
Pozos perforados	15 años
Líneas de Conducción	15 años
Tanque de almacenamiento	20 años
Red de distribución	15 años

Fuente: NTON-09001-99

4.9 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 son los siguientes:

Consumo máximo día (CMD)= 1.5 CPD (Consumo promedio diario) **Ecuación 3.**

Consumo máximo hora (CMH)= 2.5 CPD (Consumo promedio diario) **Ecuación 4.**

(NTON-09001-99, Cap. IV, inciso 4.2)

4.10 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, en los valores siguientes:

Presión Mínima: 5.0 metros

Presión Máxima: 50.0 metros

(NTON-09001-99, Cap. IV, inciso 4.3)

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

Tabla 2. Coeficiente de Rugosidad

Material del conducto	**Coeficiente de rugosidad**
Tuvo de Hierro Galvanizado (Hº.Gº)	100
Tuvo Plástico (PVC)	150

4.12 Velocidades permisibles en tuberías.

De acuerdo con lo establecido por la NTON 09001-99, en el inciso 4.5, 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 son los siguientes:

Velocidad mínima = 0.4 m/s

Velocidad máxima = 2.0 m/s

4.13 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. (NTON-09-001-99, Cap. IV, inciso 4.6)

4.14 Pérdidas de Agua en el Sistema

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%. (NTON-09001-99, Cap. IV, inciso 4.7)

4.15 Diseño de los componentes del sistema

Un MABE, se compone de los siguientes elementos: Fuente de abastecimiento (generalmente un pozo perforado), estación de bombeo, línea de conducción, tanque y red de distribución.

4.16 Fuente

Es un pozo perforado con una profundidad de 206 pies, ubicado en la cota 882 msnm. Este debe de cumplir con dos propósitos importantes:

- 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.

4.17 Estación de bombeo.

En las estaciones de bombeo para pozos perforados deben considerarse los elementos que la forman lo que consiste en; caseta de protección de conexiones eléctricas, o mecánicas, conexión de bomba o sarta, fundación y equipo de bombeo (bomba y motor) y el tipo de energía. (NTON-09001-99, Cap. VI, inciso 6.1). De acuerdo con lo establecido por la NTON 09001-99, en el inciso 5.3.3, establece que para que un pozo perforado sea una fuente potencial a ser explotada en un MABE, se debe considerar que:

- El caudal de explotación de bombeo estará en función de un período de bombeo mínimo de 12 horas y un máximo de 16 horas.
- El caudal máximo recomendado de la explotación de un pozo deberá ser igual o superior a 1.5 del consumo día promedio (QDP).

4.17.1 Prueba de bombeo y aforo de la fuente.

La metodología para realizar una prueba de bombeo consiste en bombear un pozo que este perforado en el acuífero que se desea estudiar, durante un cierto tiempo, a un determinado caudal y medir la evolución del nivel piezomètrico debido al bombeo, tanto en el mismo pozo de bombeo en piezómetros y pozos cercanos (pozos de observación)

El procedimiento para realizar un aforo es más sencillo, ya que no requiere de pozos de observación únicamente se mide el caudal de descarga y el abatimiento del nivel de agua dentro del pozo.

4.17.1.1 Transmisividad.

$$T = \frac{2.3Q}{4\pi\Delta s}$$ **Ecuación 5.**

Donde:

T: Transmisividad

Q: Caudal de la fuente

s: Descenso

4.17.1.2 Descenso

$$S = \frac{2.25Tt}{r^2}$$ **Ecuación 6.**

Donde:

S: Coeficiente de almacenamiento

T: Transmisividad

t: tiempo

r: radio

4.17.1.3 Capacidad especifica del pozo.

Ya que la capacidad específica está en función del descenso, y el descenso es la suma de las pérdidas de formación y las pérdidas del pozo, la capacidad específica es directamente afectada por la eficiencia del pozo. Si conocemos la Transmisividad (T) y el descenso (S), podemos calcular la capacidad específica teórica del pozo usando la ecuación de Cooper-Jacob y el radio del pozo r, entonces:

$$Q_{Exp} = \frac{4 * \pi * T}{2.3 * \left(Log\left(\frac{2.25 * T * t}{r^2 * S}\right)\right)} * s$$ **Ecuación 7.**

Donde:

T: Transmisividad

S: Coeficiente de almacenamiento

s: Descenso

r: radio

t: tiempo

4.17.1.4 Eficiencia del pozo

$$E = \frac{S_{calculado}}{S_{medido}}$$ **Ecuación 8.**

4.17.1.5 Medición de la profundidad del nivel de agua

Los instrumentos más usados para medir el nivel de agua son las sondas eléctricas, formada por dos conductores, que al hacer contacto con el agua se cierra el circuito y hace que se accione un amperímetro. Las características principales que deben cumplir las sondas son las siguientes:

- El cable de la sonda debe estar graduado en toda su longitud, con marcas cada dos metros, con la numeración correspondiente.
- La longitud total de la sonda debe ser mayor que la profundidad del nivel dinámico máximo.
- El cable de la sonda debe ser inextensible, ya que a grandes profundidades (por ejemplo, 100 m) pueden producirse alargamiento por efecto de esfuerzos de tensión. De no contarse con este tipo de sonda se verificara antes y después de la prueba de longitud de la misma.

4.17.1.4 Medición del caudal de extracción.

Junto con la medición del abatimiento, la determinación del caudal es la parte más importante de una prueba de bombeo; al respecto se debe medir el caudal cuando menos cada hora. El método que será utilizado para evaluar el caudal será el método California.

4.17.1.5 Método California.

Sirve para medir el caudal a través del extremo de un tubo horizontal parcialmente lleno. El método fue experimentado por Van Leer.

Ecuación de Van Leer.

$$Q = 4.685 * \left[\left(1 - \frac{a}{D}\right)^{1.88}\right] * (D)^{2.48}$$ **Ecuación 9.**

4.17.2 Equipo de bombeo.

4.17.2.3 Bombas Sumergibles

De acuerdo con lo establecido por la NTON 09001-99, en el inciso 6.4.1, los equipos de bombeo que generalmente se emplean para pozos perforados son los de turbina de eje vertical y sumergible. Son equipos que tienen la bomba y motor acoplados en forma compacta, de modo que ambos funcionan sumergidos en el punto de captación; se emplean casi exclusivamente en pozos muy profundos, donde tienen ventajas frente al uso de bombas de eje vertical.

4.17.2.4 Elementos de la estación de bombeo

A grandes rasgos se pueden distinguir tres elementos en toda la estación de bombeo:

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

Los equipos de bombeo se seleccionan para un periodo inicial de 5 a 10 años, mientras que los diámetros de las tuberías de impulsión y succión se determinan con base en el caudal necesario para el periodo de diseño final (López R.A, 1999).

4.17.2.5 Caseta de Control.

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

4.17.3 Diseño hidráulico del equipo de bombeo.

Para hacer el diseño hidráulico del bombeo debe tenerse siempre en cuenta el esquema de bombeo utilizado. En otras palabras, la ecuación planteada dependerá, entre otros factores, de si hay succión positiva o negativa y si se descarga al aire libre o no.

- Altura estática de succión (h_s)
- Altura estática de impulsión (h_i)
- Altura estática total (H_{est})
- Altura de fricción (h_{fs}, h_{fi})
- Altura de velocidad ($V^2/2g$)
- Altura de perdidas menores (h_{ms}, h_{mi})
- Altura dinámica total (H_t)

4.17.2.1 Ecuación de Bernoulli

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{{V_1}^2}{2g} + H_t + Ht - \left(h_{fs} - \sum h_{ms}\right) - \left(h_{fi} - \sum h_{mi}\right) = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{{V_2}^2}{2g} + Z_2 \qquad \textbf{Ecuación 10.}$$

En la ecuación anterior los términos de presión son iguales a 0, y la velocidad del líquido en el pozo de succión se puede despreciar. Despejando el valor de la altura dinámica total y reemplazando los valores por la nomenclatura utilizada anteriormente, se tiene:

4.17.2.2 Altura dinámica total

$$\boldsymbol{H_t = h_s + h_i + \left(h_{fs} + \sum h_{fi}\right) + \left(h_{fi} + \sum h_{mi}\right) + \frac{{V_1}^2}{2g}} \qquad \textbf{Ecuación 11.}$$

4.17.2.2.1 Perdidas localizadas por accesorios.

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

Tabla 3. Perdidas localizadas en longitudes equivalentes (en metros de tubería recta)

Pérdidas localizadas en longitudes equivalentes (en metros de tubería recta)

Elemento	mm	13	19	25	32	38	50	63	751	100	125	150	200	250	300	350
	pulg	1/2	3/4	1	1¼	1½	2	2½	3	4	5	6	8	10	12	14
Codo 90°																
Radio largo		0,3	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,6	2,1	2,7	3,4	4,3	5,5	6,1	7,3
Radio medio		0,4	0,6	0,7	0,9	1,1	1,4	1,7	2,1	2,8	3,7	4,3	5,5	6,7	7,9	9,5
Radio corto		0,5	0,7	0,8	1,1	1,3	1,7	2,0	2,5	3,4	4,5	4,9	6,4	7,9	9,5	10,5
Codo 45°		0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	1,2	1,5	1,9	2,3	3,0	3,8	4,6	5,3
Curva 90°																
R/D: 1½		0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,3	1,6	1,9	2,4	3,0	3,6	4,4
R/D: 1		0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,0	1,3	1,6	2,1	2,5	3,3	4,1	4,8	5,4
Curva 45°		0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,1	1,5	1,8	2,2	2,5
Entrada																
Normal		0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,6	2,0	2,5	3,5	4,5	5,5	6,2
De borda		0,4	0,5	0,7	0,9	1,0	1,5	1,9	2,2	3,2	4,0	5,0	6,0	7,5	9,0	11,0
Válvula																
Compuerta		0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,4	1,7	2,1	2,4
Globo		4,9	6,7	8,2	11,3	13,4	17,4	21,0	26,0	34,0	45,3	51,0	6,7	85,0	102	120
Ángulo		2,6	3,6	4,6	5,6	6,7	8,5	10,0	13,0	17,0	21,0	26,0	34,0	43,0	51,0	60,0
de pie		3,6	5,6	7,3	10,0	11,6	14,0	17,0	20,0	23,0	31,0	39,0	52,0	65,0	78,0	90,0
Retención																
T. liviano		1,1	1,6	2,1	2,7	3,2	4,2	5,2	6,3	6,4	10,4	12,5	16,0	20,0	24,0	38,0
T. pesado		1,6	2,4	3,2	4,0	4,8	6,4	8,1	9,7	12,9	16,1	19,3	25,0	32,0	38,0	45,0
Te de paso																
Directo		0,3	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,6	2,1	2,7	3,4	4,3	5,5	6,1	7,3
Lateral		1,0	1,4	1,7	2,3	2,8	3,5	4,3	5,2	6,7	8,4	10,0	13,0	16,0	19,0	22,0
Te de salida																
Bilateral		1,0	1,4	1,7	2,3	2,8	3,5	4,3	5,2	6,7	8,4	10,0	13,0	16,0	19,0	22,0

Fuente: Lopez R.A, 1999

4.17.4 Potencia de la bomba

$$P = \frac{1000 * Qb * HDT}{75E}$$ **Ecuación 12.**

Fuente: Lopez R.A, 1999

Donde:

P: Potencia de la bomba (Hp)

Qb: Caudal de bombeo (m^3/seg)

HDT: Altura dinamica total (m)

E: Eficiencia de la bomba.

4.17.3 Potencia del motor

De acuerdo con lo establecido por la NTON 09-001-99, en el inciso 6.5, tiene que considerar por norma emplear un factor de 1.15 para calcular la potencia necesaria del motor en base a la potencia por la bomba, debido a las perdidas mecánicas.

PM=1.15*PB **Ecuación 13.**

Donde:

PM: Potencia del bombeo (HP)

PB: Potencia hidráulica de la bomba (HP)

4.17.4 Motores Elèctricos.

De acuerdo al tipo de bomba a instalarse se tienen motores eléctricos verticales que se emplean para bombas centrifugas en pozos profundos, motores eléctricos sumergibles y motores para bombas horizontales con capacidad de uso corriente dados por los fabricantes que oscilan desde los 3, 5, 7, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 75, 100, 125 hasta 200 HP, y de mayor capacidad. (NTON-09001-99, Cap. VI, inciso 6.5)

4.18 Diseño Hidràulico de la linea de conducciòn.

Para calcular las pérdidas por fricción en las tuberías utilizaremos la ecuación de Hazen Williams.

$$hf = \frac{k * Q^{1.85} * L}{C^{1.85} * D^{4.87}}$$ **Ecuación 14.**

4.19 Caudal de bombeo

El caudal de bombeo es necesario para calcular la velocidad del flujo en la tuberia Por tanto, el periodo de bombeo para el caudal de explotacion sera de 16 horas. Factor que sera multiplicado por el caudal maximo diario. Según la ecuaciòn de Breesse:

$$Qb = \left(\frac{24}{N}\right)(Qmd)$$ **Ecuación 15.**

4.20 Velocidad y diàmetro de la tuberia

4.20.1 Diàmetro

Teniendo el valor del caudal, procedemos a calcular el diàmetro de la tubería utilizando la formula del diametro econòmico.

$$D = 1.3\left(\frac{N}{24}\right)^{1/4} Qb^{1/2}$$ **Ecuación 16.**

4.20.2 Velocidad

La velocidad, desde la ecuación de continuidad, será el cociente del caudal de bombeo y el área de la tubería.

V=Qb/A **Ecuación 17.**

4.21 Golpe de Ariete

El valor de la celeridad o velocidad de propagación de la bomba puede calcularse mediante la fórmula de Allievi:

$$\boldsymbol{C = \frac{9.900}{\sqrt{48.3 + K\frac{D}{e}}}}$$ **Ecuación 18.**

Donde:

C= Celeridad de la onda (m/s)

D= Diámetro del tubo (m)

e= Espesor de la pared del tubo (m)

k= Relación entre el módulo de elasticidad del agua y el del material de la tubería.

$K= 10^{10}/E_{tuberia}$

Tabla 4. Valores K según el material de la tubería

Relación de módulos de elasticidad del agua y del material de la tubería

Material de la tubería	K
Acero	0,5
Hierro fundido	1,0
Concreto	5,0
Asbesto-cemento	4,4
Plástico	18,0

Fuente: López R.A, 1999

4.21.1 Tiempo de Cierre

Al ocurrir el cierre instantáneo de la válvula (por falla mecánica), el valor de la sobrepresión se calcula en un tiempo de cierre igual a la fase de la tubería. En este caso la válvula de retención quedará completamente cerrada antes de que la onda de depresión comience a actuar:

$T = \frac{2L}{C} \rightarrow$ *Sobrepresión Máxima* **Ecuación 19.**

Siendo:
L: Longitud hasta el depósito (m).

C: Velocidad de propagación de la onda o celeridad.

T: Fase o periodo de cierre (s)

4.21.2 Cálculo de la sobrepresión

En el caso de una maniobra rápida, la sobrepresión máxima será:

$$h_a = \frac{CV}{g}$$ **Ecuación 20.**

Siendo:

$h_{a=}$ Sobrepresión (m de agua)

V= Velocidad (m/s)

4.21.3 Presión Admisible de la tubería.

Pt=ha+hi **Ecuación 21**

Tabla 5. Presión de trabajo

SDR	Presión de trabajo	
	Psi	Kg/cm^2
64	63	4.4
51	80	5.6
41	100	7.0
32.5	125	8.8
26	160	11.2
21	200	14.0
17	250	17.6
13.5	315	22.1

Fuente: Amanco; Asesoría Técnica

4.21 Dimensionamiento del tanque.

4.21.1 Almacenamiento:

De acuerdo con lo establecido por la NTON 09001-99, en el inciso 8.2, la capacidad del tanque de almacenamiento deberá de satisfacer las condiciones siguientes:

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 obra de captación, se estimará igual a 20% del CPD.

La capacidad total del tanque se estimará igual al 35% del consumo promedio diario

4.21.2 Calculo del volumen del tanque.

Vol. Total = 35% CPD **Ecuación 22.**

4.22 Calidad del agua

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: Coliforme total, Coliforme fecal, 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 deberá cumplir con las normas de calidad del agua vigente aprobada por el INAA y MINSA.

En las tablas siguientes se muestran las concentraciones máximas permisibles de los parámetros establecidos por la NTON 09001-99 para evaluar la calidad del agua, dichos parámetros han sido adoptadas de las “Normas regionales de calidad del agua para el consumo humano”, editadas por CAPRE.

Tabla 6. Parámetros Bacteriológicos.

Fuente: NTON 09001-99

TABLA – 1

PARAMETROS BACTERIOLOGICOS (a)

ORIGEN	PARAMETROS (b)	VALOR RECOMENDADO	VALOR MAX. ADMISIBLE	OBSERVACIONES
A. - todo tipo de Agua de bebida	Coliforme Fecal	Negativo	Negativo	
B.- Agua que entra Al sistema de Distribución	Coliforme Fecal	Negativo	Negativo	
	Coliforme Total	Negativo	≤ 4	En muestra no consecutivas
C.- Agua en el Sist. de distribución.	Coliforme Total	Negativo	≤ 4	En muestraspuntuales No debe ser detectado
	Coliforme Fecal	Negativo	Negativo	En el 95% de las muestras Anuales (c).

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

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.

En los sistemas donde se recolectan menos de 20 muestras, al año, el porcentaje de muestras negativas debe ser ≥90%

Tabla 7. Parámetros Organolépticos**.**

PARAMETROS ORGANOLEPTICOS

PARAMETRO MAXIMO	UNIDAD	VALOR RECOMENDADO	VALOR ADMISIBLE
Color Verdadero	mg/l (pt-Co)	1	15
Turbiedad	UNT	1	5

Fuente: NTON 09001-99

Tabla 8. Parámetros para sustancias no deseadas

4. PARAMETROS PARA SUSTANCIAS NO DESEADAS

PARAMETROS	UNIDAD	VALOR RECOMENDADO	VALOR MAXIMO ADMISIBLE
Nitrato – $N0-^{1}_{3}$	mg/l	25	45
Nitritos – $N0-^{1}_{2}$	mg/l	0.1	1
Amonio	mg/l	0.05	0.5
Hierro	mg/l		0.3
Manganeso	mg/l	0.1	0.5
Fluoruro	mg/l		0.7 – 1.5
Sulfuro Hidrógeno	mg/l		0.05

Fuente: NTON 09001-99

Tabla 9. Parámetros físico-químicos**.**

PARAMETROS FISICO – QUIMICO

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR RECOMENDADO	VALOR MAXIMO 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/lCaC_{O3}	400	
Sulfatos	mg/l	25	250
Aluminio	mg/l		0.2
Calcio	mg/l CaC_{O3}	100	
Cobre	mg/l	1	2.0
Magnesio	mg/l CaC_{O3}	30	50
Sodio	mg/l	25	200
Potasio	mg/l		10
Sol. Tot. Dis.	mg/l		1000
Zinc.	mg/l		3.0

Tabla 10. Sustancias Inorgánicas. Metales pesados y metaloides

PARAMETROS PARA SUSTANCIAS INORGANICAS DE SIGNIFICADO PARA LA SALUD

PARAMETROS	UNIDAD	VALOR MAXIMO ADMISIBLE
Arsénico	mg/l	0.01

Fuente: NTON 09001-99

4.23 Desinfección.

4.23.1 Tratamiento

De acuerdo a la normativa para sistemas de tratamientos de aguas servidas domésticas (NTON 05-008-98), esta fuente se clasifica como agua de tipo 1, ya que, su destino es para uso doméstico. Esta categoría se divide en dos, siendo en este caso del tipo 1A de acuerdo a los resultados, debido a que no necesita de un tratamiento adicional más que la desinfección por hipoclorito de calcio para poder ser potable.

Para que cualquier desinfectante actúe eficientemente, deberá cumplir los requerimientos de la ecuación C x T, lo que significa que todo desinfectante presentará una determinada concentración (C) y estará en contacto con el agua a desinfectar por un período mínimo de tiempo (T). (Solsona&Mendez, 2002).

$$V = Q \times T$$ **Ecuación 23.**

4.23.2 Dosificación.

Definida la concentración final (Cf) a ser empleada por el dosificador, se aplica la siguiente ecuación para obtener el peso del solido de hipoclorito de calcio que será suministrado al dosificador de tabletas por erosión. Las tabletas son más seguras que las soluciones de hipoclorito y el cloro gaseoso y son más fáciles de manejar y de almacenar.

$$P = Vd * Cf/\%$$ **Ecuación 24.**

Donde:

% = Porcentaje de cloro activo en el producto

P = Peso del sólido de hipoclorito de calcio (Kg)

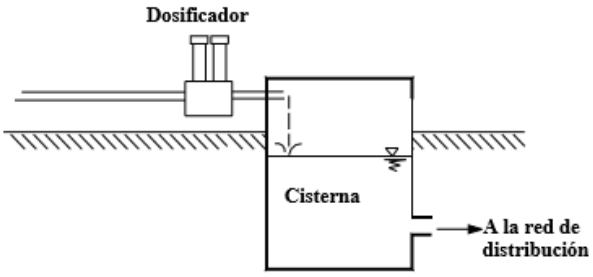
Cf = Concentración esperada en la sol.diluida (g/L)

4.22.3 Dosificador por erosión de tabletas.

Los dosificadores de erosión disuelven gradualmente las tabletas de hipoclorito a una tasa predeterminada mientras fluye una corriente de agua alrededor de ellas. Este mecanismo proporciona la dosificación necesaria de cloro para desinfectar el agua. A medida que las tabletas se van diluyendo, se reemplazan con otras nuevas que caen por gravedad en la cámara. La solución de cloro concentrada alimenta un tanque, un canal abierto o un reservorio, según sea el caso.

La instalación de esta clase de dosificadores requiere una capacitación especializada mínima. En la mayoría de los casos se puede capacitar a un operador y ofrecerle conocimientos básicos de plomería y tuberías. Sin embargo, aunque los dispositivos de dosificación están hechos de materiales no corrosivos y no tienen partes móviles, es preciso prestar atención a las instrucciones del fabricante para asegurar la durabilidad y una operación adecuada de acuerdo con las especificaciones. También se debe prestar atención a la temperatura del agua, ya que de ella depende la solubilidad de las tabletas. (Solsona&Mendez, 2002).

Ilustración 3. Clorador por erosión de tabletas de hipoclorito de calcio.



InstalaInstalación típica de un clorador por erosión de Tabletas de hipoclorito de calcio

Fuente: (Solsona & Méndez, 2002).

4.23 Red de distribución.

La red de distribución es el sistema de conductos cerrados, que permite distribuir el agua bajo presión a los diversos puntos de consumo, que pueden ser conexiones domiciliares o puestos públicos; para su diseño deberá considerarse los aspectos siguientes:

a) Se deberá diseñar para la condición del consumo de hora máxima al final del periodo de diseño, el cual resulta al aplicar el factor de 2.5 al consumo promedio diario (CHM=2.5CPD, más las pérdidas).

b) El sistema de distribución puede ser de red abierta, de malla cerrada o una combinación de ambos.

c) La red se deberá proveer de válvulas, accesorios y obras de arte necesarias, para asegurar su buen funcionamiento y facilitar su mantenimiento. (NTON-09001-99, Cap. VII, inciso 7.3).

4.23.1 Diámetro de la red de distribución.

Para el cálculo del diámetro de la red de distribución utilizamos la fórmula de Bresse.

$$D = 0.9\,(Q)^{0.45}$$ **Ecuación 25.**

Donde:

D= Diámetro (m)

Q= Caudal (m^3/seg)

De acuerdo con lo establecido por la NTON 09001-99, en el inciso 3.3.2, el diámetro de las conexiones y de los grifos será de ½” (12 mm).

4.23.2 Determinación de caudales

Para determinar los caudales de los nodos se utilizó el método de longitud unitaria, que consiste en tributar al nodo la mitad de los tubos que le conectan para calcular un caudal unitario que posteriormente será repartido en la línea.

4.23.2.1 Cálculo del caudal unitario

El caudal por unidad de longitud de tubería se determinó a partir de la ecuación, dividiendo el caudal máximo horario entre la longitud total efectiva de la red.

$$\boldsymbol{Qu = \frac{CMH}{Lt}}$$ **Ecuación 26.**

4.23.2.2 Caudal por nodo

Es el producto de multiplicar el caudal unitario por cada longitud tributada al nodo en cuestión.

$$\boldsymbol{Qi=q*Li}$$ **Ecuación 27.**

Donde:

Qi: Caudal en el tramo de tubería (lps)

q: Caudal unitario por metro lineal de tubería (lps/m)

Li: Longitud tributada del tramo (m)

4.24 Análisis hidráulico de la red de distribución

La simulación del sistema se realizó con el software EPANET, considerando las horas de la madrugada donde se prevé que la población no está demandando agua y por consiguiente las presiones son mayores.

Tomando en cuenta los siguientes pasos.

- Importación de la red desde AutoCAD.
- Edición de las propiedades de los elementos que configuran el sistema en el editor de propiedades.
- Selección de las opciones de cálculo (ecuaciones de cálculo de pérdidas de energía, sistema de unidades)

Otros aspectos a considerar:

- Dimensiones reales del tanque de almacenamiento.
- Elevaciones y caudales por nodo.
- Tuberías de PVC, C: 150 Y 1 ½" de diámetro.
- El modelo hidráulico consta con 7 nodos de tubería principal.

Una vez introducidos todos los datos al programa se procede a realizar el análisis hidráulico, rodando el programa, posteriormente se puede observar los resultados en tablas o gráficas.

4.3 Presupuesto del proyecto.

Para el análisis de costos se utilizó como referencia el catálogo de etapas y sub-etapas del FISE para proyectos de sistemas de agua potable y las normas de rendimiento horario establecida por esta misma entidad.

— **Estructura del presupuesto**

a) Costo directo

Son las atribuciones directas a la ejecución del proyecto y se definen en la mano de obra calificada y no calificada, materiales locales y no locales y costo de herramienta y transporte. Estos costos son integrados a través de los correspondientes costos unitarios.

b) Costos indirectos

Serán costos a los que se incurrirá de manera global para realizar la construcción, mantenimiento o reparación de un punto dañado de la red en un plazo establecido, sin que vayan a ser aplicados directamente en la realización de una actividad o un concepto de obra. Entre los costos indirectos tenemos los siguientes grupos:

— **Costos administrativos:** Son los costos en que se incurre por mantener el personal administrativo de campo el tiempo que dure el proyecto. Estos generalmente son:

- Salinos, prestaciones sociales, transporte, alimentación y dormida del personal de campo.
- Mobiliario y equipo de oficina.
- Formatos y papelería.
- Impresiones y fotocopias de informes y avalúos

— **Costos de Utilidad:** Son los costos previos que un contratista espera obtener como ganancia por ejecutar la construcción, reparación o mantenimiento de un "sitio crítico" de la red (terrestre o acuática) en la jurisdicción de una municipalidad en un plazo establecido. Este costo se presenta en forma de porcentaje de la

sumatoria de los costos directos, indirectos y de administración central, con un rango entre el 3% y el 20% (no establecido). Este costo fluctúa en la medida en que se comporta oferta y la demanda del sector construcción.

— **Costos de operación**: Son los costos en que se incurre permanentemente para operar el tiempo que dure el proyecto. Estos generalmente son:

- Movilización y desmovilización.
- Equipo liviano y herramientas.
- Alquileres de bienes inmuebles.
- Combustibles y lubricantes.
- Señalamiento preventivo.
- Seguridad, protección e higiene ocupacional.
- Medidas de mitigación de impactos ambientales.

— **Costos por servicios especializados:** Son los costos en que se incurre por la contratación de servicios profesionales. Estos generalmente son:

- Laboratorio de materiales.
- Informática de proyectos.
- Mantenimiento preventivo especializado de equipos.
- Supervisión de trabajos.
- Asesoría Jurídica.
- Asesoría técnica.

— **Costos imprevistos:** Son los costos en que se incurre por acontecimientos o circunstancias no previstas. Estos generalmente son:

- Errores de diseño.
- Errores de presupuesto.
- Ampliación injustificada de plazo.
- Incremento de costos no reconocibles.

— **Costos de administración central:** Son los costos previstos en que puede incurrir un contratista al atender y monitorear con su administración central la

construcción, reparación o mantenimiento de un "sitio crítico" de la red en un plazo establecido.

Impuestos: Se presentan en forma de porcentaje de la sumatoria de los costos directos, indirectos, de administración central y de utilidad, siendo actualmente el 1% del impuesto municipal y el 15% del impuesto de valor agregado, que se aplica a la misma sumatoria anterior, pero agregándole el impuesto municipal.

— **Criterios considerados durante la elaboración del presupuesto**

a) Materiales

El costo de materiales se determinó en base a cotizaciones con proveedores específicos (locales), en combinación con los valores de referencia encontrados en el manual de costo del FISE.

b) Mano de obra

Los costos de mano de obra fueron estimados teniendo como referencia el manual de costos del FISE del año 2013, proyectados al año 2015, a través de los reajustes hechos al salario mínimo en el sector construcción en los años 2014 y 2015.

c) Transporte

Los costos de transporte del material se estimaron como el 8% del total de costos de los materiales, considerando con esto el aumento de costos que implica el trabajar con proveedores no locales.

d) Equipos y herramientas

El costo en equipos y herramientas se incorporó considerando el 3% del costo de los materiales.

e) Impuestos

- Costos indirectos de operación: 15% del sub total de los costos directos.
- Impuestos sobre el valor agregado: 10% del sub total de los costos directos.
- Impuesto municipal: 1% del sub total de los costos directos.

- Imprevistos: 10% del sub total de los costos directos.
- Gastos administrativos y utilidades: 15% del sub total de los costos directos

Ilustración 4. Esquema de funcionamiento del sistema



2016

CAPITULO V

Resultados

5 CAPITULO V. RESULTADOS

5.1 Estimación de la población de diseño.

5.1.1 Tasa de crecimiento

Po=59

Pn=146

n= 17 años

Periodo (1999-2016)

$\boldsymbol{r = \left(\frac{P_n}{P_o}\right)^{1/n} - 1}$= 5.59%

Por lo tanto, se usa la razón de crecimiento inmediatamente menor, siendo esta de 4%. Recalcando que los únicos datos obtenidos pertenecen a registros estadísticos del municipio que corresponden al año de 1999.

5.1.2 Proyección de la población

Periodo de diseño: 20 años (2017-2036)

r= 4%

$\boldsymbol{P_n = P_0 * (1 + r)^n}$=320 hab.

Tabla 11. Proyección de la población

CÁLCULO DE PROYECCIÓN DE CONSUMO COMUNIDAD PASO ANCHO								
	Proy.Poblaci		Dotación		CPD	Pérdidas (hf)	CMD=(1.5*CPD)+h	CMH=(2.5*CPD)+h
N°	Año	Habitantes	(lppd)	CP domestic	CPD lps (CP.dome	(0.20*CPD) Gpd Pérdidas Fugas 20%	lps	lps
-	2016	146						
1	2017	152	60	0.10544	0.1054	481.39	0.18	0.28
2	2018	158	60	0.10966	0.1097	500.65	0.19	0.30
3	2019	164	60	0.11405	0.1140	520.68	0.19	0.31
4	2020	171	60	0.11861	0.1186	541.50	0.20	0.32
5	2021	178	60	0.12336	0.1234	563.16	0.21	0.33
6	2022	185	60	0.12829	0.1283	585.69	0.22	0.35
7	2023	192	60	0.13342	0.1334	609.12	0.23	0.36
8	2024	200	60	0.13876	0.1388	633.48	0.24	0.37
9	2025	208	60	0.14431	0.1443	658.82	0.25	0.39
10	2026	216	60	0.15008	0.1501	685.18	0.26	0.41
11	2027	225	60	0.15608	0.1561	712.58	0.27	0.42
12	2028	234	60	0.16233	0.1623	741.09	0.28	0.44
13	2029	243	60	0.16882	0.1688	770.73	0.29	0.46
14	2030	253	60	0.17557	0.1756	801.56	0.30	0.47
15	2031	263	60	0.18260	0.1826	833.62	0.31	0.49
16	2032	273	60	0.18990	0.1899	866.97	0.32	0.51
17	2033	284	60	0.19750	0.1975	901.64	0.34	0.53
18	2034	296	60	0.20540	0.2054	937.71	0.35	0.55
19	2035	308	60	0.21361	0.2136	975.22	0.36	0.58
20	2036	320	60	0.22216	0.2222	1014.23	0.38	0.60

5.2 Cobertura de la tubería.

Toda nuestra red de tubería se encuentra sobre el camino principal en el cual también transitan vehículos por tanto la cobertura será de 1.20 m a excepción

5.3 Estación de bombeo

5.3.1 Resultados de prueba de bombeo.

Tabla 12. Datos de prueba de bombeo

DATOS DE CAMPO		
	Time,	Water Level
Entry	Hr:Min:Sec	Meter
1	0.00069	34.150
2	0.00139	34.450
3	0.00208	34.460
4	0.00278	34.460
5	0.00347	34.470
6	0.00417	34.470
7	0.00486	34.470
8	0.00556	34.470
9	0.00625	34.470
10	0.00694	34.470
11	0.00764	34.470
12	0.00833	34.470
13	0.00903	34.475
14	0.00972	34.475
15	0.01042	34.475
16	0.01111	34.470
17	0.01181	34.470
18	0.01250	34.465
19	0.01319	34.465
20	0.01389	34.465
21	0.01458	34.465
22	0.02083	34.460

Descenso total= 0.325 m

A partir del minuto 16 de bombeo se observa una recuperación ligera del nivel del agua.

De las prospecciones geofísicas realizadas por Sequeira, se puede obtener una aproximación del ambiente geológico que corresponde a un acuífero multicapa. La recuperación puede estar ocurriendo por vínculos hidrogeológicos entre las capas almacenadoras. La eficiencia de explotación de la obra actual es extremadamente baja, hasta deplorable, la eficiencia de la obra es muy alta y puede alcanzar 880% del régimen actual

El caudal explotable si la longitud de las rejillas es la indicada por la comunidad será:

$$Q_{Exp} = \frac{4 * \pi * T}{2.3 * \left(Log\left(\frac{2.25 * T * t}{r^2 * S}\right)\right)} * s$$ =2046.14 m^3/día

El caudal del bombeo máximo probable en régimen de 24 horas puede ser de 23.68 l/s

— **Transmisividad.**

$$T = \frac{2.3Q}{4\pi\Delta s}$$ = 28 m^2/día

— Descenso Calculado.

$$s = \frac{2.3 * Q}{4 * \pi * T} * Log\frac{2.25 * T * t}{r^2 * S} * s$$ = 0.087974097 m

— **Eficiencia**

$$\varepsilon = \frac{S_{Calculado}}{S_{medido}} * 100$$ = 27.06895294 %

5.3.2 Resultados de aforo del pozo

Tirante libre: 8 cm: 0.08 mm, se realiza una comparación con tirantes libres ligeramente mayores para conocer sus diferentes caudales.

Tabla 13. Gasto d bombeo

GASTO DE BOMBEO						
Método de California						
Valores de tubo		$Q = 4.685 * \left[(1 - \frac{a}{D})^{1.88}\right] * \left[D^{2.48}\right]$			Volumen	
Tirante libre	Diametro				m^3/día	lpd
a(m)	D(m)	$Q_{(m3/s)}$	$Q_{(Lps)}$	$Q_{(GPM)}$		
0.0860	0.109	0.0010309	1.0309	16.34	89.07	89,069.20
0.0850	0.109	0.0011168	1.1168	17.70	96.49	96,488.68
0.0800	0.109	0.0015939	1.5939	25.27	137.72	137,716.97

5.4 Equipo de bombeo

El equipo de bombeo que se utilizará será una bomba sumergible

5.4.1 Potencial y caudal explotable

El aforo por método de volumen conocido de la captación por sondeo vertical existente resulto de 25.27 gpm. Rendimiento muy superior a la demanda total de la población en la vida útil del proyecto, que se resume en el tabla 14.

Tabla 14. Potencial y Caudal Explotable

CPD	3.48 GPM
1.5 CPD = CMD	6 GPM
Caudal del pozo	25.27 GPM

5.4 Diseño hidráulico del equipo de bombeo.

Tabla 15. Diseño Hidráulico del equipo de bombeo

Nivel estático del agua	34.15 m
Elevación del pozo	886 msnm
Q Diseño	0.38 l/s
Tiempo de bombeo	16 horas
Temperatura	21° C

5.4.1 Carga total dinámica (CTD)

Tabla 16. Carga total dinámica

Elevación en el tanque	msnm	915
Nivel estático del agua	msnm	851.85
Nivel de bombeo	m	68.95
Carga estática de la descarga.	m	29
Pérdidas de carga por fricción	m	2.92

Pérdidas por accesorios	m	0.16
Pérdidas de la columna dentro de pozo.	m	3.60
CDT	m	104.63 m

5.4.2 Pérdidas por accesorios

Tabla 17. Pérdidas localizadas en longitudes equivalentes (en metros de tubería recta) Accesorios utilizados

Accesorio	Cantidad	Longitud equivalente (m)	Total(m)
C-90° de radio mediano	1	1.1	1.1
Válvula de compuerta, VC liviano	1	0.3	0.3
Válvula de retención, VR liviano	1	3.2	3.2
Tee paso directo	1	0.9	0.9
Medidor	1	10	10
C-90° Radio Corto	1	1.3	1.3
C-45°	4	0.6	2.4
Salida al tanque	1	1	1
		Le total	20.20 m

5.4.3 Potencia teórica de la bomba

$$P = \frac{1000 * Qb * HDT}{75E}$$ = 1.2158 hp

5.4.4 Potencia Instalada

Pi=P+1.15P = 1.40 hp

Por lo tanto se seleccionó una bomba de 1.5 hp 4PWP-18

5 Estudio Económico Comparativo.

Tabla 18. Estudio Económico Comparativo

Diámetro	Bomba (KW)	Bomba Com	Bombeo (h)	Energía Bor	C$	Costo de E	Costo M. Obr	Costo Tuber
1 1/2"	0.91	2.24 KW	16	35.79 KWh	2.50	89.484 C$	34.00 C$/m	229.00 C$
2"	0.91	2.24 KW	16	35.79 KWh	2.50	89.484 C$	36.00 C$/m	365.00 C$
3"	1.04	2.24 KW	16	35.79 KWh	2.50	89.484 C$	42.00 C$/m	716.00 C$

5.6 Análisis Hidráulico del equipo de bombeo

Ilustración 5. Análisis Hidráulico del equipo de bombeo

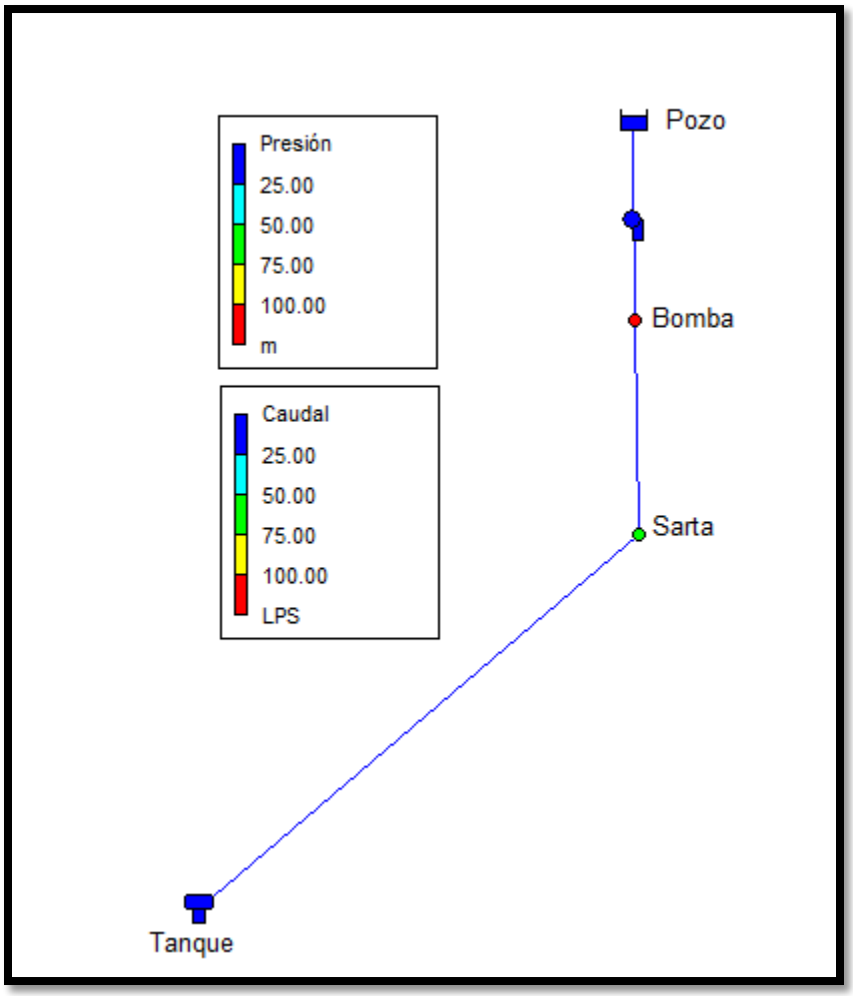


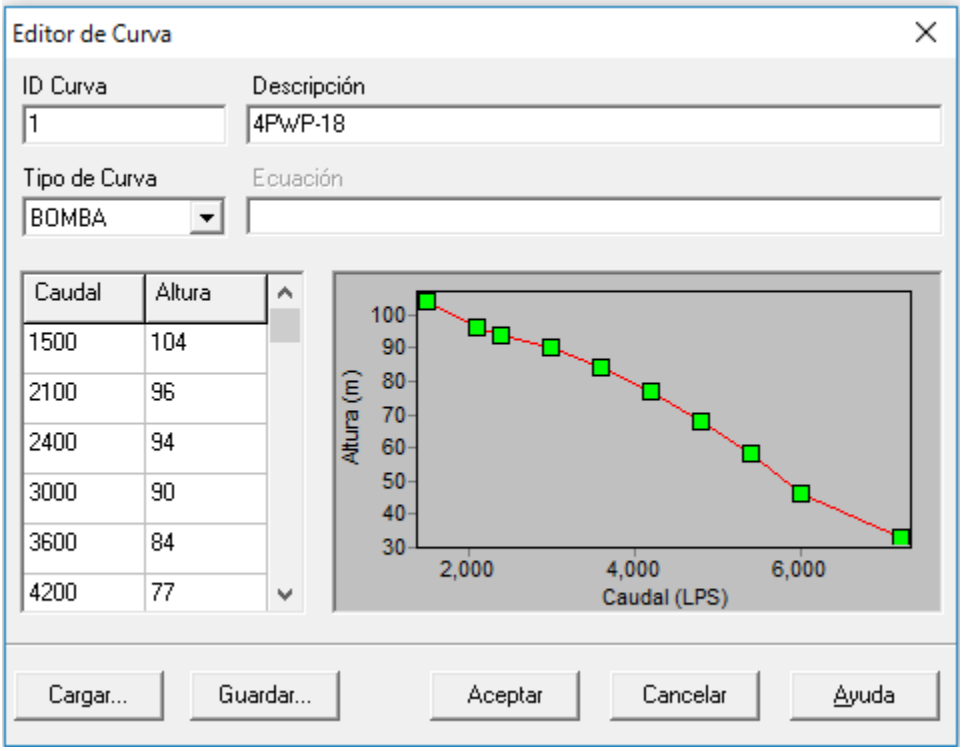
Tabla 19. Resultados del análisis del equipo de bombeo.

Tabla de Red - Líneas

ID Línea	Longitud m	Caudal LPS	Velocidad m/s
Tubería 2	68.95	1.49	1.32
Tubería 3	366	1.49	1.32
Bomba 1	No Disponible	1.49	0.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20. Curva característica de la bomba.



5.7 Diseño Hidráulico de la línea de conducción

5.7.1 Caudal de bombeo de la línea de conducción

$$Qb = \left(\frac{24}{N}\right)(Qmd) \quad =0.00057\ m^3/s$$

5.7.2 Diámetro de la línea de conducción

$$D = 1.3\left(\frac{N}{24}\right)^{1/4} Qb^{1/2} \quad =0.028\ m$$

Por tanto, usamos un diámetro de 1.50”

5.7.3 Velocidad

V=Qb/A = 0.50 m/s

Límites de velocidad establecidos por la norma para limitar el efecto del golpe de ariete son:

0.6 m/s < Vf < 1.5 m/s.

5.7.4 Golpe de Ariete

5.7.4.1 Celeridad

$$C = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + k * D/e}}$$ **=462.74 m/s**

5.7.4.2 Tiempo de cierre

$$\boldsymbol{T = \frac{2L}{C}}$$ **=1.58 S**

5.7.4.3 Sobrepresión

$$ha = \frac{CV}{g}$$ = 23.39 m + la carga estática de 29 m.

5.7.5 Presión admisible de la tubería

Pt= ha+hi =52.39 m/ 47.50 PSI

Considerando una línea de conducción de PVC SDR-51, con una Presión de Trabajo de 80 PSI, ver tabla 5.

5.8 Dimensionamiento del tanque.

5.8.1 Calculo del volumen del tanque

CMD= 32.83 m^3/día

Vol. Tanque= 12 m^3

5.8.2 Cálculo de altura del tanque rectangular

Largo: 2 m

Ancho: 2 m

Alto: 2.7 m

Rebose: 0.30 m

Altura total: 3 m

5.9 Calidad del Agua

5.9.1 Resultados de laboratorio

Tabla 21. Resultados de parámetros bacteriológicos

Parámetros	**Unidad**	**Valor de concentración**	**Valor máximo Admisible CAPRE**
Coliforme total	**NMP/100ml**	**$3.5*10^2$**	**Neg**
Coliforme fecal	**NMP/100ml**	**Neg**	**Neg**

La presencia de bacterias coliformes hace ver la necesidad de medidas de protección de las fuentes e infraestructura y tratamiento preventivo con desinfección del agua.

Tabla 22. Resultados de parámetros Organolépticos

Parámetros	Unidad	Valor de concentración	Valor máximo admisible CAPRE
Color verdadero	**UC**	**<1.00**	**15**
Turbiedad	**NTU**	**0.038**	**5**

Los parámetros en estudio como el color verdadero y la turbiedad se encuentran dentro de los parámetros recomendados y admisibles de las normas CAPRE.

Tabla 23. Resultados de parámetros físico-químicos

Parámetros	Unidad	Valor de concentración	Valor máximo admisible CAPRE
Potencial de hidrogeno	**pH**	**7.39**	**6.5-8.5****
Conductividad Eléctrica	**µS/cm**	**316.00**	**400****
Cloruros	**mg/l**	**3.98**	**250**
Sulfatos	**mg/l**	**4.78**	**250**
Dureza total	**mg/l**	**129.68**	**400****
Dureza cálcica	**mg/l**	**77.76**	**NE**
Calcio	**mg/l**	**31.17**	**100****
Magnesio	**mg/l**	**12.62**	**50**
Sodio	**mg/l**	**6.50**	**200**
Potasio	**mg/l**	**2.25**	**10**

Los valores obtenidos correspondientes a dichos parámetros como los cloruros, conductividad eléctrica, dureza, sulfatos, calcio y magnesio se encuentran dentro de los valores recomendados y permisibles de las normas CAPRE.

Tabla 24. Resultados para parámetros de sustancias no deseadas

Parámetros	Unidad	Valor de concentración	Valor máximo admisible
Nitratos	**mg/l**	**7.60**	**50**
Nitritos	**mg/l**	**0.02**	**0.1**
Hierro total	**mg/l**	**0.023**	**0.3**
Flúor	**mg/l**	**0.288**	**0.7**
Manganeso	**mg/l**	**<0.02**	**0.5**

Los valores obtenidos de los Nitratos, Nitritos, Hierro, Manganeso y Fluoruro también se encuentran dentro de los valores recomendados y admisibles de las normas CAPRE**.**

Tabla 25. Parámetros para sustancias inorgánicas con significado para la salud

Parámetro	Unidad	Valor de concentración	Valor máximo admisible
Arsénico	**mg/l**	**<0.001**	**0.01**

Se realizó la prueba de arsénico dando un resultado menor a 0.001 y su valor máximo admisible es de 0.01 por lo tanto se encuentra dentro de los valores recomendados y admisibles de las normas CAPRE. Por lo tanto, la fuente se considera apta para el consumo humano, eliminando bacterias a través de la desinfección del agua sin ameritar otro tratamiento.

5.10 Desinfección

Se requiere la aplicación únicamente de cloro. Por lo que se requerirá de un proceso de desinfección mediante el uso de hipoclorito de calcio. La solución de cloro se aplicará a través de un dosificador por erosión de tabletas.

5.10.1 Dosificación.

Tabla 26. Solución a dosificar y consumo

Cantidad de Solucion a dosificar			Consumo de Cloro					
m3/d	gpd	l/d	kg/d	kg/mes	kg/año	kg/d	olsas(80kg)/(Añ	-
0.06195	16.37	61.95	0.000885	0.03	0.32	0.885	3.98	1
0.06443	17.02	64.43	0.000920	0.03	0.33	0.920	4.14	2
0.06701	17.70	67.01	0.000957	0.03	0.34	0.957	4.31	3
0.06969	18.41	69.69	0.000996	0.03	0.36	0.996	4.48	4
0.07247	19.15	72.47	0.001035	0.03	0.37	1.035	4.66	5
0.07537	19.91	75.37	0.001077	0.03	0.39	1.077	4.85	6
0.07839	20.71	78.39	0.001120	0.03	0.40	1.120	5.04	7
0.08152	21.54	81.52	0.001165	0.03	0.42	1.165	5.24	8
0.08478	22.40	84.78	0.001211	0.04	0.44	1.211	5.45	9
0.08818	23.30	88.18	0.001260	0.04	0.45	1.260	5.67	10
0.09170	24.23	91.70	0.001310	0.04	0.47	1.310	5.90	11
0.09537	25.20	95.37	0.001362	0.04	0.49	1.362	6.13	12
0.09919	26.20	99.19	0.001417	0.04	0.51	1.417	6.38	13
0.10315	27.25	103.15	0.001474	0.04	0.53	1.474	6.63	14
0.10728	28.34	107.28	0.001533	0.05	0.55	1.533	6.90	15
0.11157	29.48	111.57	0.001594	0.05	0.57	1.594	7.17	16
0.11603	30.66	116.03	0.001658	0.05	0.60	1.658	7.46	17
0.12067	31.88	120.67	0.001724	0.05	0.62	1.724	7.76	18
0.12550	33.16	125.50	0.001793	0.05	0.65	1.793	8.07	19
0.13052	34.48	130.52	0.001865	0.06	0.67	1.865	8.39	20

Cloro salmuera es la solución de cloro que debe ser preparada por el CTI 8 (compatible technology international) mediante el envío de un caudal regulado “q” que debe atravesar el Clorador de erosión. Esta salmuera luego debe ser inyectada de preferencia al conducto principal o vertido al tanque de almacenamiento**.**

Tabla 27. Concentración de cloro en la salmuera

	Año	Poblacion	Caudal Maximo Dia		Cloro	q
-	2016	146	l/s	m^3/h	Salmuera	l/s
1	2017	152	0.18	0.65	0.06195	0.00072
2	2018	158	0.19	0.67	0.06443	0.00075
3	2019	164	0.19	0.70	0.06701	0.00078
4	2020	171	0.20	0.73	0.06969	0.00081
5	2021	178	0.21	0.75	0.07247	0.00084
6	2022	185	0.22	0.79	0.07537	0.00087
7	2023	192	0.23	0.82	0.07839	0.00091
8	2024	200	0.24	0.85	0.08152	0.00094
9	2025	208	0.25	0.88	0.08478	0.00098
10	2026	216	0.26	0.92	0.08818	0.00102
11	2027	225	0.27	0.96	0.09170	0.00106
12	2028	234	0.28	0.99	0.09537	0.00110
13	2029	243	0.29	1.03	0.09919	0.00115
14	2030	253	0.30	1.07	0.10315	0.00119
15	2031	263	0.31	1.12	0.10728	0.00124
16	2032	273	0.32	1.16	0.11157	0.00129
17	2033	284	0.34	1.21	0.11603	0.00134
18	2034	296	0.35	1.26	0.12067	0.00140
19	2035	308	0.36	1.31	0.12550	0.00145
20	2036	320	0.38	1.36	0.13052	0.00151

Fuente: Elaboración propia.

5.11 Red de distribución

5.11.1 Diámetro de la línea de distribución.

$D = 0.9 \times Q(m3/s)^{0.45}$

D= 1.3”

Por tanto se selecciona un diámetro de 1.5”

5.11.2 Determinación de caudales

5.11.2.1 Caudal unitario y Caudal por nodo

Qmh= 0.60 lps

Tabla 28. Caudales nodales

Nudo	Long (m)	Unitario (l/s	Long Tributada	Qnodo
Dep-n1	122.68	0.000264	184.825	0.048832
n1-n2	59.03	0.000264	29.515	0.007798
n1-n3	187.94	0.000264	176.525	0.046639
n3-n4	76	0.000264	82.555	0.021811
n3-n5	89.11	0.000264	110.76	0.029263
n5-n6	132.41	0.000264	130.99	0.034608
n6-n7	129.57	0.000264	166.535	0.043999
n7-n8	203.5	0.000264	197.455	0.052169
n8-n9	191.41	0.000264	206.75	0.054624
n9-n10	222.09	0.000264	244.655	0.064639
n10-n11	267.22	0.000264	298.17	0.078778
n11-n12	67.23	0.000264	33.615	0.008881
n11-n13	261.89	0.000264	261.045	0.068969
n13-n14	260.2	0.000264	130.1	0.034373

Fuente: Elaboración Propia

5.11.3 Velocidad y pérdidas de carga

Tabla 29. Velocidad y pérdidas

Velocidad	hf
0.02	0.0026
0.00	0.0000
0.02	0.0037
0.01	0.0004
0.01	0.0007
0.02	0.0015
0.02	0.0023
0.03	0.0049
0.03	0.0050
0.03	0.0080
0.04	0.0138
0.004	0.0001
0.03	0.0106
0.02	0.0029

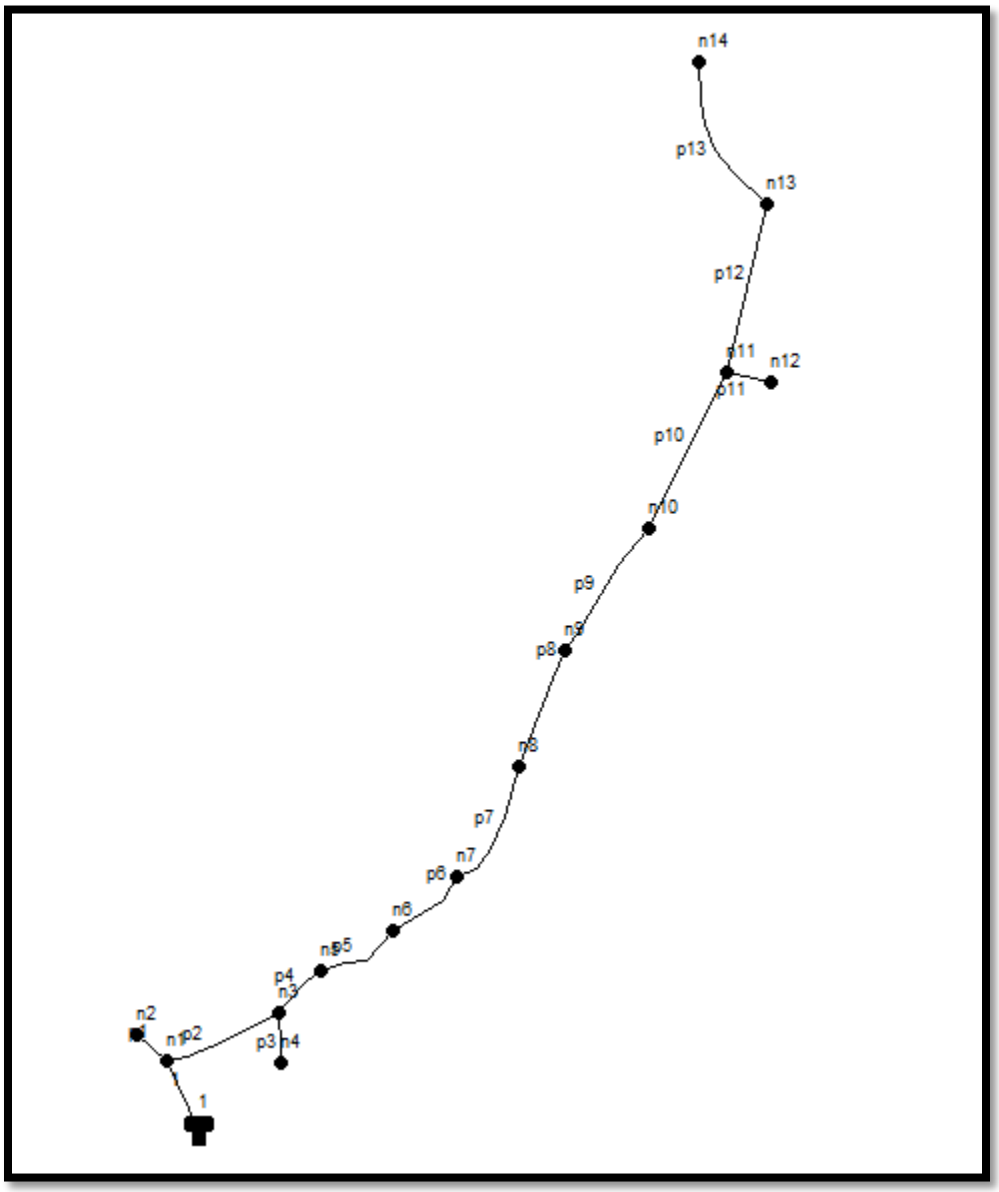
5.11.4 Cálculos de presiones

Tabla 30. Calculo de presiones

Cota piezometrica		Cota del terreno		Presion	
Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
915	915.0	915	873	0	42.0
915.00	915.00	873	892	42.00	23.0
915.00	914.99	873	873	42.00	42.0
914.99	914.99	873	873	41.99	42.0
914.99	914.99	873	871	41.99	44.0
914.99	914.99	871	888	43.99	27.0
914.99	914.99	888	873	26.99	42.0
914.99	914.98	873	873	41.99	42.0
914.98	914.98	873	873	41.98	42.0
914.98	914.97	873	873	41.98	42.0
914.97	914.96	873	871	41.97	44.0
914.96	914.96	871	871	43.96	44.0
914.96	914.95	871	873	43.96	41.9
914.95	914.94	873	873	41.95	41.9

5.12 Análisis hidráulico de la red de distribución.

Ilustración 6. Esquema de la red etiquetados por nodos y líneas.

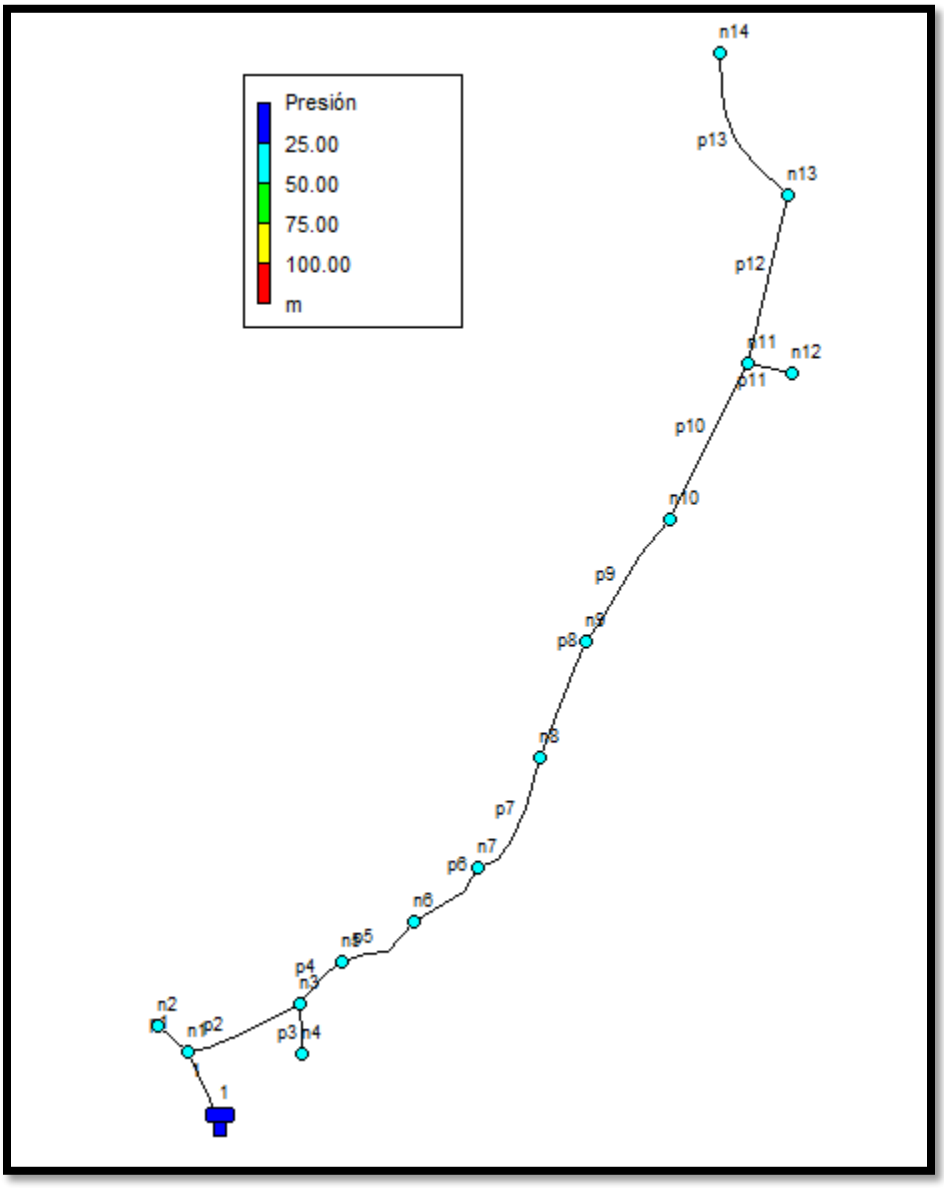


Fuente: Elaboración Propia.

5.12.1 Condiciones

— **Tanque lleno y CMH**

Ilustración 7. Análisis de presiones



*Fuente: Elaboración Propia***.**

Tabla 31. Demanda, altura y presión para condición Tanque lleno y CMH.

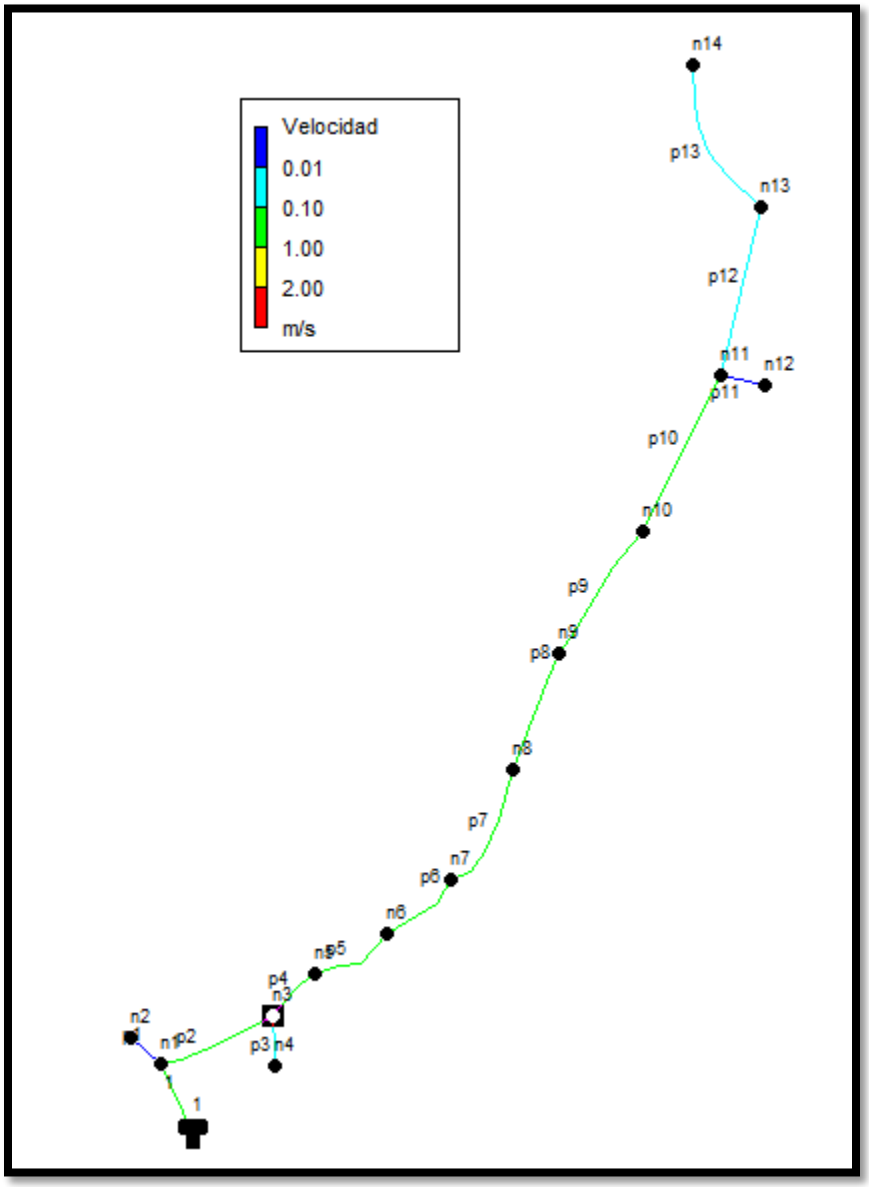
Tabla de Red - Nudos

ID Nudo	Demanda Base LPS	Altura m	Presión m
Conexión n3	0.0466	915.56	42.56
Conexión n4	0.02181	915.56	42.56
Conexión n1	0.0488	916.93	43.93
Conexión n2	0.0077	916.93	46.93
Conexión n11	0.07877	911.93	40.93
Conexión n12	0.0088	911.93	40.93
Conexión n5	0.0292	915.06	42.06
Conexión n6	0.03460	914.39	26.39
Conexión n7	0.04399	913.83	40.83
Conexión n8	0.05216	913.12	40.12
Conexión n9	0.05462	912.63	39.63
Conexión n10	0.06463	912.21	39.21
Conexión n13	0.06896	911.84	38.84
Conexión n14	0.034373	911.83	38.83

Fuente: Elaboración Propia.

Las presiones se encuentran dentro del rango establecido por la NTON 09001-99.

Ilustración 8. Análisis de Velocidades para las condiciones Tanque lleno y CMH



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 32. Longitud, diámetro, caudal y velocidad para las condiciones Tanque lleno y CMH.

Tabla de Red - Líneas

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPS	Velocidad m/s
Tubería p3	76.39	38	0.02	0.02
Tubería p1	59.04	38	0.01	0.01
Tubería p11	67.24	38	0.01	0.01
Tubería p2	188	38	-0.54	0.47
Tubería p4	89.12	38	-0.47	0.41
Tubería p5	133.4	38	-0.44	0.39
Tubería p6	129.7	38	-0.41	0.36
Tubería p7	203.4	38	-0.36	0.32
Tubería p8	187.7	38	-0.31	0.27
Tubería p13	252.1	38	-0.03	0.03
Tubería p9	226	38	-0.26	0.23
Tubería 1	122	38	0.60	0.52
Tubería p10	267	38	0.19	0.17
Tubería p12	261	38	0.10	0.09

Fuente: Elaboración Propia.

Los resultados en la línea de distribución presentan velocidades inferiores a los valores permisibles que establece la NTON 09001-99, a excepción de las tuberías 1,2 y 4 que se encuentran dentro de los parámetros de velocidades admisibles.

Se colocarán válvulas de limpieza en los puntos más bajos, para evitar la acumulación de sedimentos en los conductos.

— **Tanque lleno y Consumo 0.**

Ilustración 9. Análisis de Presiones para las condiciones tanque lleno y consumo cero.

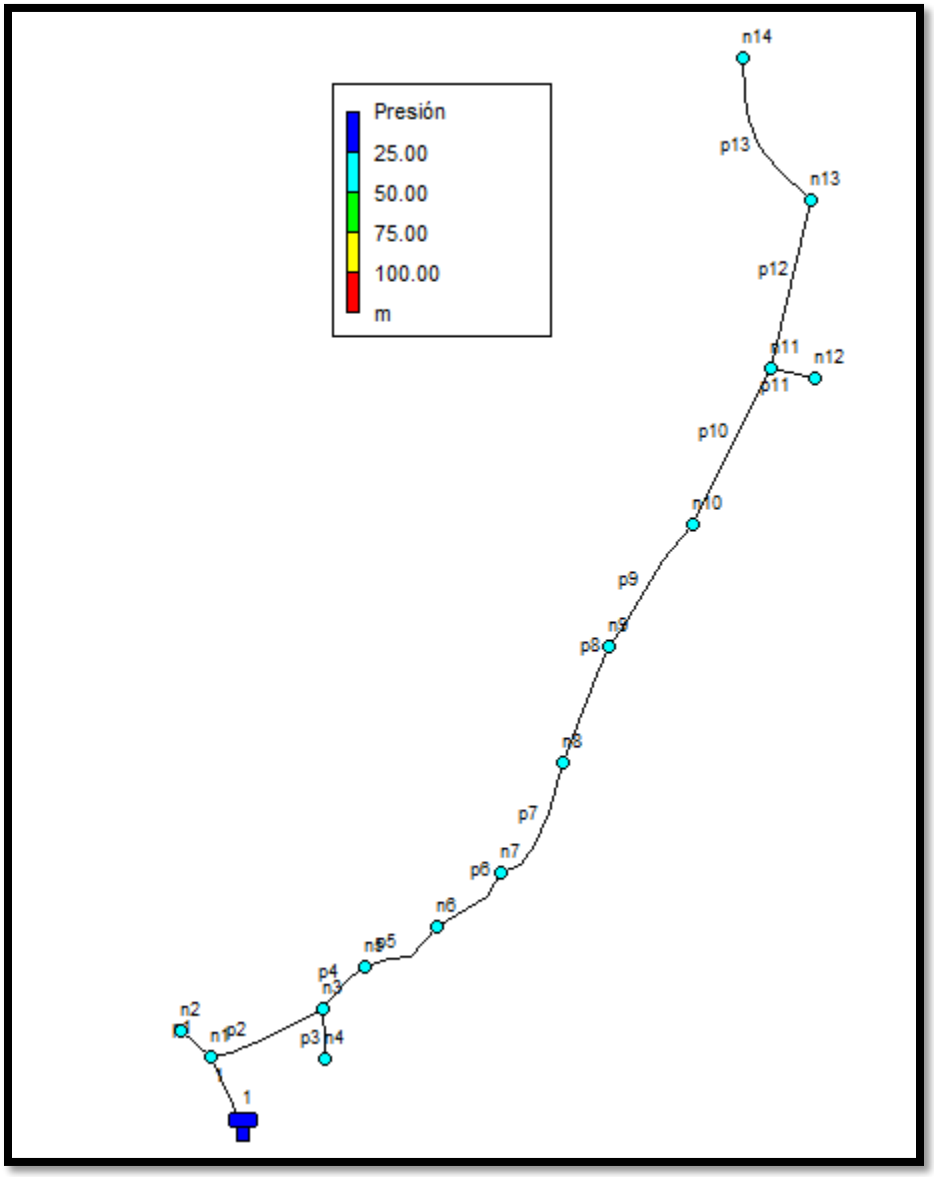


Tabla 33. Demanda y presiones para las condiciones tanque lleno y consumo 0.

Tabla de Red - Nudos

ID Nudo	Demanda LPS	Presión m
Conexión n3	0.00	45.00
Conexión n4	0.00	45.00
Conexión n1	0.00	45.00
Conexión n2	0.00	48.00
Conexión n11	0.00	47.00
Conexión n12	0.00	47.00
Conexión n5	0.00	45.00
Conexión n6	0.00	30.00
Conexión n7	0.00	45.00
Conexión n8	0.00	45.00
Conexión n9	0.00	45.00
Conexión n10	0.00	45.00
Conexión n13	0.00	45.00
Conexión n14	0.00	45.00
Depósito 1	0.00	3.00

La presión admisible de la tubería es de 48 metros (68.26 PSI), considerando una línea de distribución de PVC SDR-51 con una Presión de Trabajo de 80 PSI, ver tabla 5.

5.13 Resultados de Costo y Presupuesto.

Tabla 34. Resumen de costo y presupuesto.

Descripcion de los alcances	UM	Costo total
Trazo Y nivelacion	m2	C$ 39,000.00
Linea de Conduccion	m	C$ 13,514.17
Linea de distribucion	m	C$ 188,273.17
Tanque de almacenamiento	GLB	C$ 846,333.04
Conexiones domiciliares	m	C$ 541,321.95
Estacion de bombeo	c/u	C$ 400,648.85
Caseta de control	m2	C$ 103,888.83
Instalaciones elèctricas	GLB	C$ 138,633.35
Otros tipos de obra de captacion	GLB	C$ 15,449.68
TOTAL COSTO DIRECTO		C$ 2,287,063.04
TOTAL COSTO DIRECTO INCLUYENDO MANO DE OBRA		C$ 569,954.82
TOTAL COSTO INDIRECTO (15%)		C$ 244,266.35
UTILIDADES (10%)		C$ 162,844.23
SUBTOTAL		C$ 3,264,128.44
IVA (15%)		C$ 489,619.27
IMPUESTO MUNICIPAL (1%)		C$ 32,641.28
	GRAN TOTAL	C$ 3,786,388.99

2016

Capítulo VI

Conclusiones y Recomendaciones

6. CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

El estudio y diseño del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable por Bombeo Eléctrico para la comunidad de Paso Ancho, municipio de Estelí, departamento de Estelí, se realizó basándose en las “Normas técnicas de diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural (NTON 09001-00)”, emitidas por el INAA, por lo que, se concluye lo siguiente:

- Paso Ancho es un asentamiento pequeño una población de 146 habitantes, según la tendencia de crecimiento que presenta la población se prevé que dentro de 20 años la población será de 320 personas, por lo tanto, el sistema de agua potable diseñado para ese periodo, deberá abastecer al menos durante ese tiempo a la comunidad.

- Los datos obtenidos del estudio socioeconómico nos indican que la mayoría de la población corresponde al sexo femenino pero con una leve diferencia del sexo masculino, siendo estos de 75 mujeres y 71 hombres de los cuales 18 son niñas y 23 son niños. La mayoría cuentan con un nivel de educación suficiente para ser capacitados por un comité de agua y saneamiento en la comunidad. Por otra parte, están de acuerdo con pagar una cuota considerable por el servicio de agua potable y que garantice la sostenibilidad del proyecto.

- El pozo fue perforado por un organismo internacional (AGUASAN-COSUDE) en el año 2000 y por lo tanto no se tiene registro alguno de las características del pozo. El caudal de explotación aforado es suficiente para satisfacer la demanda actual y futura de la comunidad.

- Los estudios de agua realizados a la fuente indican que los valores están dentro de los rangos permisibles de las normas CAPRE y otros incluso por debajo de ellas, por lo que, la desinfección es el único método a utilizar para la potabilización del agua, lo que corresponde a la subcategoría A1 dentro de la categoría A, aguas destinadas para uso doméstico.

- El levantamiento topográfico determinó que el proyecto de agua potable por bombeo eléctrico era una alternativa favorable para la distribución del agua, debido a que la fuente se encuentra a 886 msnm y la ubicación del tanque a 915 msnm, una topografía que presenta las condiciones adecuadas para el buen funcionamiento y diseño hidráulico de este tipo de sistemas.

- Se realizó el diseño hidráulico de la red de distribución en EPANET donde se obtuvieron las presiones y velocidades similares a los datos calculados basados en lo establecido en la NTON 09001-99.

- Las presiones se encuentran dentro de los rangos establecidos en la normativa, sin embargo las velocidades que se presentan son relativamente bajas al rango establecido, por lo tanto se pretende instalar válvulas de limpieza en los puntos que lo amerite.

- Se asume que el ambiente hidrogeológico corresponde a rocas fracturadas producto de la localización del pozo sobre el trazo de una falla local identificada por Eddie M. Gonzales Ingeniero consultor en el estudio hidrogeológico de la comunidad La Tunosa con fines de concesión de aguas nacionales.

6.2 Recomendaciones

- Se deberá conformar un comité de Agua Potable y Saneamiento (CAPS) de conformidad con la ley general del agua potable y la ley 722 específica a los CAPS, para el buen manejo, funcionamiento y mantenimiento del sistema. Una buena organización es esencial para la participación ciudadana en conjunto, brindando charlas sobre la importancia de conservar nuestros recursos naturales, que como el agua son fuentes de vida.

- El comité de agua potable tendrá la responsabilidad de designar a las personas que estarán trabajando de cara al post proyecto.

- Las personas designadas al control y mantenimiento del sistema deberán supervisar el funcionamiento del mismo periódicamente para una mejor sostenibilidad del proyecto.

- El agua deberá ser utilizada solamente para uso doméstico, para el cual fue diseñado el sistema.

- Se recomienda a la comunidad organizar una brigada de reforestación para ayudar a la conservación de las fuentes de agua.

6.3 Bibliografía

1. Agüero, P.R. (1997). Agua potable para poblaciones rurales. Lima, Perú: Asociación Servicios Educativos Rurales (SER).

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

3. Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado, INAA. (1999). Norma para la clasificación de Recursos Hídricos (NTON 05-007-98). Managua: Autor

4. Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado, INAA. (1999). Normas para el Diseño de Sistemas de Abastecimiento y Potabilización de Aguas (NTON 09003 - 99). Managua: Autor.

5. Instituto Nacional de Información de Desarrollo (2005). VIII Censo de Población y IV de Vivienda. Managua: Autor.

6. Alcaldia municipal de Esteli (1999). Diagnostico rural, anexos estadisticos del municipio de esteli.

7. Uliana, Matthew M. (2012) Hidrogeology Lecture Notes.

8. Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento, Pruebas de bombeo. CONAGUA.(2007). México.

9. Sequeira, L (1997) Tesis para optar al grado de maestro geofisico IPN. Estudio geofisico del acuifero de Estelí. México.

2016

ANEXOS

Situación actual de la comunidad.



Las mujeres tienen que transportar el agua hasta los puntos donde lavan la ropa.



Pozo existente del cual se abastecen la mayoría de las personas.



Esta es la forma en la que almacenan el agua una vez recolectada del pozo.



Realización de aforo y prueba de bombeo.





Informe de Resultados del Análisis Bacteriológico.

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

Líder en Ciencia y Tecnología

PIENSA

LABORATORIOS AMBIENTALES

CERTIFICADO DE ENSAYOS **MP1611-0126**

EMPRESA / PROYECTO / PERSONA	DIRECCIÓN		TELEFONO
Freydell Silva y Jeyson Mendoza	Comunidad de Paso Ancho, Estelí		NR
ATENCIÓN	**CARGO**	**EMAIL**	**CELULAR**
Freydell Silva	Tesistas	freydellsilva950@gmail.com	8427-0737

FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO			FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA	NUMERO DE MUESTRAS
INGRESO	INICIO DE ANALISIS	FINAL DE ANALISIS			
16/11/2016	22/11/2016	22/11/2016	29/11/2016	2599	Una(1)

Fecha y Hora de Muestreo			16/11/2016 ; 08:00 am	Rango o valor máximo permisble
Muestreado por			Freydell Silva y Jeyson Mendoza	
Supervisor de Muestreo en Campo			NR	
Fuente			Pozo Perforado	
Tipo de muestra			Agua Subterranea	
Observaciones de Ubicación			Comunidad Paso Ancho	
Coordenadas			NR	
Codificación PIENSA			LA -1611-0882	
METODO SM // EPA	**ENSAYO REALIZADO PARAMETRO**	**Unidad**	**VALOR DE CONCENTRACION** / **PUNTO DE MUESTREO 1**	**Norma CAPRE***
G.H	Arsénico	mg/l	**<0.001**	**0.01**

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.
<: menor al Límite de Detección que se especifica por parámetro. **NE**= No especificada en la Norma, **NR**= No Reporta. ND=No Detectado
Metodos, Normas y/o Decreto empleados: **SM** = Standard Methodos, 21th.2005 **EPA** = Environmental Protection Agency
*** Norma regional de calidad del agua para consumo humano**
G.H: Generador de Hidruros, Utilizando ARSENATOR

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

PhD. Leandro Páramo Aguilera
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

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

0004809

Telefax Dirección: (505) 2278-1462 • Teléfonos: Área Académica 2270-5613 y 8866-6702 (M); Atención al Cliente Laboratorios 5847-6823 y 8152-7314 (M); Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (M) • e-mail: piensa@uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni

LABORATORIOS AMBIENTALES

CERTIFICADO DE ENSAYOS

FQAN1611-0201

EMPRESA / PROYECTO / PERSONA	DIRECCIÓN		TELEFONO
Freydell Silva y Jeyson Mendoza	Comunidad de Paso Ancho, Estelí		NR
ATENCIÓN	**CARGO**	**EMAIL**	**CELULAR**
Freydell Silva	Tesista	freydellsilva950@gmail.com	84270737

FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO			FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA	NUMERO DE MUESTRAS
INGRESO	INICIO DE ANALISIS	FINAL DE ANALISIS			
16/11/2016	16/11/2016	28/11/2016	28/11/2016	2599	Una (01)

		Rango o valor máximo permisible o recomendado
Fecha y Hora de Muestreo	16/11/2016; 08:00 am	
Muestreado por	Freydell Silva y Jeyson Mendoza	
Supervisor de Muestreo en Campo	Freydell Silva y Jeyson Mendoza	
Fuente	Pozo Perforado	
Tipo de muestra	Agua Subterránea	
Observaciones de Ubicación	Comunidad Paso Ancho	
Coordenadas	NR	
Codificación PIENSA	LA-1611-0882	

METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION PUNTO DE MUESTREO 1	Norma CAPRE*
Visual	Aspecto	NE	**Claro**	NE
4500-B	Potencial de Hidrógeno	pH	**7.39**	6,5 - 8,5**
2510-B	Conductividad Elèctrica	µS/cm	**316.00**	400**
2130-B	Turbiedad	NTU	**0.038**	5
2120-C	Color Verdadero	UC	**< 1.00**	15
2320-B	Alcalinidad	mg/l	**146.20**	NE
2320-B	Carbonatos	mg/l	**< 0.10**	NE
2320-B	Bicarbonatos	mg/l	**146.20**	NE
4500-B	Nitratos	mg/l	**7.60**	50
4500-B	Nitritos	mg/l	**0.02**	0.1
4500-D	Cloruros	mg/l	**3.98**	250
3500-B	Hierro Total	mg/l	**0.023**	0.3
4500-D	Sulfatos	mg/l	**4.78**	250
2340-C	Dureza total	mg/l	**129.68**	400**
2340-C	Dureza Calcica	mg/l	**77.76**	NE
3500-B	Calcio	mg/l	**31.17**	100**
3500-B	Magnesio	mg/l	**12.62**	50
3500-B	Manganeso	mg/l	**< 0.02**	0.5
3500-X	Sodio	mg/l	**6.50**	200
3500-C	Potasio	mg/l	**2.25**	10
4500-C	Fluor	mg/l	**0.288**	0.7

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.
<: menor al Límite de Detección que se especifica por parámetro. **NE=** No especificada en la Norma, **NR=** No Reporta, **PMS=**Poca Materia en Suspensión.
Metodos, Normas y/o Decreto empleados: **SM** = Standard Methodos, 21th.2005 **EPA** = Environmental Protection Agency
*** Norma regional de calidad del agua para consumo humano: ** Valor recomendado.**

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

LABORATORIOS AMBIENTALES COORDINACION TECNICA PIENSA-UNI

PhD. Leandro Páramo
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

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

0004794

Telefax Dirección: (505) 2278-1462 • Teléfonos: Área Académica 2270-5613 y 8866-6702 (M); Atención al Cliente Laboratorios 5847-6823 y 8152-7314 (M); Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (M) • e-mail: piensa@uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni

LABORATORIO AMBIENTAL

CERTIFICADO DE ENSAYOS

LA-MB-1611-0170

EMPRESA / PROYECTO / PERSONA	DIRECCIÓN:		TELEFONO
Freydell Silva y Jeyson Mendoza	Comunidad de Paso Ancho, Estelí		NR
ATENCIÓN:	**CARGO:**	**EMAIL:**	**CELULAR**
Freydell Silva	Tesista	freydellsilva950@gmail.com	84270737

FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO			FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA	NUMERO DE MUESTRAS
INGRESO:	INICIO DE ANALISIS:	FINAL DE ANALISIS:			
16/11/2016	16/11/2016	20/11/2016	05/12/2016	2599	Uno (1)

Fecha y Hora de Muestreo			16/11/2016 8:00am		**Rango o valor máximo permisble**
Supervisor y muestreo de campo			Freydell Silva y Jeyson Mendoza		
Muestreado por			Freydell Silva y Jeyson Mendoza		
Fuente			Pozo Perforado		
Tipo de muestra			Agua Subterránea		
Coordenadas			NR		
Observaciones de Ubicación			Comunidad Paso ancho		
Codificación PIENSA			LA-1611-0882		
METODO SM // EPA	**ENSAYO REALIZADO PARAMETRO**	**Unidad**	**VALOR DE CONCENTRACION**		**Norma CAPRE***
			PUNTO DE MUESTREO 1		
9221B	Coliforme total	NMP/100ml	**$3.5*10^2$**		**Neg**
9221E	Coliforme fecal	NMP/100ml	**Neg.**		**Neg**

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.
<: menor al Límite de Detección que se especifica por parámetro. **NE=** No especificada en la Norma, **NR=** No Reporta, Neg= Negativo
Metodos, Normas y/o Decreto empleados: **SM** = Standard Methodos, 21th.2005 **EPA** = Environmental Protection Agency

*** Norma regional de calidad del agua para consumo humano**

Los resultados de estos ensayos corresponden a los solicitados por el cliente

LABORATORIOS AMBIENTALES · REPUBLICA DE NICARAGUA · AMERICA CENTRAL · COORDINACION TECNICA · PIENSA-UNI

PhD. Leandro Páramo Aguilera
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

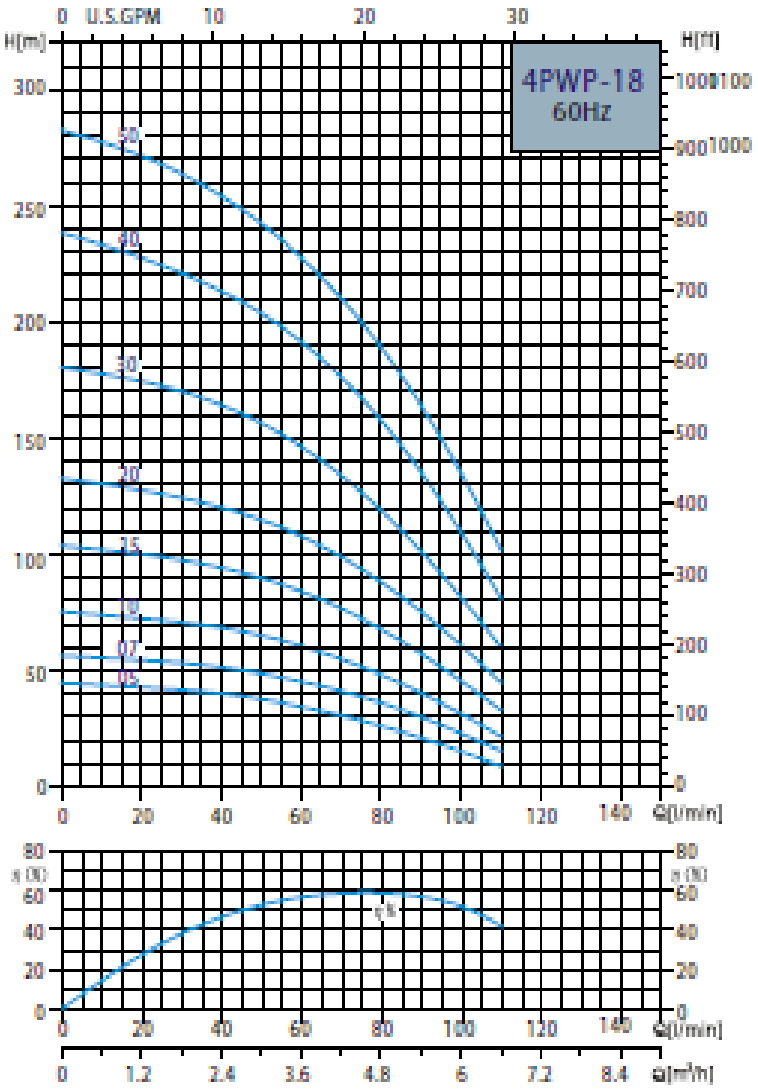
Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio se reserva los derechos de confidencialidad e imparcialidad del informe.

0004812

Telefax Dirección: (505) 2278-1462 • Teléfonos: Área Académica 2270-5613 y 8866-6702 (M); Atención al Cliente Laboratorios 5847-6823 y 8152-7314 (M); Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (M) • e-mail: piensa@uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni

4PWP-18

Performance Curves





Selection Chart

PUMP TYPE	Stages	Motor		Q= DELIVERY															PUMP	
		KW	HP	l/min Q	25	30	35	40	50	60	70	80	90	100	120	140	160	180	length	Weight
				m³/h Q	1.5	1.8	2.1	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4	6.0	7.2	8.4	9.6	10.8		
				H= TOTAL HEAD IN METERS															(mm)	(kg)
4PWP 18G05	5	0.37	0.5	45			41	40	38	35	31	27	21	15	9				257	2.7
4PWP 18G07	6	0.55	0.75	56			53	52	49	45	41	37	30	23	16				279	2.8
4PWP 18G10	8	0.75	1.0	75			70	68	65	61	55	49	41	32	22				322	3.1
4PWP 18G15	11	1.1	1.5	104			96	94	90	84	77	68	58	46	33				387	3.6
4PWP 18G20	14	1.5	2.0	133			123	120	115	108	99	88	75	61	45				452	4.1
4PWP 18G30	19	2.2	3.0	181			167	165	156	146	134	119	102	81	60				560	4.9
4PWP 18G40	25	3.0	4.0	238			217	213	204	192	176	158	136	110	81				725	5.9
4PWP 18G50	30	3.7	5.0	283			260	254	242	228	210	189	164	135	102				827	7.1

Perfil del terreno obtenido por SEV
(Sequeira, L. 1997)

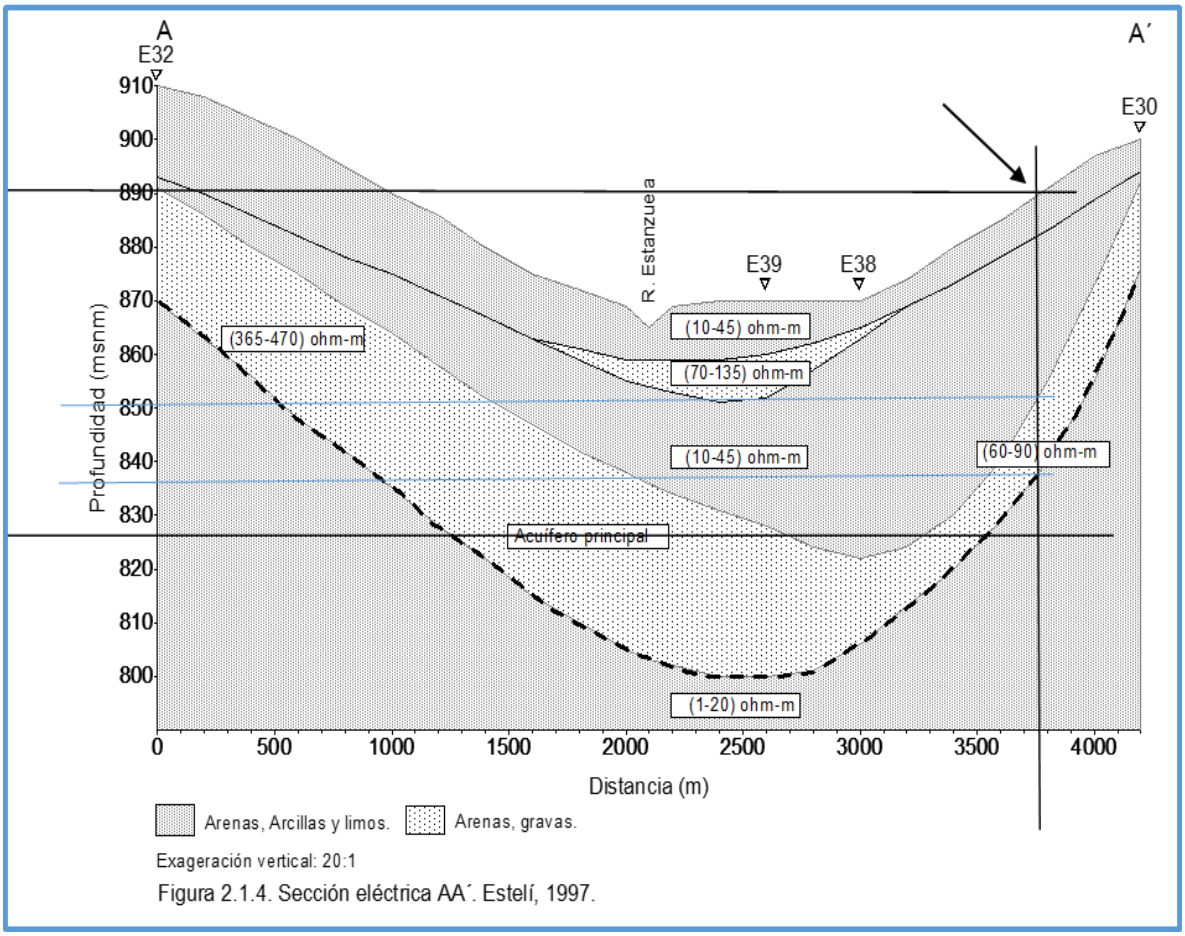


Figura 2.1.4. Sección eléctrica AA´. Estelí, 1997.

La sección eléctrica AA´ (Figura 2.1.4), de aproximadamente 4200 m de longitud, se encuentra en el Sur de la ciudad de Estelí (Figura 2.1.2). En la parte más superficial se encuentra un estrato con espesor máximo de 50 m y resistividades eléctricas de entre 10 y 45 ohm-m que se pueden asociar a conglomerados, gravas, arenas y arcillas. Este estrato es interrumpido por una capa lenticular cuya resistividad eléctrica varía entre 70 y 135 ohm-m, compuesto posiblemente de material arenoso y gravas observables en dos de los sondeos. La capa que se asocia al acuífero principal, de 28 m de espesor se ubica por debajo del primer estrato. Está compuesta posiblemente por gravas y arenas fundamentalmente y es lo suficientemente extensa como para apreciarse a lo largo del perfil con espesores y profundidades variables, presentando resistividades de 365 a 470 ohm-m. El

estrato más profundo con resistividades de 1 a 20 ohm-m, se asocia a un estrato arcilloso y de profundidad variable a lo largo del perfil que oscila entre 24 y 70 m. Debido a su gran conductividad no se logró mayor penetración, por lo que no fue posible determinar su extensión en profundidad. (Sequeira L. 1997)