

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
COORDINACIÓN DE INGENIERÍA CIVIL



TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
Para optar al título de Ingeniero Civil

TEMA:

Propuesta de diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable en la comunidad La Concepción, municipio de La Trinidad, departamento de Estelí, realizado en el segundo semestre del 2023.

TOMO I.

Documento Técnico de investigación.

Autores:

1. Br. José Guillermo Vallecillo Salgado
2. Br. Richard Alfredo Romero Acosta
3. Br. Alexa Melissa Larrave Martínez

TUTOR TECNICO:

Ing. Carlos Alberto Cornejo Acosta
Master en Diseño y Construcción de Obras Hidráulicas

TUTOR METODOLOGICO:

Lic. Lee Escobar.
Master en Educación.

Managua, Nicaragua, 26 de noviembre 2023

Carta de aceptación del tema

FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURA



viernes, 27 de octubre de 2023

Señores:

Alexa Melissa Larrave Martínez
Richard Alfredo Romero Acosta.
José Guillermo Vallecillo Salgado.

**PARTICIPANTES DEL PROYECTO DE GRADUACION
DE LA CARRERA DE ING. CIVIL
UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES UCC
CAMPUS MANAGUA.**

Mediante la presente reciban un cordial saludo de parte de la coordinación de Arquitecturas e Ingeniería Civil.

Referente a solicitud de aprobación de tema de proyecto de graduación.

Se concluye que el tema presentado: *“Propuesta de diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable en la comunidad La Concepción, municipio de La Trinidad, departamento de Estelí, realizado en el segundo semestre del 2023.”*. Cumple con los requerimientos técnicos del área del conocimiento correspondiente y está vinculado con las líneas de investigación correspondientes a la carrera de **Ingeniería Civil**.

Por lo cual se les brinda el correspondiente visto bueno y aprobación del tema, para que puedan proceder a desarrollarlo de acuerdo a los parámetros establecidos en el régimen académico de la Institución.

Sin otro particular, me despido atte.



Erick Puerta Castillo.
Arquitecto e Ing. Civil
Coord. de Carreras de Ingeniería Civil &
Arquitecturas.

Universidad de Ciencias Comerciales
Campus Managua:
Frente al Polideportivo España, Managua.
Tel: 2277-1931. Fax: 2277-3006 Apartado Postal: P-84.
www.ucc.edu.ni/ ucc@ucc.edu.ni.



Carta aval del tutor



Ing. Carlos Alberto Cornejo Acosta.

Celular: 5869 – 1660.

Correo Electrónico: cornejo031082@gmail.com

Diseño, Supervisión y Construcción de Obras Verticales y

Horizontales. Consultorías, Topografía, Sistemas Hidrosanitario, Avalúos de Propiedades

Ruc: N° 2010310820003A

Lic. MTI: N° 13772

CONSTANCIA

Managua, 14 de noviembre del 2023

Arq. Ing. Erick Puerta
Coordinador de Ingeniería Civil
Universidad de Ciencias Comerciales UCC-Managua
Su despacho.

Estimado Coordinador,
Por este medio hago de su conocimiento que he concluido la tutoría del Tema de Investigación para optar al título de **Ingeniero Civil** de la Universidad de Ciencias Comerciales UCC, sede Managua:

Tema:

“Propuesta de diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable en la comunidad La Concepción, municipio de La Trinidad, departamento de Estelí, realizado en el segundo semestre del 2023.”

Elaborado por:

- **Br. José Guillermo Vallecillo Salgado**
- **Br. Richard Alfredo Romero Acosta**
- **Br. Alexa Melissa Larrave Martínez**

Durante el desarrollo, le di seguimiento y revisé detalladamente el documento de investigación, concluyendo con las correcciones y observaciones del documento. No omito manifestarle que los bachilleres en mención, demostraron mucha independencia y eficiencia en la realización del contenido de su trabajo investigativo, lo cual da un valor científico-técnico para futuros estudiantes interesados en la temática presentada, por lo tanto, el trabajo reúne los requisitos establecidos para su Defensa ante el jurado que usted estime conveniente.

Sin más a que referirme, me suscribo reiterándole las más altas muestras de consideración y respeto.

Atentamente.

Msc. Ing. Carlos Alberto Cornejo Acosta

CC:
Br. José Guillermo Vallecillo Salgado Sustentante
Br. Richard Alfredo Romero Acosta Sustentante
Br. Alexa Melissa Larrave Martínez Sustentante
Archivo cronológico

Carta de egresado 1



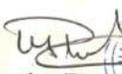
Universidad de Ciencias Comerciales

CONSTANCIA DE EGRESADO

La Suscrita Secretaria General de la UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES, hace constar que el Br. : José Guillermo Vallecillo Salgado, ha cumplido satisfactoriamente con el PENSUM académico de la Carrera: Ingeniería Civil , que sirve esta Universidad para que sea acreditado como Egresado y pueda optar al Título de: Ingeniero Civil.

A solicitud de parte interesada se extiende la presente **Constancia de Egresado**, para los fines pertinentes, dado en la Ciudad de Managua Nicaragua, a los doce días del mes de mayo del año dos mil veintitres.

Atentamente,


Martha Potosme Aguilar
Secretaria General



Carta de egresado 2



Universidad de Ciencias Comerciales

CONSTANCIA DE EGRESADO

La Suscrita Secretaria General de la **UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES**, hace constar que el Br. : **Richard Alfredo Romero Acosta**, ha cumplido satisfactoriamente con el PENSUM académico de la Carrera: **Ingeniería Civil** , que sirve esta Universidad para que sea acreditado como Egresado y pueda optar al Título de: **Ingeniero Civil**.

A solicitud de parte interesada se extiende la presente **Constancia de Egresado**, para los fines pertinentes, dado en la Ciudad de Managua Nicaragua, a los dieciseis días del mes de octubre del año dos mil veintitres.

Atentamente,


Martha Potosme Aguilar
Secretaria General



Campus Managua:
Frente Polideportivo España, Altamira, Managua
Teléfono: 2277-1931 Fax: 2277-3006 Apartado Postal P-84

Campus León:
Frente al Campus Médico
Teléfono: 2311-0811/14

Campus Matagalpa:
BDF 1c al Este 1/2c al Sur
Teléfono: 2772-2822

Carta de egresado 3



Universidad de Ciencias Comerciales

CONSTANCIA DE EGRESADA

La Suscrita Secretaria General de la UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES, hace constar que la Bra. : Alexa Melissa Larrave Martínez, ha cumplido satisfactoriamente con el PENSUM académico de la Carrera: Ingeniería Civil , que sirve esta Universidad para que sea acreditada como Egresada y pueda optar al Título de: Ingeniera Civil.

A solicitud de parte interesada se extiende la presente **Constancia de Egresada**, para los fines pertinentes, dado en la Ciudad de Managua Nicaragua, a los nueve días del mes de junio del año dos mil veintitres.

Atentamente,


Martha Potosme Aguilar
Secretaria General





DEDICATORIA

A Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más, A mi madre por ser la persona que me ha acompañado durante todo mi trayecto estudiantil y de vida, a mis tías quienes han velado por mí durante este arduo camino para convertirme en un profesional. A mi familia en general, porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

A mi madre, que con su demostración de una madre ejemplar me ha enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre perseverar a través de sus sabios consejos.

Br. José Guillermo Vallecillo Salgado



DEDICATORIA

Antes de todo, agradezco a Dios, por darme la vida, gracias por permitir que esto fuera un hecho.

Principalmente a mi madre que siempre a sabido guiarme por el buen camino, formándome con buenos hábitos y respeto hacia la familia lo cual me ha servido para poder seguir adelante en los momentos más difíciles. Tereza Acosta Norori.

A mi padre que todo el tiempo a sido un pilar fundamental a lo largo de mi vida el me inculco el gusto por el trabajo y con el empecé mis primeros proyectos, esperando que me siga acompañando en muchos más. Juan Pablo Romero Guevara.

A mi hija que me impulsa día a día a no rendirme nunca y lograr ser un mayor ejemplo esperando que siga mis pasos.

A mi esposa Yorlin Sevilla. Por haberme motivado siempre a seguir adelante.

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco a Dios, por la sabiduría y paciencia que nos brindó dándome así las fuerzas para nunca rendirme y continuar hasta el final, permitiendo sonreír ante este logro, aprendí así que solo en tus manos se pueden cumplir nuestras metas.

Agradecer a mi familia, por haberme apoyado.

A mi tutor Ingeniero Carlos Cornejo por su ayuda y la guía para la culminación de este proyecto.

A todas las personas que me acompañaron en todo este tiempo les agradezco por este logro.

Br. Richard Alfredo Romero Acosta



DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios ya que sin él nada soy, a mis padres Marthica Martínez y Denis Larrave que me han dado la existencia y en ella la capacidad por superarme por sobre todos los retos que se me han presentado a lo largo de la vida. Gracias a mis hermanos Denis y José Larrave por ser como son, ya que la presencia de mi familia han ayudado a construir y forjar la persona que ahora soy.

Quiero hacer especial mención de quien en paz descansa Sakura, ella que me brindo su amor y apoyo incondicional durante toda su vida motivandome y alegrando mis días con su hermosa presencia, así al igual a Sayuri y Shiro quienes son los que me acompañan ahora.

A mis maestros y amigos, que en el andar de la vida nos hemos encontrado, porque cada uno de ustedes ha motivado mis sueños y esperanzas en consolidar lo que es mi carrera universitaria. Gracias a todos los que han recorrido conmigo este camino, porque me han enseñado a ser más humana.

AGRADECIMIENTO

Al finalizar un trabajo tan arduo y lleno de dificultades te das cuenta por su magnitud que hubiese sido imposible sin la participación de personas e instituciones que han facilitado las cosas para que este trabajo llegue a un feliz termino.

Agradeciendo de manera especial y sincera al ingeniero e docente Carlos Cornejo por ayudarnos a realizar esta tesis bajo su dirección. Su apoyo y confianza en nuestro trabajo y su capacidad para guiar nuestras ideas ha sido un aporte invaluable.

Al ingeniero Erick Puerta por su apoyo desde el primer momento de estar en la universidad quien con su orientación y rigurosidad ha sido clave en mi como ingeniera.

A la licenciada Lee Escobar por su gran apoyo y seguimiento en coordinación, a lo largo de esta etapa de nuestra vida universitaria, quien siempre fue una amiga respetable para nosotros.

Gracias a la universidad por haberme permitido formarme y en ella a todas las personas e docentes que fueron participes de este proceso. Gracias a todos ustedes. Fueron ustedes los responsables de realizar su pequeño aporte, que el día de hoy se vería reflejado en la culminación de mi paso por la universidad.

Br. Alexa Melissa Larrave Martínez



Contenido

RESUMEN	15
INTRODUCCIÓN	19
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	21
1.1	21
1.2 Objetivos de la investigación	22
1.3 Descripción del Problema	23
1.4 Justificación	24
1.5 Limitaciones	25
CAPÍTULO II. MARCO REFERENCIAL	26
2.1 Estado del arte	26
2.2 Teorías, Definiciones y Conceptos	27
2.2.1 Parámetros y componentes del Mini acueducto por Bombeo Eléctrico (MABE)	28
2.2.2 Línea de aducción, conducción y red de distribución	36
2.2.3 Calidad del agua	45
2.3 Marco contextual, institucional y legal	46
2.3.1 Normativas Nacionales.	46
CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO	47
3.1 Tipo de Investigación	47
3.2 Área de estudio	48
3.3 Análisis hidráulico del sistema de agua potable	55
3.3.1 Análisis y Calculo Hidráulico del Sistema de agua potable	58
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS	66
4.1 Introducción y procesamiento de datos mediante el software EPANET	66
4.2 Análisis Hidráulico mediante el software EPANET (Anexo 4)	67
4.3 Presupuesto (Anexo 5)	69
CAPITULO V: CONCLUSIONES	70
CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES	71
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
ANEXOS	73
Anexo 1: Calculo del crecimiento poblacional.	73
Anexo 2: Equipo de Bombeo.	82
Anexo 3: Diseño de red de distribución.	84
Anexo 4: Resultados de las corridas en EPANET.	88
Anexo 5: Presupuesto.	99



Conceptos básicos

Agua cruda: Agua no sometida al proceso de tratamiento.

Acueducto: Sistema formado por obras de captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y distribución, cuyo objeto es captar, tratar y distribuir agua potable, aprovechando la gravedad, o bien, la utilización de energía para su correspondiente bombeo, con la finalidad de proporcionar agua potable a un núcleo de población determinado.

Acuíferos: Son reservorios de agua que están ubicados debajo de la superficie terrestre. Estos acuíferos permiten la circulación del agua a través de diversas grietas y de la porosidad de su estructura.

Carga dinámica: En cualquier punto de la línea, representa la diferencia de la carga estática y la pérdida de carga por fricción en la tubería.

Carga estática: Es la distancia desde el espejo del nivel del agua (Nivel de bombeo) hasta el nivel máximo del agua almacenada. Esta dada por la sumatoria del Nivel Dinámico del Agua y la altura de descarga.

Caudal: Cantidad de fluido que circula a través de una sección de un ducto; en este caso será expresado en litros por segundo (lps) para el cual es diseñada la unidad.

Desinfección: Proceso que consiste en eliminar los microorganismos patógenos que pueden estar presentes en el agua, mediante el uso de equipos especiales o sustancias químicas.

Línea de conducción: Tramo de tubería que transporta agua desde la captación hasta la planta de potabilización o bien hasta el tanque de regularización, dependiendo de la configuración del sistema de agua potable.

Línea gradiente hidráulica: La línea de Gradiente Hidráulica representa la sumatoria de la carga de elevación; energía potencial, la carga de presión; energía de presión y la carga por velocidad; energía cinética. La línea de Energía siempre está a una distancia arriba de la LGH. Estas dos líneas se pueden aproximar entre sí conforme baja la velocidad y divergen cuando esta aumenta. La altura de la LGH decrece cuando aumenta la velocidad y viceversa.

Línea de impulsión: En un sistema por bombeo, es el tramo de tubería que conduce el agua desde la estación de bombeo hasta el reservorio.

Pérdidas secundarias o menores: Son las pérdidas producidas por ensanchamientos, contracciones, cambios de dirección, entradas, salidas, válvulas y demás accesorios de las tuberías. Estas pérdidas en algunos casos no son significativas y normalmente se ignoran, salvo que el proyectista considere necesario calcularlas.

Pérdida de carga unitaria (h_f): Es la pérdida de energía en la tubería por unidad de longitud debida a la resistencia del material del conducto al flujo del agua. Se expresa en m/km o m/m.

Pérdida por tramo (H_f): Viene a representar el producto de pérdida de carga unitaria por la longitud del tramo de tubería.

Presión nominal: Es la presión interna de identificación del tubo.

Presión de prueba: Es la máxima presión interior a la que se somete una línea de agua en una prueba hidráulica.



Reservorio: Es la instalación destinada al almacenamiento de agua para mantener el normal abastecimiento durante el día.

Válvula de aire: Válvula para eliminar el aire existente en las tuberías; se las ubica en los puntos altos de la línea.

Válvula de purga o limpieza: Válvula ubicada en los puntos más bajos de la red o conducción para eliminar acumulación de sedimentos.

Zona de estudio: Área limitada para desarrollar el estudio.



Abreviatura

AMUNIC: Asociación de Municipios de Nicaragua

CAE: Costo Anual de la Energía

CAEq: Costo Anual Equivalente

CAPS: Comité de Agua Potable y Saneamiento

CAT: Costo Anual de la Tubería

CM: Captación de Manantial

CMD: Consumo Máximo Día

CMH: Consumo Máximo Hora

CPDT: Consumo Promedio Diario Total

CRF: Factor de Recuperación de Capital

DGIP: Dirección General de Inversiones Públicas

ENACAL: Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado

FISE: Fondo de Inversión Social de Emergencia

INAA: Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados

INIDE: Instituto Nacional de Información y Desarrollo

Lps: Litros por segundo.

Lppd: Litros por persona por día.

Lpad: Litros por alumno por día.

MABE: Mini acueducto por Bombeo Eléctrico

O&M: Operación y Mantenimiento

PEM: Pozo Excavado a Mano

PGC: Proyecto Guiado por la Comunidad

PP: Pozo Perforado



RESUMEN

La realización de un presupuesto dentro de cualquier obra o proyecto, representa la estimación programada, de manera sistemática, de las condiciones de operación y de los resultados a obtener de un proyecto en un periodo determinado.

Se presenta el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable en la Comunidad La Concepción, municipio de la Trinidad, departamento de Estelí para un periodo de 20 años (2023 -2044), con el propósito principal de ayudar al mejoramiento de las condiciones higiénico - sanitarias y a la implementación de un servicio de calidad.

El sistema fue diseñado a partir de las normas rurales para el abastecimiento de agua potable regidas por INAA, considerando las particularidades y características que posee la zona. Para su diseño se tomaron criterios hidráulicos que garanticen el funcionamiento eficiente durante la vida útil de la obra.

El diseño comprende la red de conducción de la fuente, en este caso, un pozo hasta un tanque de almacenamiento donde el vital líquido circulará a presión utilizando una bomba sumergible de 2 hp de potencia. Se dimensionaron las tuberías en la red de distribución con sus válvulas necesarias, velocidades y presiones para que garanticen que el flujo llegue por gravedad desde el tanque hacia los domicilios.

Se elaboró un estudio demográfico de la comunidad con el objetivo de determinar a través del método geométrico la proyección futura para el periodo de diseño de este sistema, obteniendo así el consumo máximo diario de 0.72 l/s y un consumo máximo horario de 1.20 l/s requerido por la población para el año 2044.

El presupuesto es una expresión cuantitativa formal de los objetivos que se propone alcanzar durante el desarrollo del proyecto, con la adopción de las estrategias



necesarias para lograrlos. La revisión e interpretación de los planos de diseño, contemplo las mediciones de obra a través de los cálculos métricos, luego se procedió a realizar el análisis de precios unitarios definiendo los materiales de construcción, equipos y mano de obra, se hizo el presupuesto estimado de construcción y se presentó la planificación para la ejecución del proyecto.

El costo total de la obra es de C\$ 5,036,180.17 (Cinco millones treinta y seis mil ciento ochenta córdobas con 17/100 centavos).



ABSTRACT

The creation of a budget within any work or project represents the programmed estimation, in a systematic manner, of the operating conditions and the results to be obtained from a project in a given period.

The design of the drinking water supply system in the La Concepción Community, municipality of La Trinidad, department of Estelí is presented for a period of 20 years (2023 -2044), with the main purpose of helping to improve hygienic conditions - health and the implementation of a quality service.

The system was designed based on rural standards for the supply of drinking water governed by INAA, considering the particularities and characteristics that owns the area. For its design, hydraulic criteria were taken to guarantee efficient operation during the useful life of the work.

The design includes the conduction network of the source, in this case, a well to a storage tank where the vital liquid will circulate under pressure using a 2 hp submersible pump. The pipes in the distribution network were sized with their necessary valves, speeds and pressures to guarantee that the flow arrives by gravity from the tank to the homes.

A demographic study of the community was carried out with the objective of determining, through the geometric method, the future projection for the design period of this system, thus obtaining the maximum daily consumption of 0.72 l/s and a maximum hourly consumption of 1.20 l/s. required by the population for the year 2044.

The budget is a formal quantitative expression of the objectives that are proposed to be achieved during the development of the project, with the adoption of the necessary strategies to achieve them. The review and interpretation of the design



plans included the work measurements through metric calculations, then the unit price analysis was carried out defining the construction materials, equipment and labor, the estimated budget was made. construction and the planning for the execution of the project was presented.

The total cost of the work is C\$ 5,036,180.17 (Five million thirty-six thousand one hundred and eighty córdobas and 17/100 cents).



INTRODUCCIÓN

La obra de captación es un pozo a perforar para la extracción de agua subterránea desde ahí el agua será impulsada con una bomba sumergible hacia una pila ubicada en el punto más alto entre el pozo y el tanque de almacenamiento. Una vez el agua en la pila, irá por gravedad hasta el tanque de almacenamiento donde será desinfectada para luego ir hasta las viviendas de la comunidad.

La investigación es considerada como un proyecto factible, su diseño de investigación se cataloga por no experimental no hay manipulación de variables, se toman de la realidad y el investigador no interviene en ello. Para alcanzar los objetivos propuestos en la presente investigación, se utilizó la técnica de interpretación la cual consistió en el análisis del significado propio de las palabras y la interpretación por analogías similares.

El trabajo se clasifica en nueve capítulos, los que presentan la siguiente secuencia lógica:

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

CAPÍTULO II. MARCO REFERENCIAL

CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES

Para la estructura que sustenta esta investigación se han desarrollado seis (06) capítulos: en el primero se expone el problema planteado y su justificación e importancia, además de los objetivos perseguidos por la investigación. El segundo capítulo contiene los fundamentos teóricos que sirven para concretar y sustentar la investigación, definiendo los términos característicos del presupuesto, su entorno, características básicas que permite conocer la situación actual del proyecto. El tercero



corresponde al marco metodológico, en el cual se establece el tipo y diseño de la investigación, el nivel y la unidad de estudio, las técnicas e instrumentos de recolección de datos basada en la técnica de interpretación y el análisis de la información que se lleva a cabo mediante la descripción de los datos recabados. En el cuarto capítulo se presentan los resultados obtenidos de la revisión del proyecto. El quinto y sexto capítulo se presenta las conclusiones y recomendaciones, en las que se responden las interrogantes del proyecto investigativo a través de los resultados obtenidos y se describen sugerencias para la mejora del tema estudiado.

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Antecedentes y Contexto del Problema

La población de la comunidad a beneficiar tiene un bajo nivel de vida, agravado por el uso de fuentes de agua no seguras, que repercuten directamente en la salud de la población. Todas las actividades que desarrolla la comunidad que están relacionadas con el uso de agua, tales como: consumo de agua, aseo y limpieza e higiene personal, son realizadas con agua de fuentes superficiales ubicadas en el entorno de la comunidad, tales como río La Trinidad, las cuales están en alguna medida contaminadas¹.

Para mejorar la calidad de vida de los pobladores de esta comunidad es necesario realizar un proyecto que garantice el suministro de agua de calidad, mediante la perforación de un pozo, sistema de tratamiento de agua potable, línea de conducción, tanque de almacenamiento, red de distribución y conexión domiciliar de patio, que garanticen el suministro continuo y seguro. Así como obras de saneamiento y obras de mitigación, que eviten la contaminación de las fuentes de agua y mejoren la calidad de vida de los comunitarios.

El contexto del problema es: ¿Cómo influye el diseño hidráulico adecuado de un sistema de mini acueducto por bombeo eléctrico para el abastecimiento de agua potable?

¹ Fuente: Informe del Diagnóstico del municipio- Elaborado por Alcaldía Municipal



1.2 Objetivos de la investigación

Objetivo General:

Diseñar el sistema de abastecimiento de agua potable en la comunidad La Concepción, municipio de La Trinidad, departamento de Estelí, elaborado en el segundo semestre del 2023.

Objetivos específicos:

1. Proyectar estudios poblacionales para el cálculo de caudales de diseño que abastezcan de manera eficiente la demanda de la población futura.
2. Calcular el diámetro económico de la red a través de simulaciones hidráulicas.
3. Analizar que los parámetros de diseño hidráulicos en la red de distribución, obtenidos a partir del resultado de la modelación hidráulica en el software EPANET V2.0, cumplan con los requisitos mínimos de diseño de las Normas del INAA.
4. Estimar los costos de obras para la ejecución del sistema de abastecimiento de agua potable de la zona de estudio.

1.3 Descripción del Problema

La comunidad en estudio no cuenta con un sistema de agua potable adecuado para satisfacer la demanda de la población, por lo que es de extrema importancia realizar todos los diseños hidráulicos, que serán el primer paso para la construcción del sistema de agua potable que estas comunidades necesitan.

La comunidad está consiente que no hay vida sin agua y lleva consigo el compromiso de valorar y preservar el recurso. Pero, el este recurso natural es escaso en la comunidad. El agua que consumen los pobladores es de tres tipos principalmente: pozo perforado, manantial Los Chagüites y Camión Cisterna.

El agua es usada dentro de la comunidad para lavado ropa, baño y preparación de alimentos principalmente son básicamente las actividades que se realizan con la poca agua que llega a la comunidad por tuberías o camión cisterna. El buen manejo del agua y su importancia como base para el desarrollo sostenible, es una preocupación que se expresa en todos los niveles de la comunidad.

Nuestro trabajo de investigación es aplicar los conocimientos adquiridos en el pregrado; mediante casos prácticos convencionales en las actividades concernientes al desarrollo de la Ingeniería en beneficio de la sociedad nicaragüense.

Las actividades que se realizarán para el diseño del sistema abarcan: cálculo de la proyección de población y consumo, trazado de la línea de conducción y red de distribución, aplicación de parámetros de diseño y análisis de resultados de la hidráulica, análisis de alternativa para el proceso de mejoramiento de la calidad del agua, planos constructivos, presupuesto y cronograma aproximado de la obra.

1.4 Justificación

La motivación para el desarrollo de este tema de investigación, es una clara posibilidad de ejercicio de nuestra profesión. En el transcurso de la carrera, en las distintas asignaturas cursadas, la universidad entrega las herramientas necesarias y suficientes para desarrollar un buen estudio de una propuesta, pero cada una de las herramientas es entregada por separado, por lo que el desarrollo de una metodología para este oficio nos parece un buen aporte para quien se enfrente al diseño un sistema de agua potable en particular.

Desde el punto de vista teórico el presente trabajo posee una connotación implícita de elevada importancia ya que con este se pretende afianzar los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera que de seguro serán necesarios en futuras investigaciones, sin mencionar que el aprendizaje y manejo de los paquetes computacionales actualizados contribuyen a la consolidación de conocimientos complementarios que optimizarán los trabajos posteriores, ayudando en la formación de ingenieros competentes en el campo laboral.

Es por ello que se presenta esta investigación, para resolver la problemática de abastecimiento de agua potable que enfrenta la comunidad de La Concepción, proyectando el diseño de un mini acueducto por bombeo eléctrico.

El sistema de abastecimiento de agua potable proyectado para la comunidad La Concepción, es un MABE² y estará conformado por los siguientes elementos:

- Pozo y sarta de bombeo
- Caseta de controles eléctricos
- Tanquilla (caja de concreto)
- Tanque de almacenamiento y sistema de desinfección
- Línea de Conducción

² MABE: Mini acueducto por bombeo eléctrico



- Red de distribución
- Conexiones domiciliarias

1.5 Limitaciones

Para la elaboración del tema de investigación se presentaron las siguientes limitantes:

- 1) Interpretación de los planos de todas las especialidades (arquitectura, estructura, electricidad, hidrosanitaria, topografía).
- 2) Elaboración de la plantilla en Excel para el cálculo de las cantidades de obras.



CAPÍTULO II. MARCO REFERENCIAL

2.1 Estado del arte

El estado del arte es una investigación documental que tiene como objetivo recuperar y divulgar el conocimiento acumulado sobre un objeto de estudio específico, posibilitando una comprensión crítica sobre un conocimiento de un fenómeno con el fin de generar nuevos conocimientos y comprensiones.

El estado del arte permite adoptar o desarrollar una perspectiva teórica a partir de la revisión, análisis crítico e interpretación de documentos existentes.

Es importante aclarar que todo estado del arte se construye como un marco conceptual y que no existen estados del arte universales.

Los principios que orientan la construcción de un estado del arte son finalidad, coherencia, fidelidad, integración y comprensión, los que determinan los alcances, trazan las limitaciones y se constituyen en la base para el cabal desarrollo de las competencias investigativas.

El estado del arte hace referencia al nivel más alto de desarrollo que se ha conseguido hasta la fecha en un diseño, proceso, material o técnica y es un punto clave en cualquier proyecto de ingeniería industrial.

Todas las revistas tienen unas “normas de autor”, la mayoría relacionadas con aspectos formales de publicación, en las que se especifica cómo desean que se les envíe el artículo. Aun así, el contenido de un estado del arte, por lo general los rige un orden propuesto por la institución que los rige. Pero se reitera que no existe uniformidad en los procedimientos seguidos en la elaboración de estados del arte.



2.2 Teorías, Definiciones y Conceptos

Para establecer con precisión los parámetros requeridos que aseguren los estándares de calidad esperados, el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) a través de la División General de Planificación, requiere de la aplicación de métodos y sistemas apropiados para la evaluación y análisis de los Estudios y Diseños realizados en la fase de pre inversión de los proyectos de desarrollo en el país.

Se elaboro el documento técnico³ para el análisis del presupuesto en la etapa de pre inversión de los proyectos, el cual está dirigido específicamente a la revisión de los estudios técnicos de ingeniería y diseños, así como para las evaluaciones económicas de los proyectos, el seguimiento y la supervisión de los diseños elaborados con nuevas Tecnologías Constructivas y de Materiales, Normas y Especificaciones Técnicas implementando los mejores controles de calidad, enmarcados en los Convenios Internacionales Suscritos, buscando el aprovechamiento de las experiencias tanto internacionales como nacionales.

El Fondo de Inversión Social de Emergencia (FISE), ente autónomo del Gobierno es responsable de gestionar, ejecutar y dar seguimiento los programas y proyectos de inversión social sostenible, para contribuir en determinar los costos de obras en el mercado laboral de la construcción, pone a la disposición del público en general una Guía de costos. Esta guía se utilizará para contar con un monto base para el cálculo del presupuesto del proyecto.

La guía de costos es el aporte intelectual que hace la institución a los profesionales con la especialidad de costos y presupuestos de proyectos, Electricidad, Hidrología, Estructural, y proveedores de servicio, para analizar las inversiones, sean éstas públicas o privadas, en la estimación de los costos probables o de referencia, que sirven de base para el análisis de los precios de las ofertas de construcción,

³ Manual para la Revisión de Costos y Presupuestos, MTI-2008

implica que el inversionista maneje su propia base de datos con información básica confiable y con parámetros variables, basados en estadísticas y condiciones propias de cada proyecto.

2.2.1 Parámetros y componentes del Mini acueducto por Bombeo Eléctrico (MABE)

Los Mini acueductos por Bombeo Eléctrico son sistemas cuyas fuentes de aguas subterráneas o subálveas afloran o se encuentran por debajo de la cota mínima de abastecimiento de la localidad a ser servida, demandando algún tipo de equipo electromecánico para impulsar el agua hasta el nivel donde pueda atender a la comunidad.

Esta opción será considerada solo en los casos en que exista:

1. Disponibilidad de fuente de abastecimiento.
2. Disponibilidad de energía eléctrica.
3. Capacidad de pago de la comunidad.

Si no existe otra opción técnica y económicamente más aceptable entonces se realizará la perforación de uno o más pozos. Los criterios de aceptación del pozo serán los siguientes:

a) El caudal de explotación será obtenido a través de una prueba de bombeo de un mínimo de 24 horas a caudal constante y de una prueba a caudal variable con mínimo de cuatro etapas de una hora cada una. La recomendación del caudal máximo de explotación se hará de acuerdo con el análisis de la prueba.

b) El caudal de explotación de bombeo estará en función de un período de bombeo mínimo de 12 horas y un máximo de 16 horas.

c) El caudal máximo recomendado de la explotación de un pozo deberá ser igual o superior a 1.5 del consumo día promedio (QDP).

d) Disposición de la comunidad para operar y mantener el sistema.

El diseño hidráulico estará constituido por los siguientes componentes:

- Fuente de abastecimiento: Pozo perforado con línea de conducción por bombeo.
- Red de distribución abierta.
- Almacenamiento: Tanque plástico apoyado sobre suelo.

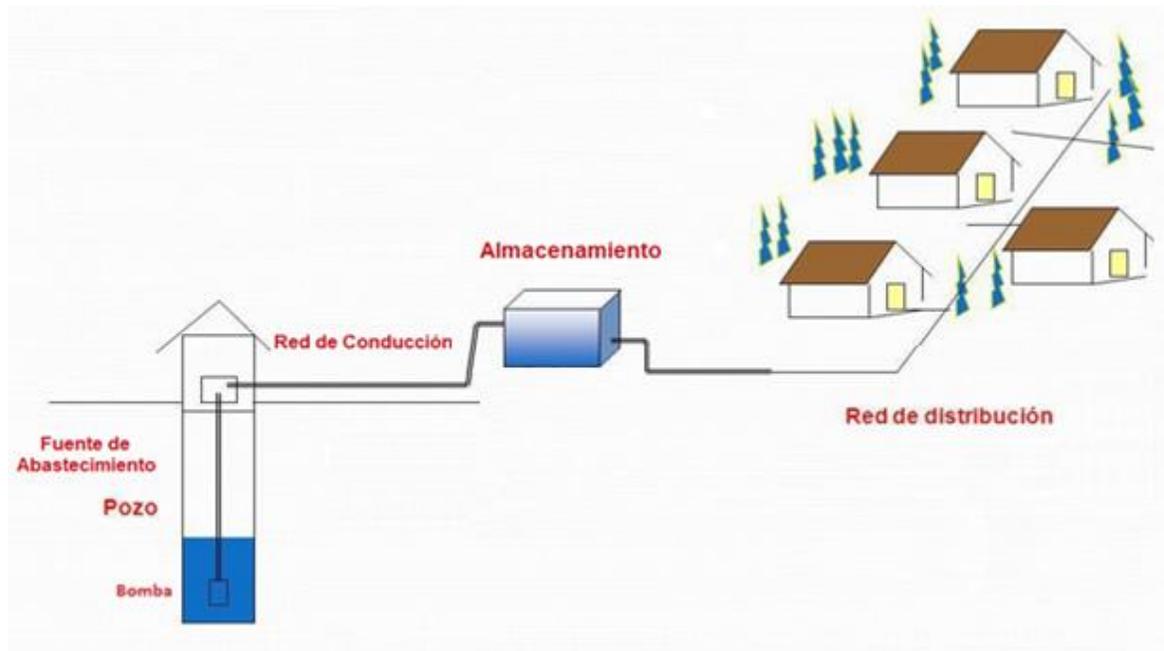


Figura 1: Sistema hidráulico de red de abastecimiento de agua potable.

Fuentes de abastecimiento - Pozo perforado (P.P)

Esta elección se considerará únicamente si las opciones PEM (Pozo excavado a mano), MAG (Mini acueducto por Gravedad) y CM (Captación de manantiales) no se pueden aplicar. Corresponde a la utilización de un pozo perforado empleando una bomba manual, por lo cual se deberá cumplir con los siguientes criterios:

- El caudal máximo de explotación será obtenido mediante una prueba de bombeo, siguiendo la consideración del inciso (a) de Mini acueductos por Bombeo Eléctrico (MABE).
- El caudal máximo de explotación del pozo será igual o superior a la demanda para un periodo de 20 años.

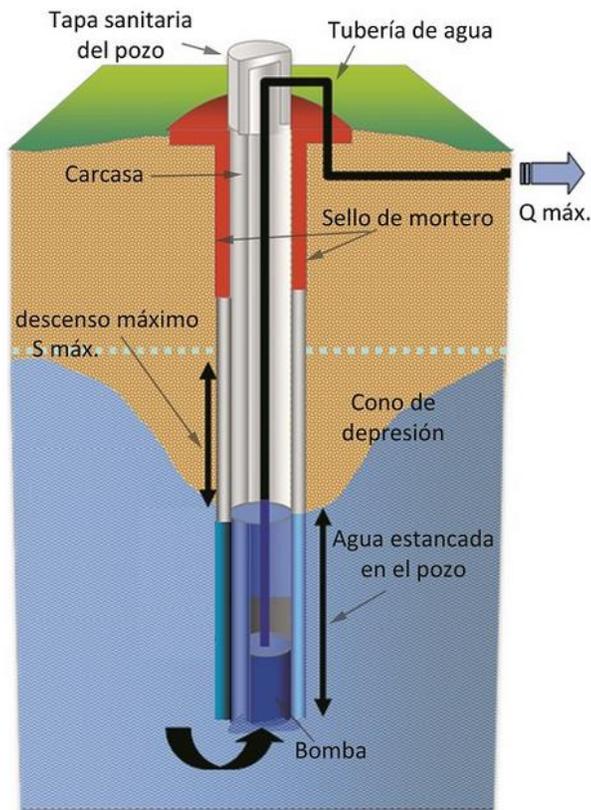


Figura 2: Esquema pozo perforado.

Bombas verticales

Los equipos de bombeo que generalmente se emplean para pozos perforados son los de turbina de eje vertical y sumergible.



Figura 3: Esquema bomba vertical.

Para su selección deben tomarse en cuenta los factores siguientes:

- Nivel de bombeo de acuerdo a los resultados de las pruebas de bombeo efectuado al pozo.
- Variaciones estacionales o niveles naturales del agua subterránea en las estaciones seca y lluviosa.
- El diámetro del ademe del pozo, el cual debe estar relacionado al caudal a extraerse según el cuadro siguiente:

Tabla 1: Relación diámetro interno del pozo y caudal de bombeo.

Diámetro Interno Ademe del Pozo		Caudal de Bombeo	
Pulgada	mm	Gpm	Lps

Diámetro Interno Ademe del Pozo		Caudal de Bombeo	
6	150	160	10
8	200	240	15
10	250	400	25

Fuente: Normas Rurales (INAA), NTON 09001-99

- El diámetro de la columna de bombeo dentro del pozo acoplada a la bomba será diseñada para una pérdida de fricción no mayor del 5% de su longitud, por lo cual se recomiendan los diámetros para columnas de bombeo en relación al caudal, en el cuadro siguiente se reflejan estos valores:

Tabla 2:

Relación diámetro columna de bombeo y caudal de bombeo.

Diámetro de Columna de Bombeo		Caudal de Bombeo	
Pulgada	mm	Gpm	Lps
3	75	50	3.15
4	100	100	6.30
6	150	600	37.80

Fuente: Normas Rurales (INAA), NTON 09001-99

- Calidad del Eje
- Tipo de impulsores
- Característica del arranque y puesta en marcha
- Flexibilidad de Operación
- Curvas características de las bombas
- Golpe de ariete
- Tuberías en succión y descarga de equipos de bombeo.

- El diámetro de la tubería de succión y de impulsión no deberán ser menores que las admitidas por las bombas, en caso de que el diámetro de la tubería de succión sea mayor que el de la admisión de la bomba (bombas horizontales), se debe conectar una reducción excéntrica.
- La velocidad que se recomienda en la tubería de succión se indica en la siguiente tabla:

Tabla 3:

Velocidad en la tubería de succión según el diámetro y caudal.

Velocidad	Diámetro	Caudal
Metro por Segundo	mm	Litros por Segundo
0.75	50.00	Hasta 1.5
1.10	75.00	5.00
1.30	100.00	10.00

Fuente: Normas Rurales (INAA), NTON 09001-99

En la tubería de descarga se deberá efectuar un estudio económico-comparativo de diversos diámetros para seleccionar el más apropiado. En la descarga o sarta de la bomba deberán considerarse una válvula de compuerta y una válvula de retención, para la selección del diámetro se recomienda en el cuadro siguiente:

Tabla 4:

Diámetro de Sarta en relación con un rango de caudales.

Diámetro de Sarta		Rango de Caudales	
Pulgada	mm	Gpm	Lps
2.00	50.00	80.00	5.05
3.00	75.00	200.00	12.60

Fuente: Normas Rurales (INAA), NTON 09001-99

El diámetro de la sarta está definido por el diámetro del medidor de agua. La válvula de retención debe colocarse entre la bomba y la válvula de compuerta, se deberá considerar una válvula de alivio para proteger la instalación del golpe de ariete recomendándose los diámetros descritos en la Tabla 5:

Tabla 5: Diámetro de Válvula de alivio con el caudal de descarga.

Diámetro de Válvula		Rango de Caudales			
Pulgada	mm	Gpm		Lps	
3.00	75.00	250.00	500.00	15.80	31.50
2.00	50.00	60.00	250.00	3.80	15.80
1.00	25.00		60.00		3.80

Fuente: Normas Rurales (INAA), NTON 09001-99

Las sargas deberán llevar:

- Medidor Maestro.
- Válvula de compuerta.
- Válvula check.
- Válvula de alivio.
- Manómetro con llave de chorro 1/2".
- Derivación descarga para prueba de bombeo y limpieza de la sarta.
- Unión flexible para efecto de mantenimiento, las tuberías deben anclarse adecuadamente y determinar las fuerzas que actúa en los atraques para obtener un buen diseño.

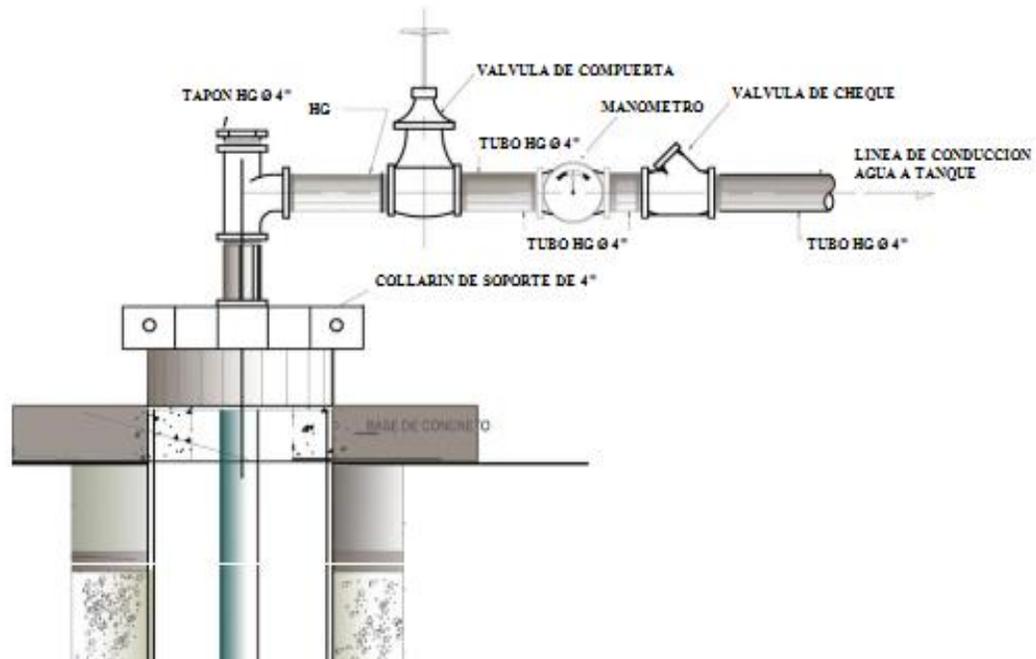


Figura 4: Esquema Sarta.

Motores Eléctricos

De acuerdo con el 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, 7.5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 75, 100, 125 hasta 200 HP, y de mayor capacidad.

Se tiene que considerar como norma emplear un factor de 1.15 para calcular los HP del motor en base a los HP de la bomba, debido a las pérdidas mecánicas. Las velocidades de operación de los motores eléctricos varían de acuerdo con la capacidad o caudal del equipo de bombeo.

Energía

De acuerdo con la capacidad de los motores eléctricos se recomienda los tipos de energía siguiente:

Para motores de 3 a 5 HP, emplear 1/60/110 energía monofásica.

Para motores mayores de 5 HP y menores de 50 HP se usará 3/60/220 y mayores de 50 HP se empleará 3/60/440, energía trifásica.

2.2.2 Línea de aducción, conducción y red de distribución

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

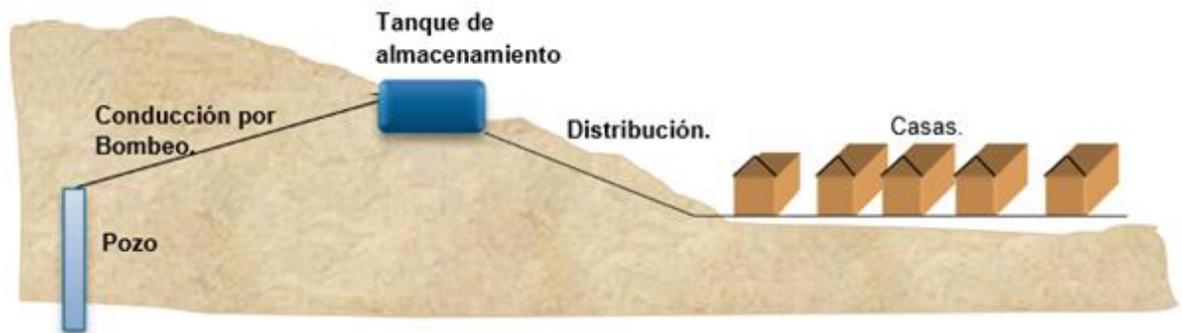


Figura 5: Línea de conducción y red de distribución.

Línea de aducción

La línea de aducción es el conjunto de ductos, obras de arte y accesorios destinados a transportar el agua procedente de la fuente de abastecimiento, desde la captación hasta la comunidad, formando el enlace entre la obra de captación y la red de distribución. Su capacidad deberá ser suficiente para transportar el gasto de máximo día para un periodo de diseño de 20 años. Se le deberá proveer de los

accesorios y obras de arte necesarios para su buen funcionamiento, conforme a las presiones de trabajo especificadas para las tuberías, tomándose en consideración la protección y mantenimiento de estas. Cuando la topografía del terreno así lo exija se deberán instalar válvulas de “aire y vacío” en las cimas y válvulas de “limpieza” en los columpios.

De acuerdo con la naturaleza y características de la fuente de abastecimiento, se distinguen dos clases de líneas de conducción; conducción por gravedad y conducción por bombeo. En el diseño de una línea de conducción por bombeo, se hará uso de una fuente externa de energía, para impulsar el agua desde la toma hasta la altura requerida, venciendo la carga estática y las pérdidas por fricción originadas en el conducto al trasladarse el flujo. Deberá considerarse los siguientes aspectos:

a) Para el cálculo hidráulico, las pérdidas por fricción se determinarán por el uso de la fórmula de Hazen William u otra similar.

b) Se dimensionará para la condición del consumo de máximo día al final del período de diseño, el cual se estima en 1.5 del consumo promedio ($CMD=1.5 CP$, más las pérdidas).

c) La tubería de descarga deberá ser seleccionada para resistir las presiones altas, y deberán ser protegidas contra el golpe de ariete instalando válvulas aliviadoras de presión en las vecindades de las descargas de las bombas.

Diámetro más económico

Para determinar el mejor diámetro (más económico) se aplicará la Ecuación básica de comparación de alternativas económicas (CAEq)

$$CAEq = CAT + CAE$$

Donde:

CAEq: Costo Anual Equivalente

CAT: Costo Anual de la Tubería

CAE: Costo Anual de la Energía

La tubería con diámetro más económico será aquella cuyo valor de la Ec. (2) sea un mínimo entre otros diámetros. Gráficamente, los tres elementos de la ecuación toman la forma de las curvas del Gráfico adjunto.

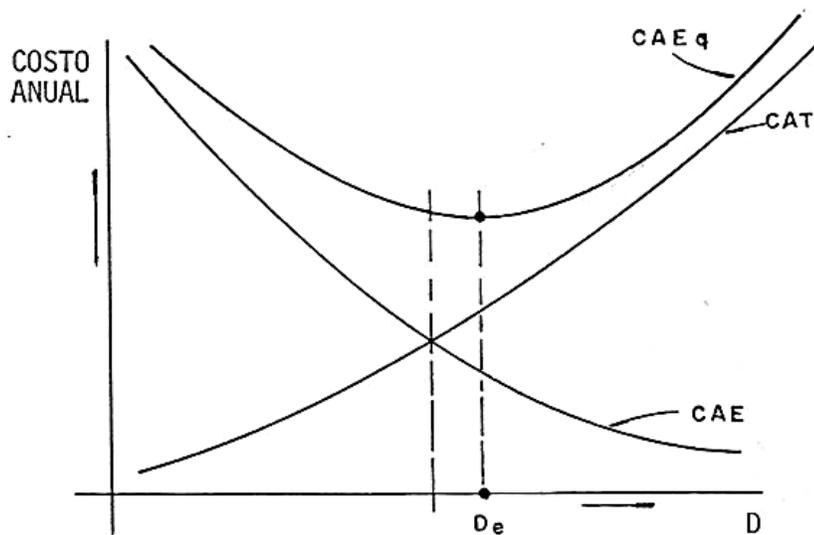


Figura 10: Curva diámetro más económico.

Costo Anual de la Tubería (CAT)

El costo anual de tubería representa la anualidad o desembolso anual que habrá que efectuar durante una serie de años consecutivos para recuperar el capital invertido en la adquisición e instalación de la tubería.

En el análisis, pues, intervienen tres factores: el costo de la adquisición de tubería, el período de recuperación y el interés o costo del capital. La tasa de interés que se utiliza usualmente es el 12% anual sin embargo hay préstamos para este tipo de obras que se obtienen a tasas muy inferiores, lo cual podría afectar la comparación de alternativas. El hecho de usar en la selección tasas de recuperación más bajas, en la práctica significa un mayor peso para el CAE en la formación del CAEq.

$$CAT = CRF * \text{Costo unitario de tubería} * \text{Longitud}$$

Donde:

CRF: Factor de recuperación de capital

Además:

$$CRF = i / [1 - (1+i)^{-n}]$$

Donde:

i: Interés real

n: Años de vida útil

Costo Anual de Energía (CAE)

Se realiza el análisis del costo anual de la energía en base a los diámetros propuestos, se conoce que a menor diámetro menor coste de tubería, pero incrementa el costo de explotación debido a las mayores pérdidas por fricción, que redundan en un mayor coste energético.

$$CAE = \frac{Qb * Tb * CTD * C\$ Kwh * 365}{3960 * Eb * Em} * 0.746$$

Donde:

Qb: Caudal del bombeo en GPM

Tb: Tiempo promedio de bombeo en horas

CTD: Carga Total Dinámica

C\$ Kwh: Costo de energía en Kwh

Eb: Eficiencia de la bomba

Em: Eficiencia del motor

Líneas de conducción

Para el dimensionamiento de la tubería de las líneas de conducción se aplicará la fórmula exponencial de Hazen – Williams, ampliamente utilizada, donde se despeja la gradiente hidráulica.

$$\frac{H}{L} = S = \frac{10.549^{1.85}}{C^{1.85} \cdot D^{4.87}}$$

Dónde:

H= Pérdida de carga en metros

L= Longitud en metros

S= Pérdida de carga en mt/mt

Q= Gasto en m³/seg

D= Diámetro en metros

C= Coeficiente de Hazen-Williams, cuyo valor depende del tipo de tubería utilizada.

Carga Disponible o Diferencia de Elevación

Generalmente la carga disponible viene representada por la diferencia de elevación entre el nivel mínimo de agua en la captación y el tanque de almacenamiento (nivel máximo de agua en el tanque), sin embargo, en ocasiones puede prestarse puntos altos intermedios que no satisficiera el flujo por gravedad para un diseño adoptado bajo esa consideración, por lo cual esta verificación debe hacerse, mediante la siguiente fórmula:

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

Dónde:

NB: Nivel más bajo del agua durante el bombeo.

CED: Carga estática de la descarga.

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

hf_{desc}: Perdidas en la descarga.

NB: NEA + Variación + Abatimiento.

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

Sobrepresión por Golpe de Ariete

Se denomina golpe de ariete al choque violento que se produce sobre las paredes de un conducto forzado, cuando el movimiento del líquido es modificado bruscamente. El caso más importante de golpe de ariete en una línea de descarga de bombas accionadas por motores eléctricos se verifica luego de una interrupción de energía eléctrica. El golpe de ariete es un fenómeno transitorio que puede ocurrir en la tubería de descarga. El mecanismo del golpe de ariete es el siguiente:

Inicialmente la tubería conduce el agua en condiciones normales a una velocidad V .

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

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

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

$$T = \frac{2L}{C}$$

Donde:

L: Longitud hasta el depósito (m).

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

T: Fase o periodo de cierre (s).

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

$$T > \frac{2L}{C} \text{ Maniobra Lenta}$$

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

$$T > \frac{2L}{C} \text{ Maniobra Lenta}$$

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

$$G.A = \frac{CV}{G}$$

Donde:

G.A: sobrepresión (m).

velocidad media del agua (m/s).

Celeridad (m/s).

g: aceleración de la gravedad (m/s²).

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

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

Dónde:

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

D: Diámetro de la tubería (m).

e: Espesor de la tubería (m).

K: Relación entre el módulo de elasticidad del agua y el del material de la tubería.

Tabla 6:

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

Fuente: Ricardo Alfredo López Cualla. (1995). Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillados, Colombia: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.

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

Red de distribución

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



Almacenamiento

Los depósitos para el almacenamiento en los sistemas de abastecimiento de agua tienen como objetivos; suplir la cantidad necesaria para compensar las máximas demandas que se presenten durante su vida útil de 20 años, brindar presiones adecuadas en la red de distribución y disponer de reserva ante eventualidades e interrupciones en el suministro de agua.

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 obras de captación, se estimará igual al 20 % del consumo promedio diario.

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

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

2.2.3 Calidad del agua



Nos regiremos con los parámetros establecidos en las Normas Rurales de abastecimiento de Agua Potable NTON 09001-99 y la Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense Norma para la Clasificación de los Recursos Hídricos NTON 05 007-98.

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 deberán cumplir con las normas de calidad del agua vigentes aprobadas por el INAA y MINSA.

Desinfección del agua

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, y el hipoclorito de sodio de configuración líquida.

En el caso de Acueductos Rurales se utiliza para la desinfección el cloro en forma de hipocloritos, debido a su facilidad de manejo y aplicación. Se deberá tener el debido cuidado para el transporte, manipuleo del equipo requerido, disponibilidad suficiente y seguridad en cuanto al almacenamiento. El tiempo de almacenamiento para el hipoclorito de sodio no debe ser mayor de un mes y para el de calcio no mayor de tres meses. La aplicación al agua, de la solución de hipoclorito de calcio o de sodio se efectuará mediante el hipo clorador de carga constante.

2.3 Marco contextual, institucional y legal

2.3.1 Normativas Nacionales.

- Las normas NTON 09002-99: Normas Técnicas para el diseño de Abastecimiento y Potabilización del Agua (Sector Rural).
- Manual para Revisión de Costos y Presupuestos, elaborado por el MTI – 2008, para realizar los cálculos de cantidades de obras
- Se utilizará la Guía de Costos del F.I.S.E.
 - Maestro de Costos Unitarios Primarios y Complejos.
 - Catálogo de etapas y subetapas
- Investigación de costos de materiales en los proveedores ferreteros.

CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO

3.1 Tipo de Investigación

Esta investigación por su método de investigación es combinada de documental y de campo. Es una investigación cuyo método de recopilación y análisis de datos se conjunta la investigación documental con la de campo, con la finalidad de profundizar en el estudio del tema propuesto para tratar de cubrir todos los posibles ángulos de una exploración. Al aplicar ambos métodos se pretende consolidar los datos y los resultados obtenidos. del sitio, Proyecto, terreno, propuesta, etc.

Por el tipo de tema que se aborda esta investigación es teórico-práctica. Son investigaciones cuyo diseño, planteamiento de estudio, realización y conclusiones abarcan temas derivados de alguna teoría que se pretende llegar a comprobar dentro de un ambiente práctico, experimental o empírico.

Por la forma de recopilación y por el tratamiento de su información son los trabajos de investigación que, como en cualquier otro caso, se apoyan en los datos e información de textos y documentos que servirán para fundamentar un tema; con su análisis y conclusiones se pretende aportar conocimientos adicionales a lo que se está investigando. Para fundamentar estas investigaciones, el investigador se respalda en textos, conceptos, definiciones y aportaciones comprobadas.

Esta investigación de acuerdo con su enfoque investigativo es cuantitativa donde la recolección de datos es numérica, estandarizada y cuantificable, y el análisis de información y la interpretación de resultados permiten fundamentar la comprobación de una hipótesis mediante procedimientos estadísticos, los cuales ofrecen la posibilidad de generalizar los resultados.

De acuerdo con el objetivo de estudio de la investigación es de carácter interpretativo. El objetivo de este tipo de investigación está enfocado a tratar de indagar, desentrañar y comprender, mediante un método formal de investigación,

alguna teoría, fenómeno, hecho o problemática relacionados con un comportamiento social, económico, político, físico o de cualquier otra clase.

En el diseño de este tipo de investigaciones, el estudiante pretende dar a conocer, mediante un método formal de investigación, su propia interpretación del fenómeno de estudio con la finalidad de explicar el sentido de éste.⁴

3.2 Área de estudio

Desde el punto de vista hidrográfico regional, la comunidad la Concepción se inserta en la cuenca Río San Juan de Nicaragua código 69-952 la cual se encuentra delimitado a nivel 4, según la metodología Pfastetter La unidad hidrográfica es la parta alta o naciente de la Quebrada Grande el cual descarga sus aguas a la subcuenca del Río La Trinidad. Tiene un área de 40.19 km² cuenta con un perímetro de 27.59 km conforme a la delimitación Pfastetter se ubica en el nivel 6 de Pfafstetter corresponde la unidad hidrográfica con código 69-952969 está representado la Quebrada Grande⁵.

Es una unidad hidrográfica compuesta por cursos de ríos de régimen intermitentes, tiene forma circular tomando en cuenta la cartografía existente, todos los cursos de agua son del tipo intermitente o estacional, indicando esto que sus aguas tendrán caudal solo con la ocurrencia de las precipitaciones.

De acuerdo con la densidad de drenaje, es del tipo detrítico, todos los cursos de agua escurren en todas direcciones tomando en cuenta las características del relieve o terreno predominante en la zona. La densidad de drenaje representa la capacidad de la cuenca de evacuar las aguas que discurren sobre su superficie se determinó un valor de 1.13 km/km² significando que la cuenca es medianamente

⁴ Muñoz Razo, C. (2011). *Cómo elaborar y asesorar una investigación de tesis*. Segunda edición PEARSON EDUCACIÓN, México.

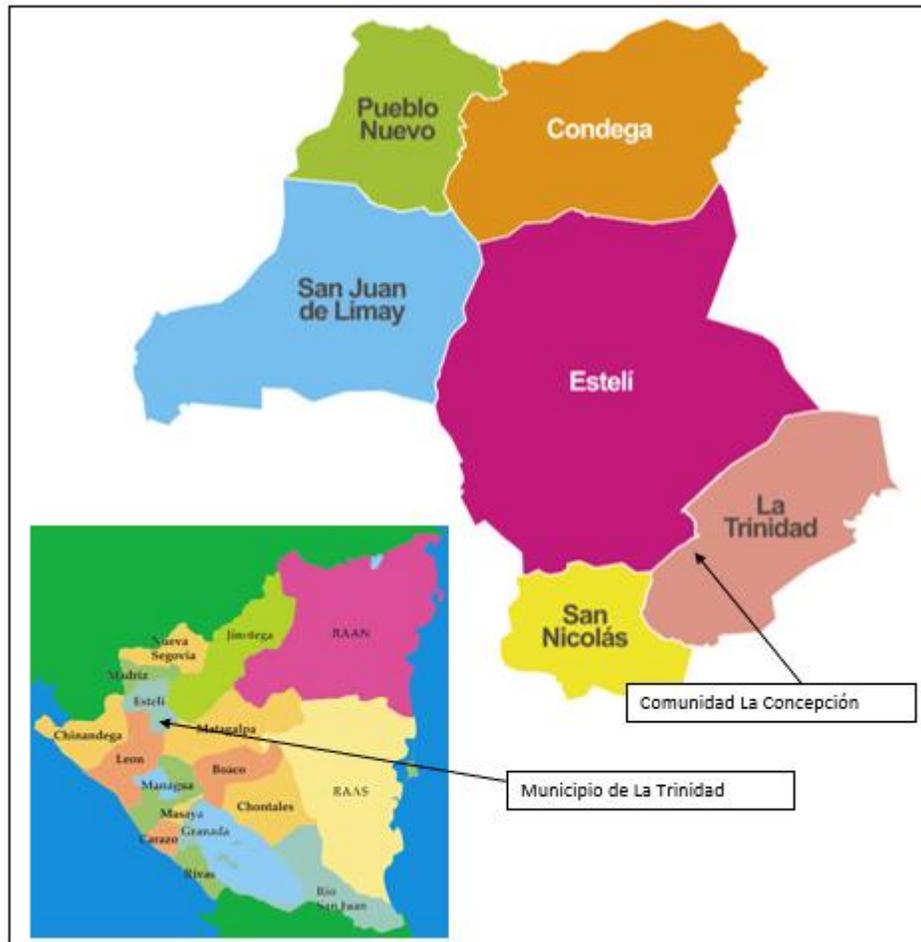
⁵ Fuente: Informe Municipal POA 2022



drenada, facilitando la circulación y evacuación de todos los ríos o quebradas que caracterizan a esta unidad hidrográfica.

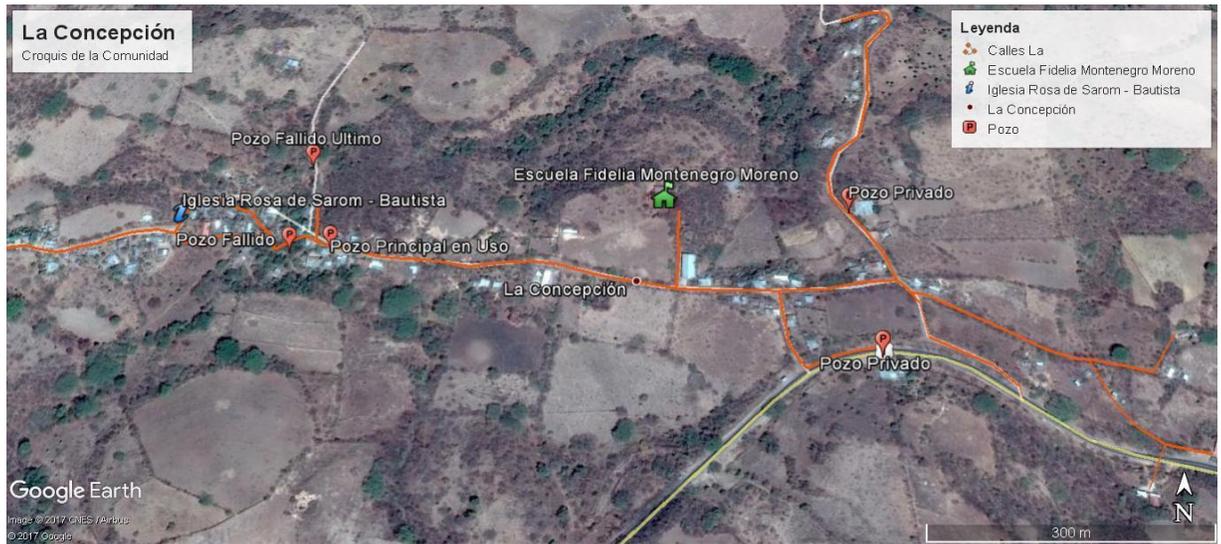
Se determinó un tiempo de concentración de 51.47 minutos (0.85 horas), este valor está condicionado por las elevaciones predominantes, las cuales oscilan desde los 1131 msnm hasta encontrar la elevación mínima y corresponde a la desembocadura o salida del río siendo esta de 701 msnm calculándose una pendiente media del río de 0.036 m/m (3.6 %).

Figura 1. Macro y mi localización



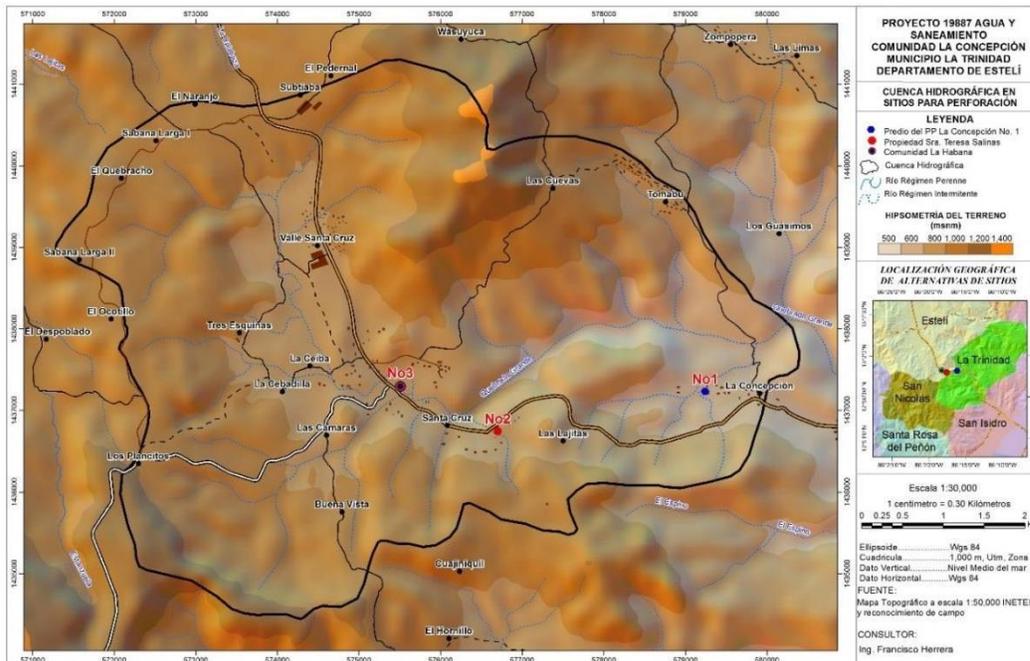
Fuente: Elaboración propia

Figura 2. Croquis de la comunidad



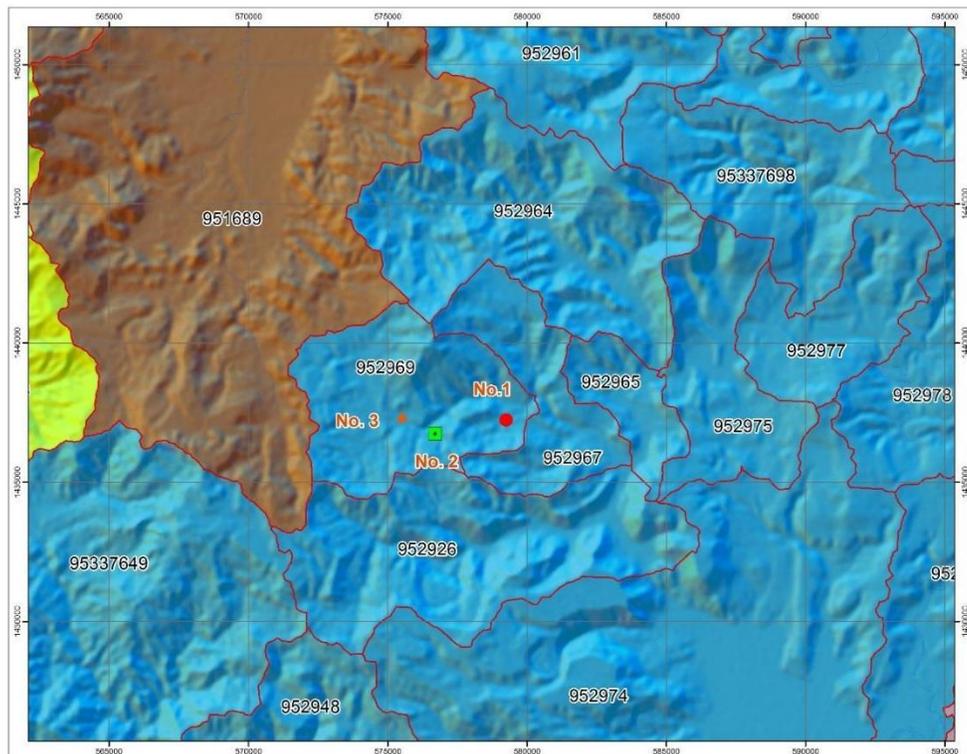
Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. Ubicación de unidad hidrográfica



Fuente: Informe Municipal POA 2022.

Figura 4. Localización unidad hidrológica



Fuente: Informe Municipal POA 2022.

Suelos del Municipio

El municipio presenta erosión extrema, se refiere a un complejo de cárcavas de diferentes profundidades que es la máxima expresión del fenómeno de la erosión ocasionada por el escurrimiento del agua.

Se identifican once categorías de uso; con predominio de pastos con malezas, siendo las siguientes categorías: Afloramiento Rocoso, Bosque de Pino, Bosque de latifoliado bajo cerrado, Bosque mixto, Café con sombra, Centro Poblados, Cultivos anuales, Pastos con árboles, Pastos con maleza, Pastos mejorados, Vegetación Arbustiva.



Topografía del Municipio

El 70% de los suelos de las micros regiones son suelos ondulados constituidos por pendientes pronunciadas que requieren de construcción de obras de conservación de suelo para evitar su deterioro.

El color de los suelos es pardo grisáceo, con textura arcillosa, y franco arcilloso el 30% de los suelos esta compuestas por planicies también encontramos suelos con altos porcentajes de pedregosidad, en muchos casos erosionados con relieve que varían de ligeramente plano o fuertemente ondulado.

Clima del Municipio

El clima del Municipio es de tipo tropical seco con poca precipitación pluvial, producto del despale indiscriminado que se ha desarrollado en la zona.

La temperatura varía entre los 21°C - 25.5°C, tomando en cuenta que por efectos del cambio climático pueda subir o bajar dependiendo de la estación. La precipitación se encuentra entre un mínimo de 800 a 1,500 mm anuales.

Recursos Hídricos del Municipio

El Municipio es atravesado principalmente por el Río La Trinidad, el que corre de Oeste a Sureste, cruzando la carretera Panamericana, cuya cuenca abarca 5 comunidades que pertenecen al Municipio de San Nicolás y 32 comunidades del Municipio de La Trinidad.

En orden de importancia son afluentes del Río La Trinidad: La Quebrada de La Cañada que nace al Norte del Municipio y se une con el río cerca de la comunidad de las Lomas, La Quebrada de Licoroy que nace en la comunidad de los Araditos, al Norte del Municipio y se une con el río en el sitio de Casa Quemada; Quebrada de Mechapa,



la que nace en la comunidad de Santa Cruz, al Oeste del Municipio y se une con el río La Trinidad en el sitio de Los Arados.

Es importante señalar que La Quebrada de Mechapa su cauce solamente corre agua durante el invierno y en cambio en las quebradas de La Cañada y Licoroy, mantienen su caudal de forma intermitente en su curso, aún en verano. Esta microcuenca presenta un curso de agua el que atraviesa el Municipio naciendo en la parte oeste y saliendo por la parte sureste del Municipio; su caudal es estacional y por lo tanto presentan su mínimo valor en los meses más secos del año (Enero – Abril).

La microcuenca del Río La Trinidad tiene forma irregular y su forma de red de drenaje es dendrítico. La elevación media corresponde a 750 msnm.

Flora y Fauna del Municipio

La Flora del Municipio predomina la vegetación Xerofítica de tipo matorraloso. En la zona Sur Oeste aún existen Pinos y Robles.

Dentro del territorio municipal se encuentra la zona de amortiguamiento de la Reserva Natural Tomabú, la cual abarca los Municipios de Estelí y La Trinidad. Fue declarada bajo el Decreto 42-91, del 4 de noviembre de 1991; cuenta con una extensión de 809,128 hectáreas en el Área Protegida y 1,316,351 hectáreas en su Zona de Amortiguamiento.

Demografía

La comunidad La Concepción del Municipio de La Trinidad, cuentan con una población de 368 habitantes, de los cuales 187 son hombres y 181 son mujeres.

Energía eléctrica

El Estado a través de UNIÓN FENOSA (Disnorte – Dissur), ha hecho llegar a la comunidad el servicio de energía eléctrica a través del interconectado nacional que pasa por la Carretera Panamericana, hay energía las 24 horas.

3.3 Análisis hidráulico del sistema de agua potable

Se determina un diseño constructivo con el objetivo de establecer el sistema de abastecimiento de agua potable y suplir la demanda a todas las necesidades de abastecimiento de agua potable a la población del sector.

El sistema consiste en la construcción de un mini acueducto por bombeo eléctrico (MABE) y la instalación de una estación de bombeo con: 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.

Lo primero que se realiza es el presupuesto, debe ser realizado por capítulos o por etapas, esto permite que el control y seguimiento se pueda realizar de manera adecuada teniendo información de acuerdo al grado de avance del proyecto, además se puede identificar de manera fácil los ítems que se quedaron por fuera de una actividad del presupuesto y deben ser incluidos en la etapa de control para establecer la línea de costo real del proyecto.

Caseta de Control.

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

Pozo Perforado⁶

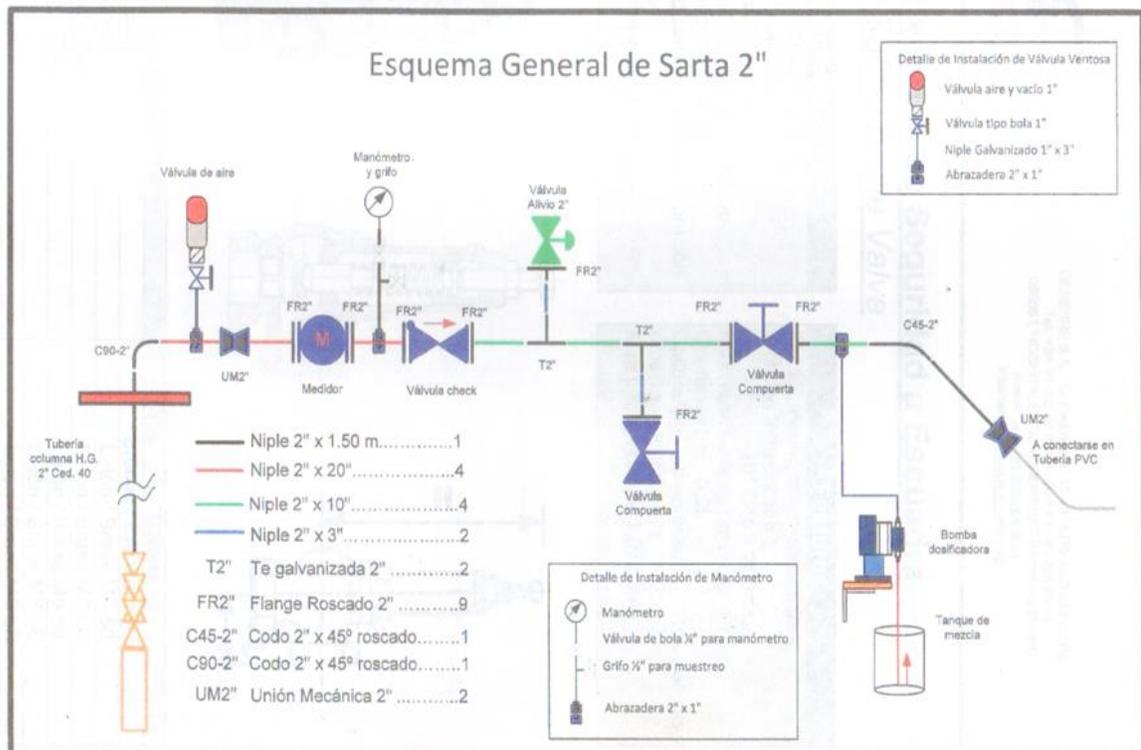
Profundidad total	230	pies
Diámetro de perforación	12	pulgadas
Diámetro de revestimiento	8	pulgadas
Longitud de rejillas cedula SDR-17 con rosca	40	pies
Longitud de tubería ciega cedula SDR-17 con rosca	162	pies
Filtro de grava ½ - ¾"	4	m3
Sello sanitario	30	pies
Tubo de engrave PVC SDR - 26 (2")	30	pies
Piezómetro PVC SDR 26 (1 1/2")	230	pies
Base de soporte concreto	2 x 2 x 2	pies
Desarrollo inyección de aire	12	horas
Prueba de bombeo preliminar y de larga duración.	32	horas

Sarta

La sarta estará compuesta de 1 niple de 2" x 1.50 metros de largo, 4 niples de 2" x 20", 4 niples de 2" x 10", 2 niples de 2" x 3", dos Te galvanizadas de 2 pulgadas, 9 flange roscados, de 2", 1 codo de 2" x 45° roscado, 2 uniones mecánicas de 2". 1 Válvula de aire Manómetro y grifo, Medidor, Válvula Check, Válvula Compuerta. Una bomba dosificadora y el tanque de la mezcla.

⁶ Fuente: Estudio Hídrico realizado por la municipalidad en el año 2022

Figura 5. **Esquema general de la sarta.**



Fuente: Elaboración propia.

Bomba Vertical

El equipo de bombeo a emplearse para el pozo perforado, de eje vertical y sumergible. Descripción: bomba con motor sumergible de 2 hp, q=14 gpm, CTD=102.96m (338')1/60/230 v con Panel de Control de bomba.

Tanque de almacenamiento sobre suelo

Los tanques serán de plásticos ya existentes en la comunidad con una capacidad de 10,000 litros cada uno sobre suelo.



Línea de conducción

Línea de conducción de 848.50ml de 2" PVC-SDR 17; 1,077.50 ml de 1 ½" PVC-SDR-26 y 161.51ml de HoGo de 1 ½" para un total de 2087.51 ml.

Línea de distribución

Se instalará de 3,754.11ml, de tubería PVC-SDR-26 de 1 ½".

Conexiones domiciliarias

Instalación de 100 Conexiones Domiciliarias de ½" con Medidor de Agua Potable de ½" y Caja de concreto para medidores con tapa de 2500 PSI sin refuerzo de 0.50mx0.50 ml, alto=0.50m con tapa lam.3/16" para proteger válvula.

Levantamiento topográfico (planimetría y Altimetría)

La Alcaldía Municipal, facilitó el levantamiento topográfico planimétrico y altimétrico, que fue realizado para el Estudio de Prefactibilidad en el año 2022; el cual sirve de referencia para la ubicación geográfica de las comunidades. (Ver Anexo 1).

3.3.1 Análisis y Calculo Hidráulico del Sistema de agua potable

El análisis hidráulico del sistema se realizó tomando en consideración los resultados del estudio topográfico, suministrado por la Alcaldía Municipal y de la demanda horaria de ambas comunidades. El cálculo hidráulico se llevó a cabo siguiendo las normas técnicas para el abastecimiento de agua potable elaboradas por INAA, Nomas Técnicas Obligatorias Nicaragüenses (NTON 09001-99).

El análisis y cálculo hidráulico comprende:

Selección y justificación de la Dotación de Agua

Las normas NTON 09002-99: Normas Técnicas para el diseño de Abastecimiento y Potabilización del Agua (Sector Rural) establecen que “Para determinar las cantidades de agua que se requieren para abastecer las condiciones inmediatas y futuras de las comunidades o poblaciones proyectadas, se recomienda usar los valores de consumo medio diario que oscilan entre 50 lppd y 60 lppd para proyectos por medio de conexión domiciliar de patio.

Considerando la tasa de crecimiento poblacional, las costumbres, el nivel de vida y la disponibilidad hídrica de aguas subterráneas que caracteriza a la comunidad, se utilizará una dotación de 55 lppd.

Para este proyecto como consumo especial se consideran 16 lppd por estudiantes que es la dotación para centro escolares según las normas INAA considerando el turno con mayor cantidad de estudiantes. Esta dotación considera agua para consumo y lavado de manos; no incluye agua para saneamiento con arrastre hidráulico.

En la comunidad no existen centros de salud, industrias, instituciones ni comercios grandes, por lo que no se consideran consumos extra domiciliarios para este proyecto.

Análisis de tasa de crecimiento poblacional (Anexo 1)

Para el análisis se realizaron cálculos del comportamiento de crecimiento poblacional desde el año 1950 hasta el 2017, por región geográfica, de la siguiente forma.

De los censos del departamento de Estelí de 1906 – 1950 y 1950 – 2005; se



tienen tasas de crecimientos de 1.9% y 4.6% respectivamente; entre tanto que en los censos 2008 – 2017 para el municipio de La Trinidad se tiene una tasa de crecimiento del 0.8% y según los censos 2008 – 2017 de la comunidad La Concepción es de 0.6%.

De estos resultados para el análisis el comportamiento de crecimiento de la población de la comunidad, municipio y departamento en los periodos analizados, son de muy bajo con respecto a los rangos (2.5% a 4.0%) indicado en la NTON 09 001-99 INAA para el medio rural.

Asumiendo la tendencia nacional a la baja de la tasa de crecimiento nacional de 1.7 % se usará para fines de proyección de población de la comunidad de La Concepción una tasa de crecimiento geométrico de 2.5 % que es la mínima requerida para este tipo de proyectos.

En conclusión, se establece como población de diseño del proyecto la población estimada de 618 habitantes para la comunidad de La Concepción. A continuación, proyección de población.

Proyección Poblacional y Análisis de Demanda

La comunidad de La Concepción tiene una población actual de 368 habitantes y 98 viviendas. A continuación, se presentan los datos de proyección de población. Para la demanda futura se utilizó el método de geométrico para proyectar el consumo actual a 20 años del periodo de diseño del sistema, se utilizó una tasa de crecimiento constante de 2.5 %.

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

Donde:

P_n = Población esperada en el año n

P_a : Población actual

r: Tasa de crecimiento geométrico anual de la población

n: Número de años entre el período considerado



Para el cálculo y proyección de la demanda, se aplicarán los valores de la Dotación para Consumo Doméstico, determinados según lo estipulado en la Norma NTON 09001-99: Normas Técnicas para el Diseño de Abastecimiento y Potabilización del Agua (sector rural)

Consumo Promedio diario (CPD) = Población Proyectada (P) x Dotación (D)

Es el producto de multiplicar la Población a servir por la Dotación $CPD = CD * D$;
donde:

Consumo Domiciliar (CD) = Población Proyectada (P) x Dotación (D).

Consumo Promedio Diario Total (CPDT)

Es la sumatoria entre el Consumo Promedio Diario más Las Pérdidas de Agua.

Consumo Promedio Diario Total (CPDT) = CPD + PA

PA = 20% del CPD

Consumo de Máximo Día (CMD)

Es el producto de multiplicar un índice de 1.5 por el Consumo Promedio Diario Total.

Consumo de Máximo Día (CMD) = 1.5 x CPDT.

Consumo de Máxima Hora (CMH)

Es el producto de multiplicar un índice de 2.5 por el consumo promedio diario total.

Consumo de Máxima Hora = 2.5 x CPDT.



Tabla No 7: Proyección de Población y Consumo

PERIODO	AÑO	POBLACIÓN	CPD		CPDT				CMD		CMH		
			HAB	GPD	LPD	PERDIDA 20 %		GPM	L/S	GPM	L/S	GPM	L/S
						20% GPD	20% LPD						
	2,023	368	5,533.42	20,944.00	6,640.11	25,132.80	4.61	0.29	6.92	0.44	11.53	0.73	
0	2,024	377	5,667.11	21,450.00	6,800.53	25,740.00	4.72	0.30	7.08	0.45	11.81	0.74	
1	2,025	387	5,804.13	21,968.65	6,964.96	26,362.38	4.84	0.31	7.26	0.46	12.09	0.76	
2	2,026	396	5,944.59	22,500.27	7,133.51	27,000.32	4.95	0.31	7.43	0.47	12.38	0.78	
3	2,027	406	6,088.55	23,045.17	7,306.26	27,654.21	5.07	0.32	7.61	0.48	12.68	0.80	
4	2,028	416	6,236.12	23,603.70	7,483.34	28,324.44	5.20	0.33	7.80	0.49	12.99	0.82	
5	2,029	427	6,387.37	24,176.19	7,664.84	29,011.43	5.32	0.34	7.98	0.50	13.31	0.84	
6	2,030	437	6,542.40	24,763.00	7,850.88	29,715.60	5.45	0.34	8.18	0.52	13.63	0.86	
7	2,031	448	6,701.31	25,364.47	8,041.58	30,437.37	5.58	0.35	8.38	0.53	13.96	0.88	
8	2,032	460	6,864.20	25,980.99	8,237.04	31,177.18	5.72	0.36	8.58	0.54	14.30	0.90	
9	2,033	471	7,031.15	26,612.91	8,437.38	31,935.49	5.86	0.37	8.79	0.55	14.65	0.92	
10	2,034	483	7,202.28	27,260.63	8,642.74	32,712.76	6.00	0.38	9.00	0.57	15.00	0.95	
11	2,035	495	7,377.69	27,924.55	8,853.23	33,509.46	6.15	0.39	9.22	0.58	15.37	0.97	
12	2,036	507	7,557.48	28,605.06	9,068.98	34,326.08	6.30	0.40	9.45	0.60	15.74	0.99	
13	2,037	520	7,741.77	29,302.59	9,290.12	35,163.11	6.45	0.41	9.68	0.61	16.13	1.02	
14	2,038	533	7,930.66	30,017.55	9,516.79	36,021.07	6.61	0.42	9.91	0.63	16.52	1.04	
15	2,039	546	8,124.28	30,750.39	9,749.13	36,900.47	6.77	0.43	10.16	0.64	16.93	1.07	
16	2,040	560	8,322.74	31,501.55	9,987.28	37,801.86	6.94	0.44	10.40	0.66	17.34	1.09	
17	2,041	574	8,526.15	32,271.49	10,231.38	38,725.79	7.11	0.45	10.66	0.67	17.76	1.12	
18	2,042	588	8,734.66	33,060.68	10,481.59	39,672.82	7.28	0.46	10.92	0.69	18.20	1.15	
19	2,043	603	8,948.37	33,869.60	10,738.05	40,643.52	7.46	0.47	11.19	0.71	18.64	1.18	
20	2,044	618	9,167.43	34,698.74	11,000.92	41,638.48	7.64	0.482	11.46	0.72	19.10	1.20	

Fuente: Elaboración propia

El Consumo máximo día (CMD) es de 0.72 l/s equivalente a 11.46 gpm y el consumo máximo hora (CMH) es de 1.20 l/s equivalente a 19.10 gpm, esto resulta inferior a los 20 gpm que se espera obtener del pozo perforado y así cubrir la demanda con esta oferta de disponibilidad hídrica.

El volumen útil de almacenamiento proyectado para el final del periodo de diseño se ha calculado en 4,000galones.

Método de longitud unitaria

Consiste en la determinación del caudal en cada nodo considerando la longitud de la tubería total y por cada tramo. El caudal en el nodo será:

$$Q_i = q * L_i$$

Donde:

Q_i : es el caudal en el tramo "i" en l/s.

q : Caudal unitario por metro lineal de tubería en l/s-m.

$$q = \frac{Q_t}{L_t}$$

Donde:

Q_t : Caudal máximo horario en l/s

L_t : Longitud total de tubería en m

L_i : Longitud en tramo "i" en m

Selección del equipo de bombeo

Conociendo la altura a vencer por la bomba (H_b) y el caudal que debe suministrar la misma (Q), se selecciona de entre los equipos de bombeo ofrecidos por catálogo aquel modelo que presente una curva característica que trabaje en un rango de altura y caudal lo más parecido posible a los valores calculados. Del catálogo se obtienen las especificaciones de la bomba seleccionada, que incluye: velocidad de giro (n), diámetro del orificio de la bomba (d), potencia (P), CNPSr y la eficiencia (N). (Ver Anexo 2).

Dimensionamiento de Línea de Aducción

El diámetro de la línea de aducción se calculó con la ecuación del Costo Anual Equivalente (CAEq), proponiendo tres diámetros de tuberías (2, 1.5 y 3 pulgadas).

Imagen 7: Dimensionamiento de la línea de aducción

DATOS												
Caudal de Bombeo (Q)		9.00 gpm	Longitud de descarga (L)		300.00 m							
Factor de recuperación r		0.12	Elevación de descarga (m)		921.05 m							
Costo KW		C\$ 5.64										
Díámetro de la tubería propuesta	Caudal de diseño GPM	Tiempo de bombeo promedio (hrs)	Diferencia de elevación (m)	Longitud de tubería m	Perdidas en la tubería (m)	Gradiente m/1000 m	Carga total dinámica (pies)	Costo del Kwh	Eficiencia del motor	Eficiencia de la bomba	Costo anual de Energía en Córdobas	Costo anual de Energía en Dólares
1.50	9.00	16.00	921.05	300.00	2.41	8.04	3,028.95	5.64	0.65	0.75	346,973.48	16,138.30
2.00	9.00	16.00	921.05	300.00	0.59	1.98	3,022.99	5.64	0.65	0.75	346,290.52	16,106.54
3.00	9.00	16.00	921.05	300.00	0.0825	0.27	3,021.31	5.64	0.65	0.75	346,098.26	16,097.59
4.00	9.00	16.00	921.05	300.00	0.0203	0.07	3,021.11	5.64	0.65	0.75	346,074.91	16,096.51
6.00	9.00	16.00	921.05	300.00	0.0173	0.06	3,021.10	5.64	1.65	0.75	136,332.09	6,341.03

Díámetros de tubería	Costo unitario de tubería	Factor de recuperación del capital	Costo de tubería mas instalación	Costo de energía presente	COSTO DE INVERSION INICIAL	Diametro en m	Velocidad m/s	COSTOS COTIZADOS DE TUBERIAS PVC-SDR-17	
1.50	53.96	0.12	31,111.20	91,184.63	122,295.83	0.038	0.498	1.50	53.96
2.00	77.11	0.12	38,055.60	91,005.15	129,060.75	0.051	0.280	2.00	77.11
3.00	190.16	0.12	71,971.20	90,954.62	162,925.82	0.076	0.125	3.00	190.16
4.00	247.70	0.12	89,233.20	90,948.49	180,181.69	0.102	0.070	4.00	247.70
6.00	613.73	0.12	199,040.40	35,828.07	234,868.47	0.15	0.08	6.00	613.73

TUBERIA DE AGUA POTABLE PVC SDR-26		Costo de instalac	
TUBERIA DE 1 1/2"	ml	C\$ 24.00	C\$ 49.74 ml
TUBERIA DE 2" DE DIAMETRO	ml	C\$ 54.00	
TUBERIA DE 2 1/2" DE DIAMETRO	ml	C\$ 91.20	
TUBERIA DE 3" DE DIAMETRO	ml	C\$ 127.20	
TUBERIA DE 4" DE DIAMETRO	ml	C\$ 168.00	
TUBERIA DE 6" DE DIAMETRO	ml	C\$ 412.80	
TUBERIA DE 8" DE DIAMETRO	ml	C\$ 698.40	

TUBERIA DE AGUA POTABLE PVC SDR-17			
TUBERIA DE 1 1/2" DE DIAMETRO		C\$	53.96
TUBERIA DE 2" DE DIAMETRO		C\$	77.11
TUBERIA DE 2 1/2" DE DIAMETRO			
TUBERIA DE 3" DE DIAMETRO		C\$	190.16
TUBERIA DE 4" DE DIAMETRO		C\$	247.70
TUBERIA DE 6" DE DIAMETRO		C\$	613.73
TUBERIA DE 8" DE DIAMETRO		C\$	1,188.90

Pérdidas hidráulicas

Para el análisis hidráulico se utilizó la ecuación de Hazen Williams, para el cálculo de las pérdidas a lo largo de todo el sistema. Utilizando un coeficiente de Hazen Williams $C=150$ para ductos de PVC.

Dimensionamiento del Tanque de Almacenamiento

En el análisis de proyección de consumo se calculó el volumen del 70% del Consumo Promedio Diario Total (CPDT) al final del periodo de diseño, con una capacidad de volumen útil de 14.57 metro cúbicos.

Tabla 8: Almacenamiento del agua potable por año

PERIODO	AÑO	POBLACIÓN HAB	ALMAC.	
			M ³	GALONES
	2,023	368	8.80	2324.04
0	2,024	377	9.01	2380.18
1	2,025	387	9.23	2437.74
2	2,026	396	9.45	2496.73
3	2,027	406	9.68	2557.19
4	2,028	416	9.91	2619.17
5	2,029	427	10.15	2682.70
6	2,030	437	10.40	2747.81
7	2,031	448	10.65	2814.55
8	2,032	460	10.91	2882.96
9	2,033	471	11.18	2953.08
10	2,034	483	11.45	3024.96
11	2,035	495	11.73	3098.63
12	2,036	507	12.01	3174.14
13	2,037	520	12.31	3251.54
14	2,038	533	12.61	3330.88
15	2,039	546	12.92	3412.20
16	2,040	560	13.23	3495.55
17	2,041	574	13.55	3580.98
18	2,042	588	13.89	3668.56
19	2,043	603	14.23	3758.32
20	2,044	618	14.57	3850.32

Fuente: Elaboración propia

Diseño de la Red de Distribución

El diseño de la red de distribución implicara primeramente la determinación de caudales y elevaciones nodales, longitudes, diámetros y rugosidad de Hazen - William de las de tuberías. Posteriormente la simulación del modelo hidráulico con la ayuda del software EPANET, de tal manera que se precisen las características hidráulicas de la red en las condiciones de trabajo. Las demandas nodales se calcularon usando el método longitudes unitarias, en dependencia de la longitud de cada tramo según el nodo a abastecer, así se repartirá el caudal en cada nodo según su demanda, la suma total del caudal en cada nodo deberá ser igual al caudal de diseño. (Ver Anexo 3).

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Introducción y procesamiento de datos mediante el software EPANET

El dimensionamiento de capacidad de la red de distribución se realizó con el factor de variación de consumo máximo hora (CMH); con el objetivo de conocer el caudal unitario por metro lineal de tubería en l/s y asignarle la longitud equivalente al nodo en análisis (demanda base), por medio de ese análisis se propone inicialmente un diámetro de tubería. También para conocer las presiones en cada uno de los nodos y verificar que estén dentro del rango permitido por las normas del INAA.

Los datos introducidos en EPANET son los siguientes:

- En los nodos: Numero del nodo, coordenada topográfica X, Y, cota de elevación del terreno y la demanda base
- En el embalse: Numero de embalse, coordenada topográfica X, Y y la altura del nivel dinámico del agua.
- En el tanque: Numero de tanque, coordenada topográfica X, Y, cota de solera, nivel inicial, nivel mínimo y máximo y diámetro.
- En las tuberías: Numero de tramo, nodo inicial y final, longitud en metros, el diámetro en milímetros y el coeficiente de rugosidad de Hazen Williams 150.

Al correr el programa realiza el procesamiento iterativo matemático, generando un resultado de las presiones en los nodos y velocidades en los tramos de tuberías. Si el cálculo inicial no cumple con los parámetros de diseño, se analiza y se realizan cambios según sea el caso; por velocidades se deberá proponer otro diámetro de tubería y por presiones cambiar el nivel de solera del tanque hasta concluir con resultados aceptables.

4.2 Análisis Hidráulico mediante el software EPANET (Anexo 4)

Con el fin de definir el funcionamiento hidráulico y las variaciones de consumo de la red de distribución se realizaron análisis hidráulicos con el programa computarizado EPANET. Se determinarán con las siguientes alternativas bajo las siguientes condiciones:

- La Tubería de Distribución se diseñó con CMH
- La Tubería de Conducción se diseñó con CMD

Los consumos CMH y CMH fueron asignados a cada nodo y línea de tubería de acuerdo a lo establecido en las Normas INAA; según estas normas, ambas tuberías deben diseñarse para 15 años; pero para cumplir con la vida útil de este proyecto; la red de distribución y la línea de conducción se diseñaron para 20 años.

Tabla 9: Resumen de obras proyectadas

ítem	Descripción	Cantidad
1	Pozo Perforado	300pies
2	Línea de conducción (Tubería PVC-SDR-26 de 2")	2,087.51 ml
3	Tanques plásticos para almacenamiento de 10,000 litros	2
4	Red de distribución (Tubería PVC-SDR-26 de 1 ½")	3,709.11 ml
5	Nivel de servicio inicial conexión de patio	100

Figura 9: Esquema hidráulico del sistema propuesto para la condición sin consumo

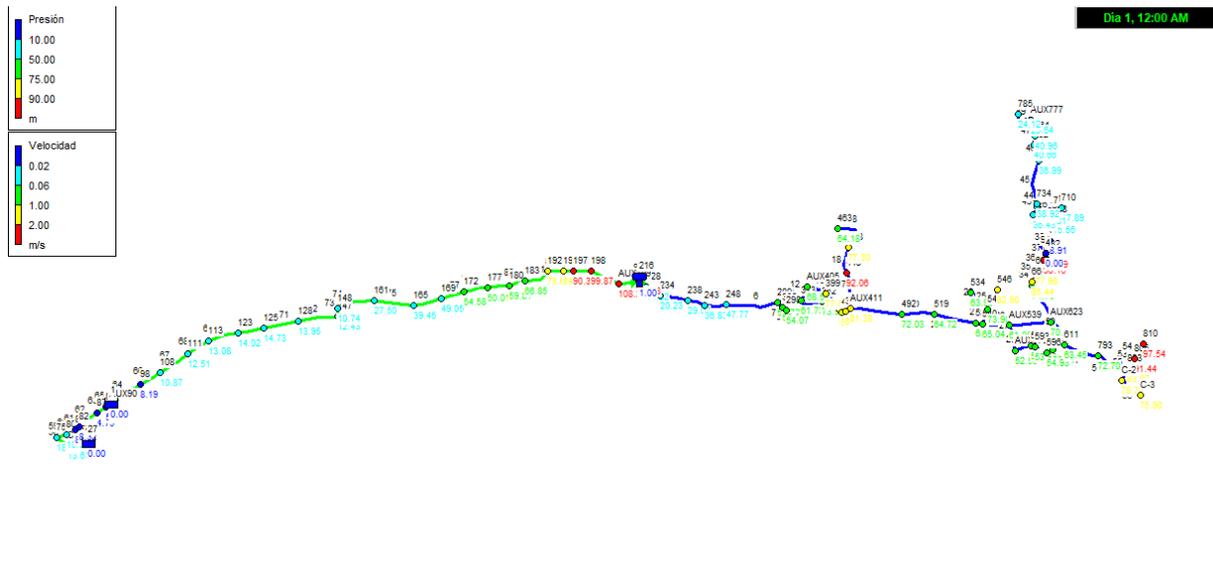
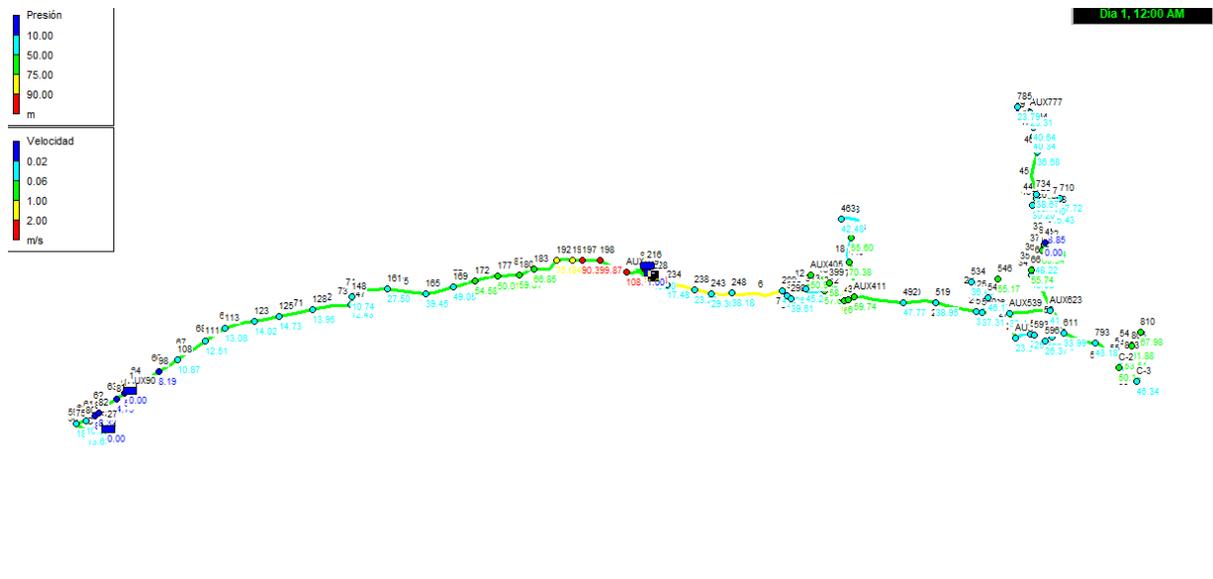


Figura 10: Esquema hidráulico del sistema propuesto con consumo





Esta simulación hidráulica indica el comportamiento de las tuberías y los nodos cuando exista consumo de agua, para ello se asignó a cada nodo de la red de distribución el CMH y a la línea de conducción CMD.

4.3 Presupuesto (Anexo 5)

El costo aproximado de inversión para ejecutar el proyecto de Diseño del Sistema Hidráulico para la red de abastecimiento de agua potable en la comunidad La Concepción ubicada en el municipio de La Trinidad, departamento de Estelí es de C\$ 5,036,180.17 (Cinco millones treinta y seis mil ciento ochenta córdobas con diecisiete centavos), el cual se detalla en la siguiente tabla (Ver Anexo 5, Presupuesto detallado)

CAPITULO V: CONCLUSIONES

El sistema propuesto para el proyecto es un Mini acueducto por Bombeo Eléctrico (MABE) y estará conformado por una fuente subterránea (Pozo perforado), línea de aducción, tanque de almacenamiento, línea de conducción, línea de distribución, diseñado para un periodo de 20 años. Con un nivel de servicio por conexiones de patio, según las condiciones presentada en la comunidad.

Durante el proceso de investigación se obtuvieron una serie de resultados que arrojaron las siguientes conclusiones:

La población de las comunidades para el año 2023 es de 811 personas, según proyección realizada con una tasa de crecimiento de 1.94%, establecida por la Alcaldía municipal. Para el año 2043 la población será de 1,362 habitantes, aplicando una tasa de crecimiento del 2.5%, según normas técnicas INAA.

La línea de conducción del sistema de abastecimiento se diseñó considerando una tubería PVC SDR-21 de 2", la velocidad se encuentra en el rango recomendado por la normativa de 0.40 a 2 m/s, el golpe de ariete no resulta un problema al tener en consideración para el tipo de tubería. La red de distribución se construirá con tubería de PVC SDR-26 de 3" a 1.5", según la norma técnica INAA.

El análisis efectuado por el software EPANET 2.0 realizó una simulación del comportamiento hidráulico del sistema y variación del consumo en un periodo de 16 horas a presión satisfactoria. Obtuvimos como resultado presiones mínimas en el nodo 165 con 5.55 mca y nodos con mayor presión se encontraron en el rango del número 241 al 249 con presiones de 50.11 mca hasta 53.70 mca.

El costo de la inversión asciende a C\$5,036,180.17; equivalentes a los costos directos.

CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES

Luego de haber realizado el estudio y arrojado las conclusiones, se recomienda:

Se deberá confirmar la calidad del agua de la fuente una vez que se haya perforado el pozo, mediante el análisis físico – químico y bacteriológico para evitar contaminación a la población durante la operación del sistema.

Los resultados del análisis físico – químico y bacteriológico deben ser comparado con la normativa CAPRE; posteriormente realizar una dosificación para el periodo de diseño del sistema.

No permitir el consumo de agua sin cloración para evitar que se presenten enfermedades en la comunidad. Para ello se debe llevar control del cloro residual en la red y tanque a construirse, con el objetivo de conformar la completa desinfección del agua.

Impulsar campañas de reforestación en el área de captación (microcuenca) a fin de garantizar el abastecimiento de la población durante el período de diseño.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Normas Técnicas INAA. “Diseño de abastecimiento de agua en el Medio rural”; Normas Técnicas Obligatorias Nicaragüenses (NTON 09001-99).
- Alcaldía Municipal de Estelí. Estudio Prefactibilidad.
- Cooperación Suiza América Central. “Norma de Infraestructura de Agua, Saneamiento e Higiene en Escuelas a Nivel Nacional.
- Fondo de Inversión Social de Emergencia (FISE). (2023). Catálogo de Etapas y Sub- Etapas. Managua, Nicaragua: Nuevo – FISE. División de desarrollo institucional.
- Organización panamericana de la salud. (2005) Guía para el diseño de redes de distribución en sistemas rurales de abastecimiento de agua. Perú.
- Ricardo Alfredo López Cualla. (1995). Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillados, Colombia: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.

Sitios Web Utilizados.

- <http://www.enacal.gob.ni>
- INIDE, (2005). Censo Municipal De Carazo. Recuperado de: www.inide.gob.ni

ANEXOS

Anexo 1: Cálculo del crecimiento poblacional.

Para el análisis se realizaron cálculos del comportamiento de crecimiento poblacional desde el año 1950 hasta el 2017, por región geográfica, de la siguiente forma.

- I. Se abarcó todo el Territorio Nacional (Información censos nacional INIDE).
- II. Se analizó por Región Geográfica Central y Norte de Nicaragua (Información censal INIDE).
- III. Se analizó el comportamiento del departamento de Nueva Segovia (Información censal INIDE).
- IV. Se analizó el comportamiento del Municipio de La Trinidad (Información censal INIDE).
- V. Finalmente se llega al análisis del comportamiento de la población objeto de estudio de la Comunidad La Concepción.

En este último caso se utilizó resultados de censos del año 2005 de INIDE, y censo realizado por el Especialista Social al año 2017 en el marco del presente proyecto. Se calculó la tasa de crecimiento poblacional utilizando el método geométrico para todas estas divisiones territoriales y por medio de estos datos poder analizar cómo ha sido el desarrollo y la tasa de crecimiento en todos estos periodos.

Comportamiento de Las Tasas de Crecimiento de la Población

La distribución espacial al igual que la urbanización está estrechamente relacionada con el establecimiento de la población en el territorio y es producto de su conexión directa con los recursos naturales, así como el equipamiento de infraestructura y de la oferta de servicios del espacio geográfico que habita. De los

resultados de población censada en distintos periodos de tiempo, se determina el comportamiento del crecimiento de la población para un territorio en estudio.

La información obtenida de las variables censales utilizadas en la recolección de datos, es empleada para estudiar las principales características demográficas de la población, las cuales permiten explicar hasta cierto grado, el comportamiento demográfico y social de la misma.

Comportamiento de Las Tasas de Crecimiento de la Población Nicaragua

De acuerdo con el análisis realizado, el comportamiento de la Tasa de Crecimiento (T/C), de la población total de Nicaragua, en el periodo analizado, muestra decrecimiento del 3.0%, al 2.5% en el periodo intercensal 1963 – 1971 para posteriormente crecer al 3.6% del año 1971 – 1995. En el último periodo intercensal documentado el comportamiento muestra una desaceleración de este crecimiento hasta la actualidad. En las tablas N° 1 y N° 2, se muestran los resultados del comportamiento de las tasas de crecimiento en el periodo intercensal 1950 – 2005, para la población de Nicaragua.

Tabla N° 1: Tasa de Crecimiento por Área de Residencia del País Nicaragua

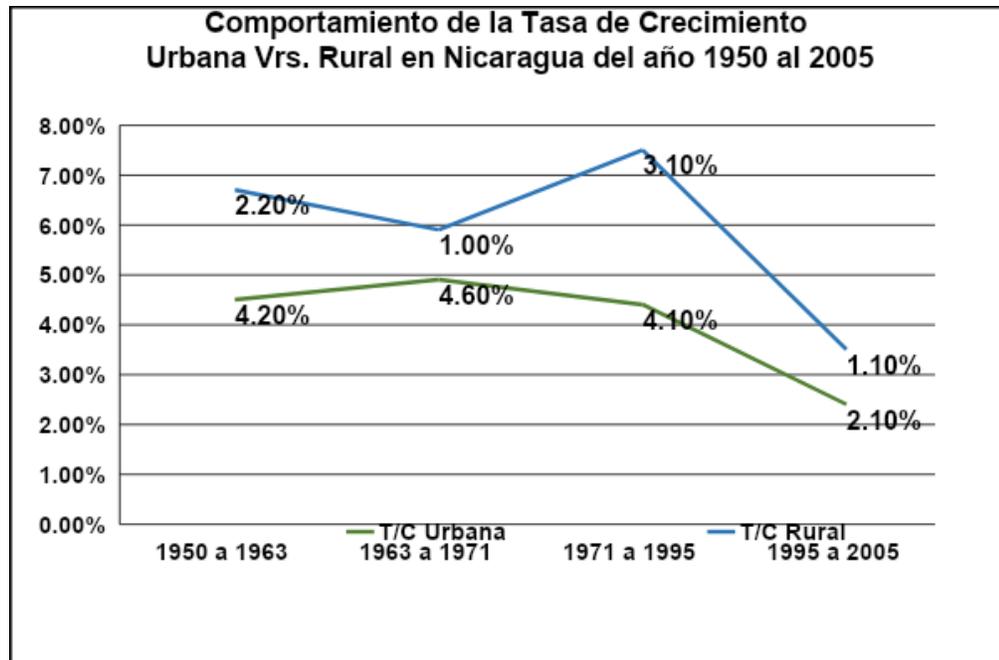
Censo	Período Intercensal	Población Total República de Nicaragua	
		Población (hab.)	Tasa de Crecimiento* (por cien)
1950		1,049,611	
	13		3.0%
1963		1,535,588	
	8		2.5%
1971		1,877,952	
	24		3.6%
1995		4,357,099	
	10		1.7%
2005		5,142,098	

En cuanto al comportamiento de la población y T/C por estrato urbano y rural, del análisis se puede observar que la tasa de crecimiento urbana de Nicaragua es mayor que la tasa de crecimiento rural, y aún de la tasa de crecimiento de la población total. Esto es debido a la migración interna que ocurre en el país, del sector rural hacia el sector urbano.

Tabla N° 2: Tasa de Crecimiento por Estrato de Población Urbana y Rural del País Nicaragua

Censo	Período Intercensal	Población Urbana		Población Rural	
		Población (hab.)	Tasa de Crecimiento* (por cien)	Población (hab.)	Tasa de Crecimiento* (por cien)
1950		369,028		680,583	
	13		4.2%		2.2%
1963		627,292		908,296	
	8		4.6%		1.0%
1971		896,378		981,574	
	24		4.1%		3.1%
1995		2330,809		2026,290	
	10		2.1%		1.1%
2005		2875,550		2266,548	

La grafica a continuación muestra el comportamiento de la T/C para la población del área de residencia analizada.



Comportamiento de Las Tasas de Crecimiento de La Población de La Región Central y Norte del País

Para el estudio se toma en consideración la región Central y Norte por ser en esta zona donde se encuentra nuestro sitio de estudio. Del análisis se puede observar que el comportamiento de la T/C, de la región central y norte del país, en el periodo del año 1963 – 1971 aumentó su T/C poblacional, sin embargo, de 1971 – 2005 decrece.

Tabla N° 3: Tasa de Crecimiento por Área de Residencia Región Central y Norte

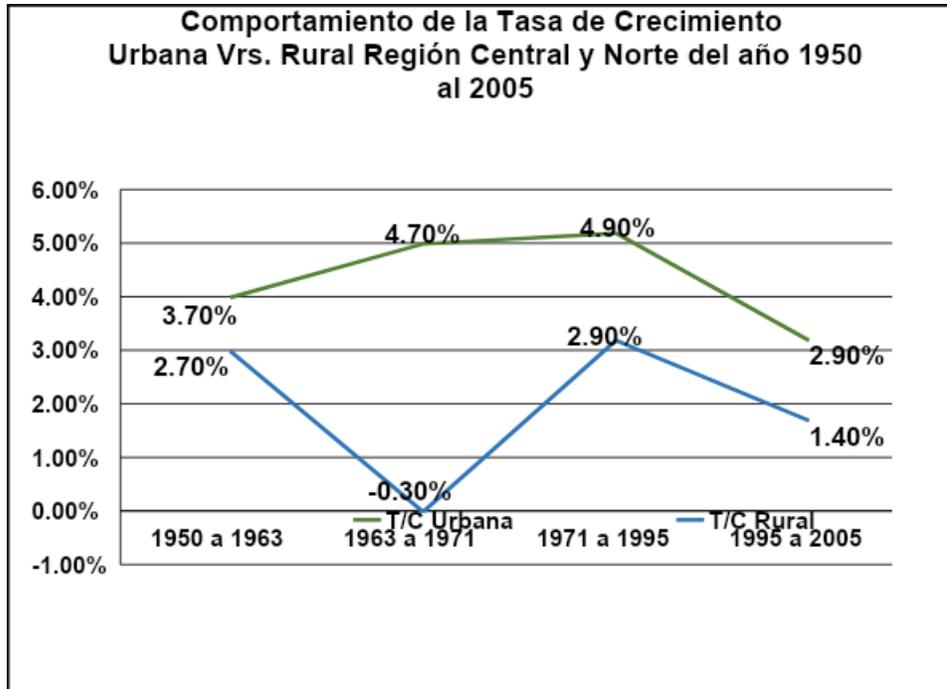
Censo	Período Intercensal	Región Central y Norte	
		Población (hab.)	Tasa de Crecimiento (por cien)
1950		387,202	
	13		2.9%
1963		560,976	
	8		0.7%
1971		595,139	
	24		3.5%
1995		1354,246	
	10		2.0%
2005		1647,605	

La tendencia de T/C por estrato urbano y rural, de la Región Centra y Norte, según el análisis se puede observar que la tasa de crecimiento urbana es mayor que la tasa de crecimiento rural.

Tabla N° 4: Tasa de Crecimiento por Estrato de Población Urbana y Rural Región Central y Norte

Censo	Período Intercensal	Población Urbana		Población Rural	
		Población (hab.)	Tasa de Crecimiento* (por cien)	Población (hab.)	Tasa de Crecimiento* (por cien)
1950		64,018		323,184	
	13		3.7%		2.7%
1963		103,274		457,702	
	8		4.7%		-0.3%
1971		148,978		446,161	
	24		4.9%		2.9%
1995		469,965		884,281	
	10		2.9%		1.4%
2005		628,001		1019,604	

La grafica a continuación muestra el comportamiento de la T/C para la población del área de residencia analizada.



Comportamiento de Las Tasas de Crecimiento de La Población Del Departamento de ESTELÍ

Del análisis se puede observar que el comportamiento de la T/C, del departamento de Estelí, en el periodo del año 1906 – 1950 y el 1950 – 2005 presenta variaciones considerables.

Censo	Período Intercensal	Departamento de Estelí Pob. Total	
		Población (Total)	Tasa de Crecimiento* (por cien)
1906		23,355	
1950	44	43,742	1.9 %
2005	55	201,548	4.6%

Comportamiento de Las Tasas de Crecimiento de La Población del Municipio de La Trinidad

Del análisis se puede observar que el comportamiento de la T/C, del municipio de La Trinidad, en el periodo 1995 – 2005.

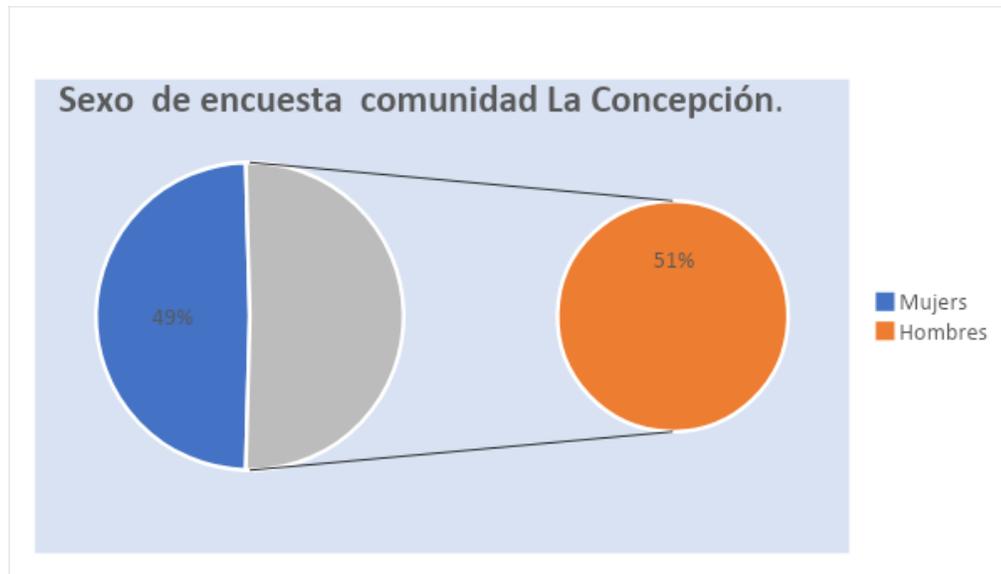
Censo	Período Intercensal	Municipio de Trinidad	
		Población (Total)	Tasa de Crecimiento* (por cien)
1995	10	18,518	0.8%
2005		20,140	

Comportamiento de Las Tasas de Crecimiento de la población de la comunidad La Concepción

La tasa de crecimiento de la comunidad La Concepción se calculó en base a censo poblacional 2008 y censo realizado por Especialista social en el año 2017.

Censo	Período Intercensal	Comunidad de La Concepción	
		Población	Tasa de Crecimiento* (por cien)
2008	9	348	0.6%
2017		368	

Sexo de población encuestada Comunidad La Concepción (2017)	
M	F
187	181



Tasa de Crecimiento Recomendada para el Proyecto

De los censos del departamento de Estelí de 1906 – 1950 y 1950 – 2005; se tienen tasas de crecimientos de 1.9% y 4.6% respectivamente; entre tanto que en los censos 2008 – 2017 para el municipio de La Trinidad se tiene una tasa de crecimiento del 0.8% y según los censos 2008 – 2017 de la comunidad La Concepción es de 0.6%.

De estos resultados para el análisis el comportamiento de crecimiento de la población de la comunidad, municipio y departamento en los periodos analizados, son de muy bajo con respecto a los rangos (2.5% a 4.0%) indicado en la NTON 09 001-99 INAA para el medio rural.

Asumiendo la tendencia nacional a la baja de la tasa de crecimiento nacional de 1.7 % se usará para fines de proyección de población de la comunidad de La Concepción una tasa de crecimiento geométrico de 2.5 % que es la mínima requerida para este tipo de proyectos.



Proyección de Población de la Comunidad

En conclusión, se establece como población de diseño del proyecto la población estimada de 618 habitantes para la comunidad de La Concepción. A continuación, proyección de población.

PERIODO	AÑO	POBLACIÓN
		HAB
	2,023	368
0	2,024	377
1	2,025	387
2	2,026	396
3	2,027	406
4	2,028	416
5	2,029	427
6	2,030	437
7	2,031	448
8	2,032	460
9	2,033	471
10	2,034	483
11	2,035	495
12	2,036	507
13	2,037	520
14	2,038	533
15	2,039	546
16	2,040	560
17	2,041	574
18	2,042	588
19	2,043	603
20	2,044	618



Anexo 2: Equipo de Bombeo.

Datos de entrada		Niveles (m)	
Caudal de Bombeo (Q)			
Calculado (gpm)	9.00 gpm	Profundidad del pozo	300.00 pies
Real (gpm)	9.00 gpm		91.46 m
	0.00057 m ³ /s		
	0.56775	Nivel Punto mas alto	921.05 m
		Nivel Suelo del pozo	914.74 m
		Nivel Fondo del pozo	823.28 m
Calculo de la Carga total dinamica (CDT = CE + CD)			
Donde:	CE: Carga Estatica		
	CE: Nivel estático (NEA)+ Rebajamiento + Elevación de descarga		
Nivel estatico de agua (NEA)	904.74 m		
Rebajamiento	10.00 m		
Nivel bombeo	829.28 m		
Elevación de descarga	921.05 m		
CE=	91.77 m		
CD: Carga dinamica			
CD= Hf +Hc	$H_f = \frac{C_f L}{C^{1.852} D^{4.87}} Q^{1.85}$ <div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px;">0.594 m</div>		
Gradiente m /1000 m	1.98	< 10.00 m	OK
Donde:	Hf es el incremento en la presión causada por la fricción		
D.- Diametro prop(pulg)	2.00 pulg	Longitud Columna	81.46 m
L.-Longitud de la descarga	300.00 m	Hc.-Pérdidas en columna	4.07 m
Q.- Flujo expresado en galones por minuto	9.00 gpm		
C.-Factor de capacidad de carga	150		
Cf = Factor de conversion	10.549		
	CD= Hf +Hc	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px;">4.67 m</div>	
	CE.- NEA+ Rebajamiento + Elev. de descarga	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px;">91.77 m</div>	
	Carga total dinamica (CDT = CE + CD)	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px;">96.44 m</div>	
Calculo de la velocidad (m/s)			
	$V = \frac{Q}{A}$		
	Q= es el flujo expresado en metros cúbicos por segundo (m ³ /s).		
	A = area de tuberia A= (πD ²) / 4		
D= diametro (pulg)	V=	0.28	
Calculo de la Potencia de la bomba			
Donde:	$HP = \frac{Q (lps) H(m)}{75 n(\%)/100}$		
Hp= Potencia de la bomba			
Q =es el flujo			
H= Carga total de la bomba			
n= Eficiencia de la bomba=	75.00%		
Potencia de la Bomba	0.97		
Potencia del motor	1.17		
	HP	2 HP	

Golpe de Ariete

Cálculo de la velocidad o celeridad de la onda de choque													
$C = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + k \frac{d_{ub}}{e}}} = m/seg$	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px 10px;">429.81 m/seg</div>												
<p>Donde</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 70%;">C.- Celeridad o velocidad de la onda, m/seg</td> <td></td> </tr> <tr> <td>k.- Coeficiente de módulo de elasticidad</td> <td style="text-align: center;">20</td> </tr> <tr> <td>d_{ub}- Diámetro interno de tubería, m</td> <td style="text-align: center;">0.05570 m</td> </tr> <tr> <td>e.- Espesor del tubo, m</td> <td style="text-align: center;">0.00231 m</td> </tr> <tr> <td>Dn.- Diámetro nominal del tubo, pulg.</td> <td style="text-align: center;">2</td> </tr> <tr> <td>Cédula del tubo</td> <td style="text-align: center;">SDR 26</td> </tr> </table>		C.- Celeridad o velocidad de la onda, m/seg		k.- Coeficiente de módulo de elasticidad	20	d _{ub} - Diámetro interno de tubería, m	0.05570 m	e.- Espesor del tubo, m	0.00231 m	Dn.- Diámetro nominal del tubo, pulg.	2	Cédula del tubo	SDR 26
C.- Celeridad o velocidad de la onda, m/seg													
k.- Coeficiente de módulo de elasticidad	20												
d _{ub} - Diámetro interno de tubería, m	0.05570 m												
e.- Espesor del tubo, m	0.00231 m												
Dn.- Diámetro nominal del tubo, pulg.	2												
Cédula del tubo	SDR 26												
Cálculo de la máxima onda de presión en la tubería													
$h_a = \frac{4Q_b \cdot C}{\pi d_{ub}^2 \cdot g} = m$	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px 10px;">10.21 m</div>												
<p>Donde</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 70%;">h_a- Sobrepresión o subpresión, m</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Q_b- Caudal de bombeo, m³·sec⁻¹</td> <td style="text-align: center;">0.00057 m³/s</td> </tr> <tr> <td>g.- Gravedad específica, m·sec⁻²</td> <td style="text-align: center;">9.81000 m³/s</td> </tr> </table>		h _a - Sobrepresión o subpresión, m		Q _b - Caudal de bombeo, m ³ ·sec ⁻¹	0.00057 m ³ /s	g.- Gravedad específica, m·sec ⁻²	9.81000 m ³ /s						
h _a - Sobrepresión o subpresión, m													
Q _b - Caudal de bombeo, m ³ ·sec ⁻¹	0.00057 m ³ /s												
g.- Gravedad específica, m·sec ⁻²	9.81000 m ³ /s												
Cálculo de la sobrepresión o subpresión en las paredes de la tubería													
$S_{p1} = (E_2 - E_1) + h_a = m$	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px 10px;">101.98 m</div>												
$S_{p2} = (E_2 - E_1) - h_a = m$	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px 10px;">81.56 m</div>												
<p>Donde</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 70%;">S_{p1}- Sobrepresión, m</td> <td></td> </tr> <tr> <td>S_{p2}- Subpresión, m</td> <td></td> </tr> <tr> <td>E₁- Elevación del ojo de la bomba, msnm</td> <td style="text-align: center;">829.28 msnm</td> </tr> <tr> <td>E₂- Elev. Rebose punto mas alto, msnm</td> <td style="text-align: center;">921.05 msnm</td> </tr> </table>		S _{p1} - Sobrepresión, m		S _{p2} - Subpresión, m		E ₁ - Elevación del ojo de la bomba, msnm	829.28 msnm	E ₂ - Elev. Rebose punto mas alto, msnm	921.05 msnm				
S _{p1} - Sobrepresión, m													
S _{p2} - Subpresión, m													
E ₁ - Elevación del ojo de la bomba, msnm	829.28 msnm												
E ₂ - Elev. Rebose punto mas alto, msnm	921.05 msnm												
Resistencia de la tubería													
$P_{t1} = f \cdot P_n = mca$	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px 10px;">107.35 mca</div>												
<p>Donde</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 70%;">P_r- Resistencia de la tubería, mca</td> <td></td> </tr> <tr> <td>P_n- Pres. trabajo tubería PVC SDR 26, mca</td> <td style="text-align: center;">113.00 mca</td> </tr> <tr> <td>f.- Factor de seguridad</td> <td style="text-align: center;">0.95</td> </tr> </table>		P _r - Resistencia de la tubería, mca		P _n - Pres. trabajo tubería PVC SDR 26, mca	113.00 mca	f.- Factor de seguridad	0.95						
P _r - Resistencia de la tubería, mca													
P _n - Pres. trabajo tubería PVC SDR 26, mca	113.00 mca												
f.- Factor de seguridad	0.95												
Análisis de la condición													
$P_{t1} > S_{p1}$	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px; margin-right: 10px;">107.35 mca</div> > <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px; margin-right: 10px;">101.98 mca</div> OK </div>												

Una columna del líquido al moverse tiene cierta cantidad de movimiento o inercia, la que es proporcional a su peso y a su velocidad. Si el flujo es detenido súbitamente, cosa que ocurre al cerrar rápidamente una válvula, la inercia se convierte en una onda de choque o en un aumento considerable de presión. La magnitud de este fenómeno depende de tan larga sea la tubería y que tan alta sea la velocidad de la onda. Esta onda de choque conocida como golpe de ariete, puede ser lo suficientemente fuerte como para reventar tuberías y quebrar accesorios y válvulas.

Se calculará la sobre presión o subpresión provocada por el golpe de ariete, por el cierre rápido de la válvula de retención, debido a la interrupción brusca del bombeo, por corte de energía eléctrica u otras causas. Sobre la base de la teoría elástica desarrollada por Gibson Quichiz Allievi. Se determinará el golpe de ariete o choque violento que se produce sobre las paredes de un conducto forzado, cuando el movimiento del agua es modificado bruscamente

Valores de K para hallar la celeridad

Material de la tubería	s (kg/m ³)	K
Palastros de hierro y acero	2 · 10 ¹⁰	0.5
Fundición	10 ¹⁰	1
Hormigón (sin armar)	2 · 10 ⁹	6
Fibrocemento	1.85 · 10 ⁹	5.5 (5-6)
PVC	3 · 10 ⁹	33.3 (20-30)
PE baja densidad	2 · 10 ⁹	600
PE alta densidad	9 · 10 ⁹	111.11

Anexo 3: Diseño de red de distribución.

CALCULOS BASICOS (METODO PROYECCION GEOMETRICA)

CENSO POBLACIONAL		368 HAB
POBLACIONA SERVIDA (Ps)	$Pf = P(1+r)^n$	618 HAB
DOTACION (DOT):		7.93 GPD
CPD	$CPD = Ps \times DOT$	4901 GPD
CPDT	$CPDT = CPD \times 12$	5882 GPD
CMD	$CMD = CPDT \times 15$	8823 GPD
CMH	$CMH = CPDT \times 2.5$	14704 GPD

Nota

$r = (2 - 4)\%$ según la norma

$n = 20$ años

DISEÑO Y CALCULO DEL VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO (ASUMIENDO TANQUE CILINDRICO $D = H$)

VOL. DE T. ALMACENAMIENTO	$Vt = CPDT \times 0.4$	59.85 M³
DIAMETRO	$D = ((4 \times Vt) / 3.14)^{1/3}$	4.8 M
ALTURA	$H = ((4 \times Vt) / 3.14)^{1/3}$	4.8 M

CALCULO DEL DIAMETRO DE LA LINEA DE CONDUCCION (METODO DE BRESSE)

DIAMETRO	FORMULA	DIAMETRO
D =	$D = 0.9 \times Q(m^3/s)^{0.45}$	130 PULG

NOTA:

DETERMINACION DE LA LONGITUD: GPS, COUNTEO, TOPOGRAFIA

**CAUDALES VRS. DIAMETROS CORRESPONDIENTES
(SCLD REFERENCIA)**

Q(m ³ /s) (Q= (D/ 09) ^{1/0.45})	Q(gpm) (Q= (D/ 09) ^{1/0.45})	DIAMETROS (PULG)
0.00168	26.66	2
0.00276	43.78	25
0.00444	65.65	3
0.00785	124.41	4
0.01932	306.32	6
0.03662	580.52	8

CALCULO DE LA DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES
Método longitudes unitarias

n	DE	A	LONG. (m)	COEF. DE CONSUMO (lps/ml)	Qd (lps)	NODO	ELEV. (m)
1	27	32	10.64			32	914.78
2	32	C-1	56.67			C-1	912.40
3	C-1	75	41.59			75	907.92
4	75	80	33.10			80	915.42
5	80	81	31.80			81	917.90
6	81	82	15.85			82	917.56
7	82	87	70.13			87	921.05
8	87	89	31.82			89	920.35
9	89	AUX 90	14.55			AUX 90	920.74
10	AUX 90	98	115.25			98	916.98
11	98	108	72.00			108	913.95
12	108	111	104.01			111	911.79
13	111	113	75.85			113	910.85
14	113	123	94.48			123	909.44
15	123	125	80.76			125	908.33
16	125	128	109.38			128	906.91
17	128	147	125.23			147	905.92
18	147	148	24.75			148	907.11
19	148	161	118.05			161	887.98
20	161	165	124.10			165	873.53
21	165	169	89.71			169	862.13
22	169	172	72.97			172	855.13
23	172	177	73.34			177	858.23



n	DE	A	LONG. (m)	COEF. DE CONSUMO (lps/ml)	Qd (lps)	NODO	ELEV. (m)
24	177	180	70.18			180	847.02
25	180	183	51.13			183	838.95
26	183	192	82.43			192	828.51
27	192	196	48.89			196	818.98
28	196	197	32.24			197	812.13
29	197	198	54.78			198	801.54
30	198	AUX 209	94.02			AUX 209	791.30
31	AUX 209	216	67.81			216	800.00
32	216	228	29.19	0.0001	0.004	228	789.38
33	228	234	50.49	0.0001	0.007	234	780.77
34	234	238	89.17	0.0001	0.012	238	771.98
35	238	243	54.48	0.0001	0.007	243	764.17
36	243	248	68.14	0.0001	0.009	248	753.23
37	248	289	163.27	0.0001	0.021	289	746.28
38	289	302	23.57	0.0001	0.003	302	745.98
39	302	298	15.44	0.0001	0.002	298	746.93
40	289	313	75.90	0.0001	0.010	313	739.27
41	313	342	73.13	0.0001	0.010	342	727.44
42	342	AUX 345	63.19	0.0001	0.008	AUX 345	715.40
43	313	AUX 405	46.52	0.0001	0.006	AUX 405	732.48
44	AUX 405	399	62.71	0.0001	0.008	399	723.10
45	399	408	77.63	0.0001	0.010	408	715.66
46	408	374	10.88	0.0001	0.001	374	717.10
47	374	AUX 411	20.70	0.0001	0.003	AUX 411	719.62
48	AUX 411	448	114.21	0.0001	0.015	448	708.94
49	448	458	81.90	0.0001	0.011	458	723.70
50	458	463	116.21	0.0001	0.015	463	736.82
51	AUX 411	492	159.34	0.0001	0.021	492	728.97
52	492	519	103.97	0.0001	0.014	519	736.28
53	519	537	131.43	0.0001	0.017	537	735.84
54	537	534	104.54	0.0001	0.014	534	737.05
55	537	540	19.68	0.0001	0.003	540	735.96
56	540	544	49.31	0.0001	0.006	544	727.10
57	544	546	69.46	0.0001	0.009	546	718.10
58	540	AUX 539	85.84	0.0001	0.011	AUX 539	739.02
59	AUX 539	AUX 579	81.77	0.0001	0.011	AUX 579	748.50
60	AUX 579	592	50.66	0.0001	0.007	592	745.77
61	592	593	12.15	0.0001	0.002	593	747.07



n	DE	A	LONG. (m)	COEF. DE CONSUMO (lps/ml)	Qd (lps)	NODO	ELEV. (m)
62	593	595	67.47	0.0001	0.009	595	742.39
63	595	596	23.80	0.0001	0.003	596	746.07
64	AUX 539	AUX 623	128.72	0.0001	0.017	AUX 623	730.16
65	AUX 623	657	127.21	0.0001	0.017	657	726.24
66	657	662	15.94	0.0001	0.002	662	723.02
67	662	664	35.74	0.0001	0.005	664	715.56
68	664	679	40.30	0.0001	0.005	679	710.84
69	679	682	19.43	0.0001	0.003	682	707.31
70	682	690	46.38	0.0001	0.006	690	698.40
71	690	698	64.38	0.0001	0.008	698	691.75
72	698	710	48.09	0.0001	0.006	710	684.92
73	710	717	52.59	0.0001	0.007	717	678.50
74	717	726	38.15	0.0001	0.005	726	670.88
75	726	728	27.01	0.0001	0.004	728	668.31
76	728	734	11.45	0.0001	0.001	734	668.39
77	734	751	139.02	0.0001	0.018	751	670.32
78	751	762	54.79	0.0001	0.007	762	666.65
79	762	764	26.01	0.0001	0.003	764	666.35
80	764	AUX 777	57.81	0.0001	0.008	AUX 777	677.67
81	AUX 777	785	65.27	0.0001	0.008	785	683.19
82	AUX 623	611	94.89	0.0001	0.012	611	737.55
83	611	793	109.65	0.0001	0.014	793	728.30
84	793	803	102.23	0.0001	0.013	803	717.93
85	803	805	37.90	0.0001	0.005	805	709.56
86	805	810	52.53	0.0001	0.007	810	703.46
87	803	C-2	40.66	0.0001	0.005	C-2	721.30
88	C-2	C-3	76.81	0.0001	0.010	C-3	725.10
			3,709.11		0.482		

CPDT =	0.482 lps
LONG. T. =	3,709.11 ml
COEF. DE CONSUMO/ml =	0.0001 lps/ml

Anexo 4: Resultados de las corridas en EPANET.

Sin Consumo– Nodos

ID Nudo	Cota	Demanda	Altura	Presión
	m	LPS	m	m
Conexión 228	789.38	0	801	11.62
Conexión 234	780.77	0	801	20.23
Conexión 238	771.98	0	801	29.02
Conexión 243	764.17	0	801	36.83
Conexión 248	753.23	0	801	47.77
Conexión 289	746.28	0	801	54.72
Conexión 302	745.98	0	801	55.02
Conexión 298	746.93	0	801	54.07
Conexión 313	739.27	0	801	61.73
Conexión 342	727.44	0	801	73.56
Conexión AUX3454	715.4	0	801	85.6
Conexión AUX405	732.48	0	801	68.52
Conexión 399	723.1	0	801	77.9
Conexión 408	715.66	0	801	85.34
Conexión 374	717.1	0	801	83.9
Conexión AUX411	719.62	0	801	81.38
Conexión 448	708.94	0	801	92.06
Conexión 458	723.7	0	801	77.3
Conexión 463	736.82	0	801	64.18
Conexión 492	728.97	0	801	72.03
Conexión 519	736.28	0	801	64.72
Conexión 537	735.48	0	801	65.52
Conexión 534	737.05	0	801	63.95
Conexión 540	735.96	0	801	65.04
Conexión 544	727.1	0	801	73.9
Conexión 546	718.1	0	801	82.9
Conexión AUX539	739.02	0	801	61.98
Conexión AUX579	748.5	0	801	52.5
Conexión 592	745.77	0	801	55.23
Conexión 593	747.07	0	801	53.93
Conexión 595	742.39	0	801	58.61
Conexión 596	746.07	0	801	54.93
Conexión AUX623	730.16	0	801	70.84



ID Nudo	Cota	Demanda	Altura	Presión
	m	LPS	m	m
Conexión 657	726.24	0	801	74.76
Conexión 662	723.02	0	801	77.98
Conexión 664	715.56	0	801	85.44
Conexión 679	710.84	0	801	90.16
Conexión 682	707.31	0	801	93.69
Conexión 690	698.4	0	707.31	8.91
Conexión 698	691.75	0	707.31	15.56
Conexión 710	689.42	0	707.31	17.89
Conexión 717	678.5	0	707.31	28.81
Conexión 726	670.88	0	707.31	36.43
Conexión 728	668.31	0	707.31	39
Conexión 734	668.39	0	707.31	38.92
Conexión 751	670.32	0	707.31	36.99
Conexión 762	666.65	0	707.31	40.66
Conexión 764	666.35	0	707.31	40.96
Conexión AUX777	677.67	0	707.31	29.64
Conexión 785	683.19	0	707.31	24.12
Conexión 611	737.55	0	801	63.45
Conexión 793	728.3	0	801	72.7
Conexión 803	717.93	0	801	83.07
Conexión 805	709.56	0	801	91.44
Conexión 810	703.46	0	801	97.54
Conexión C-2	721.3	0	801	79.7
Conexión C-3	725.1	0	801	75.9
Conexión 32	914.78	0	926.09	11.31
Conexión C-1	912.4	0	926.03	13.63
Conexión 75	907.92	0	925.98	18.06
Conexión 80	915.42	0	925.94	10.52
Conexión 81	917.9	0	925.9	8
Conexión 82	917.56	0	925.88	8.32
Conexión 87	921.05	0	925.8	4.75
Conexión 89	920.35	0	925.76	5.41
Conexión AUX90	920.74	0	925.74	5
Conexión 98	916.98	0	925.17	8.19
Conexión 108	913.95	0	924.82	10.87
Conexión 111	911.79	0	924.3	12.51
Conexión 113	910.85	0	923.93	13.08
Conexión 123	909.44	0	923.46	14.02



ID Nudo	Cota	Demanda	Altura	Presión
	m	LPS	m	m
Conexión 125	908.33	0	923.06	14.73
Conexión 128	906.91	0	920.86	13.95
Conexión 147	905.92	0	918.35	12.43
Conexión 148	907.11	0	917.85	10.74
Conexión 161	887.98	0	915.48	27.5
Conexión 165	873.53	0	912.98	39.45
Conexión 169	862.13	0	911.18	49.05
Conexión 172	855.13	0	909.71	54.58
Conexión 177	858.23	0	908.24	50.01
Conexión 180	847.02	0	906.83	59.81
Conexión 192	828.51	0	904.14	75.63
Conexión 196	818.98	0	903.16	84.18
Conexión 197	812.13	0	902.51	90.38
Conexión 198	801.54	0	901.41	99.87
Conexión AUX209	791.3	0	899.52	108.22
Conexión 183	838.95	0	905.8	66.85
Conexión 2	801	0	801.02	0.02
Conexión 3	801	0	898.18	97.18
Conexión 4	707.31	0	707.31	0
Embalse 27	914.74	-0.42	914.74	0
Embalse 1	925.74	-0.48	925.74	0
Depósito 216	800	0.9	801	1



Sin Consumo – Tubería

ID Línea	Longitud	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.
	m	LPS	m/s	m/km
ID Línea	m	LPS	m/s	m/km
Tubería 1	29.19	0	0	0
Tubería 2	50.49	0	0	0
Tubería 3	89.17	0	0	0
Tubería 4	54.48	0	0	0
Tubería 5	68.14	0	0	0
Tubería 6	163.27	0	0	0
Tubería 7	23.57	0	0	0
Tubería 8	15.44	0	0	0
Tubería 9	75.9	0	0	0
Tubería 10	73.13	0	0	0
Tubería 11	63.19	0	0	0
Tubería 12	46.52	0	0	0
Tubería 13	62.71	0	0	0
Tubería 14	77.63	0	0	0
Tubería 15	10.88	0	0	0
Tubería 16	20.7	0	0	0
Tubería 17	114.21	0	0	0
Tubería 18	81.9	0	0	0
Tubería 458	116.21	0	0	0
Tubería 19	159.34	0	0	0
Tubería 20	103.97	0	0	0
Tubería 21	131.43	0	0	0
Tubería 22	104.54	0	0	0
Tubería 23	19.68	0	0	0
Tubería 24	49.31	0	0	0
Tubería 25	69.46	0	0	0
Tubería 26	85.84	0	0	0
Tubería 27	81.77	0	0	0
Tubería 28	50.66	0	0	0
Tubería 29	12.15	0	0	0
Tubería 30	67.47	0	0	0
Tubería 31	23.8	0	0	0
Tubería 32	128.72	0	0	0
Tubería 33	127.21	0	0	0
Tubería 34	15.94	0	0	0
Tubería 35	35.74	0	0	0



ID Línea	Longitud	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.
	m	LPS	m/s	m/km
Tubería 36	40.3	0	0	0
Tubería 37	19.43	0	0	0
Tubería 39	64.38	0	0	0
Tubería 40	48.09	0	0	0
Tubería 41	52.59	0	0	0
Tubería 42	38.15	0	0	0
Tubería 43	27.01	0	0	0
Tubería 44	11.45	0	0	0
Tubería 45	139.02	0	0	0
Tubería 46	54.79	0	0	0
Tubería 47	26.01	0	0	0
Tubería 48	57.81	0	0	0
Tubería 49	65.27	0	0	0
Tubería 50	94.89	0	0	0
Tubería 51	109.65	0	0	0
Tubería 52	102.23	0	0	0
Tubería 53	37.9	0	0	0
Tubería 54	52.53	0	0	0
Tubería 55	40.66	0	0	0
Tubería 56	76.81	0	0	0
Tubería 57	56.67	0.42	0.21	1.19
Tubería 58	41.59	0.42	0.21	1.2
Tubería 59	33.1	0.42	0.21	1.19
Tubería 60	31.8	0.42	0.21	1.19
Tubería 61	15.85	0.42	0.21	1.19
Tubería 62	70.13	0.42	0.21	1.19
Tubería 63	31.82	0.42	0.21	1.2
Tubería 66	72	0.9	0.46	4.95
Tubería 67	104.01	0.9	0.46	4.95
Tubería 68	75.85	0.9	0.46	4.95
Tubería 69	94.48	0.9	0.46	4.95
Tubería 70	80.76	0.9	0.46	4.95
Tubería 71	109.38	0.9	0.81	20.1
Tubería 72	125.23	0.9	0.81	20.1
Tubería 73	24.75	0.9	0.81	20.1
Tubería 74	118.05	0.9	0.81	20.1
Tubería 75	124.1	0.9	0.81	20.1
Tubería 76	89.71	0.9	0.81	20.1



ID Línea	Longitud	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.
	m	LPS	m/s	m/km
Tubería 77	72.97	0.9	0.81	20.1
Tubería 78	73.34	0.9	0.81	20.1
Tubería 79	70.18	0.9	0.81	20.1
Tubería 80	51.13	0.9	0.81	20.1
Tubería 81	82.43	0.9	0.81	20.1
Tubería 82	48.89	0.9	0.81	20.1
Tubería 83	32.24	0.9	0.81	20.1
Tubería 84	54.78	0.9	0.81	20.1
Tubería 85	94.02	0.9	0.81	20.1
Tubería 64	114.25	-0.9	0.46	4.95
Tubería 65	14.55	0.42	0.21	1.19
Tubería 88	1	0.42	0.21	1.19
Tubería 89	66.81	-0.9	0.81	20.1
Tubería 90	1	0.9	0.81	20.17
Tubería 38	46.38	0	0	0
Bomba 87	No Disponible	0.42	0	-11.35
Válvula 86	No Disponible	0.9	0.81	97.16
Válvula 91	No Disponible	0	0	93.69

Consumo Máxima Hora – Nodos

ID Nudo	Cota	Demanda	Altura	Presión
	m	LPS	m	m
Conexión 228	789.38	0.01	799.98	10.6
Conexión 234	780.77	0.02	798.25	17.48
Conexión 238	771.98	0.03	795.26	23.28
Conexión 243	764.17	0.02	793.53	29.36
Conexión 248	753.23	0.02	791.41	38.18
Conexión 289	746.28	0.05	786.54	40.26
Conexión 302	745.98	0.01	786.54	40.56
Conexión 298	746.93	0	786.54	39.61
Conexión 313	739.27	0.03	784.51	45.24
Conexión 342	727.44	0.03	784.5	57.06
Conexión AUX3454	715.4	0.02	784.5	69.1
Conexión AUX405	732.48	0.01	783.41	50.93
Conexión 399	723.1	0.02	781.98	58.88
Conexión 408	715.66	0.03	780.27	64.61



ID Nudo	Cota	Demanda	Altura	Presión
	m	LPS	m	m
Conexión 374	717.1	0	779.79	62.69
Conexión AUX411	719.62	0.01	779.36	59.74
Conexión 448	708.94	0.04	779.32	70.38
Conexión 458	723.7	0.03	779.3	55.6
Conexión 463	736.82	0.04	779.3	42.48
Conexión 492	728.97	0.05	776.74	47.77
Conexión 519	736.28	0.04	775.23	38.95
Conexión 537	735.48	0.04	773.48	38
Conexión 534	737.05	0.04	773.48	36.43
Conexión 540	735.96	0.01	773.27	37.31
Conexión 544	727.1	0.01	773.27	46.17
Conexión 546	718.1	0.02	773.27	55.17
Conexión AUX539	739.02	0.03	772.46	33.44
Conexión AUX579	748.5	0.03	772.44	23.94
Conexión 592	745.77	0.02	772.44	26.67
Conexión 593	747.07	0	772.44	25.37
Conexión 595	742.39	0.02	772.44	30.05
Conexión 596	746.07	0.01	772.44	26.37
Conexión AUX623	730.16	0.04	771.62	41.46
Conexión 657	726.24	0.04	771.32	45.08
Conexión 662	723.02	0	771.24	48.22
Conexión 664	715.56	0.01	771.3	55.74
Conexión 679	710.84	0.01	771.18	60.34
Conexión 682	707.31	0.01	771.15	63.84
Conexión 690	698.4	0.01	707.25	8.85
Conexión 698	691.75	0.02	707.18	15.43
Conexión 710	689.42	0.01	707.14	17.72
Conexión 717	678.5	0.02	707.1	28.6
Conexión 726	670.88	0.01	707.08	36.2
Conexión 728	668.31	0.01	707.06	38.75
Conexión 734	668.39	0	707.06	38.67
Conexión 751	670.32	0.05	707	36.68
Conexión 762	666.65	0.02	706.99	40.34
Conexión 764	666.35	0.01	706.99	40.64
Conexión AUX777	677.67	0.02	706.98	29.31
Conexión 785	683.19	0.02	706.98	23.79
Conexión 611	737.55	0.03	771.54	33.99
Conexión 793	728.3	0.04	771.48	43.18



ID Nudo	Cota	Demanda	Altura	Presión
	m	LPS	m	m
Conexión 803	717.93	0.03	771.44	53.51
Conexión 805	709.56	0.01	771.44	61.88
Conexión 810	703.46	0.02	771.44	67.98
Conexión C-2	721.3	0.01	771.44	50.14
Conexión C-3	725.1	0.03	771.44	46.34
Conexión 32	914.78	0	926.09	11.31
Conexión C-1	912.4	0	926.03	13.63
Conexión 75	907.92	0	925.98	18.06
Conexión 80	915.42	0	925.94	10.52
Conexión 81	917.9	0	925.9	8
Conexión 82	917.56	0	925.88	8.32
Conexión 87	921.05	0	925.8	4.75
Conexión 89	920.35	0	925.76	5.41
Conexión AUX90	920.74	0	925.74	5
Conexión 98	916.98	0	925.17	8.19
Conexión 108	913.95	0	924.82	10.87
Conexión 111	911.79	0	924.3	12.51
Conexión 113	910.85	0	923.93	13.08
Conexión 123	909.44	0	923.46	14.02
Conexión 125	908.33	0	923.06	14.73
Conexión 128	906.91	0	920.86	13.95
Conexión 147	905.92	0	918.35	12.43
Conexión 148	907.11	0	917.85	10.74
Conexión 161	887.98	0	915.48	27.5
Conexión 165	873.53	0	912.98	39.45
Conexión 169	862.13	0	911.18	49.05
Conexión 172	855.13	0	909.71	54.58
Conexión 177	858.23	0	908.24	50.01
Conexión 180	847.02	0	906.83	59.81
Conexión 192	828.51	0	904.14	75.63
Conexión 196	818.98	0	903.16	84.18
Conexión 197	812.13	0	902.51	90.38
Conexión 198	801.54	0	901.41	99.87
Conexión AUX209	791.3	0	899.52	108.22
Conexión 183	838.95	0	905.8	66.85
Conexión 2	801	0	801.02	0.02
Conexión 3	801	0	898.18	97.18
Conexión 4	707.31	0	707.31	0



ID Nudo	Cota	Demanda	Altura	Presión
	m	LPS	m	m
Embalse 27	914.74	-0.42	914.74	0
Embalse 1	925.74	-0.48	925.74	0
Depósito 216	800	-0.31	801	1

Consumo Máxima Hora – Tubería

ID Línea	Longitud	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.
	m	LPS	m/s	m/km
Tubería 1	29.19	1.21	1.1	34.89
Tubería 2	50.49	1.2	1.09	34.37
Tubería 3	89.17	1.19	1.07	33.45
Tubería 4	54.48	1.15	1.05	31.89
Tubería 5	68.14	1.14	1.03	31.01
Tubería 6	163.27	1.12	1.01	29.88
Tubería 7	23.57	0.01	0.01	0.01
Tubería 8	15.44	0	0	0
Tubería 9	75.9	1.05	0.95	26.73
Tubería 10	73.13	0.05	0.04	0.08
Tubería 11	63.19	0.02	0.02	0.02
Tubería 12	46.52	0.98	0.89	23.53
Tubería 13	62.71	0.96	0.87	22.86
Tubería 14	77.63	0.94	0.86	21.99
Tubería 15	10.88	0.92	0.83	44.35
Tubería 16	20.7	0.92	0.83	20.83
Tubería 17	114.21	0.1	0.09	0.36
Tubería 18	81.9	0.07	0.06	0.16
Tubería 458	116.21	0.04	0.03	0.06
Tubería 19	159.34	0.81	0.73	16.44
Tubería 20	103.97	0.75	0.68	14.51
Tubería 21	131.43	0.72	0.65	13.29
Tubería 22	104.54	0.04	0.03	0.05
Tubería 23	19.68	0.64	0.58	10.77
Tubería 24	49.31	0.04	0.03	0.06
Tubería 25	69.46	0.02	0.02	0.02
Tubería 26	85.84	0.6	0.54	9.41
Tubería 27	81.77	0.08	0.07	0.23



ID Línea	Longitud	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.
	m	LPS	m/s	m/km
Tubería 28	50.66	0.05	0.05	0.1
Tubería 29	12.15	0.04	0.03	0.05
Tubería 30	67.47	0.03	0.03	0.04
Tubería 31	23.8	0.01	0.01	0
Tubería 32	128.72	0.49	0.44	6.52
Tubería 33	127.21	0.28	0.26	2.35
Tubería 34	15.94	0.24	0.22	1.74
Tubería 35	35.74	0.23	0.21	1.57
Tubería 36	40.3	0.22	0.2	1.51
Tubería 37	19.43	0.21	0.19	1.36
Tubería 39	64.38	0.19	0.17	1.1
Tubería 40	48.09	0.17	0.15	0.89
Tubería 41	52.59	0.15	0.14	0.75
Tubería 42	38.15	0.14	0.12	0.6
Tubería 43	27.01	0.12	0.11	0.5
Tubería 44	11.45	0.11	0.1	0.42
Tubería 45	139.02	0.11	0.1	0.41
Tubería 46	54.79	0.07	0.06	0.15
Tubería 47	26.01	0.05	0.04	0.18
Tubería 48	57.81	0.04	0.04	0.06
Tubería 49	65.27	0.02	0.02	0.02
Tubería 50	94.89	0.17	0.15	0.87
Tubería 51	109.65	0.14	0.12	0.6
Tubería 52	102.23	0.1	0.09	0.34
Tubería 53	37.9	0.03	0.03	0.04
Tubería 54	52.53	0.02	0.02	0.01
Tubería 55	40.66	0.04	0.03	0.06
Tubería 56	76.81	0.03	0.02	0.03
Tubería 57	56.67	0.42	0.21	1.19
Tubería 58	41.59	0.42	0.21	1.2
Tubería 59	33.1	0.42	0.21	1.19
Tubería 60	31.8	0.42	0.21	1.19
Tubería 61	15.85	0.42	0.21	1.19
Tubería 62	70.13	0.42	0.21	1.19
Tubería 63	31.82	0.42	0.21	1.2
Tubería 66	72	0.9	0.46	4.95
Tubería 67	104.01	0.9	0.46	4.95
Tubería 68	75.85	0.9	0.46	4.95



ID Línea	Longitud	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.
	m	LPS	m/s	m/km
Tubería 69	94.48	0.9	0.46	4.95
Tubería 70	80.76	0.9	0.46	4.95
Tubería 71	109.38	0.9	0.81	20.1
Tubería 72	125.23	0.9	0.81	20.1
Tubería 73	24.75	0.9	0.81	20.1
Tubería 74	118.05	0.9	0.81	20.1
Tubería 75	124.1	0.9	0.81	20.1
Tubería 76	89.71	0.9	0.81	20.1
Tubería 77	72.97	0.9	0.81	20.1
Tubería 78	73.34	0.9	0.81	20.1
Tubería 79	70.18	0.9	0.81	20.1
Tubería 80	51.13	0.9	0.81	20.1
Tubería 81	82.43	0.9	0.81	20.1
Tubería 82	48.89	0.9	0.81	20.1
Tubería 83	32.24	0.9	0.81	20.1
Tubería 84	54.78	0.9	0.81	20.1
Tubería 85	94.02	0.9	0.81	20.1
Tubería 64	114.25	-0.9	0.46	4.95
Tubería 65	14.55	0.42	0.21	1.19
Tubería 88	1	0.42	0.21	1.19
Tubería 89	66.81	-0.9	0.81	20.1
Tubería 90	1	0.9	0.81	20.17
Tubería 38	46.38	0.2	0.18	1.27
Bomba 87	No Disponible	0.42	0	-11.35
Válvula 86	No Disponible	0.9	0.81	97.16
Válvula 91	No Disponible	0.2	0.18	63.84



Anexo 5: Presupuesto.

ESTIMACIÓN DE COSTOS PROYECTO DE AGUA Y SANEAMIENTO LA CONCEPCIÓN				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	
			UNITARIO	TOTAL
PRELIMINARES	GLB	1.00	154,794.27	154,794.27
LIMPIEZA INICIAL	M2	332.66	22.40	7,451.58
LIMPIEZA MANUAL INICIAL	M2	332.66	22.40	7,451.58
TRAZO Y NIVELACION	ML	5,796.62	21.79	126,308.35
TRAZO Y NIVELACION PARA TUBERIAS (INCL. ESTACAS DE MADERA + MANO DE OBRA TOPOGRAFIA)	ML	5,796.62	21.79	126,308.35
ROTULO	C/U	1.00	21,034.34	21,034.34
ROTULO TIPO FISE DE 1.22 m x 2.44 m (ESTRUCTURA METALICA & ZINC LISO) CON BASES DE CONCRETO REF.	C/U	1.00	21,034.34	21,034.34
LINEA DE CONDUCCION	ML	2,087.51	425.84	888,944.74
EXCAVACION PARA TUBERIA	M3	1,336.62	118.27	158,084.85
EXCAVACION MANUAL EN TERRENO NATURAL	M3	1,336.62	118.27	158,084.85
TUBERIA DE 2" DE DIAMETRO	ML	2,087.51	148.98	311,004.17
TUBERIA DE PVC Diám.=2" (SDR-26) CON EMPAQUE ELASTOMERICA (NO INCL.EXCAVACION)	ML	848.50	150.67	127,843.50
TUBERIA DE PVC Diám.=1½" (SDR-26) (NO INCL. EXCAVACION) (JUNTA CEMENTADA)	ML	1,077.50	95.69	103,105.98
TUBERIA DE HIERRO GALVANIZADO Diám.=1½" (NO INCL. EXCAVACION)	ML	161.51	457.95	73,963.50
BLOQUE DE REACCION DE CONCRETO PARA ACCESORIOS MENORES A 6"	C/U	40.00	152.28	6,091.20
RELLENO Y COMPACTACION	M3	1,199.00	106.12	127,240.80
RELLENO Y COMPACTACION MANUAL	M3	1,199.00	106.12	127,240.80
PRUEBA HIDROSTATICA	ML	7.00	567.01	3,969.06
PRUEBA HIDROSTATICA (CON BOMBA MANUAL) EN TUBERIA DE PVC Diám.=HASTA 4", L=HASTA 300 m PARA PROYECTOS DE AGUA POTABLE	C/U	7.00	567.01	3,969.06
VALVULAS Y ACCESORIOS	C/U	10.00	28,864.59	288,645.86
CODO LISO DE PVC Diám.=2", 45° (SCH 40) (ASTM D2466) JUNTA CEMENTADA	C/U	5.00	128.26	641.30
CODO LISO DE PVC Diám.=2", 90° (SCH 40) (ASTM D2466) JUNTA CEMENTADA	C/U	5.00	141.42	707.10
VALVULA DE COMPUERTA DE HIERRO FUNDIDO Diám.=2" (INCL. 1 BLOQUE DE REACCION)	C/U	3.00	11,282.58	33,847.74
CAJA DE CONCRETO DE 3000 PSI REF. DE Ancho=1.70m,Largo=2.00m,Alto=2.85m PARA CAPTACION(NO INCL. EXC) (INCL. REPELLO y FINO	C/U	1.00	213,837.22	213,837.22



VALVULA DE AIRE DE HIERRO FUNDIDO Diám.=1"+VALVULA+CAJA DE CONCRETO+ABRAZADERA DE ROSCA RECTA DE PVC	C/U	1.00	7,663.41	7,663.41
VALVULA DE COMPUERTA DE HIERRO FUNDIDO Diám.=2" CON BRIDAS DE HIERRO FUNDIDO DE 2" (2 C/U)	C/U	1.00	9,366.40	9,366.40
RESPIRADERO DE TUBO DE Ho. Go. Diám. = 3"	C/U	1.00	1,356.05	1,356.05
PUERTA DE MARCO DE MADERA (BLANCA) Y FORRO DE ALAMBRE DE PUAS CAL. # 13½ (NO INCL. HERRAJES)	C/U	1.00	1,084.67	1,084.67
CERCO (A) DE POSTES DE MADERA (Azadirachta, conocido como nim o neem) RUSTICA, Diám.=4", Alt.=2.20m @2.50m CON 7 HILADAS DE ALAMBRE DE PUAS Cal.#13½	ML	17.00	234.21	3,981.57
CAJA DE CONCRETO DE 2500 PSI SIN REF. DE 0.50mx0.50m, Alto=0.50mC/TAPA LAM.3/16" P/PROTEGER VALVULA	C/U	3.00	1,724.94	5,174.82
CRUCE DE ALCANTARILLA CON TUBERIA DE HIERRO GALVANIZADO Diám.=2" (INCL. PINTURA ANTICORROSIVA EN TUBOS)	MI	12.61	871.18	10,985.58
RED DE DISTRIBUCION	ML	3,754.11	275.57	1,034,519.83
EXCAVACION PARA TUBERIA	M3	2,538.41	118.27	300,222.52
EXCAVACION MANUAL EN TERRENO NATURAL	M3	2,538.41	118.27	300,222.52
TUBERIA DE 1 1/2" DE DIAMETRO	ML	3,709.11	103.91	385,404.43
TUBERIA DE PVC Diám.=1½" (SDR-26) (NO INCL. EXCAVACION) (JUNTA CEMENTADA)	ML	3,709.11	95.69	354,924.74
TUBERIA DE HIERRO GALVANIZADO Diám.=1½" (NO INCL. EXCAVACION)	ML	45.00	457.95	20,607.75
BLOQUE DE REACCION DE CONCRETO C/ANCLAJE P/ACCESORIOS DE TUBOS	C/U	26.00	379.69	9,871.94
RELLENO Y COMPACTACION	M3	2,278.46	106.12	241,795.34
RELLENO Y COMPACTACION MANUAL	M3	2,278.46	106.12	241,795.34
PRUEBA HIDROSTATICA	ML	12.00		6,804.10
PRUEBA HIDROSTATICA (CON BOMBA MANUAL) EN TUBERIA DE PVC Diám.=HASTA 4", L=HASTA 300 m PARA PROYECTOS DE AGUA POTABLE	C/U	12.00	567.01	6,804.10
VALVULAS Y ACCESORIOS	C/U	19.00	5,278.60	100,293.44
CODO LISO DE PVC Diám.=1 1/2", 45° (S40)	C/U	10.00	92.77	927.70
CODO LISO DE PVC Diám.=1½", 90° (S40)	C/U	3.00	80.07	240.21
TAPON HEMBRA LISO DE PVC Diám.=1½"	C/U	6.00	28.36	170.16
VALVULA DE COMPUERTA DE BRONCE Diám.=1½"	C/U	4.00	1,811.26	7,245.04
VALVULA DE LIMPIEZA DE HIERRO FUNDIDO Diám.=1½"	C/U	3.00	15,741.27	47,223.81
CAJA DE CONCRETO DE 2500 PSI SIN REF. DE 0.50mx0.50m, Alto=0.50mC/TAPA LAM.3/16" P/PROTEGER VALVULA(I)	C/U	4.00	1,724.94	6,899.76
VALVULA DE BOYA (FLOTADOR) DE CONTROL DE NIVEL DE HIERRO FUNDIDO Diám.=1½"	C/U	1.00	5,741.89	5,741.89
CAJA (PILA ROMPE PRESION) DE CONCRETO DE 3000 PSI REF. DE Ancho=0.70m, Largo=1.05m, Alt.=1.00m(INCL. REPELLO Y FINO)	C/U	1.00	12,576.92	12,576.92
TEE LISA DE PVC Diám.= 1 ½" (S40)	C/U	5.00	37.59	187.95



CRUCE AEREO CON TUBERIA DE HIERRO GALVANIZADO Diám.=1½" CON CABLE DE ACERO Diám.=3/8" CON PILOTES CO	MI	10.00	1,908.00	19,080.00
TANQUE DE ALMACENAMIENTO	GLB	1.00	274,712.25	274,712.25
MOVIMIENTO DE TIERRA PARA TANQUE DE ALMACENAMIENTO	M3	104.04	21.14	2,199.89
NIVELETA DOBLE DE 1.50m x 1.50m	C/U	4.00	153.67	614.68
EXCAVACION MANUAL EN TERRENO NATURAL	M3	3.36	118.27	396.94
RELLENO Y COMPACTACION (CON VIBROCOMPACTADORA MANUAL)	M3	3.36	354.05	1,188.26
OTRO TIPO DE OBRAS	GLB	1.00	251,791.42	251,791.42
CANAL DE DRENAJE PLUVIAL DE MEDIA CAÑA PREFABRICADA DE CONCRETO Diám.=15" (INCL. EXCAVACION) SIN ACABADOS	ML	3.00	565.16	1,695.48
EMPEDRADO (MANUALMENTE) CON PIEDRA BOLON CLASIFICADA Diám.=DE 0.05m A 0.20m CON JUNTA DE CONCRETO	M3	2.00	1,010.69	2,021.38
VALVULA DE LIMPIEZA DE HIERRO FUNDIDO Diám.=1½"	C/U	2.00	16,908.66	33,817.32
VALVULA DE COMPUERTA DE BRONCE Diám.=1½"	C/U	2.00	1,841.26	3,682.52
VALVULA DE BOYA (FLOTADOR) DE CONTROL DE NIVEL DE HIERRO FUNDIDO Diám.=1½"	C/U	1.00	5,741.89	5,741.89
CAJA DE REGISTRO DE CONCRETO DE 2500 PSI REF. +CONCRETO DE 3000 PSI DE 2.00 m x 1.00 m,H =0.50 m	C/U	4.00	8,653.15	34,612.60
NIVELETA DOBLE DE 1.50m x 1.50m	C/U	4.00	155.80	623.20
EXCAVACION MANUAL EN TERRENO NATURAL	M3	65.81	125.64	8,268.37
RELLENO Y COMPACTACION (CON VIBROCOMPACTADORA MANUAL)	M3	8.75	376.11	3,290.96
RELLENO MANUAL DE MATERIAL SELECTO DEBAJO DE FUNDACIONES (INCL. COSTO DE MATERIAL)	M3	19.72	210.09	4,142.97
CONCRETO DE 3,000 PSI (MEZCLADO A MANO)	m³	1.52	4,793.13	7,270.58
FUNDIR CONCRETO EN CUALQUIER ELEMENTO	m³	1.52	385.49	584.74
FORMALETA PARA FUNDACIONES	M2	2.40	391.65	939.96
HIERRO (EN VARILLAS) CORRUGADO (GRADO 40) Diám. <= AL No. 4	LBS	571.32	31.81	18,173.65
PIQUETEO TOTAL EN CONCRETO FRESCO	m²	317.92	38.07	12,103.09
REPELLO CORRIENTE	m²	317.92	147.91	47,023.05
FINO CORRIENTE	m²	317.92	136.19	43,297.07
ESTRUCTURAS DE ACERO (A-36) (INCL. PINTURA DE ALUMINIO)	LBS	278.60	75.83	21,126.18
CUBIERTA DE TECHO DE LAMINA ONDULADA DE ZINC CAL.26 SOBRE ESTRUCTURA DE MADERA	m²	10.62	317.81	3,376.41
CERCAS PERIMETRALES Y PORTONES	M2	77.00	269.10	20,720.94
CERCO DE ALAMBRE DE PUAS CAL. 13, 10 HILADAS C/POSTE DE MADERA RUSTICA A CADA 2.50 m	ML	77.00	232.88	17,931.76



PORTON DE ALAMBRE DE PUAS L=4.25, H= 1.40 m y POSTE DE MADERA PINO Diám. = 0.12m, H = 2.00 m	C/U	1.00	2,789.18	2,789.18
FUENTE Y OBRAS DE TOMA POZO PERFORADO	GLB	1.00	1,123,658.74	1,123,658.74
POZOS PERFORADOS Y/O EXCAVADOS	C.U	1.00	1,112,033.74	1,112,033.74
LEVANTAMIENTO Y ESTUDIO GEOFISICO CON ENFOQUE HIDROGEOLOGICO POR EL METODO DE GEORESISTIVO	C/U	1.00	149,051.13	149,051.13
PERFORACION DE POZO CON MAQUINA ROTATIVA Diám. de Perforac=8" a 12" EN T. EXTREMA DUREZA	PIE	300.00	1,781.06	534,317.74
TUBERIA RANURADA DE PVC Diám.=6" INSTALADA EN POZO CON MAQUINA ROTATIVA	PIE	56.00	626.99	35,111.44
TUBERIA CIEGA DE PVC Diám. =6 " INSTALADA EN POZO CON TECLE MANUAL	PIE	249.00	520.18	129,524.82
TUBERIA PVC DIAM = 1 1/2" " (SDR - 26) NO INCLUYE EXCAVACION	ML	32.00	84.23	2,695.36
FILTRO DE PIEDRA TRITURADA (GRAVA) TAMAÑO DE 1/2"(13 mm) y 3/4"(19 mm)	M3	2.39	783.12	1,871.66
SELLOS SANITARIOS CON GRAVILLA DE RIO Y RELLENO DE MATERIAL SELECTO (INCL. ACARREO DE MAT@ 3 KMS)	PIE	30.00	176.88	5,306.40
PLATO (PLATINA) CUADRADA DE ACERO DE 16" CON ORIFICIO Diám.=4", Esp.=1" CON	C/U	1.00	8,142.30	8,142.30
BLOQUE DE CONCRETO DE 2500 PSI SIN REF. DE 1.00mx1.00m,Alto=1.00m FORMALETA 4 CARAS	C/U	1.00	4,797.96	4,797.96
LIMPIEZA Y DESARROLLO (POR MEDIO DE PRESION DE AIRE) EN TUBO DE POZOS	HRS	6.00	8,211.06	49,266.36
PRUEBA DE BOMBEO CONSTANTE (INCL. ALQUILER BOMBA SUMERGIBLE, VÁLVULAS PARA DETERMINAR EL CAUDAL DEL POZO	HRS	24.00	6,199.27	148,782.48
PRUEBA DE BOMBEO ESCALONADA (INCL. ALQUILER BOMBA SUMERGIBLE, SONDA MANUAL Y BOMBA DE SUCCIÓN)	HRS	6.00	7,194.35	43,166.10
LIMPIEZA Y DESINFECCION DE POZO	C/U	1.00	11,625.00	11,625.00
ANALISIS BIOLÓGICOS-BACTERIOLOGICO COMPLETO(Bacterias coliformes fecales y totales, Escherichia Coli) DE 1(UNA) MUESTRA DE AGUA PARA AGUA POTABLE	C/U	1.00	3,875.00	3,875.00
ANALISIS FÍSICO-QUÍMICO(20 PARAMETROS:Color,olor,sabor,turbiedad+CIANUROS y GASES DISUELTOS:NITROG.y Comp.),AMONIACO y METANO)DE 1(UNA) MUESTRA DE AGUA	C/U	1.00	3,875.00	3,875.00
ANALISIS QUÍMICO DEL AGUA (ARSENICO) DE 1(UNA) MUESTRA DE AGUA PARA AGUA POTABLE	C/U	1.00	3,875.00	3,875.00
ESTACION DE BOMBEO - AGUA POTABL	GLB	1.00	827,439.78	827,439.78
CERCAS PERIMETRALES Y PORTONES	M2	332.66	62.29	20,720.94
CERCO DE ALAMBRE DE PUAS CAL. 13, 10 HILADAS C/POSTE DE MADERA RUSTICA A CADA 2.50 m	ML	77.00	232.88	17,931.76



PORTON DE ALAMBRE DE PUAS L=4.25, H= 1.40 m y POSTE DE MADERA PINO Diám. = 0.12m, H = 2.00 m	C/U	1.00	2,789.18	2,789.18
EQUIPOS, TUBERIA Y ACCESORIOS	GLB	1.00	270,705.14	270,705.14
BOMBA C/MOTOR SUMERGIBLE DE 2 HP, Q=20 GPM, CTD=254', 1/60/230 v	C/U	1	92,434.68	92,434.68
SARTA DE HIERRO FUNDIDO Diám.=2" (INCL.1 VALVULA DE ALIVIO DE Ho.Fo.Diám.=2"+2VALVULAS DE COMPUERTA DE Ho.Fo.+MEDIDOR MAESTRO Ho.Diám=2")P/EQUIPO BOMBEO	GBL	1.00	93,868.69	93,868.69
TUBERIA DE HIERRO GALVANIZADO Diám.=2" (NO INCL. EXCAVACION) (INCL. BLOQUE DE REACCION)	ML	24.87	675.30	16,794.71
BOMBA ELECTRICA DOSIFICADORA DE CLORO DE 10 GPD Y 80 PSI	C/U	1.00	26,710.79	26,710.79
CODO DE HIERRO GALVANIZADO DE 2" X 45°	C/U	2.00	410.13	820.26
CODO DE HIERRO GALVANIZADO DE 2" X 90°	C/U	1.00	394.14	394.14
BLOQUE DE REACCION DE CONCRETO C/ANCLAJE P/ACCESORIOS DE TUBOS (USANDO MADERA DE PINO)	C/U	6.00	389.16	2,334.96
VALVULA DE CHECK DE HIERRO FUNDIDO Diám.=2" EXTREMOS BRIDADOS	C/U	1.00	9,130.73	9,130.73
VALVULA DE AIRE DE HIERRO FUNDIDO Diám.=3/4" (ROSCA MACHO)	C/U	1.00	2,622.74	2,622.74
UNION DRESSER DE HIERRO FUNDIDO Diám.=2"	C/U	2.00	1,514.14	3,028.28
VALVULA DE COMPUERTA DE HIERRO FUNDIDO Diám.=2" (INCL. 1 BLOQUE DE REACCION)	C/U	2.00	11,282.58	22,565.16
CASETA DE CONTROL	M2	15.52	10,713.77	166,277.66
CASETA DE MAMPOSTERIA CONFINADA +CUBIERTA TECHO ZINC + PISO LADR. GRIS A= 4.50 m x3.45 m= 15.52 m2	C/U	1.00	160,302.30	160,302.30
NIVELETA DOBLE DE 1.50m x 1.50m	C/U	4.00	153.67	614.68
EXCAVACION MANUAL EN TERRENO NATURAL	M3	8.00	118.27	946.18
RELLENO Y COMPACTACION (CON VIBROCOMPACTADORA MANUAL)	M3	8.00	354.05	2,832.40
RELLENO MANUAL DE MATERIAL SELECTO DEBAJO DE FUNDACIONES (INCL. COSTO DE MATERIAL)	M3	8.00	197.76	1,582.10
INSTALACIONES ELECTRICAS	GLB	1.00	369,736.04	369,736.04
AISLADOR DE TORNILLO DE PORCELANA	C/U	1.00	141.09	141.09
AISLADOR DIELECTRICO PARA CONTACTOS DE ARRANCADORES (Presentación en spray) Contenido=400 ml	C/U	1.00	1,036.52	1,036.52
ALAMBRE ELECTRICO DE COBRE THHN #4 AWG	ML	10.00	137.82	1,378.20
ALAMBRE ELECTRICO DE COBRE THHN CABLEADO #12 AWG	ML	100.00	30.58	3,058.00
APAGADOR DOBLE DE 15 AMP/120V CON PLACA DE BAQUELITA	C/U	1.00	241.34	241.34
ARRANCADOR MAGNETICO DIRECTO (A TENSION COMPLETA) P/MOTOR DE 2 HP, 1/60/230 v, 11-16 AMP	C/U	1.00	23,941.64	23,941.64



BOMBILLO FLUORESCENTE DE 13 WATTS + CEPO DE PORCELANA REDONDO (NO INCL.CAJA DE REGISTRO)	C/U	3.00	493.88	1,481.64
BREAKER DE 1X20 AMPERIOS	C/U	4.00	419.54	1,678.16
BREAKER DE 2X20 AMPERIOS	C/U	1.00	828.80	828.80
BREAKER DE 2X30 AMPERIOS	C/U	2.00	893.05	1,786.10
CABLE ELECTRICO ACSR #1/0	ML	30.45	94.62	2,881.18
CABLE ELECTRICO DE COBRE TSJ 2x12	ML	6.00	88.54	531.24
CABLE ELECTRICO SUMERGIBLE #10X3	ML	80.00	280.80	22,464.00
CABLE TRIPLEX ACSR #2	ML	77.70	136.42	10,599.83
CAJA DE REGISTRO DE EMT DE 2" x 4"	C/U	3.00	98.68	296.04
CAJA DE REGISTRO DE EMT DE 4" x 4"	C/U	6.00	160.87	965.22
CAJA DE REGISTRO DE EMT DE 6" x 6" CON TAPA DE EMT DE 6"x6" PARA INTEMPERIE	C/U	1.00	665.45	665.45
CANALIZACION CON TUBO CONDUIT DE PVC Diám.=½" (INCL. BRIDAS)	ML	30.00	67.01	2,010.30
CANALIZACION CON TUBO CONDUIT DE PVC Diám.=1" (INCL. BRIDAS)	ML	11.00	86.33	949.63
CANALIZACION CON TUBO IMC Diám. = 3/4" (INCL. BRIDAS)	ML	11.00	265.40	2,919.40
CINTA DE ADVERTENCIA DE PELIGRO	ML	50.00	4.31	215.50
CODO RADIO LARGO (ó CURVA) DE PVC Diám.= ½"	C/U	7.00	47.92	335.44
CONECTOR CONDUIT DE PVC Diám.=½"	C/U	6.00	44.81	268.86
CONECTOR CONDUIT DE PVC Diám.=1"	C/U	1.00	92.62	92.62
CONECTOR DE COMPRESIÓN PARA CABLE 1/0 - 1/0 AWG, CAJA #4	C/U	3.00	73.75	221.25
ENERGIZAR ACOMETIDA ELECTRICA E SINTALAR CABLE DE ALUMINIO ACSR EN Long. DE 0-4m ENTRE BANCO DE MEDICIÓN Y MUFA	C/U	1.00	868.29	868.29
ESTRUCTURA ELECTRICA BT-103/C: RED EN CABLE LINEA EN ANGULO DE 61° A 90°	C/U	1.00	4,947.46	4,947.46
ESTRUCTURA ELECTRICA BT-104/C: RED EN CABLE, FIN DE LINEA	C/U	2.00	3,049.96	6,099.92
ESTRUCTURA ELECTRICA HA-100 A/C: VIENTO SENCILLO EN BAJA TENSION	C/U	2.00	6,520.08	13,040.16
ESTRUCTURA ELECTRICA HA-100 B/C 14.4/24.9 KV (MEDIA TENSION)	C/U	2.00	6,582.14	13,164.28
ESTRUCTURA ELECTRICA MT-605/C: MONTAJE MONOFASICO - FIN DE LINEA	C/U	2.00	6,245.97	12,491.94
ESTRUCTURA ELECTRICA PR-101 C TIERRA 14.4/24.9 KV (MEDIA TENSION)	C/U	1.00	1,712.73	1,712.73
ESTRUCTURA ELECTRICA PR-101/C: INSTALACION DE CONDUCTOR Y ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA	C/U	2.00	1,196.51	2,393.02
ESTRUCTURA ELECTRICA PR-101: INSTALACION DE CONDUCTOR Y ELECTRODO PUESTA A TIERRA	C/U	1.00	4,472.04	4,472.04
ESTRUCTURA ELECTRICA TR-105/C: TRANSFORMADOR EN ESTRUCTURA FIN DE LINEA MONOFASICO	C/U	1.00	18,667.57	18,667.57
FUSIBLE PRIMARIO SLOFAST DE 0.7 AMPERIOS	C/U	1.00	702.17	702.17



GUARDANIVEL DE 230 VOLTIOS CON CONTROL DE 2 ELECTRODOS DE ACERO INOXIDABLE (INCL. CAJA PARA GUARDANI	C/U	1.00	9,362.00	9,362.00
HACER BALANCE DE CARGA EN PANELES	C/U	1.00	2,106.79	2,106.79
LAMPARA (ó LUMINARIA) TIPO COBRA DE VAPOR DE SODIO DE 250 WATTS/208V TIPO SYLVAN MOD.2250 C/FOT Y BR	C/U	1.00	5,721.03	5,721.03
PANEL DE CONTROL DE BOMBA PARA MOTOR DE ARRANQUE DE 2 HP, 1/60/230 V	C/U	1.00	29,281.31	29,281.31
PANEL MONOFASICO 12 ESPACIOS, 120/208 VOLTIOS, BARRA DE 125 AMPERIOS C/MAIN 2X60 AMP	C/U	1.00	10,117.06	10,117.06
POSTE TRONCOCONICO DE CONCRETO PRETENSADO, Alto=30' (9.15 m) (NO INCL. ESTRUCTURA ELECTRICA)	C/U	2.00	16,033.62	32,067.24
POSTE TRONCOCONICO DE CONCRETO PRETENSADO, Alto=40' (12.20 m), Diám.=4"(NO INCL. ESTRUCTURA ELECTRIC	C/U	1.00	29,103.08	29,103.08
SUPRESOR DE SOBREVOLTAJE DE 80 KA 120/240V MONOFÁSICO PARA REGULAR ENERGÍA	C/U	1.00	50,031.05	50,031.05
TOMACORRIENTE DOBLE POLARIZADO DE 15 AMP/120 V CON PLACA DE BAQUELITA	C/U	1.00	122.70	122.70
TOMACORRIENTE SENCILLO DE 15 AMP/120 V CON PLACA DE BAQUELITA	C/U	1.00	124.44	124.44
TRANSFORMADOR DE 10 KVA, 14.4/24.9 KV, 120/240 v (NO INCL. ESTRUCTURA)	C/U	1.00	41,000.37	41,000.37
TUBO DE EMT Diám.=1½" L= 5.00 m CON CALAVERA DE EMT Diám. = 1½"	C/U	1.00	875.10	875.10
UNION CONDUIT DE PVC Diám. = ½"	C/U	6.00	46.14	276.84
CONEXIONES	C/U	100.00	7,241.93	724,193.25
CONEXIONES DOMICILIARES		100.00	7,241.93	724,193.25
CONEXION DOMICILIAR DE PATIO CON TUBO DE PVC Diám.= ½" (SDR-13.5) (NO INCLUYE MEDIDOR) (INCL. EXC	C/U	100.00	2,643.48	264,348.00
CAJA DE CONCRETO DE 2500 PSI SIN REF. DE 0.50m x 0.50m, Alto=0.50m C/TAPA LAM.3/16" P/PROTEGER VALVULA(I	C/U	100.00	1,724.94	172,494.00
MEDIDOR DE AGUA POTABLE Diám.=1½" (NO INCL. CAJA)	C/U	100.00	2,873.51	287,351.25
LIMPIEZA FINAL Y ENTREGA	GLB	1.00	7,917.31	7,917.31
LIMPIEZA FINAL	GLB	1.00	7,917.31	7,917.31
LIMPIEZA MANUAL FINAL	M2	332.66	23.80	7,917.31
COSTOS DIRECTOS DE MATERIALES				5,036,180.17