

Área de Conocimiento de Ingeniería y Afines

**“MEJORAMIENTO Y A AMPLIACION DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA COMUNIDAD
SAN PEDRO DEL MUNICIPIO DE ESTELI, DEPARTAMENTO DE ESTELI”**

Trabajo Monográfico para optar al título de
Ingeniero Civil

Elaborado por:

Tutor:

Br. Ervin Josue
Barreda Umaña

Br. Yarib Salvador
Martínez Rugama

M.Sc. Ing. María
José Castro

29 de octubre, 2024
Managua, Nicaragua

Contenido

I.	Introducción	1
1.1.	Generalidades	1
1.2.	Antecedentes	2
1.3.	Justificación	3
1.4.	Objetivos	4
1.4.1.	Objetivo general	4
1.4.2.	Objetivos específicos	4
1.5.	Descripción del área de estudio	5
1.5.1.	Macro localización	6
1.5.2.	Micro localización	6
II.	Marco teórico	7
2.1.	Diagnóstico del sistema existente	7
2.2.	Estudio socioeconómico	7
2.3.	Investigación previa	7
2.3.1.	Investigación directa	8
2.3.2.	Investigación de campo	8
2.4.	Estudio topográfico	8
2.5.	Proyección de la población	8
2.6.	Aforo de la fuente	9
2.7.	Calidad del agua	9
2.8.	Conexiones domiciliarias	10
2.9.	Dotación	10
2.10.	Nivel de servicio	10
2.11.	Sistema de abastecimiento de agua potable	11
2.12.	Periodo de diseño	11
2.13.	Fuentes de abastecimiento	11
2.14.	Línea de conducción	12
2.14.1.	Línea de conducción por gravedad	12
2.14.2.	Línea de conducción por bombeo	13
2.15.	Almacenamiento	13
2.16.	Tanque de almacenamiento	14

2.17.	Red de distribución.....	14
2.18.	Desinfección	14
2.19.	Calidad del agua	15
2.20.	Costo y presupuesto	15
III.	Diseño metodológico.....	17
3.1.	Tipo de investigación	17
3.2.	Reconocimiento de la zona de estudio.....	17
3.3.	Evaluación del sistema de abastecimiento existente.....	17
3.4.	Estudio socioeconómico	18
3.5.	Estudio topográfico	18
3.6.	Análisis de la calidad de agua.....	18
3.7.	Criterios técnicos de diseño	18
3.8.	Periodo de diseño.....	18
3.9.	Población de diseño.....	19
3.10.	Proyección de consumo	19
3.10.1.	Consumo Doméstico (CD)	20
3.10.2.	Consumo comercial (CC) Y Consumo Público o Institucional (CPI)	20
3.11.	Pérdidas.	20
3.12.	Consumo Promedio Diario	21
3.13.	Consumo Máximo Día (CMD).....	21
3.14.	Consumo Máximo Hora (CMH)	21
3.15.	Velocidades permisibles	21
3.16.	Presiones mínimas y máximas	22
3.17.	Diámetro mínimo	22
3.18.	Cobertura sobre tuberías.....	22
3.19.	Almacenamiento	22
3.20.	Línea de conducción por bombeo	23
3.21.	Pérdida de carga (hf)	24
3.22.	Velocidad	25
3.23.	Golpe de ariete.....	25
3.24.	Línea de conducción	28
3.25.	Red de distribución.....	28
3.26.	Modelación hidráulica en EPANET	28

3.27.	Hidráulica del acueducto	29
3.28.	Conexiones domiciliarias	30
3.29.	Presupuesto	30
IV.	Cálculos y resultados	31
4.1.	Diagnóstico del sistema existente	31
4.1.1.	Ubicación	31
4.1.2.	Delimitación	31
4.1.3.	Línea de conducción	32
4.1.4.	Tanque de almacenamiento	32
4.1.5.	Tratamiento	33
4.1.6.	Red de distribución.....	33
4.1.7.	Recreación del sistema existente.....	34
4.2.	Estudio socioeconómico	35
4.2.1.	Población	35
4.2.2.	Encuesta servicio de agua potable	36
4.3.	Levantamiento topográfico.....	44
4.4.	Proyección de consumo	45
4.4.1.	Crecimiento histórico de la población	45
4.4.2.	Escogencia de tasa de crecimiento para la población de diseño	46
4.4.3.	Proyección de la población futura de la comunidad de San Pedro.....	47
4.4.4.	Variación y proyección de consumo.....	47
4.5.	Análisis físico, químico y bacteriológico de la fuente	50
4.5.1.	Obra de captación	54
4.5.2.	Línea de conducción	54
4.5.3.	Estación de bombeo	56
4.5.4.	Red de distribución.....	63
4.5.5.	Modelo EPANET de red.....	66
4.5.6.	Tanque de almacenamiento	82
4.6.	Estimación de costos	84
4.7.	Conclusiones	88
4.8.	Recomendaciones	89
	Bibliografía	
	Anexos.....	

I.Introducción

1.1. Generalidades

La escasez de agua para el consumo humano en el mundo se presenta cuando la demanda excede a la capacidad de abastecimiento, la que a su vez es determinada, entre otros factores, por el cambio climático que provoca las prolongadas sequías que afecta la disponibilidad de agua en las fuentes naturales y por el crecimiento de la población. Los principales objetivos de la política de abastecimiento de Agua y Saneamiento contenido en el Plan Nacional de Desarrollo Humano del Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional (GRUN), relacionados a los proyectos de Agua son:

- 1) Aumentar la cobertura efectiva, mejorar la calidad del servicio, promover el uso racional de este recurso y asegurar el mantenimiento de los sistemas y redes existentes.
- 2) Administración eficiente de los recursos hídricos y promoción de una conducta más solidaria de la población. Los mayores obstáculos y dificultades en el acceso a los servicios de agua y saneamiento continúan marginando a aquellos grupos con mayores índices de pobreza, de salud, educación, sobre todo en zonas muy alejadas de las cabeceras municipales. Un papel preponderante de la Universidad Nacional de Ingeniería es el de aportar soluciones, comprometidos con el desarrollo social y económico de nuestro País, es por ello que, involucrándonos en la búsqueda de soluciones, se elabora y presenta ante las autoridades correspondientes, el siguiente trabajo monográfico nombrado:

"MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA COMUNIDAD DE SAN PEDRO DEL MUNICIPIO DE ESTELI, DEPARTAMENTO DE ESTELI."

Contribuyendo de esta manera a mejorar las condiciones de vida de sus habitantes.

Dentro de la propuesta a desarrollar, se pretende identificar los distintos escenarios técnicos y económicos viables, tomando en cuenta presentar principalmente la configuración del diseño con el esquema Fuente – Red – Tanque aplicándose para cada uno de los componentes las normas y criterios técnicos correspondientes vigente, (NTON 09007 - 19).

1.2. Antecedentes

En Nicaragua, la principal fuente de abastecimiento de agua potable es el agua subterránea, representando el 70 % del total y el 30% restante proviene de fuentes de agua superficial. Las estrategias de explotación de los recursos hídricos se han dirigido a la extracción de agua subterránea la cual tiene bajos costos de captación y un reducido costo de potabilización por su excelente calidad. (ONU 2000).

En Nicaragua se han realizado estudios relacionados a la organización y gestión de los sistemas de agua potable y saneamiento. Existen informes elaborados por instituciones afines al sector Agua y Saneamiento, como ENACAL, Nuevo FISE, AGUASAN, UNICEF, que han trabajado en este sector en la zona rural del País.

La comunidad de San Pedro, actualmente se abastece del sistema de agua potable que abastece la ciudad de Estelí. El agua es conducida por medio de tuberías mediante

horarios restringidos para poder distribuir el agua hacia algunos barrios de la ciudad y la comunidad.

El abastecimiento de agua es en promedio de 6 horas durante la mañana en las partes bajas y en las partes altas de la comunidad el horario es ente 3 y 4, siempre en horarios matutinos. Actualmente la población que se abastece de la red de agua potable existente es de 180 familias, principalmente las ubicadas en la parte concentrada de la comunidad.

1.3. Justificación

Los nicaragüenses tienen derecho por igual, a la salud y a habitar en un ambiente saludable, siendo el acceso al agua un derecho humano fundamental, indispensable para la vida y la salud de las personas y un requisito para la realización de todos los demás derechos humanos. En ese sentido mejorar el acceso al agua potable a las familias que cuentan con servicios deficientes de abastecimiento de agua o que carecen de ello en su totalidad se hace cada vez más imperativo.

De acuerdo a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en su objetivo 6, establece garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos, en sus principales puntos destaca el acápite 3, en promover la responsabilidad compartida en la construcción, uso y sostenibilidad de los sistemas de agua potable y saneamiento.

En la comunidad de san pedro, la red existente de agua potable abastece solamente a 180 familias, quedando una cantidad de familias que no cuentan con el vital líquido. Esto es debido a la capacidad de las fuentes de abastecimiento de agua y topografía de la comunidad, afectando principalmente a las familias que se ubican en las partes altas y

dispersas. De igual manera la infraestructura instalada de agua potable es insuficiente para satisfacer la demanda, en vista que la fuente de abastecimiento que abastece es compartida con otros barrios de la parte urbana de la ciudad, sectorizando el vital líquido en horarios que ascienden entre 3 y 6 horas.

Es por ello que se requiere diseñar un sistema de agua potable para los habitantes de esta comunidad, que garantice la cantidad, calidad y continuidad del servicio de agua potable. Tomando en cuenta que ha sido una demanda histórica de la misma.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Analizar el mejoramiento y ampliación del sistema de agua potable de la comunidad de San Pedro, del municipio de Estelí, departamento de Estelí.

1.4.2. Objetivos específicos

1. Realizar el diagnóstico del sistema existente, identificando el estado físico de los elementos de la red actual.
2. Desarrollar un estudio socioeconómico que facilite el reconocimiento de los problemas existentes en el área de estudio.
3. Analizar el estudio topográfico para la comunidad San Pedro del municipio de Estelí, departamento de Estelí.
4. Realizar la proyección de consumo de agua potable proyectada a los 20 años de la comunidad San Pedro del municipio de Estelí, departamento de Estelí.

5. Hacer el aforo de la fuente y evaluar los parámetros físicos, químico y microbiológicos de la fuente, garantizado la calidad del agua según los criterios establecidos por la norma (NTON 09007 - 19) para zonas rurales.
6. Diseñar hidráulicamente todos los componentes del sistema de agua potable del área de estudio aplicando las normas y criterios de diseños vigentes en (NTON 09007 - 19) para zonas rurales para un periodo de diseños de 20 años aplicando el software de EPANET.
7. Estimar los costos del sistema de agua potable del área de estudio basado en los precios actuales del mercado tanto de mano de obra como de materiales.

1.5. Descripción del área de estudio

Estelí está ubicado entre las coordenadas 13°05'58.6"N 86°20'46.2"W, a 560.91 metros sobre el nivel del mar y con una superficie de 370.84 km².

La comunidad de San Pedro pertenece al municipio de Estelí, departamento de Estelí y se localiza en las coordenadas 13°06'55.1"N 86°19'44.3"W, a 560.91 msnm, se ubica a 5kms al noreste de la ciudad de Estelí.

La comunidad de San Pedro cuenta con una población de aproximadamente 1000 habitantes y 240 viviendas, cuenta con Escuela de primaria, Centro de Salud.

Las familias se dedican principalmente a la manufactura de tabaco en la ciudad de Estelí, donde por su cercanía se trasladan diariamente mediante recorridos, también se ocupan del cultivo de tabaco y de granos básicos como maíz y frijoles en sus parcelas.

1.5.1. Macro localización



(Fuente: Google Earth)

1.5.2. Micro localización



(Fuente: Google Earth)

II. Marco teórico

2.1. Diagnóstico del sistema existente

El estudio consiste en el mejoramiento y ampliación del sistema de agua potable de la comunidad de San Pedro, municipio de Estelí, que garantice sea apta para consumo humano en cantidad, calidad y continuidad del servicio, según los criterios de diseños vigentes de las normas del país (NTON 09007 - 19). Para ello se realizará un diagnóstico del sistema existente identificando el estado físico de los elementos de la red de abastecimiento actual.

2.2. Estudio socioeconómico

Los estudios socioeconómicos se realizan en cada localidad para conocer el nivel social y económico de la misma que es fundamental en la elaboración del proyecto. Son de gran relevancia para hacer comparativos de varios años y sacar porcentajes de variación. La información socioeconómica de la localidad en estudio se puede recabar de fuentes locales, tales como: Alcaldías, ENACAL y causas propias para el estudio.

2.3. Investigación previa

Para iniciar la investigación preliminar es necesario que haya una solicitud de parte de la comunidad, en la cual la autoridad municipal plantea la introducción y/o rehabilitación de su sistema de agua potable; esta investigación previa se realiza en gabinete analizando todas las solicitudes presentadas y de estas, seleccionar las que por su crecimiento de población la justifique y puedan ser incluidas en el programa de gobierno federal, estatal o municipal.

2.3.1. Investigación directa

Estudios que son realizados visitando directamente a la población que se encuentra en proceso de estudio. Se debe recopilar toda la información de carácter socioeconómica de cada localidad para conocer el nivel social y económico de la misma.

2.3.2. Investigación de campo

La investigación fuera de la población se refiere a la localización de las fuentes de aprovisionamiento; para lo cual se necesita la calidad, la cantidad y la disponibilidad física del agua, que puede ser de manantial, de río, de lago, de alguna presa de almacenamiento, de galería filtrante, o subterránea extraída por medio de pozo profundo.

2.4. Estudio topográfico

El levantamiento topográfico se realiza con el fin de estudiar la naturaleza y las condiciones del terreno en donde se ubica el proyecto, dicho levantamiento suministra la información necesaria para seleccionar el método de cálculo más conveniente y adecuar el diseño de la red y línea de conducción, a las restricciones propias del lugar y evitar el mal funcionamiento del sistema, una vez que fuese instalado, se tomaran valores de coordenadas geodésicas para orientar el equipo con el que se realice dicho levantamiento.

2.5. Proyección de la población

Esta se realiza con el objetivo de conocer la población futura a los 20 años para el estudio de agua potable según la norma (NTON 09007 - 19).

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

La metodología generalmente aplicada, requiere la investigación de las tasas de crecimiento histórico, las que sirven de base para efectuar la proyección de población.

La información de datos poblaciones se puede obtener de las siguientes fuentes de información tales como: de 1950, 1963, 1995 y 2005, INIDE y el MINSA.

2.6. Aforo de la fuente

Los aforos de caudal consisten en determinar la cantidad de agua que atraviesa una sección transversal de un cuerpo de agua en un instante de tiempo dado.

Los aforos para pozos perforados deberán realizarse de la siguiente manera: El caudal de explotación será obtenido a través de una prueba de bombeo de un mínimo de 24 horas a caudal constante.

2.7. Calidad del agua

Muchas enfermedades tales como las infecciones de los ojos y la piel se deben probablemente a la falta de agua. Para ajustar, eliminar o reducir al mínimo aquellos componentes o características del agua 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 e hidrogeno 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 de agua vigentes aprobadas por ANA y MINSA.

2.8. Conexiones domiciliarias

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

2.9. Dotación

La dotación de agua, expresada como la cantidad de agua por persona por día está en dependencia de:

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

Según los criterios establecidos por la norma (NTON 09007 - 19) para zonas rurales:

- ✓ Para población rural concentrada La dotación para la población rural concentrada será de 100 lppd.

2.10. Nivel de servicio

Se define como el grado de satisfacción en la utilización de las opciones tecnológicas para suplir la población en cuestión.

2.11. Sistema de abastecimiento de agua potable

Un sistema de abastecimiento de agua son un conjunto de elementos cuya finalidad es la de transportar el líquido desde una fuente de captación (subterránea o superficial) a través de tuberías, hasta las viviendas o hacia la fuente de uso público, cumpliendo con los estándares de calidad y cantidad.

2.12. Periodo de diseño

Es la determinación del tiempo real para el cual se consideran funcional el sistema, intervienen una serie de variables que deben ser evaluadas para lograr un proyecto económicamente viable. Por lo tanto, el periodo de diseño puede definirse como el tiempo en el cual el sistema será 100 % eficiente ya sea por capacidad en la conducción del caudal deseado o por las existencias físicas de las instalaciones.

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

- ✓ Determinar que periodos de estos componentes del sistema, deberán satisfacer las demandas futuras de la comunidad.
- ✓ Que elementos del sistema deben diseñarse por etapas
- ✓ Cuáles serán las provisiones que deben considerarse para incorporar los nuevos elementos del sistema

2.13. Fuentes de abastecimiento

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

- ✓ Suministrar agua en cantidades suficientes para abastecer la demanda de la población durante el periodo de diseño considerado
- ✓ Mantener las condiciones de calidad necesarias para garantizar la potabilidad del agua.

2.14. Línea de conducción

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

2.14.1. Línea de conducción por gravedad

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

- a) Se diseñará para la condición del consumo de máximo día al final del período de diseño, el cual resulta al aplicar el factor de 1.5 al consumo promedio diario (CMD=

1.5 CPD más las pérdidas). En los puntos críticos se deberá mantener una presión de 5m por lo menos.

2.14.2. Línea de conducción por bombeo

Para el diseño de una línea de conducción por bombeo, se utiliza 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-Williams u otra similar.
- b) Para determinar el mejor diámetro (más económico) puede aplicarse la fórmula siguiente, ampliamente usada en los Estados Unidos de Norte América
- c) 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 ($CMD=1.5$ CPD, más las pérdidas).
- d) 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.

2.15. Almacenamiento

Se deben satisfacer las máximas demandas que se presenten durante la vida útil del sistema y mantener las reservas que garanticen hacer frente, tanto a los casos de interrupciones en el suministro de energía, como en los casos de daños que sufran las líneas de conducción o de cualquier otro elemento. En los sistemas donde existan o se

proyecten hidrantes para combatir incendios, se deben almacenar los volúmenes de agua considerando como mínimo 2 horas para enfrentar estas circunstancias.

2.16. Tanque de almacenamiento

Los depósitos para el almacenamiento en los sistemas de abastecimiento, de agua tienen como objetivo, suplir la cantidad necesaria para compensar las máximas demandas que se presentan en su vida útil. Brindar presiones adecuadas en la red de distribución y disponer de reservas antes eventualidades e interrupciones en el suministro de agua.

2.17. Red de distribución

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

2.18. Desinfección

La calidad del agua destinada para consumo humano se establece en la Normativa 066, "Manual para la vigilancia Sanitaria del agua para consumo humano", Acuerdo Ministerial N° 232 2011, MINSA.

Debe cumplir con los valores recomendados y máximos permisibles, establecidos en el Acuerdo Ministerial No.65-94 que corresponden a las Normas Regionales CAPRE, "Normas de Calidad del Agua para el consumo"; en su versión vigente.

El sistema de abastecimiento de agua, debe considerar un sistema de desinfección apropiado, que garantice la calidad bacteriológica del agua para consumo humano.

El cálculo de la dosis debe ser establecida en función de la calidad del agua y el caudal. En la desinfección del agua para consumo humano debe utilizarse el cloro gaseoso, hipoclorito de calcio o hipoclorito de sodio u otros autorizados por el MINSA.

2.19. Calidad del agua

Para determinar la calidad del agua se deben utilizar Normas de Calidad del Agua para el consumo humano, adoptadas por el Ministerio de Salud MINSA, mediante Acuerdo Ministerial No.65-94 que corresponden a las Normas Regionales CAPRE, “Normas de Calidad del Agua para el consumo”; en su versión vigente.

2.20. Costo y presupuesto

Se realizará un análisis de costo de las actividades involucradas en el proyecto según el catálogo actualizado del FISE. Luego de esto se colocan en una hoja de formato xlsx, los precios concernientes a las actividades.

Después de haber realizado la estimación de los cálculos de las actividades del proyecto, incluyendo la evaluación de volumen de obra se procederá efectuando lectura e interpretación de planos haciendo uso de las diferentes plataformas como lo son AutoCAD o bien Civil3D, de esta forma también se hacen revisiones de especificaciones técnicas de los mismos.

Pruebas de laboratorio Se procederá a llevar muestras de la fuente a un laboratorio debidamente certificado para que este se encargue de verificar la calidad de agua que proporciona la fuente.

Proyección de costos totales basados en los resultados anteriores, se hará el estimado de volúmenes de obras y costos, siendo congruentes con las constructivas o de

desarrollo, valorando tanto costos directos como indirectos. Una vez realizada la estimación y cálculo de costos totales se muestran en una hoja de formato .xlsx (Excel).

III. Diseño metodológico

3.1. Tipo de investigación

Investigación descriptiva: se describió la situación socioeconómica de la comunidad para proponer una posible solución a los problemas que se presentan y también se puede ajustar a las necesidades de la población.

Investigación tecnológica: se utilizaron las normas que establecen los parámetros de diseños, se realizaron los debidos cálculos para el funcionamiento efectivo del sistema de abastecimiento de agua potable (red de distribución, líneas de conducción y captación) donde los pobladores puedan llegar a obtener un servicio adecuado.

3.2. Reconocimiento de la zona de estudio

Se visitó el sector en análisis para valorar los componentes del sistema de agua potable e identificar las diferencias que este posea y así cumplir con los alcances de proyecto.

3.3. Evaluación del sistema de abastecimiento existente

De acuerdo con la información recopilada acerca del proyecto existente y planos topográficos obtenidos se analizaron condiciones técnicas y de servicio; para evaluar si el sistema de abastecimiento actual cumple con las normas de diseño vigentes en la norma vigente, la NTON 09 007-19, de esta manera se utilizó un software (EPANET) para el análisis hidráulico del sistema.

3.4. Estudio socioeconómico

Se realizó el estudio socioeconómico a través de una encuesta de la población de la comunidad San Pedro con el objetivo de conocer los problemas existentes en el área de estudio, ya que son aspectos fundamentales en la elaboración del proyecto.

3.5. Estudio topográfico

En base a los planos de planimetría y altimetría proporcionados por ENACAL Estelí, se hizo un análisis con el objeto de conocer los niveles del terreno, la ubicación de las viviendas existentes que figuren en el área de estudio y conocer los puntos de la red de distribución. De esta manera se aplicaron las técnicas y consideraciones necesarias para realizar diseñar correctamente.

3.6. Análisis de la calidad de agua

Se realizaron los determinados estudios de calidad de agua de las fuentes de carácter químico, físico y bacteriológico para cumplir con la norma (NTON 09007 - 19).

3.7. Criterios técnicos de diseño

Se optaron por los criterios para el diseño del sistema basados en las normas técnicas para el diseño de abastecimiento y potabilización de agua (NTON 09007 - 19), la norma vigente en el país para establecer los criterios técnicos para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano.

3.8. Periodo de diseño

El periodo de diseño consistió en fijar la vida útil de todos los componentes del sistema, el cual consta con un tiempo de vida de 20 años, comprendiendo el periodo 2023-2043

basándose en factores que intervienen en la selección del tiempo esperado en que la obra funcione.

3.9. Población de diseño

Para obtener la proyección futura de la población se usó el método geométrico, ya que es uno de los métodos más factibles y mayormente usados ciudades que no han alcanzado un desarrollo completo y continúan creciendo a una tasa fija, siendo este recomendado por las técnicas en la (NTON 09007 - 19).

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

Donde:

P_n : Población al cabo de “n” años

P_o : Población al inicio del periodo de diseño

n: Número de años que comprende el periodo de diseño

r: Tasa de crecimiento anual expresada en dotación decimal

3.10. Proyección de consumo

Dotación de agua: para determinar la cantidad de agua que se requiere para satisfacer las condiciones de agua de la comunidad de san Pedro se estimó una cantidad de dotación expresada en (lppd) tomando referencias de la norma técnica obligatoria de Nicaragua (NTON 09007 - 19).

3.10.1. Consumo Doméstico (CD)

Para establecer el porcentaje de agua que se requiere para saciar las condiciones de agua de una ciudad o de una población proyectada se consideró una cantidad de dotación.

$$CD = (\text{Poblacion futura}) * (\text{Dotacion})$$

3.10.2. Consumo comercial (CC)

Se consideró comercios y centros públicos como: Escuelas, iglesias, etc. Según la norma (NTON 09007 - 19) a centros institucionales le corresponde un 7% de la dotación del consumo doméstico diario.

$$CC = (CD) * (7\%)$$

$$CPI = (CD) * (7\%)$$

$$CInd = (CD) * (2\%)$$

3.11. Pérdidas.

Parte del agua que se produce en un sistema de agua potable se pierde en cada uno de sus componentes. Esto constituye lo que se conoce con el nombre de fugas y/o desperdicio en el sistema. Dentro del proceso de diseño, esta cantidad de agua se puede expresar como un porcentaje del consumo del día promedio. En el caso de ciudades y localidades con más de 500 viviendas, el porcentaje se fijará en un 20% y para localidades hasta 500 viviendas el 15%.

3.12. Consumo Promedio Diario

El consumo promedio diario se expresa de la siguiente manera:

$$CPD = CD + CC + CI + CP$$

En donde:

CD: Consumo domestico

CC: Consumo comercial

CI: Consumo industrial

CP: Consumo público o institucional

3.13. Consumo Máximo Día (CMD)

Se utilizó un factor de variación diaria de 1.5 con respecto al consumo promedio diario (CPD), según establecido por la norma (NTON 09007 - 19).

$$CMD = 1.5 * CPD + pérdidas$$

3.14. Consumo máximo hora (CMH)

Se utilizó un factor de variación horaria de 2.5 con respecto al consumo promedio diario (CPD) según lo establecido por la norma (NTON 09007 - 19).

$$CMH = 2.5 * CPD + pérdidas$$

3.15. Velocidades permisibles

Velocidades permisibles. Se permitirán velocidades de flujo de 0,60m/s a 5,00m/s, de ser necesario se deben instalar válvulas de limpieza.

3.16. Presiones mínimas y máximas

La presión mínima residual en la red principal de los sistemas urbanos debe ser de 14.00 m y la máxima de 50.00 m; permitiéndose presiones estáticas de hasta de 70.00 m en puntos aislados o con topografía muy irregular. En las zonas rurales se permitirán presiones mínimas de 5 m en el punto de la conexión con el medidor y presiones máximas de acuerdo a las características del material y al análisis hidráulico a utilizar.

3.17. Diámetro mínimo

El diámetro mínimo de la tubería de la red de distribución debe ser de 50 mm siempre y cuando se demuestre que su capacidad sea satisfactoria para atender la demanda máxima. En zonas rurales donde se determine que no habrá crecimiento poblacional, podrá usarse el diámetro mínimo de 37.5 mm.

3.18. Cobertura sobre tuberías

En el diseño de tuberías colocadas en calles de tránsito vehicular se mantiene una cobertura mínima de 1.20 m, sobre la corona del conducto en toda su longitud. En los casos que se requiera que la tubería quede a menor profundidad se debe justificar la protección de la misma. En andenes esta cobertura mínima será 0.70 m.

3.19. Almacenamiento

En el proyecto de cualquier sistema de abastecimiento de agua potable, deben de diseñarse los tanques que sean necesarios para el almacenamiento, capaces de suplir las máximas demandas que se presenten durante la vida útil del sistema.

Poblaciones menores de 20000 habitantes, el 25% del consumo promedio diario más medidas (CPD).

3.20. Línea de conducción por bombeo

- **Carga Dinámica Total (CTD)**

Es la carga contra la cual opera una bomba al mismo tiempo para que pueda realizar el trabajo que pretende.

$$CTD: nivel de rebose - nivel de terreno + nivel de bombeo$$
$$+ Perdidas en columna de bombeo y sarta + Perdidas en la descarga$$

- **Columna de bombeo**

El diámetro de la columna de bombeo dentro del pozo acoplado a la bomba, será diseñado para una pérdida de fricción no mayor del 5% de su longitud, por lo cual se recomiendan los diámetros para la columna de bombeo en relación al caudal.

La longitud de columna se establece para que el cuerpo de la bomba se sumerja 6,0 m bajo el nivel mínimo de bombeo.

Tabla 1 -Diámetros de columna de bombeo en relación al caudal

Diámetro de Columna de Bombeo mm	Caudal de Bombeo L/s
75	3,15
100	6,3
150	37,8
200	75,7

(Fuente: NTON 09 007 19)

- **Sarta**

Para calcular el diámetro de la sarta es a través de los rangos de caudales para así seleccionar el diámetro correcto, según la norma NTON 09 007 19

Tabla 2 -Diámetro de sargas de conexión de bombas

Diámetro de Sarta mm	Rango de caudales L/S	
50	5.05	-
75	5.05	12.6
100	12.6	25.2
150	25.2	56.8
200	56.8	75.7
250	75.7	101

(Fuente: NTON 09 007 19)

Las sargas deberán llevar: Manómetro de medición con llave de chorro de ½", Medidor de flujo (macromedidor), Válvula de aire y vacío, Válvula de retención, Válvula de compuerta, válvula de alivio, derivación de descarga para pruebas de bombeo y limpieza del mismo diámetro de la sarta, unión flexible tipo dresser.

3.21. Pérdida de carga (hf)

Para el propósito de diseño se consideran la Ecuación de Hazen-Williams:

$$h_f = 10.67 \left(\frac{Q^{1.85}}{C^{1.85} D^{4.87}} \right) L$$

El gradiente hidráulico deberá ser menor de 10m / 1000m permitiendo un máximo de hasta 15m/1000m para tramos cortos.

3.22. Velocidad

Se permiten velocidades de flujos en la línea de conducción entre 0.6 m/s y 1.5 m/s y se calcularan a través de la fórmula de continuidad:

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

Donde:

V: Velocidad (m/s)

A: Área de la sección transversal de la tubería (m²).

Q: Caudal (m³/s).

3.23. Golpe de ariete

Las unidades de bombeo (incluyendo el equipo auxiliar) deben tener una capacidad lo suficientemente amplia, en cuanto al número de unidades que permitan la reparación al menos de una unidad sin serias reducciones en el servicio.

$$\Delta H = \frac{CV}{g}$$

- **Sobrepresión**

Donde:

ΔH : Sobrepresión o golpe de ariete (m).

V: Velocidad media del agua (m/s)

C: Celeridad (m/s)

g: Aceleración de la gravedad (m/s²)

- **Cálculo de la celeridad**

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

Donde:

a: 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: Coeficiente que tiene en cuenta los módulos de elasticidad (a dimensional)

- **Cálculo del coeficiente K**

$$k = \frac{10^{10}}{E}$$

Donde:

k: Coeficiente que tienen en cuenta los módulos de elasticidad (a dimensional)

E: Módulo de elasticidad del material del tubo (a dimensional)

- **Cierre rápido**

$$T = < \frac{2 * L}{a}$$

Si T es menor que $2*L/a$, la maniobra ya habrá concluido cuando se produzca el retorno de la onda de presión y tendremos un cierre rápido, alcanzándose la sobrepresión máxima en algún punto de tubería.

- **Cierre lento**

$$T => \frac{2 * L}{a}$$

- **Potencia de bomba requerida**

La potencia neta demandada por la bomba se determinará usando la siguiente fórmula:

$$P_g = \frac{Q * C.T.D}{3960 * eb * em}$$

Donde:

PB: Potencia Neta de la Bomba (HP)

Q: Caudal de Bombeo Consumo de máximo Día (gpm).

CTD: Carga Total Dinámica (Pies).

(eb)(em): Eficiencia del equipo de bombeo

- **Selección de la bomba**

Seleccionará la bomba sumergible según los nomogramas del fabricante, considerando la presión manométrica total requerida y el caudal de diseño.

3.24. Línea de conducción

Las líneas de conducción se diseñarán para la condición de consumo de máximo día (CMD), se aplicará el factor de 1.5 al consumo promedio diario por lo que resulta (CMD= 1.5 CPD + las pérdidas). Su capacidad se calculará con el caudal máximo diario o con el que se considere más conveniente, serán dimensionadas con el diámetro que consideremos más económico utilizando la fórmula de Bresse:

$$D = 0.9 Q^{0.45}$$

Donde:

D: Diámetro (m)

Q: Caudal (m³/s)

3.25. Red de distribución

La red de distribución se diseñó para la condición de consumo máxima hora (CMH), se aplicó el factor 2.5 al consumo promedio diario por lo que resulta.

$$CMH = 2.5 CPD + pérdidas$$

3.26. Modelación hidráulica en EPANET

La configuración de los valores predeterminados de EPANET se realizan en la ventana "Valores por defecto" de la pestaña "Proyecto" de la barra de menú. Desde esta ventana

en la primera pestaña “Etiquetas ID” se emplearán las etiquetas para nombrar los distintos elementos de la red de distribución.

Las modificaciones más importantes para la simulación corresponden a las siguientes:

- ✓ Las unidades de medida a utilizar serán las correspondientes al Sistema Internacional:
- ✓ Unidad del caudal (l/s).
- ✓ Pérdida por fricción.
- ✓ Peso específico (kg/m³)
- ✓ Viscosidad relativa (cinemática) según prueba de bombeo.
- ✓ Factor de demanda será un valor que puede ser cambiado en atención al tipo de escenario a simular. Para comenzar puede ser definido en 2.5, es decir, igual al factor de demanda para consumo máximo horario.

3.27. Hidráulica del acueducto

Para el análisis de una red deben considerarse los aspectos de red abierta y el de malla cerrada. En el caso de red abierta puede usarse el método de la gradiente piezométrica y caudal, usando la fórmula de Hazen-Williams u otras similares. Ver unidades de las variables en el numeral.

$$\frac{H}{L} = S = \left[\frac{10.679Q^{(1.85)}}{C^{(1.85)}D^{(4.87)}} \right]$$

- ✓ Para el caso de malla cerrada podrá aplicarse el método de Hardy Cross, considerando las diferentes condiciones de trabajo de operación crítica.
- ✓ En el análisis hidráulico de la red debe tomarse en cuenta el tipo de sistema de suministro de agua ya sea por gravedad o por bombeo.

3.28. Conexiones domiciliarias

Se realizará la instalación de conexiones domiciliarias que tendrán un diámetro mínimo de tubería de ½ pulgadas y deberá estar siempre controlada por un medidor correspondiente o por un regulador de flujos, este requisito se deberá cumplir según la normativa técnica para el diseño de abastecimiento y potabilización del agua (NTON 09 003-99).

3.29. Presupuesto

Una vez definidas las actividades del proyecto es necesario conocer los precios de los materiales y elementos para la red de distribución de agua potable y del sistema de saneamiento para la elaboración de un presupuesto con la finalidad de conocer el costo total del proyecto.

Para elaborar el presupuesto del proyecto se seguirán los siguientes pasos:

- ✓ Estimar cantidades de obras en base a los planos constructivos.
- ✓ Organizar las actividades en etapas y sub etapas.
- ✓ Utilizar los costos unitarios del FISE, para calcular el presupuesto con el software Excel.

IV. Cálculos y resultados

4.1. Diagnóstico del sistema existente

4.1.1. Ubicación

La comunidad de San Pedro se localiza a unos 25 minutos en automóvil desde el centro de la ciudad de Estelí, en Nicaragua. Se accede a ella a través de una carretera adoquinada que conecta ambas localidades. La topografía de San Pedro es mayormente plana y uniforme, aunque se pueden encontrar variaciones de altura significativas en algunos puntos aislados.

4.1.2. Delimitación

El sistema de agua potable de la comunidad de San Pedro abarca un área de 654,161 km² y cuenta con una extensión de tuberías de 3 km. Este sistema ha sido diseñado y construido para proporcionar suministro de agua potable a los residentes de la comunidad, asegurando así el acceso al agua limpia y segura en un área específica.

La comunidad de San Pedro obtiene su suministro de agua de una fuente subterránea conocida como Pozo #11 Estelí. Este pozo fue perforado en 1992 y se encuentra ubicado a 1 km de la comunidad. La fuente tiene un caudal de 150 gpm (galones por minuto) y utiliza el método de descarga libre para proporcionar agua. Actualmente, el pozo abastece tanto a la comunidad de San Pedro como a algunos barrios ubicados en el distrito dos de la zona este de la ciudad de Estelí.

Según las normas establecidas, el pozo se clasifica como subterráneo. Sin embargo, presenta dificultades para abastecer adecuadamente tanto a la comunidad de San Pedro como a la parte este, del distrito dos de Estelí. Como parte de la nueva etapa del proyecto,

se ha propuesto que el pozo bombeará exclusivamente para la comunidad de San Pedro, lo cual garantizará un suministro adecuado para satisfacer la demanda máxima diaria de la población futura, estimada en 50 GPM. Esta medida permitirá cumplir de manera suficiente con las necesidades de consumo de agua de la comunidad de San Pedro en el futuro.

4.1.3. Línea de conducción

La línea de conducción existente tiene una longitud de 980 metros y está compuesta por tuberías de PVC con un diámetro de 4" y un estándar SDR 26. Actualmente, esta línea de conducción se encuentra en buenas condiciones, lo que significa que está en un estado adecuado para transportar el agua desde el Pozo #11 Estelí, hacia la comunidad de San Pedro. La calidad y el estado óptimo de la línea de conducción son elementos cruciales para garantizar un suministro eficiente y confiable de agua a los usuarios.

4.1.4. Tanque de almacenamiento

En la actualidad, el sistema de agua de la comunidad de San Pedro no cuenta con un tanque de almacenamiento. El bombeo directo a la red es el método utilizado para suministrar agua a los usuarios. Esto implica que el agua extraída del Pozo #11 Estelí se bombea directamente a través de la red de distribución sin ser almacenada en un tanque.

Sin embargo, es importante considerar que la instalación de un tanque de almacenamiento puede tener beneficios significativos para el sistema de agua. Un tanque de almacenamiento permitiría acumular agua durante los períodos de baja demanda, lo que facilitaría la gestión del suministro y la estabilización de la presión del agua en la red. Además, en casos de interrupción del bombeo o mantenimiento del pozo, el tanque de

almacenamiento serviría como reserva temporal para asegurar un suministro continuo a los usuarios.

4.1.5. Tratamiento

El agua suministrada en la comunidad de San Pedro se considera de buena calidad, según los análisis realizados por el laboratorio de calidad del agua, cumpliendo con las Normas CAPRE (Normas de Calidad del Agua Potable en Nicaragua). Para asegurar su potabilidad, se lleva a cabo un proceso de tratamiento que incluye la desinfección con hipoclorito de sodio al 12%.

El tratamiento se realiza utilizando un clorador eléctrico de pulso de la marca GEA. Se establece una dosis de 1.0 mg/litro de hipoclorito de sodio.

La selección de la dosis de cloro se establece en función de criterios sanitarios específicos de la fuente de agua. No obstante, es crucial garantizar que la concentración de Cloro Residual Libre (CRL) esté en el rango de 0.5 a 5.0 mg/L en las redes de agua potable de acuerdo a normas CAPRE. En el caso del pozo 11, una dosis de 1 mg/L de cloro aplicada en el pozo es suficiente, considerando la calidad y la producción del pozo.

4.1.6. Red de distribución

La red de distribución existente, según la revisión de los planos, tiene una longitud total de 1,930 metros. Está compuesta por 900 metros de tubería con un diámetro de 4 pulgadas SDR 26 y 1,030 metros de tubería con un diámetro de 2 pulgadas SDR 26. Esta red de distribución se encarga de llevar el agua desde el punto de captación hasta las viviendas de la comunidad de San Pedro.

Para las conexiones domiciliarias, se utilizan acoples con un diámetro de ½" pulgada. Estos acoples permiten la conexión de las tuberías principales a las viviendas, asegurando un suministro adecuado de agua en cada hogar.

En cuanto al estado de la red de distribución, actualmente se encuentra en buen estado, lo que implica que las tuberías están en condiciones óptimas y no presentan problemas significativos de fugas o daños. Esto es crucial para garantizar una distribución eficiente y confiable del agua a los usuarios finales.

4.1.7. Recreación del sistema existente

Se llevó a cabo una simulación del sistema existente, centrándose exclusivamente en el área de la comunidad de San Pedro. Los resultados obtenidos indican que, con la configuración actual de las tuberías, es posible cumplir con las presiones necesarias en esta zona. Esto se debe a que la fuente de suministro, el Pozo #11 Estelí, se destinará exclusivamente al abastecimiento de agua para la comunidad de San Pedro.

Al enfocarse únicamente en la comunidad de San Pedro, se ha logrado optimizar el diseño del sistema de distribución y asegurar que las presiones de agua sean adecuadas para satisfacer las necesidades de los usuarios en esta área específica. Esta recreación del sistema permitirá mejorar la eficiencia en la entrega de agua, garantizando un servicio de calidad y cumpliendo con los estándares requeridos para la comunidad de San Pedro.

4.2. Estudio socioeconómico

El estudio poblacional se llevó a cabo en la comunidad de San Pedro Estelí, tomando como universo a 180 jefes de familia. Según los datos obtenidos de una encuesta realizada en la comunidad, se estima que en promedio habitan 720 personas en San Pedro. Este estudio se llevó a cabo mediante la colaboración de estudiantes de la Universidad Nacional de Ingeniería, quienes realizaron la encuesta con el objetivo de recopilar información sobre las condiciones económicas, los servicios de agua y saneamiento, y la salud comunitaria.

Además de la encuesta, se realizó una entrevista al líder de la comunidad con el fin de obtener información adicional y comprender mejor las necesidades y desafíos específicos que enfrenta San Pedro. Los resultados obtenidos de este estudio se presentan a continuación, incluyendo datos relevantes sobre la comunidad, su economía, los servicios de agua y saneamiento, así como la salud comunitaria.

4.2.1. Población

Con el propósito de obtener información precisa sobre la población de la comunidad, se realizó una encuesta a un total de 180 jefes de familia. Esta cifra representa aproximadamente el 81% de los jefes de familia en la comunidad de San Pedro. El objetivo principal de la encuesta fue recopilar datos relevantes sobre la economía familiar, las condiciones de vivienda, así como el servicio y la calidad del agua potable.

La muestra seleccionada proporciona una representación significativa de la población y permitirá obtener una visión general de la situación socioeconómica de la comunidad. Los resultados obtenidos a través de esta encuesta serán utilizados para analizar y

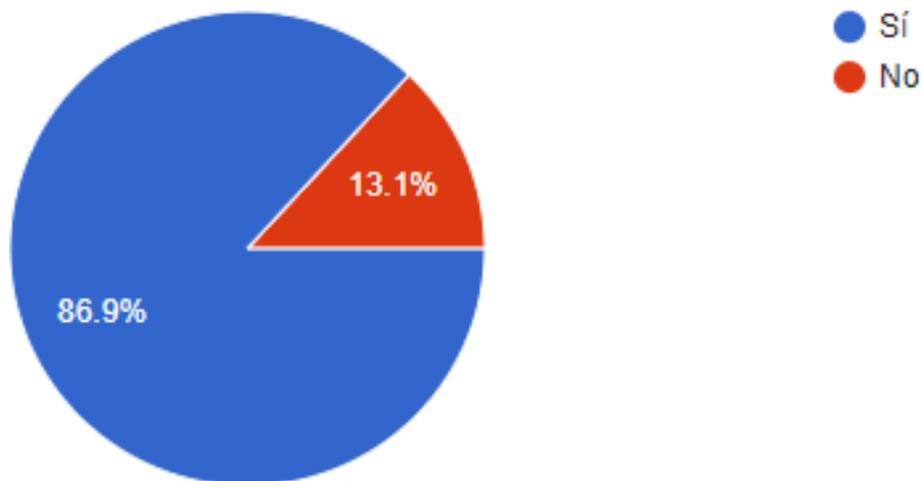
comprender mejor las necesidades de la comunidad en términos de servicios básicos, con un enfoque particular en el suministro de agua potable.

4.2.2. Encuesta servicio de agua potable

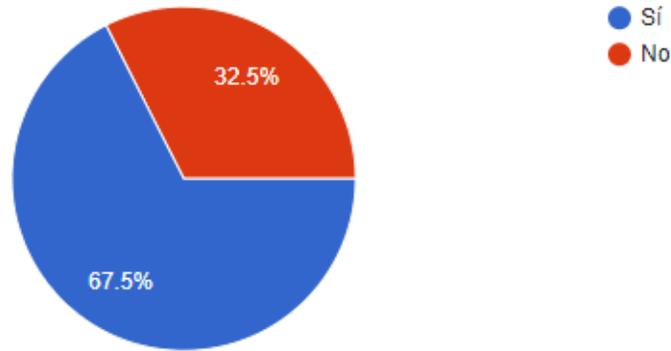
Índice de graficas de la encuesta

1- ¿Cuenta usted con el servicio de agua potable?

De las encuestas realizadas se obtuvo que el 86.9 % de la población cuenta con un servicio de agua potable en sus casas, mientras que el 13.1% todos estos ubicado en el sector conocido como el Torreón, ubicado en el punto más alto de la comunidad, hacen uso de un puesto comunitario para abastecerse de agua potable, por medio de dos llaves en las cuales a las 10 de la noche llega el agua y se va a las 4 de la mañana.

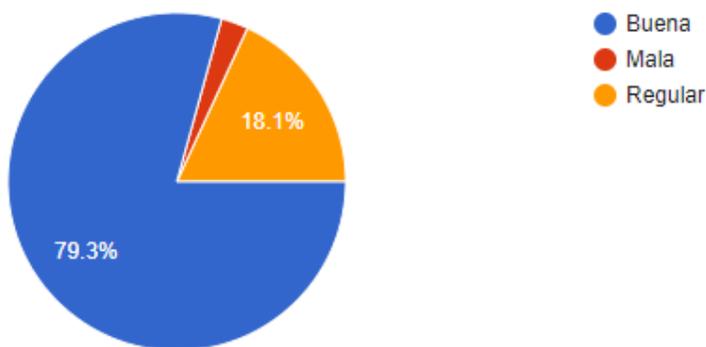


2- ¿La cantidad de agua suministrada es suficiente para cubrir sus necesidades diarias?



De las mayores inconformidades de la población es los horarios del servicio de agua potable, promediando unas 8 horas al día, dando como resultado un 67.5% de encuestados que piensan que el agua suministrada es suficiente para cubrir sus necesidades diarias mientras que 32.5% de los encuestados piensa que no.

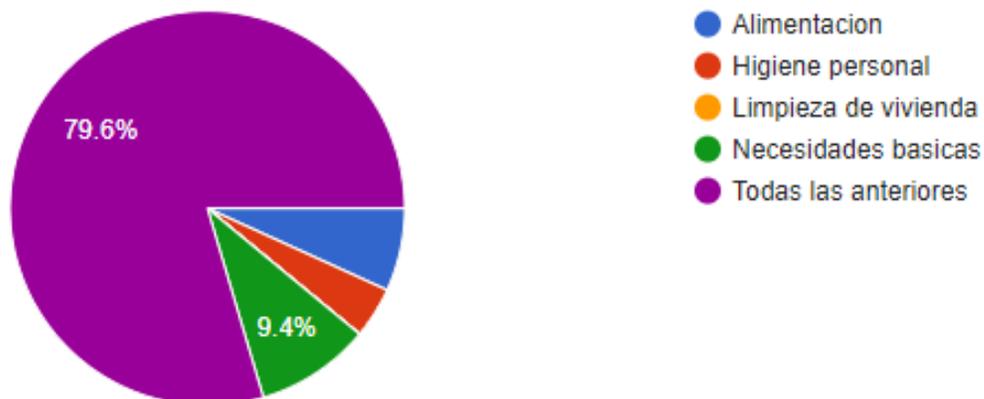
3- ¿Cómo califica la calidad del agua?



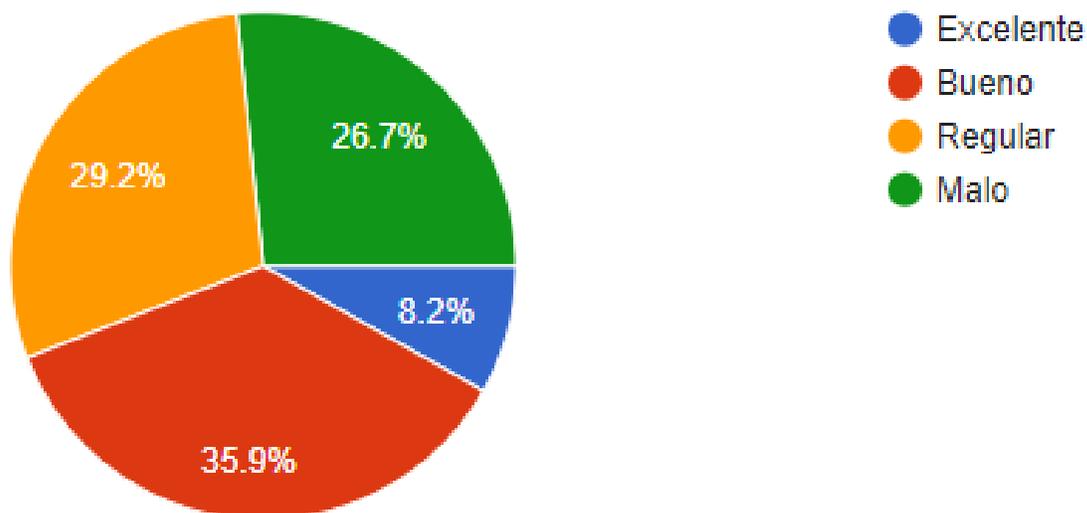
El 79.3% de los encuestados califica la calidad de buena mientras que un 18% regular y un 2.6% mala.

4- ¿Qué uso le da al agua proporcionada?

En el siguiente diagrama se muestra el uso que la gente le da al agua suministrada; el 79.6% de la población usa el agua para alimentación, Higiene personal, limpieza de vivienda, necesidades básicas.



5- ¿Cómo califica el servicio de agua?

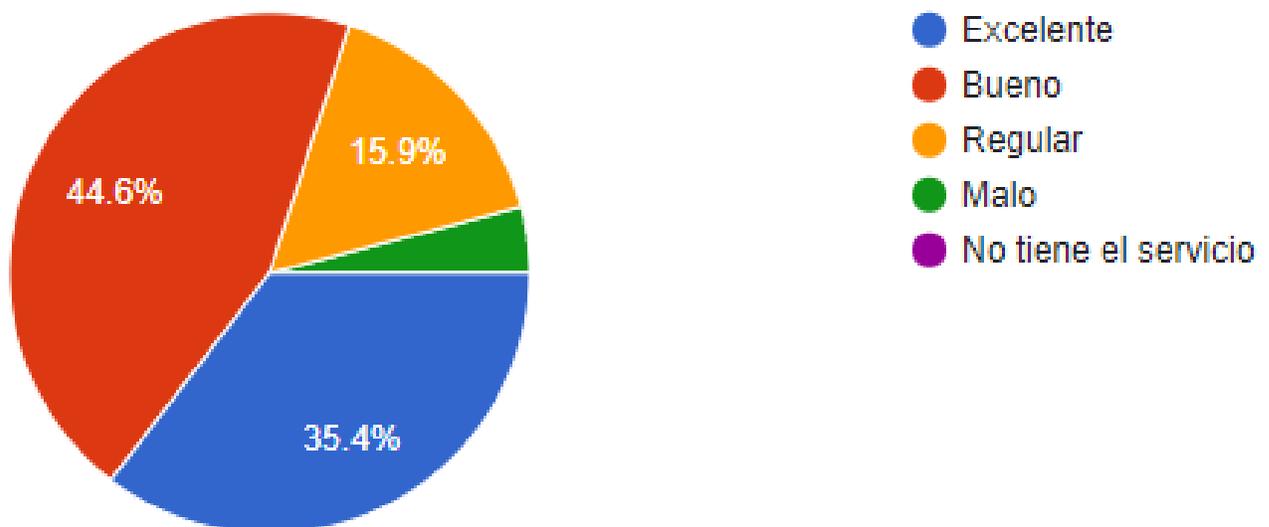


El 35.9% de los encuestados consideran que el servicio de agua brindado hasta el momento es Bueno, mientras que el 8.2% Excelente, 29.2% regular y el 26.7% malo ,si se puede apreciar esta división bastante igual en entre bueno, regular y malo se debe al

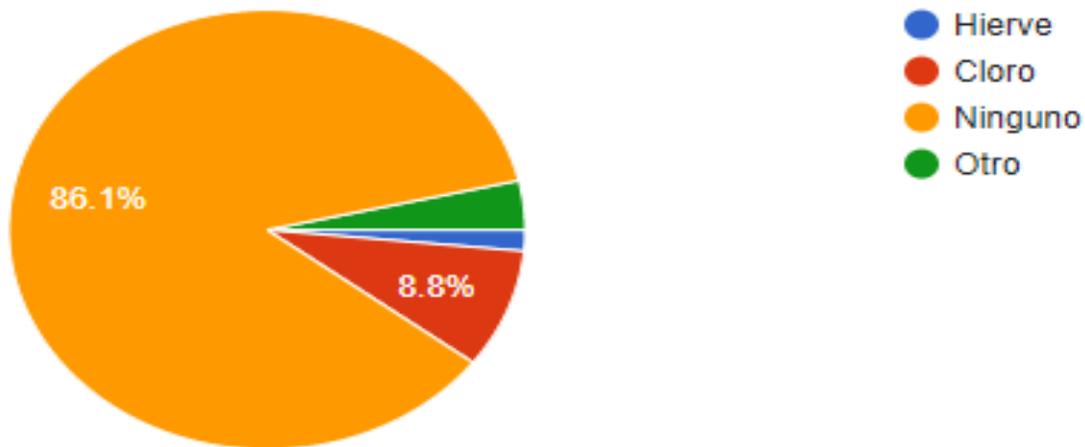
sector en que vive el encuestado, ya que los que se encuentran mayormente en el sector que calificaron como bueno el servicio de agua es debido al horario de servicio, este sector cuenta con una mayor cantidad de horas de servicio y en horas de la mañana y por la tarde, mientras los que consideran mal el servicio es debido a que cuentan con un horario por la tarde y la noche.

6- ¿En qué estado físico se encuentra los elementos del sistema de abastecimiento de agua potable?

Según los datos de los encuestados se puede concluir que el estado de los elementos del sistema de abastecimiento que opera actualmente en la comunidad está en buen estado, ya que el 35.4% de la población considera que esta en excelente estado, el 44.6% en Buen estado, el 15.9% regular mientras que solo el 4.1% consideran que está en mal estado.

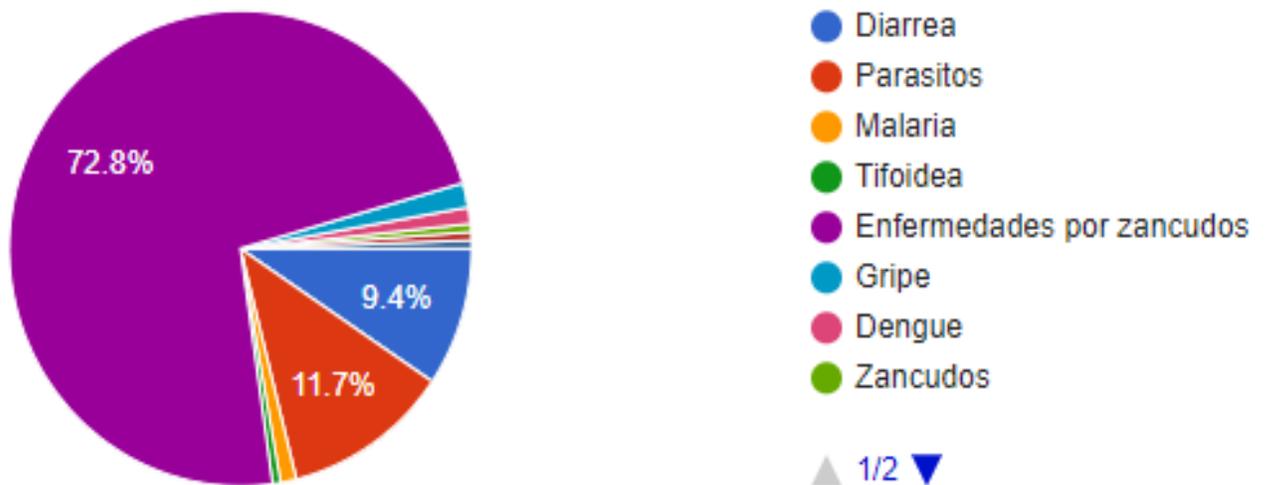


7- ¿El agua antes de ser consumida le da algún tratamiento?



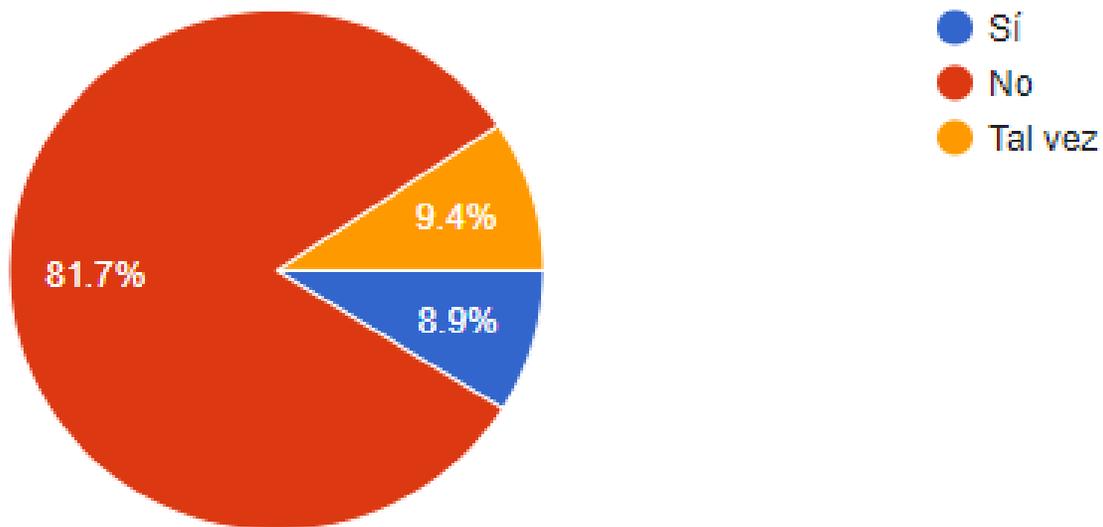
8- ¿Qué enfermedades afectan con mayor frecuencia a la población?

El 86% de los encuestados no le dan algún tipo de tratamiento al agua antes de ser consumida, se podría decir que se tiene bastante confianza en la población de la calidad de agua brindada, además, según el 73% de los encuestados consideran que las enfermedades que afecta con mayor frecuencia a la población son enfermedades por zancudos.



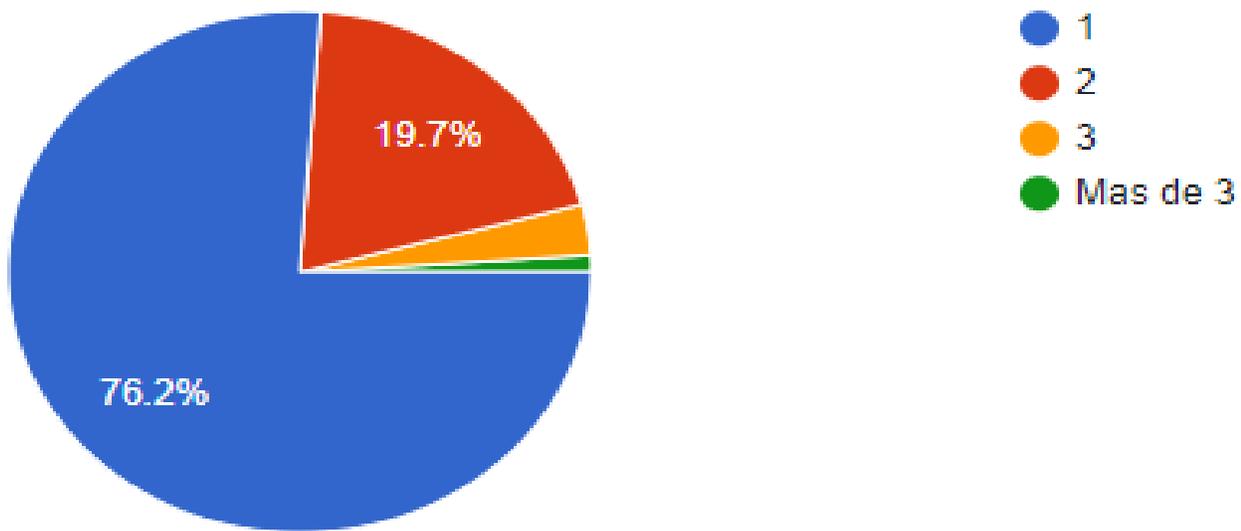
9- ¿Cree usted que estas enfermedades son producto de la calidad del agua que consumen?

el 82% de los encuestados consideran que estas enfermedades no son producto de la calidad del agua que consumen.

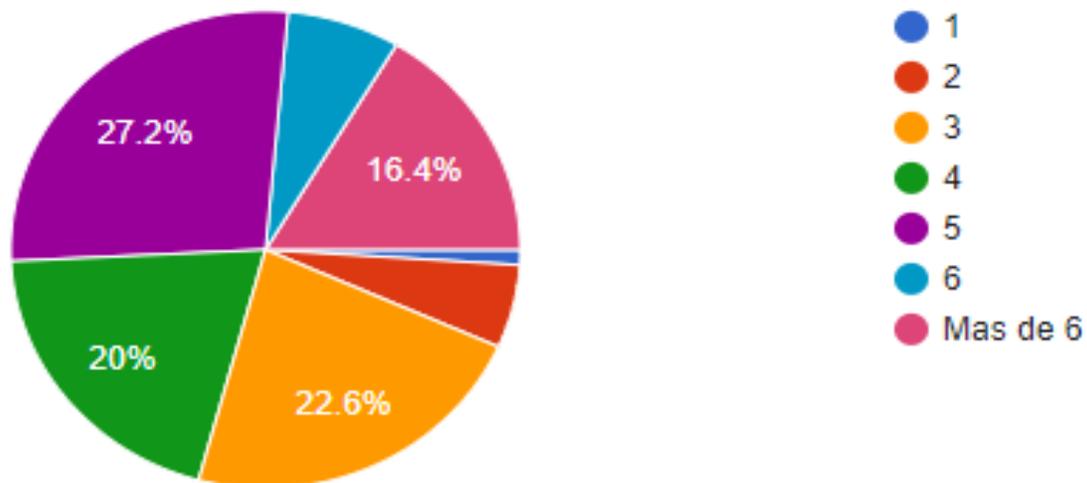


10- ¿Cuántas familias viven en la vivienda?

En la comunidad de San Pedro el 76.2% de la casa vive una familia y en el 20% de las casas encuestadas bien 2 familias, mientras que la cantidad de habitantes por hogar podemos ver que en el 20% viven 4 personas en el 22.6% 3 personas, en el 27.2% 5 personas y el 16.4% más de 6.



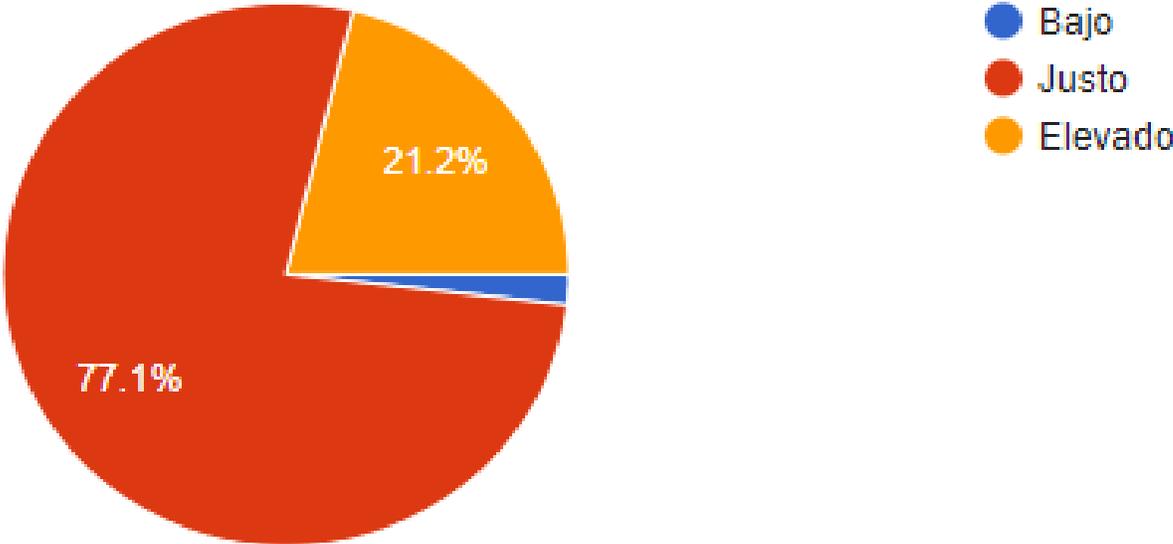
11- ¿Cuántas personas habitan en la vivienda?



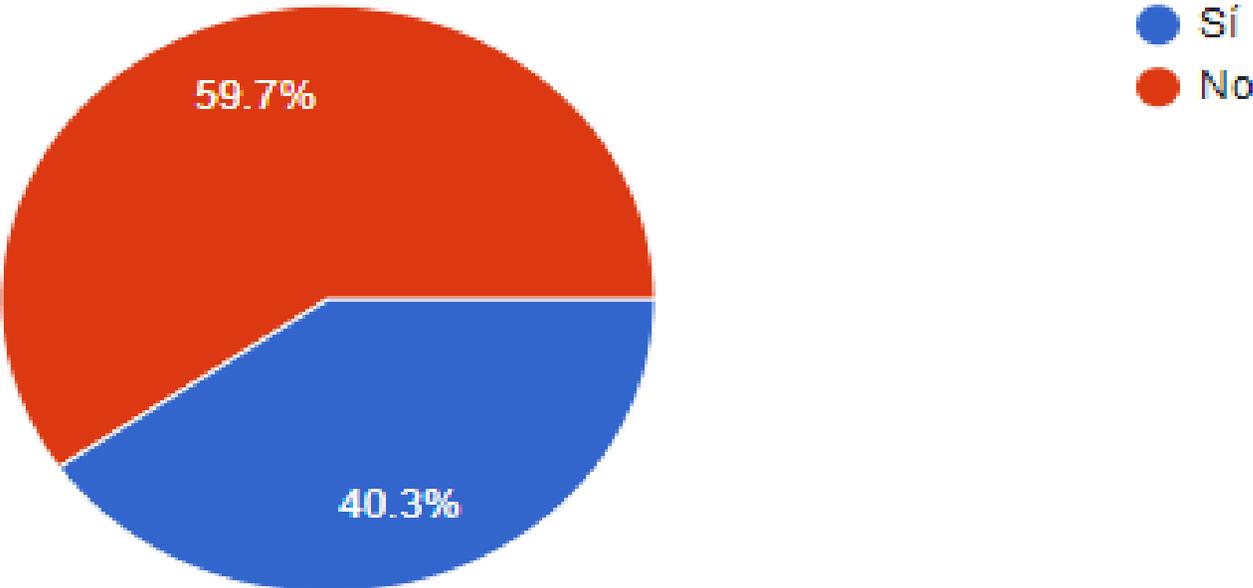
12- ¿De acuerdo con la calidad del servicio de agua, cree usted que lo que paga por el servicio?

El 86% de los encuestados pagan por el servicio de agua potable y el 77% de los encuestados que pagan por el servicio de agua potable, consideran que lo que pagan es

justo versus un 21% que lo considera elevado, pero el 59.7% consideran que las autoridades no se han preocupado por mejorar la calidad del servicio de agua mientras que el 40.3% que si se han preocupado por mejorarles.

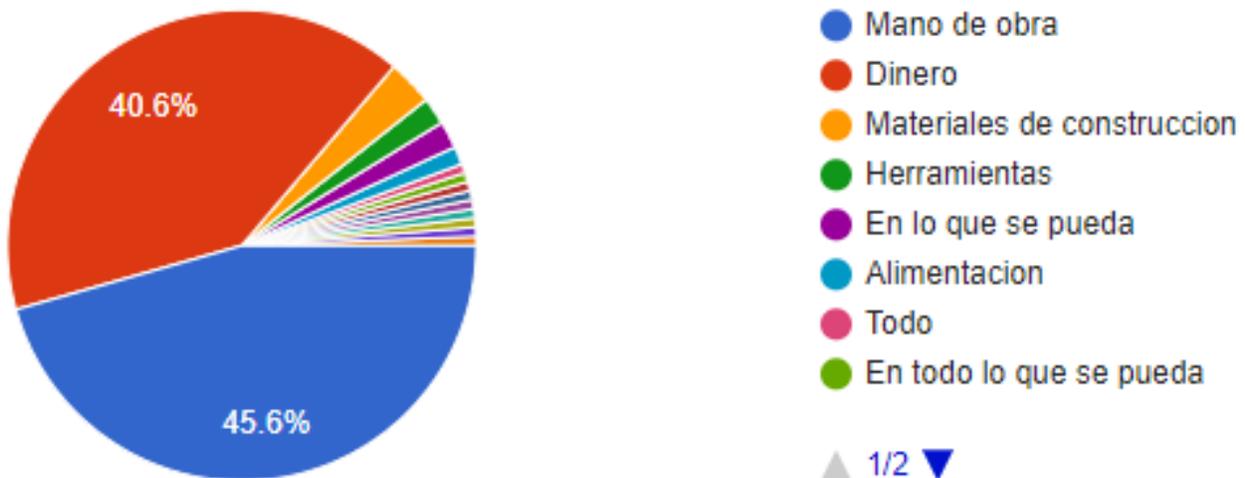


13- ¿Considera que las autoridades municipales de han preocupado por mejorar la calidad del servicio de agua potable?



14- ¿De qué manera apoyaría en la ejecución de un proyecto para mejorar o ampliar el servicio de agua potable?

El 100% de los encuestados les gustaría que se realiza un mejoramiento al sistema d agua potable de la comunidad, el 100% de los encuestados estaría dispuesto a pagar por el servicio de agua potable, el 96.9% de los encuestados estarían dispuestos a participar en la ejecución de un proyecto para mejorar y/o ampliar el servicio de agua potable; a continuación se muestra las maneras en la que la población estaría dispuesta a apoyar el servicio de agua potable, destacando un 45% con mano de obra y un 40.6% con dinero.



4.3. Levantamiento topográfico

Para el diseño de la red de distribución de agua, se realizó un levantamiento topográfico el 25 de noviembre, llevado a cabo por trabajadores de la alcaldía municipal de Estelí con el apoyo de personal de ENACAL. El objetivo de este levantamiento fue identificar la red existente y planificar la ampliación de la nueva red en la comunidad de San Pedro.

Durante el levantamiento, se obtuvieron datos de altimetría y planimetría del área, proporcionados por los funcionarios municipales. Estos datos fueron utilizados para

trabajar en el modelo de la red utilizando el software EPANET. Además, se utilizaron herramientas como Google Earth y Civil 3D para ubicar las curvas de nivel. Los planos resultantes se encuentran adjuntos como anexos.

El levantamiento topográfico reveló que la comunidad de San Pedro se encuentra en un terreno bastante regular en toda su extensión. El punto más alto registrado fue de 99 metros sobre el nivel del mar, mientras que el punto más bajo se situó a 88 metros, estas alturas en la mayoría del territorio. Sin embargo, se identificó que el sector del torreón; zona 7 de San Pedro, ubicado en la parte noreste de la comunidad, se encuentra en una colina con una altura máxima de 138 metros, mostrando la mayor diferencia de altitud en toda la comunidad.

Debido a esta característica topográfica, se propuso ubicar el tanque de almacenamiento en el sector del torreón, aprovechando su posición elevada y convirtiéndolo en el punto más alto de la comunidad. Esto permitirá garantizar una presión adecuada en el suministro de agua para los usuarios de San Pedro.

4.4. Proyección de consumo

4.4.1. Crecimiento histórico de la población

El análisis del crecimiento histórico de la comunidad de San Pedro se realizó utilizando los datos recopilados de los censos nacionales llevados a cabo en 1995 y 2005 por el INIDE (Instituto Nacional de Información de Desarrollo). A continuación, se presentan los datos de población obtenidos:

Tabla 1 -Registro poblacional históricos departamento de Estelí.

Año Censo INIDE	Población del departamento de Estelí	Urbana	Rural
1995	174894	71550	21438
2005	201548	118909	22487

(Fuente: Censo INIDE 1995 y 2005)

Con base en estos datos, se determinó la tasa de crecimiento geométrico de la población a nivel departamental y municipal, centrándose especialmente en el análisis de la población total y la población rural en el ámbito municipal.

Este análisis permitió evaluar la evolución de la población a lo largo del tiempo y comprender el ritmo de crecimiento en la comunidad de San Pedro. Los resultados obtenidos proporcionaron información importante para la planificación y el desarrollo de políticas adecuadas que aborden las necesidades de la comunidad, tanto en el área urbana como en el sector rural.

4.4.2. Escogencia de tasa de crecimiento para la población de diseño

Los cálculos previos determinaron una tasa de crecimiento del 0.5% para el sector rural del municipio de Estelí. Sin embargo, de acuerdo con la NTON 09 007-19 tasa de crecimiento no debe ser inferior al 2.5%, por lo tanto, se utilizó una tasa de crecimiento del 2.5 %.

Según un censo realizado por las autoridades comunales, actualmente la comunidad de San Pedro cuenta con una población de 915 habitantes. Utilizando la tasa de crecimiento del 2.5%, se proyectó la población futura de San Pedro en función de esta tasa, lo que

permitió estimar las necesidades futuras de agua potable y dimensionar adecuadamente el sistema de distribución en función de la demanda proyectada.

4.4.3. Proyección de la población futura de la comunidad de San Pedro

Para estimar la población futura de la comunidad de San Pedro, se utilizó el método de proyección geométrico, el cual es recomendado por la Norma Técnica de Ordenamiento Territorial y Urbano NTON 007 09 19.

Con la tasa de crecimiento del 2.5% adoptada anteriormente, se procedió a calcular la población futura de San Pedro.

Tabla 2 -Proyección de población hasta el año 2043

Año	población proyectada
2023	915
2028	1035
2033	1171
2038	1325
2043	1499

(Fuente: -Elaboración propia)

4.4.4. Variación y proyección de consumo

Nivel de servicio y dotación de agua

En relación al nivel de servicio y la dotación de agua para la comunidad de San Pedro, se utilizó como referencia la norma NTON 09 007 19. Según esta norma, la dotación recomendada para la población rural concentrada es de 100 litros por persona por día (lppd).

Estimación de consumo

Para estimar la demanda de agua en el año 2043, se consideraron las proyecciones demográficas, las dotaciones de agua y los niveles de pérdidas. Las variaciones en el consumo se expresan mediante factores de la demanda promedio diaria. Estos factores, denominados K, tienen un valor de 1.5 y 2.5, correspondientes al consumo máximo diario y al consumo máximo por hora, respectivamente.

Los consumos se estimaron en función del Consumo Promedio Diario (CPD) al final del año 2043, y se realizó una ponderación por zonas. Se proyectó el crecimiento del consumo por cada zona establecida. A continuación, se muestra una tabla con los resultados de las proyecciones de consumo máximo por hora y consumo máximo por día, divididos por zonas.

Tabla 3 -Proyección de consumo hasta el año 2043

Zonas	2043	CMD (L/S)	CMH (L/S)
1	18	0.15	0.24
2	46	0.39	0.62
3	30	0.25	0.40
4	72	0.61	0.97
5	94	0.79	1.26
6	33	0.28	0.44
7	57	0.48	0.77
	349	2.95	4.69

(Fuente: Elaboración propia)

Estos valores de consumo máximo por hora y consumo máximo por día son estimaciones proyectadas y sirvieron como base para dimensionar el sistema de distribución de agua potable y garantizar un suministro adecuado para las necesidades de cada zona en el año 2043.

División por zonas de la comunidad de San Pedro



(fuente: Elaboración propia)

4.5. Análisis físico, químico y bacteriológico de la fuente

El análisis físico, químico y bacteriológico realizado en la muestra de agua recolectada en el Pozo No. 11 San Pedro, Estelí, proporciona información sobre sus características y cumplimiento con los estándares establecidos. A continuación, se presentan los resultados del análisis:

- **Transparencia y color:** La muestra es transparente y tiene un color de 0.87 unidades de Pt.Co, dentro del límite de detección de 2.828 UC.
- **Turbidez:** La turbidez de campo es de 5 unidades, mientras que en el laboratorio es de 0.18 unidades de NTU.
- **Sólidos disueltos:** La muestra contiene 271.93 mg/L de sólidos disueltos.
- **Temperatura y pH:** La temperatura en el laboratorio es de 22.30 °C, y el pH es de 6.95.

- Conductividad eléctrica: La conductividad eléctrica en el laboratorio es de 515.00 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
- Alcalinidad total y dureza total: La alcalinidad total de la muestra es de 207.88 mg/L, mientras que la dureza total no pudo ser determinada.
- Índice de saturación: El índice de saturación es de -0.20, lo que indica una sub-saturación.
- Metales pesados: La muestra contiene 28.10 mg/L de sodio, 0.04 mg/L de hierro total y 0.08 mg/L de flúor. Los niveles de calcio, magnesio y bicarbonatos no fueron determinados.
- Cloruros, sulfatos, nitratos y nitritos: La muestra contiene 17.60 mg/L de cloruros, 13.20 mg/L de sulfatos, 20.15 mg/L de nitratos y 0.009 mg/L de nitritos.
- Arsénico y coliformes fecales: El límite de detección para el análisis de arsénico presuntivo fue de 0.00 $\mu\text{g}/\text{L}$ y no se detectaron coliformes fecales en la muestra.

En general, los resultados del análisis indican que la muestra de agua cumple con los estándares establecidos por las Normas CAPRE para el Pozo No. 11 Estelí, a excepción del índice de saturación que indica una sub-saturación. Es importante tener en cuenta que los límites de detección y las normas aplicables pueden variar según el contexto y la fuente de agua, por lo que es necesario considerar esta información en su contexto específico.

Tabla 4 -Resultados de análisis fisicoquímico, metales pesados y bacteriológico

Parámetro analizados	Unidades de medida	Descripción de la muestra y punto de captación		Límite de detección
		Código de laboratorio	11139	
		Número de informe	2022-009	
		Normas CAPRE	Nombre de la fuente	
PP No. 11 Estelí				
ASPECTO	-	Transparente	Transparente	No aplicable
COLOR (Pt.Co)	(UC)	15	0.87	2.828 UC
TURBIDEZ DE CAMPO	UNT	5	-	-
TURBIDEZ LAB			0.18	0.292 NTU
SOLIDOS DISUELTOS mg/L	mg/L	No Especifica	271.93	No aplicable
TEMPERATURA °C de campo	°C	18-32	-	-
TEMPERATURA DE LAB			22.30	No aplicable
pH de Campo	-	6.5-8.5	-	-
pH de LAB			6.95	No aplicable
COND/ELECTRICA DE CAMPO	µS/cm	No Especifica	-	-
COND/ELECTRICA DE LAB			515.00	2.547 µS/cm
POTASIO (K)	mg/L	10	2.30	0.540 mg/L
ALCALINIDAD TOTAL	mg/L	No Especifica	207.88	5.202 mg/L
DUREZA TOTAL	mg/L	400	213.91	No determina
INDICE DE SATURACION	-	-0.1 - 0.5	-0.20	No aplicable
SODIO (Na)	mg/L	200	28.10	0.593 mg/L
CALCIO (Ca)	mg/L	100	74.66	No determina
MANGNESIO (Mg)	mg/L	50	6.88	No determina
POTASIO (K)	mg/L	10	2.30	0.540 mg/L
HIERRO TOTAL (Fe 2+)	mg/L	0.3	0.04	0.074 mg/L

Parámetro analizados	Unidades de medida	Descripción de la muestra y punto de captación		Límite de detección
		Código de laboratorio	11139	
		Número de informe	2022-009	
		Normas CAPRE	Nombre de la fuente PP No. 11 Estelí	
POTASIO (K)	mg/L	10	2.30	0.540 mg/L
HIERRO TOTAL (Fe 2+)	mg/L	0.3	0.04	0.074 mg/L
BICARBONTOS (HCO3)	mg/L mg/L	No Especifica No Especifica	253.45	No determina
CARBONATOS (CO3)			0.00	No determina
HIDROXILO (OH)	mg/L	No Normado	0.00	No determina
CLORUROS (Cl)	mg/L mg/L	250 250	17.60	4.410 mg/L
SULFATOS (SO4)			13.20	1.295 mg/L
NITRATOS (NO3)	mg/L mg/L	50 0.1	20.15	0.618 mg/L
NITRITOS (NO2)			ND	0.009 mg/L
FLUOR (F)	mg/L %	0.7 - 1.5 ±10	0.08	(0.081) mg/L
% Balance iónico			2.80	-
RESULTADO DE ANALISIS DE ARSENICO PRESUNTIVO REALIZADO CON ARSENIATOR				
Arsénico (As)	µg/L		0.00	No aplicable
RESULTADO DE ANALISIS BACTERIOLOGICOS				
Coliformes Fecales	UFC/100 ml		0.00	No aplicable

(Fuente: físico-químico y bacteriológico)

4.5.1. Obra de captación

Se obtuvo como resultado una carga total dinámica de 115 m, en la siguiente tabla se muestran parámetros utilizados.

Tabla 5 -Datos de interés de la obra de captación y carga total dinámica

Parámetros físicos de la fuente		
Elevación de terreno en pozo	98.5	m
Nivel ubicación bomba	63.71	m
Profundidad de nivel estático del agua	24.67	m
Rebajamiento máximo esperado	13.7	m
Diámetro de línea de impulsión	0.1	m
Longitud de succión	103	m
Longitud de impulsión	2501.6	m
Elevación de terreno en tanque	138.9	m
Elevación de rebose en tanque	143.9	m

(Fuente: Elaboración propia)

4.5.2. Línea de conducción

La propuesta para el sistema de abastecimiento de agua en la comunidad de San Pedro es implementar un Sistema Fuente-Red-Tanque en cola. En este sistema, la línea de conducción se extiende desde el pozo y se conecta al nodo número 2, y se instalará un tanque en el punto más alto de la comunidad.

Se realizó un cálculo del diámetro de la tubería de conducción utilizando la fórmula de Breese, y se determinó que un diámetro de 3" sería suficiente. Sin embargo, se decidió

mantener la tubería existente de 4" debido a que, mediante el modelamiento en Epanet, se pudo comprobar que con la línea de conducción actual se cumplen todas las especificaciones establecidas en la norma NTON 09 007-19.

Al considerar que la fuente de suministro estará exclusivamente destinada a abastecer a la comunidad de San Pedro, se concluyó que la línea de conducción existente es adecuada y no es necesario realizar cambios en su diámetro para cumplir con los requerimientos establecidos por la normativa mencionada.

Tabla 6 -Línea de conducción

Diámetro de tubería en la línea de conducción			
D=	65.99	mm	3"
Q=	3.0091	m ³ /s	
PVC=	150.00		
L=	32.37	m	

(Fuente: Elaboración propia)

Se realizó el cálculo de la velocidad de bombeo en la línea de conducción y se obtuvo un valor de 0.87 m/s. Este resultado cumple satisfactoriamente con la norma NTON 09 007-19, que establece que la velocidad mínima en la línea de conducción debe ser de 0.6 m/s.

El hecho de que la velocidad de bombeo sea mayor que el valor mínimo requerido indica que el sistema de conducción de agua en la comunidad de San Pedro cumple con los criterios de diseño establecidos en la norma. Una velocidad adecuada en la línea de

conducción ayuda a garantizar un flujo eficiente del agua y contribuye a la preservación de la calidad del agua durante su transporte hacia la comunidad.

Tabla 7- Velocidad en línea de conducción

Velocidad de diseño			
V=	0.87	m/s	velocidad en lado
Cumple con los parámetros de diseño velocidad mínima de 0.6 m/s			

(Fuente: Elaboración propia)

Se calcularon las pérdidas dentro de la columna del pozo de 3.04 m y pérdidas de carga con la fórmula de Hazen-Williams de 30 m y una carga estática de 109 m.

Tabla 8-Perdidas

Carga Estática		
HE=	109.11	m
Perdida de la columna dentro del pozo		
LC=	60.97	m
Hf columna=	3.04	m
Pérdidas de carga (formula Hazen-Williams)		
Hf carga=	29.96	m

(Fuente: Elaboración propia)

4.5.3. Estación de bombeo

Para la estación de bombeo en la comunidad de San Pedro, se realizó el cálculo de la potencia requerida para la bomba y la potencia del motor. El resultado obtenido indica que se necesita una potencia de bomba de 8.41 HP y una potencia de motor de 12.6 HP.

Con base en estos valores, se recomienda seleccionar una bomba comercial de 15 HP. Esta selección se realiza para asegurar que la bomba tenga la capacidad suficiente para satisfacer la demanda de agua en la comunidad, considerando posibles fluctuaciones en el consumo y asegurando un rendimiento óptimo del sistema de bombeo.

Es importante tener en cuenta que la elección específica de la bomba y el motor debe considerar otros factores técnicos, como la eficiencia de la bomba, el tipo de impulsor, las características del sistema de conducción y las condiciones de operación. Se recomienda consultar el catálogo comercial y las especificaciones técnicas de los fabricantes para seleccionar la bomba más adecuada para el proyecto en función de los requerimientos específicos del sistema de bombeo de la comunidad de San Pedro.

Tabla 9-Potencia de bomba y motor

Potencia de la bomba		
PRB=	8.4	HP
Qb=	50	gpm
CTD	466.2	pies
eb:	0.7	
Potencia del motor		
Pm=	12.6	HP
(comercialmente)	15	HP

(Fuente: Elaboración propia)

Se calculó la sobrepresión o golpe de ariete en 17.9 m y la celeridad en 293.8 m/s

Tabla 10- Golpe de ariete

Golpe de ariete		
*H=	17.9	m
V=	0.6	m/s
C=	293.8	m/s
g=	9.81	m/s ²

(Fuente: Elaboración propia)

Tabla 11-Celeridad

Cálculo de la celeridad		
a=	293.8	m/s
E=	28100	
k=	20600	
sdr=	32.5	

(Fuente: Elaboración propia)

Se propone usar bombas marca FPS serie SSI

Las bombas Series SSI están construidas con impulsores y difusores de acero inoxidable troquelado de alta calidad para las aplicaciones más demandantes.

- ✓ Construidas con impulsores y difusores de acero inoxidable troquelado de alta calidad
- ✓ Descarga estándar NPT 3" para SSI de 6" 85-150 GPM, NPT 4" para SSI de 6" 225-300 GPM, descarga estándar NPT 5" para SSI de 8" y descarga estándar NPT 6" para SSI de 10".
- ✓ Impulsores de flujo mixto

- ✓ Rotación en contra las manecillas del reloj
- ✓ Diámetro del eje de 32 mm
- ✓ Nivel mínimo de líquido (NPSH) 1200 mm desde el fondo de la ranura de succión
- ✓ Cantidad máxima de sólidos (arena): 50 PPM ó 50 g/m
- ✓ Dimensión de los sólidos: 2 mm
- ✓ Líquido bombeado: Agua limpia

La Sarta a instalar de acuerdo al caudal es de 3" la que deberá contar con: Manómetro de medición con llave de chorro de ½", Medidor de flujo (macromedidor), Válvula de aire y vacío, Válvula de retención, Válvula de compuerta, válvula de alivio de 2", derivación de descarga para pruebas de bombeo y limpieza del mismo diámetro de la sarta, unión flexible tipo dresser.

La vida útil de este equipo se estima en 10 años, por lo que para el proyecto se proponen 4 bombas, dos (principal y de respaldo) para los primeros 10 años de la proyección del proyecto y otras dos (principal y de respaldo) para los segundos 10 años proyectados.

BOMBAS SUMERGIBLES

SERIE SSI - ACERO INOXIDABLE

FPS
serie SSI

Las bombas Serie SSI están construidas con impulsores y difusores de acero inoxidable troquelado de alta calidad para las aplicaciones más demandantes.

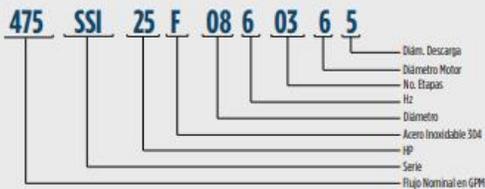
CARACTERÍSTICAS

- Construidas con impulsores y difusores de acero inoxidable troquelado de alta calidad
- Descarga estándar NPT 3" para SSI de 6" 85-150 GPM, NPT 4" para SSI de 6" 225-300 GPM, descarga estándar NPT 5" para SSI de 8" y descarga estándar NPT 6" para SSI de 10"
- Impulsores de flujo mixto
- Rotación en contra las manecillas del reloj
- Diámetro del eje de 32 mm
- Nivel mínimo de líquido (NPSH) 1200 mm desde el fondo de la ranura de succión
- Cantidad máxima de sólidos (arena): 50 PPM ó 50 g/m
- Dimensión de los sólidos: 2 mm
- Líquido bombeado: Agua limpia
- Estándares de seguridad y fabricación:
 - TS 11146:1993
 - TS EN 809:2000 98/37/EC
 - TS EN ISO 12100-1:2007
 - TS EN ISO 12100-2:2006

APLICACIONES

- Sistemas de Riego por Aspersión y por Pivote Central
- Drenado y Suministro de Agua en Aplicaciones de Minería
- Sistemas de Riego en Invernaderos
- Suministros y Transferencia de Agua en Municipalidades
- Limpieza de Establos y Llenado de Abrevaderos

EXPLICACIÓN DE MODELO



 **Franklin Electric**

(Fuente: Franklin electric)

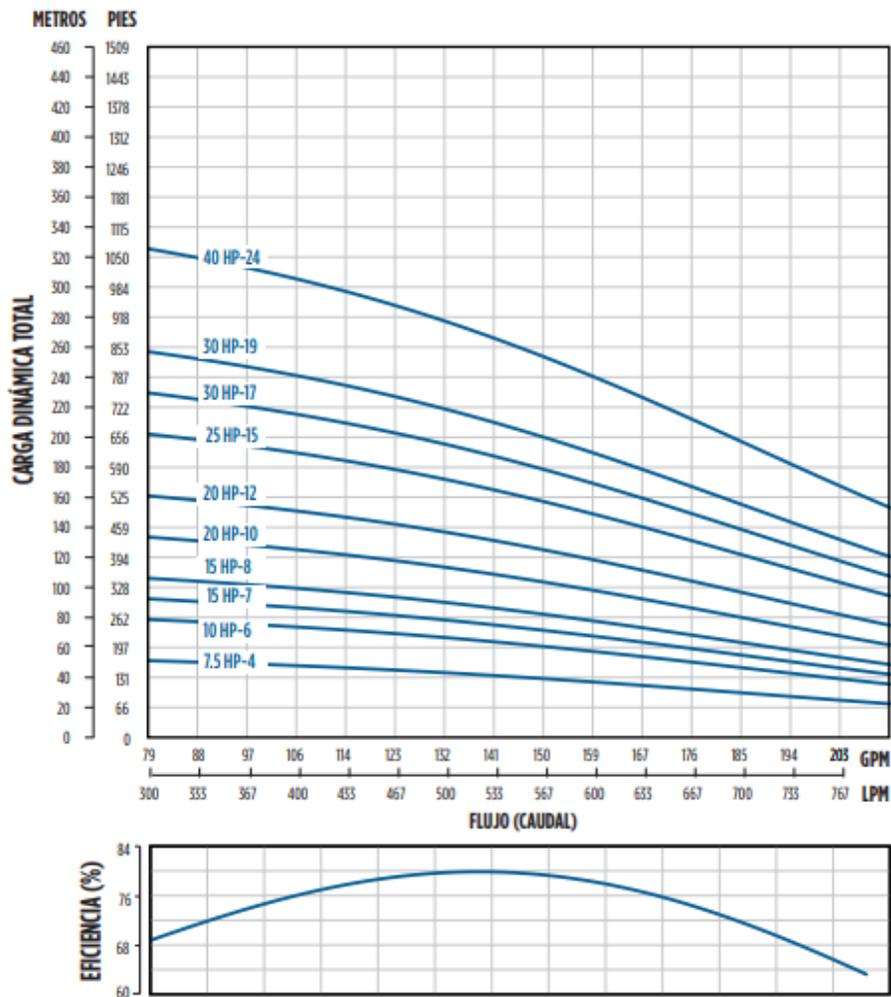
Rendimiento bomba sumergible, 85 SSI- 6"

BOMBAS SUMERGIBLES SERIE SSI - ACERO INOXIDABLE



RENDIMIENTO

150 SSI - 6"



(Fuente: Franklin electric)

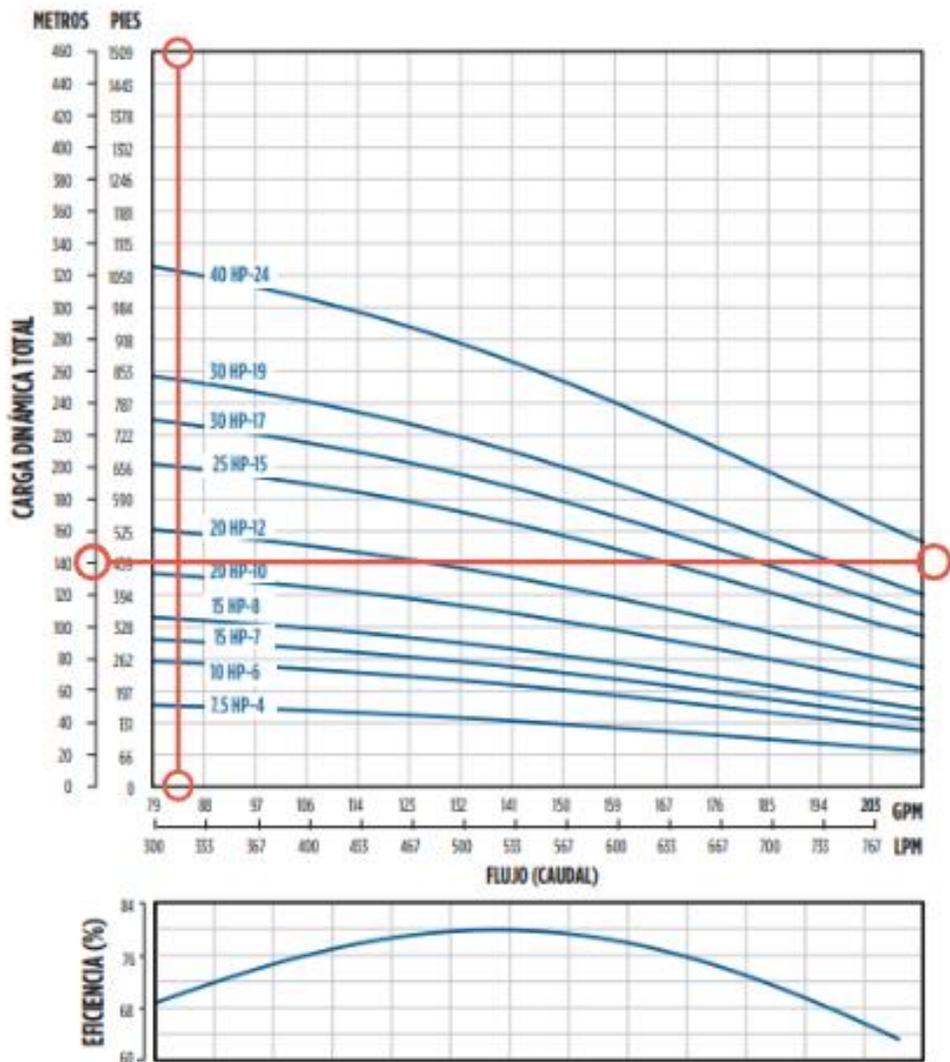
Curva de potencia de bomba requerida

BOMBAS SUMERGIBLES SERIE SSI - ACERO INOXIDABLE



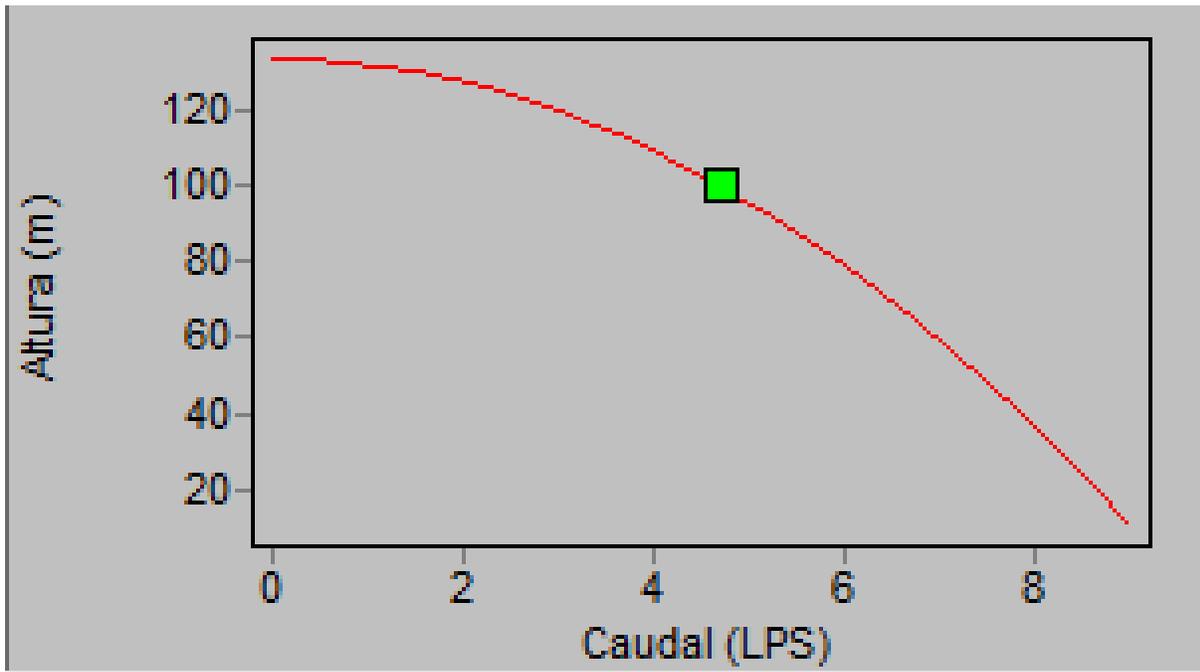
RENDIMIENTO

150 SSI - 6"



(Fuente: Franklin electric)

Curva en EPANET



4.5.4. Red de distribución

El diseño de la red de distribución para la comunidad de San Pedro se ha planteado siguiendo el enfoque de FUENTE-RED-TANQUE EN COLA. Actualmente, la comunidad cuenta con un pozo y un sistema de distribución de red abierta que abastece tanto a San Pedro como a una parte del distrito dos de Estelí. Sin embargo, se ha tomado la decisión de destinar exclusivamente el pozo para suministrar agua a la comunidad de San Pedro a partir de mediados de este año.

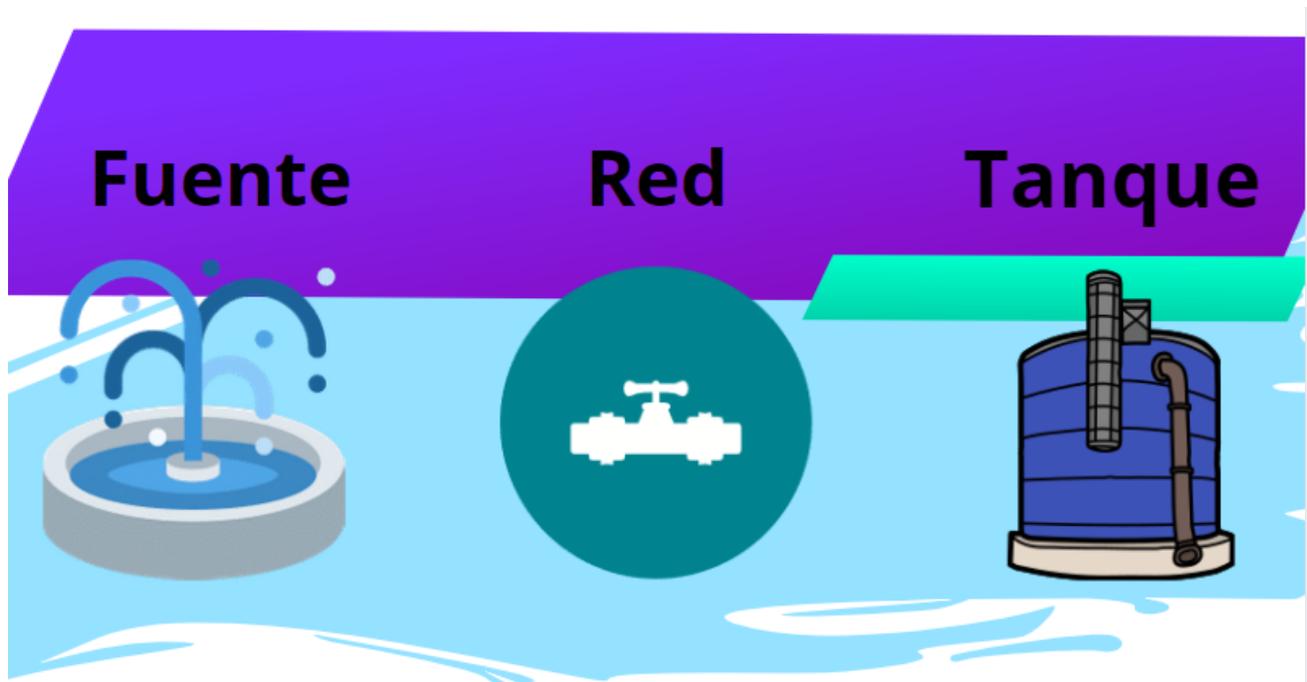
Para el diseño de la red, se ha realizado un modelamiento considerando tanto la red actual como la ampliación propuesta en este proyecto. Los resultados obtenidos indican que la red actual, una vez realizada la ampliación, cumpliría con los requisitos de diseño necesarios para satisfacer las dotaciones y normas establecidas en la NTON (Norma

Técnica de Operación y Mantenimiento de los Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario).

Esto significa que, según el análisis realizado, la red de distribución propuesta en el proyecto será capaz de proveer el suministro de agua necesario para cumplir con las demandas proyectadas hasta el año 2043, garantizando así el abastecimiento adecuado y cumpliendo con los estándares establecidos por la normativa vigente.

Es importante tener en cuenta que el diseño de la red de distribución debe considerar factores como la capacidad de caudal, la presión requerida, la ubicación de los puntos de conexión y otros parámetros relevantes para garantizar un suministro eficiente y confiable de agua potable a la comunidad de San Pedro.

Modelo de red



(Fuente: google earth)

Según la norma NTON, se tienen que considerar las siguientes 3 condiciones de trabajo

Condiciones de análisis:

CASO I

Consumo máximo hora con bombeo para el último año de periodo de diseño. En este caso, se debe suponer que los equipos de bombeo están produciendo e impulsando el caudal máximo día por medio de las líneas de conducción a la red y el tanque de almacenamiento aporta el complemento a máxima hora.

CASO II

Consumo máximo hora sin bombeo para el último año del período de diseño. En este caso, la red trabaja por gravedad atendiendo la hora de máximo consumo desde el tanque.

CASO III

Bombeo del consumo máximo hora sin consumo en la red. Este caso determina la carga total dinámica de las bombas y servirá para dimensionar la potencia de las mismas; aquí el agua va directamente al tanque sin ser consumida, dando las presiones máximas en la red.

4.5.5. Modelo EPANET de red.

- Sistema Fuente-Red-Tanque, primera condición de análisis caso I CMD en la bomba, CMH en la red

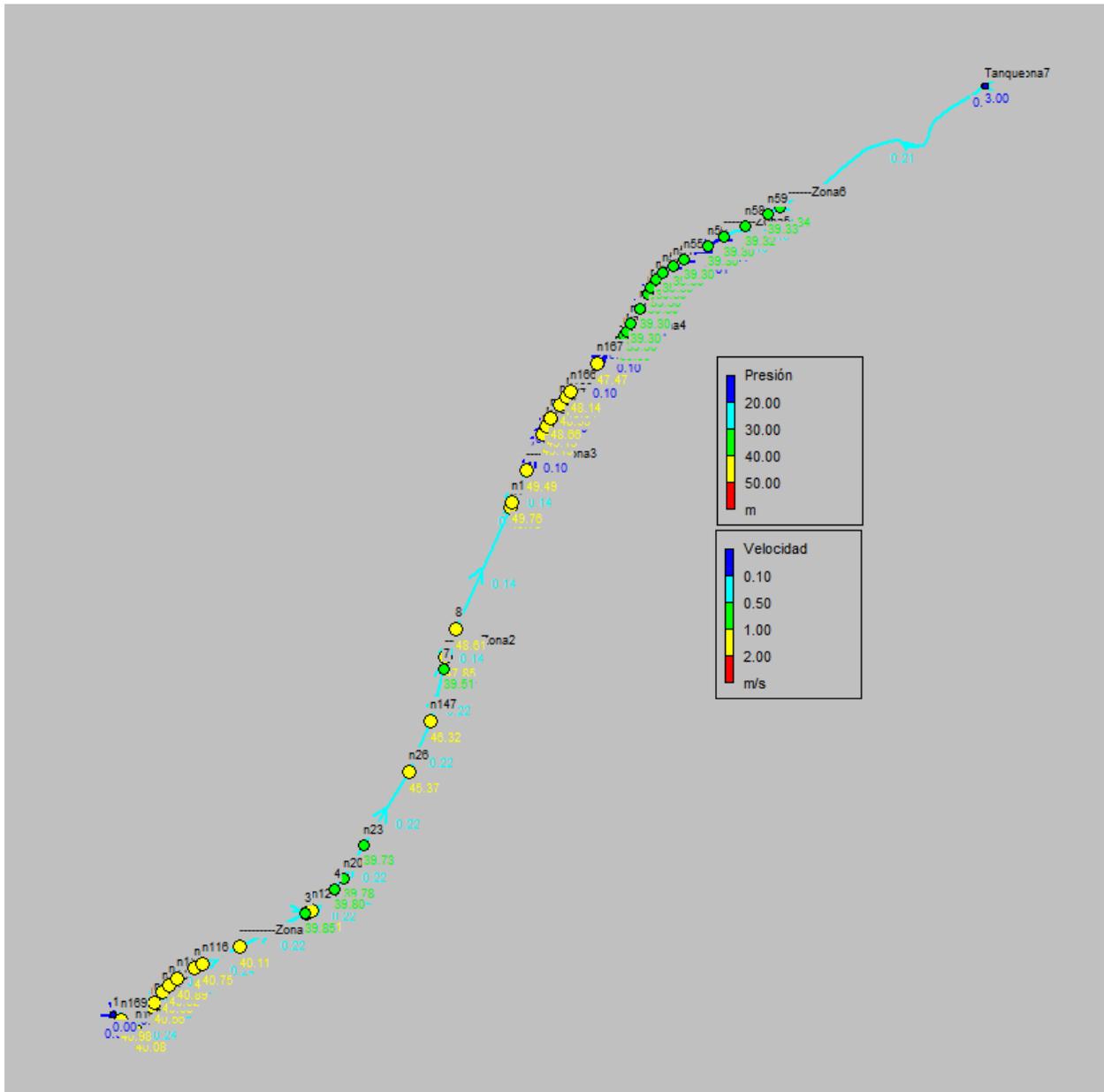


Tabla 12 -Sistema Fuente-Red-Tanque, Primera Condición de análisis caso I CMD en la bomba, CMH en la red (Presiones en los nodos)

ID Nudo	Elevación m	Demanda LPS	Presión m
Conex -----Zona6	99.39	0.44	39.34
Conex -----Zona7	130.00	0.77	9.00
Conex n20	99.39	0.00	39.78
Conex n23	99.39	0.00	39.73
Conex n26	93.65	0.00	45.37
Conex -----Zona4	99.39	0.97	39.30
Conex n46	99.39	0.00	39.30
Conex n47	99.39	0.00	39.30
Conex n48	99.39	0.00	39.30
Conex n49	99.39	0.00	39.30
Conex n50	99.39	0.00	39.30
Conex n51	99.39	0.00	39.30
Conex n52	99.39	0.00	39.30
Conex n53	99.39	0.00	39.30
Conex n54	99.39	0.00	39.30
Conex n55	99.39	0.00	39.30
Conex n56	99.39	0.00	39.30
Conex -----Zona5	99.39	1.26	39.30
Conex n58	99.39	0.00	39.32
Conex n59	99.39	0.00	39.33
Conex n106	99.39	0.00	40.08
Conex n107	98.93	0.00	40.50
Conex n108	98.87	0.00	40.56
Conex n109	98.74	0.00	40.68
Conex n110	98.80	0.00	40.62
Conex n112	98.51	0.00	40.89
Conex n115	98.57	0.00	40.81
Conex n116	98.62	0.00	40.75
Conex -----Zona1	99.19	0.24	40.11
Conex n122	98.08	0.00	41.14
Conex n123	97.87	0.00	41.34
Conex n124	97.60	0.00	41.61
Conex n147	92.63	0.00	46.32
Conex -----Zona2	90.98	0.62	47.85
Conex n158	88.98	0.00	49.78
Conex n159	88.99	0.00	49.76

ID Nudo	Elevación	Demanda	Presión
	m	LPS	m
Conex -----Zona3	89.25	0.40	49.49
Conex n161	89.54	0.00	49.19
Conex n162	89.59	0.00	49.13
Conex n163	90.05	0.00	48.66
Conex n164	90.18	0.00	48.53
Conex n165	90.36	0.00	48.34
Conex n166	90.56	0.00	48.14
Conex n167	91.23	0.00	47.47
Conex n169	98.51	0.00	40.98
Conex 3	99.39	0.00	39.85
Conex 4	99.39	0.00	39.80
Conex 7	99.39	0.00	39.51
Conex 8	90.21	0.00	48.61
Conex 5	136.00	0.00	3.00

(Fuente: Elaboración propia)

Las presiones en los nudos de la red de distribución oscilan entre 49.78 m en el nodo 158 y 9 m en el nodo Zona 6, las presiones se encuentran dentro del rango permisible que estipula la NTON 09 007 – 19.

Tabla 13 -Sistema Fuente-Red-Tanque, Primera Condición de análisis caso I CMD en la bomba, CMH en la red (Velocidades en tubería)

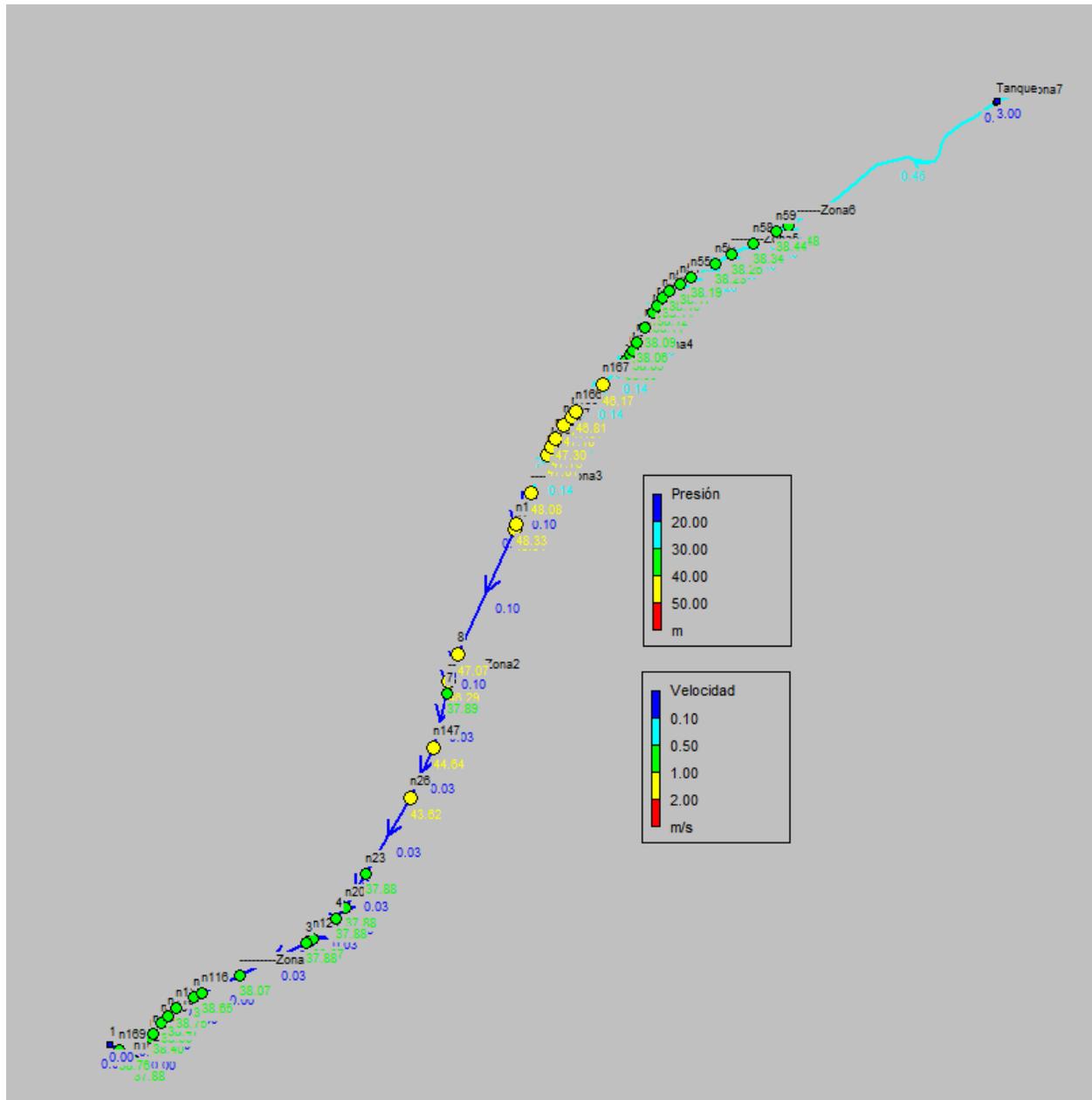
ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Velocidad m/s
Tube p2	465.80	105.00	0.21
Tube p39	12.35	105.50	0.01
Tube p40	7.70	105.50	0.01
Tube p41	17.21	105.50	0.01
Tube p42	31.13	105.50	0.01
Tube p43	31.65	105.50	0.01
Tube p44	13.40	105.50	0.01
Tube p45	17.79	105.50	0.01
Tube p46	17.58	105.50	0.01
Tube p47	24.82	105.50	0.01
Tube p48	48.48	105.50	0.01
Tube p49	35.14	105.50	0.01
Tube p50	43.46	105.50	0.16
Tube p51	48.17	105.50	0.16
Tube p52	24.00	105.50	0.16
Tube p94	51.71	105.50	0.24
Tube p95	9.93	105.50	0.06
Tube p96	24.15	105.50	0.12
Tube p97	17.92	105.50	0.12
Tube p99	9.93	105.50	0.06
Tube p101	9.93	105.50	0.06
Tube p102	24.15	105.50	0.12
Tube p103	9.93	105.50	0.06
Tube p104	17.92	105.50	0.12
Tube p110	15.30	105.50	0.24
Tube p111	77.44	105.50	0.24
Tube p116	5.98	105.50	0.22
Tube p117	5.37	105.50	0.22
Tube p152	9.56	105.50	0.14
Tube p153	64.22	105.50	0.14
Tube p154	74.11	105.50	0.10
Tube p155	15.84	105.50	0.10
Tube p156	17.15	105.50	0.10
Tube p157	29.05	105.50	0.10
Tube p158	19.18	105.50	0.10
Tube p159	12.87	105.50	0.10

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Velocidad m/s
Tube p160	70.72	105.50	0.10
Tube p163	32.64	105.50	0.24
Tube p164	21.70	105.50	0.01
Tube 3	20.19	105.50	0.24
Tube 4	36.59	105.50	0.24
Tube 5	105.60	105.50	0.22
Tube 6	30.04	105.50	0.22
Tube 7	50.76	105.50	0.22
Tube 8	31.81	105.50	0.22
Tube 9	72.50	105.50	0.22
Tube 10	158.01	105.50	0.22
Tube 11	101.37	105.50	0.22
Tube 12	104.17	105.50	0.22
Tube 13	104.47	105.50	0.22
Tube 14	36.34	105.50	0.14
Tube 15	217.12	105.50	0.14
Tube 16	59.48	105.50	0.10
Tube 2	5.00	155.60	0.14

(Fuente: Elaboración propia)

Las velocidades en las líneas de la red de distribución oscilan entre la tubería P2 con 0.12 m/s y de 0.5 m/s en tubería 4, se presentan velocidades por debajo de lo recomendados por la NTON 09 007 – 19.

- Sistema Fuente- Red-Tanque segunda, Condición de análisis (caso II) CMH en la red sin bombeo, solo distribución por gravedad del tanque a la red



(Fuente: Elaboración propia)

Tabla 14 -Sistema Fuente- Red- Tanque segunda, Condición de análisis (caso II) CMH en la red sin bombeo, solo distribución por gravedad del tanque a la red. (Presión en los nodos)

ID Nudo	Elevación m	Demanda LPS	Presión m
Conex -----Zona6	99.3857	0.44	38.48
Conex -----Zona7	130	0.77	9.00
Conex n20	99.3857	0	37.88
Conex n23	99.3857	0	37.88
Conex n26	93.65	0	43.62
Conex -----Zona4	99.3857	0.97	38.03
Conex n46	99.3857	0	38.04
Conex n47	99.3857	0	38.05
Conex n48	99.3857	0	38.06
Conex n49	99.3857	0	38.09
Conex n50	99.3857	0	38.11
Conex n51	99.3857	0	38.12
Conex n52	99.3857	0	38.14
Conex n53	99.3857	0	38.15
Conex n54	99.3857	0	38.17
Conex n55	99.3857	0	38.19
Conex n56	99.3857	0	38.23
Conex -----Zona5	99.3857	1.26	38.26
Conex n58	99.3857	0	38.34
Conex n59	99.3857	0	38.44
Conex n106	99.3857	0	37.88
Conex n107	98.9301	0	38.34
Conex n108	98.8659	0	38.4
Conex n109	98.7388	0	38.53
Conex n110	98.8013	0	38.47
Conex n112	98.5129	0	38.75
Conex n115	98.5664	0	38.7
Conex n116	98.6174	0	38.65
Conex -----Zona1	99.1923	0.24	38.07
Conex n122	98.0784	0	39.19
Conex n123	97.8729	0	39.4
Conex n124	97.6031	0	39.67
Conex n147	92.6344	0	44.64

ID Nudo	Elevación m	Demanda LPS	Presión m
Conex n158	88.9769	0	48.34
Conex n159	88.9884	0	48.33
Conex -----Zona3	89.2453	0.4	48.08
Conex n161	89.536	0	47.81
Conex n162	89.5885	0	47.76
Conex n163	90.0528	0	47.3
Conex n164	90.1843	0	47.18
Conex n165	90.3646	0	47.01
Conex n166	90.5628	0	46.81
Conex n167	91.2284	0	46.17
Conex n169	98.51	0	38.76
Conex 3	99.3857	0	37.88
Conex 4	99.3857	0	37.88
Conex 7	99.3857	0	37.89
Conex 8	90.206999	0	47.07

(Fuente: Elaboración propia)

Las presiones en los nodos de la red de distribución oscilan entre 48.34 m en el nodo 158 y 9 m en la zona 7, las presiones se encuentran dentro del rango permisible que estipula la NTON 09 007 – 19.

Tabla 15 -Sistema Fuente- Red- Tanque segunda, Condición de análisis (caso II) CMH en la red sin bombeo, solo distribución por gravedad del tanque a la red. (Velocidades en tubería)

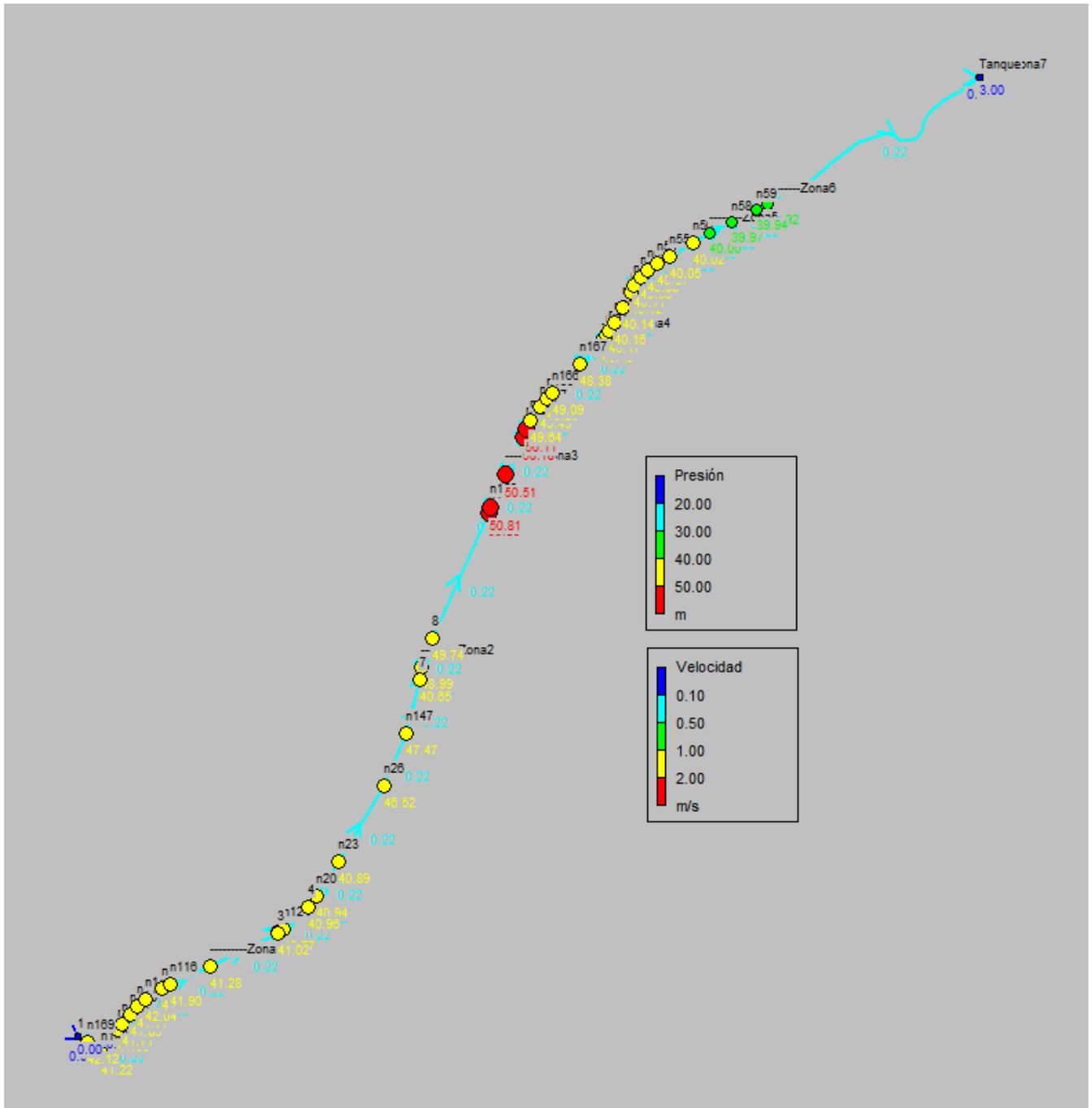
ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Velocidad m/s
Tube p2	465.8	105	0.45
Tube p39	12.35	105.50	0.26
Tube p40	7.70	105.50	0.26
Tube p41	17.21	105.50	0.26
Tube p42	31.13	105.50	0.26
Tube p43	31.65	105.50	0.26
Tube p44	13.40	105.50	0.26
Tube p45	17.79	105.50	0.26
Tube p46	17.58	105.50	0.26
Tube p47	24.82	105.50	0.26
Tube p48	48.48	105.50	0.26
Tube p49	35.14	105.50	0.26
Tube p50	43.46	105.50	0.40
Tube p51	48.17	105.50	0.40
Tube p52	24.00	105.50	0.40
Tube p94	51.71	105.50	0.00
Tube p95	9.93	105.50	0.00
Tube p96	24.15	105.50	0.00
Tube p97	17.92	105.50	0.00
Tube p99	9.93	105.50	0.00
Tube p101	9.93	105.50	0.00
Tube p102	24.15	105.50	0.00
Tube p103	9.93	105.50	0.00
Tube p104	17.92	105.50	0.00
Tube p110	15.30	105.50	0.00
Tube p111	77.44	105.50	0.00
Tube p116	5.98	105.50	0.03
Tube p117	5.37	105.50	0.03
Tube p152	9.56	105.50	0.10
Tube p153	64.22	105.50	0.10
Tube p154	74.11	105.50	0.14
Tube p155	15.84	105.50	0.14
Tube p156	17.15	105.50	0.14
Tube p157	29.05	105.50	0.14

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Velocidad m/s
Tube p159	12.87	105.50	0.14
Tube p160	70.72	105.50	0.14
Tube p163	32.64	105.50	0.00
Tube p164	21.70	105.50	0.26
Tube 3	20.19	105.50	0.00
Tube 4	36.59	105.50	0.00
Tube 5	105.60	105.50	0.03
Tube 6	30.04	105.50	0.03
Tube 7	50.76	105.50	0.03
Tube 8	31.81	105.50	0.03
Tube 9	72.50	105.50	0.03
Tube 10	158.01	105.50	0.03
Tube 11	101.37	105.50	0.03
Tube 12	104.17	105.50	0.03
Tube 13	104.47	105.50	0.03
Tube 14	36.34	105.50	0.10
Tube 15	217.12	105.50	0.10
Tube 16	59.48	105.50	0.14
Tube 2	5.00	155.60	0.25

(Fuente: Elaboración propia)

Las velocidades en las líneas de la red de distribución oscilan entre la tubería 13 con 0.0m/s y de 0.45 m/s en tube P2, se presentan velocidades por debajo de lo recomendados por la NTON 09 007 – 19

- Sistema Fuente- Red- Tanque, tercera Condición de análisis (caso v) Bombeo del consumo máximo día sin consumo en la red, el agua va directamente al tanque sin ser consumida



(Fuente: Elaboración propia)

Tabla 16 Sistema Fuente- Red- -Tanque, tercera Condición de análisis (caso v) Bombeo del consumo máximo día sin consumo en la red, el agua va directamente al tanque sin ser consumida (presión en nodos)

ID Nudo	Elevación m	Demanda LPS	Presión m
Conex -----Zona6	99.3857	0	39.92
Conex -----Zona7	130	0	9.00
Conex n20	99.3857	0	40.94
Conex n23	99.3857	0	40.89
Conex n26	93.65	0	46.52
Conex -----Zona4	99.3857	0	40.18
Conex n46	99.3857	0	40.17
Conex n47	99.3857	0	40.17
Conex n48	99.3857	0	40.16
Conex n49	99.3857	0	40.14
Conex n50	99.3857	0	40.12
Conex n51	99.3857	0	40.11
Conex n52	99.3857	0	40.09
Conex n53	99.3857	0	40.08
Conex n54	99.3857	0	40.07
Conex n55	99.3857	0	40.05
Conex n56	99.3857	0	40.02
Conex -----Zona5	99.3857	0	40.00
Conex n58	99.3857	0	39.97
Conex n59	99.3857	0	39.94
Conex n106	99.3857	0	41.22
Conex n107	98.9301	0	41.65
Conex n108	98.8659	0	41.71
Conex n109	98.7388	0	41.83
Conex n110	98.8013	0	41.77
Conex n112	98.5129	0	42.04
Conex n115	98.5664	0	41.97
Conex n116	98.6174	0	41.9
Conex -----Zona1	99.1923	0	41.28
Conex n122	98.0784	0	42.3
Conex n123	97.8729	0	42.51
Conex n124	97.6031	0	42.77
Conex n147	92.6344	0	47.47
Conex -----Zona2	90.9831	0	48.99

ID Nudo	Elevación m	Demanda LPS	Presión m
Conex n158	88.9769	0	50.83
Conex n159	88.9884	0	50.81
Conex -----Zona3	89.2453	0	50.51
Conex n162	89.5885	0	50.11
Conex n163	90.0528	0	49.64
Conex n164	90.1843	0	49.49
Conex n165	90.3646	0	49.29
Conex n166	90.5628	0	49.09
Conex n167	91.2284	0	48.38
Conex n169	98.51	0	42.12
Conex 3	99.3857	0	41.02
Conex 4	99.3857	0	40.96
Conex 7	99.3857	0	40.65
Conex 8	90.206999	0	49.74
Conex 5	136	0	3

(Fuente: Elaboración propia)

Las presiones en los nodos de la red de distribución oscilan entre 50.83 m en el nodo 158 y 9 m en la zona 7, las presiones se encuentran dentro del rango permisible que estipula la NTON 09 007 – 19.

Tabla 17 -Sistema Fuente- Red- Tanque tercera Condición de análisis (caso v) Bombeo del consumo máximo día sin consumo en la red, el agua va directamente al tanque sin ser consumida (velocidades en tubería)

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Velocidad m/s
Tube p2	465.8	105	0.22
Tube p39	12.35	105.5	0.22
Tube p40	7.703	105.5	0.22
Tube p41	17.21	105.5	0.22
Tube p42	31.13	105.5	0.22
Tube p43	31.65	105.5	0.22
Tube p44	13.4	105.5	0.22
Tube p45	17.79	105.5	0.22
Tube p46	17.58	105.5	0.22
Tube p47	24.82	105.5	0.22
Tube p48	48.48	105.5	0.22
Tube p49	35.14	105.5	0.22
Tube p50	43.46	105.5	0.22
Tube p51	48.17	105.5	0.22
Tube p52	24	105.5	0.22
Tube p94	51.71	105.5	0.22
Tube p95	9.929	105.5	0.06
Tube p96	24.15	105.5	0.11
Tube p97	17.92	105.5	0.11
Tube p99	9.929	105.5	0.06
Tube p101	9.929	105.5	0.06
Tube p102	24.15	105.5	0.11
Tube p103	9.929	105.5	0.06
Tube p104	17.92	105.5	0.11
Tube p110	15.3	105.5	0.22
Tube p111	77.44	105.5	0.22
Tube p116	5.979	105.5	0.22
Tube p117	5.366	105.5	0.22
Tube p152	9.556	105.5	0.22
Tube p153	64.22	105.5	0.22
Tube p154	74.11	105.5	0.22
Tube p155	15.84	105.5	0.22
Tube p156	17.15	105.5	0.22
Tube p157	29.05	105.5	0.22

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Velocidad m/s
Tube p158	19.18	105.5	0.22
Tube p159	12.87	105.5	0.22
Tube p160	70.72	105.5	0.22
Tube p163	32.64	105.5	0.22
Tube p164	21.7	105.5	0.22
Tube 3	20.19	105.5	0.22
Tube 4	36.59	105.5	0.22
Tube 5	105.6	105.5	0.22
Tube 6	30.04	105.5	0.22
Tube 7	50.76	105.5	0.22
Tube 8	31.81	105.5	0.22
Tube 9	72.498	105.5	0.22
Tube 10	158.01	105.5	0.22
Tube 11	101.37	105.5	0.22
Tube 12	104.17	105.5	0.22
Tube 13	104.47	105.5	0.22
Tube 14	36.34	105.5	0.22
Tube 15	217.12	105.5	0.22
Tube 16	59.48	105.5	0.22
Tube 2	5	155.6	0.1

(Fuente: Elaboración propia)

Las velocidades en las líneas de la red de distribución oscilan entre la tubería P101 con 0.13 m/s y de 0.54 m/s en tubería P2, se presentan velocidades por debajo de lo recomendados por la NTON 09 007 – 19.

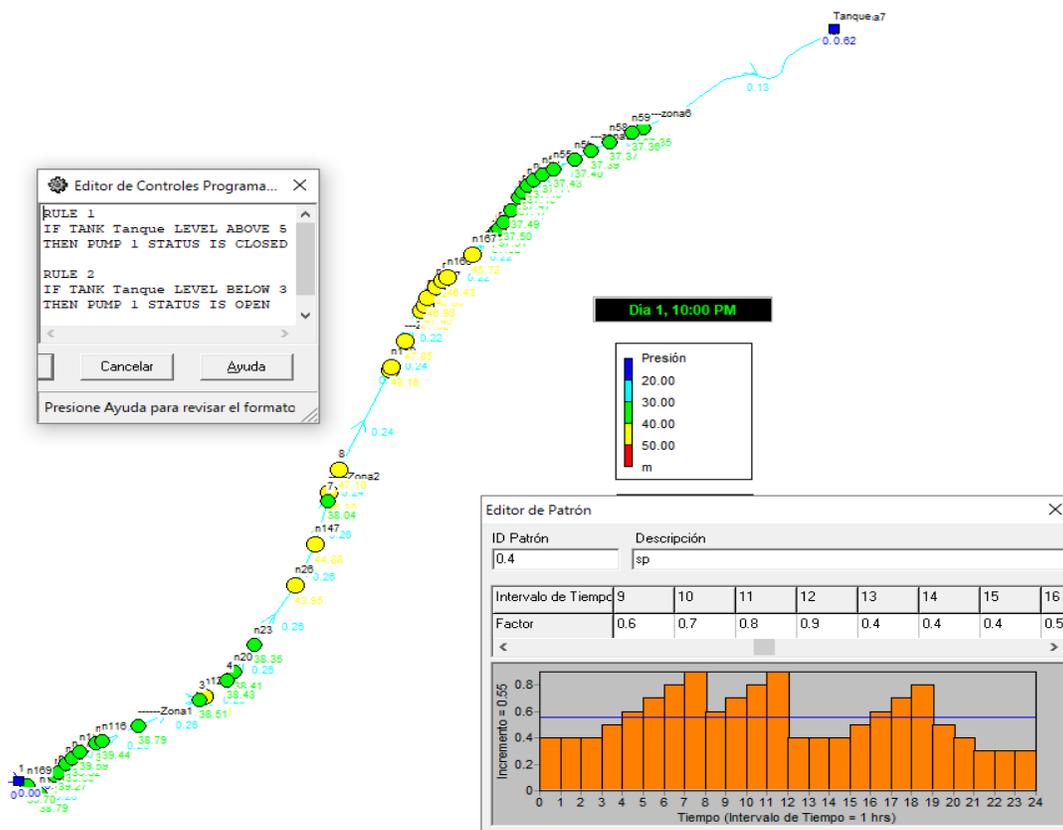
Corrida en EPANET de 24 horas

Se realizó simulación en EPANET de 24 horas con utilizando patrón de consumo y con las condiciones siguientes :

Regla 1 : cuando el tanque alcance un nivel de 5 m, se detendrá el bombeo

regla 2 : Si el nivel de tanque baja de 3 metros el nivel, se encenderá el bombeo

se pudo observar que en las 24 horas de funcionamiento siempre estuvieron dentro del rango de presión entre los 9m y 50.84 siempre dentro del rango permisible según la norma NTON 09-007-19 y respecto a las velocidades en algunos horario en ciertas zonas son igual a 0 m/s y máximas de 5 m/s , debido a estas velocidades mínimas es que se han propuesto colocar válvulas de limpieza en los puntos bajos de la red.



(Fuente: Elaboración propia)

Conclusión de análisis de resultados de EPANET

Los valores obtenidos cumplen con los estándares establecidos por la NTON 09 007-19, lo que indica que las presiones en los nudos de la red se encuentran dentro de los límites aceptables para un funcionamiento adecuado del sistema.

Mantener las presiones dentro de los rangos establecidos es fundamental para garantizar un suministro de agua equitativo y eficiente a los usuarios, evitando tanto presiones excesivamente altas que puedan generar daños en las instalaciones como presiones demasiado bajas que afecten el funcionamiento de los dispositivos y la satisfacción de las necesidades de los usuarios.

En resumen, los resultados obtenidos indican que las presiones registradas en los nudos de la red de distribución de San Pedro cumplen con las especificaciones establecidas por la normativa aplicable, lo que contribuye a asegurar un suministro de agua potable óptimo y de calidad a los habitantes de la comunidad.

4.5.6. Tanque de almacenamiento

Para el pre dimensionamiento del tanque de acero que será utilizado como Tanque en cola para almacenamiento de agua potable en la comunidad, se ha elaborado una memoria de cálculo. Se ha determinado que el cilindro del tanque debe cumplir con los requerimientos de almacenamiento calculados, que ascienden a 61 m³.

Para lograr esto, se propone un diámetro de 4.5 metros y una altura de 4.5 metros para el tanque. Es importante destacar que el tanque será apoyado directamente sobre el suelo, por lo que se requerirá una cimentación adecuada y acorde a las condiciones específicas del suelo del lugar. Sin embargo, los detalles de la cimentación no forman

parte de este pre dimensionamiento y deberán ser considerados en etapas posteriores del proyecto.

La selección del diámetro y la altura del tanque se ha realizado con el objetivo de cumplir con los requisitos de almacenamiento establecidos, teniendo en cuenta las necesidades de la comunidad y las proyecciones de demanda de agua potable.

Es importante mencionar que este pre dimensionamiento es el resultado de un análisis inicial y que posteriormente se deberá realizar un diseño detallado del tanque, considerando aspectos como el espesor de las paredes, los refuerzos estructurales necesarios y las conexiones requeridas para su correcto funcionamiento.

En resumen, se ha realizado un pre dimensionamiento del tanque de acero, proponiendo un diámetro de 4.5 metros y una altura de 4.5 metros para cumplir con los requerimientos de almacenamiento de agua potable de la comunidad. Los detalles de la cimentación y el diseño estructural del tanque deberán ser abordados en etapas posteriores del proyecto.

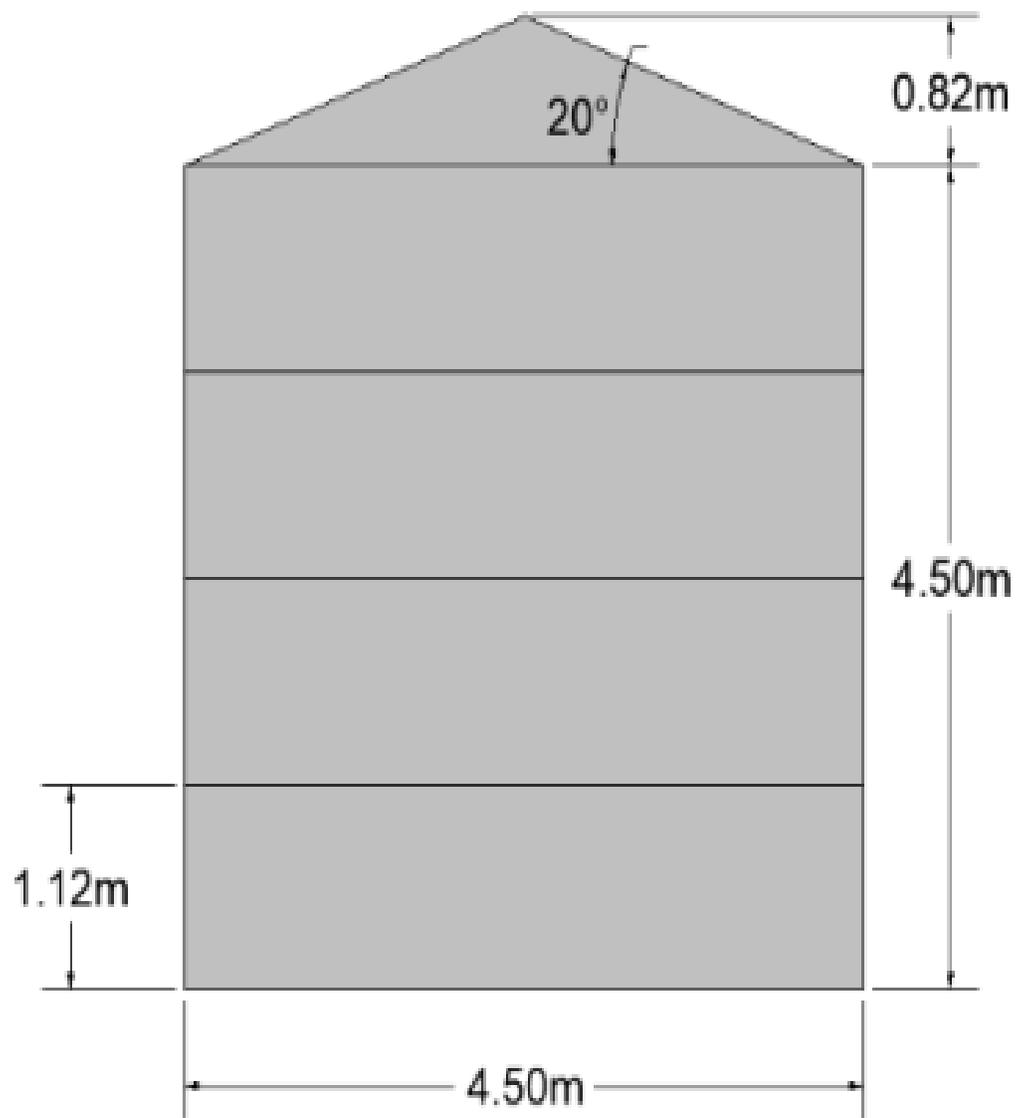
Tabla 18-Calculo de volumen requerido

	Q		volumen	
25 % CPD	0.4425	ls	38.232	m ³
15% CPD	0.2655	ls	22.9392	m ³
Volumen mínimo del tanque			61.1712	m ³

(Fuente: Elaboración propia)

Se desea almacenar un volumen aproximado de 61 m³

Geometría del Tanque



(Fuente: Elaboración propia)

4.6. Estimación de costos

f Una vez definidas las actividades del proyecto de ampliación de la red de distribución de agua potable y del tanque de almacenamiento de agua, es necesario conocer los

precios de los materiales y elementos para poder elaborar el presupuesto total del proyecto.

Para llevar a cabo este proceso, se siguieron los siguientes pasos:

1. Estimación de cantidades de obras: Se tomaron como referencia los planos constructivos para determinar las cantidades de los materiales y elementos necesarios para cada actividad del proyecto. Esto incluye tuberías, conexiones, válvulas, bombas, cemento, acero u otros materiales requeridos para la implementación de la red de distribución y la construcción del tanque de almacenamiento.
2. Organización de las actividades según el catálogo de etapas y subetapas del FISE: Se utilizó el catálogo de etapas y subetapas del FISE (Fondo de Inversión Social para el Desarrollo Local) para organizar las actividades del proyecto. Esto permite tener una estructura clara y organizada que facilita el seguimiento y control del avance de las obras.

Una vez completados estos pasos, se procede a la elaboración del presupuesto del proyecto, teniendo en cuenta los precios de los materiales, los costos asociados a la mano de obra, los gastos indirectos y los impuestos correspondientes. Es importante realizar un análisis detallado y preciso de los costos para asegurar la viabilidad económica del proyecto y garantizar que se cuente con los recursos necesarios para su ejecución exitosa.

El presupuesto del proyecto será una herramienta fundamental para la gestión financiera y el control de los recursos durante la implementación de las obras de ampliación de la

red de distribución de agua potable y la construcción del tanque de almacenamiento. El costo total de la ampliación de la nueva red y almacenamiento de agua potable es de C\$ 3,374,075.2.

Tabla 19 Cálculo de presupuesto

ETAPA SUB/ETAPA	ACTIVIDAD	U/M	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO MONTO
310	PRELIMINARES				
01	LIMPIEZA INICIAL	M2	3,482.0	21.5	74,945.1
92224	LIMPIEZA MANUAL INICIAL	M2	3,482.0	19.4	67,550.8
02	TRAZO Y NIVELACION	M	470.0	15.7	7,394.3
93599	TRAZADO DE EJE DE TUBERIA DE AGUA POTABLE	M	470.0	15.7	7,394.3
320	LÍNEA DE CONDUCCIÓN	M	470.0	553.4	260,081.9
01	EXCAVACION PARA TUBERIA	M3	338.4	210.0	71,064.0
95570	EXCAVACION MANUAL EN TERRENO NATURAL PROF 1.01 A 2.0 M	M3	338.4	210.0	71,064.0
11	RELLENO Y COMPACTACION	M3	281.9	112.6	31,744.7
92226	RELLENO Y COMPACTACION	M3	281.9	112.6	31,744.7
17	TUBERIA DE 4" DE DIAMETRO	M	470.0	205.2	96,437.0
96164	TUBERIA PVC DIAM 4" SDR-26 (NO INC EXCAVACION)	M	470.0	205.2	96,437.0
22	PRUEBAS HIDROSTATICAS	C/U	10.0	528.0	5,280.0
93282	PRUEBA HIDROSTATICA PROY AP HASTA 4" y 300 M LONG.	C/U	10.0	528.0	5,280.0
25	VALVULAS Y ACCESORIOS	GLOBAL	1.0	55,556.3	55,556.3
4162	CAJA DE PROTECCION DE VALVULA	C/U	3.0	784.0	2,351.9
96199	VÁLVULA DE LIMPIEZA 1-1/2"	C/U	3.0	15,247.0	45,741.1
94968	CODO PVC 4" X 90°	C/U	11.0	381.3	4,194.6
94006	TEE PVC 4"	C/U	1.0	300.6	300.6
92170	BLOQUE DE REACCION CONCRETO P/ACCESORIOS MENORES 6"	C/U	16.0	185.5	2,968.0
335	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	M3	56.8	6,597.5	374,571.8
03	TANQUE DE ALMACENAMIENTO METALICO	M3	56.8	6,597.5	374,571.8
92227	EXCAVACION MANUAL	M3	38.0	210.0	7,985.3
92388	FORMALETA	M2	37.4	331.4	12,406.0
92226	RELLENO Y COMPACTACION	M3	32.1	119.4	3,831.4
93352	HIERRO (EN VARILLAS) LISO DE CONSTRUCCION	LBS	489.79	33.0	16,146.5
93383	HIERRO CORRUGADO MAYOR AL No. 4	LBS	1,403.8	28.7	40,324.9
92005	CONCRETO 3000 PSI	M3	6.9	4,409.6	30,532.1
92282	FUNDIR CONCRETO	M3	6.9	250.0	1,731.0
96602	PERNO DE ACERO Diám.=1", L=0.90 CON TUERCA Y ARANDELA	C/U	32.0	1,668.4	53,390.1
-	PLACA DE ACERO 6'X18' (1.83X5.49 M) T=1/4"	C/U	5.0	8,567.6	40,993.4
-	PLACA DE ACERO 6'X18' (1.83X5.49 M) T=3/16"	C/U	1.0	6,352.0	6,078.5
-	PERFIL TIPO C 6" X 3" T=1/4" L=12	C/U	5.0	9,948.9	47,602.2
-	PERFIL TIPO C 3" X 1 1/2" T= 1/8" L=12	C/U	7.0	2,488.6	16,669.8
-	PERFIL TIPO C 3" X 1 1/2" T=3/16" L=12	C/U	13.0	3,630.9	45,169.6
-	PLATINA 14" X 10" X T=3/16"	C/U	8.0	156.0	1,193.9
-	PLATINA 12" X 9" T= 1/4"	C/U	16.0	114.6	1,754.6
-	PLATINA 10" X 10" T= 3/8"	C/U	12.0	222.8	2,558.7
-	PLATINA 15.5" X 15.5" T= 1"	C/U	4.0	1,427.6	5,464.3
5402	CAJA DE VÁLULAS	C/U	2.0	4,987.4	9,974.8
95558	VALVULA HF 2"	C/U	2.0	6,463.5	12,926.9
93694	PINTURA INTERIOR TRATAMIENTO EPOXICO TANQUE (PRIMERA CAPA)	M2	9.5	238.3	2,265.2
93695	PINTURA INTERIOR TRATAMIENTO EPOXICO TANQUE (SEGUNDA CAPA)	M2	9.5	343.7	3,266.8
92853	TUBERÍA HG 2"	M	16.0	644.1	10,304.9
93848	CODO HG 2" X 90°	C/U	6.0	333.5	2,000.9

(Fuente: Elaboración propia)

ETAPA SUB/ETAPA	ACTIVIDAD	U/M	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO MONTO
340	FUENTE Y OBRAS DE TOMA	C/U	1.0	2,548,400.2	2,283,020.3
01	OBRAS DE CAPTACION	C/U	1.0	1,599,303.5	1,599,303.5
92622	PERFORACION DE POZO CON MAQ ROTATIVA DIAM = 12-1/4", SUELO CO	PIE	700.0	605.1	423,546.8
97278	TUBERIA CIEGA DE ACERO DE 8", T= 1/4"	PIE	580.0	1,441.8	836,265.1
97279	TUBERIA RANURADA DE ACERO DE 8", T= 1/4"	PIE	120.0	1,645.5	197,465.7
94646	PRUEBA DE BOMBEO	HORAS	36.0	1,855.0	66,780.0
96165	TUBERIA PVC DIAM = 2" (SDR-26) PARA ENGRAVE	M	24.0	205.2	4,925.2
92941	TUBERIA PVC DIAM 1" (SDR-26) PARA PIEZOMETRO	M	174.0	104.1	18,112.0
92456	EMPAQUE DE GRAVA FLUVIAL DE 1/4" A 1/2"	M3	7.4	1,272.0	9,380.9
4286	SELLO SANITARIO	PIE	4.0	188.1	752.3
92620	LIMPIEZA Y DESARROLLO DE POZO (CON MAQUINA)	HORAS	24.0	1,753.2	42,075.7
02	ESTACION DE BOMBEO	C/U	1.0	683,716.7	683,716.7
5379	SARTA DE TUBERIA DE HG 2" CON VALV PASE Y MEDIDOR MAESTRO	C/U	1.0	78,855.1	78,855.1
94977	VALVULA DE CHECK DE HF 2"	C/U	1.0	7,671.4	7,671.4
93518	VALVULA DE AIRE HF 1"	C/U	1.0	6,686.8	6,686.8
95100	VALVULA DE ALIVIO HF 2"	C/U	1.0	14,888.1	14,888.1
92848	VÁLVULA DE COMPUERTA HF DE 2"	C/U	1.0	7,832.9	7,832.9
94567	UNION DRESSER 2"	C/U	1.0	2,438.0	2,438.0
95104	MANÓMETRO	C/U	1.0	2,650.0	2,650.0
94969	CRUZ HG 2"	C/U	1.0	537.4	537.4
93849	CODO HG 2" X 45º	C/U	2.0	461.8	923.7
92388	FORMALETA (BASE DE CONCRETO, BLOQUES DE REACCIÓN Y LOSA)	M2	9.5	371.0	3,509.7
93353	HIERRO CORRUGADO MENOR O IGUAL AL No. 4 GRADO 40	LBS	101.3	39.2	3,970.5
93352	HIERRO LISO	LBS	79.5	42.4	3,368.7
92009	CONCRETO 3000 PSI MEZCLADO A MANO	M3	2.6	4,409.6	11,256.6
92282	FUNDIR CONCRETO CUALQUIER ELEMENTO	M3	2.6	265.0	676.5
97244	BOMBA C/MOTOR SUMERGIBLE 15 HP, Q= 80 GPM	C/U	4.0	75,754.0	303,016.1
94442	CABLE ELECTRICO SUMERGIBLE # 8 X 3	M	198.3	162.6	32,236.3
94937	ARRANCADOR MAGNETICO P/MOTOR 15 HP	C/U	1.0	50,670.6	50,670.6
95849	TUBERIA DE HIERRO GALVANIZADO DIAM 2" P/COL DE BOMBA	M	186.0	820.0	152,528.5

(Fuente: Elaboración propia)

ETAPA SUB/ETAPA	ACTIVIDAD	U/M	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO MONTO
350	CONEXIONES	C/U	57.0	4,355.3	248,250.7
1	CONEXIONES INTRADOMICILIARES	C/U	57.0	4,355.3	248,250.7
92465	CONEXION DOMICILIAR DE AGUA POTABLE (INC MEDIDOR , CAJA DE C	C/U	57.0	4,355.3	248,250.7
	TRASLADO DE CONEXIONES (DE TUBERIA VIEJA A NUEVA)	C/U	0.0	279.1	0.0
360	PLANTA DE PURIFICACION	C/U	1.0	11,335.5	11,335.5
3	EQUIPO DE CLORINACION (COMPLETO)	C/U	1.0	11,335.5	11,335.5
94671	CLORADOR (DOSIFICADOR DE CLORO) DE 5.8 GPD CON HIPOCLORADOR DE PLASTICO(FORMA DE BIDON) Cap.=15GLNS	C/U	1.0	11,335.5	11,335.5
370	LIMPIEZA Y ENTREGA	GLOBAL	1.0	121,870.0	121,870.0
1	LIMPIEZA FINAL	GLOBAL	1.0	121,870.0	121,870.0
92225	LIMPIEZA FINAL	M2	3,482.0	35.0	121,870.0
TOTAL COSTO DIRECTO					3,374,075.2

(Fuente: Elaboración propia)

4.7. Conclusiones

1. La evaluación de la infraestructura actual reveló que los elementos de la red de agua están en buenas condiciones físicas. Tras el diseño y análisis de la red de agua, se ha comprobado que los diámetros actuales de la línea de conducción y la red de distribución cumplen con las normas de diseño (NTON09 07-19).
2. En este estudio socioeconómico, se ha confirmado que el proyecto de mejora y ampliación del suministro de agua en la comunidad de San Pedro es altamente necesario, ya que el 100% de los encuestados manifestaron esta necesidad en la encuesta socioeconómica.
3. Después de analizar el estudio topográfico, se pudo determinar que el área territorial de la comunidad de San Pedro es mayormente plana, con la excepción de un punto en la Zona 7 de San Pedro, que se encuentra en la parte más elevada de la zona y actualmente carece de acceso a agua. Esta área se ha identificado como la ubicación propuesta para el tanque de almacenamiento necesario para el sistema que estamos proponiendo en esta tesis.
4. Se realizó la proyección de consumo para el año 2043 en la comunidad de San Pedro y se logró comprobar que con la fuente actual es más que suficiente para satisfacer las necesidades de la comunidad.
5. El análisis de calidad del agua confirmó que los parámetros físicos, químicos y microbiológicos cumplen con los criterios establecidos en las normas CAPRE, garantizando la calidad del agua.
6. Se determinó que el diseño óptimo para el sistema de agua potable es Pozo - Red - Tanque, basado en las características hidráulicas y topográficas del

terreno. Y que según las 3 condiciones de trabajo mostradas en el análisis se cumplen con las presiones establecidas en la NTON 09-007-19 y en algunos tramos la velocidad sería menor a lo recomendado, proponiéndose el uso de calcula de limpieza.

7. La estimación de costos del sistema de Agua Potable asciende a un monto de C\$ 3,374,075.2 de córdobas, estos costos fueron basados en precios locales.

4.8. Recomendaciones

1. Se propone que el pozo existente que actualmente abastece a la comunidad de San Pedro y barrios del distrito dos de Estelí, sea exclusivamente utilizado para atender el abastecimiento de agua de la comunidad de San Pedro.
2. En los tramos de la red donde las velocidades del agua son menores que las recomendadas, se sugiere instalar válvulas de limpieza para eliminar sedimentos arrastrados.
3. Se recomienda reemplazar la bomba actual de 30 HP por una de 15 HP, según los cálculos actuales, así mismo la sarta actual de 6" se recomienda cambiar a 3" en base a normas NTON.
4. Para aumentar la participación y conciencia de la comunidad, se sugiere organizar asambleas comunitarias con el propósito de brindar capacitación y compartir información sobre el proyecto.

Bibliografía

- Agüero P. A. (1997) Agua potable para poblaciones rurales. Lima: Asociación servicio educativos rurales (SER).
- Civilgeeks: (2010) información básica para proyectos de agua potable.
- INAA (1999) Norma técnica obligatoria nicaragüense para el abastecimiento de agua potable en la zona rural Managua INAA.
- INAA (1999) Norma técnica para el diseño de abastecimiento y potabilización del agua (NTON 09 003-999. Managua: INAA).
- Pedro Rodríguez Ruiz (2001) Instituto Tecnológico Oaxaca, Abastecimiento de agua.
- PLAN NACIONAL DE LUCHA CONTRA LA POBREZA (2022-2026).

Anexo I: Estudio Socioeconómico

Cuentan con el servicio de agua potable	
Sí	86.90%
No	13.10%
Proveniencia del agua	
Pozo	100%
Calificación de la calidad del agua	
Buena	79.30%
Regular	18.10%
Mala	2.60%
Frecuencia con la que disponen del servicio del agua potable	
Diario	81.50%
Nunca	0.50%
Día de por medio	17.90%
Una vez a la semana	
La cantidad de agua suministrada es suficiente para cubrir sus necesidades diarias	
Sí	67.50%
No	32.50%
El uso que se le da al agua proporcionada	
Alimentación	6.80%
Higiene personal	4.20%
Limpieza de vivienda	0%
Necesidades básicas	9.40%
Todas las anteriores	79.60%
Calificación del servicio del agua	
Excelente	8.20%
Bueno	35.90%
Regular	29.20%
Malo	26.70%
El estado físico se encuentra los elementos del sistema de abastecimiento de agua potable	
Excelente	35.40%
Bueno	44.60%
Regular	15.90%
Malo	4.10%

Tratamiento que se le da al agua antes de ser consumida	
Hierve	1.50%
Cloro	8.80%
Ninguno	86.10%
Otro	3.60%
Enfermedades que afectan con mayor frecuencia a la población	
Diarrea	9.40%
Parásitos	11.70%
Malaria	1.10%
Tifoidea	0.60%
Enfermedades por zancudos	72.80%
Gripe	1.70%
Gripes	1.70%
Creen que estas enfermedades son causadas producto de la calidad del agua	
Sí	8.90%
No	81.70%
Tal vez	9.40%
Familias que viven por vivienda	
1	76.20%
2	19.70%
3	3.10%
Mas de 3	1.00%
Personas que viven por vivienda	
1	1.00%
2	5.60%
3	22.60%
4	20.00%
5	27.20%
6	7.20%
Más de 6	16.40%
Pagan por el servicio de agua potable	
Sí	86.10%
No	13.90%
De acuerdo con la calidad de servicio del agua creen que lo que pagan es:	
Bajo	1.80%
Justo	77.10%
Elevado	21.20%

Consideran que las autoridades se preocupan por mejorar el servicio	
Sí	40.30%
No	59.70%
Les gustaría que se mejorara la calidad del servicio del agua potable	
Sí	98.50%
No	1.50%
Participarían en la ejecución de un proyecto para mejorar y/o ampliar el servicio de agua potable y saneamiento	
Sí	189%
No	3.10%
Maneras en las que apoyarían en la ejecución de un proyecto para mejorar o ampliar el servicio de agua potable?	
Mano de obra	45.60%
Dinero	40.60%
Materiales de construcción	3.10%
Herramientas	1.90%
En lo que se pueda	1.90%
Alimentación	1.20%
Estaría dispuesto a pagar por el servicio de agua potable	
Sí	100%

Tabla I -Estudio de población y consumo

Año	n	r=	población inicial	población proyectada	dotación
2023	0	2.5	915	915	60
2024	1	2.5	915	938	60
2025	2	2.5	915	961	60
2026	3	2.5	915	985	60
2027	4	2.5	915	1010	60
2028	5	2.5	915	1035	60
2029	6	2.5	915	1061	60
2030	7	2.5	915	1088	60
2031	8	2.5	915	1115	60
2032	9	2.5	915	1143	60
2033	10	2.5	915	1171	60
2034	11	2.5	915	1201	60
2035	12	2.5	915	1231	60
2036	13	2.5	915	1261	60
2037	14	2.5	915	1293	60
2038	15	2.5	915	1325	60
2039	16	2.5	915	1358	60
2040	17	2.5	915	1392	60
2041	18	2.5	915	1427	60
2042	19	2.5	915	1463	60
2043	20	2.5	915	1499	60

Tabla II –Proyección de consumo

Año	consumo domestico	consumo publico	consumo promedio diario	Perdidas	CMD	CMH
2023	0.64	0.44	1.08	0.22	1.84	2.92
2024	0.65	0.46	1.11	0.22	1.88	2.99
2025	0.67	0.47	1.13	0.23	1.93	3.06
2026	0.68	0.48	1.16	0.23	1.98	3.14
2027	0.70	0.49	1.19	0.24	2.03	3.22
2028	0.72	0.50	1.22	0.24	2.08	3.30
2029	0.74	0.52	1.25	0.25	2.13	3.38
2030	0.76	0.53	1.28	0.26	2.18	3.47
2031	0.77	0.54	1.32	0.26	2.24	3.55
2032	0.79	0.56	1.35	0.27	2.29	3.64
2033	0.81	0.57	1.38	0.28	2.35	3.73
2034	0.83	0.58	1.42	0.28	2.41	3.83
2035	0.85	0.60	1.45	0.29	2.47	3.92
2036	0.88	0.61	1.49	0.30	2.53	4.02
2037	0.90	0.63	1.53	0.31	2.59	4.12
2038	0.92	0.64	1.56	0.31	2.66	4.22
2039	0.94	0.66	1.60	0.32	2.73	4.33
2040	0.97	0.68	1.64	0.33	2.79	4.44
2041	0.99	0.69	1.68	0.34	2.86	4.55
2042	1.02	0.71	1.73	0.35	2.94	4.66
2043	1.04	0.73	1.77	0.35	3.01	4.78

Tabla III –Censos INIDE

Año Censo INIDE	población del departamento de Estelí	Urbana	Rural
1995	174894	71550	21438
2005	201548	118909	22487

Anexo II: Obra de captación

Tabla I –Parámetros físico de la fuente

NOMBRE DEL POZO	COORDENADAS		AÑO DE CONSTRUCCIÓN	ZONA DE UBICACIÓN	DIAMETRO DE POZO (pulg)	PROMEDIO HISTORICO	NDA / ACTUAL 15/07/2022	NDA / ACTUAL 15/08/2022	NIVEL DE UBICACIÓN DE BOMBA	LONGITUD DE COLUMNA	CAUDAL GPM	PROFUNDIDAD (M)	Q EXPLOTACION N	Columna de reserva LC NEA 30-05-	CALIDAD DEL AGUA
Nº 2 la Cueva	N 13° 04' 47.52"	W 86° 21' 21.55"	1956	Alta	8"	35.88	FUERA DE OPERACIÓN	FUERA DE OPERACIÓN	58.9	57.91	483.00	60.96	279	-	Buena Cumple con las normas CAPRE
Nº 5 José benito	N 13° 05' 11.11"	W 86° 20' 45.45"	2012	Alta	8 3/4"	19.14	40.59	42.59	50.3	49.00	115	75.29	90	-	Buena Cumple con las normas CAPRE
Nº 6 El Parque	N 13° 05' 34.09"	W 86° 21' 23.65"	1975	Media	8 3/4"	11.35	36.76	38.76	36.10	36.80	300	85.34	310	10.15	REGULAR (NO3 >VR <VA)
Nº7 Villa Vieja	N 13° 05' 52.33"	W 86° 20' 48.19"	1980	Baja	12"	36.21	DIGITAL	DIGITAL	46.71	45.72	552.37	73.15	209	-	REGULAR (NO3 >VR <VA)
Nº 10 El Limón	N 13° 04' 35.27"	W 86° 21' 28.36"	1991	Alta	12" 10"	24.67	45.84	48.84	70	68.70	221.34	74.68	212	26.88	Buena Cumple con las normas CAPRE
Nº 11 San Pedro	N 13° 06' 6.27"	W 86° 20' 14.34"	1992	Baja	10"	54.03	DIGITAL	DIGITAL	83.71	60.97	250	103.63	-	-	Buena Cumple con las normas CAPRE
Nº 12 La Chácara	N 13° 04' 10.21"	W 86° 20' 55.46"	1993	Alta	10"	54.03	82.69	84.69	86.7	83.70	323	91.13	61	27.05	Buena Cumple con las normas CAPRE

Anexo III: Cálculos y resultados

Tabla I: Parámetro físico de la fuente

Parámetros Físicos de la fuente		
Elevación de terreno en pozo	98.5	m
Nivel ubicación bomba	63.71	m
Profundidad de nivel estadio del agua	24.67	m
Rebajamiento máximo esperado	13.7	m
Diámetro de línea de impulsión	0.1	m
Longitud de succión	103	m
Longitud de impulsión	2501.6	m
Elevación de terreno en tanque	138.9	m
Elevación de rebose en tanque	143.9	m

CTD=	138.12	m
------	--------	---

Tabla II: -Diseño de línea de conducción

Diámetro de tubería en la línea de conducción			
D=	65.999	mm	3"
Q=	3.0091	m ³ /s	
PVC=	150.000 0		
L=	32.3700	m	

Tabla III: - Velocidad en la línea de conducción

Velocidad en la línea de conducción			
V=	0.88	m/s	velocidad en lado
Cumple con los parámetros de diseño velocidad mínima de 0.6 m/s			

Tabla IV: -Perdida de la columna dentro del pozo

Perdida de la columna dentro del pozo			
LC=	60.97	m	
hf columna=	3.05	m	

Tabla V: - Pérdidas de carga

Pérdidas de carga (formula Hazen-Williams)			
hfcarga=	29.96	m	
Q	0.0030	lps	

Carga Estática			
HE=	109.11	m	

Tabla VI: -Diseño de estación de bombeo

Potencia de la bomba		
PRB=	8.41037615	HP
Qb=	50	gpm
CTD	466.271254	pies
eb:	0.7	

Potencia del motor		
Pm=	12.6155642	HP
(comercialmente)	15	HP

Golpe de ariete		
*H=	17.9696435	m
V=	0.6	m/s
C=	293.803671	m/s
g=	9.81	m/s ²

Cálculo de la celeridad		
a=	293.80	m/s
E=	28100	
k=	20600	
sdr=	32.5	

Tabla VII: -Cálculos Utilizados para red de distribución

zonas	2023	%	2043	gpm	ls
1	11	5%	18	2.5	0.16
2	28	13%	46	6.3	0.40
3	18	8%	30	4.0	0.25
4	44	21%	72	9.9	0.62
5	57	27%	94	12.8	0.81
6	20	9%	33	4.5	0.28
7	35	16%	57	7.8	0.49
	213	100%	349	47.7	3.01

Tabla VIII: -Q por casa

h/casa	4.29	h/c
proyección Habitantes 2043	1499	hab
proyección casas 2043	349	casas
Q demanda por casa	0.1365	GPM

Tabla IX: - Consumo por zonas

zonas	2043	CMD	CMH		
1	18	0.16	0.25		
2	46	0.40	0.63		
3	30	0.25	0.40		
4	72	0.62	0.99		
5	94	0.81	1.28		
6	33	0.28	0.45		
7	57	0.49	0.79		
	349	3.01	4.78		

Tabla X: -Consumo por casa

CMD/CASA	0.009	ls			
CMH/CASA	0.014	ls			
CPD San Pedro	1.770	ls			

Anexo IV:

Diseño de tanque de almacenamiento

Descripción del Proyecto:

Generalidades

El presente documento, muestra la memoria de calculo para el Predimensionamiento de un tanque de acero, que será utilizado para almacenamiento de agua potable en la comunidad de San Pedro, ciudad de Estelí.

El cilindro del tanque se propone con un diámetro de 4.5 metros y una altura de 4.5 metros, apoyado directamente sobre suelo a través de una cimentación adecuada y acorde a las condiciones de suelo del lugar y que no forma parte de este Predimensionamiento.

Normas Utilizadas para el Predimensionamiento:

- Reglamento Nacional de la Construcción RNC-07, y como referencia:
- American Petroleum Institute (API/STANDARD 650-2013)

Programas Utilizados:

- MATHCAD PRIME 7.

MEMORIA:

Consideraciones:

a= Para anillos utilizar láminas de ancho $= 1.125 \text{ m}$, y longitud $L_{lam} := 4.7 \text{ m}$

$P := 3 \cdot L_{lam} = 14.1 \text{ m}$ Perímetro del cuerpo

$D := \frac{P}{\pi} = 4.5 \text{ m}$ Diámetro del cuerpo

$H := 4 \cdot A_{lam} = 4.5 \text{ m}$ Altura del cuerpo

Datos de diseño:

Se desea almacenar un volumen aproximado de 61 m^3

$$V_{req} := 61 \text{ m}^3$$

Acero a utilizar ASTM A-36, entonces el esfuerzo de cedencia será:

$$f_y := 2350 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Dimensionado del techo:

Se propone utilizar un techo cónico autosoportado, entonces :

Angulo del techo
($9.5^\circ \leq \theta < 37^\circ$)

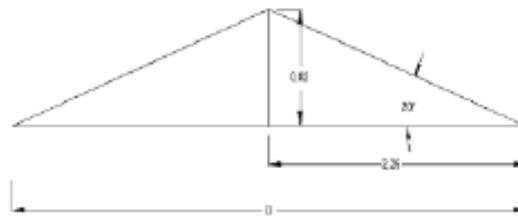
$$\theta := 20^\circ$$

$$T_{t,req} := \frac{D}{4800 \cdot \sin(\theta)} = 2.73 \text{ mm} \quad \text{Espesor de techo requerido}$$

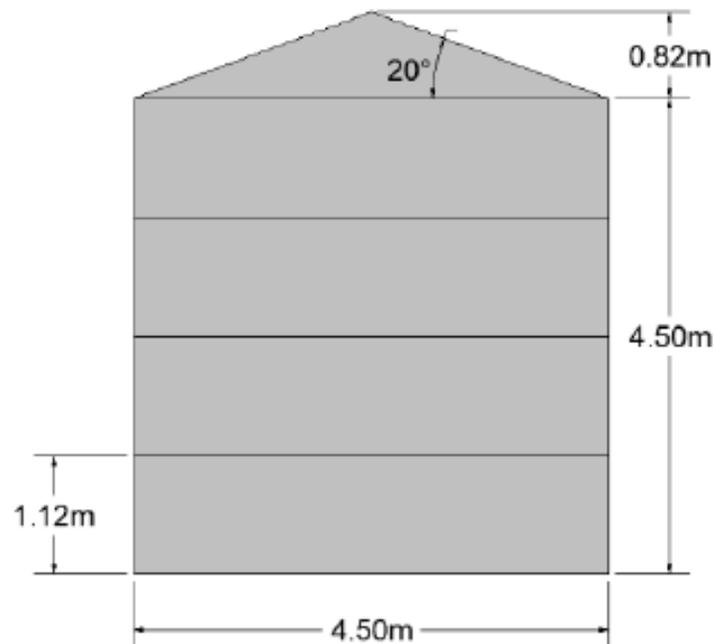
$$T_t := 6 \text{ mm}$$

Altura de techo:

$$h_{te} := \frac{D}{2} \cdot \tan(\theta) = 0.82 \text{ m}$$



Geometría del Tanque



$$CG_{\text{cuerpo}} := \frac{H}{2} = 2.25 \text{ m}$$

Centro de gravedad del Cuerpo

$$CG_{\text{techo}} := H + \frac{h_{te}}{2} = 4.91 \text{ m}$$

Centro de gravedad considerando techo

$$V_{\text{tanque}} := \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot H = 71.19 \text{ m}^3$$

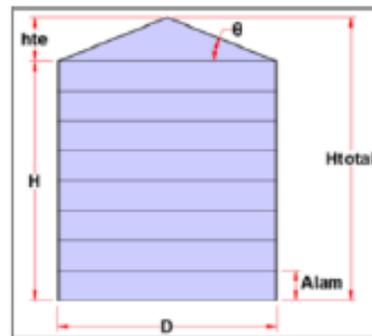
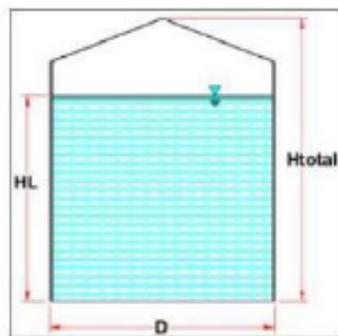
Volumen de tanque diseñado

Volumen requerido : 61 m³ ok

Diseño de láminas cuerpo de tanque (anillos)

Para el cálculo de los espesores requeridos para esfuerzos de diseño y prueba hidrostática, se utilizará el método de diseño de "1 pie de ancho" (sección 5.6.3, API 650-2013), que es aplicable a tanques con diámetros menores o iguales a 61m.

Esquema ilustrativo del tanque



Propiedades de los materiales

Acero estructural:

$$E_s := 29000 \text{ ksi}$$

Módulo de elasticidad

$$f_y := 36 \text{ ksi} = 2531.05 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Esfuerzo de fluencia, acero A-36

$$f_u := 58 \text{ ksi} = 4077.8 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Esfuerzo de tracción

$$S_d := 160 \text{ MPa} = 1631.5 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Esfuerzo de diseño

$$S_t := 171 \text{ MPa} = 1743.7 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad \text{Esfuerzo para prueba hidrostática}$$

$$CA := \frac{1}{8} \text{ in} = 3.175 \text{ mm} \quad \text{Corrosión admisible (datos de fabricantes entre 1/16" y 1/8")}$$

Table 5.2a—Permissible Plate Materials and Allowable Stresses (SI)

Plate Specification	Grade	Nominal Plate Thickness t mm	Minimum Yield Strength MPa	Minimum Tensile Strength MPa	Product Design Stress S_d MPa	Hydrostatic Test Stress S_t MPa
ASTM Specifications						
A283M	C		205	380	137	154
A285M	C		205	380	137	154
A131M	A, B		235	400	157	171
A36M	—		250	400	180	171

Propiedades del líquido:

$$G := 1 \quad \text{Densidad relativa del líquido (agua)}$$

$$H_L := 4.2 \text{ m} \quad \text{Altura máxima del líquido}$$

Datos Geométricos del Tanque:

$$D = 4.5 \text{ m} \quad \text{Diámetro del Tanque}$$

$$H = 4.5 \text{ m} \quad \text{Altura cilindro del tanque}$$

$$\theta = 20^\circ \quad \text{Ángulo de inclinación del techo}$$

$$h_{te} = 0.82 \text{ m} \quad \text{Altura del techo}$$

$$H_{total} := H + h_{te} = 5.32 \text{ m} \quad \text{Altura total del tanque}$$

Diseño anillos del tanque:

Para espesor mínimo de los anillos del tanque, se propone utilizar 5 mm, tomando en cuenta las recomendaciones del API 620-2013.

Sección 5.6.1.1 API 650-2013			
Diámetro nominal del tanque en metros			Espesor mínimo del cuerpo del tanque
<	15.0 m	$D < 15\text{m}$	5 mm
15.0 m	36.0 m	$15\text{m} < D \leq 36\text{m}$	6 mm
36.0 m	60.0 m	$36\text{m} < D \leq 60\text{m}$	8 mm
60.0 m	<	$60\text{m} < D$	10 mm

Espesor requerido debido al esfuerzo de diseño:

Para anillo 1

$$t_{d1} := \frac{4.9 \cdot D \cdot (H - 1 \text{ ft}) \cdot G}{S_d} \cdot \frac{\text{MPa}}{1000 \text{ m}} + CA = 3.75 \text{ mm} \quad \text{" t " por condición de diseño}$$

$$t_{d1} := \frac{4.9 \cdot D \cdot (H - 1 \text{ ft}) \cdot G}{S_t} \cdot \frac{\text{MPa}}{1000 \text{ m}} = 0.54 \text{ mm} \quad \text{" t " por prueba hidrostática}$$

$$t_{d1} := 5 \text{ mm} \quad \text{Espesor primer anillo dirección fondo-tope}$$

Para anillo 2

$$t_{d2} := \frac{4.9 \cdot D \cdot (H - A_{iam} - 1 \text{ ft}) \cdot G}{S_d} \cdot \frac{\text{MPa}}{1000 \text{ m}} + CA = 3.6 \text{ mm} \quad \text{" t " por condición de diseño}$$

$$t_{d2} := \frac{4.9 \cdot D \cdot (H - A_{iam} - 1 \text{ ft}) \cdot G}{S_t} \cdot \frac{\text{MPa}}{1000 \text{ m}} = 0.39 \text{ mm} \quad \text{" t " por prueba hidrostática}$$

$$t_{d2} := 5 \text{ mm} \quad \text{Espesor segundo anillo dirección fondo-tope}$$

Para anillo 3

$$t_{d3} := \frac{4.9 \cdot D \cdot (H - 2 \cdot A_{iam} - 1 \text{ ft}) \cdot G}{S_d} \cdot \frac{\text{MPa}}{1000 \text{ m}} + CA = 3.44 \text{ mm} \quad \text{" t " por condición de diseño}$$

$$t_{d3} := \frac{4.9 \cdot D \cdot (H - 2 \cdot A_{iam} - 1 \text{ ft}) \cdot G}{S_t} \cdot \frac{\text{MPa}}{1000 \text{ m}} = 0.25 \text{ mm} \quad \text{" t " por prueba hidrostática}$$

$$t_{d3} := 5 \text{ mm} \quad \text{Espesor tercer anillo dirección fondo-tope}$$

Para anillo 4

$$t_{d4} := \frac{4.9 \cdot D \cdot (H - 3 \cdot A_{iam} - 1 \text{ ft}) \cdot G}{S_d} \cdot \frac{\text{MPa}}{1000 \text{ m}} + CA = 3.29 \text{ mm} \quad \text{" t " por condición de diseño}$$

$$t_{d4} := \frac{4.9 \cdot D \cdot (H - 3 \cdot A_{iam} - 1 \text{ ft}) \cdot G}{S_t} \cdot \frac{\text{MPa}}{1000 \text{ m}} = 0.11 \text{ mm} \quad \text{" t " por prueba hidrostática}$$

$$t_{d4} := 5 \text{ mm} \quad \text{Espesor tercer anillo dirección fondo-tope}$$

Diseño lámina de fondo:

$t_{b_min} := 6 \text{ mm}$

Espesor mínimo nominal

La lámina de fondo deberá tener como mínimo 2 pulgadas adicionales al ancho del filete de soldadura de la unión entre el cuerpo y el fondo.

Esfuerzo de Diseño :
$$s_d = \frac{4.9 \cdot D \cdot (H_L - 1 \text{ ft}) \cdot G}{t_d}$$

$t_b := t_{dt} = 5 \text{ mm}$

$$S_d := \frac{4.9 \cdot D \cdot (H - 1 \text{ ft}) \cdot G}{t_b} \cdot \frac{\text{MPa}}{1000 \text{ m}} = 18.45 \text{ MPa}$$

El espesor final de la lámina se obtendrá en base al siguiente cuadro propuesto en API Standard 650 , con:

$s_d \leq 190 \text{ Mpa}$ y $t_d \leq 19 \text{ mm}$; $t_{bf} := 6 \text{ mm}$

Table 5.1a—Annular Bottom-Plate Thicknesses (t_b) (SI)

Plate Thickness ^a of First Shell Course (mm)	Stress ^b in First Shell Course (MPa)			
	≤ 190	≤ 210	≤ 220	≤ 250
r ≤ 19	6	6	7	9
19 < r ≤ 25	6	7	10	11
25 < r ≤ 32	6	9	12	14
32 < r ≤ 40	8	11	14	17
40 < r ≤ 45	9	13	16	19

^a Plate thickness refers to the corroded shell plate thickness for product design and nominal thickness for hydrostatic test design.

^b The stress to be used is the maximum stress in the first shell course (greater of product or hydrostatic test stress). The stress may be determined using the required thickness divided by the thickness from (a) then multiplied by the applicable allowable stress:
 Product Stress = (t_r - C)(γ_{corroded}) / (t_b)
 Hydrostatic Test Stress = (t_r / nominal) (t_b)

NOTE: The thicknesses specified in the table, as well as the width specified in 5.5.2, are based on the foundation providing uniform support under the full width of the annular plate. Unless the foundation is properly connected, particularly at the inside of a concrete ringwall, settlement will produce additional stresses in the annular plate.

Determinación de Cargas de Viento:

El cálculo de las cargas de viento se hará en base a lo estipulado en el RNC07

Cuerpo del Tanque:

Grupo: B ; Zona : 2 ; Período de retomo : 50 años $V_R := 45 \left(\frac{m}{s} \right)$

$F_a := 1$ Arto. 51

$F_{TR} := 1.2$ Arto. 52, tabla No. 7

Velocidad de Diseño: $V_D = F_{TR} F_a V_R$

Espesor requerido debido al esfuerzo de diseño:

Para anillo 1

$$t_{d1} := \frac{4.9 \cdot D \cdot (H - 1 \text{ ft}) \cdot G}{S_d} \cdot \frac{\text{MPa}}{1000 \text{ m}} + CA = 3.75 \text{ mm} \quad \text{" t " por condición de diseño}$$

$$t_{d1} := \frac{4.9 \cdot D \cdot (H - 1 \text{ ft}) \cdot G}{S_t} \cdot \frac{\text{MPa}}{1000 \text{ m}} = 0.54 \text{ mm} \quad \text{" t " por prueba hidrostática}$$

$$t_{d1} := 5 \text{ mm} \quad \text{Espesor primer anillo dirección fondo-tope}$$

Para anillo 2

$$t_{d2} := \frac{4.9 \cdot D \cdot (H - A_{lam} - 1 \text{ ft}) \cdot G}{S_d} \cdot \frac{\text{MPa}}{1000 \text{ m}} + CA = 3.6 \text{ mm} \quad \text{" t " por condición de diseño}$$

$$t_{d2} := \frac{4.9 \cdot D \cdot (H - A_{lam} - 1 \text{ ft}) \cdot G}{S_t} \cdot \frac{\text{MPa}}{1000 \text{ m}} = 0.39 \text{ mm} \quad \text{" t " por prueba hidrostática}$$

$$t_{d2} := 5 \text{ mm} \quad \text{Espesor segundo anillo dirección fondo-tope}$$

Para anillo 3

$$t_{d3} := \frac{4.9 \cdot D \cdot (H - 2 \cdot A_{lam} - 1 \text{ ft}) \cdot G}{S_d} \cdot \frac{\text{MPa}}{1000 \text{ m}} + CA = 3.44 \text{ mm} \quad \text{" t " por condición de diseño}$$

$$t_{d3} := \frac{4.9 \cdot D \cdot (H - 2 \cdot A_{lam} - 1 \text{ ft}) \cdot G}{S_t} \cdot \frac{\text{MPa}}{1000 \text{ m}} = 0.25 \text{ mm} \quad \text{" t " por prueba hidrostática}$$

$$t_{d3} := 5 \text{ mm} \quad \text{Espesor tercer anillo dirección fondo-tope}$$

Para anillo 4

$$t_{d4} := \frac{4.9 \cdot D \cdot (H - 3 \cdot A_{lam} - 1 \text{ ft}) \cdot G}{S_d} \cdot \frac{\text{MPa}}{1000 \text{ m}} + CA = 3.29 \text{ mm} \quad \text{" t " por condición de diseño}$$

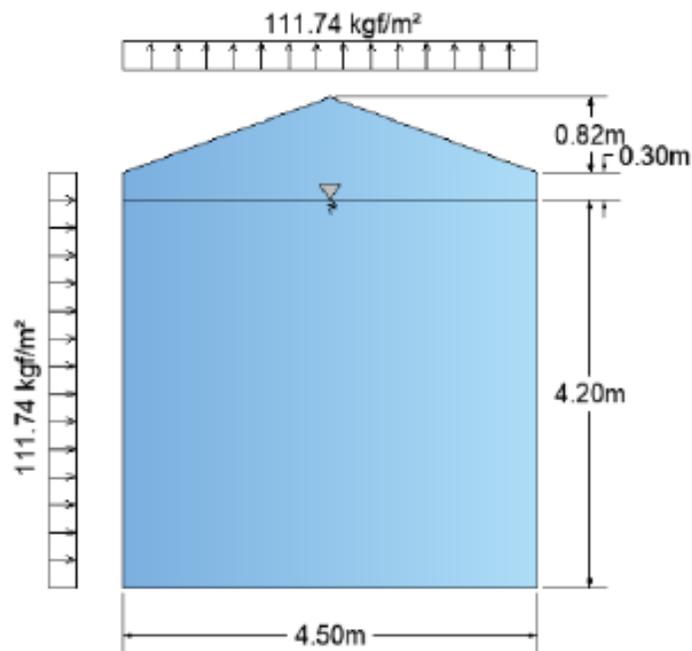
$$t_{d4} := \frac{4.9 \cdot D \cdot (H - 3 \cdot A_{lam} - 1 \text{ ft}) \cdot G}{S_t} \cdot \frac{\text{MPa}}{1000 \text{ m}} = 0.11 \text{ mm} \quad \text{" t " por prueba hidrostática}$$

$$t_{d4} := 5 \text{ mm} \quad \text{Espesor tercer anillo dirección fondo-tope}$$

$$W_c := 7850 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} \cdot \pi \cdot D \cdot (4 \cdot t_{d4}) \cdot A_{lam} = 2490.41 \text{ kgf} \quad \text{Peso del cuerpo}$$

$$R_{te} := \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 + h_{te}^2} = 2.39 \text{ m} \quad \text{Radio del techo}$$

$$W_t := 7850 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} \cdot \pi \cdot R_{te}^2 \cdot T_t = 843.87 \text{ kgf} \quad \text{Peso del techo}$$



Momentos resistentes debido al peso propio del tanque y del contenido

$$M_{pi} := 0 \text{ kgf} \cdot \text{m} \quad \text{Momento debido al Presión interna}$$

$$M_{pct} := W_c \cdot \frac{D}{2} = 5588.7 \text{ kgf} \cdot \text{m} \quad \text{Momento debido al Peso del cuerpo}$$

$$M_{ptt} := W_t \cdot \frac{D}{2} = 1893.72 \text{ kgf} \cdot \text{m} \quad \text{Momento debido al Peso del techo}$$

$$t_{b_c} := t_{bf} - 0.8 \text{ mm} = 5.2 \text{ mm} \quad \text{Espesor corroído placa de fondo}$$

$$f_{yb} := f_y = 248.21 \text{ MPa} \quad \text{Esfuerzo de cedencia chapa de fondo}$$

$$w_L := \min \left(140.8 \cdot \text{Pa} \cdot \frac{H \cdot D}{m}, 59 \text{ Pa} \cdot t_{b_c} \cdot \frac{m}{\text{mm}} \cdot \sqrt[2]{\frac{f_{yb}}{\text{MPa}} \cdot \frac{H}{m}} \right) \cdot \pi \cdot D$$

$w_L = 4088.68 \text{ kgf}$ **Peso del tanque que participa en la resistencia al momento de volcamiento**

$$M_L := w_L \cdot \frac{D}{2} = 9175.34 \text{ kgf} \cdot \text{m} \quad \text{Momento debido al peso del liquido}$$

Momentos de volcamiento debido a la acción del viento

$$M_{plc} := (p_{ZCT} \cdot D \cdot H) \cdot \frac{H}{2} = 5077.82 \text{ kgf} \cdot \text{m} \quad \text{Momento debido a presión lateral sobre el cuerpo}$$

$$M_{pvt} := p_{ZTT} \cdot \pi \cdot \left(\frac{D}{2} \right)^2 \cdot \frac{D}{2} = 3967.17 \text{ kgf} \cdot \text{m} \quad \text{Momento debido a presión vertical sobre el techo}$$

$$M_{vt} := M_{plc} + M_{pvt} = 9044.99 \text{ kgf} \cdot \text{m} \quad \text{Momento de Volcamiento Total}$$

Verificación de condiciones de Anclaje

Condición 1 --- $0.6 \cdot M_{vt} + M_{pi} < \frac{M_{pct}}{1.5} + M_{ptt}$

$$0.6 \cdot M_{vt} + M_{pi} = 5426.99 \text{ kgf} \cdot \text{m} \quad \frac{M_{pct}}{1.5} + M_{ptt} = 5619.52 \text{ kgf} \cdot \text{m} \quad \text{OK!}$$

$F_p := 0.4$ **Factor de combinación de presión normal respecto a la de diseño**

Condición 2 --- $M_{vt} + F_p \cdot M_{pi} < \frac{M_{pct} + M_L}{2} + M_{ptt}$

$$M_{vt} + F_p \cdot M_{pi} = 9044.99 \text{ kgf} \cdot \text{m} \quad \frac{M_{pct} + M_L}{2} + M_{ptt} = 9275.74 \text{ kgf} \cdot \text{m} \quad \text{OK!}$$

Condición 3 --- $M_{plc} + F_p \cdot M_{pi} < \frac{M_{pct}}{1.5} + M_{ptt}$

$$M_{plc} + F_p \cdot M_{pi} = 5077.82 \text{ kgf} \cdot \text{m} \quad \frac{M_{pct}}{1.5} + M_{ptt} = 5619.52 \text{ kgf} \cdot \text{m} \quad \text{OK!}$$

El Tanque no necesita anclaje por viento, se considera auto anclado.!!

Anexo V: Planos