Universidad Nacional de Ingeniería

Área del Conocimiento de Agricultura

DISEÑO DE UNA RED DE DISTRIBUCION DE AGUA PARA USO AGRICOLA EN LA FINCA SANTA MARIA, EN LA COMUNIDAD DE OCHOMOGO DEPARTAMENTO DE RIVAS, 2025.

Proyecto de Graduación para optar al título de Ingeniero Agrícola

Elaborado por:

Br. Ana Vetsy Hernández Carrillo
2009-299112

Br. Engel Ulises Rivera Vásquez
2009-30068

Tutor:

Ing. Rigoberto José Rodríguez Castellón

03 de Julio de 2026
Managua, Nicaragua

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN 1
II. ANTECEDENTES Y MARCO LEGAL 3
2.3 Marco Legal y normativa nacional e internacional. 5
2.3.1 Marco Legal Clave 5
III. OBJETIVOS 6
3.1. Objetivo General 6
3.2. Objetivos Específicos 6
IV. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO. 7
V. FUNDAMENTOS TÉCNICOS 8
5.1 Introducción conceptual. 8
5.2 Fuente Abastecimiento y calidad de Agua 9
5.2.1 Uso agrícola del agua 9
5.2.2 Caudal 9
5.2.3 Aforo 10
5.2.4 Fuentes de abastecimiento 10
5.2.5 Presión hidráulica 10
5.2.6 Velocidad del flujo 11
5.2.7 Pérdidas de carga 11
5.2.8 Pérdidas por fricción 11
5.2.9 Pérdidas menores 12
5.2.10 Línea de conducción 12
5.2.11 Línea de succión 13
5.2.12 Sistema de bombeo 13
5.2.13 Almacenamiento 14
5.2.14 Topografía aplicada al diseño hidráulico 15
5.2.15 Hidrografía y Límites 16
VI. METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO. 16
6.1 Enfoque Metodológico 16
6.1.1 MACRO LOCALIZACIÓN. 17

6.2 Metodología para las condiciones hidráulicas de la fuente de abastecimiento de agua de la finca Santa María 19
6.3 Metodología desarrollada para el objetivo del diseño de la red de distribución hidráulica principal considerando la topografía de la finca..... 24
6.4 Metodología aplicada en la determinación de los cotos y presupuesto de ejecución de la red de distribución de la red de agua..... 25
VII. RESULTADOS 26
7.1 Metodología aplicada en el aforo del rio..... 26
7.2 Procedimiento del aforo..... 26
7.3 Disponibilidad del recurso hídrico..... 27
7.4 Producción diaria del aforo 28
7.5 Area de la finca Santa María 28
7.6 Calculo demanda hídrica demanda hídrica para riego..... 29
7.7 Dotación de agua para consumo humano..... 30
VIII. CONCLUSIONES 3
IX. RECOMENDACIONES..... 4
X. BIBLIOGRAFÍA..... 5
XI. ANEXOS..... i

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1 Macro localización del proyecto 17
Figura 2 Micro localización del proyecto 18
Figura 3 Realización de aforo liquido en rio Ochomogo.....ii
Figura 4 Parámetros de sección de aforo del Rio Ochomogo.....ii
Figura 5 Resultado de análisis de laboratorio ambientales.....ii
Figura 6 Resultados de laboratorio de agua iii
Figura 7 Resultados de agua en micro elementos.....iv

ÍNDICE DE TABLA.

Tabla 1 Cultivo y sus requerimiento hídrico..... 29
Tabla 2 Dotación de agua 30
Tabla 3 Consumo de las area de la finca 31
Tabla 4 Perdidas en los accesorios..... 33
Tabla 5 Ficha técnica de capacidad de tanque de almacenamiento 38
Tabla 6 Resultado de aforo realizado aguas arribas i
Tabla 7 Calculo de caudal.....ii
Tabla 8 Calculo de caudales generados para la subcuenca del Rio Ochomogo..... i

I. INTRODUCCIÓN

El agua constituye un recurso fundamental para el desarrollo sostenible y la seguridad alimentaria en Nicaragua. A nivel nacional, el sector agrícola representa el principal consumidor de recursos hídricos, utilizando aproximadamente el 70 % del agua dulce disponible. No obstante, el país enfrenta importantes desafíos en la gestión y aprovechamiento de este recurso, debido principalmente a la variabilidad climática, reflejada en sequías recurrentes que afectan de manera significativa la productividad agrícola, especialmente en zonas vulnerables como el Corredor Seco nicaragüense.

A pesar de los avances registrados en materia de infraestructura de riego, Nicaragua aún presenta limitaciones en la cobertura y eficiencia de estos sistemas. Históricamente, las áreas bajo riego han mostrado variaciones considerables y predomina el uso de métodos de riego por gravedad, los cuales presentan bajos niveles de eficiencia en la aplicación del agua. Esta situación evidencia una brecha entre el potencial hídrico disponible, principalmente en la vertiente del Caribe, y el uso eficiente del recurso en las principales zonas productivas del Pacífico y del interior del país, donde se concentra la mayor demanda agrícola.

Asimismo, la ausencia de sistemas de abastecimiento diseñados bajo criterios modernos de eficiencia hidráulica y sostenibilidad restringe la capacidad de los pequeños y medianos productores para garantizar la estabilidad de sus cosechas y mejorar sus condiciones económicas.

En respuesta a esta problemática, el presente trabajo de tesis propone el diseño de un sistema de abastecimiento y distribución de agua para uso agrícola en la Finca Santa María, ubicada en la comunidad de Ochomogo, municipio de Rivas. La propuesta tiene como finalidad contribuir a la mitigación de los efectos ocasionados por la escasez hídrica, optimizar la productividad de los cultivos y garantizar la

disponibilidad de una reserva de agua que permita atender las necesidades hídricas ante posibles eventualidades climáticas o productivas.

El objetivo general de esta investigación es desarrollar una propuesta de ingeniería técnicamente viable y sostenible, orientada a garantizar un suministro de agua adecuado, confiable y eficiente para uso agrícola. De esta manera, el proyecto busca constituirse como un aporte práctico a las iniciativas nacionales enfocadas en fortalecer la gestión integral de los recursos hídricos en la región del Pacífico y otras zonas productivas de Nicaragua.

II. ANTECEDENTES Y MARCO LEGAL

La optimización de los sistemas de abastecimiento y distribución de agua para uso agrícola ha sido objeto de múltiples investigaciones para proyectos de ingeniería a nivel nacional. En la zona de estudio hay investigaciones enfocadas en sistemas de abastecimiento para uso agrícola desarrollado por la Universidad Nacional Agraria (UNA). Dichos se enfocan principalmente a mejorar la eficiencia en el uso del recurso hídrico mediante la implementación de tecnologías modernas, métodos de riego más eficientes y criterios técnicos de diseño enfocados en la sostenibilidad y el aprovechamiento racional del agua.

En Nicaragua, diversas instituciones gubernamentales como Ministerio del ambiente y de los recursos Naturales (MARENA), Ministerio Agropecuario (MAG) entre otros organismos de cooperación internacional han desarrollado estudios relacionados con la gestión del agua en el sector agropecuario. Estas investigaciones han demostrado que la implementación de sistemas tecnificados de riego contribuye significativamente a incrementar la eficiencia en la aplicación del agua, reducir pérdidas y mejorar los rendimientos productivos de los cultivos.

Dichos aportes constituyen una base importante para el presente trabajo, ya que validan la necesidad de optimizar la distribución del recurso hídrico; sin embargo, el enfoque de esta investigación se orienta al diseño integral del sistema de abastecimiento, considerando desde la captación y almacenamiento hasta la distribución final en la parcela agrícola.

En este sentido, la presente tesis busca responder a las limitaciones identificadas en estudios previos mediante la propuesta de una infraestructura hidráulica cerrada, basada en sistemas de tuberías que permitan minimizar pérdidas por infiltración, evaporación y conducción ineficiente. La revisión de antecedentes evidencia que, aunque existen investigaciones enfocadas en componentes específicos de los sistemas de riego, persiste un vacío en la integración de todos los elementos que conforman un sistema completo de abastecimiento de agua,

incluyendo captación, almacenamiento y distribución presurizada, adaptados a las condiciones topográficas y climáticas particulares de la Finca Santa María, ubicada en la comunidad de Ochomogo, departamento de Rivas.

Asimismo, la necesidad de fortalecer la gestión eficiente del recurso hídrico en el sector agropecuario nicaragüense ha motivado el desarrollo de diversas investigaciones orientadas al análisis de la problemática hídrica y la búsqueda de soluciones técnicas aplicables al contexto nacional. No obstante, muchos de estos estudios se han enfocado principalmente en sistemas de agua potable o en diagnósticos de infraestructuras ya existentes, dejando limitada la aplicación de diseños integrales destinados exclusivamente al uso agrícola.

Por consiguiente, la presente tesis busca diferenciarse mediante la integración holística de todos los componentes necesarios para el diseño de un sistema de abastecimiento de agua agrícola eficiente y sostenible, aplicando criterios modernos de ingeniería hidráulica y adecuándolos a las necesidades y condiciones específicas de la Finca Santa María. De esta manera, se pretende proponer una solución técnica que contribuya a mejorar la disponibilidad y el aprovechamiento del recurso hídrico, fortaleciendo la productividad agrícola y la resiliencia ante las condiciones climáticas de la zona.

2.3 Marco Legal y normativa nacional e internacional.

El marco Legal aplicable al aprovechamiento del recurso hídrico en Nicaragua se enmarca dentro de la legislación nacional vigente, particularmente en la **Ley No. 620**, administrada por la **Autoridad Nacional del Agua (ANA)**. **Ley No. 620**, El diseño considera los lineamientos establecidos en la Ley No. 620, asegurando que la captación no compromete el caudal ecológico de la fuente y se enmarca en respetar un uso racional del recurso hídrico.

2.3.1 Marco Legal Clave:

- NTON 09 001-99(Diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en zonas rurales): Implica alineamientos de diseño hidráulico y de servicio para sistemas rurales, cálculo de población a 20 años, dotaciones mínimas según tipo de servicio (puestos públicos, conexiones domiciliarias, pozos), factores de variación de consumo (día máximo, hora máxima), limitación de pérdidas (hasta 20 % del consumo promedio) y criterios de presiones y velocidades en tuberías.

- NTON 05 007-98 La norma define parámetros físicos, químicos, biológicos y microbiológicos que deben cumplir las aguas naturales según su uso previsto. Su objetivo central es proteger la salud humana y el ambiente, regulando tanto la calidad intrínseca de los cuerpos de agua como los niveles de vertimientos tolerables que pueden recibir sin perder su funcionalidad.

- Ley No. 217 (Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales de Nicaragua); Es la principal norma marco en materia ambiental del país, encargada de garantizar un desarrollo sostenible que preserve el equilibrio ecológico y la calidad de vida de las generaciones presentes y futuras.

III. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

- Diseñar una red de distribución de agua para uso agrícola en la finca Santa María, en la comunidad de Ochomogo departamento de Rivas, 2025.

3.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar las condiciones hidráulicas de la fuente de abastecimiento de agua de la Finca Santa María, a través del aforo directo.

- Realizar el diseño de la red de distribución hidráulica principal considerando la topografía en la Finca Santa María.

- Determinar los costó de ejecución de la red de distribución de la red de agua propuesta para la Finca

IV. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

El presente trabajo monográfico consiste en el diseño de una red de distribución de agua para uso agrícola en la Finca Santa María, ubicada en la comunidad de Ochomogo, departamento de Rivas, con el propósito de garantizar un abastecimiento hídrico eficiente, continuo y técnicamente adecuado para el desarrollo de las actividades productivas de la finca. La propuesta busca contribuir al mejor aprovechamiento del recurso hídrico, mediante la implementación de criterios de ingeniería hidráulica orientados a optimizar la conducción y distribución del agua.

La investigación se desarrolla bajo un enfoque de ingeniería hidráulica aplicada, enfocado en el análisis de las condiciones reales de captación, conducción y distribución del recurso hídrico disponible en la zona de estudio. Como parte inicial del proceso, se realiza la caracterización hidráulica de la fuente de abastecimiento mediante aforo directo, permitiendo determinar el caudal disponible y evaluar la capacidad de aprovechamiento del recurso para fines agrícolas.

Posteriormente, se efectúa el análisis técnico de las necesidades hídricas del área de cultivo, considerando variables fundamentales como la demanda de agua de los cultivos, las condiciones topográficas del terreno, las pérdidas de carga por fricción, las condiciones operativas y los criterios hidráulicos requeridos para el diseño eficiente del sistema. Con base en estos parámetros, se procede al diseño de la red de conducción y distribución, definiendo los componentes hidráulicos necesarios, tales como tuberías, accesorios, sistema de bombeo y condiciones de operación que garanticen un funcionamiento eficiente y seguro de la infraestructura propuesta.

Finalmente, el proyecto plantea una alternativa técnica de abastecimiento de agua que permita optimizar el uso del recurso hídrico en las actividades agrícolas, mejorando las condiciones de riego y fortaleciendo la sostenibilidad productiva de la Finca Santa María. Asimismo, se espera que la propuesta contribuya a

incrementar la eficiencia en el manejo del agua y a reducir las limitaciones asociadas a la escasez hídrica en la zona de estudio.

V. FUNDAMENTOS TÉCNICOS

5.1 Introducción conceptual.

El presente proyecto de tesis plantea una solución técnica orientada a atender la problemática de abastecimiento hídrico en la Finca Santa María, ubicada en la comunidad de Ochomogo, municipio de Rivas, mediante el diseño de un sistema de abastecimiento y distribución de agua para uso agrícola. La propuesta busca mitigar los efectos de la escasez hídrica, optimizar la productividad de los cultivos y garantizar una reserva de agua que permita atender eventualidades relacionadas con las necesidades agrícolas y el uso doméstico dentro de la finca.

El objetivo general de esta investigación es diseñar una red de distribución de Agua para uso Agricola, una herramienta de ingeniería técnicamente viable y sostenible que garantice un suministro de agua adecuado, confiable y eficiente para las actividades agrícolas. Asimismo, el proyecto pretende constituirse como un aporte práctico a las iniciativas nacionales orientadas al fortalecimiento de la gestión de los recursos hídricos en la región del Pacífico y otras zonas productivas de Nicaragua, promoviendo una agricultura más eficiente, resiliente y sostenible frente a las condiciones climáticas actuales.

La finalidad técnica del proyecto consiste en diseñar una red hidráulica capaz de captar, conducir y distribuir el recurso hídrico desde una fuente superficial hasta las áreas de cultivo de la Finca Santa María, garantizando condiciones adecuadas de caudal, presión y eficiencia operativa para el correcto funcionamiento del sistema de riego.

El diseño hidráulico de la red se fundamenta en el análisis integral de las variables que intervienen en el comportamiento del flujo dentro de tuberías presurizadas, considerando factores hidráulicos, topográficos, mecánicos y operacionales que influyen directamente en el desempeño y eficiencia del sistema. De igual manera,

se contemplan aspectos relacionados con las pérdidas de carga, selección de materiales, capacidad de conducción y condiciones de operación, con el propósito de asegurar la funcionalidad y sostenibilidad de la infraestructura propuesta.

5.2 Fuente Abastecimiento y calidad de Agua

5.2.1 Uso agrícola del agua

El uso agrícola del agua corresponde al aprovechamiento del recurso hídrico para actividades de producción vegetal, principalmente para riego de cultivos.

La disponibilidad de agua en cantidad y presión adecuadas influye directamente en:

- El crecimiento de los cultivos.
- La productividad agrícola.
- La eficiencia del riego.
- La sostenibilidad de la producción.

Por esta razón, el diseño hidráulico debe considerar las necesidades hídricas reales del área agrícola y la capacidad disponible de la fuente de abastecimiento.

5.2.2 Caudal

Es el volumen de agua que fluye a través de una sección transversal de un río o canal en la unidad de tiempo. El hidrograma es la expresión gráfica de la variación del caudal a lo largo del tiempo.
El caudal representa uno de los parámetros fundamentales en el diseño hidráulico, debido a que determina:

- El tamaño de las tuberías.
- La capacidad de bombeo.
- La presión requerida.
- La capacidad de distribución.

5.2.3 Aforo General

Un aforo de agua consiste en la aplicación de un método de medición del caudal de agua para lo cual se mide el volumen y la velocidad con la que transita el agua en una sección de una determinada fuente (río, quebrada, naciente o pozo) en un tiempo dado. El aforo constituye una de las etapas más importantes del proyecto, ya que permite conocer la capacidad real de suministro de la fuente hídrica. (ANA, 2023, p. 16).

Según FAO, (1997) existen diferentes métodos de aforo como:

- **Método volumétrico**, esta es forma más sencilla de calcular los caudales pequeños es la medición directa del tiempo que se tarda en llenar un recipiente de volumen conocido.

- **Método de velocidad/superficie O directo:** Este método depende de la medición de la velocidad media de la corriente y del área de la sección transversal del canal.

5.2.4 Fuentes de abastecimiento.

El caudal de las fuentes superficiales y subterráneas debe ser capaz de aportar la demanda de máximo día. Para el caso de las fuentes superficiales debe aportar además de la demanda de máximo día, el caudal ecológico. (ANA, 2023, p. 13)

5.2.5 Presión hidráulica

La presión hidráulica es la fuerza ejercida por el agua sobre las paredes internas de las tuberías debido a la energía del fluido.

En una red agrícola, mantener presiones adecuadas es indispensable para garantizar el transporte del agua, evitar fallas en tuberías ya asegurar el funcionamiento eficiente del sistema.

Las presiones insuficientes pueden generar deficiencias en el abastecimiento, mientras que presiones excesivas pueden provocar daños en los componentes hidráulicos.

5.2.6 Velocidad del flujo

La velocidad del flujo corresponde a la rapidez con la que el agua se desplaza dentro de la tubería. Se determina mediante la relación:

Donde:

- Q = Caudal.
- A = Área hidráulica de la tubería.
- V = Velocidad del flujo.

La velocidad debe mantenerse dentro de límites técnicos adecuados para evitar:

- Sedimentación.
- Vibraciones.
- Golpes de ariete.
- Desgaste prematuro de las tuberías.

5.2.7 Pérdidas de carga

Las pérdidas de carga representan la disminución de energía que experimenta el agua durante su desplazamiento dentro de la tubería.

Estas pérdidas se clasifican en:

5.2.8 Pérdidas por fricción

Son ocasionadas por el rozamiento del agua contra las paredes internas de la tubería. Para el cálculo de pérdidas por fricción en el proyecto se utiliza la ecuación de **Hazen-Williams:**

$$\boldsymbol{Hf} = 10.67\,(\frac{Q}{C})^{1.852}\ x\ (\frac{L}{D^{4.87}})$$

Donde:

- hf = Pérdida de carga.
- L = Longitud de la tubería.
- Q = Caudal.
- C = Coeficiente de rugosidad.
- D = Diámetro interno de la tubería.

5.2.9 Pérdidas menores

Son producidas por accesorios hidráulicos tales como:

- Codos.
- Válvulas.
- Tees.
- Reducciones.
- Conexiones.

Estas pérdidas influyen directamente en la carga dinámica total del sistema

5.2.10 Línea de conducción

La línea de conducción constituye uno de los componentes principales de un sistema de abastecimiento de agua, ya que es la encargada de transportar el recurso hídrico desde el punto de captación hasta las estructuras de almacenamiento, regulación o distribución del sistema. Este transporte puede realizarse mediante sistemas de bombeo, rebombeo o por gravedad, dependiendo de las condiciones topográficas, hidráulicas y operativas del proyecto.

Asimismo, la línea de conducción está conformada no solo por las tuberías principales, sino también por el conjunto de estructuras hidráulicas y accesorios necesarios para garantizar el adecuado funcionamiento del sistema. Entre estos elementos se incluyen conductos, válvulas, estructuras de operación, obras

especiales y cruceros de conexión, los cuales permiten controlar, regular y distribuir el flujo de agua de manera eficiente y segura dentro de la red hidráulica.

5.2.11 Línea de succión

La línea de succión es el tramo de tubería que conecta la fuente de abastecimiento con la bomba. Su diseño debe minimizar pérdidas de carga para evitar problemas como:

- Cavitación.
- Pérdida de cebado.
- Disminución del rendimiento de la bomba.

5.2.12 Sistema de bombeo

La estación de bombeo constituye una estructura hidráulica esencial dentro de los sistemas de abastecimiento y distribución de agua, estando conformada por una o varias bombas, pozos de bombeo, tuberías de succión y descarga, así como por los accesorios y dispositivos necesarios para su correcto funcionamiento. Su finalidad principal es suministrar al agua la energía requerida para ser transportada mediante conductos presurizados desde un punto de menor elevación hacia otro de mayor cota, garantizando las condiciones adecuadas de caudal y presión dentro del sistema hidráulico.

El equipo de bombeo actúa como un transformador de energía, ya que convierte la energía mecánica producida por un motor eléctrico en energía hidráulica. Como resultado de esta transformación, el fluido adquiere presión y velocidad, permitiendo su conducción eficiente a través de la red de distribución y asegurando el abastecimiento hacia las áreas de almacenamiento, regulación o aplicación agrícola.

Por otra parte, el sistema de bombeo comprende el conjunto de equipos y componentes encargados de impulsar y controlar el movimiento del agua dentro de

la red hidráulica. Este sistema está integrado por bombas, motores, tuberías, válvulas, accesorios hidráulicos y dispositivos de control y protección, los cuales operan de manera conjunta para garantizar un funcionamiento eficiente, seguro y continuo del sistema de abastecimiento de agua para uso agrícola.

En este proyecto se contempla el uso de una motobomba debido a las condiciones de captación directamente desde el río.

La selección del equipo debe considerar:

- Caudal requerido.
- Altura dinámica total.
- Tipo de fuente.
- Condiciones de operación.
- Eficiencia energética

5.2.13 Almacenamiento

Las instalaciones de almacenamiento, conocidas como tanques, torres, cisternas o reservorios, por un lado, brindan almacenamiento para el agua tratada antes de su distribución para fines domésticos y de consumo, y por otro, equilibran las fluctuaciones en la cantidad y calidad del agua.

5.2.14 Topografía aplicada al diseño hidráulico

La topografía de Nandaime se caracteriza por presentar una transición entre llanuras fértiles y zonas de relieve ondulado, con variaciones significativas de altitud dentro del municipio. Estas condiciones topográficas influyen directamente en el comportamiento hidráulico del terreno y en el diseño de obras de infraestructura destinadas al abastecimiento y distribución de agua.

La topografía comprende la descripción técnica y representación gráfica de las características físicas de un terreno, teniendo como objetivo el estudio detallado de

la superficie terrestre. Este análisis considera aspectos físicos, geográficos y geológicos del área de estudio, así como las modificaciones generadas por la intervención humana, tales como excavaciones, construcción de taludes, caminos, obras hidráulicas y otras alteraciones del entorno. La información topográfica resulta fundamental para el diseño de sistemas hidráulicos, ya que permite determinar pendientes, elevaciones, perfiles del terreno y condiciones necesarias para el adecuado funcionamiento de las redes de conducción y distribución de agua.

- **Altimetría:** La zona de Nandaime-Ochomogo presenta un perfil altimétrico que desciende gradualmente desde las tierras altas del noroeste hacia las planicies del este, cerca del Lago Cocibolca.

  Zona Urbana de Nandaime: Se ubica a una altitud media de 142 m s. n. m. El rio Ochomogo al situarse en la cuenca del río que sirve de límite natural entre los departamentos de Granada y Rivas, la elevación en las zonas bajas del río ronda los 40-60 m s. n. m., disminuyendo conforme se acerca a su desembocadura en el lago (31 m s. n. m. aprox.).

  Relieve Circundante: Al sur de Nandaime, el terreno es muy ondulado, con colinas y gargantas profundas que elevan el relieve antes de descender nuevamente hacia la depresión lacustre.

- **Planimetría:** La planimetría de la zona entre Nandaime y Ochomogo se define por la disposición horizontal de sus infraestructuras viales, cuerpos de agua y la delimitación administrativa entre los departamentos de Granada y Rivas.

5.2.15 Hidrografía y Límites

Río Ochomogo: Actúa como el límite geográfico y político natural que separa el departamento de Granada (Nandaime) del departamento de Rivas (Potosí/Belén).

Red de Drenaje: Planimétrica mente, se observa una densa red de arroyos que

fluyen hacia el este, desembocando en el Lago Cocibolca. Puntos Críticos: El Puente Ochomogo es el punto de control planimétrico más relevante, marcando el kilómetro 80.5 de la carretera sur.

VI. METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO.

6.1 Enfoque Metodológico

La metodología del presente proyecto de graduación se estructura bajo un enfoque técnico–aplicado, orientado al diseño de una red de distribución de agua para uso agrícola en la Finca Santa María, ubicada en la comunidad de Ochomogo, departamento de Rivas, durante el año 2025. Esta metodología integra actividades de campo, recopilación y análisis de información hidráulica, evaluación de variables agroclimáticas y desarrollo de cálculos hidráulicos necesarios para garantizar un sistema funcional, eficiente y técnicamente viable.

El desarrollo metodológico se organizó en función de los objetivos específicos planteados en la investigación, incorporando procedimientos técnicos como el aforo directo de la fuente de abastecimiento, la caracterización física e hidráulica de la fuente de agua, el análisis de parámetros climáticos y edáficos, así como el dimensionamiento hidráulico de la red de conducción y distribución. De igual manera, se consideraron aspectos relacionados con la topografía del terreno, la demanda hídrica de los cultivos y las condiciones operativas del sistema, con el propósito de diseñar una infraestructura hidráulica adecuada a las necesidades productivas de la finca.

6.1.1 Localización y contexto socioeconómico.

El proyecto se llevó a cabo en la finca Santa María, ubicada municipio de Nandaime, del departamento de Rivas, situada en el km 13 carretera Panamericana Masaya; 6 km al Este; 30 vrs al norte.

6.1.2 MACRO LOCALIZACIÓN.

El área de estudio se sitúa en la Región del Pacífico de Nicaragua, específicamente en la zona sur-occidental del país. En el departamento de Rivas, este departamento, colinda al norte con Carazo y Granada al sur Con Costa Rica al este con Lago Cocibolca y al oeste con océano Pacifico. El Río Ochomogo actúa como una

frontera natural que divide los departamentos de Granada (municipio de Nandaime) y Rivas (municipio de Potosí y Belén) geográficamente. Con coordenadas 12 ° 91′ 32.3″ N, 60° 75′ 16″ E.

Figura 1 *Macro localización del proyecto*



Fuente: Google Earth, 2026.

6.1.3 MICRO LOCALIZACION

El sitio de estudio del proyecto se ubica en la Finca Santa María, municipio de Ochomogo, colinda con Norte: Zona de influencia alta de la cuenca del Río, Sur: Finca Santa Elena, Este: Hacia la ribera del Río Ochomogo Oeste: Trocha de ingreso a las fincas del sector del rio Ochomogo con coordenadas Latitud 1291323 Norte y Longitud 607516 este, con una altitud promedio de 70 msnm.

Figura 2 *Micro localización del proyecto*



Fuente: Google Earth, 2026.

La presente investigación corresponde a un proyecto de ingeniería hidráulica de carácter aplicado, orientado al diseño de un sistema de abastecimiento y distribución de agua para uso agrícola y doméstico en la finca Santa María, ubicada en la comunidad de Ochomogo, municipio de Rivas. La metodología desarrollada permitió integrar actividades de campo, recopilación de información técnica, análisis hidráulico, validación de resultados y evaluación económica del sistema propuesto.

El proceso metodológico fue estructurado de manera secuencial, iniciando con el reconocimiento preliminar del área de estudio y finalizando con la elaboración del diseño hidráulico y el presupuesto de ejecución del proyecto. La metodología aplicada se desarrolló conforme a los objetivos específicos planteados en la investigación, garantizando coherencia técnica entre la información recopilada en campo, los cálculos hidráulicos realizados y la propuesta final del sistema de abastecimiento.

6.2 Metodología para las condiciones hidráulicas de la fuente de abastecimiento de agua de la finca Santa María.

Observación in situ: Inicialmente se realizó una visita técnica a la finca Santa María con el propósito de identificar las condiciones físicas, hidráulicas y topográficas existentes en el área de estudio. Durante esta etapa se efectuó un reconocimiento general del terreno, permitiendo localizar la fuente superficial de abastecimiento, identificar el recorrido preliminar de la línea de impulsión y determinar el sitio más adecuado para la ubicación del tanque de almacenamiento.

Asimismo, durante el reconocimiento se evaluaron aspectos relacionados con el acceso al río, las condiciones del cauce, la estabilidad del terreno, la ubicación del cultivo de limón mandarina y la distribución espacial de las áreas destinadas al abastecimiento agrícola y doméstico. Esta información permitió establecer criterios técnicos iniciales para el desarrollo posterior del diseño hidráulico.

Posteriormente se procedió a realizar el levantamiento de información hidráulica de la fuente superficial mediante un aforo directo utilizando el Molinete Gurley 622.

Para la ejecución del aforo se seleccionó un tramo del río con condiciones de flujo relativamente uniforme, evitando zonas con turbulencia excesiva o alteraciones significativas del cauce que pudieran afectar la precisión de las mediciones.

El procedimiento de aforo inició con la medición del ancho total de la sección transversal del río utilizando cinta métrica. Seguidamente, la sección hidráulica fue dividida en varios segmentos con el propósito de obtener mediciones representativas de profundidad y velocidad del flujo. Las profundidades fueron determinadas mediante el uso de una vara graduada, mientras que la velocidad del agua fue medida utilizando el Molinete Gurley 622, equipo especializado para medición de velocidades en corrientes superficiales.

- **Técnicas de análisis de datos recolectados.**

Los datos obtenidos en campo fueron registrados en formatos de control para posteriormente calcular el caudal disponible en la fuente mediante el método velocidad-área, utilizando la ecuación:

$$\boldsymbol{Q} = A \times V$$

Donde el caudal total corresponde al producto del área hidráulica de la sección transversal y la velocidad media del flujo. Como resultado del aforo realizado se determinó un caudal disponible de:

$$\boldsymbol{Q} = 0.536 \text{ m}3/s$$

- **Fuente de abastecimiento.**

La fuente de abastecimiento es el rio de Ochomogo, que está en la comunidad de Nandaime, un rio conformado por varios departamentos y la información del mismo será proporcionada por la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados.

- **Sitio de Extracción del Aforo.**

La captación de flujos de agua contribuye al control de las inundaciones e incluso desbordes, es una forma fácil y rápida de hacer uso del agua, ya sea por efecto de bombas o por gravedad haber agua limpia y fresca entonces se necesitaría sólo un tratamiento adicional.

- **Estudio de la fuente y calidad del agua**

Debido a que la fuente es un Rio se realizó con el método directo, el cual relaciona el volumen con el tiempo para obtener el caudal. También se tomaron muestras de agua para su análisis y posterior evaluación con los parámetros de calidad de agua para consumo humano de la norma CAPRE.

Para la evaluación de la calidad del agua se hizo referencia al artículo 8 de la norma (CAPRE, 1994, Pág. 7), la cual es la primera etapa E1, considera un programa de análisis básico con los parámetros: coliforme total o coliforme fecal, sabor, color, turbiedad, concentraciones de iones, hidrogeno (Ph), y conductividad.

También se tomó en consideración la segunda etapa E2 descrita en la norma CAPRE, que incluye la evaluación de sodio, potasio, magnesio, calcio, cloruro, nitrato, sulfato, carbonato, bicarbonato, dureza total como caco2, dureza cálcica como caco2, alcalinidad total como caco2, alcalinidad a la fenolftaleína, sílice reactivo disuelto, nitrito, hierro total, fluoruro, amonio, y balance iónico de la muestra.

- **Dotación**

El tipo de distribución que se va a hacer toma en cuenta conexiones domiciliares con dotaciones de 100 lppd Según norma NTON 09 007-19 Diseño de sistemas de abastecimiento. agua potable.

- **Caudal de diseño**

Para el dimensionamiento de la línea de conducción se utilizará el consumo máximo diario (MIFIC, 2020, pág. 24) y para el dimensionamiento de la red de distribución se utilizará el consumo máximo horario (MIFIC, 2020, pág. 30).

Para el cálculo del equipo de bombeo se aplicarán las siguientes ecuaciones:
Para el cálculo de caudal de bombeo se realizó aplicando la siguiente ecuación:
$Q\ bombeo{=}CMD{\times}K$
Donde;
K; es el coeficiente que depende de las horas de bombeo.

$$\mathbf{K} = \frac{24}{\text{Hrs bombeo}}$$

El rango de horas de bombeo que se recomienda, según la norma del INAA es de

‘16 horas como mínimo y 24 horas lo máximo.

Cálculo de potencia de la bomba

$$PB=\gamma \times QB \times CTD75 \times E$$

- **Carga dinámica total.**

Se determinará la presión manométrica total mediante la ecuación. (Arturo Rocha Felices, 2007, p. 136)

$$\boldsymbol{CTD = HG + hfcolumna + hsarta + hlconducción}$$

Donde:

HG: Altura geométrica.

hf: Pérdidas por fricción.

h: Pérdida total de la sarta.

hl: Pérdida de carga en la línea de conducción por fricción y locales

- ***Selección de la bomba.***

Para seleccionar la bomba se utiliza la carga dinámica total, y el caudal de diseño, y a través de una curva característica usando un catálogo de Motobombas de gasolina de la marca Truper, se selecciona la bomba adecuada, que cumpla los requisitos requeridos (H-Q).

- **Sarta.**

A continuación, se presentan las características para el diseño de la Sarta:

- **Diámetro de sarta.**

El diámetro de la sarta será seleccionado basándose en el rango del caudal de consumo máximo diario (CMD) utilizando la tabla 11 de la norma técnica. (ANA,

2023, p. 22)

- **Pérdida por fricción en la sarta.**

Para el cálculo de las pérdidas por fricción se empleará la ecuación de Hazen-Williams, en la que se despeja la gradiente hidráulica u otras fórmulas similares reconocidas, de acuerdo con NTON 09 007-19. (ANA, 2023, p. 26)

- **Velocidades de diseño.**

También se calculará la velocidad de flujo con la ecuación 12, la cual no excederá lo establecido en la tabla 13 de la norma NTON 09 007-19, teniendo como velocidad mínima 0.60 m/s y máximo 1.5 m/s. (ANA, 2023, p. 25).

6.3 Metodología desarrollada para el objetivo del diseño de la red de distribución hidráulica principal considerando la topografía de la finca.

Según la norma NTON 09 007-19, se deben cumplir los siguientes parámetros (ANA,2023, p. 29) 34

- **Velocidades permisibles:** Se permitirán velocidades de flujo de 0.60 m/s 5.00 m/s, de ser necesario se deben instalar válvulas de limpieza.
- **Presiones mínimas y máximas:** En las zonas rurales se permitirán presiones mínimas de 5 m en el punto de la conexión y en la red de distribución las presiones máximas serán 50 m.
- **Diámetro mínimo:** El diámetro mínimo de la tubería de la red de distribución debe ser de 13.5 mm, siempre y cuando se demuestre que su capacidad sea eficaz para satisfacer la demanda del sistema.

- **Tanque de almacenamiento.**

Las instalaciones de almacenamiento, conocidas como tanques, torres, cisternas o reservorios, por un lado, brindan almacenamiento para el agua tratada antes de su

distribución para fines domésticos y de consumo, y por otro, equilibran las fluctuaciones en la cantidad y calidad del agua. El volumen debe ser igual al 15%del consumo promedio diario.

- **Estudio de la fuente y calidad del agua**

Debido a que la fuente es un rio, el aforo se hizo con el método directo, el cual relaciona el volumen con el tiempo para obtener el caudal. También se tomaron muestras de agua para su análisis y posterior evaluación con los parámetros de calidad de agua para consumo humano de la norma CAPRE.

Para la evaluación de la calidad del agua se hizo referencia al artículo 8 de la norma (CAPRE, 1994, Pág. 7), la cual es la primera etapa E1, considera un programa deanálisis básico con los parámetros: coliforme total o coliforme fecal, sabor, color, turbiedad, concentraciones de iones, hidrogeno (Ph), y conductividad.

También se tomó en consideración la segunda etapa E2 descrita en la norma CAPRE, que incluye la evaluación de sodio, potasio, magnesio, calcio, cloruro, nitrato, sulfato, carbonato, bicarbonato, dureza total como caco2, dureza cálcica como caco2, alcalinidad total como caco2, alcalinidad a la fenolftaleína, sílice reactivo disuelto, nitrito, hierro total, fluoruro, amonio, y balance iónico de la muestra.

6.4 Metodología aplicada en la determinación de los cotos y presupuesto de ejecución de la red de distribución de la red de agua.

El presupuesto es la resultante de sumar los costos de las 3 etapas que se contemplan en esta ejecución presupuestos de los insumos a utilizar, costo de mano de obra e imprevistos.

Para la realización del presupuesto, se tendrán en cuenta los diseños especificados en los planos constructivos y se le asignará los costos unitarios por cada actividad realizada, Además, se hará un resumen de todas las etapas y subetapas a desarrollarse.

VII. RESULTADOS

7.1 Metodología aplicada en el aforo del rio.

- **Descripción del método de aforo**

Para determinar la disponibilidad del recurso hídrico en la fuente de abastecimiento, se realizó un aforo en el río Ochomogo mediante la aplicación del método del molinete. Este procedimiento consiste en medir la velocidad del flujo del agua a partir del conteo de las revoluciones generadas por una hélice o copa giratoria instalada en el instrumento, durante un intervalo de tiempo determinado. La rotación producida por la corriente permite obtener la velocidad del flujo en distintos puntos de la sección del cauce.

El método del molinete es ampliamente utilizado en estudios hidrológicos para la determinación de caudales en cauces naturales, debido a su alto nivel de precisión y confiabilidad. Su correcta aplicación requiere el cumplimiento de buenas prácticas de medición, selección adecuada de la sección de aforo y posicionamiento apropiado del instrumento, garantizando así resultados representativos del comportamiento hidráulico de la fuente de abastecimiento.

7.2 Procedimiento del aforo

El procedimiento desarrollado durante la medición del caudal fue el siguiente:

- **Selección del tramo:** Se elige un tramo de cauce recto, con flujo uniforme y sin obstáculos.
- **Seccionamiento:** Se divide la sección transversal del río en varias franjas o sub-áreas verticales.
- **Medición de profundidad:** En cada vertical, se mide la profundidad total del agua.

- **Medición de velocidad:** Se coloca el **Molinete Gurley 622,** a profundidades específicas (generalmente a 0.2, 0.6 y 08 de la profundidad total, o usando el promedio de 0.2 -0.8 para determinar la velocidad media de esa vertical).
- **Cálculo de caudal parcial:** Se multiplica el área de cada franja por la velocidad media medida en ella.
- **Caudal total:** Se suman los caudales de todas las franjas para obtener el caudal total del río.

7.3 Disponibilidad del recurso hídrico.

El aforo realizado en el río Ochomogo permitió determinar un caudal promedio de 0.536 m³/s, equivalente a 536 L/s, resultado que constituye un parámetro fundamental para el dimensionamiento del sistema hidráulico propuesto. Este valor representa la disponibilidad del recurso hídrico en la fuente de abastecimiento y sirve como base técnica para el diseño de la red de conducción y distribución de agua destinada al uso agrícola en la Finca Santa María.

- **El aforo en el diseño hidráulico.**

La determinación del caudal disponible constituye uno de los parámetros fundamentales para el diseño del sistema de abastecimiento, ya que permite establecer:

- la capacidad del equipo de bombeo
- el dimensionamiento de la tubería de conducción
- el volumen del tanque de almacenamiento
- la sectorización del sistema de riego

De esta manera se garantiza que el sistema sea capaz de operar de forma eficiente bajo las condiciones reales de disponibilidad del recurso hídrico.

A continuación, se presenta el caudal útil para el desarrollo de los cálculos en referencia al diseño de abastecimiento ubicado en la finca;

$$Q = 536 \frac{L}{s}$$

Convertimos el caudal:

$$\frac{0.536\ m^3}{s} * \ 3600s = \frac{1{,}929.60\ m^3}{h}$$

Calculando tenemos:

$$\mathbf{Q} = 536\ L/s.$$

7.4 Producción diaria del aforo.

Calculando tenemos:

$$\mathbf{Q} = \frac{1{,}929.60"\ "\ m^3}{h} * 24hrs$$

$$\mathbf{Q = 46{,}310.4\ m3/dia}$$

7.5 Area de la finca Santa María.

Área Total de la Finca es: 5 manzanas

Considerando el equivalente a 1 manzana= 0.7 Ha

AT= 5 Mz * 0.7 ha

Calculando tenemos:

AT= 3.5 hectáreas.

7.6 Calculo demanda hídrica para riego.

La demanda hídrica del limón mandarina (y cítricos en general) es alta,

requiriendo entre 600 mm y 1019 mm

A continuación, en la siguiente tabla, se muestran el cultivo y su requerimiento hídrico anual.

Tabla 1 *Cultivo y sus requerimiento hídrico*

Cultivo	Requerimiento Aprox
Limón Mandarina	700 mm/año

Nota: Elaboración Propia.

Tomando un valor promedio de precipitación de 700mm de agua que es lo que normalmente requiere este cultivo de entre 600mm-1019mm de agua según el área del cultivo por año tenemos que 700mm/año. (J., 2009).

Tomando en cuenta que en el área total de la finca Santa María se cuenta con aproximadamente de 710 plantas de limón mandarina, calculamos el consumos de precipitación en base al requerimiento real de cada árbol. Esto equivale a:

$$\frac{\frac{7000"" \text{m}^3}{\text{ha}}}{\text{año}}$$

Para una demanda anual de precipitación de 24,500m3/año siendo la demanda diaria de:

$$\text{Demanda hídrica Diaria} = \left(\frac{24{,}500 {m3}/{\text{año}}}{365} \right)$$

Calculando tenemos que:

$$\text{Demanda hídrica Diaria} = 67\ m^3 / dia$$

7.7 Dotación de agua para consumo humano

La finca actualmente cuenta con un personal de trabajo y cuido diario de 7 personas cuyo consumo de agua diario es una determinante para considerar en este diseño

de abastecimiento. Se adoptó una dotación de 100 lppd que recomienda la norma para áreas rurales con conexiones domiciliarles NTON 09 007-19, tabla 1

Tabla 2 *Dotación de agua*

DOTACIONES DE AGUA

Clasificación de barrios	Dotación	
	g/hab/día	L/hab/día
Asentamientos progresivos	10	38
Zonas de máxima densidad y de actividades mixtas.	45	170
Zonas de alta densidad	40	150
Zonas de media densidad	100	378
Zonas de baja densidad	150	568

Nota: NTON 09 007-19

- Calculando la demanda diaria consumo humano.

Demanda Diaria: 100 l/pers * 7 día

Calculando se tiene que:

Demanda Diaria: **700 lts/dia**

Demanda Diaria : **0.70m^3/día o 0.84m^3/día, según dotación.**

Calculado los requerimientos hídricos de las diferentes áreas de la finca más tenemos una recopilación de los siguiente:

Tabla 3 *Consumo de las area de la finca*

Tipos de uso Agricola	**Consumo**
Uso de la Finca- riego	67 m3/dia
Uso personal trabajo	0.84 m3/dia
Total demanda hídrica	67.84 m3/dia

Nota: Elaboración Propia.

Aproximadamente tenemos de 68 m3/día, de consumo diaria para la Finca Santa María.

Es importante recordar que el resultados del aforo nos brinda un máximo de capacidad de flujo que puede proporcionarnos el rio es Q=46,310.4 m³/día, lo nos deja saber que los 68 m³/día d que es el caudal total demandado de la finca para poder cumplir con nuestro objetivo de abastecer de agua a la finca.

- **Caudal de Diseño.**

Aplicando una técnica de riego de 8 horas días tenemos;

$$\mathbf{Qd=}\frac{68\ m^3/dia}{24*3600}$$

Calculando tenemos que:

Qd= 0.787 L/s

- **Diseño hidráulico del sistema.**

La metodología para el diseño de componentes hidráulicos del diseño de abastecimiento de agua potable, para la Finca Santa María, se basará en la norma

NTON 09 007-19, lo que incluye criterios de diseño el cálculo de diámetros, pérdidas de carga, velocidades y presiones entre otras.

- **Diseño de la línea de Impulsión.**

Se propone inicialmente tubería PVC de diámetro nominal de 1 1/2”
El diámetro de la columna de bombeo se determinará utilizando los diámetros recomendados por la norma NTON 09 007-19 (MIFIC, 2020, pág. 20) para lo cual se utilizará el caudal de bombeo para 24 horas, que en este caso corresponderá al CMD, con el cual se determinará el diámetro.

- **Cálculo de la velocidad de tubería.**

La velocidad se calcula mediante:

Donde:

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$Area = \pi r^2 \frac{D}{4}$$

V: Velocidad del flujo (m/s).
Q: Caudal máximo diario (m3/s).
D: Diámetro interno de la tubería (mm).

$$A = \pi \frac{(0.000787)^2}{4}$$

$$A = 0.00216 m^3$$

Calculado la velocidad ahora;

$$V = \frac{0.000787}{0.00216}$$

$$V = 0.62 \frac{m}{s}$$

Con este resultado se comprueba que las velocidades cumplan con lo establecido en la norma, se procura que la velocidad no exceda de 1.50 m/s y no sea menor de 0.60 m/s (MIFIC, 2020, pág. 24).

- **CALCULO DE PERDIDAS POR FRICCION**

$$Hf = 10.67 \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} x \left(\frac{L}{D^{4.87}}\right)$$

Donde:

Hf: Perdidas por fricción, m.
Q: Caudal, m3/s.
C: Coeficiente de rugosidad.
D: Diámetro, m.
L: Longitud de la tubería, m.

Calculando tenemos que:

$$Hf = 10.67 \left(\frac{300(0.000787)}{150^{4.87}\,(0.040)}\right)^{1.852}$$

$$Hf = 1.7\ mts$$

- **CALCULO DE LAS PERDIDAS EN LA LINEA DE IMPULSION.**

Las perdidas menores se refieren a la generada en los accesorios que conforman la línea, los cuales detallamos a continuación:

Tabla 4 *Perdidas en los accesorios*

Accesorios	Cantidad	K	Kt
Tee PVC SH40 1.5"	1	0.1	0.1
Codo PVC SH40 1.5" * 45°	2	0.4	0.8
Codo PVC SH40 1.5" * 90°	2	0.9	1.8
Unión universal SH40 1.5"	2	0.08	0.16
Válvula bola PVC 1.5"	2	2.25	4.5
Válvula Check PVC 1.5"	1	2.5	2.5
Adaptador macho 1.5"	1	0.5	0.5
		ΣK	**10.36**

Nota: Elaboración Propia.

- Calculando perdidas tenemos;

Estas pérdidas se calculan con la formula:

$$h_m = K\frac{v^2}{2g}$$

Donde:

hm: pérdida menor (m)

K: coeficiente del accesorio

V: velocidad del flujo (m/s)

g: gravedad (9.81 m/s²)

Sustituyendo tenemos;

$$h_m = 10.36\frac{(0.062)^2}{2(9.81)}$$

$$h_m = 0.015$$

La norma establece como criterio de diseño que las perdidas menores deben representan una fracción pequeña de la energía total del sistema, en nuestro caso con estos resultados hemos comprobado que el reducido número de accesorios y la baja velocidad de flujo.

- **CALCULO DE ALTURA TOTAL DINAMICA.**

Este cálculo abarcará la evaluación de todas las fuerzas que inciden en el sistema, incluyendo la presión, la velocidad y la altura, con el objetivo de determinar la carga total dinámica que experimenta la red de conducción. Este análisis integral proporcionará información crucial para garantizar un diseño hidráulico efectivo, considerando factores esenciales que afectan el rendimiento y la eficiencia del sistema en su conjunto haciendo uso de la ecuación

Por lo que debemos aplicar técnicas de riego y aplicar herramientas de almacenamiento del agua de captación.

$$CDT = \text{He} + Hf + \text{Hm}$$

Donde;

H_e altura estática

h_f pérdidas por fricción

h_m pérdidas menores

Estos datos los hemos calculo anteriormente por lo que nos queda únicamente sustituir y obtener el valores;

$$CDT = 3\ \text{mst} + 1.7mst + 0.015\text{m}$$

Calculando tenemos que:

$$CDT = 4.72\text{mst}$$

Considerando un factor de seguridad del 10% - 20%, para compensar variaciones de caudal, perdidas futuras, sedimentación y envejecimiento de tubería del valor real calculado tendríamos.

$$\mathbf{C}DT = 4.72\text{mst} * 1.20\%$$

Calculando tenemos que:

$$\mathbf{C}DT = \mathbf{6\ m}$$

- **CALCULO PARA LA SELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO.**

$$\mathrm{P} = \frac{\boldsymbol{\gamma \mathbf{Q} \mathbf{H}}}{\eta}$$

$$P = \frac{\mathbf{9810}\mathrm{N/m^3}(\mathbf{0.000787}\mathrm{m^3/s})(\mathbf{6\ mst})}{0.70}$$

$$P = 66.10\mathrm{W}$$

$$\mathrm{Hp} = 0.089$$

- **CALCULO DE LA PRESION HIDRAULICA.**

La presión hidráulica del sistema representa la fuerza ejercida por el agua sobre la paredes internas de la tubería, estos rangos nos garantizan una conducción, distribución y llenado del tanque correcta.

Calculando tenemos que:

$$\mathrm{P} = \boldsymbol{\gamma} \mathrm{h}$$

$$\mathrm{P} = \left(\frac{\mathbf{9.81}}{\mathbf{m3}}\right) * (\mathbf{6\ mts})$$

$$\mathrm{P} = \mathbf{58.86kPa}$$

$$\mathrm{P} = \mathbf{8.55PSI}$$

- **DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO.**

Calculando el volumen del tanque de almacenamiento se determina en función del caudal disponible y el tiempo de operación en base a producción diaria del sistema través de la siguiente ecuación.

$$\mathbf{V_{tanque} = Q_{Fuente} * T_{Captacion} * F_{Seg}}$$

Donde:

Vtanque= volumen del tanque (m³)
Qfuente= caudal disponible (m³/h)
t(captación)= horas de captación por día
Fs= factor de seguridad (1.1 – 1.3 usualmente)

Calculando tenemos que:

Vtanque= Q x 24 X

Calculando tenemos que:

$$\mathbf{Vtanque}=60\ \mathrm{m3}\ /\ h\ *\ 1.25$$

$$\mathbf{Vtanque}: 15\ \mathbf{m3\ /\ dia}$$

Con estos resultados nos permite almacenar la producción diaria del aforo y a la vez distribuir el consumo de agua.

Nota: El valor calculado del volumen total del tanque nos representa con una cantidad de 15 000 litros, por lo cual se selecciona en el comercio local capacidad de **15,000 lts** de la marca Rotoplas.

A continuación, en la siguiente tabla se presentan las capacidades de tanques comerciales de la marca Rotoplas.

- **ELABORACION DEL COSTO Y PRESUPUESTO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION HIDRAULICO**.

El presupuesto del sistema de abastecimiento y distribución de agua fue elaborado considerando las condiciones reales del diseño hidráulico propuesto para la finca Santa María. Para ello se incluyeron los costos correspondientes a materiales hidráulicos, equipo de bombeo, accesorios, obras de captación, tanque de almacenamiento, instalación de tuberías y mano de obra requerida para la ejecución del proyecto.

ETAPA	DESCRIPCION DE ETAPA Y SUB ETAPA	U.M	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
I	**OBRA PRELIMINARES - LINEA DE CONDUCCION**				**C$ 41,762.40**
	TUBERIA DE PVC-SDR 17 Diám.=1.5" (50 mm)	C/U	6.00	C$ 460.40	C$ 2,762.40
	EXCAVACIÓN EN TUBERÍAS	ML	300.00	C$ 30.00	C$ 9,000.00
	COLOCACIÓN DE CAPA DE ARENA DE 5 CM DE ESPESOR PARA SU DEBIDA PROTECCIÓN EN LA TUBERÍA	ML	300.00	C$ 100.00	C$ 30,000.00
	VALVULAS Y ACCESORIOS PARA CONEXIONES COLUMNA Y SARTA				C$ 4,089.80
	CODO PVC SH40- 1 1/2"	C/U	4.00	C$ 38.70	C$ 154.80
	BLOQUE DE REACCION DE CONCRETO PARA ACCESORIOS SARTA	M2	4.00		C$ -
	VALVULA DE CHECK PVC Diám.= 1 1/2"	C/U	1.00	C$ 938.40	C$ 938.40
	VALVULA COMPUERTA PVC Diám.= 1 1/2"	C/U	1.00	C$ 287.88	C$ 287.88
	MEDIDOR MAESTRO BRONCE RSC Diám.= 1 1/2"	C/U	1.00	C$ 1,233.30	C$ 1,233.30
	UNION PVC Diám.= 1 1/2"	C/U	6.00	C$ 38.70	C$ 232.20
	MANOMERO GLICERIAN 0-200 PSI	C/U	1.00	C$ 239.87	C$ 239.87
	VALVULAS DE ALIVIO BRONCE ROC Diám.= 1"	C/U	1.00	C$ 924.12	C$ 924.12
	ADAPTADOR MACHO PVC SH40 Diám.= 1 1/2"	C/U	3.00	C$ 26.41	C$ 79.23
II	**LINEA DE DISTRIBUCION**				
	CONEXIÓN DOMICILIARES Y RIEGO				C$ 104,225.33
	TUBERIA DE PVC-SDR 13.5 Diám.=1/2" (25 mm)	C/U	2.00	C$ 63.49	C$ 126.98
	CODO PVC SH40- 1/2"	C/U	4.00	C$ 12.87	C$ 51.48
	TE PVC SH40- 1/2"	C/U	1.00	C$ 9.87	C$ 9.87
	TANQUE DE ALMACENAMIENTO				C$ 93,638.00
	TANQUE TRICAPA ROTOPLAS 15 000 LTS	C/U	1.00	C$ 84,638.00	C$ 84,638.00
	RELLENO Y COMPACTACION MANUAL	GL	300.00	C$ 30.00	C$ 9,000.00
	RELLENO MANUAL DE MATERIAL SELECTO DEBAJO DE FUNDACIONES (INCL. COSTO DE MAT	GL			
	ESTRUCTURA METALICA EN TUBO CUADRADRO CH14	GL			
	PINTURA ANTICORROSIVA (INCLUYE 2 MANOS + ARMADO)	M2			
	EQUIPO DE BOMBEO				C$ 10,399.00
	MOTOBOMBA CON MOTOR A GASOLINA MARCA TRUPER POTENCIA 1 HP	C/U	1.00	C$ 10,399.00	C$ 10,399.00
III	**ANALISIS FISICOS QUIMICOS**				
	CALIDAD DE AGUA				C$ 57,550.00
	ANALISIS FÍSICO QUÍMICO (20 PARÁMETROS: Color, Olor, Sabor, Turbieda+CIANUROS Y GASES DISUELTOS: NITROG. Y Comp). AMONIACO Y METÁNO) DE 1 (UNA) MUESTRA DE AGUA	C/U	1.00	C$ 11,510.00	C$ 11,510.00
	ANÁLISIS BIOLÓGICOS-BACTERIOLÓGICO COMPLETO (Bacterias coliformes fecales y totales Escherichia Coli) DE 1 (UNA) MUESTRA DE AGUA PARA AGUA POTABLE	C/U	1.00	C$ 11,510.00	C$ 11,510.00
	ANÁLISIS QUÍMICO DEL AGUA (ARSÉNICO) DE 1 (UNA) MUESTRA DE AGUA PARA AGUA POTABLE	C/U	1.00	C$ 11,510.00	C$ 11,510.00
	ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE AGUA PLAGUISIDAS ORGANO-CLORADOS Y ORGANO-FOSFORADOS DE 1 (UNA) MUESTRA DE AGUA PARA AGUA POTABLE	C/U	1.00	C$ 11,510.00	C$ 11,510.00
	TOMA DE MUESTRA DE AGUA PARA ANÁLISIS DEL AGUA POTABLE (FÍSICO, QUÍMICO, BACTERIOLÓGICO) (NO INCL. TRANSPORTE)	C/U	1.00	C$ 11,510.00	C$ 11,510.00
	SUB TOTAL DEL PROYECTO				**C$ 207,627.53**
	IMPREVISTOS Y ADMINISTRACION				**C$ 20,762.75**
	COSTO DEL PROYECTO				**C$ 228,3G0.28**

VIII. CONCLUSIONES

Mediante el aforo directo realizado con el **molinete Gurley 622** se determinó un caudal disponible de 0.536 m³/s en la fuente superficial, verificando que el recurso hídrico es suficiente para satisfacer las necesidades agrícolas y domésticas de la finca Santa María.

El análisis hidráulico permitió establecer un caudal de diseño de 0.787 L/s considerando una operación continua del sistema durante 24 horas diarias.

El diseño hidráulico determinó que una tubería PVC hidráulica de diámetro de 1.5´´ pulgadas proporciona condiciones adecuadas de operación, obteniendo velocidades y pérdidas por fricción dentro de los rangos recomendados para sistemas de impulsión agrícola.

Las pérdidas totales del sistema fueron relativamente bajas, obteniéndose una Altura Dinámica Total aproximada de CTD: 6 mts permitiendo el funcionamiento eficiente del sistema de conducción.

Se seleccionó una motobomba centrífuga a gasolina de 1 HP debido a las condiciones de captación superficial desde río, garantizando capacidad suficiente para impulsar el caudal requerido hasta el tanque de almacenamiento bajo condiciones reales de operación.

El tanque de almacenamiento de 15,000 lts cumple adecuadamente la función de regulación y reserva operativa del sistema hidráulico.

El presupuesto estimado para la ejecución del sistema fue de aproximadamente 7,000.0 USD, constituyendo una alternativa técnicamente viable para mejorar el abastecimiento de agua en la finca Santa María. Desde el punto de vista económico, el proyecto presenta condiciones favorables de ejecución debido a que el costo total calculado se considera razonable para un sistema hidráulico rural de pequeña escala. Asimismo, el diseño propuesto permite optimizar el aprovechamiento del recurso hídrico disponible mediante un sistema técnicamente funcional y adaptable a futuras ampliaciones.

IX. RECOMENDACIONES

- Se recomienda ejecutar el proyecto de manera planificada y por etapas en caso de limitaciones presupuestarias.
- Realizar mantenimiento preventivo periódico a la motobomba para garantizar condiciones adecuadas de operación y prolongar la vida útil del equipo.
- Instalar protección metálica y filtro en la captación superficial para evitar el ingreso de sedimentos y sólidos que puedan afectar el funcionamiento del sistema.
- Ejecutar inspecciones periódicas en la línea de impulsión con el fin de detectar fugas, deterioro de accesorios o pérdidas hidráulicas.
- Implementar un programa de uso eficiente del recurso hídrico para optimizar el consumo agrícola y doméstico dentro de la finca.
- Considerar futuras ampliaciones del sistema hidráulico en función del crecimiento agrícola y aumento de la demanda hídrica.
- Verificar periódicamente las condiciones estructurales del tanque de almacenamiento para asegurar su correcto funcionamiento y evitar pérdidas de agua.
- Se recomienda que la ejecución del proyecto sea supervisada por personal técnico capacitado para garantizar el cumplimiento de los criterios hidráulicos establecidos en el diseño.

X. BIBLIOGRAFÍA

(s.f.).

Narváez Jarquín, Cinthya Roxana y López Castro, Saúl (2023) *Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable en la urbanización Ciudad Catalina, municipio de San Juan del Sur, departamento de Rivas.* Otra thesis, Universidad Nacional de Ingeniería. http://ribuni.uni.edu.ni/id/eprint/4922

Título de la edición original en inglés: SMALL COMMUNITY WATER SUPPLIES - Technology of Small Water Supply Systems in Developing Countries International Water and Sanitation Centre (Technical Paper Series 18 Copyright 1981, edición ampliada 1983 Centro Internacional de Agua y Saneamento. https://www.ircwash.org/sites/default/files/201-88SI-6153.pdf

Metodología de Preinversión para Proyectos de Agua y Saneamiento http://www.snip.gob.ni/docs/metodologias/metodologiaagua.pdf

Manejo y distribución del agua en distritos de riego: breve introducción didáctica / Edmundo Pedroza González y Gustavo A. Hinojosa Cuéllar. -- Jiutepec, Mor. : Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, ©2014

INAA. (1999a). Diseño de abastecimiento de aguas en el medio rural y saneamiento basico rural.

ANA. (2019). Norma técnica obligatoria nicaragüense- NTON 09 007 19. MIFIC.

ANA. (2023). Norma Técnica obligatoria nicaragüense NTON 09 007 19. Managua: ANAUNICEF.

Arturo Rocha Felices. (2007). Hidráulica de tuberías de canales. Perú: Universidad Nacional de ingeniería.

BANCO MUNDIAL. (03 de Octubre de 2022). Banco mundial https://www.bancomundial.org/es/topic/water/overview

INETER (2008), Balance Hídrico Superficial de Nicaragua, informe sin publicar. Managua

1994. Normas de Calidad del agua para consumo humano. Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana. San José3 http://www.ana.gob.ni/sites/default/files/inlinefiles/3.%20Acuerdo%20Ministerial%20N.°%206594%2C%20Normas%20de%20calidad%20de%20agua%20para%20consumo%20humano.pdf

Hidráulica en Tuberías y Accesorios (Válvulas Industriales): Pérdidas, Casos reales de
Aplicación y Selección de Bombas Centrífugas
https://www.researchgate.net/publication/364772242_LIBRO_HIDRAULICA_EN_TUBERIAS_Y_ACCESORIOS

Yader Santiago Caballero Arbizú, tesis “POTENCIAL HIDROLÓGICO Y CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES EN LA SUBCUENCA DEL RIO OCHOMOGO”

CAPRE. Normas de Calidad del Agua para consumo Humano (Norma Regional de Calidad del Agua. CAPRE) Centroamérica, 1984.

Krásný, J. y Hecht, G., 1998. Estudios Hidrogeológicos e Hidroquímicos de la Región del Pacífico de Nicaragua. Instituto Nacional de Estudios Territoriales (INETER). Managua, Nicaragua.

Dirección de Meteorología, INETER, Datos climatológicos, 2015.

Dirección de Meteorología, Clasificación Climática de Köppen Modificado, (INETER).

Tabla 5 *Ficha técnica de capacidad de tanque de almacenamiento*

Cuadro de Capacidades

Descripcion	Altura "A"(m)	Diametro "B"(m)	Placa "D"(m)	Tapa "C"(m)	Peso (Kg)
TAN-2500L	1.76	1.55	0.2	0.45	50
TAN-5000L	1.77	2.2	0.2	0.45	85
TAN-10000L	3.1	2.2	0.2	0.45	200
TAN-15000L	3.9	2.4	0.2	0.45	400
TAN-22000L	3.52	3	0.2	0.45	400
TAN-25000L	3.9	3	0.2	0.45	500

Nota: Fuente Ficha Técnica fabricador tanques

- **ELABORACION DEL COSTO Y PRESUPUESTO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION HIDRAULICO**.

El presupuesto del sistema de abastecimiento y distribución de agua fue elaborado considerando las condiciones reales del diseño hidráulico propuesto para la finca Santa María. Para ello se incluyeron los costos correspondientes a materiales hidráulicos, equipo de bombeo, accesorios, obras de captación, tanque de almacenamiento, instalación de tuberías y mano de obra requerida para la ejecución del proyecto.

ETAPA	DESCRIPCION DE ETAPA Y SUB ETAPA	U.M	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
I	OBRA PRELIMINARES - LINEA DE CONDUCCION				C$ 41,762.40
	TUBERIA DE PVC-SDR 17 Diám.=1.5" (50 mm)	C/U	6.00	C$ 460.40	C$ 2,762.40
	EXCAVACIÓN EN TUBERÍAS	ML	300.00	C$ 30.00	C$ 9,000.00
	COLOCACIÓN DE CAPA DE ARENA DE 5 CM DE ESPESOR PARA SU DEBIDA PROTECCIÓN EN LA TUBERÍA	ML	300.00	C$ 100.00	C$ 30,000.00
	VALVULAS Y ACCESORIOS PARA CONEXIONES COLUMNA Y SARTA				C$ 4,089.80
	CODO PVC SH40- 1 1/2"	C/U	4.00	C$ 38.70	C$ 154.80
	BLOQUE DE REACCION DE CONCRETO PARA ACCESORIOS SARTA	M2	4.00		C$ -
	VALVULA DE CHECK PVC Diám.= 1 1/2"	C/U	1.00	C$ 938.40	C$ 938.40
	VALVULA COMPUERTA PVC Diám.= 1 1/2"	C/U	1.00	C$ 287.88	C$ 287.88
	MEDIDOR MAESTRO BRONCE RSC Diám.= 1 1/2"	C/U	1.00	C$ 1,233.30	C$ 1,233.30
	UNION PVC Diám.= 1 1/2"	C/U	6.00	C$ 38.70	C$ 232.20
	MANOMERO GLICERIAN 0-200 PSI	C/U	1.00	C$ 239.87	C$ 239.87
	VALVULAS DE ALIVIO BRONCE ROC Diám.= 1"	C/U	1.00	C$ 924.12	C$ 924.12
	ADAPTADOR MACHO PVC SH40 Diám.= 1 1/2"	C/U	3.00	C$ 26.41	C$ 79.23
II	LINEA DE DISTRIBUCION				
	CONEXIÓN DOMICILIARES Y RIEGO				C$ 104,225.33
	TUBERIA DE PVC-SDR 13.5 Diám.=1/2" (25 mm)	C/U	2.00	C$ 63.49	C$ 126.98
	CODO PVC SH40- 1/2"	C/U	4.00	C$ 12.87	C$ 51.48
	TE PVC SH40- 1/2"	C/U	1.00	C$ 9.87	C$ 9.87
	TANQUE DE ALMACENAMIENTO				C$ 93,638.00
	TANQUE TRICAPA ROTOPLAS 15 000 LTS	C/U	1.00	C$ 84,638.00	C$ 84,638.00
	RELLENO Y COMPACTACION MANUAL	GL	300.00	C$ 30.00	C$ 9,000.00
	RELLENO MANUAL DE MATERIAL SELECTO DEBAJO DE FUNDACIONES (INCL. COSTO DE MAT	GL			
	ESTRUCTURA METALICA EN TUBO CUADRADRO CH14	GL			
	PINTURA ANTICORROSIVA (INCLUYE 2 MANOS + ARMADO)	M2			
	EQUIPO DE BOMBEO				C$ 10,399.00
	MOTOBOMBA CON MOTOR A GASOLINA MARCA TRUPER POTENCIA 1 HP	C/U	1.00	C$ 10,399.00	C$ 10,399.00
III	ANALISIS FISICOS QUIMICOS				
	CALIDAD DE AGUA				C$ 57,550.00
	ANALISIS FÍSICO QUÍMICO (20 PARÁMETROS: Color, Olor, Sabor, Turbieda+CIANUROS Y GASES DISUELTOS: NITROG. Y Comp). AMONIACO Y METÁNO) DE 1 (UNA) MUESTRA DE AGUA	C/U	1.00	C$ 11,510.00	C$ 11,510.00
	ANÁLISIS BIOLÓGICOS-BACTERIOLÓGICO COMPLETO (Bacterias coliformes fecales y totales Escherichia Coli) DE 1 (UNA) MUESTRA DE AGUA PARA AGUA POTABLE	C/U	1.00	C$ 11,510.00	C$ 11,510.00
	ANÁLISIS QUÍMICO DEL AGUA (ARSÉNICO) DE 1 (UNA) MUESTRA DE AGUA PARA AGUA POTABLE	C/U	1.00	C$ 11,510.00	C$ 11,510.00
	ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE AGUA PLAGUISIDAS ORGANO-CLORADOS Y ORGANO-FOSFORADOS DE 1 (UNA) MUESTRA DE AGUA PARA AGUA POTABLE	C/U	1.00	C$ 11,510.00	C$ 11,510.00
	TOMA DE MUESTRA DE AGUA PARA ANÁLISIS DEL AGUA POTABLE (FÍSICO, QUÍMICO, BACTERIOLÓGICO) (NO INCL. TRANSPORTE)	C/U	1.00	C$ 11,510.00	C$ 11,510.00
	SUB TOTAL DEL PROYECTO				C$ 207,627.53
	IMPREVISTOS Y ADMINISTRACION				C$ 20,762.75
	COSTO DEL PROYECTO				C$ 228,3G0.28

Desde el punto de vista económico, el proyecto presenta condiciones favorables de ejecución debido a que el costo total calculado se considera razonable para un sistema hidráulico rural de pequeña escala. Asimismo, el diseño propuesto permite optimizar el aprovechamiento del recurso hídrico disponible mediante un sistema técnicamente funcional y adaptable a futuras ampliaciones.

XI. CONCLUSIONES

Mediante el aforo directo realizado con el **molinete Gurley 622** se determinó un caudal disponible de 0.536 m³/s en la fuente superficial, verificando que el recurso hídrico es suficiente para satisfacer las necesidades agrícolas y domésticas de la finca Santa María.

El análisis hidráulico permitió establecer un caudal de diseño de 0.787 L/s considerando una operación continua del sistema durante 24 horas diarias.

El diseño hidráulico determinó que una tubería PVC hidráulica de 1.5 pulgadas proporciona condiciones adecuadas de operación, obteniendo velocidades y pérdidas por fricción dentro de los rangos recomendados para sistemas de impulsión agrícola.

Las pérdidas totales del sistema fueron relativamente bajas, obteniéndose una Altura Dinámica Total aproximada de CTD: 6 m, permitiendo el funcionamiento eficiente del sistema de conducción.

Se seleccionó una motobomba centrífuga a gasolina de 1 HP debido a las condiciones de captación superficial desde río, garantizando capacidad suficiente para impulsar el caudal requerido hasta el tanque de almacenamiento bajo condiciones reales de operación.

El tanque de almacenamiento de 15 m³ cumple adecuadamente la función de regulación y reserva operativa del sistema hidráulico.

El presupuesto estimado para la ejecución del sistema fue de aproximadamente 7,000.0 USD, constituyendo una alternativa técnicamente viable para mejorar el abastecimiento de agua en la finca Santa Mar

XII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda ejecutar el proyecto de manera planificada y por etapas en caso de limitaciones presupuestarias.
- Realizar mantenimiento preventivo periódico a la motobomba para garantizar condiciones adecuadas de operación y prolongar la vida útil del equipo.
- Instalar protección metálica y filtro en la captación superficial para evitar el ingreso de sedimentos y sólidos que puedan afectar el funcionamiento del sistema.
- Ejecutar inspecciones periódicas en la línea de impulsión con el fin de detectar fugas, deterioro de accesorios o pérdidas hidráulicas.
- Implementar un programa de uso eficiente del recurso hídrico para optimizar el consumo agrícola y doméstico dentro de la finca.
- Considerar futuras ampliaciones del sistema hidráulico en función del crecimiento agrícola y aumento de la demanda hídrica.
- Verificar periódicamente las condiciones estructurales del tanque de almacenamiento para asegurar su correcto funcionamiento y evitar pérdidas de agua.
- Se recomienda que la ejecución del proyecto sea supervisada por personal técnico capacitado para garantizar el cumplimiento de los criterios hidráulicos establecidos en el diseño.

XIII. BIBLIOGRAFÍA

(s.f.).

Narváez Jarquín, Cinthya Roxana y López Castro, Saúl (2023) *Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable en la urbanización Ciudad Catalina, municipio de San Juan del Sur, departamento de Rivas.* Otra thesis, Universidad Nacional de Ingeniería. http://ribuni.uni.edu.ni/id/eprint/4922

Título de la edición original en inglés: SMALL COMMUNITY WATER SUPPLIES - Technology of Small Water Supply Systems in Developing Countries International Water and Sanitation Centre (Technical Paper Series 18 Copyright 1981, edición ampliada 1983 Centro Internacional de Agua y Saneamento. https://www.ircwash.org/sites/default/files/201-88SI-6153.pdf

Metodología de Preinversión para Proyectos de Agua y Saneamiento http://www.snip.gob.ni/docs/metodologias/metodologiaagua.pdf

Manejo y distribución del agua en distritos de riego: breve introducción didáctica / Edmundo Pedroza González y Gustavo A. Hinojosa Cuéllar. -- Jiutepec, Mor. : Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, ©2014

INAA. (1999a). Diseño de abastecimiento de aguas en el medio rural y saneamiento basico rural.

ANA. (2019). Norma técnica obligatoria nicaragüense- NTON 09 007 19. MIFIC.

ANA. (2023). Norma Técnica obligatoria nicaragüense NTON 09 007 19. Managua: ANAUNICEF.

Arturo Rocha Felices. (2007). Hidráulica de tuberías de canales. Perú: Universidad Nacional de ingeniería.

BANCO MUNDIAL. (03 de Octubre de 2022). Banco mundial https://www.bancomundial.org/es/topic/water/overview

INETER (2008), Balance Hídrico Superficial de Nicaragua, informe sin publicar. Managua

1994. Normas de Calidad del agua para consumo humano. Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana. San José3 http://www.ana.gob.ni/sites/default/files/inlinefiles/3.%20Acuerdo%20Ministerial%20N.°%206594%2C%20Normas%20de%20calidad%20de%20agua%20para%20consumo%20humano.pdf

Hidráulica en Tuberías y Accesorios (Válvulas Industriales): Pérdidas, Casos reales de
Aplicación y Selección de Bombas Centrífugas
https://www.researchgate.net/publication/364772242_LIBRO_HIDRAULICA_EN_TUBERIAS_Y_ACCESORIOS

Yader Santiago Caballero Arbizú, tesis “POTENCIAL HIDROLÓGICO Y CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES EN LA SUBCUENCA DEL RIO OCHOMOGO”

CAPRE. Normas de Calidad del Agua para consumo Humano (Norma Regional de Calidad del Agua. CAPRE) Centroamérica, 1984.

Krásný, J. y Hecht, G., 1998. Estudios Hidrogeológicos e Hidroquímicos de la Región del Pacífico de Nicaragua. Instituto Nacional de Estudios Territoriales (INETER). Managua, Nicaragua.

Dirección de Meteorología, INETER, Datos climatológicos, 2015.

Dirección de Meteorología, Clasificación Climática de Köppen Modificado, (INETER).

XIV. ANEXOS

Anexo 1

Figura 3 *Realización de aforo liquido en rio Ochomogo.*



.

Nota: Elaboración Propia

Anexo 2

Figura 4 *Parámetros de sección de aforo del Rio Ochomogo.*



Nota: Elaboración Propia

A continuación, se presenta la siguiente tabla de resultados de aforos.

Tabla 6 *Resultado de aforo realizado aguas arribas*

AFORO - CÁLCULO DEL CAUDAL

RÍO:	Ochomogo						MOLINETE:	Gurley	TIPO:	Gigante									
N° DE AFORO:	2						ECUACIÓN:	0.5%	0.672										
FECHA AFORO:	04-02-2017		HORA INICIAL:	11:25 a.m	FINAL:	11:40 a.m	MÉTODOS:	sup	0.2	0.6	0.8								
NIVEL INICIAL:	-		NIVEL FINAL:	-			TIPO DE AFORO:												
MARGEN O.R:	MI						VADEO:	✔											
OBSERVACIÓN:	Rio de lecho arenoso con grava																		

	Distancia	Profundidades			Revoluciones						Velocidades				Sección			Caudal
Vet	desde	(m)			Nª	(S)		Nª	(S)		(m/seg)				(m)	(m)	(m^2)	Parcial
	Pto de ref.	PT	PA	Metodo	N1	T1	N/T	N2	T2	N/T	VP1	VP2	VMV	VM	PM	AP	SP	(m^3/seg)
0	1.00	0.00																
1	2.00	0.24		1	24	60.0	0.400			-	0.274	-	0.274	0.137	0.120	1.00	0.120	0.0164
2	3.00	0.26		1	22	60.0	0.367			-	0.251	-	0.251	0.263	0.250	1.00	0.250	0.066
3	4.00	0.25		1	36	62.0	0.581			-	0.395	-	0.395	0.323	0.255	1.00	0.255	0.082
4	5.00	0.21		1	42	61.0	0.689			-	0.468	-	0.468	0.431	0.230	1.00	0.230	0.099
5	6.00	0.20		1	40	60.0	0.667			-	0.453	-	0.453	0.460	0.205	1.00	0.205	0.094
6	7.00	0.20		1	38	62.0	0.613			-	0.417	-	0.417	0.435	0.200	1.00	0.200	0.087
7	8.00	0.15		1	26	62.0	0.419			-	0.287	-	0.287	0.352	0.175	1.00	0.175	0.062
8	9.00	0.12		4	6	60.0	0.100				0.072		0.061	0.174	0.135	1.00	0.135	0.024
9	9.70	0.00					-			-	-	-	0.000	0.031	0.060	0.70	0.042	0.001
10																		
11																		
										Valores Promedios=				0.290		8.70	1.612	*0.531*

Nota: Elaboracion propia

A continuación, se presenta la siguiente tabla con los datos de caudales.

Tabla 7 *Resultado de aforo realizado aguas abajo*

AFORO - CÁLCULO DEL CAUDAL

RÍO:		**Ochomogo**						**MOLINETE:**	**Gurley**	**TIPO:**	Gigante									
N° DE AFORO:		**2**						**ECUACIÓN:**	**0.5%**	**0.672**										
FECHA AFORO:		**04-02-2017**		**HORA INICIAL:**	**11:25 a.m**	**FINAL:**	**11:40 a.m**	**MÉTODOS:**	**sup**	**0.2**	**0.6**	**0.8**								
NIVEL INICIAL:		**-**		**NIVEL FINAL:**	**-**			**TIPO DE AFORO:**												
MARGEN O.R:		**MI**						**VADEO:**	✔											
OBSERVACIÓN:		Rio de lecho arenoso con grava																		
	Distancia	**Profundidades**			**Revoluciones**						**Velocidades**				**Sección**			**Caudal**		
Vet	**desde**	**(m)**			**Nª**	**(S)**		**Nª**	**(S)**		**(m/seg)**				**(m)**	**(m)**	**(m^2)**	**Parcial**		
	Pto de ref.	**PT**	**PA**	**Metodo**	**N1**	**T1**	**N/T**	**N2**	**T2**	**N/T**	**VP1**	**VP2**	**VMV**	**VM**	**PM**	**AP**	**SP**	**(m^3/seg)**		
0	**1.00**	**0.00**																		
1	**2.00**	**0.24**		**1**	**24**	**60.0**	**0.400**			-	**0.274**	-	**0.274**	**0.137**	**0.120**	**1.00**	**0.120**	**0.0164**		
2	**3.00**	**0.26**		**1**	**22**	**60.0**	**0.367**			-	**0.251**	-	**0.251**	**0.263**	**0.250**	**1.00**	**0.250**	**0.066**		
3	**4.00**	**0.25**		**1**	**36**	**62.0**	**0.581**			-	**0.395**	-	**0.395**	**0.323**	**0.255**	**1.00**	**0.255**	**0.082**		
4	**5.00**	**0.21**		**1**	**42**	**61.0**	**0.689**			-	**0.468**	-	**0.468**	**0.431**	**0.230**	**1.00**	**0.230**	**0.099**		
5	**6.00**	**0.20**		**1**	**40**	**60.0**	**0.667**			-	**0.453**	-	**0.453**	**0.460**	**0.205**	**1.00**	**0.205**	**0.094**		
6	**7.00**	**0.20**		**1**	**38**	**62.0**	**0.613**			-	**0.417**	-	**0.417**	**0.435**	**0.200**	**1.00**	**0.200**	**0.087**		
7	**8.00**	**0.15**		**1**	**26**	**62.0**	**0.419**			-	**0.287**	-	**0.287**	**0.352**	**0.175**	**1.00**	**0.175**	**0.062**		
8	**9.00**	**0.12**		**4**	**6**	**60.0**	**0.100**				**0.072**		**0.061**	**0.174**	**0.135**	**1.00**	**0.135**	**0.024**		
9	**9.70**	**0.00**					**-**			-	**-**	-	**0.000**	**0.031**	**0.060**	**0.70**	**0.042**	**0.001**		
10																				
11																				
														Valores Promedios=		**0.290**		**8.70**	**1.612**	***0.531***

Nota: Elaboración Propia

A continuación, se presenta la siguiente tabla de cálculos generados

Tabla 8 *Calculo de caudales generados para la subcuenca del Rio Ochomogo*

Caudales medios mensuales (Cuenca río Ochomogo – Estacion Meteorologica cerca del sitio de Extracción)													
Año	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**	**Ene**	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**Prom**
1979/80	0.29	1.92	2.45	4.13	19.29	26.52	6.22	3.95	2.75	1.92	1.34	0.94	5.98
1980/81	1.77	2.58	1.60	3.31	3.69	16.93	6.41	3.41	2.38	1.66	1.16	0.81	3.81
1981/82	4.09	16.04	3.41	6.93	3.31	12.67	3.37	2.35	1.64	1.14	0.80	0.56	4.69
1982/83	20.56	7.14	2.95	2.08	1.88	1.40	0.99	0.69	0.48	0.34	0.23	0.16	3.24
1983/84	0.11	0.24	0.24	0.29	0.67	2.24	1.18	0.82	0.57	0.40	0.28	0.20	0.60
1984/85	0.81	1.98	3.06	3.48	12.34	5.74	3.16	2.20	1.54	1.07	0.75	0.52	3.05
1985/86	0.47	0.44	0.38	0.35	0.57	11.77	2.20	1.59	1.11	0.78	0.54	0.38	1.71
1986/87	3.28	1.66	1.22	0.85	0.79	2.00	1.16	0.81	0.56	0.39	0.27	0.19	1.10
1987/88	0.13	0.15	0.58	0.64	0.55	4.01	1.43	1.00	0.70	0.49	0.34	0.24	0.85
1988/89	2.95	18.91	3.40	14.93	11.96	28.18	5.39	3.82	2.67	1.86	1.30	0.91	8.02
1989/90	0.63	0.74	0.92	0.97	9.83	3.45	2.60	1.88	1.31	0.91	0.64	0.45	2.03
1990/91	0.50	0.43	0.43	0.36	0.37	5.12	1.84	1.36	0.95	0.66	0.46	0.32	1.07
1991/92	2.88	1.95	1.35	0.96	0.70	0.55	0.41	0.29	0.20	0.14	0.10	0.07	0.80
1992/93	0.05	3.35	2.13	1.43	1.83	1.46	1.10	0.76	0.53	0.37	0.26	0.18	1.12
1993/94	25.65	4.83	3.08	4.75	19.08	4.90	3.26	2.28	1.59	1.11	0.77	0.54	5.99
1994/95	0.47	1.86	1.01	0.71	3.47	5.34	2.56	1.85	1.29	0.90	0.63	0.44	1.71
1995/96	0.31	0.47	5.55	17.87	11.88	15.89	4.48	3.16	2.20	1.54	1.07	0.75	5.43
1996/97	5.56	1.80	5.07	6.17	10.70	12.69	6.73	3.83	2.67	1.86	1.30	0.91	4.94
1997/98	0.63	3.20	1.33	0.93	1.11	1.82	1.45	1.09	0.76	0.53	0.37	0.26	1.12
1998/99	0.21	0.38	0.35	0.63	3.84	41.33	3.59	2.58	1.80	1.25	0.88	0.61	4.79
1999/00	0.69	0.69	0.65	3.57	13.06	8.08	3.84	2.72	1.90	1.32	0.92	0.64	3.17
2000/01	0.52	0.45	0.34	0.30	6.58	3.36	1.95	1.36	0.95	0.66	0.46	0.32	1.44
2001/02	0.36	0.35	0.27	0.19	0.60	10.16	2.39	1.73	1.21	0.84	0.59	0.41	1.59
2002/03	20.35	7.46	3.49	3.05	6.00	3.45	2.39	1.67	1.17	0.81	0.57	0.40	4.23
2003/04	1.43	15.46	7.34	3.44	3.28	6.52	2.84	2.01	1.40	0.98	0.68	0.48	3.82
2004/05	1.38	0.88	0.95	0.74	0.84	8.86	2.36	1.72	1.20	0.84	0.58	0.42	1.73
2005/06	1.24	11.72	4.98	4.35	10.08	23.43	4.53	3.22	2.25	1.57	1.09	0.76	5.77
2006/07	0.61	0.47	0.33	0.23	0.53	7.24	1.79	1.25	0.87	0.61	0.43	0.30	1.22
2007/08	2.57	1.09	0.76	2.90	4.44	16.64	3.31	2.32	1.62	1.13	0.79	0.55	3.18
2008/09	7.82	2.38	8.24	12.44	23.05	31.87	5.43	3.83	2.67	1.86	1.30	0.91	8.48
2009/10	1.62	2.82	1.63	1.18	0.83	1.25	0.89	0.63	0.44	0.31	0.21	0.15	1.00
2010/11	1.82	1.98	10.52	14.54	31.40	11.57	4.91	3.49	2.43	1.70	1.18	0.83	7.20
2011/12	0.58	0.65	13.45	4.08	13.45	21.09	4.40	3.08	2.15	1.50	1.05	0.73	5.52
Q Medio (m3/s)	3.40	3.53	2.83	3.72	7.03	10.83	3.05	2.08	1.45	1.01	0.71	0.50	3.35
Aportación Media (mm)	45.15	45.15	46.80	37.56	49.34	93.23	143.68	40.41	27.63	19.27	13.44	9.38	47.59

Nota: Historial de Caudales de la Cuenca del Rio Ochomogo, Fuente; Elaboración INETER 2017.

Figura 5 *Resultado de análisis de laboratorio ambientales*



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

PIENSA

LABORATORIOS AMBIENTALES

CERTIFICADO DE ENSAYOS LA-MB-1702-0124

EMPRESA / PROYECTO / PERSONA	DIRECCIÓN		TELEFONO
SIECO S.A	Colonia "Los Robles" del CSE 1 cuadra al este, 1 cuadra al sur, 2 cuadras al este 1/2 cuadra al sur		NR
ATENCIÓN	CARGO	EMAIL	CELULAR
Ing. Ervin Espinoza	Gerente Gerente	gerencia.siecosa@gmail.com	84895928

FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO			FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA	NUMERO DE MUESTRAS
INGRESO	INICIO DE ANALISIS	FINAL DE ANALISIS			
15/03/2026	15/03/2026	19/03/2026	23/03/2026	2673	Uno(1)

Fecha y Hora de Muestreo			14/03/2026 1:08pm	Rango o valor máximo permisible
Muestreado por			Anavetsy Hernández	
Supervisor de Muestreo en Campo			Ing. Ervin Espinoza	
Fuente			Rio Ochomogo	
Tipo de muestra			Agua Superficial	
Observaciones de Ubicación			NR	
Coordenadas			NR	
Codificación PIENSA			LA-1702-0134	
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION PUNTO DE MUESTREO 1	Norma CAPRE*
9221B	Coliforme total	NMP/100ml	$1.3*10^3$	Neg
9221E	Coliforme fecal	NMP/100ml	$7.9*10^2$	Neg

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

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

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

LABORATORIOS AMBIENTALES COORDINACION TECNICA PIENSA-UNI

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

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

0005232

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

Nota: Laboratorio PIENSA-UNI

Figura 6 *Resultados de laboratorio de agua*



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

Líder en Ciencia y Tecnología

PIENSA

LABORATORIOS AMBIENTALES

CERTIFICADO DE ENSAYOS FQAN1702-0030

EMPRESA / PROYECTO / PERSONA	DIRECCIÓN		TELEFONO
SIECO S.A	Col. Los Robles CSE 1c este, 1 c sur, 2 c este, 1/2 c sur		NR
ATENCIÓN	**CARGO**	**EMAIL**	**CELULAR**
Ing. Ervin Espinoza	Gerente General	gerencia siecosa@gmail.com	84895928

FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO			FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA	NUMERO DE MUESTRAS
INGRESO	INICIO DE ANALISIS	FINAL DE ANALISIS			
15/03/2026	16/03/2026	24/03/2026	27/03/2026	2673	Una (01)

Fecha y Hora de Muestreo			14/03/2026; 01:08 pm	**Rango o valor máximo permisible o recomendado**
Muestreado por			Anavetsy Hernández	
Supervisor de Muestreo en Campo			Ing. Ervin Espinoza	
Fuente			Río Ochomogo	
Tipo de muestra			Agua Superficial	
Observaciones de Ubicación			NR	
Coordenadas			NR	
Codificación PIENSA			LA-1702-0134	
METODO SM // EPA	**ENSAYO REALIZADO PARAMETRO**	**Unidad**	**VALOR DE CONCENTRACION PUNTO DE MUESTREO 1**	**Norma CAPRE***
Visual	Aspecto	NE	**Leve turbidez**	NE
4500-B	Potencial de Hidrógeno	pH	**8.23**	6,5 - 8,5**
2510-B	Conductividad Eléctrica	µS/cm	**385.00**	400**
2130-B	Turbiedad	NTU	**6.41**	5
2120-C	Color Verdadero	UC	**19.00**	15
2320-B	Alcalinidad	mg/L	**190.80**	NE
2320-B	Carbonatos	mg/L	**< 0.10**	NE
2320-B	Bicarbonatos	mg/L	**190.80**	NE
4500-B	Nitratos	mg/L	**2.23**	50
4500-B	Nitritos	mg/L	**0.014**	0.1
4500-D	Cloruros	mg/L	**13.30**	250
3500-B	Hierro Total	mg/L	**0.236**	0.3
4500-D	Sulfatos	mg/L	**5.45**	250
2340-C	Dureza total	mg/L	**147.68**	400**
2340-C	Dureza Calcica	mg/L	**93.84**	NE
3500-B	Calcio	mg/L	**37.61**	100**
3500-B	Magnesio	mg/L	**13.08**	50
3500-B	Manganeso	mg/L	**< 0.02**	0.5
3500-X	Sodio	mg/L	**21.00**	200
3500-C	Potasio	mg/L	**1.44**	10
4500-C	Fluor	mg/L	**0.351**	0.7

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

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

LABORATORIOS AMBIENTALES COORDINACION PIENSA-UNI

M.Sc. Leandro Peralta
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

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

0005231

Telefax Dirección: (505) 2278-1462 • Teléfonos: Área Académica 2270-5613 y 8866-8702 (M); Atención al Cliente Laboratorios 5847-6823 y 8152-7314 (M); Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (M) • e-mail: piensa@uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni

Nota: Laboratorio PIENSA-UNI

Figura 7 *Resultados de agua en Micro elementos*



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

PIENSA

LABORATORIOS AMBIENTALES

CERTIFICADO DE ENSAYOS — MP1702-0018

EMPRESA / PROYECTO / PERSONA	DIRECCIÓN		TELEFONO
SIECO,S.A	Colegio Los Robles,1c.al este,1c. Al sur ,2c al este ,1/2 al sur		NR
ATENCIÓN	CARGO	EMAIL	CELULAR
Ing. Erving Espinoza	Gerente General	gerencia.sieco@gmail.com	8489-5928

FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO			FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA	NUMERO DE MUESTRAS
INGRESO	INICIO DE ANALISIS	FINAL DE ANALISIS			
15/02/2017	15/02/2017	24/02/2017	03/03/2017	2673	Una (1)

Fecha y Hora de Muestreo	14/02/2017; 01:08 pm	Rango o valor máximo permisible
Muestreado por	Anavelcy Hernández	
Supervisor de Muestreo en Campo	Ing. Erving Espinoza	
Fuente	Rio Ochomogo	
Tipo de muestra	Agua Superficial	
Observaciones de Ubicación	NR	
Coordenadas	NR	
Codificación PIENSA	LA -1702-0134	

METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION PUNTO DE MUESTREO 1	Norma CAPRE*
GH	Arsénico	mg/l	<0.001	0.01
3500-B	Plomo	mg/L	< 0.01	0.01
3112-B	Mercurio	mg/L	< 0.001	0.001
EPA 507,508**	Plaguicida Organoclorados'	mg/L	ND	NE
EPA 507,508**	Plaguicidas Organofosforados"	mg/L	ND	NE

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y linea respectiva.
<: menor al Limite de Detección que se especifica por parámetro. **NE**= No especificada en la Norma. **NR**= No Reporta.
Metodos, Normas y/o Decreto empleados: **SM** = Standard Methodos, 21th,2005 **EPA** = Environmental Protection Agency
***Norma Regional de Calidad del Agua para Consumo Humano:Norma Regional CAPRE.**
**Cromatografía de Gases con Detector de Electrones y Detector Termoiónico.
ND': Es decir que no se encontró Plaguicidas Organofosforado por encima del límite de detección (LD) del método. LD < 3*10⁻⁶
ND": Es decir que no se encontró Plaguicidas Organoclorado por encima del límite de detección (LD) del método. LD < 2*10⁻⁶
G.H: Generador de Hidruros, Utilizando ARSENATOR

Los resultados reportados corresponden a los ensayos realizados en el laboratorio

LABORATORIOS AMBIENTALES — COORDINACION TECNICA — PIENSA-UNI

MSc. Leandro Páramo Gutiérrez
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio [illegible] confidencialidad e imparcialidad del informe.

0005236

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

Nota: Laboratorio PIENSA-UNI