

Área de Conocimiento de Arquitectura y Construcción

DISEÑO Y PRESUPUESTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE Y CAMBIO DEL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA DE LA FUENTE DEL POZO COMUNITARIO DE TECUANAPA, CIUDAD DARÍO.

Proyecto de graduación para optar al título de ingeniero civil

Elaborado por:

Tutor:

Br. Angelo Joksan
Aleján García
Carnet 2014-0229I

Br. Kathering
Tatiana Castillo
Mayorga
Carnet 2015-0823I

Br. Claudia
Samara Muñoz
Ortiz
Carnet 2014-0733I

Ing. Roger
Francisco
Juárez
Gómez

05 de Mayo, 2026

Managua, Nicaragua



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
RECINTO UNIVERSITARIO SIMON BOLIVAR
AREA DE CONOCIMIENTO ARQUITECTURA Y CONSTRUCCION
PROGRAMA ACADEMICO DE INGENIERIA CIVIL

Managua, marzo 07 de 2026

Ma. Arq. Marcela Carolina Galán Gaitán
Directora DACAC
Sus manos

REF.: *TALLER DE CULMINACIÓN DE ESTUDIOS*

Estimado Ma. Arq. Galán Gaitán:

Reciba el más cordial saludo de mi parte y los deseos de éxitos en sus funciones diarias.

El motivo de la presente es hacer de su conocimiento que he revisado el Proyecto de Graduación titulado: **"Diseño y Presupuesto para la Construcción de la red de agua potable y cambio del sistema de bombeo de agua de la fuente del pozo Comunitario de Tecuanapa, Ciudad Darío"**, para optar al Título de Ingeniero Civil.

No omito manifestarle que este Proyecto de Graduación fue desarrollado de forma disciplinada por los sustentantes, además cumple con los objetivos propuestos, por lo tanto, considero que puede ser presentada y defendida ante los miembros del Tribunal Examinador que usted estime conveniente.

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

Atentamente


Ing. Roger Francisco Juárez Gómez
Docente Auxiliar
Especialista de Proyectos Oficina de Diseño y Construcción
Universidad Nacional de Ingeniería

CC: Br. Angelo Joksán Alemán García
Br. Katheryn Tatiana Castillo Mayorga
Br. Claudia Samara Muñoz Ortiz



Área de Conocimiento
Arquitectura y Construcción

Managua, Nicaragua, martes 16 de diciembre de 2025
REF/CULM. EST/TFCE/CIV/092-2025

Angelo Joksán García Alemán
Claudia Samara Muñoz Ortiz
Kathering Tatiana Castillo Mayorga
Sus manos.

Estimado (s) Bachiller (es), reciba (n) cordiales saludos.

En el marco de la **Estrategia de Culminación de Estudios 2025 (Plan Remedial)** se le(s) comunica que el Tema y objetivos de **Proyecto de Graduación** titulado **"DISEÑO Y PRESUPUESTOS PARA LA CONTRUCCIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE Y CAMBIO DEL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA DE LA FUENTE DEL POZO COMUNITARIO DE TECUANAPA, CIUDAD DARÍO"**. Ha sido aprobado y se le ha asignado como Tutor(a) al (a la) Ing. Roger Francisco Juárez Gómez

La ejecución, entrega y defensa del **Proyecto de Graduación** tendrá una duración máxima de 05 meses, a partir de la fecha de aprobación de la Dirección, siendo el periodo establecido del **01 de diciembre del 2025 al 30 de abril del 2026**.

Por lo tanto, ud (s) deberá(n) cumplir en el periodo mencionado con lo siguiente:

- Desarrollar el Cronograma de Ejecución y realizar las actividades en correspondencia con el mismo, en el cual se tienen que programar los periodos de encuentros con el tutor, pre defensa y defensa.
- Presentar al tutor **semanalmente** los avances obtenidos en el proceso de ejecución conforme el cronograma.
- Cumplir con al menos el 90% de asistencia en los encuentros programados con el tutor asignado.
- Realizar al menos una pre defensa del Trabajo Monográfico en versión borrador, según el cronograma establecido en el marco de la **Estrategia de Culminación de Estudios 2025 (Plan Remedial)**, con el objetivo de garantizar en todos los aspectos el éxito de la defensa.

Igualmente, se le(s) recuerda que no hay prórroga para el cumplimiento de este proceso y que a través de la firma de la carta compromiso reconoce que esta es la última oportunidad para realizar la culminación de estudios.

Sin más a que hacer referencia y deseándole éxito en su **Proyecto de Graduación** para optar al título de **Ingeniero Civil**, se despide.

Atentamente,


Ma. Marcela Carolina Galán Gaitán
Directora



CC: Expediente Culminación de Estudios

INDICE

1.	INTRODUCCION	1
2.	ANTECEDENTES Y MARCO LEGAL	3
3.	OBJETIVOS	7
3.1.	Objetivo general	7
3.2.	Objetivos específicos.....	7
4.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	8
4.1.	Fundamentos técnicos para desarrollar el trabajo investigativo ..	8
4.2.	Diseño de la nueva red de Agua Potable.....	8
4.3.	Sustitución del Método de Bombeo	9
	El análisis técnico evalúa alternativas más eficientes y sostenibles: 9	
4.4.	Infraestructura Complementaria:	9
4.5.	Diseño y Análisis de costos	9
4.6.	Impacto técnico y comunitario	9
5.	FUNDAMENTO TÉCNICOS	10
5.1	Descripción del área en estudio	10
5.1.1	Características del sitio	10
5.2	Información socioeconómica	11
5.2.1	Sistema existente de abastecimiento de agua.....	12
5.3	Origen, manifestación y movimiento del agua subterránea.....	14
5.4	Humedad del suelo y agua subterránea.	14
5.5	Distribución subsuperficial del agua.	15
5.5.1	Fundamentos de hidrogeología.	17
5.5.2	Condiciones de la superficie freática.	17

5.5.3	Condiciones de artesianismo.	18
5.5.4	Factores de infiltración.	18
5.5.5	Los procesos geológicos originan acuíferos	19
5.6	Definiciones y parámetros para diseños de pozos.....	25
5.6.1	Hidráulica de pozos.....	25
5.6.2	Naturaleza del flujo convergente	25
5.6.3	Definición de términos.....	26
5.6.4	Flujo inicial desde el acuífero hasta el pozo	28
5.6.5	Ecuaciones del régimen de equilibrio	29
5.6.6	Determinación de la permeabilidad del acuífero.....	31
5.6.7	Relación entre el diámetro del pozo y la descarga	33
5.6.8	Relación entre el abatimiento y la descarga.	33
5.6.9	Ecuación del régimen de no equilibrio	34
5.6.10	Recargas provenientes de un río.....	35
5.7	Criterio de diseño de pozo.....	36
5.7.1	Diámetro del pozo	37
5.7.2	Profundidad del pozo	37
5.7.3	Tipos de Entubación.....	38
5.7.4	Habilitación.....	39
5.7.5	Sello sanitario.....	39
5.7.6	Limpieza y desarrollo	39
5.7.7	Métodos de perforación del pozo	40
5.8	Estudios topográficos	44
5.8.1	Levantamientos topográficos de baja precisión	44
5.8.2	Levantamientos topográficos definitivos	44

5.8.3	Poligonales.....	45
5.9	Método de desinsectación	45
5.10	Costos y presupuestos	46
6	Metodología para el desarrollo del proyecto de graduación	48
6.5.2.	Información recopilada.....	54
6.6.	Presupuesto de obras para la construcción de la red de Agua Potable	56
7.	RESULTADOS.....	57
7.7.	Criterios técnicos de diseño	73
7.8.7.	Cálculo de la carga total dinámica	82
7.8.8.	Pérdida en columna de bombeo:	82
7.9.	Selección de la bomba.....	83
7.10.	Presupuesto de obra para la construcción de la red de agua potable.	84
8.	CONCLUSIONES	90
9.	RECOMENDACIONES	924
10.	REFERENCIAS	93
11.	ANEXOS.....	I

1. INTRODUCCION

El agua es el elemento más importante de la naturaleza, se obtiene fundamentalmente por su caída a la Tierra en forma de lluvia, fluye por la superficie terrestre cercando arroyos, ríos y lagunas, está en constante movimiento de acuerdo a la topografía por donde se desliza, de esta manera forma lo que llamamos cuenca. La vida del ser humano depende del agua; sin embargo, cuando no es apta para el consumo humano, resulta ser portadora de enfermedades gastrointestinales.

Nicaragua tiene recursos hídricos suficientes para satisfacer las necesidades de abastecimiento de agua actual y futura de la población, ya sea para un fin industrial, humano, doméstico o para recreación. Hay problemas de disponibilidad en los recursos hídricos en algunas zonas del País, por consiguiente, hay sectores que no tienen acceso al abastecimiento, y si lo tienen, probablemente no existen condiciones excelentes en la calidad del mismo.

Debido al déficit en la oferta de aguas superficiales y la deforestación extensiva que han sufrido las cuencas en los últimos años, se ha incrementado significativamente la explotación de las aguas subterráneas, para diferentes usos.

Este aprovechamiento, que en la mayoría es sin ninguna evaluación y control del recurso, ha generado en algunas áreas una serie de impactos ambientales negativos sobre este, ocasionados por su explotación intensiva. El desarrollo agrícola en Nicaragua se ha caracterizado por la cultura del monocultivo en las áreas potencialmente aptas para la agricultura.

La disponibilidad de agua potable es un elemento fundamental para garantizar el bienestar, la salud y el desarrollo sostenible de las comunidades. En la localidad de Tecuanapa, municipio de Ciudad Darío, el acceso al recurso hídrico depende principalmente del pozo comunitario, cuya infraestructura actual presenta limitaciones tanto en la red de distribución como en el sistema de bombeo.

Estas condiciones dificultan el suministro eficiente y continuo del agua, afectando directamente a las familias que dependen de este servicio esencial. Ante esta situación actual del sistema de abastecimiento de agua en la comunidad de Tecuanapa, se propone el diseño, presupuesto y ejecución de un proyecto integral que contemple la construcción e instalación de una nueva red de agua potable, así como el cambio del método de bombeo del pozo comunitario. El proyecto busca mejorar significativamente la capacidad operativa del sistema, garantizar la distribución adecuada del recurso y aumentar la eficiencia energética y operativa del proceso de extracción. La planificación integral de estas acciones permitirá establecer un diseño técnico actualizado, definir los recursos necesarios y reducir costos a largo plazo y asegurando un funcionamiento más sostenible.

Este documento presenta el análisis inicial, los criterios de diseño, las necesidades identificadas por la comunidad y la propuesta presupuestaria requerida para llevar a cabo las obras. Su finalidad es contribuir a la toma de decisiones informadas y ofrecer una base sólida para la gestión y búsqueda de financiamiento, promoviendo así un servicio de agua potable más seguro, eficiente y sostenible para los habitantes de Tecuanapa.

Además de esto hay que añadir que el aumento acelerado de la población de la comunidad hace que la demanda de consumo sea mayor en proporción a lo que puede suministrar el servicio existente. En la actualidad, las captaciones superficiales se han secado donde se abastecía parte de la población, esta comunidad ha jugado un rol protagónico y muy colaborador, trabajando en conjunto con la alcaldía y ENACAL en las gestiones correspondientes y de manera muy organizada, llegando a involucrar inclusive activamente a mujeres y niños.

2. ANTECEDENTES Y MARCO LEGAL

En Nicaragua el acceso al agua potable ha sido históricamente un desafío, especialmente en comunidades rurales, donde la cobertura y continuidad del servicio presentan mayores limitaciones a nivel nacional, el Estado, a través de la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios, es la institución encargada de planificar, diseñar, ejecutar y administrar los sistemas de abastecimiento de agua potable, incluyendo los procesos de captación, bombeo, conducción y distribución del recurso hídrico.

Asimismo, los proyectos de agua potable suelen contemplar ampliación de redes de distribución, así como la rehabilitación o sustitución de sistemas de bombeo, debido al deterioro de equipos, crecimiento poblacional y aumento de la demanda.

La principal actividad económica del municipio de Matagalpa se encuentra diversificada en los siguientes productos: Café, frijoles, maíz, hortalizas, flores; sin dejar atrás los bienes y servicios tanto en el sector industrial (beneficios y elaboración de maquinarias agrícolas e industriales), comercial y turístico con su oferta urbana y de turismo sostenible rural comunitario misma que ha venido creciendo con la transformación e implementación de la economía creativa procedente de patrimonio natural y cultivos agrícolas.

La comunidad de Tecuanapa está a 5 km de ciudad Darío del departamento de Matagalpa de Nicaragua, es parte de las numerosas comunidades rurales (comarcas) que conforman este municipio, conocido por ser la cuna de Rubén Darío y por su rica tradición artesanal en barro y hoja de pino; aunque no hay un antecedente específico de la comunidad, su historia está ligada a la fundación de la antigua Metapa y a la evolución cultural y económica de la región de Matagalpa, manteniendo vivas costumbres e indígenas y rurales.

Se llevó a cabo un censo en la comunidad, Tecuanapa ciudad Darío Matagalpa, por lo necesario de conocer la cantidad de habitantes de 105 personas, con una tasa de crecimiento del 5.21% como información de antemano para el diseño y

presupuesto de construcción de la red principal de agua potable para el sistema de bombeo del pozo comunitario de Tecuanapa, con la Información obtenida, según el informe elaborado en el año 2006 por el Comité de Agua Potable y Saneamiento (CAPS), la edad promedio del pozo es de 20 años.

Se proyectó la población para un periodo de vida útil de 20 Años, el cual es el periodo de diseño económico asignado para los pozos artesianos, línea de conducción y red de distribución, según normas del INAA para ello, se utilizó el método directo, y con criterios de optimización de recursos de acuerdo al PNL, PDH.

Referente al impacto que tiene en la población el plan nacional contra la lucha de la pobreza, en el año 2007 ha tenido un aumento de 26.7% a un 55.4% en el 2020 con un acceso viviendas 433,869 viviendas con una inversión \$80.1 millones.

El sistema actual de abastecimiento depende de un pozo comunitario donde limita al norte con San Isidro y Sébaco, al sur con los municipios de Teustepe, Tipitapa y San Francisco Libre, al este con los municipios de Terrabona y San José de los Remates y al oeste con el municipio de el Jicaral. equipado con un método de bombeo tradicional que ha presentado fallas recurrentes, bajos niveles de eficiencia energética y altos costos operativos. Además, la red de distribución existente presenta envejecimiento, pérdidas por fugas y una capacidad insuficiente para cubrir la demanda presente y futura de la población.

Ciudad Darío es un municipio rico en su diversidad de comunidades y actividades productivas como la alfarería y la talabartería. Tecuanapa es una de las 147 comunidades pertenecientes según la alcaldía de Matagalpa y el censo de INIDE.

Las leyes que regulan el uso, concesión, calidad del agua, diseño, construcción y operación pueden tener menos regulación que los públicos, enfatizando la responsabilidad del propietario sobre la calidad.

Ley No. 291 – Ley Básica para la Regulación y Control de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario

Establece el marco regulatorio para los sistemas de agua potable y la calidad del servicio.

La ley No. 297 ley general de servicio de agua potable y alcantarillado sanitario: regula la producción, distribución, concesiones y tarifas del agua.

La ley No. 620 ley general establece el marco para el uso y aprovechamiento sostenible del recurso hídrico.

Normas técnicas (NTON) definen requisitos ambientales para pozos (NTON 09 006- 11) y criterios para el diseño de sistemas (NTON 09 007-19)

Decreto sobre permisos de perforación (Decreto 11-L) exige permisos para perforar pozos y un registro nacional.

Se debe tomar en cuenta aspectos legales y técnicos principales:

- Concesiones y permisos: para pozos de uso público o comercial, se requiere permisos y concesión de la autoridad competente (como la autoridad nacional del agua- Enacal) diseño y construcción: existen normas para asegurar que el agua sea apta para consumo humano (acuerdos ministeriales, normas de calidad).
- Fiscalización: las autoridades supervisan el cumplimiento de las normas y aplican sanciones por incumplimiento.
- Mantenimiento: la conservación del agua subterránea exige el mantenimiento regular de los pozos, según reglamentos.
- Pozos privados: generalmente el propietario es responsable de la calidad, con menos regulación federal/estatal, aunque si se aplica leyes de protección ambiental, como la SDWA en EEUU o normativas locales de calidad.

Las leyes buscan garantizar el acceso, la calidad y la sostenibilidad del agua, regulando desde la perforación hasta el consumo con un enfoque en la gestión pública o comunitaria del recurso dependiendo del país y la zona de estudio.

La ley No. 40 - habla acerca del Marco legal que rige cómo funcionan los municipios en Nicaragua, desde su creación hasta la gestión diaria, buscando la eficiencia y la participación ciudadana en la administración local

Ley No. 217 – Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales

Obliga a evaluar y mitigar los impactos ambientales de los proyectos de infraestructura.

Requiere permisos ambientales para obras de captación, distribución o mejoramiento de agua potable cuando corresponda. Normas Técnicas del INAA (Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados)

Definen los estándares para el diseño hidráulico, materiales, instalación y operación de sistemas de agua potable.

Regulan presiones, diámetros, pruebas de calidad de tuberías, requisitos de cloración, almacenamiento y bombeo.

Desde 2000 se inició a trabajar con coordinación de la empresa Enacal para garantizar el vital líquido agua y la comunidad de Tecuanapa hoy en día cuenta con el vital líquido proporcionado por el pozo, pero su sistema necesita un cambio.

El presente documento de planificación y presupuestación surge como respuesta a la necesidad de contar con un instrumento técnico que oriente el diseño, organización, costos y viabilidad del proyecto, siguiendo criterios de eficiencia, sostenibilidad y cumplimiento legal.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Diseñar la red principal de agua potable y presupuestar para la construcción del sistema de bombeo manual del pozo comunitario de Tecuanapa, municipio de Ciudad Darío, departamento Matagalpa.

3.2. Objetivos específicos

- ✓ Determinar las curvas de nivel generándolas a partir del software QGIS 4.0
- ✓ Asegurar la calidad del agua para la comunidad de Tecuanapa.
- ✓ Proponer un sistema de cobertura y continuidad del servicio del agua potable en la comunidad, diseñando con EPANET el sistema de Agua Potable.
- ✓ Realizar el presupuesto de obras para la construcción de la red de agua potable, aplicando el método directo y con criterios de optimización de recursos de acuerdo al PNLCP-DH.

4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto de Presupuesto para la Construcción e Instalación de la Red de Agua Potable y Cambio del Método de Bombeo del Pozo Comunitario tiene como finalidad garantizar el acceso continuo, seguro y eficiente al agua potable para la comunidad beneficiaria. Actualmente, el sistema de abastecimiento presenta limitaciones debido a una red deteriorada, insuficiencia de presión y un método de bombeo obsoleto que incrementa los costos operativos y reduce la confiabilidad del suministro.

La iniciativa plantea el diseño técnico integral, la estimación de costos y la proyección presupuestaria requerida para la construcción de una red de distribución funcional, así como la transición hacia un sistema de bombeo más eficiente y sostenible. El proyecto permitirá mejorar la calidad del servicio, reducir pérdidas de agua, optimizar el consumo energético y fortalecer la infraestructura comunitaria para el abastecimiento a largo plazo.

4.1. Fundamentos técnicos para desarrollar el trabajo investigativo

- > Diagnóstico del Sistema Actual
- > La red de distribución es inexistente.
- > El método de bombeo actual opera con baja eficiencia.
- > No existe un plan estructurado de mantenimiento preventivo ni actualización tecnológica.

4.2. Diseño de la nueva red de Agua Potable

El proyecto considera: Levantamiento topográfico para definir trazado, pendientes y puntos críticos.

4.3. Sustitución del Método de Bombeo

El análisis técnico evalúa alternativas más eficientes y sostenibles:

- > Bombas eléctricas de alta eficiencia (bomba sumergible o de superficie).
- > Protecciones electromecánicas para garantizar la durabilidad del equipo.
- > Controladores de velocidad (VFD) que optimizan el consumo de energía según la demanda real.

4.4. Infraestructura Complementaria:

Rehabilitación o reemplazo de la caseta de bombeo.

Instalación de sistemas eléctricos seguros (tableros, breakers, protecciones).

Construcción de soportes, anclajes y sistemas de drenaje.

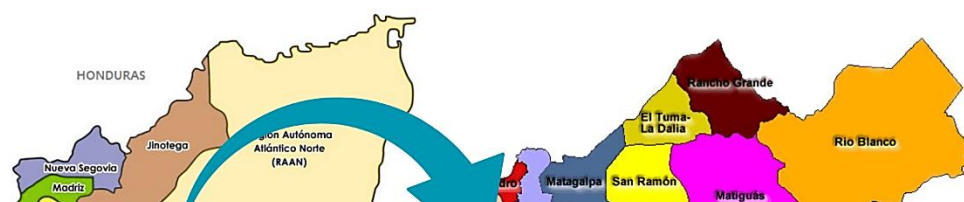
Instalación de un medidor maestro para control de consumo y pérdidas.

4.5. Diseño y Análisis de costos

- > Costos de materiales (tuberías, bombas, válvulas, accesorios).
- > Costos de mano de obra calificada.
- > Transporte, maquinaria y equipos.
- > Costos indirectos (supervisión, pruebas, administración).
- > Cronograma de ejecución y plan de desembolsos.
- > Proyección de costos de operación y mantenimiento a mediano y largo plazo.

4.6. Impacto técnico y comunitario

- > Reducción significativa de fugas y pérdidas técnicas.
- > Mayor eficiencia energética y reducción del gasto mensual por bombeo.
- > Mejora en la continuidad del servicio y presión en toda la red.



Fuente: <https://www.inide.gob.ni/docu/cenagro/Mapasmunicipales/MatagalpaMun.htm>

La principal actividad económica del municipio de Matagalpa se encuentra diversificada en los siguientes productos: Café, frijoles, maíz, hortalizas, flores; sin dejar atrás los bienes y servicios tanto en el sector industrial (beneficios y elaboración de maquinarias agrícolas e industriales), comercial y turístico con su oferta urbana y de turismo sostenible rural comunitario misma que ha venido creciendo con la transformación e implementación de la economía creativa procedente de patrimonio natural y cultivos agrícolas.

5.2 Información socioeconómica

La problemática socioeconómica se deriva de las características y condiciones en que vive la población en cuanto a la ausencia o limitada disponibilidad de servicios básicos como el agua potable y la energía eléctrica en la mayoría de las viviendas, así como los servicios insuficientes y la dependencia económica que ubican a la población en la categoría de población que vive en condiciones de pobreza baja.

Las condiciones socioeconómicas que predominan en el territorio justifican claramente la necesidad de promover acciones para mejorar las condiciones socioeconómicas de la población, centrando la atención en la provisión de

servicios básicos a la población de estas comunidades, pero también promoviendo acciones que compatibilicen la producción agropecuaria y forestal con el abastecimiento de agua potable y con miras a disminuir la migración de la población. Para la obtención de las principales características socioeconómicas de la población, se utilizó una encuesta para el censo en cada vivienda.

Se requiere de parámetros sociológicos para tener una mejor comprensión de las características sociales del sitio en estudio, según los datos oficiales del instituto nacional de información del desarrollo (INIDE) de Nicaragua su último censo registrado en el año 2023, el crecimiento poblacional del municipio de ciudad Darío ha mostrado una tendencia a la estabilidad en las últimas décadas.

5.2.1 Sistema existente de abastecimiento de agua

Actualmente, el sistema tiene un grado de deterioro muy avanzado y notorio, debido a dos principales razones:

- a) La mayoría de los elementos del sistema de producción de agua potable ya cumplieron con la vida útil y su período de diseño.
- b) Los bajos ingresos que históricamente ha logrado obtener la administración del CAPS de este sistema, no permiten realizar las actividades de mantenimiento necesarias para que el acueducto opere en óptimas condiciones.

Figura 3: Pozo y bomba manual existente.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4: Pila existente a remover.



Fuente: Elaboración propia

5.3 Origen, manifestación y movimiento del agua subterránea.

El ciclo hídrico de la Tierra consiste en la continua circulación de humedad y de agua sobre nuestro planeta. El ciclo no tiene principio ni fin, pero el concepto de ciclo hidrológico se origina en el agua de los océanos, los cuales cubren las tres cuartas partes de la superficie terráquea.

La radiación solar lleva el agua de los océanos hasta la atmósfera por evaporación, el vapor de agua se eleva y luego se aglomera dando lugar a la formación de nubes. Bajo ciertas condiciones, la humedad contenida en las nubes se condensa y se precipita en forma de lluvias o variadas formas de precipitación, la verdadera fuente de casi todas las reservas de agua dulce la constituye la precipitación que cae sobre el área terrestre.

Figura 5: Ciclo hidrológico



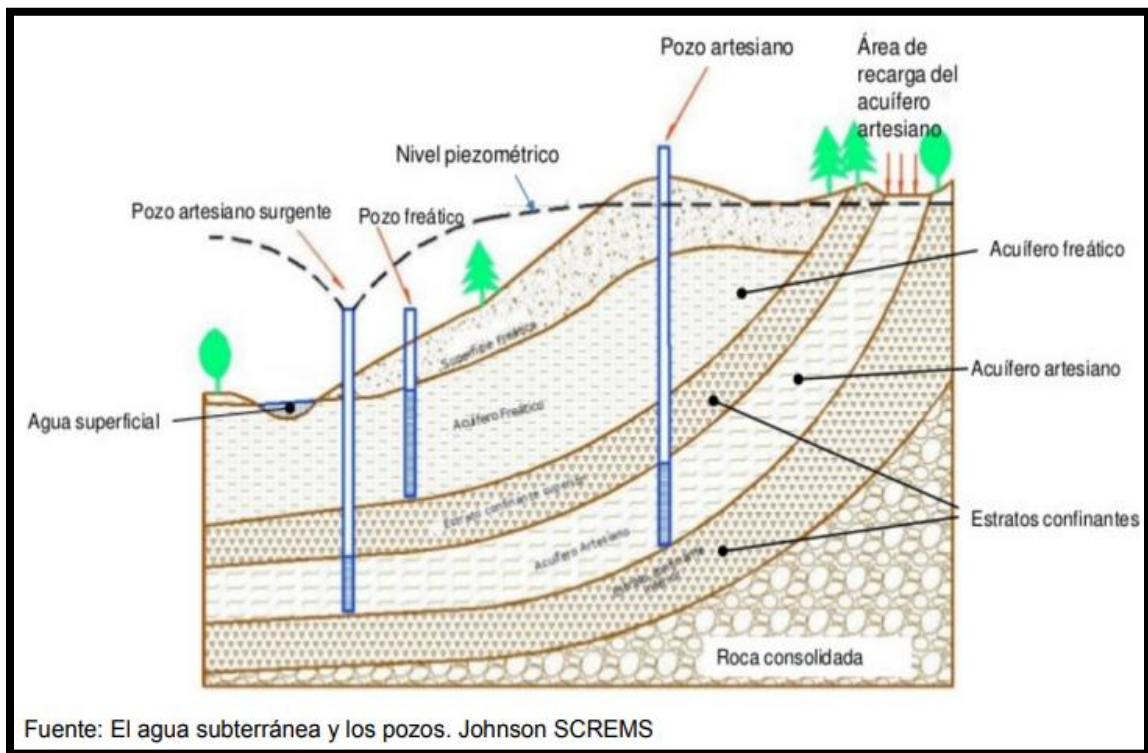
5.4 Humedad del suelo y agua subterránea.

El agua que se infiltra en el suelo se denomina agua subsuperficial, pero no toda se convierte en agua subterránea. Tres son los hechos fundamentales que tienen relación con estas aguas: Puede ser devuelta a la superficie por fuerzas capilares

y evaporada hacia la atmosfera, ahorrándose así gran parte de su recorrido dentro del ciclo hidrológico.

Puede ser absorbida por las raíces de las plantas que crecen en el suelo, ingresando de nuevo a la atmosfera a través del proceso de la transpiración. La que se ha infiltrado profundamente en el suelo, puede ser obligada a descender por la fuerza de la gravedad, hasta que alcance el nivel de la zona de saturación que constituye el depósito de agua subterránea y que abastece de la misma a los pozos.

Figura 6: Las fases subsuperficiales y del agua subterránea dentro del ciclo



5.5 Distribución subsuperficial del agua.

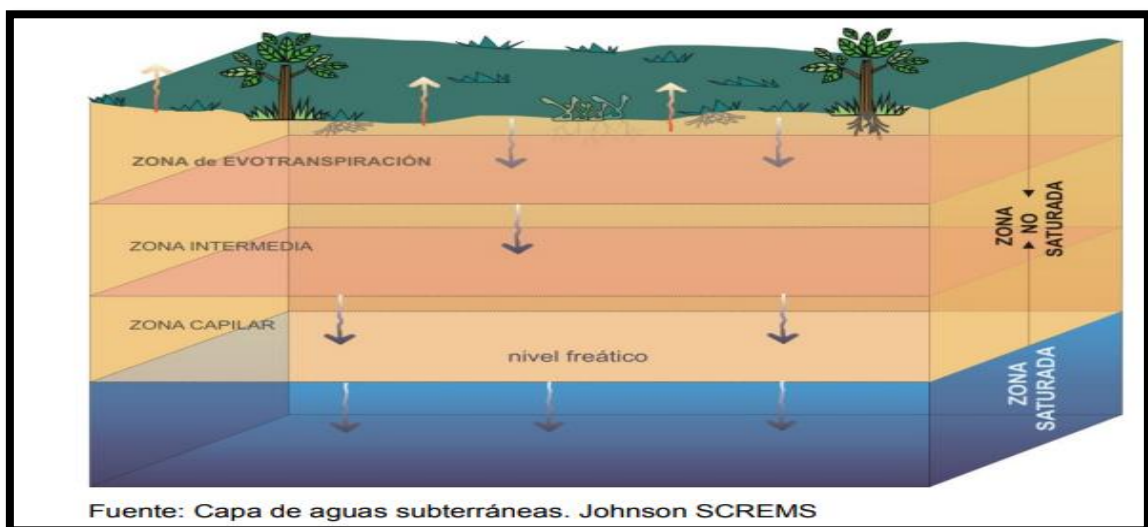
Para comprender las manifestaciones del agua subterránea, se requiere estudiar la distribución vertical de esta dentro de los materiales geológicos subsuperficiales o formaciones. Los geólogos denominan rocas a todos los materiales de la corteza terrestre, ya sean no consolidados como las arenas y las arcillas, o consolidados, como el granito y la caliza.

A mayor o menor profundidad, todos los materiales de la corteza terrestre son normalmente porosos, esta parte se denomina zona de fracturación. El estrato superior en donde las aberturas están solo parcialmente llenas de agua, se denomina zona de aeración, dividiéndose esta en tres franjas: la humedad del suelo, la intermedia, y la franja capilar. Inmediatamente, por debajo de esta y en donde estas aberturas están completamente llenas de agua, está la zona de saturación.

El agua contenida en la zona de saturación es la única parte de toda el agua del subsuelo de la cual se puede hablar con propiedad como agua subterránea. La zona de saturación podría asimilarse a un gran embalse natural o sistemas de embalses cuya capacidad total es equivalente al volumen conjunto de los poros o aberturas de las rocas que se hallan llenas de agua.

El espesor de la zona de saturación varía desde unos pocos metros hasta varios cien, esto depende de la geología local, la presencia de poros o intersticios en las formaciones, la recarga y movimiento o desplazamiento del agua desde las áreas de recarga hasta las de descargas.

Figura 7: El agua subterránea bajo zona de saturación.



5.5.1 Fundamentos de hidrogeología.

Las aguas subterráneas provienen de la infiltración en el terreno de agua de lluvia, lagos y ríos, que después de pasar la franja capilar del suelo, circulan y se almacenan en formaciones geológicas porosas o fracturadas, denominadas acuíferos. Los acuíferos desempeñan un papel fundamental, tanto como conductores de agua, desde sus zonas de recarga hasta lagos, ríos, manantiales, pantanos y captaciones construidas por el hombre, como almacenadores de estos recursos que, posteriormente, pueden ser aprovechados para satisfacer las necesidades de abastecimiento de sus usuarios.

5.5.2 Condiciones de la superficie freática.

En ciertos acuíferos, el agua subterránea se manifiesta bajo condiciones freáticas. Ello significa que el límite superior del acuífero queda definido por la superficie freática misma; o sea, en el plano superior de la porción saturada de la formación geológica, el agua contenida se encuentra sometida a presión atmosférica tal como si estuviese contenida en un recipiente abierto.

En estas condiciones, el acuífero mismo se denomina acuífero freático. Otros términos que también se utilizan para definir este estado del agua subterránea, son los de acuífero no confinado y agua subterránea libre.

En cualquier nivel dentro de un acuífero freático o libre, la presión hidrostática es equivalente a la profundidad media desde la superficie libre hasta el punto de cuestión y puede expresarse en metros de agua. Así, por ejemplo, una partícula de agua subterránea que se halle a una profundidad de 50 pies por debajo de la superficie freática, está sometida a una presión estática de 50 pies. Cuando se perfora un pozo dentro de un acuífero freático, el nivel estático dentro del pozo se halla a la misma elevación que en nivel freático. (Jhonson SCREMS)

La zona de saturación incluye tanto estratos permeables como impermeables de materiales terrestres. Los permeables constituyen acuífero. Cuando un acuífero yace entre estratos impermeables situados por encima y por debajo, se dice que tanto el acuífero como el agua contenida están confinados. Debido a la presión

del estrato confinante superior, el agua del acuífero no se encuentra expuesta a la presión atmosférica. Así pues, el agua se halla dentro de los poros del acuífero a una mayor presión que la atmosférica.

5.5.3 Condiciones de artesianismo.

Cuando el agua subterránea está confinada, se dice que se manifiesta en condiciones de artesianismo y el acuífero se denomina acuífero artesiano. Los términos de acuífero confinado y agua subterránea confinada se aplican para describir esta condición. Cuando se perfora un pozo a través de un estrato confinante superior y se presenta dentro de un acuífero artesiano, el agua asciende dentro del pozo hasta alcanzar algún nivel cuya elevación se halla por encima del techo del acuífero. (Jhonson SCREMS)

El nivel del agua dentro el pozo equivale a la presión artesianana del acuífero. La carga hidráulica expresada en pies de agua y para cualquier punto dentro del acuífero viene dada por la distancia vertical desde ese nivel al punto en cuestión. La elevación a la que ascendería el agua dentro de un pozo que penetra dentro un acuífero artesianano se define por el término técnico nivel piezométrico, el cual viene a ser una superficie imaginaria que representa la presión o carga hidráulica existente. Esta superficie imaginaria es similar a la superficie líquida real que limita a un acuífero freático. (Jhonson SCREMS)

5.5.4 Factores de infiltración.

En algunos lugares, los depósitos de agua subterránea son recargados rápidamente por la lluvia. En el sitio en el que el nivel de agua de lagos y ríos se halla más alto que el de la superficie freática y en donde sus lechos son permeables, el depósito es recargado por esos cuerpos líquidos. Cuando una corriente o un tramo de esta brindan su contribución de agua a la zona de saturación, se dice que es una corriente afluente respecto al agua subterránea. Si, por el contrario, el agua subterránea se halla a una elevación superior a la de un río y percola hacia este, se dice que la corriente es efluente de aquella. La razón de recarga de un depósito de agua subterránea depende del régimen de

precipitación de la escorrentía superficial y del caudal de los ríos. Así mismo varía de acuerdo a la permeabilidad de los suelos. La oportunidad de infiltrar depende en mucho de la condición del suelo, su contenido de humedad y la duración de la lluvia y del patrón de drenaje en la cuenca, asimismo de la pendiente de la superficie puesto que si es muy inclinada favorece a la escorrentía superficial y si es menos fuerte, retiene por más tiempo el agua favoreciendo la infiltración. (Jhonson SCREMS)

5.5.5 Los procesos geológicos originan acuíferos

Los procesos geológicos crean rocas y acuíferos, pero a su vez, otros procesos posteriores los pueden destruir. Nuevas rocas se forman y se extienden sobre las anteriores en una sucesión de capas. Una vez que cualquier roca sedimentaria, ígnea o metamórfica queda constituida, los continuos eventos geológicos la alteran de varias maneras, lo que eventualmente mejora o daña sus propiedades acuíferas. (Jhonson SCREMS)

Las rocas que forman la corteza terrestre se han venido acumulando desde tiempos inmemorables. Su historia ha sido reunida pieza por pieza por los geólogos mediante el estudio de los fósiles que se han encontrado atrapados en su seno. Los acuíferos ostentan una variedad de formas y estructuras. Algunos depósitos marinos de arenisca se extienden sobre grandes áreas, son de textura uniforme y la variación de su espesor es muy poca. (Jhonson SCREMS)

Las disyunciones y las fracturas de ciertas rocas metamórficas tales como el granito, el gneis y la cuarcita, rinden algunas veces pequeñas cantidades de agua. Los acuíferos presentes en estos tipos de rocas no aparentan un tamaño o forma particulares, pero el agua subterránea generalmente tiene lugar cerca de la parte superior de la formación. La cantidad y el tamaño de las aberturas disminuyen rápidamente conforme aumenta la profundidad. Sería un desperdicio de tiempo, esfuerzo y dinero tratar de perforar más de unos cuantos metros en este tipo de materiales. (Jhonson SCREMS)

5.5.6 Las funciones de un acuífero

Según Johnson SCREMS, dos son las funciones importantes que realiza un acuífero; almacenadora y otra transmisora. Esta almacena agua, sirviendo como depósito y trasmite agua como lo hace un conducto. Las aberturas o poros de una formación acuífera sirven tanto de espacio para almacenamiento como de red de conductos.

El agua subterránea se mueve constantemente a través de distancias extensas y desde las áreas de recarga hacia las de descarga. El desplazamiento es muy lento, con velocidades que se miden en metros por día y a veces en metros por año. Como consecuencia de ello y del gran volumen que su porosidad representa, un acuífero retiene enormes cantidades de agua en almacenamiento inestable.

La discusión previa ha expuesto que las aberturas en las formaciones geológicas sub-superficiales son de tres clases generales:

- Aberturas comprendidas entre las partículas individuales, como en las formaciones constituidas por arena y grava.
- Fisuras, disyunciones o facturas en las rocas duras y que se han desarrollado al quebraste.
- Canales de disolución y cavernas en las calizas y aberturas resultantes de la contracción y de la evolución de los gases en las lavas.

Las dos propiedades de un acuífero que tienen relación con su capacidad de almacenar agua, son su porosidad y rendimiento específico.

5.5.6.1 Porosidad

La porosidad de un acuífero es aquella parte del su volumen que consiste de aberturas o poros; o sea, la proporción de su volumen no ocupado por material sólido. Es un índice que indica cuánta agua puede ser almacenada en el material saturado.

5.5.6.2 Permeabilidad

Se denomina permeabilidad a la propiedad de una formación acuífera en lo referente a su función transmisora o de conducto. La permeabilidad se define como la capacidad de un medio poroso para transmitir agua. El movimiento de agua de un punto del material tiene lugar cuando se establece una diferencia de presión o carga entre dos puntos.

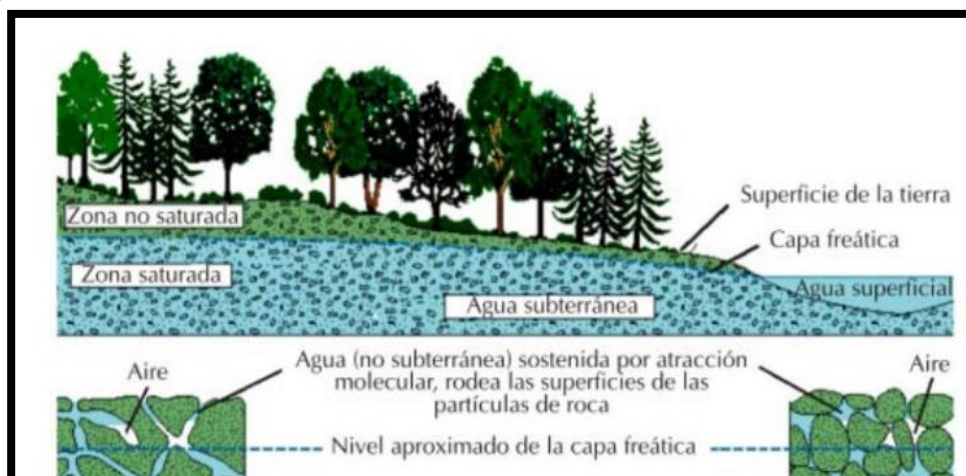
5.5.6.3 Espesor del acuífero

Corresponde a la distancia que existe entre el estrato impermeable y el nivel freático en acuíferos libres, siendo variables, en función de los cambios del nivel freático, de pocos metros a decenas de metros de magnitud. En acuíferos confinados y semiconfinados, corresponde a la distancia que existe entre los estratos impermeables que lo encierran, en este caso el valor es constante y puede variar en órdenes de magnitud de unos pocos metros, a cientos o miles de metros.

5.5.6.4 Acuíferos

Un acuífero es aquel estrato o formación geológica que permite la circulación del agua a través de sus poros y/o grietas. Dentro de estas formaciones puede encontrarse materiales muy variables como grava de río, calizas muy agrietadas, areniscas porosas poco cementada, arena de playa, algunas formaciones volcánicas depósitos de dunas. Un acuífero es un almacén geológico a variables profundidades en el que se deposita el agua que puede ser bombeada, en la primera parte, el agua forma parte de un suelo que no está saturado, mientras que en la segunda los acuíferos se encuentran saturados o muy cerca de saturación.

Figura 8: Estructura del acuífero



El material presente en un acuífero puede estar compuesto de diversos depósitos como arenas, gravas, limos, y arcillas, o también por formaciones geológicas tales como rocas fracturadas y/o fisuras provocadas por fallas o material calcáreo (calizas) con grietas producto de disolución. Dependiendo del caudal y características del estrato, las aguas subterráneas pueden generar por erosión auténticos canales subterráneos por donde circular libremente.

En función de la presión hidrostática del agua encerrada en estos reservorios de agua, es posible clasificar los distintos tipos de acuíferos existentes. Por otro lado, reconocer el acuífero según su presión, se traduce en una circunstancia práctica muy útil que facilita el determinar el tipo de captaciones de agua subterránea. Entonces de acuerdo a lo anterior se tiene:

5.5.6.5 Acuíferos libres

Son aquellos en los cuales existe una superficie libre de agua almacenada que se encuentra a presión atmosférica. La superficie del agua correspondiente al nivel freático y podrá estar en contacto directo con el aire o no. En estos acuíferos, al perforar pozos que los atraviesan total o parcialmente, el agua alcanza un nivel que sería el mismo que tendría dentro de la formación geológica; es decir, el nivel freático (nivel real) coincide con el nivel piezométrico (nivel ideal que alcanzaría el agua a presión atmosférica).

5.5.6.6 Acuíferos confinados

En este tipo de acuífero, el agua contenida está sometida a ciertas presiones, superiores a las atmosféricas y ocupa la totalidad de los reservorios de la formación geológica, saturándola totalmente. Están sellados por materiales

impermeables que no permiten que el agua ascienda hasta igualar su presión a la atmosférica. Por este motivo, al perforar pozos que atravesen el límite superior del material que constituye el acuífero, se observará que el nivel del agua asciende muy rápido hasta que se estabiliza en el nivel piezométrico. Podrán darse pozos surgentes si el nivel del agua queda por encima del nivel topográfico y pozos artesianos si el nivel se estabiliza por debajo de la cota del terreno. De esta manera, si imaginamos una serie de pozos atravesando un acuífero de este tipo, y unimos los niveles que alcanza el agua en cada uno, obtendríamos una superficie piezométrica que no coincide con el nivel freático que tenía el acuífero en estado natural.

5.5.6.7 Acuíferos semiconfinados

Constituyen una variedad de los confinados, y se caracterizan por tener el techo (parte superior) y/o la base (parte inferior) sellado por materiales que no son totalmente impermeables. Los cuales permiten una filtración vertical que alimenta muy lentamente al acuífero principal. En estos casos, habrá situaciones en los que la recarga podrá hacerse en ambos sentidos en función de la diferencia de potencial.

Los acuíferos son explotados a través de varios tipos de captaciones, entre las cuales, las más comunes son:

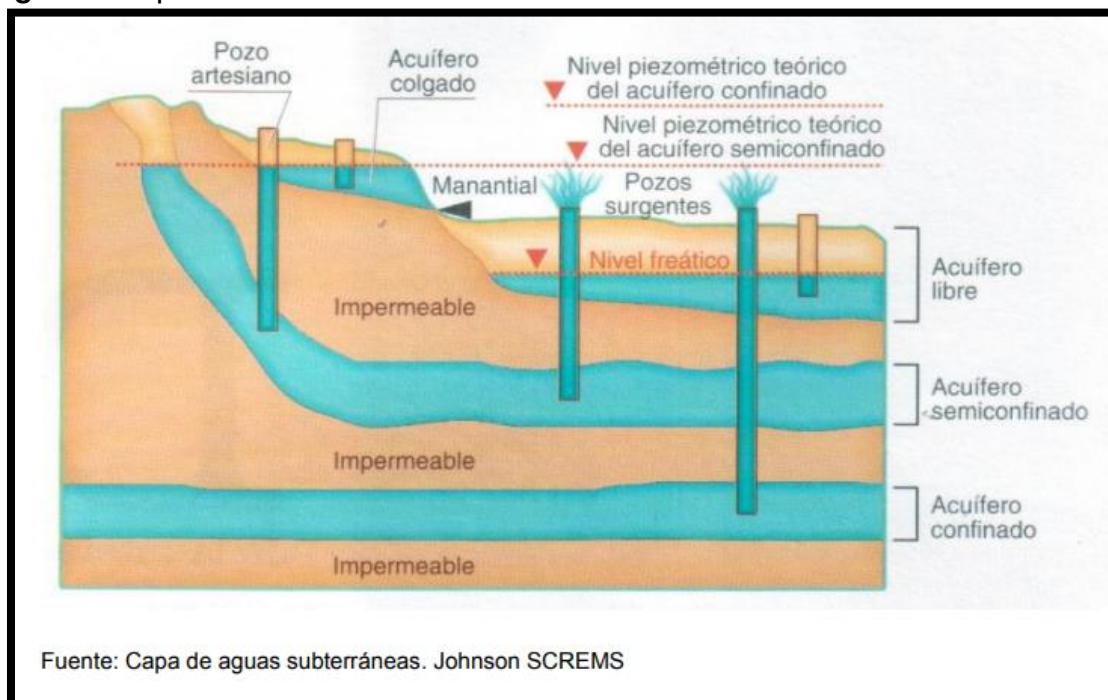
- Pozos profundos: Perforados a través de muchas técnicas y generalmente requieren de grandes equipos de perforación.
- Aljibes: Son pozos poco profundos, generalmente excavados a mano y algunas veces revestidos en piedra, ladrillo o cemento.
- Manantiales: Son exposiciones naturales de las aguas subterráneas en superficie y que son aprovechados directamente, sin necesidad de grandes obras.

La elección de alguna de estas formas de acceder a los acuíferos dependerá tanto de las características hidrogeológicas de la zona en particular, como de las necesidades de abastecimiento del agua y de las condiciones socioeconómicas de la región.

Una de las grandes ventajas de las aguas subterráneas es que generalmente son de buena calidad para consumo humano por estar protegidas naturalmente por capas de suelos o rocas que tienen la capacidad para atenuar, retardar o retener algunos contaminantes, además de ser menos susceptibles que las aguas superficiales a cambios climáticos.

Por otro lado, una vez contaminadas las aguas subterráneas como consecuencia de alguna actividad en la superficie (agrícola, industrial, disposición de residuos o de afluentes, etc.) será casi imposible o demasiado costosa su recuperación. Por lo anterior, cuando se accede a estos recursos hídricos, implícitamente debe haber compromiso con su protección y conservación para garantizar su aprovechamiento futuro. (Según Jhonson SCEMS, pp. 19-27)

Figura 9: Tipos de acuíferos



5.6 Definiciones y parámetros para diseños de pozos

5.6.1 Hidráulica de pozos

Un pozo es una estructura hidráulica que debidamente diseñada y construida permite efectuar la extracción económica de agua de una formación acuífera. Este propósito se llega a lograr cuando se cumplen los siguientes tres aspectos:

- Una aplicación inteligente de los principios de la hidráulica en el análisis del pozo y del comportamiento del acuífero.
- La destreza al perforar y construir pozos, lo que permite tomar ventaja de las condiciones geológicas.
- Una selección tal de los materiales que asegure una larga duración a la estructura.

5.6.2 Naturaleza del flujo convergente

Cuando se inicia el bombeo, el nivel del agua en la vecindad del pozo bombeado desciende. La magnitud de este descenso del nivel del agua se denomina abatimiento. La mayor cantidad del descenso o abatimiento tiene lugar en el propio pozo.

El abatimiento es menor a mayores distancias desde el pozo, y existe un punto a cierta distancia de este en el que el abatimiento es casi imperceptible. Esta distancia es variable para diferentes pozos. También es variable para el mismo pozo, ya que depende del caudal de bombeo y del tiempo de bombeo.

El nivel de agua en el pozo de bombeo es más bajo que en cualquier otro lugar de la formación que rodea a este, de manera que el agua se desplaza desde la formación hacia el pozo, tratando de reponer el volumen extraído por la bomba. La fuerza o presión que impulsa el agua hacia el pozo, es la carga representada por la diferencia de niveles de agua dentro del pozo y en otro punto cualquiera

fuera de aquel. El agua fluye a todas direcciones desde el acuífero hacia el pozo. Conforme el agua se mueve más y más cerca de este, lo hace pasando a través de sucesivas superficies cilíndricas que cada vez van siendo menores en áreas. Consecuentemente, la velocidad del agua aumenta conforme esta se acerca al pozo.

La ley de Darcy indica que, en el flujo a través de medios porosos, el gradiente hidráulico varía directamente con la velocidad. Con velocidad creciente, el gradiente hidráulico aumenta conforme el flujo converge hacia el pozo.

Como resultado de lo anterior, la superficie líquida que ha descendido desarrolla una pendiente cada vez más pronunciada hacia el pozo.

La forma de esta superficie se asemeja a una depresión cónica. Cualquier pozo que se someta a un bombeo queda rodeado por un cono de depresión. Estos conos difieren de tamaños y formas dependiendo del caudal de extracción y extensión del tiempo de bombeo, características del acuífero, inclinación de la superficie freática y recarga que tenga lugar dentro de la zona de influencia del pozo.

5.6.3 Definición de términos

➤ Radio de influencia (R):

Es la distancia desde el centro del pozo, hasta el límite del cono de depresión. Este radio es mayor en los conos de depresión que rodean a pozos artesianos que en aquellos situados alrededor de pozos freáticos.

➤ Coeficiente de almacenamiento (S) de un acuífero:

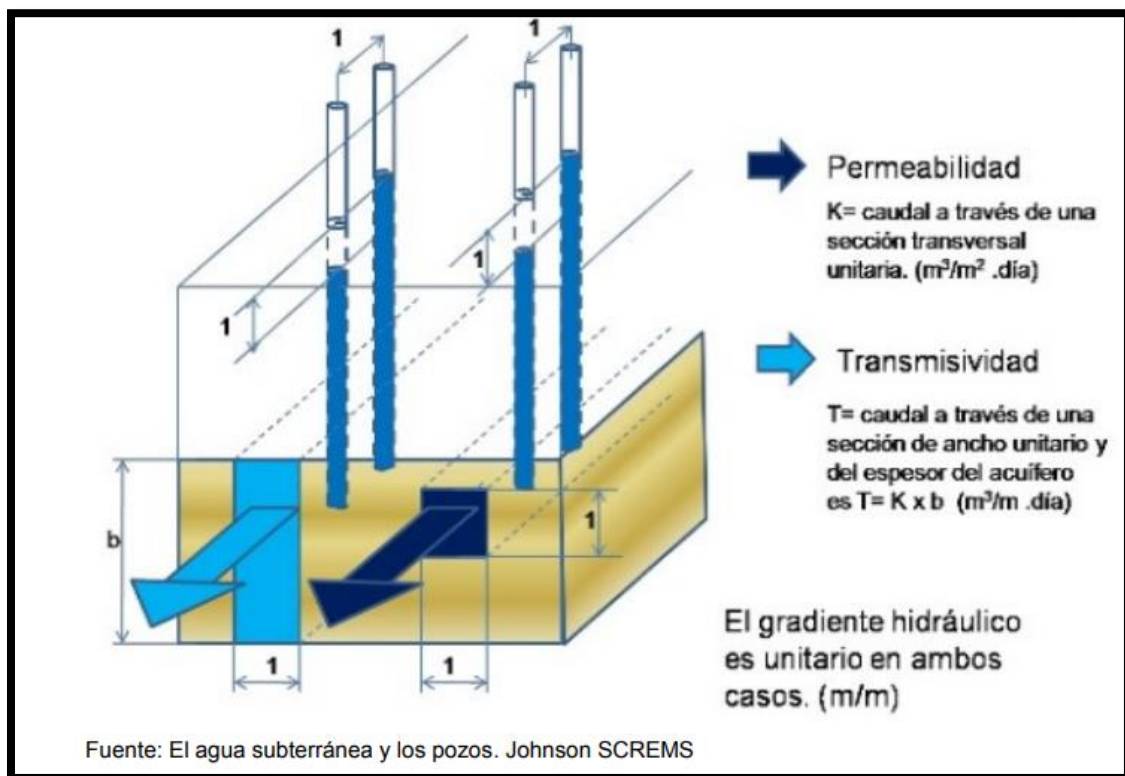
Es el volumen de agua cedida o tomada del almacenamiento por unidad de área superficial cuando se produce un cambio unitario de carga. En los acuíferos de nivel freático, S equivale al rendimiento específico del material desecado durante el bombeo. El coeficiente de almacenamiento es un término adimensional, su valor en los acuíferos libres varía desde 0.01 hasta 0.35; estos valores en un acuífero artesianos van desde 0.00001 hasta 0.001.

➤ **Coefficiente de transmisividad (T) de un acuífero:**

Es la razón a la cual fluye el agua a través de una franja vertical de acuífero de ancho unitario y de altura igual al espesor saturado del mismo, cuando el gradiente hidráulico es igual a 1, o sea 100 %. Los valores de transmisividad varían desde un poco menos de 0.50 hasta más de 500 m³/hora/m.

Los coeficientes de transmisividad y de almacenamiento son especialmente importantes puesto que definen las características hidráulicas de la formación acuífera. El coeficiente de transmisividad indica cuánta agua se mueve a través de la formación, y el coeficiente de almacenamiento indica qué cantidad puede ser obtenida por bombeo o drenaje. El coeficiente de permeabilidad, multiplicado por el espesor del acuífero, es igual al coeficiente de transmisividad.

Figura 10: Conceptos gráficos de los coeficientes de permeabilidad y transmisividad



5.6.4 Flujo inicial desde el acuífero hasta el pozo

Cuando se bombea agua desde un pozo, la cantidad que se obtiene inicialmente proviene de lo almacenado en el acuífero, en la vecindad del mismo. Conforme continúa el bombeo, se va obteniendo más agua de la almacenada a distancias cada vez mayores del pozo de bombeo. Esto significa que la forma circular del cono de depresión se debe expandir de modo que se desplace agua hacia el pozo desde distancias cada vez mayores. El radio de influencia del pozo aumenta conforme el cono continúa expandiéndose.

El abatimiento también aumenta conforme el cono se profundiza, para suministrar la carga adicional necesaria, a fin de que el agua se desplace desde una distancia mayor. Sin embargo, el cono se expande y se ahonda a una velocidad que disminuye con el tiempo puesto que con cada metro adicional de expansión horizontal se dispone de un volumen de agua almacenada mayor que en el precedente.

El hecho es que el cono continúa creciendo hasta que el acuífero recibe una recarga igual a la extracción. La recarga puede tener lugar en una o más de las formas siguientes:

- ✓ El cono se extiende hasta interceptar una recarga natural del acuífero, suficiente para igualar al caudal del bombeo.
- ✓ El cono se extenderá hasta interceptar alguna masa superficial de agua que pueda suministrar al acuífero la cantidad necesaria para igualar la descarga
- ✓ El cono se extenderá hasta interceptar la suficiente recarga vertical de la precipitación que caiga dentro del radio de influencia que iguale a la descarga.
- ✓ El cono se extenderá hasta que exista la suficiente percolación a través de las formaciones sub o sobre yacientes que iguale a la descarga.

5.6.5 Ecuaciones del régimen de equilibrio

Varios investigadores derivaron hace varios años la ecuación de la descarga de pozos en régimen de equilibrio, existen dos ecuaciones básicas, una para condiciones libres o freáticas, y otra para artesianismo. ambas suponen que existe recarga en la periferia del cono de depresión. La ecuación para el pozo en condiciones libres es la siguiente:

$$Q = \frac{1.36P(H^2 - h^2)}{\log \frac{R}{r}} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

Q: Rendimiento del pozo o caudal del bombeo, en m³ por hora.

P: Permeabilidad de la formación, en m/hora.

H: Espesor saturado del acuífero antes del bombeo, en m.

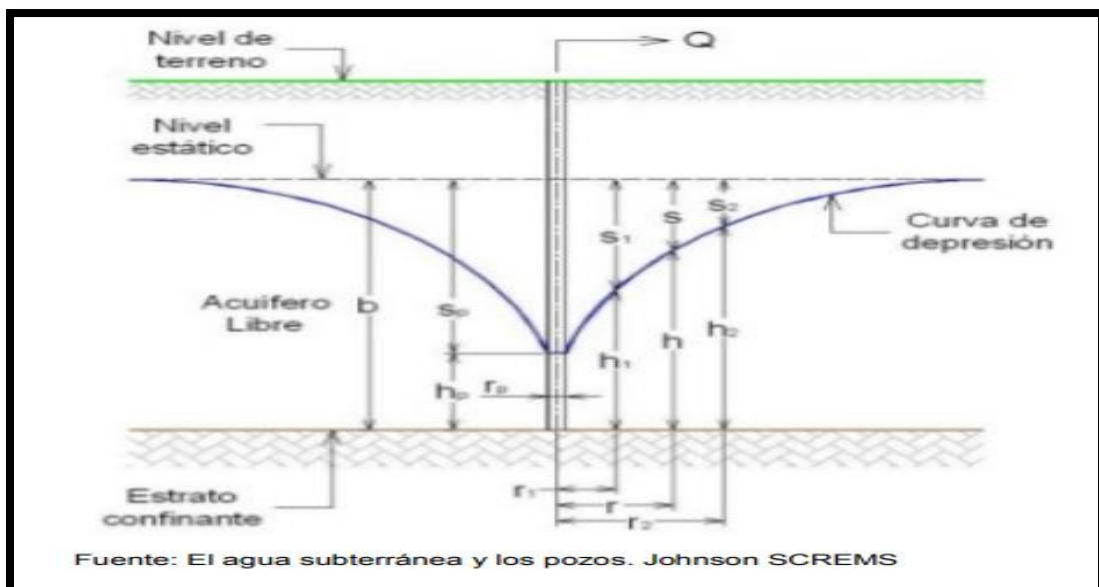
h: Profundidad del agua en el pozo durante el bombeo, en m.

R: Radio del cono de depresión, en m.

r: Radio del pozo, en m.

La sección vertical de un pozo construido en un acuífero libre o freático en el que se muestra el significado de varios términos empleados en la ecuación del equilibrio.

Figura 11: Sección vertical de un pozo



La ecuación para un pozo que opera en condiciones de artesianismo es la siguiente:

$$Q = \frac{2.72Pm(H-h)}{\log \frac{R}{r}} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

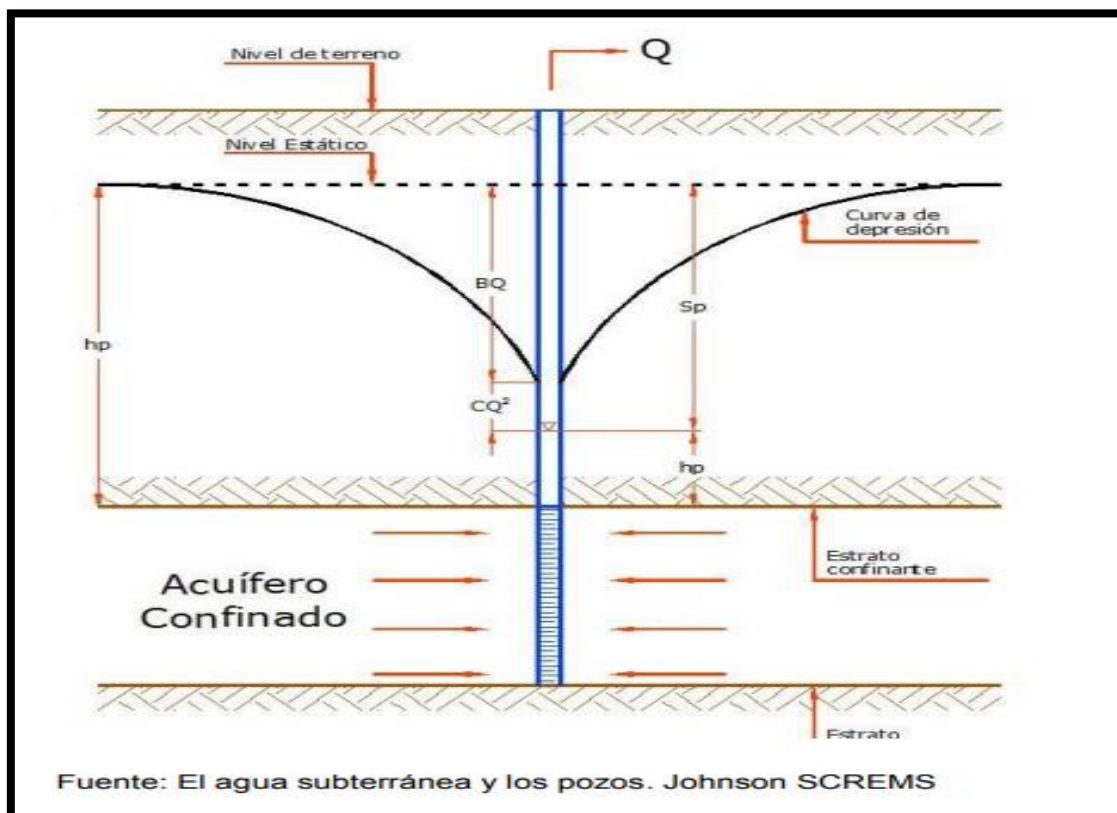
m: Espesor del acuífero, en m.

H: Carga estática en el fondo del acuífero, en m.

Todos los otros términos son tal como quedaron definidos en la ecuación anterior para condición freática.

El diagrama de un pozo emplazado en un acuífero artesianiano que muestra el sentido de los diversos términos que se usan en la ecuación de equilibrio.

Figura 12: Diagrama de un pozo emplazado en un acuífero artesianiano



Las derivaciones de las ecuaciones anteriores se basan en las siguientes premisas de simplificación:

- Los materiales de la formación acuífera son de permeabilidad uniforme dentro del radio de influencia del pozo. El acuífero no se halla estratificado.
- En acuíferos freáticos y artesianos, el espesor saturado es constante antes de empezar el bombeo.
- El pozo de bombeo es 100% eficiente. → El pozo de bombeo penetra hasta el fondo del acuífero.
- Las superficies freáticas y piezométricas no tienen pendientes, ambas constituyen planos horizontales.
- A través del acuífero y dentro del radio de influencia del pozo, existe flujo laminar.
- El cono de depresión ha alcanzado el equilibrio, de modo que tanto el abatimiento como el radio de influencia del pozo no sufren cambio a través del tiempo en el que se continúe bombeando a caudal constante.

Pareciera que estas suposiciones limitan severamente el uso de las ecuaciones; sin embargo, no es así. Una permeabilidad uniforme rara vez se encuentra en un acuífero real, pero la permeabilidad media que se determina mediante una prueba en el acuífero ha demostrado ser confiable para la predicción del comportamiento de los pozos.

5.6.6 Determinación de la permeabilidad del acuífero.

El registro litológico de un pozo suministra los valores de H y m ; R por lo general se estima; P puede determinarse mediante ensayos de campo o de laboratorio. La ecuación para calcular P en un acuífero freático es la siguiente:

$$P = \frac{Q \log \frac{r_2}{r_1}}{1.36 (h_2^2 - h_1^2)} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

P: Permeabilidad, en m/h.

Q: Caudal de bombeo, en m³/h.

r₂: Distancia al pozo de observación más lejano, en m.

r₁: Distancia al pozo de observación más cercano, en m.

h₂: Espesor saturado en el sitio del pozo de observación más alejado, en m.

h₁: Espesor saturado en el sitio del pozo de observación más cercano, en m.

La ecuación para determinar la permeabilidad en condiciones artesianas mediante una prueba como la indicada, es la siguiente:

$$P = \frac{Q \log \frac{r_2}{r_1}}{2.72 m (h_2 - h_1)} \quad \text{Ecuación 4}$$

En la cual todos los términos son los mismos a los anteriores, excepto los siguientes: m: Espesor del acuífero, en m.

h₂: Carga en el sitio del pozo de observación más lejano, medida desde el fondo del acuífero, en m.

h₁: Carga en el sitio del pozo de observación más cercano, medida desde el fondo del acuífero, en m.

Además de brindar una manera precisa de calcular la permeabilidad media del acuífero, las fórmulas de equilibrio resultan muy útiles para estudiar las relaciones existentes entre los diversos factores y para determinar el rendimiento.

5.6.7 Relación entre el diámetro del pozo y la descarga

Muchas personas suponen que al duplicar el diámetro del pozo se duplica su rendimiento. Esto se halla muy lejos de la realidad. Con todos los otros factores constantes, las ecuaciones del régimen de equilibrio muestran que Q varía conforme $k \log R/r$, expresión en la cual k representa todos los factores constantes. De esta relación se puede calcular el incremento teórico de rendimiento del pozo.

5.6.8 Relación entre el abatimiento y la descarga.

Pozos que funcionan en condiciones artesianas demuestran que la descarga es directamente proporcional al abatimiento, $H=h$ siempre y cuando este abatimiento no sobrepase la distancia de la superficie piezométrica estática hasta el techo del acuífero.

La relación entre el diámetro del pozo y la descarga en porcentaje, los valores se obtienen cuando $R=120m$. magnitud muy común en condiciones freáticas.

Tabla 1 Relación entre el diámetro del pozo y la descarga en porcentaje.

6"	12"	18"	24"	30"	36"	48"
100	110	117	122	127	131	137
--	100	106	111	116	119	125
--	--	100	104	108	112	117
--	--	--	100	104	107	112
--	--	--	--	100	103	108
--	--	--	--	--	100	105

Fuente: El agua subterránea y los pozos. Johnson SCREMS

Si el abatimiento excede esta magnitud, el valor m se reducirá y esa proporcionalidad ya no se mantendrá teóricamente, ello significa que si el abatimiento se duplica el rendimiento también lo hace. Dicho de otra manera, la capacidad específica del pozo es constante para una razón constante de bombeo.

Para un pozo ubicado en un acuífero freático, aquella parte de la formación comprendida dentro del cono de depresión es realmente desecada durante el bombeo, esto influye en la relación que existe entre el abatimiento y la descarga. Cuando el abatimiento se duplica el rendimiento del pozo llega a ser menor que el doble. La capacidad específica disminuye conforme aumenta el abatimiento; de hecho, disminuye directamente en proporción al abatimiento.

5.6.9 Ecuación del régimen de no equilibrio

En 1,935 Theis desarrolló la ecuación de no equilibrio, que se aplica a pozos que funcionan dentro este régimen. Mediante el uso de la ecuación se puede predecir el abatimiento en cualquier tiempo después de iniciado el bombeo.

La transmisividad y la permeabilidad promedio pueden determinarse desde las primeras etapas de una prueba de bombeo, sin tener que esperar que los niveles en los pozos de observación se hayan estabilizado virtualmente o alcanzado el equilibrio. Los coeficientes del acuífero se pueden determinar a partir de las mediciones de tiempo de abatimiento realizadas en un solo pozo de observación.

$$s = W(u) \left[\frac{Q}{4\pi T} \right] = W(u) \left[\frac{0.0795}{T} \right] \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

s : Abatimiento, en m.

$W(u)$: Función del pozo que depende de la variable u , adimensional.

Q : Caudal de bombeo, en $\text{m}^3/\text{día}$.

T : Transmisividad, en $\text{m}^3/\text{día}/\text{m}$ o $\text{m}^2/\text{día}$.

2.6.9.1 Ecuación del no equilibrio

El método es una simplificación del método de Theis, y se usa únicamente si u es pequeña, es decir: $u < 0.01$

$$s = \frac{0.183 Q}{4\pi T} \left(\log \frac{2.2459 T t}{r^2 S} \right) \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

s : Abatimiento, en m.

Q : Caudal de bombeo constante, en $\text{m}^3/\text{día}$.

T : Transmisividad, en $\text{m}^2/\text{día}$. t : Tiempo, en días. r : Distancia a la que se produce el abatimiento, en m.

S : Constante de almacenamiento, adimensional.

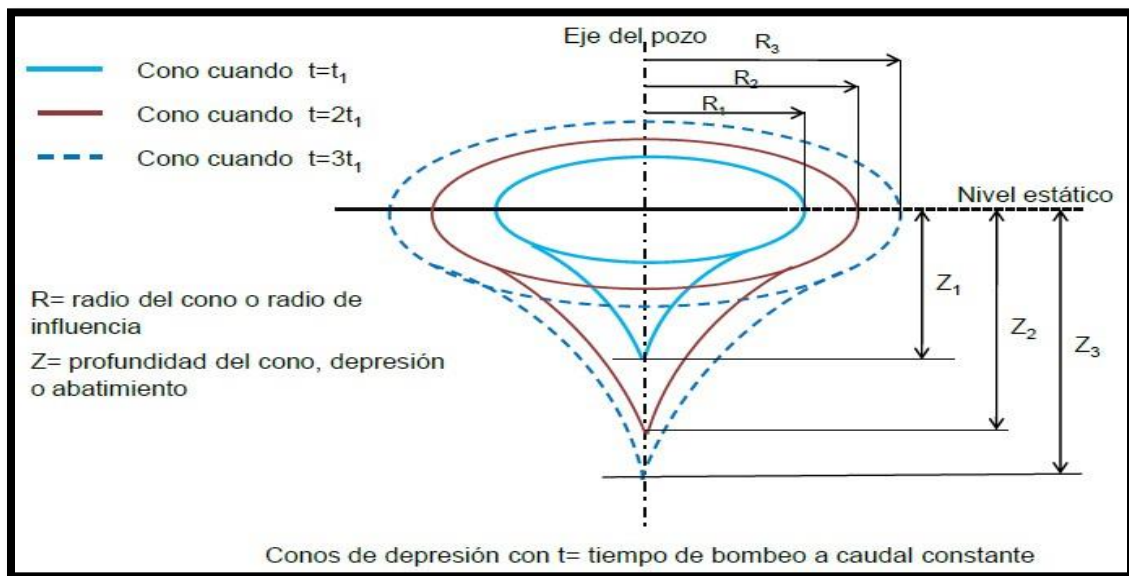
5.6.10 Recargas provenientes de un río

El establecimiento de las condiciones de equilibrio que estabilizan al cono de depresión en torno a un pozo que se está bombeando, puede ocurrir de diferentes maneras. Una de estas es cuando el acuífero es recargado por un río o por un lago.

Durante la parte inicial del período de bombeo el cono de depresión no se extiende hasta el río y no se manifiesta ningún efecto de recarga, el nivel dinámico del pozo sigue descendiendo conforme transcurre el período de bombeo. Cuando el cono de depresión se extiende por debajo de una parte del lecho del río, se desarrolla un gradiente hidráulico entre el agua subterránea en el acuífero y el agua del río. De esta manera percola agua del río hacia abajo a través de un lecho permeable de este y bajo la influencia del gradiente hidráulico. De esta manera el río recarga al acuífero a una razón que aumenta conforme el cono de depresión se extiende.

El cono de depresión, al extenderse el cono de depresión por debajo del lecho de un río, habrá un gradiente hidráulico entre el acuífero y dicho río; lo anterior da como resultado el que se induzca una recarga desde el río hasta el acuífero, a como se muestra en la figura 13.

Figura 13: Cono de depresión,



Fuente: El agua subterránea y los pozos. Johnson CREMS

5.7 Criterio de diseño de pozo

Los pozos municipales; deben, por lo general, diseñarse para obtener de ellos el mayor rendimiento disponible en el acuífero y la mayor eficiencia posible en términos de capacidad específica. Un buen diseño reduce el peligro de un bajo rendimiento en el acuífero ya que logra incorporar al pozo aquellas características que le aseguren una larga vida exenta de problemas. Un buen diseño demanda una consideración muy cuidadosa de los factores hidráulicos que influyen en el comportamiento del pozo.

Un buen diseño exige la seguridad de una combinación óptima de comportamiento, larga vida del servicio y un costo razonable. Una sana práctica de la ingeniería hidráulica demanda que estos objetos sean considerados en conjunto.

5.7.1 Diámetro del pozo

Escoger el diámetro apropiado del pozo es algo muy importante, pues éste afecta significativamente el costo de la obra. El diámetro del pozo debe escogerse de modo que se satisfagan dos requisitos:

El ademe debe de ser lo suficientemente amplio para que permita acomodar la bomba con la tolerancia adecuada para su instalación y eficiente funcionamiento.

El diámetro del intervalo de captación del pozo debe de ser tal que garantice una buena eficiencia hidráulica del mismo.

Al escoger el diámetro del ademe, el factor que gobierna; por lo general, es el tamaño de la bomba que va necesitarse para la descarga deseada o potencial del pozo. El ademe deberá ser dos números mayor que el diámetro nominal de la bomba.

5.7.2 Profundidad del pozo

La profundidad que se espera dar al pozo se determina; por lo general, mediante el registro del pozo de prueba, de los registros de otros pozos cercanos en el mismo acuífero o durante la perforación del pozo de profundidad. Generalmente, el pozo se termina en el fondo del acuífero. Esto es de desear, por las dos razones siguientes:

Se utiliza mayor espesor del acuífero como intervalo de captación del pozo, lo que mejora su capacidad específica. Puede obtenerse mayor abatimiento disponible, permitiendo al pozo erogar más caudal. Esto también estará sujeto al estudio hidrogeológico de la zona, al igual que la calidad del agua que se encuentra en el acuífero.

5.7.3 Tipos de Entubación

La tubería del pozo debe de ser capaz de resistir la presión provocada por los empujes laterales del terreno y la presión hidrostática de los acuíferos existentes, esto por posibles diferencias de nivel de agua entre el interior y exterior del pozo. La conducción de construcción de estas tuberías está basada en criterios que condicionan su comportamiento estructural e hidráulico, de manera que cumplan con las características de sostenimiento de las paredes del pozo y de la conducción hidráulica que conecta el acuífero con la superficie y permita una adecuada instalación del equipo de bombeo.

Las tuberías que se utilizan para habilitar los pozos son de hierro o acero tipo Johnson, con extremos para soldar. Se ajustan a las normas ASTM-53, ASTM-120 y API (las normas ASTM abarcan varios sectores clave, incluido los productos de metal, tecnología medio ambiental y del agua, entre otros).

Figura 14: Tuberías metálicas



Fuente: El agua subterránea y los pozos. Johnson SCREMS

En el caso de las tuberías de PVC para pozos profundos, los estándares exigidos son superiores a los comúnmente utilizados en el sistema de riego. Se recomienda el PVC clase 11, 12 y 21, que tolera presiones entre 572 y 3,000 kPa.

Las entubaciones definitivas deberán quedar verticales y alineadas. Ninguna tubería, en cuyo interior tenga de colocarse un equipo de bombeo, deberá desviarse de la vertical más de 7.5 cm cada 30 m para los tubos de hasta 2" de diámetro nominal, más de 10 cm para diámetros entre 8" y 12"; ni más de 15 cm para diámetros mayores de 12".

5.7.4 Habilitación

El proyecto de pozo también contempla el dimensionamiento de las componentes de la zona de captación y los procesos de limpieza de la obra conocido como habilitación.

5.7.5 Sello sanitario

Finalmente, durante el funcionamiento del pozo también será necesario adoptar las medidas correspondientes para evitar la entrada de aguas contaminadas, para ello se instala una protección superior que consiste en:

- Prolongar el revestimiento hasta 50 cm por encima del nivel del suelo.
- Cubrimiento de concreto en la entrada al pozo con pendientes hacia la periferia.
- Protección a base de material arcilloso en un radio dependiente de las condiciones locales.
- Cierre sanitario de la boca del pozo a base de chapas atornilladas con juntas o estancas de goma.
- Cementación del trasdós de revestimiento, al menos en los primeros tres metros.

5.7.6 Limpieza y desarrollo

Ese proceso consiste en un conjunto de operaciones realizadas una vez colocada la rejilla, destinadas a extraer los residuos de la perforación (lodos); logrando un

arreglo y mejoramiento en la granulometría; a aumentar la permeabilidad del acuífero hasta llegar al nivel que tenía previo a la perforación y que se ve reducida por la perforación misma al compactar las paredes del pozo y al extraer la presencia de lodos que recubren las paredes de este; y finalmente, a prolongar la vida útil del pozo.

Una vez terminado el pozo, debería realizarse operaciones de limpieza que tengan como objeto desalojar la bentonita, o; en forma general, los lodos de perforación utilizados durante la construcción. Los métodos de desarrollo son básicamente vaivén y pistón, chorros de agua a altas velocidades, aire comprimido, bombeo intermitente o agitación, y sobre bombeo.

5.7.7 Métodos de perforación del pozo

Una perforación es un hueco que se hace en la Tierra que atraviesa diferentes estratos, entre los que puede haber unos acuíferos y otros no acuíferos; unos consolidados y otros no consolidados. Cada formación requiere un sistema de perforación determinado, por lo que a veces un mismo pozo que pasa por estratos diferentes obliga a usar técnicas diferentes en cada uno. Existen métodos mecanizados y manuales para perforar pozos, pero todos se basan en dos modalidades: Percusión y rotación.

5.7.7.1 Perforación de percusión

El método se basa en la caída libre de un peso en sucesión de golpes rítmicos dados contra el fondo del pozo en perforación, dejando caer con regularidad una pesada sarta de herramientas dentro del agujero que se va abriendo.

El barreno fractura o desmorona la roca dura y la convierte en pequeños fragmentos. Cuando se está perforando en material suave o consolidado, el barreno afloja el material. En ambos casos, la acción del vaivén de las herramientas entremezcla con agua las partículas fracturadas y desprendidas, formando así un lodo.

El lodo resultante debe ser retirado del agujero de tiempo en tiempo mediante una bomba de arena o una cuchara. Cuando se acumula mucha columna de lodo, esta amortigua la caída de las herramientas y retarda la velocidad de penetración. Tal circunstancia es la que determina con cuánta frecuencia debería extraerse el lodo.

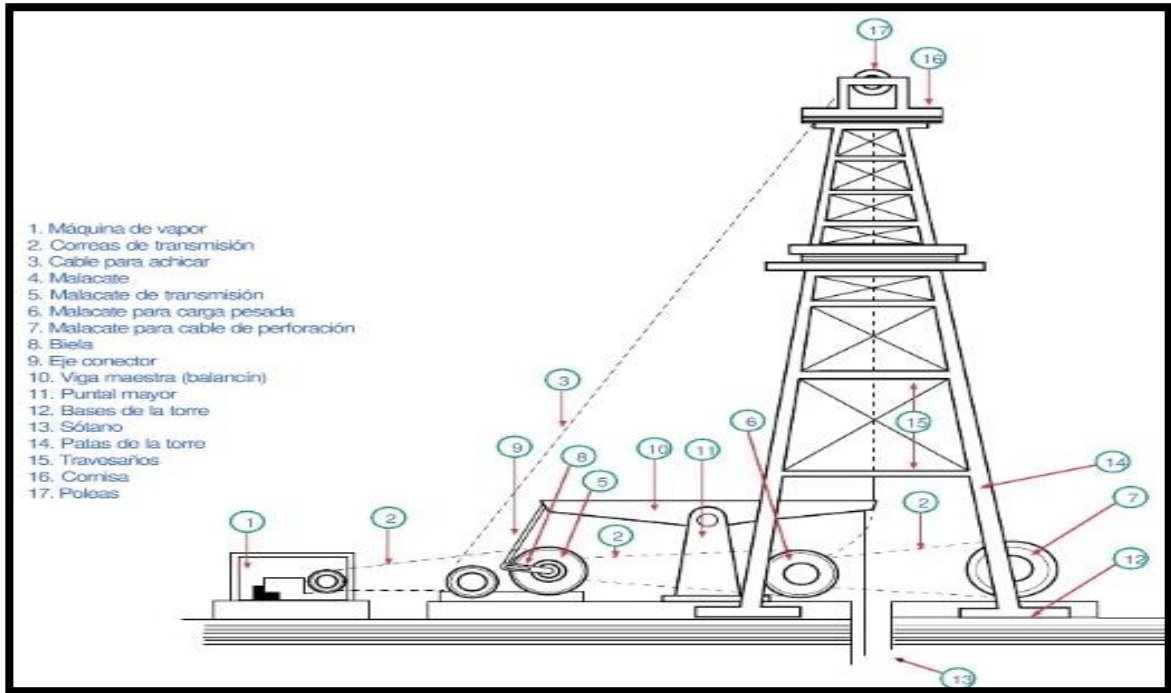
Una sarta completa de herramientas de perforación se halla completa constituida por cuatro elementos, estos son: El barreno, la barra de peso adicional al barreno (el efecto de su longitud ayuda a mantener un agujero recto cuando se perfora en roca dura), las tijeras que consisten en un par de barras articuladas de acero (Cuando se perfora en aquellos materiales en los que el barreno está propenso a quedar aprisionado, se utiliza las tijeras para aflojar las herramientas, esta es la única función que desempeñan), y el porta cable giratorio que establece la conexión de herramientas al cable, el peso de este suministra parte de la energía de los golpes ascendentes dados por las tijeras cuando se necesita usar estas.

También permite que las herramientas giren ligeramente con respecto al cable. Los elementos de la sarta de herramientas se acoplan entre si mediante extremos roscados.

Al cable de alambre que soporta las herramientas de perforar se le denomina comúnmente como las líneas de perforar. Por lo general, varía entre 5/8 y 1" de diámetro de su torcido en su sentido izquierdo. La línea de perforar se hace pasar por una polea de coronamiento que se halla situada en la cumbre del mástil o torres, de donde desciende hasta el cabrestante, llegando al tambor principal de arrollado.

La cuchara está formada por un tramo de tubo con válvula de retención en el fondo. La bomba de arena es una cuchara dotada de un émbolo; el cual, al desplazarse hacia arriba, produce un vacío que abre la válvula y succiona la arena o el lodo que contiene los fragmentos, haciéndolo penetrar en el tubo.

Figura 15: Herramientas de una sarta por el método de percusión



Fuente: El agua subterránea y los pozos. Johnson SCREMS

5.7.7.2 Perforación de rotación

Estos equipos se caracterizan por que trabajan girando o rotando la broca, trícono o trépano perforador. El sentido de la rotación debe ser el mismo usado para la unión o enrosque de las piezas que constituyen la sarta de perforación. Todas las brocas, trépanos o trícónos, son diseñados para cortar, triturar o voltear las distintas formaciones que pueden encontrarse a su paso. Estas herramientas son diseñadas para cada tipo de formación o terreno.

El método hidráulico de perforación por rotación consiste en perforar un agujero mediante la acción rotativa de un trépano y remover los fragmentos que se producen con un fluido que continuamente se hace circular conforme el trépano penetra en los materiales de la formación.

5.7.7.3 Perforación rotatoria con aire comprimido

El equipo rotatorio de perforación que utiliza aire comprimido como fluido de perforar en lugar de lodo, constituye un avance muy moderno en la industria de la

perforación de pozos, en este sistema se hace circular aire a presión por la tubería de perforación, el cual escapa por las aberturas del trépano, subiendo luego por el espacio anular que rodea la tubería. El aire que se desplaza a gran velocidad dentro el anillo arrastra los fragmentos hasta la superficie o los expulsa de las fisuras de las rocas. Este procedimiento solo se puede aplicar a formaciones consolidadas.

Las máquinas de perforar rotatorias diseñadas para este tipo de trabajo, vienen; por lo general, equipadas con una bomba convencional de lodos, además de un compresor de aire de gran capacidad. Es posible que, para evitar derrumbes, se haga necesario instalar ademe dentro del relleno superior al pasar la circulación de aire.

Los trépanos para rocas del tipo rodete, similares a los que se diseñan para la perforación a base de lodos, pueden también utilizarse cuando se perfora con aire. El tipo que se conoce como trépano incrustado resulta de conveniente aplicación en ciertas aéreas. Este trépano se fabrica con incrustaciones de tungsteno fijadas a la periferia de los rodetes de acero.

Los trépanos trícono con un diámetro alrededor de los 30 cm también se utilizan corrientemente; asimismo, se dispone de diámetros mayores. El otro tipo de herramienta de trépano que se utiliza en el sistema rotatorio con aire comprimido, consiste; en esencia, de un martinete neumático que se halla colocado en el extremo interior de la tubería.

El trépano consiste en un martinete con incrustaciones resistente de carburo de tungsteno, que son las que proveen la superficie de corte. A esta herramienta se le puede llamar martinete descendente, esta combina el efecto percusivo con la acción rotativa, este también se denomina martillo a fondo.

El carburo de tungsteno es extremadamente resistente a la abrasión, pero los trépanos siempre se desgastan por el uso continuo.

El aire comprimido se deberá suministrar a una presión de 7 a 7.7 kg/cm². Algunas herramientas necesitan hasta 14 kg/cm² para extraer los fragmentos con efectividad según la velocidad ascendente del aire.

5.8 Estudios topográficos

Son el conjunto de actividades de campo y gabinete que, tiene como finalidad proporcionar información altimétrica y/o planimétrica para representarla en planos, y en una escala adecuada. Los estudios topográficos se clasifican de acuerdo a su precisión:

5.8.1 Levantamientos topográficos de baja precisión

Son aquellos levantamientos, cuya precisión es igual o menor a 1:1000, y sirven como planos de reconocimiento para elaborar anteproyectos en zonas urbanas o proyectos en localidades rurales; el equipo empleado en esta clase de levantamiento está conformado por: Teodolito con aproximación a 0.1, brújula, nivel de mano, y nivel fijo.

5.8.2 Levantamientos topográficos definitivos

Son levantamientos con una precisión igual o mayor de 1:5000. Este tipo de levantamientos se realiza con equipo de primer orden integrado por: Distanciómetro, estación total, y nivel electrónico.

5.8.2.1 Recopilación de información

Para la elaboración de los levantamientos topográficos, se debe recabar previamente la información cartográfica, fotogramétrica y topográfica existente sobre el área en estudio. La información mínima que se debe recopilar es la cartografía, autorizada y publicada por INETER u otra fuente oficial. De existir levantamientos topográficos anteriores de la zona en estudio, se analiza la información para determinar la posibilidad de utilizarlos, actualizarlos o complementarlos según sea el caso. Cuando exista topografía de áreas vecinas, se establecen los puntos de liga con respecto a la nueva área de estudio, los mismos que deben ser referenciados.

5.8.3 Poligonales

5.8.3.1 Trazo de apoyo

Con objeto de comprobar la alternativa de trazo del eje de un conducto (línea de conducción, colector, emisor, etc.) que, sea seleccionada previamente en gabinete con el apoyo de la información cartográfica existente, se debe llevar a cabo un reconocimiento de campo, haciendo las modificaciones pertinentes de acuerdo con los obstáculos, características del suelo, relieve, y tenencia de la tierra en la zona. En general, se procura que los trazos se ubiquen por calles, derechos de vía de carreteras, líneas de transmisión eléctricas y ferrocarriles, veredas y límites de predios.

El origen de las coordenadas "X, Y" del trazo de apoyo o poligonal auxiliar que, permite definir el eje del conducto, debe referirse a coordenadas cartesianas; en casos extraordinarios, cuando lo anterior no sea posible, se puede utilizar medios gráficos tomados sobre cartas editadas por alguna dependencia oficial, indicándolo en las notas de los planos respectivos. El levantamiento topográfico del trazo de apoyo debe estar referenciado a un plano de comparación único de bancos de nivel.

5.9 Método de desinsectación

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

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

el de calcio, no mayor de tres meses. La aplicación al agua de la solución de hipoclorito de calcio o de sodio se efectuará mediante el hipoclorador de carga constante.

En caso de que la fuente de abastecimiento de agua no se ajuste a las normas de calidad de agua cruda requeridas, será necesario un proceso de tratamiento de depuración, ya sea por filtración lenta que, consiste en hacerla pasar por un lecho de arena en forma descendente o ascendente, y a muy baja velocidad; o, filtración rápida que, conlleva los pasos de coagulación, floculación, sedimentación, filtración; y, finalmente, un proceso de desinfección que, elimine la contaminación bacteriológica.

5.10 Costos y presupuestos

La estimación de los costos de los proyectos constituye uno de los aspectos fundamentales, en este estudio se hará el costo y presupuesto a manera de prefactibilidad del sistema de abastecimiento de agua potable y servicio básico de letrina de pozo seco ventilado, con la importancia de obtener el costo real del proyecto, así como para conocer la manera en la que estarán distribuidos los costos directos, dentro de estos costos directos se tiene:

- Materiales: Los precios de materiales serán tomados de los costos promedios que se manejan en el mercado.
- Mano de obra directa: La mano de obra se determinará basándose en las normas de rendimiento horario para obras verticales y el catálogo de precios vigente para la construcción.
- Costos indirectos de fabricación: Son todos aquellos costos que, se acumulan de los materiales y la mano de obra indirecta, más todos los incurridos en la producción, pero que, al momento de obtener el costo del producto terminado, no son fácilmente identificables de forma directa con el mismo (Gómez, 2001).

Diversos presupuestos tomados en cuenta para su realización son:

- Costos directos: Son aquellos que, la gerencia es capaz de asociar con los artículos o áreas específicas. Los materiales y la mano de obra directa son los ejemplos más claros.
- Costos indirectos: Son aquellos comunes a muchos artículos, y; por tanto, no son directamente asociables a ningún artículo o área. Usualmente, los costos indirectos se cargan a los artículos o áreas, con base en técnicas de asignación (Gómez, 2001).
- Costos administrativos: Son los costos en los que, se incurre por mantener el personal administrativo de campo el tiempo que dure el proyecto. Estos generalmente son: Salarios, prestaciones sociales, transporte, alimentación, y dormida del personal de campo, mobiliario y equipo de oficina.

Planificación, presupuestación y ejecución de proyectos de infraestructura de agua potable en Nicaragua se rige por un conjunto de leyes, normas y políticas nacionales que establecen los lineamientos técnicos, administrativos y ambientales necesarios para garantizar su correcta implementación. Entre las principales normas aplicables se encuentran:

- Establece la responsabilidad de los gobiernos municipales en la planificación y ejecución de obras públicas.
- Permite la formulación de proyectos comunitarios y la administración de presupuestos municipales destinados al sector agua y saneamiento.

6 METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO DE GRADUACIÓN

6.1 Estudio planialtimétrico

Para el análisis de este parámetro se realizó solicitud a la alcaldía municipal de Ciudad Darío, con la finalidad de procesar los puntos topográficos de la comunidad de Tecuanapa. Sin embargo, no se logró el apoyo de la misma y debido a problemas económicos por parte del equipo del proyecto de graduación no se ejecutó de forma independiente; por lo tanto, se implementó el procesamiento de la obtención de las curvas de nivel con el software QGIS 4.0 4.0.

6.2 Análisis de la calidad del agua

6.2.1 Obtención de datos

Se prevé la construcción de 105 unidades habitacionales dotadas de servicios de agua potable.

En este documento investigativo los datos más relevantes a la fuente de suministro para agua potable, se le realizó una prueba de bombeo sobre el pozo existente determinando que el caudal óptimo de explotación ronda los 50gpm.

La prueba de bombeo se ha realizado sobre la estructura del pozo existente, sin limpieza por falta de mantenimiento de este. En este estudio no se tomó en cuenta las conexiones desde la acometida hacia el interior de las viviendas.

6.3.1 Pruebas de laboratorio para análisis de la calidad del agua

Para obtener información que nos proporcione la calidad del agua, se realizaron las siguientes pruebas de laboratorio:

6.3.1.1 Calidad físico química

Según ANA (Autoridad Nacional del Agua) para uso de agua potable, se recomienda valores de 6.5 a 8.5 pH

Esta prueba de laboratorio se realizó a través de filtro neutralizante; el cual es considerado como un método eficaz para la corrección del pH en los sistemas de agua potable. Estos filtros están equipados con minerales de calcita, caliza o magnesita que liberan cantidades calculadas de calcio o magnesio en el sistema de agua para garantizar un aumento del pH en los niveles ácidos.

6.3.1.2 Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica del agua, que mide la capacidad de transmitir corriente eléctrica debido a las sales disueltas ($\mu\text{S}/\text{cm}$), se analizó mediante la norma **NTON 03 004-04** (Nicaragua) que establece los requisitos técnicos para la calidad del agua de consumo humano.

Valores típicos de conductividad (25°C):

- ✓ Agua pura/destilada: $<1 \mu\text{S}/\text{cm}$
- ✓ Agua potable: $50\text{-}500 \mu\text{S}/\text{cm}$.
- ✓ Aguas salobres/ligeramente saladas: $>1500 \mu\text{S}/\text{cm}$

La calidad química de estas aguas está íntimamente relacionada con la de las aguas subterráneas, por el hecho de que estas aportan caudal a través de la formación de manantiales y descarga de aguas por medio de fallas y fracturas. Debido a ello, las concentraciones de los diferentes iones en las aguas superficiales son ligeramente más bajas. De igual forma la calidad del agua está determinada por la concentración inicial de las aguas de lluvia y la litología del entorno.

La conductividad eléctrica es de 46 a $107 \mu\text{S}/\text{cm}$, valor por debajo de las normas, pudiéndose observar una baja mineralización de las aguas esto indica la poca residencia del agua en el medio.

6.3.1.3 Clasificación hidro geoquímica del agua superficial

En los sitios muestreados la tipificación de las aguas se relaciona con las características del medio, cuya litología en general determina la composición y concentración iónica del agua. El tipo de agua encontrada en el área es agua: Bicarbonatada - Cloruradas.

A continuación, se detallan los valores aceptables para los parámetros consultados:

a. Cloruros (Cl)

Los cloruros afectan principalmente el sabor del agua y pueden acelerar la corrosión de las tuberías. Según la norma CAPRE aplicada en Nicaragua.

- ✓ **Valor Recomendado:** 25 mg/L.
- ✓ **Valor Máximo Admisible:** 250 mg/L.

b. Bicarbonatos (Alcalinidad)

En las normativas de agua potable, los bicarbonatos se evalúan generalmente a través del parámetro de Alcalinidad Total, ya que son su componente principal
Valor Máximo Admisible: 500 mg/L (expresado como CaCO_3)

Consideraciones:

- ✓ Valores muy altos (>200 mg/L) pueden provocar depósitos o incrustaciones en las tuberías.
- ✓ Valores ideales para evitar corrosión o incrustaciones suelen situarse entre 100 y 200 mg/L.

c. Metales pesados

En Nicaragua, para determinar la cantidad de metales presentes en su ministro de agua potable, se rige principalmente por la **Norma Regional CAPRE** (Comité de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y República

Dominicana), la cual es vigilada y aplicada por el [Ministerio de Salud \(MINSA\)](#) y la [Autoridad Nacional del Agua \(ANA\)](#).

Para que el agua sea considerada apta para el consumo humano, debe cumplir con los siguientes:

Tabla 2 Valores Máximos Admisibles (VMA) para metales pesados y metaloides.

Parámetro	Valor Máximo Admisible (mg/L)	Valor Máximo Admisible (µg/L)
Arsénico	0.01 mg/L	10 µg/L
Plomo	0.01 mg/L	10 µg/L
Cadmio	0.003 mg/L	3 µg/L
Mercurio	0.001 mg/L	1 µg/L
Cobre	2.0 mg/L	2000 µg/L
Cromo	0.05 mg/L	50 µg/L
Níquel	0.02 mg/L	20 µg/L

Fuente: Norma Regional CAPRE (Comité de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana), pág. 50

d. Bacteriología

En Nicaragua, las normas de calidad del agua potable establecen que los valores bacteriológicos deben ser negativos o iguales a cero para los indicadores principales, garantizando que el agua sea apta para el consumo humano.

Las normativas que rigen estos parámetros son la Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense (NTON 03 004) y las Normas Regionales CAPRE (Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana).

e. Límites Bacteriológicos Admisibles

Según la norma regional aplicada por instituciones como el **Ministerio de Salud (MINSAL)** y **ENACAL**, los valores son:

- ✓ **Coliformes Fecales / Escherichia coli:** El valor debe ser Negativo (0 UFC/100 ml) en cualquier tipo de agua de bebida.
- ✓ **Coliformes Totales:** En agua que entra al sistema de distribución: Debe ser Negativo (0 UFC/100 ml).

En la red de distribución: Se permite un Valor Máximo Admisible (VMA) de hasta **4 UFC/100 ml** en muestras puntuales, siempre que no sea detectado en muestras consecutivas.

Bacterias Aerobias Mesófilas: Se evalúan como indicadores de la eficiencia del tratamiento, aunque el enfoque principal de seguridad sanitaria recae en los coliformes.

6.3.2 Procesos de tratamientos para el mejoramiento de agua potable

En Nicaragua, los procesos para el mejoramiento y potabilización del agua se rigen principalmente por la **Norma Regional CAPRE** (Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana), la cual establece los criterios de calidad y los procesos unitarios necesarios para asegurar que el agua sea apta para el consumo humano.

De acuerdo con la normativa y los manuales técnicos vigentes (como la [Norma 066 del MINSAL](#)), los tratamientos se dividen en tres grandes fases:

6.3.2.1 Pre-tratamiento

Consiste en la eliminación de sólidos de gran tamaño y partículas gruesas que podrían dañar los equipos posteriores. Incluye:

- ✓ **Desbaste:** Rejas y tamices para retener materiales voluminosos.
- ✓ **Desarenado:** Eliminación de arenas y sedimentos pesados por gravedad.

6.3.2.2 Tratamiento (Procesos Unitarios)

Esta fase transforma el agua no apta en agua segura mediante una serie de pasos físico-químicos:

- ✓ **Coagulación y Floculación:** Se añaden sustancias químicas (coagulantes) para que las partículas pequeñas se agrupen en "flóculos" más grandes y pesados.
- ✓ **Sedimentación (o Precipitación):** Los flóculos se asientan en el fondo de los tanques por gravedad, separándose del agua clara.
- ✓ **Filtración:** El agua pasa por medios porosos (como arena o carbón activado) para retener las partículas más finas que no sedimentaron.

6.3.2.3 Desinfección

Es el paso final y obligatorio para eliminar microorganismos patógenos (virus y bacterias). La norma CAPRE exige mantener un nivel de **cloro residual libre** de hasta 5 mg/l para garantizar que el agua permanezca segura durante su distribución por las siguientes etapas:

✓ Etapas de Control según CAPRE

La norma también define niveles de vigilancia para asegurar que estos procesos funcionen correctamente:

- ✓ **Etapas 1 (Análisis Básico):** Monitoreo de coliformes, turbiedad, color, olor, sabor, pH, conductividad y cloro residual.

- ✓ **Etapla 2 (Análisis Normal):** Incluye los parámetros básicos más sustancias como aluminio y otros metales.
- ✓ **Etapla 3 (Análisis Avanzado):** Evaluación de plaguicidas, sustancias orgánicas y subproductos de la desinfección.

6.4. Propuesta del sistema de cobertura y continuidad del servicio del agua potable en la comunidad

Para realizar una propuesta de red de distribución para el abastecimiento de agua potable en la comunidad de Tecuanapa, municipio de Ciudad Darío, departamento de Matagalpa; procedimos a encontrar y analizar los parámetros topográficos existente en la zona de estudio. Por consiguiente, procedimos a la obtención de la altiplanimetría del terreno, con apoyo del programa Qgis 4.0 4.0 + datos satelitales. De igual forma, se procedió a la utilización del software Epanet con la finalidad de proponer la red de distribución de agua potable por medio de bombeo.

6.5. Estudios preliminares

6.5.1. Análisis de censo

Se censaron un total de cincuenta y tres viviendas en la comunidad de Tecuanapa. Habiendo así, un total de 133 y 110 habitantes, respectivamente.

Posteriormente a este estudio se procedió a la realización de la obtención de parámetros necesarios para el diseño de la red de distribución de agua potable mediante bombeo.

6.5.2. Información recopilada

Para la realización del trabajo monográfico sobre Diseño y Presupuesto de Obras para la Construcción de la red de agua potable y cambio del sistema de bombeo de agua de la fuente del pozo Comunitario de Tecuanapa, Ciudad Darío, realizó la primera etapa que consistió en la obtención de la información, la cual es la siguiente:

- Recopilación bibliográfica.

- Exploración en INTERNET.
- Visita a instituciones públicas con información oficial (INETER, alcaldía de Ciudad Darío, INIDE, MINSA, MARENA).
- Solicitud de datos, obtenidos de la alcaldía municipal de Ciudad Darío y ENACAL para la caracterización de factores sociales, económicos y ambientales del municipio.

La información recopilada ha sido procesada y analizada, en esta se investigaron temas relacionados con la geología, litología, hidrología, hidrogeología, hidráulica, topografía, y otros factores como: Datos para el diseño, construcción del pozo, e instalaciones de equipo de bombeo. Esta primera fase de la metodología consistió en recopilar información documental que, se logró obtener en el campo para su revisión, selección e interpretación, esto se llevó a cabo en diferentes instituciones privadas y públicas, así como también consulta a especialista en la materia.

6.6. Presupuesto de obras para la construcción de la red de Agua Potable

El presente presupuesto de obras constituyó una estimación técnica–económica detallada de los recursos requeridos para la ejecución del proyecto denominado *“Diseño y presupuesto para la construcción de la red de agua potable y cambio del sistema de bombeo de agua de la fuente del pozo comunitario de Tecuanapa, Ciudad Darío”*. El presupuesto fue elaborado conforme a criterios técnicos de ingeniería, considerando las especificaciones del diseño, las condiciones propias del sitio del proyecto, así como los rendimientos y costos vigentes en el contexto local.

El presupuesto se estructuró por etapas y actividades, desglosando cada partida en términos de unidad de medida, cantidades de obra, costos unitarios y costos totales, lo que permitió una evaluación ordenada, clara y cuantificable de la inversión requerida. Se incluyeron componentes fundamentales como el suministro e instalación de equipo sumergible, accesorios eléctricos y el sistema eléctrico en caseta, los cuales resultaron esenciales para garantizar la operatividad y eficiencia del sistema de abastecimiento de agua potable.

Para la determinación de los costos unitarios, se realizaron análisis de precios que integraron materiales, mano de obra, equipos, herramientas y costos indirectos asociados, asegurando que los valores reflejaran condiciones reales de mercado. Asimismo, se aplicaron criterios de eficiencia técnica y constructiva, orientados a optimizar el uso de los recursos disponibles sin comprometer la calidad ni la funcionalidad del proyecto.

El presupuesto elaborado constituyó una base fundamental para la planificación financiera del proyecto, así como un instrumento técnico para el control y seguimiento durante la ejecución de las obras, permitiendo verificar el cumplimiento de las metas físicas y económicas establecidas. En este sentido, se consolidó como un componente esencial dentro del proceso de formulación, evaluación y viabilidad del proyecto de ingeniería.

7. RESULTADOS

7. 1. Estudio topográfico

7.1.1. Procedimiento para la obtención de los datos:

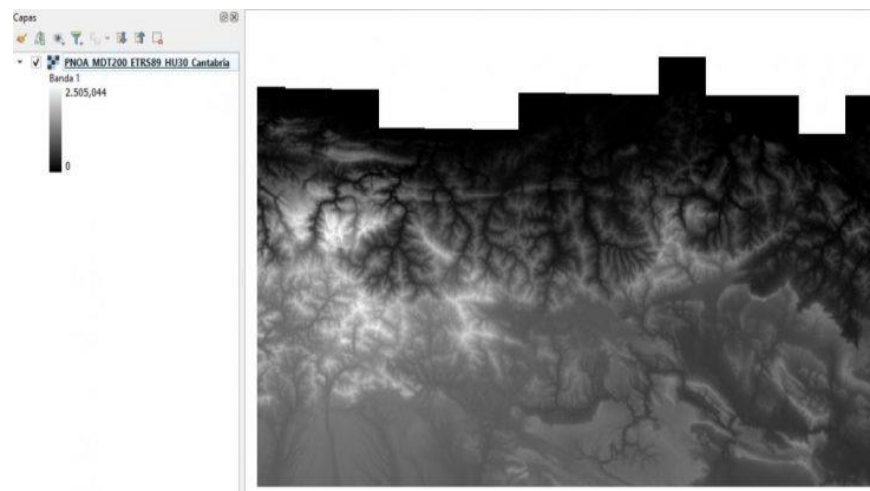
a. **Se descarga la capa ráster**, que presente datos geográficos de la zona de estudio.

b. **Se importa la capa ráster a Qgis 4.0:**

Las curvas de nivel se pueden obtener a través de un Modelo Digital del Terreno (MDT). En este caso, el MDT que se va a utilizar es del municipio de Ciudad Darío, del departamento de Matagalpa con un tamaño de pixel de 200 metros (CNIG). Una vez tenemos descargado el archivo ráster, deberemos importarlo a QGIS 4.0 desde Capa > Añadir capa > Añadir capa ráster o bien desde el Administrador de Fuentes de Datos > Ráster.

De esta forma se cargará en el panel de capas y se visualizará en el canvas. Importante saber el SRC de la capa para configurar el proyecto con el mismo sistema. En este caso es ETRS89 EPSG:25830.

Figura 16. Imagen de Ráster generado en Qgis 4.0



Fuente: Qgis 4.0

c. **Recortar ráster**

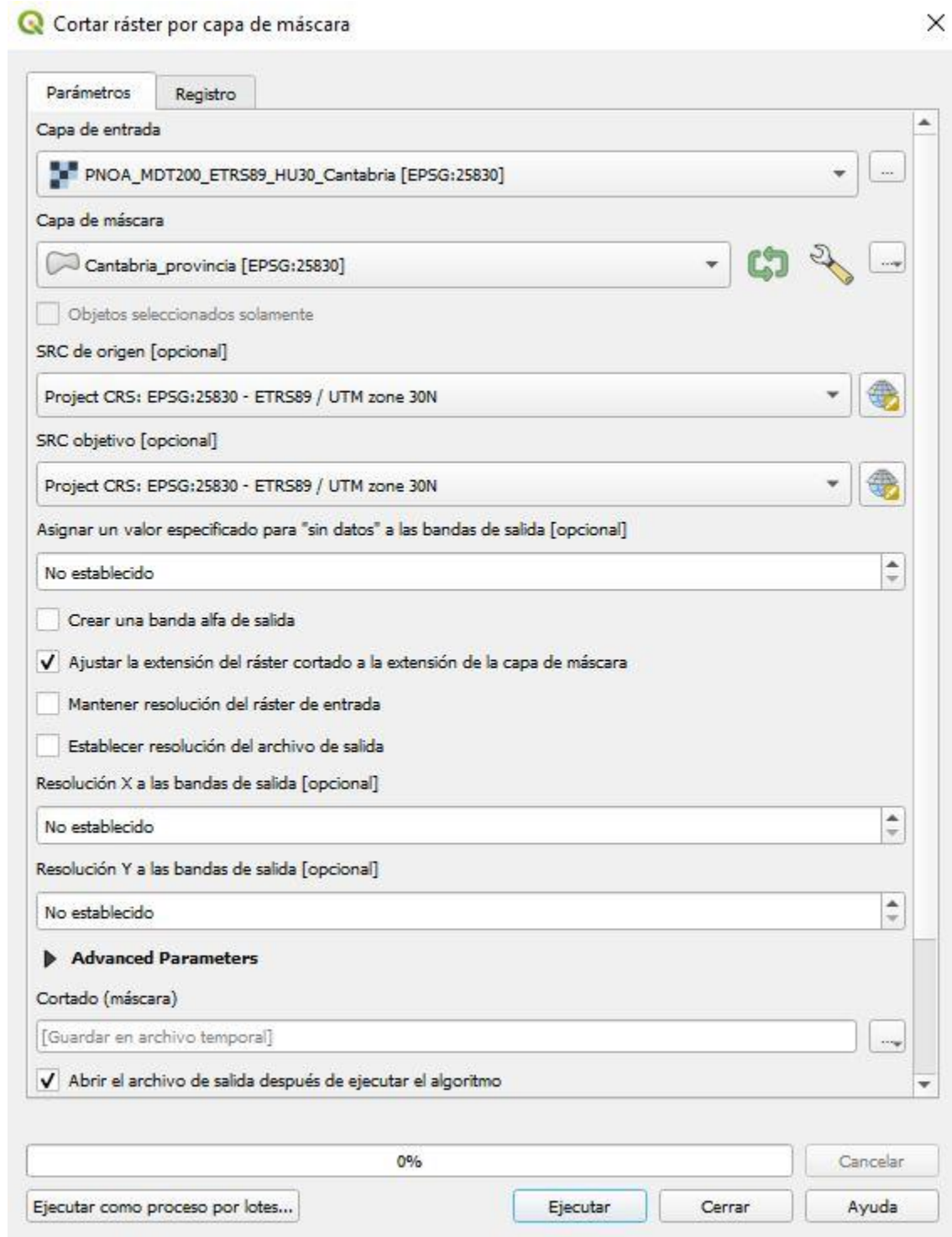
Como se desea las curvas de nivel de la comunidad Tecuanapa, municipio de Ciudad Darío, lo siguiente que se debe hacer es recortar el ráster para adaptarlo a nuestra zona de estudio. Este ráster tiene una extensión muy grande, y calcular las curvas de nivel de toda su superficie sería un cálculo muy costoso, así como un archivo resultante muy pesado.

Por ello, existe una herramienta en QGIS 4.0 que permite cortar el ráster por extensión del canvas o por capa de máscara. Esta la podemos encontrar en la Caja de herramientas de procesos dentro de la librería GDAL.

En este caso, ya disponemos de una capa del municipio de Ciudad Darío. Así que abriremos la herramienta Cortar ráster por capa de máscara. Los parámetros a introducir son los siguientes:

- Capa de entrada: El MDT de 200 m de Tecuanapa descargado.
- Capa de máscara: La capa poligonal del municipio de Ciudad Darío.
- SRC de Origen y de destino: el SRC que tengan las capas. En este caso EPSG: 25830 ETRS89 / UTM zone 16N.

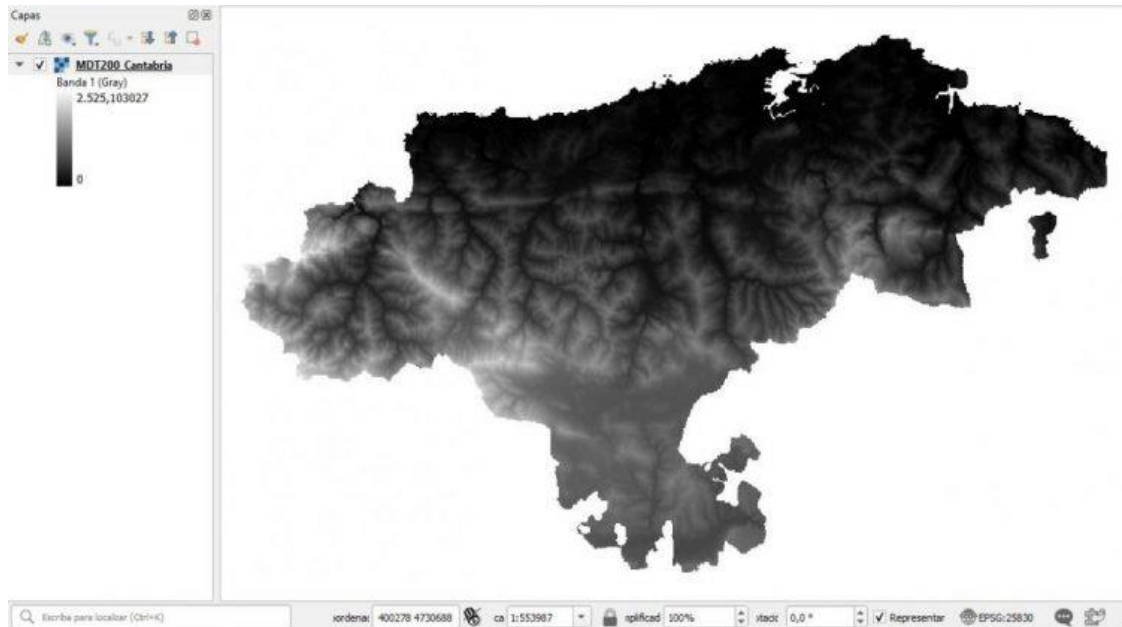
Figura 17. Ráster por capa de máscara



Fuente: Qgis 4.0

Cortado (máscara): o bien se guarda como archivo temporal o se le asigna una ruta y un nombre al archivo de salida.

Figura 18. Cortado de mascara de la superficie



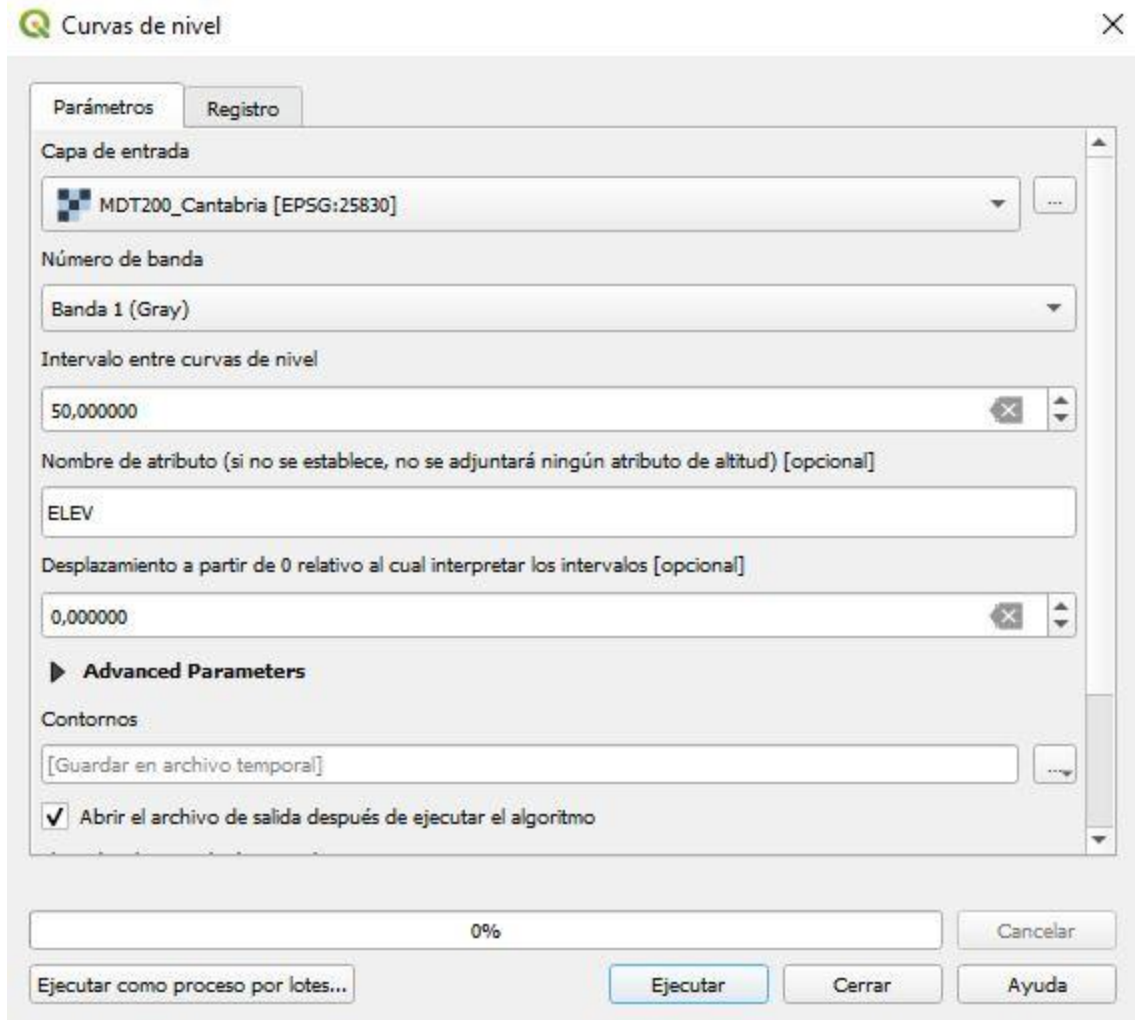
Fuente: Qgis 4.0

d. Generar curvas de nivel con Qgis 4.0

Con este archivo ráster recortado ya podremos generar las curvas de nivel de Cantabria. Para eso debemos ir al menú Ráster > Extracción > Curvas de nivel. La configuración de la herramienta es la siguiente:

- ✓ Capa de entrada: El MDT de 200 m recortado para Ciudad Darío.
- ✓ Intervalo entre curvas de nivel: En este caso, vamos a generar las curvas de nivel cada 50 metros. Tener en cuenta que este valor dependerá de la configuración de las unidades de medidas del proyecto. Pero por norma general suele ser en metros.
- ✓ Contornos: o bien se guarda como archivo temporal o se le asigna una ruta y un nombre al archivo de salida.

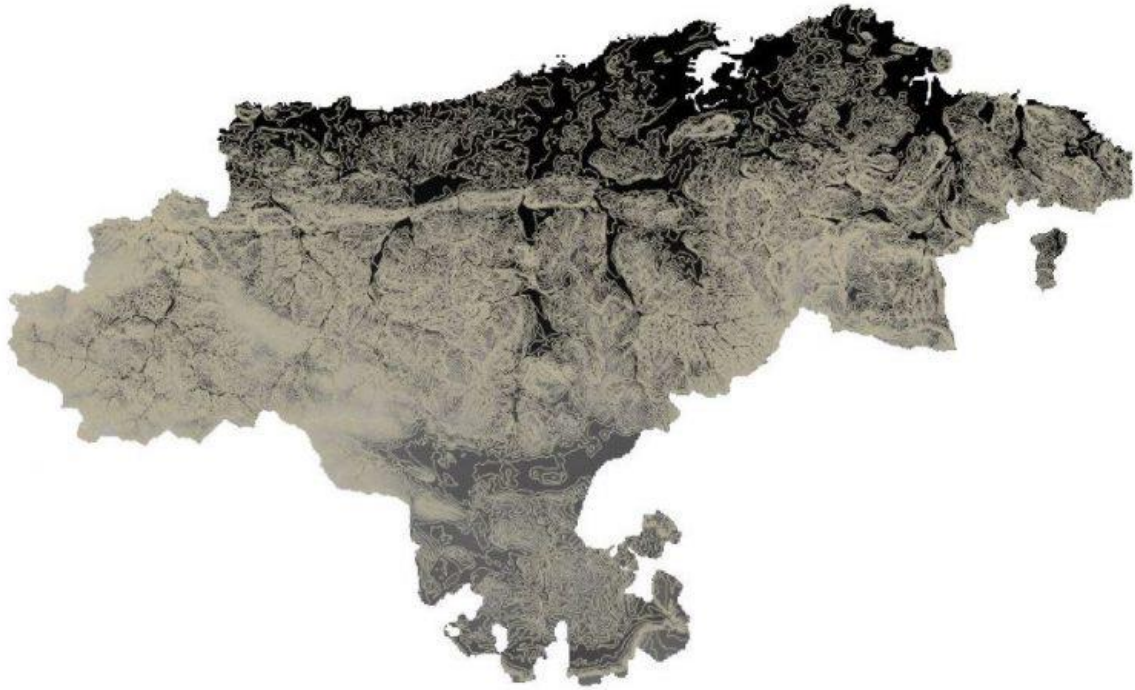
Figura 19. Configuración de curvas de nivel.



Fuente: Qgis 4.0

Una vez seleccionados los parámetros que queremos (archivo de entrada, archivo de salida y distancia entre las líneas), obtendremos el archivo vectorial mostrado a continuación.

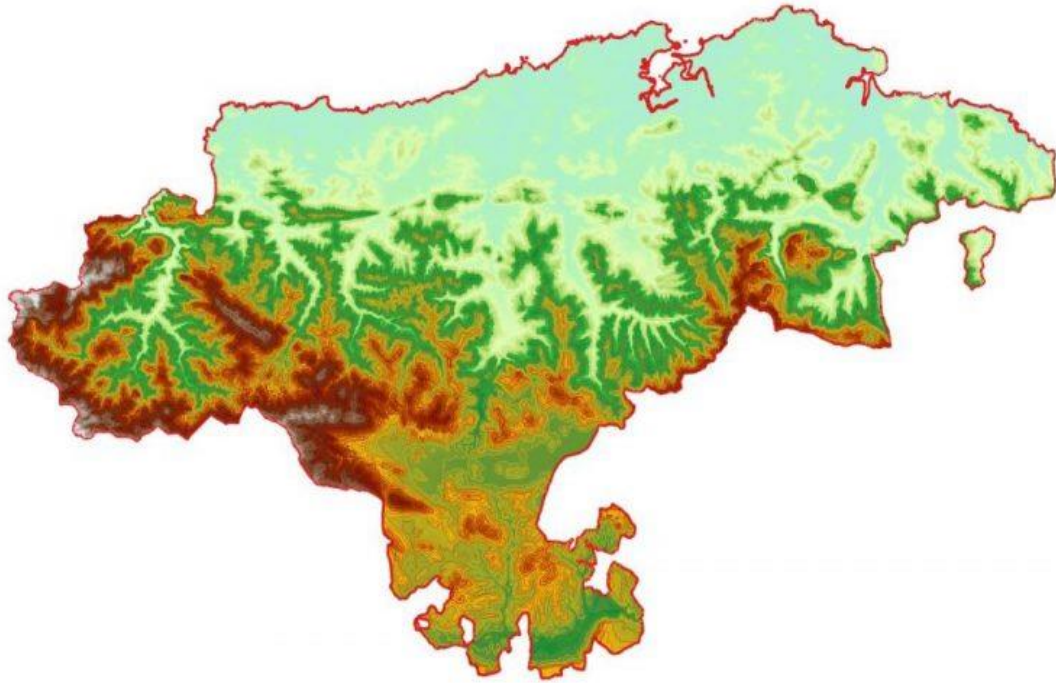
Figura 20. Archivo vectorial de la superficie



Fuente: Qgis 4.0

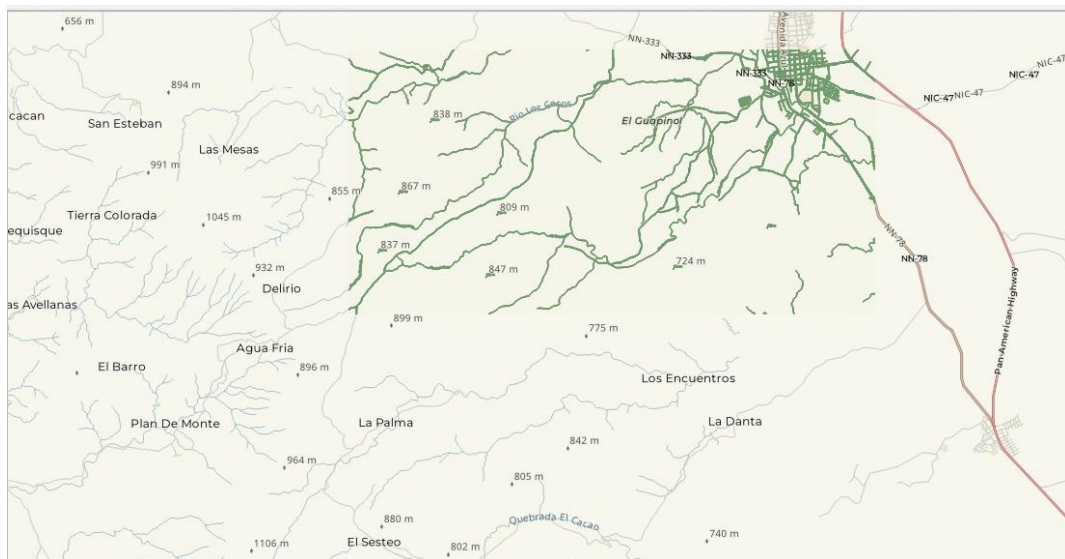
Ahora podremos clasificarlas según el campo valor, filtrarlas, etc. Para ello, desde el botón derecho sobre la capa > Propiedades > Simbología > Graduado.

Figura 21. Obtención de elevaciones con graduación de colores



Fuente: Qgis 4.0

Figura 22. Obtención de elevaciones



Fuente: Qgis 4.0

Figura 23. Obtención de curvas de nivel



Fuente: Qgis 4.0

El resultado de las curvas de nivel oscila en elevación de 600msnm – 800msnm, siendo un terreno montañoso.

7.2. Resultados del análisis de calidad de agua existente en el pozo

El presente estudio aborda la fuente a utilizarse; donde se ha analizado el pozo existente y el acuífero que alimenta dicho pozo mediante un estudio de prueba de bombeo. Dónde se obtuvieron los siguientes datos:

- ✓ El pozo se vuelve ineficiente a partir de los 40gpm.
- ✓ El caudal crítico ronda los 53gpm. Valores mayores a este valor tienden a desbalancear el aporte dado por el acuífero al pozo.
- ✓ El caudal máximo de operación es de 53gpm.
- ✓ Existen cuerpos extraños en el interior del pozo debido a daños en los componentes de la bomba existente.

- ✓ Con la inspección con cámara en el interior del pozo se ha determinado altos índices de sólidos suspendidos acumulados.
- ✓ Se recomienda realizar limpieza y desarrollo del pozo antes de realizar el cambio del equipamiento de este.
- ✓ Monitorear los niveles y caudales bombeados.

7.3. Resultados de calidad físico química

En el análisis el pH es de 4.61 a 4.19 NTU, clasificándola como agua acida, característica de las aguas superficiales, este tipo de agua es característico en sitios con bajos procesos de aireación. Sin embargo, esto no es una limitante para el abastecimiento de agua se puede tratar.

7.3.1. Conductividad eléctrica

La Conductividad Eléctrica es de 46 a 107 $\mu\text{S}/\text{cm}$, valor por debajo de las normas, pudiéndose observar una baja mineralización de las aguas esto indica la poca residencia del agua en el medio.

7.3.2. Clasificación hidro geoquímica del agua superficial

Estos resultados indican que existe predominio del anión cloruro (Cl) con un valor que oscila de 6.53 a 6.50 mg/l. Las aguas cloruradas encontradas en los sitios presentan predominio del anión cloruro y los cationes predominantes suelen ser el sodio con 4.24 a 5.62 mg/l, el calcio con 1.20 – 8.20 mg/l, seguido del potasio con 0.63 a 1,02 mg/l en este caso el agua de lluvia puede ser una fuente importante de ión cloruro, dado que el sitio se localiza en zonas de recarga, así mismo están influidas fuertemente en las propiedades de los iones como sodio, magnesio, bicarbonato, como se aprecia en los resultados el ion cloruro suele estar acompañado de sodio en proporción semejante. La composición de este tipo de agua en gran medida depende de la ocurrencia de fallas y fracturas que facilitan su ascenso a la superficie.

7.3.2.1. Metales pesados

Se realizó análisis de Arsénico total, Cianuro y Mercurio dada las características geológicas del área, sin embargo, los resultados son satisfactorios, estos se encuentran menor al límite de detección.

7.3.2.2. Bacteriología

Se realizó análisis bacteriológico a sitios propuesto para abastecimiento (agua) donde se muestra la presencia de coliformes fecales, según CAPRE el valor recomendado para agua potable debe ser negativo. Sin embargo, los resultados indican presencia de coliformes fecales, coliformes totales y Escherichia Coli.

Considerando que esta fuente de agua es puntual y no tienen las medidas de protección adecuada se asume que la contaminación bacteriológica se debe al manejo y protección de las fuentes. Esta no es una condicionante para abastecimiento de agua, dado que este tipo de contaminación se puede solucionar con tratamientos al agua (clorinador).

7.3.3. Procesos de tratamientos para el mejoramiento de agua potable

7.3.3.1. Dosificador de cal

En base a lo indicado en los análisis de calidad de agua es necesario corregir el PH, ya que el PH resulto bajo (4.61 y 4.19). Para corregir el ph y llevarlo a lo indicado en las normas CAPRE (6.5 a 8.5 ph) se propondrá utilizar un dosificador de lechada de cal para elevar el PH.

La preparación de la lechada de cal se realizará en un tanque donde la cal viva se mezcla con el agua por medio de agitadores. Una vez diluida la mezcla, trasladar la mezcla a un taque dosificador de carga constante provisto de agitadores para mantener la cal permanentemente en suspensión.

El dosificador se instalará en la loza superior del tanque de almacenamiento no.1. La lechada de cal se prepara en una concentración del 5%.

La dosis de cal hidratada para elevar el PH a 7.5 surge de la siguiente ecuación, que tiene como incógnita adicional la alcalinidad final.

$$\Delta \text{Alc (mg/l CaCO}_3\text{)} = \text{Dosis de alcalinizante (mg/l)} * \frac{\text{P.E. CaCO}_3}{\text{P.E. Alcalinizante}}$$

Si se aplica Cal hidratada ($\text{Ca} \cdot \text{OH}$)₂ como alcalinizante:

P.M. $\text{Ca}(\text{OH})_2 = 74 \text{ g/mol}$

P.E. $\text{Ca}(\text{OH})_2 = 37 \text{ g/eq}$

Usar lechada de cal al 5% de concentración. Dosis de cal igual 1.24 mg/l de CaCO_3 .

7.3.3.2. Configuración de la Línea de Conducción

Se propone la construcción de cuatro líneas de conducción, estas líneas de conducción funcionaran por gravedad (aducción), las líneas propuestas consisten en:

- Línea de Conducción No.1: una línea de conducción por gravedad de 1,532.69 m de tuberías PVC-SDR-26 de 75 mm. hasta caja recolectora del caudal de las tres fuentes a utilizar, esta pila estará ubicada en el PI-199 (Ver figura No.7).
- Línea de Conducción No.2: Consiste una línea de conducción por gravedad de 224.72 m de tuberías PVC-SDR-26 de 75 mm. Que va desde la obra de captación en la fuente no.2 hasta caja recolectora del caudal de las tres fuentes a utilizar, esta pila estará ubicada en el PI-199 (Ver figura No.7).
- Línea de Conducción No.3: Consiste una línea de conducción por gravedad de 289.13 m de tuberías PVC-SDR-26 de 50 mm. Que va desde la obra de captación en la fuente no.3 hasta caja recolectora del caudal de las tres fuentes a utilizar, esta pila estará ubicada en el PI-199 (Ver figura No.7).
- Línea de Conducción No.4: Consiste una línea de conducción por gravedad de 7,841.89 m de tuberías PVC-SDR-26 que tendrá diámetros de 100 y 150 mm. El segmento de diámetro de 100mm inicia desde la caja recolectora hasta la pila rompe presión no.4 (PI-264) y el segmento de diámetro de

150m inicia desde la pila rompe presión no.4 (PI-264) hasta los tanques de almacenamiento en el PI-387. **(Ver figura 24)**

Fue necesaria la utilización de 5 pilas rompe presión, para mantener las presiones dinámicas y estáticas por debajo de 70 m.c.a. en las siguientes tablas se indican los cruces que serán necesarios construir en las líneas de conducciones.

Tabla 3 Cruces por debajo de lecho

CRUCES POR DEBAJO DE LECHO			
Cant	Ubicación (PI)	Ø	Longitud(m)
1	150-152	3"	13
1	173-175	3"	22
1	183-185	3 "	10.2
1	187-189	3 "	50
1	223-225	6"	95
1	226-228	6"	95
1	239-241	6"	40
1	264-(265-266)	6"	90
1	280-282	6"	16.3
1	301-303	6"	37
1	314-316	6"	57
1	334-336	6"	28
1	338-340	6"	31
1	347-349	6"	36
1	358-360	6"	10
1	376-378	6"	28
1	379-381	6"	29
1	383-385	6"	33

Fuente: Norma Regional CAPRE (Comité de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana), pág. 59

Tabla 4 Cruces aéreos

CRUCES AEREOS			
Cant	Ubicación (PI)	Ø	Longitud(m)
1	(168-169)-170	3"	27.50
1	195-197	3 "	38.50
1	254-256	6 "	45
1	2118-2117	6"	42
1	289-291	6"	30
1	296-299	6"	50
1	325-327	6"	50
1	328-330	6"	9
1	343-345	6"	23
1	362-364	6"	33

Fuente: Norma Regional CAPRE (Comité de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana), pág. 59

7.4. Tanque de Almacenamiento

De acuerdo a las proyecciones de consumo al final del período de diseño (2014-2034) el volumen necesario para satisfacer la cantidad de almacenamiento resulto de 191 m³. Se propone utilizar dos (2) tanques típicos FISE-COSUDE de 100m³ cada uno, los dos tanques de 100m³ serán construidos con la misma elevación de cimentación y serán conectados en serie, para que funcionen como vasos comunicantes para que los niveles de agua sean iguales en ambos tanques de almacenamiento.

7.4.1. Sistema de Desinfección

Para la desinfección del sistema de abastecimiento de la comunidad de Tecuanapa, municipio de Ciudad Darío, departamento de Matagalpa, se propuso la utilización de un hipoclorador de carga constante, el cual se instalará sobre la salida del sistema de tratamiento, con el objetivo de dosificar el cloro al agua que abastecerá a la población, las actividades de revisión de este sistema de exponen a continuación:

- ✓ Controlar la válvula plástica de pase, para mantener una dosificación adecuada o constante del hipoclorador.

- ✓ Verificar que no falte la solución de cloro en el recipiente del hipoclorador.
- ✓ Manipular adecuadamente la válvula de medición del inyector hidráulico para controlar el flujo.
- ✓ Medir el cloro residual libre para verificar la dosificación.

La Cantidad de Cloro a utilizar se presenta en las Tabla 5.

Tabla 5. Población y Consumo Máximo Día

Población	Caudal Máximo Día	
	l/s	l/min.
2,747	5.77	346.14
3,108	6.53	391.62
3,516	7.39	443.14
3,978	8.36	501.36
4,501	9.45	567.25

Fuente: Norma Regional CAPRE (Comité de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana), pág. 61

Tabla 6. Cantidad de Cloro a Utilizar

Año	Cantidad de solución a preparar		Cantidad de	Duración de	Cantidad de cloro a usar en el sistema		Bolsas por año (80kg/bolsa)
	l/min	l/d	clor a usar (kg)	la mezcla (días)	Kg/mes	Kg/año	
2014	0.069	99.69	2.97	2.09	43	512.68	6.4
2019	0.078	112.79	2.97	1.84	48	580.05	7.3
2024	0.089	127.62	2.97	1.63	55	656.35	8.2
2029	0.100	144.39	2.97	1.44	62	742.58	9.3
2034	0.113	163.37	2.97	1.27	70	840.18	10.5

Fuente: Norma Regional CAPRE (Comité de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana), pág. 62

Determinando la cantidad de solución se tiene:

La cantidad de cloro a ser utilizada en peso (kg), para obtener una solución al 1% e hipoclorito de calcio al 70% de peso disponible; se:

- Volumen de almacenamiento de solución propuesta (l) = 208.00
- Porcentaje en peso de cloro activo = 70.00%
- Concentración de cloro activo en solución = 1.00% = 10
- Cloro residual deseado en la red (mg/l) = 2.00

Peso de hipoclorito de calcio a utilizar por día (kg):

$$(208.00)(0.01)/(0.70)=2.97$$

7.6. Variable para la red de distribución

7.6.1. Período de Diseño

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

- ✓ Determinar que períodos de estos componentes del Sistema, deberán satisfacer las demandas futuras de la comunidad.
- ✓ Qué elementos del sistema deben diseñarse por etapas.
- ✓ Cuáles serán las previsiones que deben de considerarse para incorporar los nuevos elementos al sistema.

A continuación, se indican los períodos de diseños económicos de los elementos componentes de un sistema de abastecimiento de agua potable.

Tabla 7. Periodo de diseño en función de los tipos de componentes.

Tipos de Componentes	Período de diseño
Pozos perforados	15 años
Líneas de Conducción	15 años
Tanque de almacenamiento	20 años
Red de distribución	15 años

Fuente: Organización Panamericana de la Salud (OPS). *Guías para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable*. Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA). *Normativas técnicas del sector agua potable y saneamiento*.

No obstante, para este proyecto se estableció un período de diseño de 20 años. Por tanto, se debe diseñar el sistema para un período de 20 años, de tal manera

que el tiempo de explotación no sea menor de 20 años y atienda las necesidades de los usuarios. Este lapso de tiempo es razonablemente funcional y en el intervendrán una serie de variables que deben ser evaluadas para lograr un proyecto económicamente aconsejable, con el propósito de no sobreexplotar el sistema.

7.7. Criterios técnicos de diseño

Para la evaluación del sistema de abastecimiento de agua potable de la comunidad, se adoptará criterios de diseño, de acuerdo con el cumplimiento de las normas técnicas: Diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural NTON 09 007-19 INAA.

7.7.1 Población de Diseño

Para el cálculo de las poblaciones futuras se usará el método geométrico expresado por la fórmula siguiente:

$$P_n = P_o (1+r)^n \qquad P_{2046} = 105 \text{ habitantes } (1+1.01\%)^{20}$$

$$P_{2043} = 128 \text{ habitantes}$$

Dónde:

P_n = Población del año "n"

P_o = Población al inicio del período de diseño = 105 habitantes

r = tasa de crecimiento poblacional según INIDE 1.01%

La población actual, corresponde a una población de **105 habitantes**; al culminar el período de diseño de 20 años, la población servida, será de **128 habitantes**.

El período de diseño se definirá en base a la capacidad de la fuente de abastecimiento suficiente para atender la demanda de la población que, se estima se alcanzará en un período de **20 años**, comprendiendo el período 2025-2046.

Esto se hará, tomando en cuenta los elementos del sistema, porque también, es el período de tiempo en el que estos componentes han de servir a la comunidad, antes de abandonarlos o ampliarlos, por resultar ya inadecuados.

La cobertura será del 100 % de la población total será servida mediante conexiones domiciliarias, durante todo el período de diseño.

7.8. Variaciones de consumo

A continuación, se muestran los resultados obtenidos para la comunidad de Tecuanapa tomando en cuanto a las variaciones de consumo que habrá en cada sistema.

Ejemplo de cálculo para Tecuanapa $CPD = 68.40 \text{ lppd} * 128 \text{ personas}$

$$CPD = 8755.2 \text{ l/d}$$

$$CMH = 2.5 * CMD + \text{Pérdidas } CMH = 2.5 (8755.2 \text{ l/d}) + 2,793.63 \text{ l/d}$$

$$CMH = 24,681.63 \text{ l/d}$$

7.8.1. Fuentes de abastecimiento

Las fuentes superficiales de la localidad, son insuficientes para suplir la demanda de la población, sobre todo, en época de verano, como solución, se decidió utilizar dos pozos, que actualmente, se encuentran dispuestos para el consumo de las comunidades. Estos se ubican dentro de cada comunidad y fueron construidos por el Fondo de Inversión Social de Emergencia (FISE) en coordinación con la Alcaldía de Ciudad Darío. Al resultar una alternativa económica contar con esta construcción, se verificó si el agua de éstos es apta para ser distribuida a la población y que no existen más opciones a considerar.

7.8.2. Diseño de la red de abastecimiento

7.8.2.1. Cálculo de diámetros teóricos de la red

En la red de distribución de ambas comunidades, el diámetro calculado no existe en el mercado, se utilizará el diámetro comercial más cercano, correspondiente a 2”.

Tabla 8. Diámetros nominales en la comunidad Tecuanapa

Tramo	Etiqueta de tubería	Longitud	Caudal LPS	Diámetro Nominal	
				Mm	Pulg
Tanque - N1	T1	21.74	0.72	50	2
N1 - N9	P8	117.4	0.02	50	2
N1 - N8	P7	153.1	0.66	50	2
N8 - N10	P9	288.1	0.04	50	2
N7 - N8	P6	93.71	0.54	50	2
N7 - N11	P10	93.71	0.10	50	2
N5 - N7	P5	109.9	0.40	50	2
N11 - N12	P11	135.9	0.02	50	2
N11 - N13	P12	163.4	0.02	50	2
N5 - N6	P4	149.1	0.02	50	2
N3 - N5	P3	318.7	0.30	50	2
N3 - N14	P13	194.3	0.03	50	2
N3 - N4	P2	673.7	0.10	50	2

Fuente: Elaboración propia

7.8.2.2. Cálculo de demanda en los nodos

Tabla 9. Demanda de nodos comunidad Tecuanapa

Nodo	Longitud equivalente (m)	Demanda (l/s)
N1	156.99	0.04
N3	593.35	0.17
N4	336.85	0.10
N5	288.85	0.08
N6	74.55	0.02
N7	148.66	0.04
N8	267.455	0.08
N9	58.7	0.02
N10	144.05	0.04
N11	196.505	0.06
N12	67.95	0.02
N13	81.7	0.02
N14	97.15	0.03

Fuente: Elaboración propia

7.8.3. Dimensionamiento del tanque de almacenamiento

Volumen compensador = 15% CPD Volumen compensador = 15% (13,968.13 litro* día

Volumen compensador = 2,095.22 litros

Volumen de reserva = 20% CPD

Volumen de reserva = 20% (13,968.13 litros* día)

Volumen de reserva = 2,793.63 litros

Volumen de almacenamiento = Vol. compensador+Vol. de reserva

Volumen de almacenamiento = 2,095.22 l +2,793.63 l

Volumen de almacenamiento =4,888.85 l

Volumen de almacenamiento = 4.89 m³

7.8.4. Cálculo de diámetro de tanque de almacenamiento

$$3 D = \sqrt[4]{4 (4.89\text{m}^3)} \pi D = 1.84 \text{ m}$$

$$D = 1.84 \text{ m},$$

entonces altura útil = 1.84 m

Altura tanque = 1.84 m + 0.20 m (para sedimentos) + 0.50m (para borde libre)

$$\text{Altura tanque} = 2.54 \text{ m}$$

7.8.5. Análisis hidráulico en EPANET

Las tablas que se muestran a continuación, corresponden a resultados obtenidos a través del programa EPANET, el cual fue utilizado para el análisis hidráulico de los sistemas de ambas comunidades. En las tablas 10 y 11, se muestran la elevación, demanda y presión en cada

Tabla 10. Resultados para nodos red de distribución comunidad Tecuanapa

Node ID	Elevation m	Demand LPS	Head m	Pressure m
Junc n1	212.354	0.04	214.00	1.65
Junc n3	182.543	0.17	212.26	29.72
Junc n4	180.77	0.10	212.20	31.43
Junc n5	183.342	0.08	212.55	29.20
Junc n6	200.707	0.02	212.54	11.84
Junc n7	184.416	0.04	212.77	28.36
Junc n8	187.894	0.08	213.15	25.25
Junc n9	209.615	0.02	214.00	4.39
Junc n10	200.889	0.04	213.14	12.25
Junc n11	188.87	0.06	212.75	23.88
Junc n12	182.399	0.02	212.75	30.35
Junc n13	187.697	0.02	212.75	25.05
Junc n14	184	0.03	212.26	28.26
Tank DEP1	213.76	-0.72	214.76	1.00

Fuente: Elaboración propia

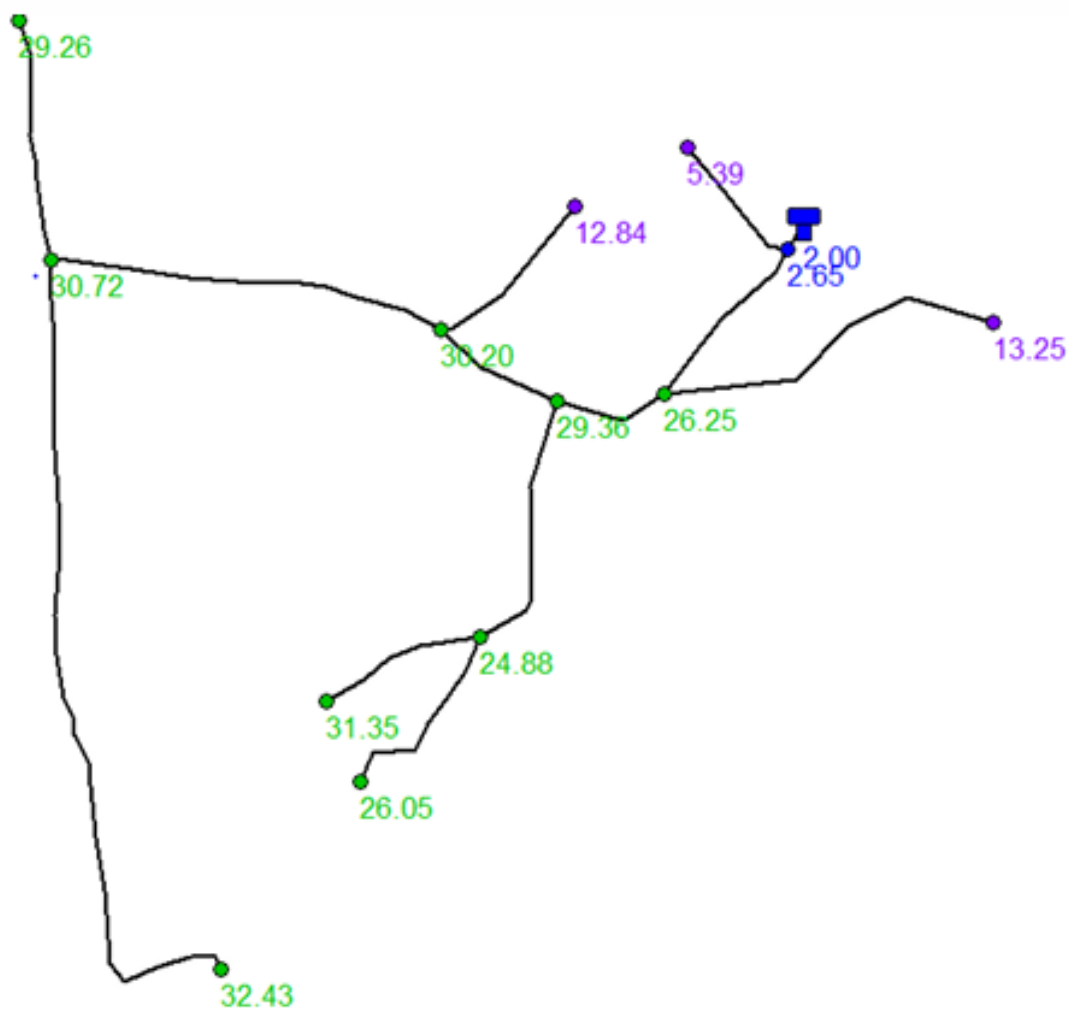
Tabla 11. Resultados para tuberías red de distribución Tecuanapa

Link ID	Flow LPS	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Friction Factor
Pipe p2	0.10	0.05	0.10	0.038
Pipe p3	-0.30	0.15	0.88	0.037
Pipe p4	0.02	0.01	0.01	0.057
Pipe p5	-0.40	0.20	2.06	0.049
Pipe p6	-0.54	0.28	3.98	0.052
Pipe p7	-0.66	0.34	5.61	0.049
Pipe p8	0.02	0.01	0.01	0.061
Pipe p9	0.04	0.02	0.02	0.050
Pipe p10	0.10	0.05	0.12	0.047
Pipe p11	0.02	0.01	0.01	0.058
Pipe p12	0.02	0.01	0.01	0.056
Pipe p13	-0.03	0.02	0.01	0.051
Pipe T1	0.72	0.37	34.78	0.254

Fuente: Elaboración propia

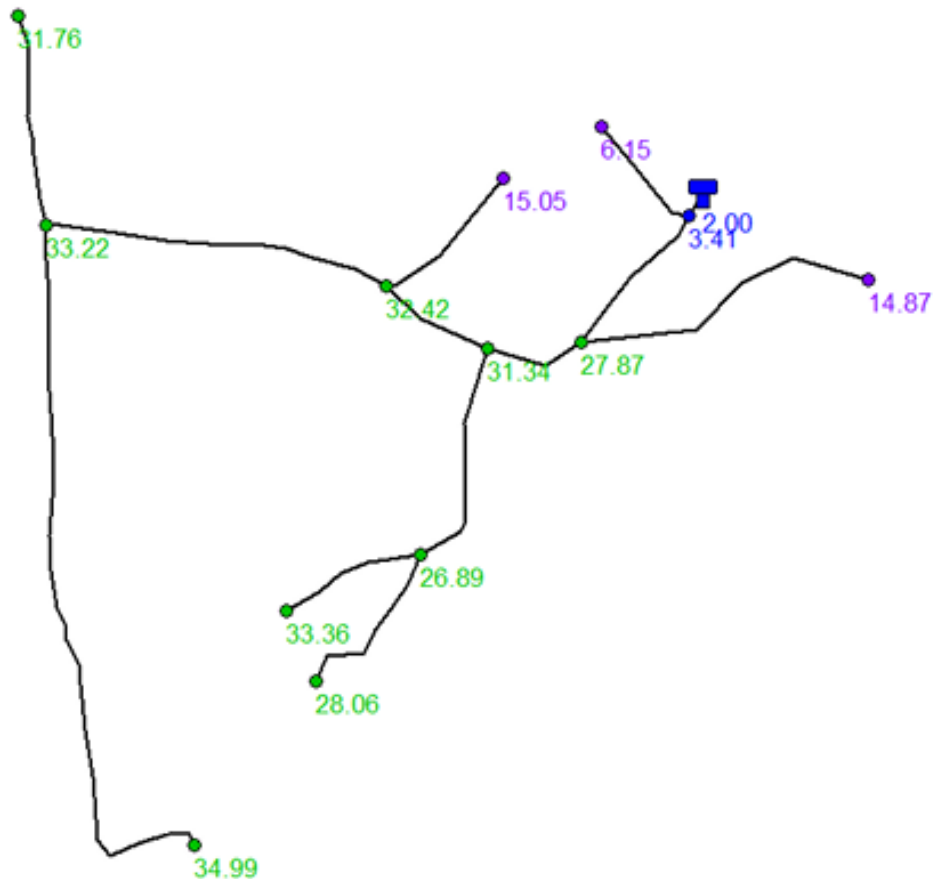
Como parte del análisis hidráulico, la figura 24, corresponde a la simulación de la red de distribución para la comunidad Tecuanapa, realizado a través del programa EPANET con el caudal de diseño, siendo la mayor presión de 32.43 m.c.a.

Figura 24. Presiones en nodos de red de comunidad Tecuanapa con caudal de diseño



Fuente: Elaboración propia, Epanet

Figura 25. Presiones en nodos de red de comunidad Tecuanapa, sin caudal.



Fuente: Elaboración propia

La figura 25, corresponde a la simulación de la red de distribución de comunidad Tecuanapa, pero sin caudal, con lo cual podemos verificar que, por la noche, cuando no hay prácticamente consumo, las presiones no sobrepasarán la máxima permitida por la cédula de la tubería, la cual es de 112 m.c.a.

Cálculo de la línea de impulsión 5.6.1.

7.8.6. Cálculo del diámetro de tubería - Ejemplo de cálculo para Tecuanapa

Utilizando la ecuación 8, fórmula de Breese:

$$D=1.5 (0.00027m^3)$$

$$D =0.023 \text{ m} =0.915 \text{ pulg}$$

Utilizando la fórmula de la velocidad económica:

$$D = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V}} \quad \text{Donde: } Q: \text{Caudal de diseño (m}^3/\text{s)}$$

$$D = 0.015 \text{ m} = 0.601 \text{ pulg}$$

$$V: 1 \text{ m/s}$$

Con la aplicación de las diferentes fórmulas se determinó que el diámetro a utilizar para la línea de impulsión deber ser de 2 pulgadas, el cual es el diámetro mínimo, permitido por las normas.

7.8.7. Cálculo de la carga total dinámica

Datos generales: Comunidad: Tecuanapa

$$\text{Horas de Bombeo} = 16 \text{ h}$$

$$\text{Caudal de bombeo} = 0.00027 \text{ m}^3/\text{s} = 3.849 \text{ gpm}$$

$$\text{Long. Línea de impulsión} = 340.25 \text{ m}$$

$$\text{Diámetro de línea de impulsión} = 2 \text{ in}$$

$$\text{Nivel de terreno del pozo (NTP)} = 183.10 \text{ m}$$

$$\text{Nivel estático del agua (NEA)} = 164.6 \text{ m}$$

$$\text{Nivel de rebajamiento} = 158.20 \text{ m}$$

$$\text{Variación estacionaria} = 159.6 \text{ m}$$

$$\text{Nivel de rebose del tanque (Hmáx)} = 215.26 \text{ m}$$

$$\text{Hmín} = 153.20 \text{ m}$$

7.8.8. Pérdida en columna de bombeo:

$$\text{Hfcol.bom} = 29.90 \text{ m} \cdot 0.05$$

$$\text{Hfcol.bom} = 1.50 \text{ m} \quad \sum hf = 1.50 \text{ m} + 0.185 \text{ m} + 0.008 \text{ m}$$

$$\sum hf = 1.69 \text{ m}$$

Utilizando ecuación 11:

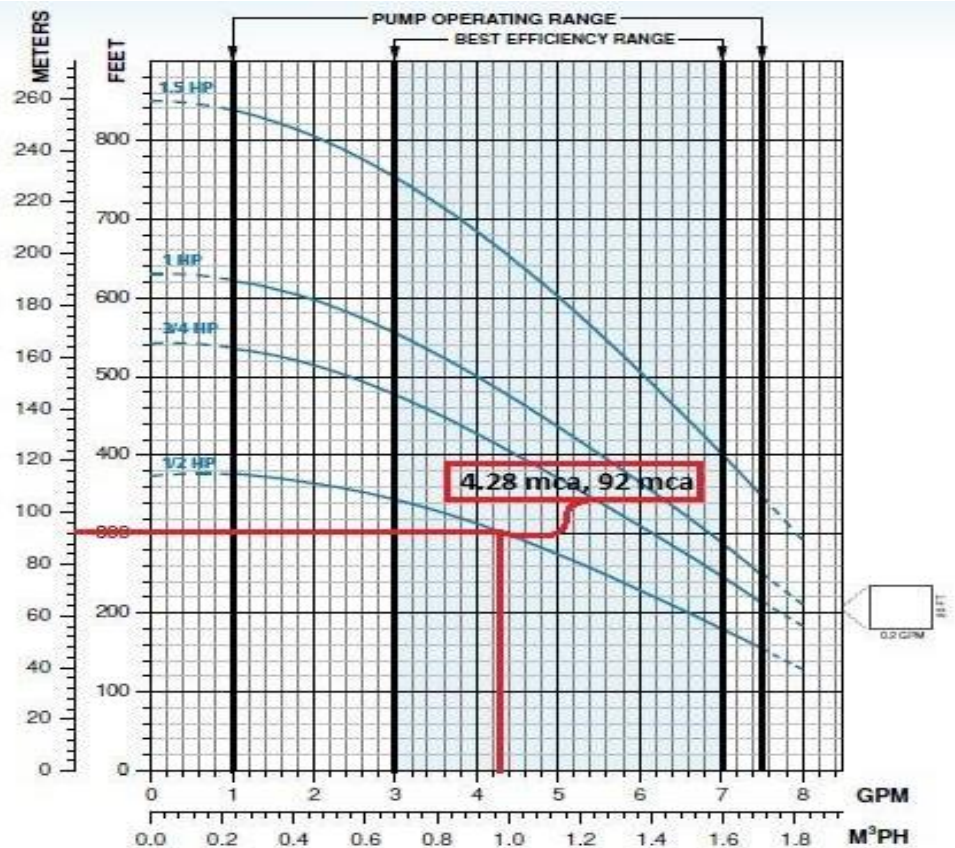
$$\text{CTD} = 62.06 \text{ m} + 1.69 \text{ m}$$

$$\text{CTD} = 5.6.3.$$

7.9. Selección de la bomba

Como se puede observar en las ilustraciones 13 y 14, se seleccionó una bomba sumergible de $\frac{1}{2}$ hp de potencia, modelo 5WA05P4-2W115 (5 gpm, water hourse, 0.5 hp, 115 voltios) las cuales podran desarrollar una altura de presión de 92 mca para un caudal de 4.28 gpm (Tecuanapa).

Figura 26. Bombas de Capacidad Estándar de 4" Curvas de Rendimiento de 5 gpm



Fuente: Catálogo de bombas WaterHorse de Franklin Electric

Sobrepresión en tubería utilizando la ecuación 20, se obtiene: Para comunidad Tecuanapa

$$P=63.77 \text{ m} + 4.605 \text{ m}$$

$$P=68.375 \text{ m}$$

Dado que la válvula de alivio tendrá una eficiencia del 80%, el 20% restante de la carga del golpe de ariete, lo soportará la tubería. Según lo antes expresado la sobrepresión en la tubería será la siguiente:

$$P = 63.77 \text{ m} + (4.609 * 0.20)$$

$$P = 64.69 \text{ m}$$

De acuerdo a los valores calculados, tanto para Tecuanapa, la sobrepresión a la que estaría expuesta la tubería no es mayor que la presión interna que resisten las tuberías PVC SDR-26, la cual es de 112 m.c.a, por lo que éstas trabajaran satisfactoriamente y podrán soportar el golpe de ariete.

7.10. Presupuesto de obra para la construcción de la red de agua potable.

A continuación, se presenta la tabla de presupuesto de obras correspondiente al proyecto, en la cual se detallaron de manera sistemática las diferentes etapas, actividades y partidas que conformaron la ejecución del mismo. Esta tabla permitió visualizar de forma ordenada los elementos que integraron el costo total del proyecto, incluyendo la descripción de cada actividad, su unidad de medida, cantidad de obra, costo unitario y costo total.

El presupuesto va incluido el transporte, material en situ y mano de obra calificada y no calificada.

Tabla 12. Presupuesto

Etapa	Descripción	U/ M	Cantd.	Costo Unitario	Costo Total
	Equipo sumergible y accesorios eléctricos				275957.205 2
95624	Bomba c/motor sumergible de 1 hp,q=25 gpm, ctd=150', 1/60/230 v con panel de control de bomba	C/ U	1.00	C\$ 82,489.27	C\$ 82,489.27
SIN CODIGO	Suministro e instalación columna de succión hg 1 1/2", acople a bomba-motor, y tubo piezométrico pvc de 1/2", plato soporte	C/ U	1.50	C\$ 31,246.04	C\$ 46,869.06
97197	Suministro e instalación cable eléctrico de cobre sumergible #10x4	ML	12.00	C\$ 4,078.48	C\$ 48,941.73
94530	Suministro e instalación de cable eléctrico de cobre sumergible 3x12 awg para electrodos	ML	12.00	C\$ 4,078.48	C\$ 48,941.73
SIN CODIGO	Suministro e instalación de electrodos para guarda nivel, acero inoxidable	C/ U	3.00	C\$ 16,238.47	C\$ 48,715.41
	Sistema eléctrico caseta				18795.8438 9

Etapa	Descripción	U/ M	Cantd.	Costo Unitario	Costo Total
94765	Suministro e instalación panel (o tablero) monofásico 4 espacios, 120/240 voltios, barra de 125 amperios	C/ U	1	C\$2,912.74	C\$ 2,912.74
92559	Suministro e instalación de breaker de 1 polo x 15 amperios	C/ U	2.00	C\$ 1,456.37	C\$ 2,912.74
92734	Suministro e instalación breaker de 2 polos x 30 amperios	C/ U	1.00	C\$ 2,771.38	C\$ 2,771.38
SIN CODIGO	Suministro e instalación tomacorriente sencillo polarizado de 20 amp/220 v (incl. placa)	C/ U	1.00	C\$ 1,139.61	C\$ 1,139.61
94118	Suministro e instalación apagador triple polarizado de 15 amp/120 v con placa de 3 hoyos	C/ U	1.00	C\$ 693.14	C\$ 693.14
SIN CODIGO	Suministro e instalación de bombillo led de alta potencia de aluminio y plástico de 20 w	C/ U	3.00	C\$ 257.45	C\$ 772.34

Etapa	Descripción	U/ M	Cantd.	Costo Unitario	Costo Total
92268	Canalización con tubo conduit de pvc diám.=1/2" (incl. bridas de emt)	ML	23.00	C\$ 32.15	C\$ 739.35
SIN CODIGO	Suministro e instalación de cable eléctrico multifilar #12 (inc. accesorios) (color verde, blanco y rojo)	ML	23.00	C\$ 165.10	C\$ 3,797.36
92550	Suministro e instalación de tubo de emt diám.=1" l= 5.00 m con mufa calavera de emt diám. = 1" (inc. conector)	C/ U	1.00	C\$ 1,917.32	C\$ 1,917.32
95534	Suministro e instalación de varilla polo a tierra sól de cobre diám.=13mm(1/2"),l=2.13m (7')con 2.50m de cable eléctrico de cobre desnudo cal.#8 awg+3m de tubo pvc diám.=3/4"(sdr-17	C/ U	1.00	C\$ 1,139.86	C\$ 1,139.86
	Sarta				91578.8578 8
4273	Suministro e instalación de sarta de tubería de hierro galvanizado	C/ U	1.00	C\$ 75,420.04	C\$ 75,420.04

Etapa	Descripción	U/ M	Cantd.	Costo Unitario	Costo Total
	diám.=1 1/2"(incl.1 válvula de alivio diám.=1 1/2"+2 válvula compuerta de ho.fo.diám.=1 1/2"+medidor maestro ho.fo.1 1/2"+ válvula de aire y vacío + manómetro con glicerina				
SIN CODIGO	Columnas de concreto reforzado trapezoidal para sarta; ref 4#3, estribos #2@10 cm; repello, arenillado y pintura según planos	C/ U	3.00	C\$ 5,386.27	C\$ 16,158.81
	Instalaciones eléctricas				27531.7916 2
95130	Estructura electrica bt-102/c: red en cable linea en angulo de 6° a 60°	C/ U	1.00	C\$ 3,726.51	C\$ 3,726.51
94997	Cable eléctrico triplex acsr(aluminum conductor steel reinforced) #4	ML	30.00	C\$ 793.51	C\$ 23,805.28
	Línea de conducción de 2"				52527.7122 3
93125	Tubería de pvc diám.=2" (sdr-26) (astm d2241)	ML	202.64	C\$ 259.22	C\$ 52,527.71

Etapa	Descripción	U/ M	Cantd.	Costo Unitario	Costo Total
	(junta cementada) (no incl. excavación)				
	Red de distribucion de 2" pulg.				414977.7738
96166	Tubería de pvc diám.=2" (sdr-26) (astm d2241) (junta cementada) (no incl. Excavación)	ML	1,059.48	C\$ 391.68	C\$ 414,977.77
	Tanque de almacenamiento				200455.8987
93398	Explotación o corte (manual) en banco de préstamo	M3	12.03	C\$ 886.58	C\$10,666.48
95502	Acarreo (con camión volquete) de mat. selecto a 9 kms carga manual (incl.derecho de explotación)	M3	15.64	C\$ 711.27	C\$11,124.50
95881	Relleno y compactación manual (con moi)	M3	12.03	C\$ 237.13	C\$2,852.96
SIN CODIGO	Losa de concreto de 3,000 psi esp.=0.10m, ref.#3 @0.10m a/d con acabado fino llaneado	M2	7.38	C\$ 4,054.49	C\$ 29,926.18

Etapa	Descripción	U/ M	Cantd.	Costo Unitario	Costo Total
94374	Suministro e instalación tanque de almacenamiento de 10,000 lts (incl. accesorios)	C/ U	1.00	C\$ 145,885.77	C\$145,885. 77
COSTO TOTAL					1081825.08

Fuente: Elaboración Propia

La información contenida en la tabla fue producto del análisis técnico de cada uno de los componentes del sistema propuesto, incorporando tanto los costos directos como indirectos asociados a la construcción e instalación de las obras. Asimismo, se reflejaron rubros específicos como el equipamiento electromecánico, canalizaciones eléctricas y sistemas auxiliares, los cuales resultaron indispensables para el adecuado funcionamiento del sistema de abastecimiento de agua potable.

De esta manera, la tabla de presupuesto constituyó una herramienta fundamental para la interpretación económica del proyecto, facilitando la comprensión de la distribución de los recursos y permitiendo establecer el monto total de inversión requerido para su ejecución. Cabe mencionar que esta incluido mano de obra y transporte en el presupuesto implícitamente.

8. CONCLUSIONES

Se determinaron las **curvas de nivel** de la comunidad de Tecuanapa mediante la utilización del software QGIS, a partir de un Modelo Digital del Terreno (MDT), permitiendo obtener información topográfica para el diseño hidráulico del sistema de abastecimiento de agua potable. El procesamiento y análisis del ráster

posibilitaron identificar elevaciones que oscilan entre 600msnm-800msnm, pendientes mayores al 15%, la condición del terreno es montañoso, esto fue utilizado para la adecuada planificación de las líneas de conducción y distribución.

Asimismo, el **análisis de calidad** de agua realizado en las fuentes propuestas permitió determinar que el recurso hídrico presenta condiciones físico-químicas y bacteriológicas que requieren tratamiento previo para su potabilización. Los resultados evidenciaron valores de pH ácido, presencia de coliformes fecales y sólidos suspendidos, por lo que se propuso la implementación de sistemas de tratamiento mediante dosificación de cal para la corrección del pH y un sistema de cloración para garantizar agua apta para el consumo humano conforme a las normas CAPRE.

De igual manera, se propuso un **sistema integral de abastecimiento** de agua potable para la comunidad, conformado por líneas de conducción por gravedad, pilas rompe presión, tanques de almacenamiento y sistema de desinfección, logrando asegurar la cobertura y continuidad del servicio durante el período de diseño establecido de 20 años.

El **dimensionamiento hidráulico** y estructural de los componentes del sistema permitió establecer diámetros comerciales adecuados, capacidades de almacenamiento y selección óptima de equipos de bombeo, asegurando la viabilidad técnica del proyecto. Además, el diseño fue desarrollado considerando criterios de optimización de recursos y cumplimiento de las normativas técnicas nacionales e internacionales aplicables al sector de agua potable y saneamiento.

Finalmente, se realizó el **presupuesto de obras** para la construcción de la red de agua potable mediante la aplicación del método directo, incorporando criterios de optimización de recursos conforme a los lineamientos del PNLCP-DH. Esto permitió estimar de manera técnica y ordenada los costos requeridos para la ejecución del proyecto, contribuyendo a su viabilidad económica y constructiva. La población actual, según el estudio, corresponde a una población de 105 habitantes; al culminar el período de diseño de 20 años, la población servida, será de 128 habitantes. El costo total de inversión es de C\$ 1081825.08.

9. RECOMENDACIONES

Para la ejecución del mejoramiento del sistema de agua potable en la comunidad San Pedro de los Molinas, es muy importante que la alcaldía de San Marcos y los miembros del CAPS tomen en cuenta las siguientes recomendaciones:

Se deberá reconfirmar la calidad del agua de la fuente mediante el análisis físico-químico y bacteriológico para evitar alguna contaminación durante la construcción del proyecto.

- Una vez construido el sistema de agua potable, se brindará capacitación técnica sobre hábitos higiénicos, a través de la educación ambiental, lo que contribuirá a mantener el cuidado y protección de la fuente.
- No permitir el consumo de agua sin cloración, para evitar que se presenten enfermedades en la comunidad.
- Para que el sistema preste un buen servicio, es importante que se cumpla la guía de mantenimiento y operación, para mantener el buen funcionamiento del sistema de agua potable.
- Garantizar personal de mano de obra calificado para la construcción del sistema y contratar ingeniero de supervisión para que se aplique las especificaciones técnicas contenidas en los planos.
- Garantizar el pago de la tarifa del servicio, lo cual servirá para sostener y mantener los costos de operación y mantenimiento del sistema durante su período de diseño.
- Para disminuir los posibles impactos negativos ocasionados al medio ambiente, debido a la ejecución del proyecto, se debe cumplir con lo establecido en la unidad de evaluación ambiental.

10. REFERENCIAS

- ✓ Acevedo Netto, G., & Acosta Álvarez, G. (1975). *Manual de hidráulica*. México: Editorial Harla S.A.
- ✓ Alcaldía Municipal de Ciudad Darío. (s.f.). *Plan estratégico de desarrollo municipal*. Ciudad Darío, Nicaragua: Autor.
- ✓ *Apuntes de ingeniería sanitaria e hidráulica II: Diseño de abastecimiento de agua potable*. (s.f.). Managua, Nicaragua: Autor.
- ✓ *Diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural y saneamiento básico rural*. (s.f.). Managua, Nicaragua: Autor.
- ✓ Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios (ENACAL). (s.f.). *Normas y procedimientos técnicos para la implementación*

de proyectos de agua potable y saneamiento en el sector rural. Managua, Nicaragua: ENACAL.

- ✓ Fondo de Inversión Social de Emergencia (FISE). (2010). *Catálogo de etapas y subetapas*. Managua, Nicaragua: Nuevo FISE, División de Desarrollo Institucional.
- ✓ Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional. (2021). *Plan Nacional de Lucha contra la Pobreza y para el Desarrollo Humano 2022-2026*. Recuperado de PNCL-DH 2022-2026
- ✓ Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA). (s.f.). *Normas técnicas para sistemas de agua potable y saneamiento*. Managua, Nicaragua: INAA.
- ✓ J. M. (s.f.). *Manual de hidráulica*. México: Editorial desconocida.
- ✓ [Alcaldía Municipal de San Marcos](#)
- ✓ [ENACAL](#)
- ✓ [Instituto Nacional de Información de Desarrollo \(INIDE\)](#)
- ✓ Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA) – Normas técnicas.

11. ANEXOS



ALCALDIA MUNICIPAL DE CIUDAD DARIO

"CUNA DE RUBEN DARIO"

Telefax: 2776-3271 Teléfono 2776-2281

Email: alcaldiaedario@yahoo.com



CERTIFICADO DE REGISTRO MUNICIPAL.

El suscrito Responsable de la Unidad Municipal de agua y saneamiento (UMAS), de La Alcaldía Municipal de Ciudad Dario, departamento de Matagalpa de la Republica de Nicaragua.

Hace Constar:

Que el comité de agua potable y saneamiento **"TECUANAPA"** de la Comunidad Tecuanapa, del Municipio de Ciudad Dario del Departamento de Matagalpa, se encuentra debidamente inscrito bajo el Registro Municipal en el libro de actas 01 folio 85 que esta dependencia tiene a su cargo.

Por lo que ha cumplido con los requisitos establecidos en los artículos 7, 8, 9 y 11 de la ley N°.722 Ley Especial de Agua Potable y Saneamiento, publicada en la Gaceta Diario Oficial N°.111 del 14 de Junio del 2010.

POR TANTO:

Extiende el presente Certificado de Registro Municipal, acreditando que el Comité de Agua Potable y Saneamiento **"TECUANAPA"** puede ejercer su derecho de tramitación y los beneficios establecidos por la ley 722 procediendo a la inscripción en el registro Central de Prestadores de Servicios de Agua Potable y Saneamiento, ante las instancias legales competentes mediante el uso de ley N°722 **LEY ESPECIAL DE COMITÉ DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO**, reglamento para todos los efectos legales pertinentes.

Dado en Ciudad Dario del Departamento de Matagalpa, Republica de Nicaragua, a los cinco días del mes de Enero del Año 2022.

Ing. Juan Carlos Reyes
Responsable U.M.A.S.
Alcaldía Municipal de Ciudad Dario.





ALCALDÍA DE CIUDAD DARÍO
Calle del Parque Central
Teléfono: 4-5031272/2721
Email: alcaldiaedarío@ymbo.com

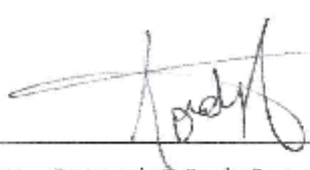


AVAL

Por medio de la presente el suscrito director de desarrollo social de la alcaldía de ciudad Darío, avala a la señora **Al comité de agua potable y saneamiento (CAPS) Tecuanapa** con domicilio en la comunidad de Tecuanapa de esta ciudad en la siguiente dirección. Puente grande ciudad Darío 5 kilómetros al oeste camino al regadillo.

En esta propiedad existe un pozo excavado a mano propiedad de la comunidad Tecuanapa, el CAPS Hace formal solicitud de instalación del servicio de energía eléctrica para la succión del vital líquido donde se abastece la comunidad.

Extiendo la presente a los 16 días de Julio del año 2025.


Ing. Antonio Ordeñana Avendaño
Director de Desarrollo social
Alcaldía de ciudad Darío



REPUBLICA DE NICARAGUA

ACTA DE CONSTITUCION
COMITÉ DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO

CAPE Tecunirpa

LUGAR Y FECHA

Comunidad Tecunirpa
13/09/2014

**ACTA DE CONSTITUCION
COMITÉ DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO**

Los abajo suscritos, reunidos en la Comunidad Tecuanapa del Municipio de Ciudad Dario, del Departamento Matagalpa a las 2 horas, del 18 de 09 del dos mil 21, en Asamblea General de Pobladores, integrada por un Representante por Vivienda, decidimos constituir como en efecto lo hacemos, de forma voluntaria y democrática, mediante la presente Acta de Constitución, el Comité de Agua Potable y Saneamiento (CAPS) de nuestra Comunidad, como organización de carácter social comunitario, con el propósito de promover y garantizar el acceso al Agua Potable y Saneamiento a los pobladores asociados; conforme a las disposiciones establecidas en la Ley N° 722 "Ley Especial de Comité de Agua Potable y Saneamiento", habiendo decidido que la denominación del CAPS será: **COMITÉ DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO** "Tecuanapa".

Habiéndose aprobado la Constitución del CAPS Tecuanapa, la Asamblea General de Pobladores, resuelve de forma unánime elegir su JUNTA DIRECTIVA, decidiendo nombrar de forma democrática y participativa a los miembros que la conformarán entre los pobladores presentes, para ocupar los cargos y que éstos de forma pública han aceptado las responsabilidades asignadas.

Junta Directiva del CAPS		
Nombre y Apellidos	N° Cédula de Identidad	Firma
Presidente/a: <u>Luis Alberto Samay</u>	<u>419 2508600000</u>	<u>Luis Alberto Samay</u>
Secretario/a: <u>Joseluis B. B. B.</u>	<u>419 2100000000</u>	<u>Joseluis B. B. B.</u>
Tesorero/a: <u>Francis Torres T.</u>	<u>419 0000000000</u>	<u>Francis Torres T.</u>
Fiscal: <u>Miriam del C. G. G.</u>	<u>419 0000000000</u>	<u>Miriam del C. G. G.</u>
Vocal: <u>Marcelo M. M. M.</u>	<u>419 0000000000</u>	<u>Marcelo M. M. M.</u>
En caso de requerir más Vocales:		
Vocal:		
Vocal:		

Acto seguido, se procedió a leer y discutir los Estatutos y Reglamento Interno del CAPS Tepeyacaltes, RESOLVIÉNDOSE de forma unánime, APROBARLOS y ADOPTARLOS a partir de esta fecha, como los instrumentos reguladores de ésta Organización comunitaria.

Finalmente, se instruyó a la JUNTA DIRECTIVA ELECTA, efectuar las gestiones correspondientes de conformidad a la Ley N° 722, ante las dependencias de la Unidad Técnica Municipal y del Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA), para la legalización del CAPS.

Para ratificar todos y cada uno de los Acuerdos y Resoluciones tomadas en esta Asamblea General de Pobladores, firmamos públicamente de forma libre y espontánea, en señal de conformidad y aprobación.

N°	Nombre y Apellidos	Cedula de Identidad	Firma
1	Martha Isabel Meza	449-180684-0002H	Martha Isabel Meza
2	Encarnación Ruiz López	449-230558-0003	Encarnación Ruiz
3	Maria Altamirano Ruiz	449-700275-0003P	Maria Altamirano Ruiz
4	Dominio de la Cruz Trujillo	449-250443-0006N	Dominio Trujillo
5	Heylein Damián Vallejo	247-240895-0000J	Heylein D. Val
6	Dominio del Socorro Trujillo	449-250443-0006P	Dominio del S. Trujillo
7	Guadalupe Estelmuir Orozco	449-181275-0004X	LUPÉ
8	Maria Concepción Urbina	449-281283-0007B	Maria C. U. R.
9	Miriana del Carmen Cardona	449-111169-0005Q	Miriana Cardona
10	Virginia del Socorro Vallejos	449-241269-0002W	Virginia Vallejos
11	Santiago Valle Reyes	449-241276-0000R	Santiago Valle
12	Gertrudis Torres T.	449-140766-0007C	Gertrudis Torres T.
13	Ana Mariela Vallejos T.	449-271092-0003C	Ana Mariela V. T.
14	Terresa de Jesús Vilchaz	054-151074-0004L	Terresa Vilchaz
15	Jacson José Ruiz O.	449-301095-0003B	Jacson José Ruiz
16			
17			

Figura 27. Caseta del pozo



Fuente: Elaboración Propia

Figura 28. Camino hacia las casas



Fuente: Elaboración propia

Figura 29. Camino de la caseta hacia la bomba y pozo existente



Fuente: Elaboracion propia

Figura 30. Camino hacia el pozo



Fuente: Elaboración propia

Figura 31. Bomba y pozo existente



Fuente: Elaboración propia

Figura 32. Bomba y pozo existente



Fuente: Elaboración propia

Figura 33. Bomba y pozo existente



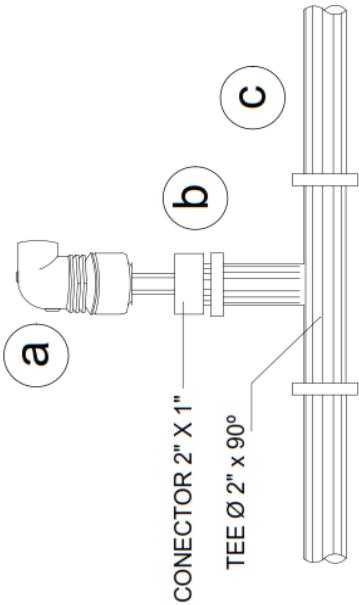
Fuente: Elaboración propia

Figura 34. Pila existente



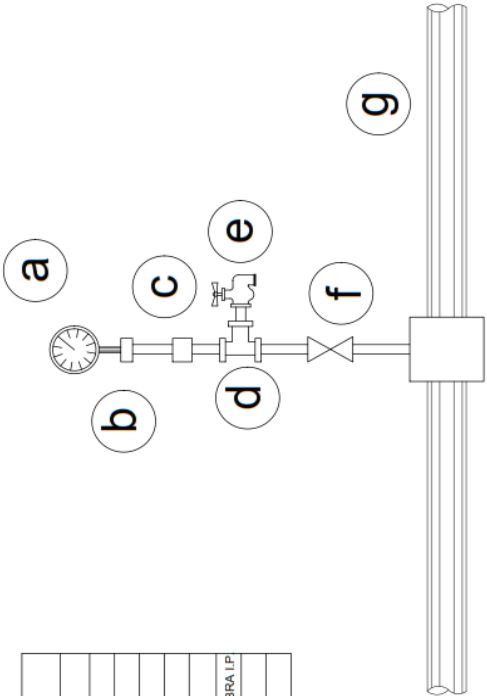
Fuente: Elaboración propia

LISTA DE MATERIALES PARA CONEXION VALVULA DE AIRE	
No.	Unidad
A C C E S O R I O S	
a	1
b	1
c	1



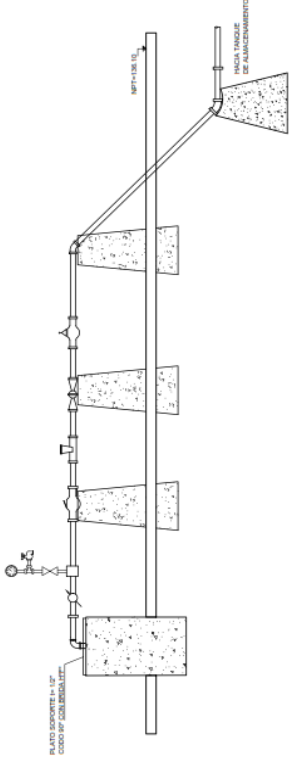
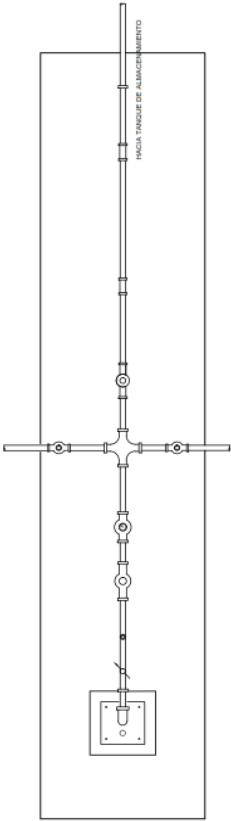
DETALLE DE CONEXION DE VALVULA DE AIRE
SIN ESCALA

LISTA DE MATERIALES PARA CONEXION DE MANOMETRO	
No.	Unidad
A C C E S O R I O S	
a	1
b	1
c	1
d	1
e	1
f	1
g	1



CONEXION DE MANOMETRO
SIN ESCALA

No.	Unidad	DESCRIPCION
1	1	CORDO DE 3/4" X 1/2" H.G. EXTREMOS ROSCADOS
2	1	VALVULA DE AIRE DE 1/2" CON ROSCA MACHO
3	1	MANOMETRO HIDRAULICO CON CARGASA DE ACERO 200 PSI
4	1	REDUCTOR UNIVERSAL DE 1/2" DE H.G.
5	1	VALVULA DE CHECK H.F. 3/4" EXTREMOS BRIDADOS
6	1	CORDO DE 1/2" X 1/2" H.G. EXTREMOS BRIDADOS
7	1	VALVULA DE ALIVIO 2" DE H.F. EXTREMOS BRIDADOS
8	1	VALVULA DE COME 3/4" DE H.F. EXTREMOS BRIDADOS
9	1	NIPLE H.F. 3/4" CON FLANJE EN UN EXTREMO 1" 304
10	1	VALVULA DE PASE 3/4" DE H.F. EXTREMOS BRIDADOS
11	1	CORDO DE 3/4" X 1/2" H.F. EXTREMOS ROSCADOS
12	2	UNION DRESSER 3/4" HIERRO FORJADO
13	1	TUBERIA PVC 3/4" RGS 304 40



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

ÁREA DE CONOCIMIENTO DE ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN

CONTENIDO: DETALLES CONSTRUCTIVOS

TUTOR:Ing Roger Juarez

INGENIERIA CIVIL

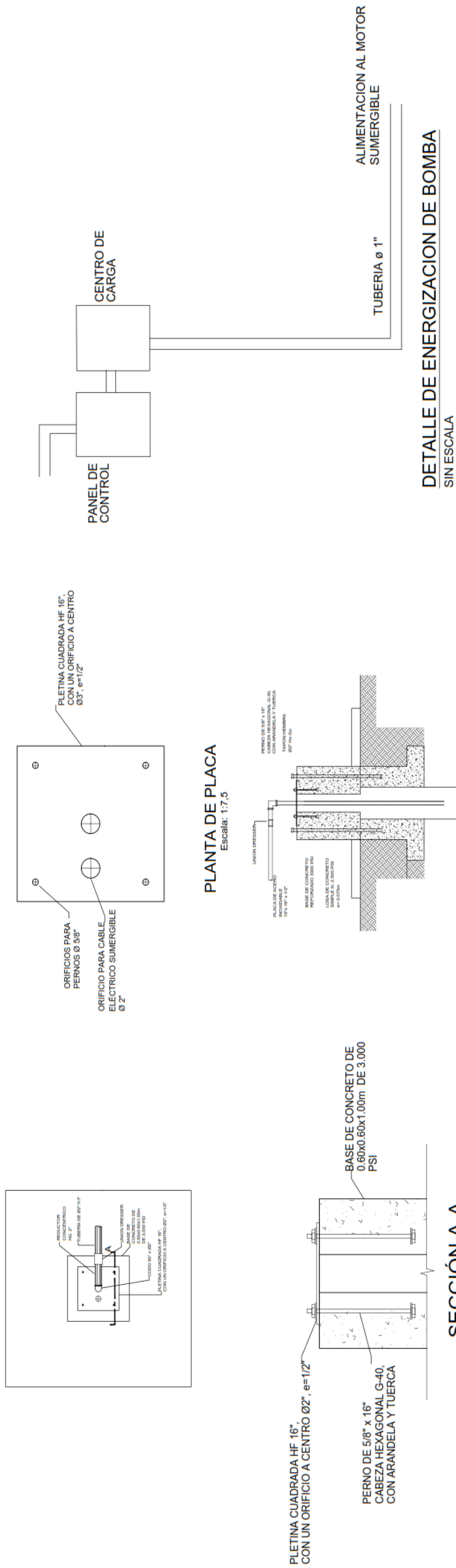
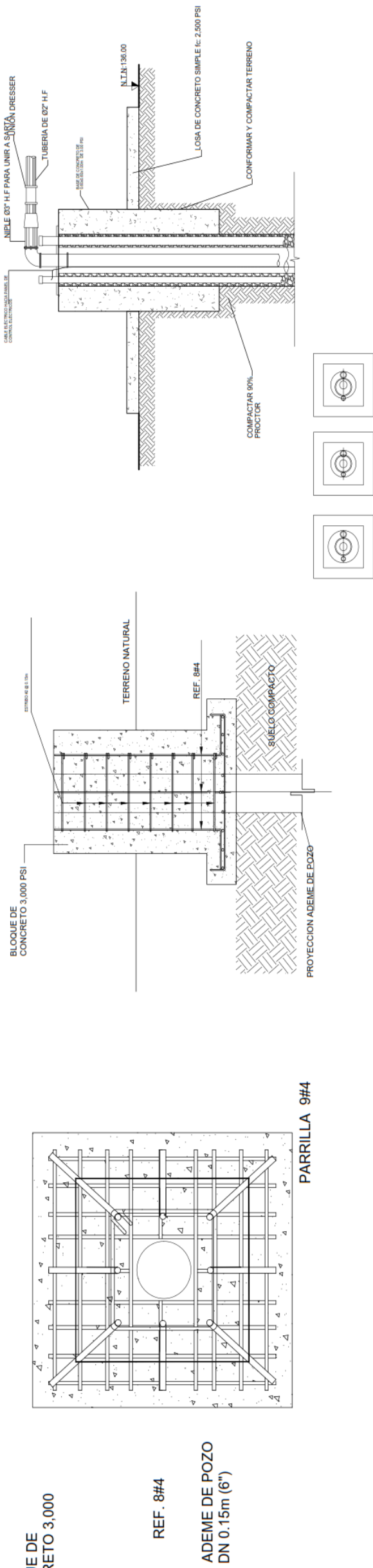
ESCALA:INDICADA

FECHA:2026

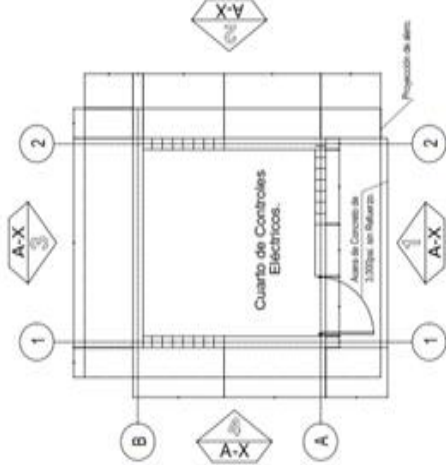
DISEÑO Y PRESUPUESTO PARA LA CONSTRUCCION DE LA RED DE AGUA POTABLE Y CAMBIO DEL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA DE LA FUENTE DEL POZO COMUNITARIO DE TECUANAPA, CIUDAD DARIO

LAMINA

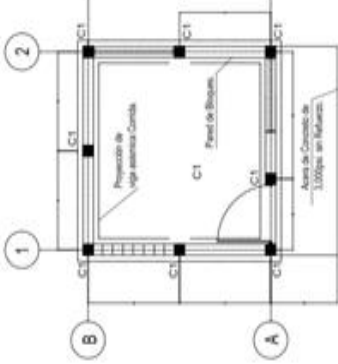
ELABORADO POR :
BR. KATHERING TATIANA CASTILLO
MAYORGA
BR. ANGELO JOKSAN ALEMAN GARCIA
BR. CLAUDIA SAMARA MUÑOZ ORTIZ



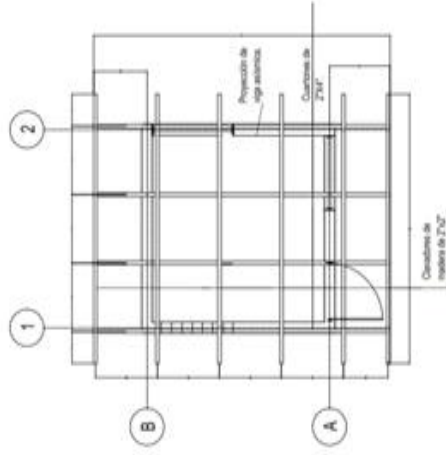
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA			ELABORADO POR : BR. KATHERING TATIANA CASTILLO MAYORGA BR. ANGELO JOKSAN ALEMAN GARCIA BR. CLAUDIA SAMARA MUÑOZ ORTIZ	
	ÁREA DE CONOCIMIENTO DE ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN			LAMINA	
	CONTENIDO:	DETALLES CONSTRUCTIVOS	DISEÑO Y PRESUPUESTO PARA LA CONSTRUCCION DE LA RED DE AGUA POTABLE Y CAMBIO DEL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA DE LA FUENTE DEL POZO COMUNITARIO DE TECUANAPA, CIUDAD DARIO		
	TUTOR:	Ing Roger Juarez	INGENIERIA CIVIL	ESCALA:	INDICADA
				FECHA:	2026



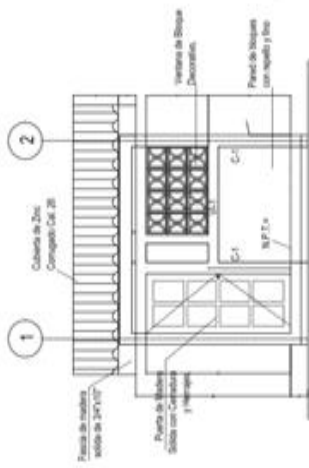
PLANTA ARQUITECTÓNICA
Escala: 1:40



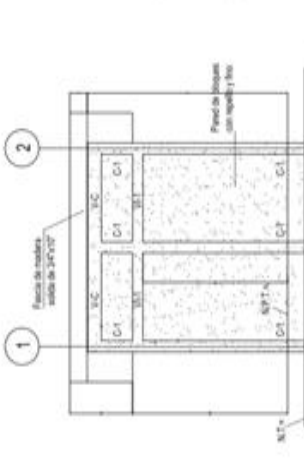
PLANTA DE FUNDACIONES
Escala: 1:40



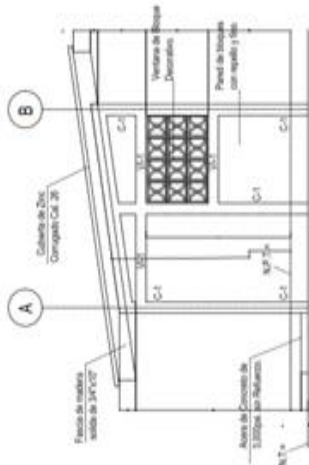
PLANTA DE TECHO
Escala: 1:40



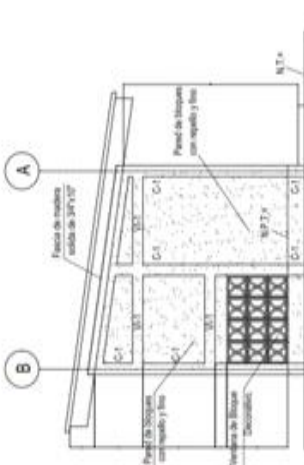
ELEVACION ARQUITECTÓNICA
Escala: 1:30



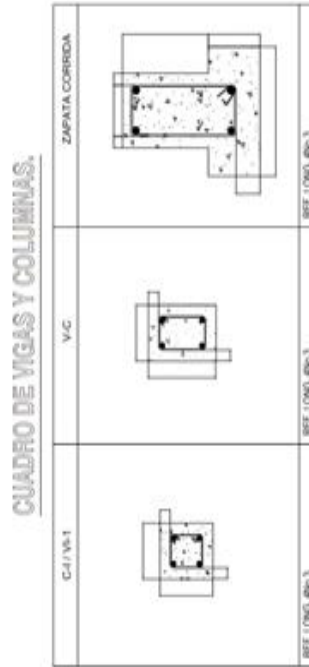
ELEVACION ARQUITECTÓNICA
Escala: 1:30



ELEVACION ARQUITECTÓNICA
Escala: 1:30



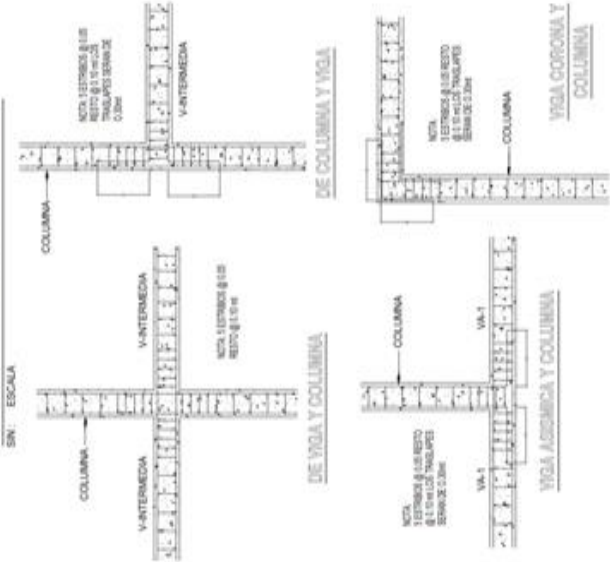
ELEVACION ARQUITECTÓNICA
Escala: 1:30



ELEVACION ARQUITECTÓNICA
Escala: 1:30

TABLA DE ACABADOS			
OBRAS	DESCRIPCION DEL MATERIAL	TIPO DE ACABADO	UBICACION
PAREDES	BLOQUES DE 6"x12"	REPELLO Y FINO	TODAS LAS PAREDES
PISOS	CONCRETO SIMPLE DE 3,000 PSI	FINO TIPO PIZARRA	TODOS LOS PISOS
TECHO	ZINC CORRUGADO CAL 26 SOBRE EST. DE MADERA DE CEDRO REAL DE 2"x 4" Y 2"x 2"	MADERA CURADA CON PENTACLOREOFENOL Y CEPILLADA	TODOS EL TECHO
VENTANAS	ALUMINO Y VIDRO	TEMPERADO	VER PLANOS
PUERTA	MADERA SOLIDAS TABLEROS/HERIALES	LUBIDA Y PINTURA 2 MANOS	ACCESO PRINCIPAL
FASCIA	CECRO O POCOTE DE 3"x4" 10"	CURADO, CEPILLADO Y LUNDO BARNIZ 2 MANOS AMBAS CARAS	LOS 4 COSTADOS DE LA CASITA

DETALLES TÍPICOS DE UNIONES



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

ÁREA DE CONOCIMIENTO DE ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN

CONTENIDO: DETALLES CONSTRUCTIVOS

TUTOR: Ing Roger Juarez

DISEÑO Y PRESUPUESTO PARA LA CONSTRUCCION DE LA RED DE AGUA POTABLE Y CAMBIO DEL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA DE LA FUENTE DEL POZO COMUNITARIO DE TECUANAPA, CIUDAD DARIO

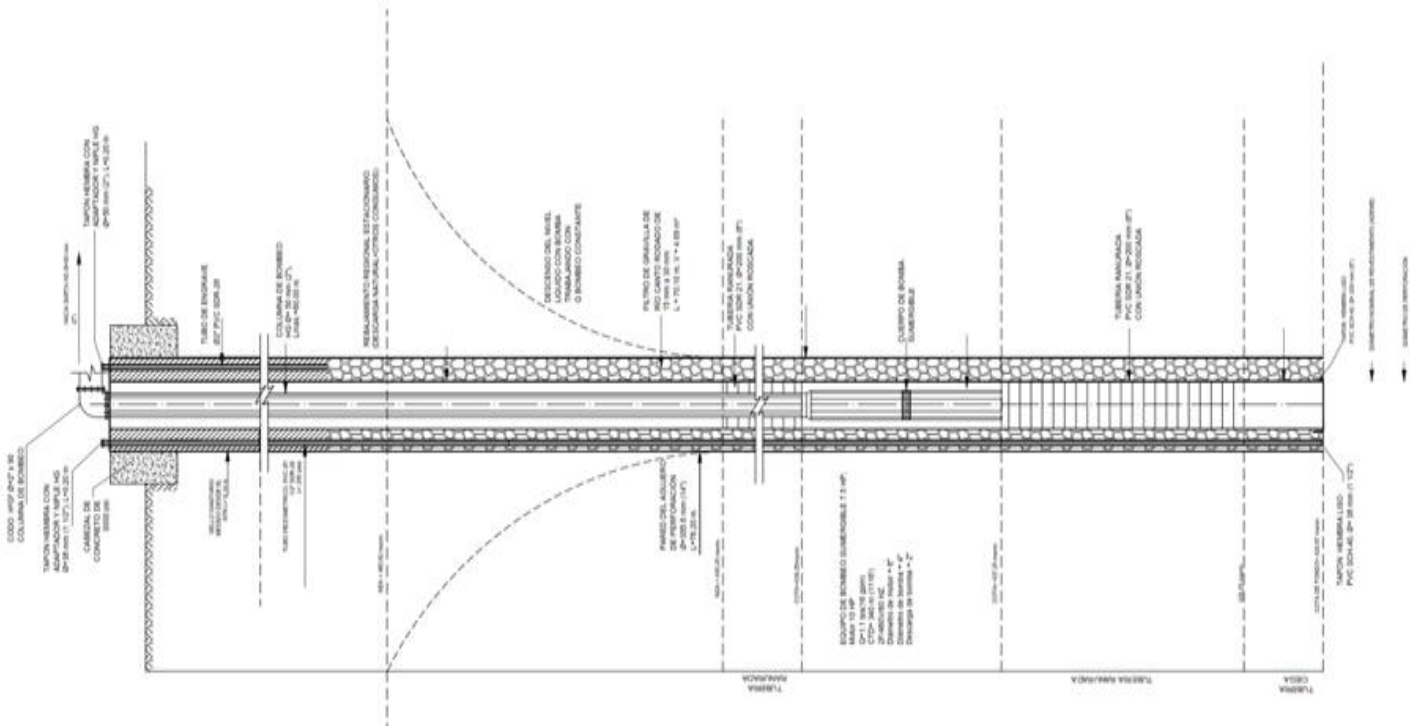
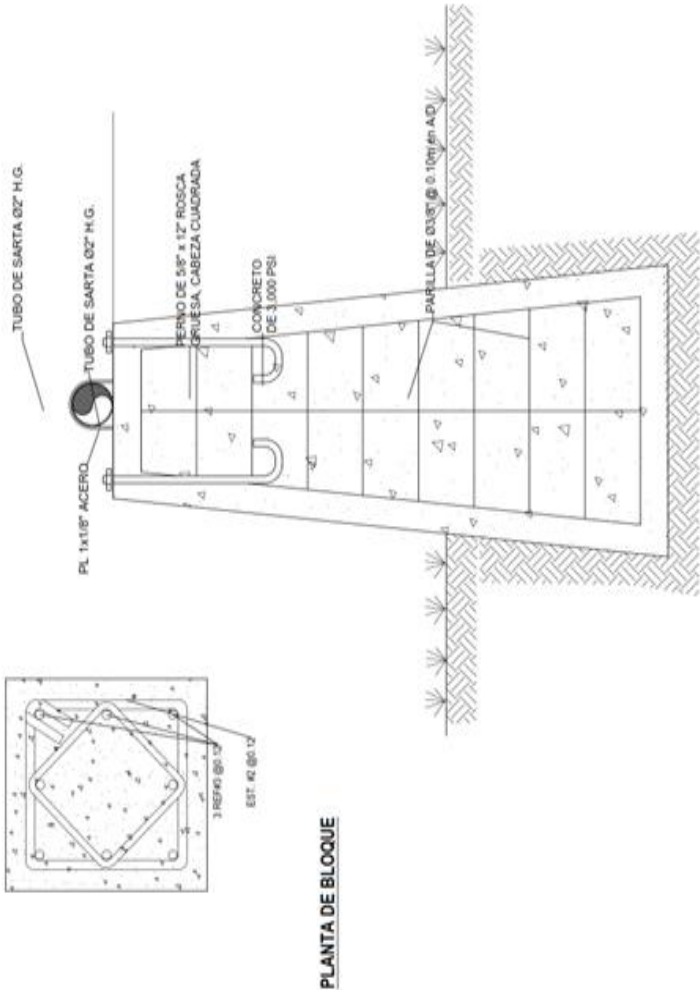
INGENIERIA CIVIL

ESCALA: INDICADA

3

ELABORADO POR:
BR. KATHERINE PATIANA CASTILLO
MAYORGA
BR. ANGELO JORISAN ALEMAN GARCIA
BR. CLAUDIA SAMARA MUÑOZ ORTIZ

LAMINA



TOTAL TC = 150.00 m
TOTAL TR = 50.00 m
TOTAL TUBERIA ADEME = 250.00 m

PERFIL DE POZO
SIN ESCALA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA			ELABORADO POR: SR. KATHERING TATIANA CASTILLO MAYORGA	
ÁREA DE CONOCIMIENTO DE ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN			BR. ANGELO JOKSAN ALEMAN GARCIA BR. CLAUDIA SAMARA MUÑOZ ORTIZ	
CONTENIDO: DETALLES CONSTRUCTIVOS	DISEÑO Y PRESUPUESTO PARA LA CONSTRUCCION DE LA RED DE AGUA POTABLE Y CAMBIO DEL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA DE LA FUENTE DEL POZO COMUNITARIO DE TECUANAPA, CIUDAD DARIO		LAMINA	
TUTOR: Ing Roger Juarez	INGENIERIA CIVIL	ESCALA: INDICADA	FECHA: 2026	
			4	

