

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

Diseño de sistema sostenible de distribución de agua para la comunidad Cabo de
Hacha, Jipijapa

INGE-3045

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Civil

Presentado por:

Jesenia Carolina Rodríguez Moreno

Edson Fabian Velasco Pazmiño

Guayaquil - Ecuador

Año: 2025

Dedicatoria

Dedico este trabajo de titulación a mi madre, Mercedes, quien desde el inicio de mi carrera ha sido mi principal fuente de apoyo y motivación. Con su ejemplo de esfuerzo, constancia y valentía, me enseñó que nada en la vida es fácil, pero que con determinación, sacrificio y perseverancia es posible alcanzar los objetivos propuestos. Sus palabras de aliento y su lucha incansable me impulsaron a seguir adelante en los momentos difíciles y a no rendirme ante los obstáculos. Este logro es también reflejo de su enseñanza, amor y confianza incondicional.

Jesenia Carolina Rodríguez Moreno

Agradecimientos

Agradezco a Dios por brindarme la fortaleza, la motivación y la constancia necesarias para culminar mi formación universitaria. Mi sincero agradecimiento a los amigos que me acompañaron durante este proceso académico, quienes con su apoyo y compañerismo hicieron más significativo este camino.

De manera especial, agradezco a mi compañero de tesis, Edson Velasco, por su compromiso y colaboración, los cuales fueron fundamentales para alcanzar los objetivos de este trabajo. Asimismo, expreso mi gratitud a mis docentes, en particular a mi tutora MSc. Ingrid Orta y al profesor MSc. Lenin Dender, por su guía, dedicación y valiosos aportes durante el desarrollo del presente proyecto.

Jesenia Carolina Rodríguez Moreno

Dedicatoria

Esta dedicatoria es para mi madre Verónica por su enorme esfuerzo de darnos la mejor educación y trabajar de más para que no nos falte nada, por siempre estar pendiente y preocupada, a mis abuelos Pablo e Isabel que han sido el pilar más importante en mi vida, por criarme como si fuera un hijo más, por llevarme desde la escuela hasta el colegio, a entrenar, de paseo, a donde yo necesitaba ir, mi abuela por ayudar a hacer los deberes en la escuela, a mis tíos Patricia que siempre veló por mí desde pequeño y apoyo en todo, Edson que me enseñó la matemática como materia importante en la vida, invitar a los partidos de fútbol que siempre tenía, a mi hermana Aitana también por siempre apoyar cuando lo necesitaba

Este logro por y para mi familia que ha sido lo más grande que me ha dado Dios.

Edson Fabian Velasco Pazmiño

Agradecimientos

Primero agradecer a Dios por haberme dado la vida y poder concluir esta etapa, a mi familia que han estado conmigo en todo momento, por el gran esfuerzo de que tenga una educación de calidad, a Hilary que ha sido importante en mi vida en todo momento, por su amor incondicional, a Fabián que ha sido el mejor apoyo, a mis compañeros de carrera que hice durante este proceso y a mis amigos más cercanos Marcel, Alan, Mario, José, Ricky, Vicente, Eduardo y Josué los de siempre, por los grandes momentos en nuestros viajes y reuniones.

De igual forma, agradezco a mi compañera de tesis Jesenia Rodríguez, por todo el apoyo, compromiso y esfuerzo en culminar este gran proyecto y terminar esta etapa estudiantil.

De igual forma, agradezco a mi tutora MSc. Ingrid Orta y al profesor MSc. Lenin Dender, por el tiempo dedicado para guiarnos para cumplir esta gran meta.

Edson Fabian Velasco Pazmiño

Declaración Expresa

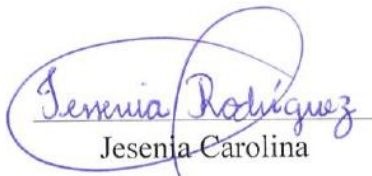
Nosotros Jesenia Carolina Rodríguez Moreno y Edson Fabian Velasco Pazmiño acordamos y reconocemos que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá a los autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor de los autores.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique los autores que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 15 de octubre del 2025.


Jesenia Carolina
Rodríguez Moreno


Edson Fabian Velasco
Pazmiño

Evaluadores

MSc. Lenin Alexander Dender Aguilar

Profesor de Materia

MSc. Ingrid Tatiana Orta Zambrano

Tutor de proyecto

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo diseñar un sistema de abastecimiento de agua que permita mejorar el acceso y la eficiencia del servicio en una comunidad rural. La propuesta se justifica por las limitaciones existentes en la captación, el transporte manual del agua y la falta de un sistema confiable de bombeo y almacenamiento. Se plantea como alternativa de solución la optimización de la infraestructura existente, junto con la incorporación de energías renovables que permitirá garantizar un suministro continuo.

El desarrollo del proyecto incluyó el levantamiento de información en campo, el análisis de la captación existente y el diseño hidráulico desde la captación hasta la distribución del recurso hídrico para seleccionar el tipo de bomba. Se seleccionaron y dimensionaron los equipos de bombeo y el sistema fotovoltaico, considerando una operación diaria de cuatro horas. Asimismo, se diseñó un tanque elevado soportado por una torre metálica, además de obras civiles en hormigón armado, siguiendo la normativa ecuatoriana vigente.

Los resultados obtenidos muestran una mejora significativa en las condiciones hidráulicas, una reducción de costos energéticos y un sistema autónomo de operación. En conclusión, el proyecto constituye una solución técnica viable, sostenible y adecuada a las condiciones locales, contribuyendo al mejoramiento de la calidad de vida de la población beneficiaria

Palabras Clave: Captación de agua, Diseño hidráulico, Bombeo solar, Tanque elevado, Distribución por gravedad

Abstract

The present work aims to design a water supply system that will improve access and service efficiency in a rural community. The proposal is justified by existing limitations in water collection, manual transport of water and lack of reliable pumping and storage system. It is proposed as an alternative solution the optimization of the existing infrastructure, together with the incorporation of renewable energies that will ensure a continuous supply.

Project development included field survey, analysis of existing catchment and hydraulic design from catchment to water resource distribution to select pump type. The pumping equipment and the photovoltaic system were selected and dimensioned, considering a daily operation of four hours. An elevated tank supported by a metal tower was also designed, as well as civil works in reinforced concrete, following the current Ecuadorian regulations.

The results obtained show a significant improvement in hydraulic conditions, a reduction of energy costs and an autonomous operating system. In conclusion, the project is a viable, sustainable and locally appropriate technical solution that contributes to improving the quality of life of the beneficiary population

Keywords: *Water harvesting, Hydraulic design, Solar pumping, Elevated tank, Gravity distribution*

Índice

Resumen -----	I
Abstract -----	II
Abreviaturas -----	XII
Simbología -----	XIV
Índice de figuras -----	XVI
Índice de planos -----	XIX
Capítulo 1 -----	1
1. INTRODUCCIÓN -----	2
1.1. Antecedentes -----	4
1.2. Descripción del Problema -----	5
1.3. Justificación del Problema -----	7
1.4. Objetivos -----	8
1.4.1. Objetivo general -----	8
1.4.2. Objetivos específicos -----	8
Capítulo 2 -----	10
2. MATERIALES Y MÉTODOS -----	11
2.1. Revisión de literatura -----	11
2.2. Área de estudio -----	14
2.3. Trabajo de campo y laboratorio -----	16

2.3.1.	Levantamiento topográfico	16
2.4.	Análisis de datos	18
2.4.1.	Análisis de topografía	18
2.4.2.	Análisis de la población	24
2.4.3.	Análisis de caudales	25
2.4.4.	Parámetros hidráulicos	26
2.5.	Análisis de alternativas	27
2.5.1.	Descripción de alternativas	27
2.5.2.	Metodología para la evaluación de alternativas	28
Capítulo 3		31
3.	DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES	32
3.1.	Análisis y estudios preliminares	32
3.2.	Diseño de sistema de distribución de agua	32
3.2.1.	Dotación	32
3.2.2.	Caudales de diseño	34
3.2.3.	Punto de captación	36
3.2.3.1.	Diseño hidráulico y dimensionamiento para la zona de captación	38
3.2.3.1.1.	Cálculo del ancho de pantalla	38
3.2.3.1.2.	Cálculo de la altura total H_t	41
3.2.3.1.3.	Dimensionamiento de la canastilla	42
3.2.3.1.4.	Tubería de rebose y de limpia	43

3.2.3.1.5.	Diseño de muros de hormigón armado	45
3.2.4.	Diseño de la bomba	49
3.2.4.1.	Datos de diseño	51
3.2.4.2.	Demanda energética aplicada a la bomba	51
3.2.4.3.	Cálculo de paneles solares	51
3.2.4.4.	Baterías	52
3.2.5.	Red de conducción	53
3.2.6.	Tanque de almacenamiento	56
3.2.7.	Red de distribución	58
3.2.8.	Conexiones domiciliarias	61
3.3.	Diseño de torre metálica para tanque elevado	61
3.3.1.	Altura	62
3.3.2.	Dimensión en planta (ancho de la torre)	62
3.3.3.	Determinación de cargas	63
3.3.4.	Selección del tipo de perfil para columnas	63
3.3.5.	Vigas horizontales intermedias	64
3.3.6.	Diseño del sistema de arriostramiento	64
3.3.7.	Diseño de la plataforma superior	65
3.3.8.	Sistema estructural de la plataforma	65
3.3.9.	Diseño de barandas de seguridad	66
3.3.10.	Sistema de apoyo	66

3.3.11. Metrado y cuantificación del acero estructural -----	67
Capítulo 4 -----	70
4. ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL -----	71
4.1. Descripción del proyecto -----	71
4.2. Línea de base ambiental -----	72
4.2.1. Medio abiótico y componentes afectados -----	72
4.2.1.1. Suelo y Topografía -----	72
4.2.1.2. Recurso Hídrico -----	73
4.2.1.3. Clima y Energía -----	73
4.2.2. Medio biótico y componentes afectados -----	73
4.2.2.1. Flora y Vegetación -----	74
4.2.2.2. Fauna -----	74
4.2.3. Medio Socioeconómico y Cultural -----	74
4.2.3.1. Población y Salud -----	75
4.2.3.2. Infraestructura y Uso del Suelo -----	75
4.3. Actividades del proyecto -----	75
4.3.1. Fases del Proyecto Susceptibles de Impacto Ambiental -----	76
4.3.1.1. Fase de Diseño -----	76
4.3.1.1.1. Levantamiento de información -----	76
4.3.1.1.2. Diseño de la Infraestructura -----	76
4.3.1.1.3. Trámites y Autorizaciones -----	77

4.3.1.2.	Fase de Construcción	77
4.3.1.3.	Fase de Operación y Mantenimiento	78
4.4.	Identificación de impactos ambientales	79
4.5.	Valoración de impactos ambientales	80
4.6.	Propuestas de medidas de prevención/mitigación	83
4.7.	Resultados del análisis de impacto ambiental	84
Capítulo 5		86
5.	PRESUPUESTO	87
5.1.	Estructura Desglosada de Trabajo	87
5.2.	Especificaciones Técnicas	89
5.2.1.	Obras Preliminares	89
5.2.1.1.	Limpieza y desbroce	89
5.2.1.1.1.	Normas, Códigos y Reglamentos Aplicables	89
5.2.1.1.2.	Especificaciones Técnicas Detalladas	89
5.2.1.1.3.	Procedimiento de Ejecución	90
5.2.1.1.4.	Manejo de desechos	90
5.2.1.1.5.	Equipo y Maquinaria	90
5.2.1.2.	Replanteo Topográfico	90
5.2.1.2.1.	Normas, Códigos y Reglamentos Aplicables	91
5.2.1.2.2.	Especificaciones Técnicas Detalladas	91
5.2.1.2.3.	Procedimiento de Ejecución	91

5.2.1.2.4. Criterios de Precisión y Aceptación	91
5.2.1.2.5. Equipo y Personal	92
5.2.2. Movimientos de Tierra	92
5.2.2.1. Excavación con Máquina Pesada	92
5.2.2.1.1. Normas, Códigos y Reglamentos Aplicables	92
5.2.2.1.2. Especificaciones Técnicas Detalladas	93
5.2.2.1.3. Procedimiento de Ejecución	93
5.2.2.1.4. Criterios de Aceptación	93
5.2.2.1.5. Maquinaria y Equipo	93
5.2.2.2. Desalojo de Material Sobrante	94
5.2.2.2.1. Normativas y Guías Aplicables	94
5.2.2.2.2. Especificaciones Técnicas: Gestión de Excedentes	94
5.2.2.2.3. Acopio Temporal	94
5.2.2.2.4. Carga y Transporte (Desalojo)	95
5.2.2.2.5. Disposición Final (Sitios de Escombrera)	95
5.2.2.3. Relleno con Material de Sitio	95
5.2.2.3.1. Normas, Códigos y Reglamentos Aplicables	95
5.2.2.3.2. Especificaciones Técnicas Detalladas	96
5.2.2.3.3. Procedimiento de Ejecución (Capas de Relleno)	96
5.2.2.3.4. Criterios de Aceptación	96
5.2.2.3.5. Equipo y Maquinaria	96

5.2.2.4. Transporte del Material a Obra -----	97
5.2.2.4.1. Normas, Códigos y Reglamentos Aplicables -----	97
5.2.2.4.2. Especificaciones Técnicas Detalladas -----	97
5.2.2.4.3. Transporte de Agregados y Cemento -----	97
5.2.2.4.4. Equipos y Maquinaria -----	98
5.2.3. Obras Hidráulicas -----	98
5.2.3.1. Instalación de Tuberías de Conducción y Distribución -----	98
5.2.3.1.1. Normas, Códigos y Reglamentos Aplicables -----	98
5.2.3.1.2. Especificaciones Técnicas Detalladas -----	98
5.2.3.1.3. Proceso de Instalación y Unión -----	99
5.2.3.1.4. Accesorios y Válvulas -----	99
5.2.3.1.5. Conexiones Domiciliarias -----	99
5.2.3.2. Montaje de Tanque PVC -----	99
5.2.3.2.1. Normas, Códigos y Reglamentos Aplicables -----	100
5.2.3.2.2. Especificaciones Técnicas Detalladas -----	100
5.2.3.2.3. Montaje del Tanque de PVC -----	100
5.2.3.2.4. Instalaciones Hidráulicas en Torre -----	101
5.2.4. Obras Civiles -----	101
5.2.4.1. Construcción de Captación -----	101
5.2.4.1.1. Normas, Códigos y Reglamentos -----	101
5.2.4.1.2. Especificaciones Técnicas Detalladas -----	102

5.2.4.1.3. Materiales y Equipos	102
5.2.4.2. Construcción de Torre Metálica	102
5.2.4.2.1. Normas, Códigos y Reglamentos Aplicables	102
5.2.4.2.2. Especificaciones Técnicas Detallas	102
5.2.4.2.3. Procedimiento	103
5.2.5. Obra Eléctrica	104
5.2.5.1. Instalación de Paneles Solares	104
5.2.5.1.1. Normas, Códigos y Reglamentos Aplicables	104
5.2.5.1.2. Especificaciones Técnicas	104
5.2.5.1.3. Proceso de Instalación	106
5.2.5.1.4. Equipos Necesarios	106
5.2.5.2. Instalación de Bomba en Captación	107
5.2.5.2.1. Normas, Códigos y Reglamentos Aplicables	107
5.2.5.2.2. Especificaciones Técnicas Detalladas	107
5.2.5.2.3. Instalación Hidráulica	108
5.2.5.2.4. Instalación Eléctrica y de Control	108
5.2.6. Manejo Ambiental	108
5.2.6.1. Manejo de Residuos	108
5.2.6.1.1. Normativas y Guías Aplicables	108
5.2.6.1.2. Especificaciones Técnicas Detalladas	109
5.2.6.1.3. Procedimiento de Disposición y Retiro	109

5.2.6.1.4. Restauración de Áreas -----	109
5.2.6.2. Pruebas de Estanqueidad -----	109
5.2.6.2.1. Normas, Códigos y Reglamentos Aplicables-----	110
5.2.6.2.2. Especificaciones Técnicas Detalladas -----	110
5.2.6.2.3. Procedimiento de la Prueba (Presión Hidrostática)-----	110
5.2.6.2.4. Prueba de Estanqueidad en el Reservorio -----	110
5.2.6.2.5. Criterios de Fallo y Reparación -----	111
5.3. Rubros y Análisis de Precios Unitarios-----	111
5.4. Cantidades de Obra -----	113
5.5. Costo del Proyecto-----	114
5.6. Cronograma de Obra -----	117
Capítulo 6 -----	121
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES-----	122
6.1. Conclusiones -----	122
6.2. Recomendaciones -----	123
Referencias-----	125
ANEXO A: ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU) -----	129
ANEXO B: FOTOGRAFÍAS -----	149
ANEXO C: PLANOS -----	156

Abreviaturas

ACI	American Concrete Institute (Instituto Americano del Hormigón)
APUs	Análisis de Precios Unitarios
AWWA	American Water Works Association (Asociación Americana de Obras Hidráulicas)
ARCA	Agencia de Regulación y Control del Agua
CAPEX	Capital Expenditures (Gastos Capitales)
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
EIA	Estudios de Impactos Ambientales
GAD	Gobierno Autónomo Descentralizado
GPS	Global Positioning System (Sistema Global de Posicionamiento)
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
MAATE	Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica del Ecuador
NEMA	National Electrical Manufacturers Association (Asociación Nacional Eléctrica de Manufactura)
NTE	Norma Técnica Ecuatoriana
ONU	Organización de las Naciones Unidas
OPEX	Operational Expenditures (Gastos Operacionales)
PDyOT	Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial
SENAGUA	Secretaría Nacional del Agua
TULSMA	Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente
AISC	American Institute of Steel Construction

NEC Norma Ecuatoriana de la Construcción

Simbología

°	Grados
°C	Grados centígrados
f'c	Resistencia del concreto
f _y	Límite elástico
hab/km ²	Habitantes por kilómetro cuadrado
HP	Horsepower (Caballo de Fuerza)
kg/cm ²	Kilogramo por centímetro al cuadrado
m	Metros
m ²	Metros cuadrados
m ³	Metros cúbicos
m ³ -km	Metros cúbicos por kilómetro
m.c.a	Metros de columna de agua
mm	Milímetros
ml	Metros lineales
m/s	Metros sobre segundos
pH	Potencial de Hidrógeno
Q _{disponible}	Caudal disponible
Q _{md}	Caudal medio diario
Q _{MD}	Caudal máximo diario
Q _{MH}	Caudal máximo horario
φ	Diámetro de la varilla de acero
und	Unidad

USD/m³ Costo de inversión por unidad de volumen de agua

Índice de figuras

Figura 1 Diagrama de flujo	3
Figura 2 Ubicación de la zona de estudio	14
Figura 3 Área de influencia de la zona de estudio	17
Figura 4 Levantamiento topográfico	17
Figura 5 Levantamiento topográfico	18
Figura 6 Datos topográficos de la zona de estudio.....	22
Figura 7 Curvas de nivel de la comuna.....	23
Figura 8 Estructura de captación existente.....	32
Figura 9 Evidencia de las canecas de agua para la recolección	37
Figura 10 Vista en planta de la estructura de captación existente.....	37
Figura 11 Vista en corte de la estructura de captación existente	38
Figura 12 Distribución de los orificios en la pantalla frontal.....	40
Figura 13 Altura total de la cámara húmeda	41
Figura 14 Vista en planta de la adecuación de la zona de captación	44
Figura 15 Vista en corte de la adecuación de la zona de captación	44
Figura 16 Electrobomba tipo Jet modelo JCRm2A (1.5 HP - 220V).	50
Figura 17 Modelo hidráulico de la red de conducción.....	53
Figura 18 Tanque de almacenamiento ya existente	57
Figura 19 Dimensiones del tanque de 1100 litros	57
Figura 20 Modelo hidráulico de la red de distribución	58
Figura 21 Losa de piso en sitio	62
Figura 22 Matriz de Leopold con cada una de las acciones que causan posibles Impactos Ambientales.....	82
Figura 23 Esquema de la estructura desglosada de trabajo.....	88

Índice de tablas

Tabla 1 Datos topográficos del polígono de intervención.....	18
Tabla 2 Proyección poblacional	25
Tabla 3 Escala general de Likert para los criterios	29
Tabla 4 Escala Likert para el sistema de distribución de agua.....	29
Tabla 5 Evaluación de alternativas para el sistema de distribución de agua.....	30
Tabla 6 Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua.....	33
Tabla 7 Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio.....	33
Tabla 8 Porcentaje de fugas a considerarse en el diseño de sistemas	33
Tabla 9 Proyección de caudales	35
Tabla 10 Caudales de diseños para los elementos de un sistema de distribución de agua.....	36
Tabla 11 Dimensiones de la fuente de captación	38
Tabla 12 Adecuación del cárcamo en la zona de captación	45
Tabla 13 Requisitos para la red de conducción	54
Tabla 14 Datos de la red de conducción.....	54
Tabla 15 Longitudes, diámetros y velocidades en las tuberías de la red de conducción.	55
Tabla 16 Requisitos para la red de conducción	59
Tabla 17 Resultados obtenidos en los nodos	59
Tabla 18 Resultados obtenidos en las tuberías	60
Tabla 19 Peso total en Kg para las columnas	68
Tabla 20 Peso total en Kg para las vigas intermedias	68
Tabla 21 Peso total en Kg para los arriostramientos	68
Tabla 22 Peso total en Kg para las vigas de la plataforma.....	68
Tabla 23 Peso total en Kg para las vigas secundarias de la plataforma	69
Tabla 24 Peso total en Kg para la plataforma.....	69

Tabla 25 Peso total en Kg para la baranda de seguridad.....	69
Tabla 26 Peso total en Kg para la escalera.....	69
Tabla 27 Etapas del proyecto con los diferentes componentes	72
Tabla 28 Acciones que causan impactos ambientales.....	76
Tabla 29 Posibles consecuencias de acciones que causan impactos ambientales.....	79
Tabla 30 Asignación de valores para la matriz de Leopold	80
Tabla 31 Descripción de cada rubro del proyecto.....	111
Tabla 32 Descripción de las cantidades por cada rubro mostrado	113
Tabla 33 Presupuesto total calculado	116

Índice de planos

PLANO 1 Vista en planta de la red de tuberías

PLANO 2 Vista de arreglo de captación

Capítulo 1

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente el rápido crecimiento poblacional y el desarrollo de comunidades rurales, ha llevado a la necesidad de contar con sistemas de distribución de agua que sean sostenibles, accesibles y capaces de garantizar un acceso continuo y seguro al recurso hídrico. Lograr que comunidades rurales cuenten con la distribución y gestión del recurso de forma equitativa se vuelve un desafío si hablamos del derecho al agua que todos como personas deberíamos de poseer.

Este proyecto aborda el diseño de un sistema sostenible de distribución de agua en la comunidad Cabo de Hacha del cantón Jipijapa, pues busca mejorar la calidad de vida de sus habitantes al tener acceso de manera continua al recurso hídrico, y reducir las pérdidas generadas por la forma de transporte actual del recurso hídrico; con un bajo costo de inversión que sea accesible a la comuna. Se quiere que esta solución represente un beneficio en cuanto al aprovechamiento y distribución del agua aplicando criterios técnicos y ambientales que se adapten a la realidad de la comuna.

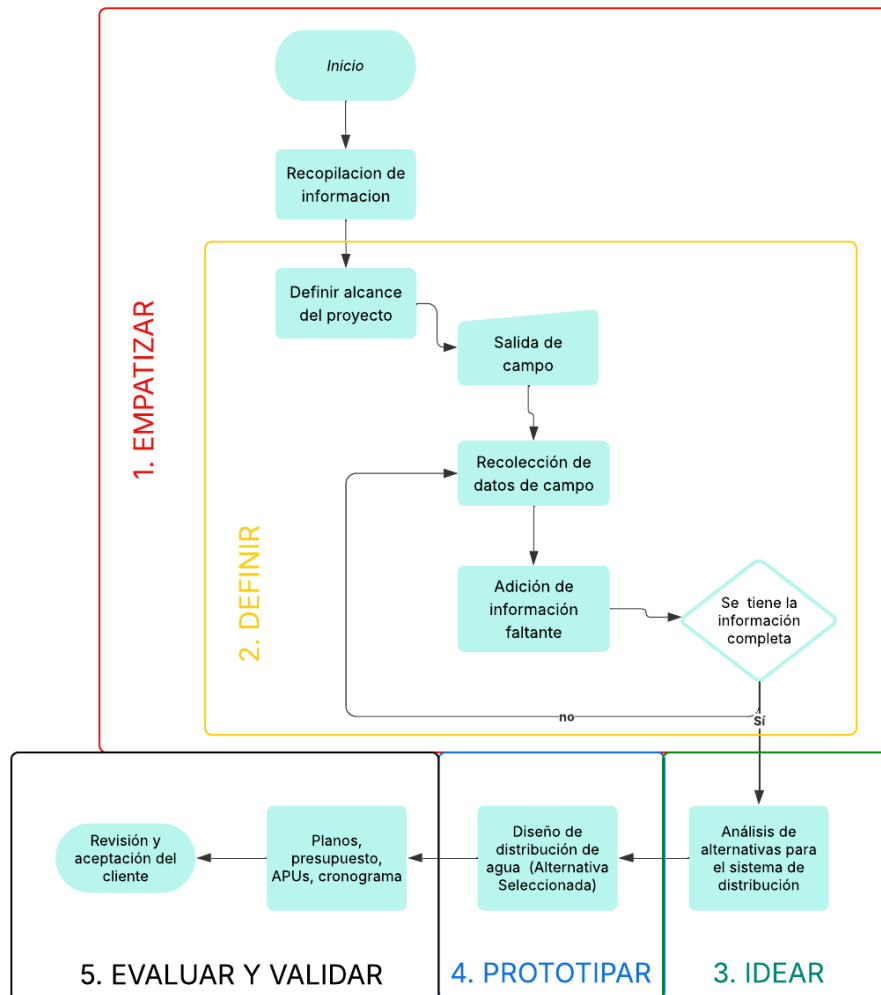
Para el desarrollo del estudio se considerarán aspectos importantes como la situación actual de la comuna en torno a la distribución del agua y su topografía, así como demanda, población y caudal. Partiendo de los criterios de diseño relacionados a las asignaturas de las áreas hidráulica, sanitaria, geotecnia y gestión de proyectos que han sido parte de la formación de grado en la carrera de ingeniería civil. Lo referido, para poder analizar la viabilidad del proyecto y resolver el problema planteado con soluciones que prioricen la participación de la comunidad, así como un sistema de distribución de agua que sea durable, sostenible y de bajo costo; contribuyendo positivamente a la sociedad.

A continuación, se presenta la metodología de trabajo que se sigue en la presente memoria técnica. El siguiente diagrama muestra un proceso iterativo y estructurado garantizando

que el diseño final del sistema de distribución de agua sea funcional, sostenible y acorde con las necesidades de la comunidad Cabo de Hacha.

Figura 1

Diagrama de flujo



En la etapa de empatizar, el primer paso empieza con la recopilación de información para comprender el contexto y las necesidades del proyecto en la comuna. Luego, en la etapa definir, establecemos el alcance del proyecto y se realizan las salidas de campo para recolectar datos. Si la información obtenida es insuficiente, se debe volver a la comuna a seguir con la etapa de recolección hasta obtener los datos suficientes. Esta etapa se incluirá dentro del capítulo 2, el cual concluye con la etapa idear, en la cual, se realiza un análisis de alternativas para el sistema de distribución de agua, evaluando las opciones más viables.

Por otro lado, en la etapa de Prototipar (capítulo 3), se desarrolla el diseño de la distribución de agua, de la alternativa seleccionada. Luego, en evaluar y validar, se realiza la evaluación ambiental (capítulo 4) y el capítulo 5 en el que se elaboran los planos, presupuesto, análisis de precios unitarios (APUs) y el cronograma, los cuales se presentan para la revisión y aceptación del cliente. Finalmente, se desarrolla el capítulo 6 de conclusiones y recomendaciones.

1.1. Antecedentes

El agua es un recurso esencial en la vida del ser humano, de igual manera la gestión de recursos hídricos es de suma importancia para la producción de alimentos como la agricultura, ganadería y la protección de la salud. Haga clic o pulse aquí para escribir texto., por lo que el acceso al agua limpia es reconocido como un derecho humano esencial. Las Naciones Unidas dentro de los objetivos globales como parte de una nueva agenda sostenible para el futuro, constituye el Objetivo de Desarrollo Sostenible 6, que busca garantizar la disponibilidad y gestión sostenible del recurso para todos. Haga clic o pulse aquí para escribir texto.

Ecuador cuenta con una extensa red hídrica de ríos, lagos y acuíferos. Sin embargo, enfrenta desafíos en cuanto a las brechas de acceso a servicios de agua potable y saneamiento. La parte más afectada en el país son las zonas rurales, que sufren esta carencia de servicios en mayor medida. En el 2010, dos millones de habitantes rurales de Ecuador no contaban con servicios de agua potable y dos millones y medio no disponían de sistemas de saneamiento. Haga clic o pulse aquí para escribir texto.

En el Ecuador, a pesar de los avances en infraestructura y normativas, persisten limitaciones en la cobertura y calidad del servicio en zonas rurales. Según el estudio de Haga clic o pulse aquí para escribir texto. en provincias como Manabí, aunque existen mejoras de los servicios básicos, las cifras son bajas en comparación a otras provincias, ya que el acceso de

agua potable alcanza un 61.1%. Estos datos detallan que aún existen comunidades que dependen de fuentes no seguras o del abastecimiento mediante tanqueros, lo que evidencia la necesidad de soluciones sostenibles. Según el Boletín Técnico presentado por Haga clic o pulse aquí para escribir texto. se determinó que en el sector urbano la continuidad del servicio de agua por red pública es entre 1 y 5 horas superior en comparación con el área rural. Además, lineamientos técnicos emitidos por el Ministerio de Obras Públicas y la autoridad única del agua (actual Ministerio de Ambiente y Energía) destacan la importancia de sistemas de agua limpia que integren eficiencia, sostenibilidad y participación comunitaria.

Ante el inadecuado manejo de la provisión del suministro de agua y saneamiento básico en áreas rurales, especialmente en la región Costa, las organizaciones comunitarias conscientes de la inestabilidad económica, buscan diferentes mecanismos de ayuda en organismos no gubernamentales, para una mejor calidad de vida Haga clic o pulse aquí para escribir texto..

La comunidad Cabo de Hacha perteneciente al cantón Jipijapa, es un asentamiento rural ubicado en la parroquia La Unión, al sur de la provincia de Manabí, con una población de aproximadamente 60 habitantes. Al ser un recinto rural, Cabo de Hacha se suma al grupo de comunidades en Manabí donde su forma de vida depende de la recolección de agua por medio de baldes desde un río cercano a la comuna, como su fuente de abastecimiento.

1.2. Descripción del Problema

En las zonas rurales del Ecuador, la falta de cuidado en el abastecimiento del agua representa un grave riesgo sanitario para las comunidades. Generalmente las fuentes de captación en dichas zonas no cuentan con una protección adecuada, como cubiertas o sistemas de filtración, evitando que el agua se pueda contaminar fácilmente con desechos orgánicos o residuos agrícolas. Además, la falta de mantenimiento y limpieza periódica favorece la proliferación de bacterias, parásitos y patógenos que provocan enfermedades.

La ubicación de la captación de agua cerca de zonas de cultivo, vertederos o cauces contaminados empeora la situación debido a que los fertilizantes y plaguicidas pueden infiltrarse en el recurso hídrico. La falta de control y gestión sanitaria debido a la lejanía de los poblados urbanos no solo compromete la salud de la población, especialmente la infantil, sino que también limita el desarrollo social y económico de las comunidades rurales, al incrementar los gastos médicos y reducir la productividad laboral.

La comunidad obtiene el recurso hídrico para su consumo directamente de un río cercano, en el cual se ha implementado artesanalmente una estructura rectangular para almacenar el agua captada y así facilitar su distribución. No obstante, este procedimiento demanda un considerable esfuerzo físico, dado que los comuneros en el punto de captación del río deben descender una distancia aproximada de 45 a 50 metros hasta el cauce fluvial y, posteriormente, ascender con el agua la misma distancia y continuar el recorrido hasta sus viviendas, las cuales se encuentran a unos 150 metros de la toma.

Este proceso rutinario de descender y ascender las pendientes del terreno, caminando largas distancias hasta el punto de captación de agua, representa una pérdida significativa de tiempo que podría dedicarse a actividades productivas. Este acarreo diario, ya sea manual o con la ayuda de animales, se traduce en un esfuerzo físico extenuante y constante que puede traer problemas de salud a largo plazo. Además, el uso de medios alternativos como las motocicletas para llevar el agua en bidones genera gastos adicionales y recurrentes en combustible y mantenimiento, sumando un costo económico sustancial.

En la mayoría de los casos, el transporte del agua se realiza mediante animales de carga, motos o de forma manual. Como medida alternativa, ciertas familias acceden al suministro a través de bidones de agua embotellada que son trasladados en motocicletas desde las comunidades vecinas. Por lo expuesto es importante para la comunidad de Cabo de Hacha, que

se diseñe un sistema de distribución de agua que disminuya los costos de acceso al agua y se reduzcan las pérdidas generadas en el transporte.

1.3. Justificación del Problema

Este problema, evidencia la falta de un sistema de distribución adecuado, pues, obliga a la población a depender de un abastecimiento intermitente y costoso para acceder a este recurso vital, lo que no solo genera riesgos sanitarios, sino que afecta el desarrollo y bienestar de sus habitantes. Lograr que la comunidad cuente con un sistema de distribución es importante ya que el acceso al agua es un derecho fundamental básico, reconocido por la Organización Mundial de Salud y la Constitución de la República del Ecuador, que se vuelve esencial para la vida de los seres humanos.

En este contexto, en el Ecuador a pesar de las normativas y acciones que han aplicado las diferentes autoridades de gobierno central y local, persisten poblaciones rurales con el acceso restringido al recurso hídrico. Tal es el caso de la comunidad Cabo de Hacha en el cantón Jipijapa la cual no cuenta con un sistema de distribución por tubería para el agua de consumo desde la fuente de captación.

Esta problemática provoca que los habitantes tengan que recorrer distancias largas hasta llegar al río y obtener el recurso. Muchas veces son mujeres y niños que tienen que realizar esta actividad que requiere de gran esfuerzo físico, pérdida de tiempo, exposición al sol y riesgos sanitarios. Y, al no querer realizar esta actividad que conlleva todos estos factores, los habitantes se ven obligados a pagar a otras personas que cuentan con un medio de transporte como una motocicleta para transportar de manera rápida el agua pero que requiere de un valor monetario.

Las ventajas de implementar un sistema de distribución sostenible de agua ayudarían a que las familias ya no tengan que salir de sus casas a buscar el líquido vital y tengan la tranquilidad y confianza de que al abrir sus llaves siempre contarán con el recurso. Además de

que se estaría promoviendo hábitos de higiene tanto personales como de labores domésticas.

Esta solución también aporta a que el tiempo que emplean en la recolección del agua se lo distribuya ahora en actividades como práctica de deportes, ferias de gastronomía, de educación; además de otros beneficios que implica el acceso continuo y seguro al recurso hídrico. Mientras que, por el lado de la sostenibilidad, aporta a la optimización del recurso ya que al transportar el agua de manera manual o por canecas llevadas en motocicletas se producen pérdidas considerables que afectan la disponibilidad del recurso hídrico.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Diseñar un sistema sostenible de distribución de agua para consumo humano en la comunidad Cabo de Hacha, Jipijapa, que garantice el acceso continuo y seguro al recurso hídrico, mediante el análisis de criterios técnicos como demanda, población, caudal y la aplicación de principios ambientales en el dimensionamiento del sistema.

1.4.2. Objetivos específicos

1. Evaluar la disponibilidad del agua, las características geográficas y socioeconómicas, los requerimientos del cliente y las limitaciones del proyecto, mediante la recopilación de datos de campo, entrevistas y revisión bibliográfica estableciendo las alternativas de diseño.
2. Determinar las estructuras de distribución de agua y el volumen de almacenamiento requerido, de manera que se garantice el suministro constante a la población mediante el cálculo de la demanda hídrica per cápita y el análisis topográfico.
3. Modelar la infraestructura de la red de distribución mediante la aplicación de software especializado para el dimensionamiento hidráulico.

4. Establecer la viabilidad técnica, económica y ambiental del diseño propuesto, garantizando su perdurabilidad y minimizando el impacto ecológico, mediante el análisis de costos de inversión, costos de operación y de impacto ambiental.

Capítulo 2

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Revisión de literatura

Hoy en día, el incremento de la población y el impacto que ha generado el cambio climático han dado como consecuencia que la demanda del recurso hídrico también crezca, volviéndose importante al tratarse de un servicio básico a nivel global (Delgado Castro, 2025).

Para obtener este recurso se sabe que existen dos maneras convencionales de conseguirlo; la primera es de aguas superficiales que ofrecen mayor cantidad de agua y a la vez su extracción se vuelve fácil, la segunda es de aguas subterráneas que al estar a profundidades considerables su captación se vuelven un poco complicada, pero se considera como un recurso más constante a mediano plazo (Fernández, 2012).

Piñas et al. (2024) mencionan que promover una distribución sostenible de agua en comunidades rurales no solo mejora la calidad de vida de los habitantes, sino que favorece a la conservación del medio ambiente, pues, la gestión eficaz de los recursos hídricos apoya la resiliencia de los ecosistemas locales y salvaguarda las fuentes de agua para las próximas generaciones, promoviendo un equilibrio entre la comunidad rural.

En la literatura técnica sobre tipos de sistemas, los sistemas por gravedad han sido ampliamente documentados como una solución eficiente para áreas rurales con suficiente diferencia de cota entre fuente y asentamiento: permiten reducir o eliminar energía mecánica para el suministro y simplifican operación y mantenimiento cuando hay disponibilidad de fuente confiable. Investigaciones de casos específicos, muestran que los sistemas por gravedad mejoran la continuidad y reducen costos operativos, siempre que se incorpore monitoreo de calidad y manejo de pérdidas (Brooks et al., 2018).

La reducción de pérdidas (fugas) y la gestión de fugas en sistemas pequeños también aparece como un punto recurrente en la literatura: investigaciones sobre gestión de pérdidas en sistemas de pequeña escala señalan que identificar y controlar fugas con indicadores de

desempeño y tecnologías de detección de bajo costo aumenta considerablemente la eficiencia y reduce la necesidad de mayor extracción o gasto energético. Esto es relevante para mantener la sostenibilidad hídrica y económica del sistema propuesto (Klosok-Bazan et al., 2021).

El acceso al agua potable en América Latina, cada vez se vuelve un problema que muchas veces no es fácil de resolver. Como ejemplo se tiene a Argentina, que luego de que privatizaran el recurso y los valores de las facturas salieran extremadamente elevados, las personas con escasos recursos son las más afectadas, tanto así que las deudas sobrepasan el valor de sus viviendas teniendo que en algunos casos venderlas para lograr pagar las facturas. Y, en México más de 11 millones de personas que viven en áreas rurales no cuentan con el recurso hídrico, pues si bien gozan de ríos y lagos importantes, al menos el 94% de sus aguas se encuentran contaminadas (Nieto, 2011).

Becerra et al. (2023) utilizaron una metodología para la gestión del recurso hídrico que se basaba en el fortalecimiento activo de la participación de la comunidad rural, en el cual se tenía varios actores como: organizaciones sociales, junta de acción comunal, madres, jóvenes y niños. Este método consistió en dialogar y tener espacios de discusión con los habitantes de la comuna para que ellos puedan darse cuenta del significado de pertenencia e identidad que tienen con el recurso hídrico, así como también que logren concientizar sobre las prácticas o acciones que podrían deteriorar el mismo. Esta participación comunitaria permitió no solo comprender la realidad que vive la comunidad en cuanto a la carencia del recurso, sino que ayudó a la planificación de la gestión del recurso considerando aspectos sociales, ecológicos y políticos con soluciones sostenibles y accesibles al sitio.

En cuanto a tecnologías sostenibles, las bombas solares y sistemas híbridos (solar + almacenamiento o respaldo de generación) aparecen como alternativa viable para impulsar redes en zonas donde la gravedad no es suficiente o donde se quiere reducir dependencia de combustibles fósiles. Revisiones técnicas recientes muestran que la energía fotovoltaica para

bombeo es económicamente competitiva en muchas regiones rurales y que su adopción requiere dimensionamiento adecuado, planeamiento de operación y consideraciones para mantenimiento y repuestos. Además, estudios recientes evalúan la necesidad de soporte institucional y garantías de suministro de servicio post instalación (Aliyu et al., 2018).

Según, Torres et al. (2019) la cantidad de agua que una comunidad rural necesita depende de algunos aspectos tales como: el clima, los hábitos de la comunidad, el tipo de saneamiento que dispongan, prácticas religiosas y culturales, el tipo de alimentos que consumen, entre otras. Mientras que Frêne et al. (2022) dicen que el uso en general de agua para una comuna rural varía según el número de animales que se tenga así como el número de habitantes, ya que según sus investigaciones, las estadísticas dieron que el mayor consumo estaba destinado para el uso domésticos y para el ganado bovino y que la cantidad diaria de agua por familia estaría alcanzando alrededor de los 600 litros, haciendo énfasis que esta cantidad podía variar según la estación del año, el tamaño del predio y el tipo de especie.

Los sistemas de distribución de agua en comunidades rurales presentan desafíos técnicos y sociales que afectan su sostenibilidad a largo plazo. Según, Asbetsadik et al. (2025), la participación de la comunidad en la gestión y mantenimiento de los sistemas es un factor decisivo para evitar el deterioro de la infraestructura y garantizar un suministro continuo. En su estudio sobre el esquema rural de abastecimiento de agua en Emegua Kebele, los autores destacan que la capacitación de los usuarios y la gobernanza local fortalecen la operación y sostenibilidad del sistema de distribución, al permitir una respuesta más eficiente ante fallas técnicas o escasez estacional. Esto evidencia que la sostenibilidad de los sistemas rurales no depende únicamente del diseño hidráulico, sino también del fortalecimiento organizativo y social de la comunidad.

En cuanto al mantenimiento del sistema de agua, Sapién-Aguilar et al. (2025), mencionan que es importante otorgar un plan de mantenimiento preventivo y correctivo que en primera

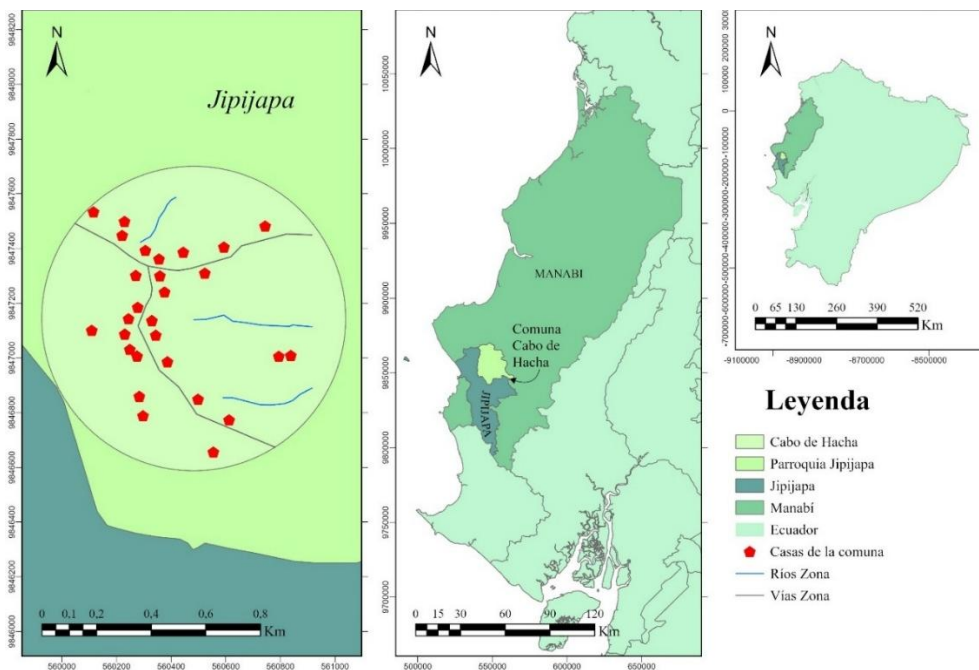
instancia garantice la continuidad del servicio facilitando la optimización de los recursos y, como consecuencia la disminución de costos, lo que ayudara a que los comités que hay en las comunidades rurales tengan una mayor eficacia.

2.2. Área de estudio

La comunidad de Cabo de Hacha se encuentra situada en la parroquia rural La Unión, perteneciente al cantón Jipijapa, en la provincia de Manabí, se encuentra a 20 kilómetros de la ciudad de Jipijapa, en la región Costa del Ecuador. El cantón Jipijapa se ubica en el extremo sur de la provincia, limitando al norte con el cantón Paján, al sur con el cantón Puerto López, al este con el cantón 24 de mayo y al oeste con el océano Pacífico. La cabecera cantonal se localiza aproximadamente a $1^{\circ}21'$ de latitud sur y $80^{\circ}35'$ de longitud oeste, a una altitud media de 330 metros sobre el nivel del mar.

Figura 2

Ubicación de la zona de estudio



Nota. Imagen tomada por IIGE (2018)

La comunidad de Cabo de Hacha se caracteriza por ser un asentamiento rural disperso, conformado por viviendas de tipo unifamiliar, con actividades económicas basadas

principalmente en la agricultura de subsistencia y la ganadería menor. El acceso se realiza por caminos secundarios que conectan con la vía principal Jipijapa–Puerto López. La zona se encuentra a una distancia aproximada de 25 km del centro urbano de Jipijapa, lo que condiciona la provisión de servicios básicos, entre ellos el acceso al agua potable.

Los autores (Acebo et al., 2020) del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDyOT) del GAD de Jipijapa 2019–2023 identifica a Cabo de Hacha como una de las comunidades con mayores limitaciones en infraestructura hídrica y saneamiento, dentro del eje de sostenibilidad ambiental y gestión de recursos naturales. El documento señala que, a pesar de la existencia de fuentes superficiales y subterráneas cercanas, no se dispone de un sistema formal de captación ni red de distribución, situación que afecta la calidad de vida de la población local.

Según el Geoportal (Infraestructura de Datos Espaciales para Instituto Geográfico Militar, 2017), menciona que la geografía de la comunidad Cabo de Hacha se encuentra ubicada en la zona del Bosque Húmedo Pre-Montano, la cual registra temperaturas promedio anuales entre 18°C y 24°C, con una precipitación anual de 1000 a 2000 mm. La estación meteorológica más cercana a la comunidad es “La Teodomira” (M1208) ubicada en la parroquia Santa Ana (INAMHI, 2025).

El suelo en esta área es comúnmente de textura arcillosa con tonos rojos o pardo rojizos, derivado de rocas volcánicas, su uso es agrícola debido al tipo de suelo mencionado, es ideal para el cultivo de café, la forma de relieve de la superficie corresponde a los fondos de cuencas y gargantas fluviales, las amenazas geológicas por deslizamiento son de grado bajo. La capacidad de uso de tierras que tiene la zona es de dos tipos, clase III: limitaciones ligeras para la agricultura y otros usos arables y clase VI: tierras aptas para aprovechamiento forestal con limitaciones muy fuertes (Infraestructura de Datos Espaciales para Instituto Geográfico Militar, 2017).

El recurso hídrico en la parroquia La Unión está compuesto por ríos y esteros

intermitentes. La hidrografía parroquial está influenciada por varias cuencas de ríos importantes, entre las que se encuentran el Daule, Portoviejo, Ayampe, Buenavista, Bravo, Canta Gallo, Jipijapa, Salaite, Cañas, Valdivia, Viejo, y Javita. La microcuenca en la que se encuentra la zona es el río Guineal, a su vez la subcuenca que la envuelve es el río Daule y por último la cuenca de estudio es el río Guayas. Estas divisiones hidrográficas son cruciales para el suministro de agua para consumo humano y para sistemas de riego que son de beneficio para la agricultura en la zona. La infiltración del suelo es de tipo permeable mientras que la desertificación es baja, por lo que las sequias según los datos mostrados son bajas sin susceptibilidad ante las inundaciones.

En cuanto a la parte social y económica, la comunidad Cabo de Hacha cuenta con una organización de la economía popular solidaria llamado Cooperativa Agrícola Cafetalera Cabo de Hacha, ya que el sistema productivo del sitio es de tipo mercantil. Los datos mostrados por (Infraestructura de Datos Espaciales para Instituto Geográfico Militar, 2017), demuestran que los servicios básicos de la zona son bajos debido a la lejanía respecto a las ciudades más pobladas, ya que su densidad poblacional es baja (3-20 hab/km²) y con un analfabetismo mayor al 15%.

2.3. Trabajo de campo y laboratorio

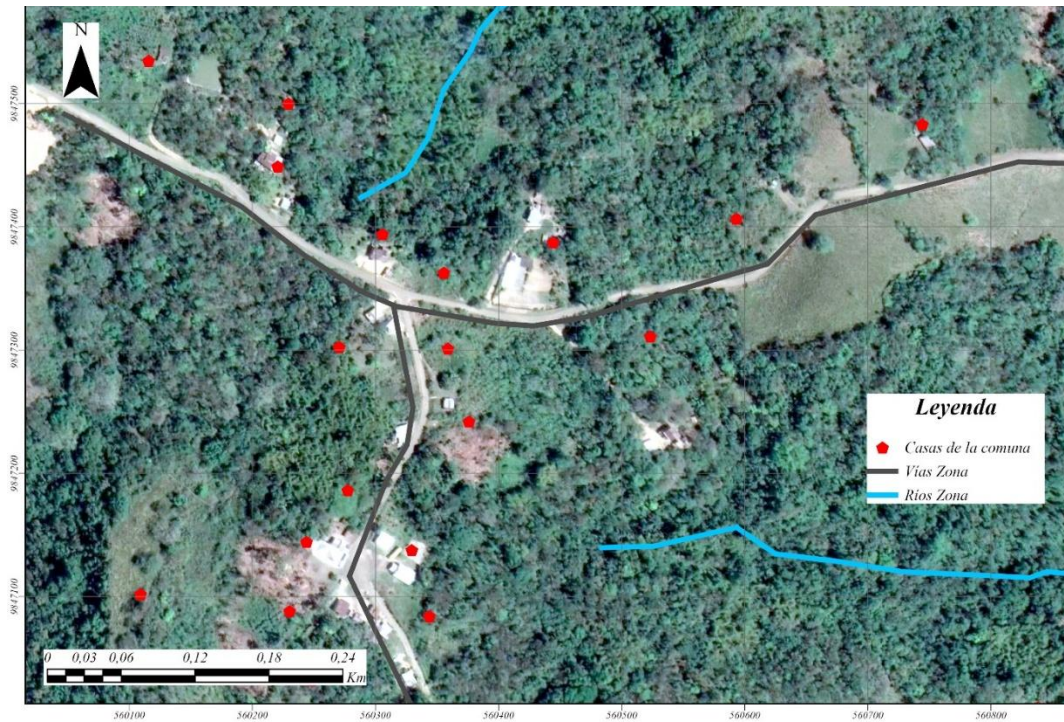
2.3.1. Levantamiento topográfico

Como parte del estudio de diseño del sistema de distribución de agua para la comuna Cabo de Hacha, se necesitó del levantamiento topográfico del área a estudiar.

El levantamiento topográfico lo efectuó el cliente mediante el uso de equipos topográficos, obteniendo cotas, distancias y coordenadas necesarias para el diseño hidráulico de la red. Los datos fueron procesados en software especializado con licencia estudiantil para realizar planos, generando el plano topográfico con curvas de nivel y pendientes, que sirvió de base para el cálculo de pérdidas de carga y determinación de presiones en la red.

Figura 3

Área de influencia de la zona de estudio



Nota. Imagen tomada de Google Earth (2025)

Figura 4

Levantamiento topográfico



Nota. Imagen proporcionada por el cliente.

Figura 5

Levantamiento topográfico



Nota. Imagen proporcionada por el cliente.

2.4. Análisis de datos

2.4.1. Análisis de topografía

Preliminarmente, se consideró la evaluación de la topografía para conocer la ubicación de la fuente, definir la red de conducción y calcular la altura del almacenamiento, con criterios para minimizar pérdidas de energía y costos constructivos.

Tabla 1

Datos topográficos del polígono de intervención

Punto	Eje X	Eje Y	Cota (Z)	Descripción
1	9847125,000	560272,000	519,000	100
2	9847125,000	560272,000	519,000	101
3	9847133,076	560291,455	518,424	102
4	9847143,146	560284,284	517,998	103
5	9847125,511	560267,317	518,775	104
6	9847121,090	560263,492	518,928	105
7	9847107,511	560278,043	518,788	106
8	9847115,214	560269,702	518,935	107
9	9847123,923	560311,503	517,846	108
10	9847124,440	560311,760	518,047	109
11	9847128,010	560308,538	518,087	110

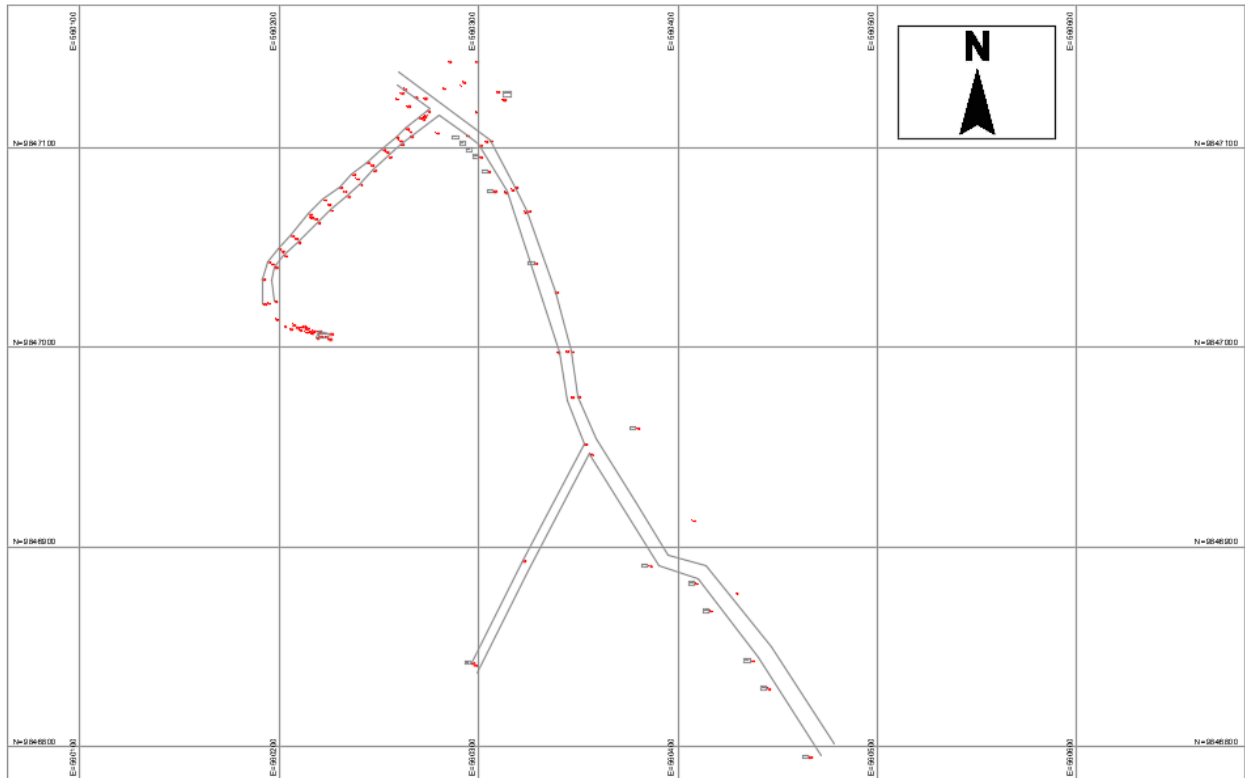
Punto	Eje X	Eje Y	Cota (Z)	Descripción
12	9847143,350	560297,904	516,294	111
13	9847118,000	560298,000	518,505	B
14	9847131,116	560290,479	518,371	C
15	9847127,444	560260,311	518,539	120
16	9847129,726	560261,818	518,556	121
17	9847124,611	560257,927	518,749	122
18	9847116,538	560272,246	517,262	123
19	9847114,555	560271,064	517,151	124
20	9847118,389	560273,814	517,505	125
21	9847115,417	560271,565	517,293	D
22	9847115,417	560271,565	517,293	1
23	9847108,234	560264,631	514,875	130
24	9847105,738	560265,210	514,691	131
25	9847109,589	560262,936	514,572	132
26	9847103,681	560259,440	513,120	133
27	9847101,718	560260,404	513,085	134
28	9847105,202	560257,973	512,887	135
29	9847097,998	560252,909	510,696	136
30	9847095,591	560254,347	510,716	137
31	9847099,226	560251,041	510,389	138
32	9847091,280	560245,271	507,997	139
33	9847088,805	560246,252	507,985	140
34	9847092,670	560243,346	507,601	141
35	9847084,626	560237,916	505,151	142
36	9847081,678	560239,671	504,928	143
37	9847086,583	560236,051	505,090	144
38	9847078,223	560231,547	502,545	145
39	9847075,670	560233,281	502,411	146
40	9847080,307	560229,605	502,439	147
41	9847071,546	560223,759	500,013	148
42	9847068,847	560225,063	500,016	149
43	9847073,994	560221,504	500,191	150
44	9847064,702	560217,009	497,950	151
45	9847062,372	560218,614	498,148	152
46	9847066,734	560214,176	497,976	153
47	9847065,061	560214,790	497,664	E
48	9847115,691	560271,875	514,651	160
49	9847054,770	560207,182	494,498	161
50	9847052,568	560208,782	494,722	162
51	9847056,199	560205,263	494,730	163
52	9847048,342	560200,269	491,356	164
53	9847046,001	560201,758	491,285	165
54	9847049,262	560198,865	491,451	166
55	9847041,814	560195,117	488,387	167

Punto	Eje X	Eje Y	Cota (Z)	Descripción
56	9847040,193	560197,153	488,678	168
57	9847042,827	560193,400	488,441	169
58	9847034,052	560190,909	485,525	H
59	9847065,118	560214,835	496,118	170
60	9847022,076	560193,549	481,868	171
61	9847022,956	560196,767	482,198	172
62	9847021,603	560191,359	481,886	173
63	9847014,113	560197,482	478,900	174
64	9847010,586	560202,073	477,927	J
65	9847034,082	560190,894	484,399	180
66	9847007,985	560219,187	479,771	181
67	9847008,126	560218,988	479,044	182
68	9847006,785	560224,556	479,622	183
69	9847006,809	560224,681	479,206	184
70	9847004,217	560224,054	479,635	185
71	9847004,125	560224,131	479,300	186
72	9847004,498	560217,998	479,778	187
73	9847006,138	560219,129	478,666	OTA0
74	9847008,260	560216,172	478,914	190
75	9847008,264	560216,149	478,912	191
76	9847007,024	560215,024	478,948	192
77	9847007,849	560214,917	478,676	193
78	9847009,560	560213,288	478,311	194
79	9847007,717	560212,273	479,051	195
80	9847009,145	560212,459	478,214	196
81	9847010,531	560211,381	478,048	197
82	9847010,124	560210,017	477,693	198
83	9847008,806	560209,298	478,160	199
84	9847010,060	560207,917	477,628	200
85	9847011,489	560205,995	477,721	201
86	9847009,303	560204,583	477,547	202
87	9847129,853	560281,563	518,136	300
88	9847103,335	560302,741	515,207	301
89	9847101,547	560299,759	515,020	302
90	9847103,600	560305,338	515,004	303
91	9847095,532	560300,082	516,399	C1
92	9847088,065	560304,505	514,947	C2
93	9847078,283	560307,276	512,952	C3
94	9847079,170	560315,648	509,832	400
95	9847080,315	560317,850	509,958	401
96	9847077,877	560312,589	509,938	402
97	9847067,985	560322,103	507,184	403
98	9847068,413	560324,073	507,061	404
99	9847027,528	560337,870	503,098	K

Punto	Eje X	Eje Y	Cota (Z)	Descripción
100	9847106,293	560293,531	514,928	500
101	9847042,034	560327,885	503,245	C7
102	9846997,980	560343,290	502,239	450
103	9846997,885	560346,091	502,206	451
104	9846997,617	560338,868	502,071	452
105	9846975,104	560345,911	502,626	453
106	9846975,262	560349,059	502,494	454
107	9846951,423	560352,497	504,595	455
108	9846946,417	560355,333	504,847	L
109	9847027,487	560337,879	500,025	650
110	9846892,820	560321,708	504,503	651
111	9846841,564	560295,918	508,633	652
112	9846840,695	560297,154	508,555	653
113	9846959,379	560378,928	512,560	C11
114	9846913,084	560406,711	507,501	M
115	9846946,374	560355,400	502,514	680
116	9846890,328	560384,865	512,598	C15
117	9846876,726	560428,830	506,981	N
118	9846913,091	560406,707	505,799	N
119	9846913,102	560406,700	505,798	690
120	9846881,473	560408,313	510,417	C20
121	9846867,784	560415,491	511,359	C21
122	9846842,779	560436,265	504,890	C22
123	9846828,877	560444,482	502,419	C23
124	9846794,529	560465,410	497,214	C24
125	9846794,528	560465,411	497,213	C25

Con los datos proporcionados por el cliente sobre la topografía, se detalla en el software los puntos tomados para tener una vista preliminar del sitio, tanto como las cotas de cada punto, así como la ubicación de las casas que forman parte de la comuna. Los puntos que tienen en la descripción C1, se refiere a casas que se encuentran en el lugar de estudio, se tienen contabilizadas 15 casas y 1 capilla.

Figura 6
Datos topográficos de la zona de estudio

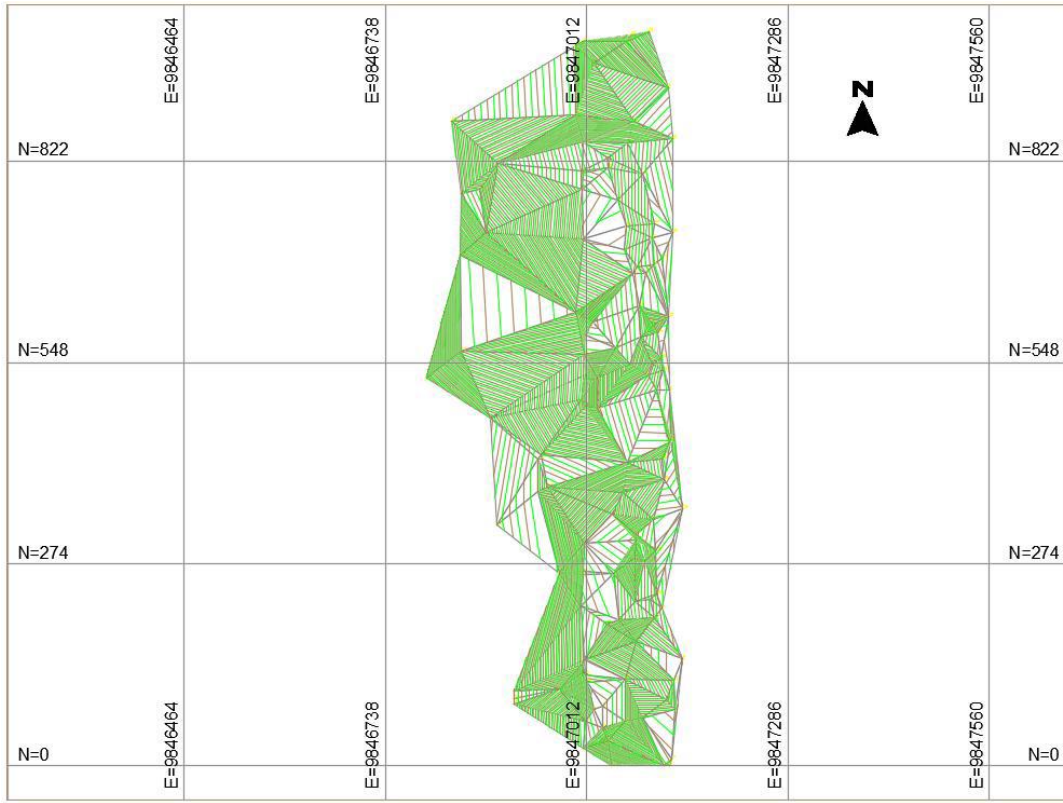


Nota. Datos proporcionados por el cliente

Con la tabla de datos topográficos, se importó las coordenadas para ubicar los puntos en un plano y así realizar la triangulación creando las curvas de nivel, esto facilitará la interpretación de los puntos bajos y altos, que restringen las condiciones de diseño.

Figura 7

Curvas de nivel de la comuna.



Nota. Elaborado a partir de los datos del cliente

El análisis topográfico de la zona de levantamiento en Cabo de Hacha revela un terreno con una variación significativa de la elevación, lo cual es un factor determinante en la selección del sistema de distribución de agua.

Las cotas registradas en el levantamiento varían desde un mínimo de 477.547 m hasta un máximo de 519.000 m, resultando en una diferencia total de 41.453 metros. Esta amplitud altitudinal es crucial para la viabilidad de un sistema por gravedad, ya que un desnivel de más de 41 metros es técnicamente suficiente para generar la presión mínima requerida en la red de distribución (entre 10 y 15 m.c.a.) y así operar sin depender de sistemas de bombeo, lo que abarataría significativamente los costos operativos (OPEX) y maximizaría la sostenibilidad del proyecto.

No obstante, este notable desnivel también subraya que el terreno es accidentado o colinado, una característica común en el cantón Jipijapa, lo que podría implicar desafíos en el trazo de la red de conducción para evitar zonas de inestabilidad o movimientos en masa. Por lo tanto, si la fuente de captación se encuentra en o cerca de la cota máxima, el diseño por gravedad es la mejor alternativa de solución para la comunidad rural, ya que cumple con la restricción de bajo costo y alta sostenibilidad.

2.4.2. Análisis de la población

El paso inicial en el análisis de datos para un proyecto de distribución de agua es la correcta determinación de la demanda, que depende directamente de la población y el consumo. El diseño debe contemplar la proyección de la población para un periodo de diseño que asegure la utilidad de la infraestructura (normalmente 20 años en proyectos rurales) (Agüero, 2004).

A continuación, se presenta la proyección poblacional para la comuna de Cabo de Hacha, la cual se diseñará para un periodo de 20 años mediante el método geométrico, en el cual se tomó de base una población inicial de 90 personas considerando que son 15 casas con alrededor de 6 personas por vivienda. Debido a que no se logró obtener datos de censos de años anteriores específicos para la comuna Cabo de Hacha, se adoptará un escenario de crecimiento = 1.5% como lo establece el (MAATE, 2015a), para la región Costa.

Tabla 2
Proyección poblacional

Año base (t)	Año	Población base	Proyección (r=1.5%)
0	2025	90	90
1	2026	90	91
2	2027	90	93
3	2028	90	94
4	2029	90	96
5	2030	90	97
6	2031	90	98
7	2032	90	100
8	2033	90	101
9	2034	90	103
10	2035	90	104
11	2036	90	106
12	2037	90	108
13	2038	90	109
14	2039	90	111
15	2040	90	113
16	2041	90	114
17	2042	90	116
18	2043	90	118
19	2044	90	119
20	2045	90	121

Como se aprecia en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se adoptará para el dimensionamiento del sistema el escenario de crecimiento alto 1.5%, por representar la condición más probable y garantizar la suficiencia del sistema a largo plazo.

2.4.3. Análisis de caudales

Una vez obtenida la población futura, se calcula el consumo medio diario (Q_{md}) con la ecuación.

$$Q_{md} = \frac{Dot * Pob}{86400} * f \quad (2.1)$$

Y el consumo máximo diario (Q_{MD}), siendo este último fundamental para dimensionar la red de conducción (MAATE, 2015a). Para ello se usa la siguiente ecuación

$$Q_{MD} = K_d * Q_{md} \quad (2.2)$$

Por lo tanto, calculamos el caudal medio a partir de los datos obtenidos mediante los datos proporcionados por el cliente, y el cálculo de la proyección poblacional de la comuna determinamos el caudal medio diario.

Para fines de la red de distribución, el caudal crítico a considerar es el consumo máximo horario (Q_{MH}), usando la fórmula

$$Q_{MH} = K_H * Q_{md} \quad (2.3)$$

el cual se establece aplicando un coeficiente que puede variar entre 2 y 2.3 veces el consumo medio diario (Agüero, 2004).

2.4.4. Parámetros hidráulicos

El diseño de la red de distribución está regido por parámetros hidráulicos obligatorios para asegurar un servicio adecuado a todos los usuarios. Una de las principales restricciones de diseño en la red abierta es la presión mínima, la cual no debe ser inferior a 10 metros de columna de agua (m.c.a) en ningún punto de consumo (MAATE, 2015a). Por el contrario, la presión máxima no debe exceder los 50 m.c.a. para prevenir roturas en las tuberías y daños en las instalaciones domiciliarias (MAATE, 2012).

En cuanto a las tuberías, se debe mantener un diámetro mínimo de tubería para la red secundaria, que comúnmente se establece en 1 pulgada (1") para evitar obstrucciones y pérdidas de presión excesivas.

Finalmente, el diseño debe garantizar que las velocidades de flujo se mantengan dentro de rangos permisibles: una velocidad mínima de 0.3 metros por segundo (m/s) para prevenir la sedimentación y una velocidad máxima que no exceda los 3 m/s para evitar el deterioro de la tubería por abrasión y el riesgo de golpe de ariete (MAATE, 2015)

El marco legal del proyecto exige el cumplimiento de las Regulaciones de la Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA), ya que esta entidad es responsable de emitir la viabilidad técnica de los proyectos de agua para consumo (Calipsa & Cornejo, 2024). Estas regulaciones, basadas en normas técnicas como la Norma CO 10.7-602, establecen los estándares de diseño para sistemas rurales (MAATE, 2012).

Si el sistema no puede operar por gravedad, la alternativa de bombeo requiere estimar las horas de bombeo diarias necesarias para satisfacer el caudal demandado; esta decisión es crucial para dimensionar la potencia de la bomba y, en el caso de ser un sistema con paneles solares, el arreglo fotovoltaico (MAATE, 2012).

Respecto al almacenamiento, el volumen del tanque de reserva debe ser suficiente para compensar las fluctuaciones de consumo y permitir el bombeo en horarios programados o la interrupción temporal de la fuente, garantizando que la red mantenga una presión adecuada y constante durante las horas pico de consumo (MAATE, 2015a).

2.5. Análisis de alternativas

Para la implementación de un sistema sostenible de distribución de agua en una comunidad rural pequeña, la formulación de alternativas debe priorizar la optimización de recursos y la sostenibilidad económica a largo plazo. Se evalúan tres enfoques principales, reconociendo que la principal restricción del proyecto es la necesidad de abaratar costos.

2.5.1. Descripción de alternativas

Alternativa A – Suministro a gravedad

Una alternativa viable es el sistema por gravedad con tanque de almacenamiento en la fuente, así como mejorar la zona de captación ya existente. Esta alternativa se basa en aprovechar la topografía para el trazado de la distribución, ofreciendo un costo operativo (OPEX) bajo, debido a que elimina el requerimiento de bombeo en la distribución y, por lo tanto, el consumo de energía y los mantenimientos de equipos. Con lo anterior el proyecto no genera

emisiones de carbono en la red de distribución. No obstante, este modelo está estrictamente restringido por el terreno, ya que solo es viable si la fuente o el almacenamiento de agua se encuentra a una altura suficiente sobre la comunidad.

Es importante tener en cuenta que, a fin de abastecer el tanque de almacenamiento, considerando la cota de la fuente y de la captación, se podrá considerar en el diseño un equipo de bombeo local.

En el ámbito social, este tipo de sistema es ampliamente aceptado por las comunidades rurales, al ser fácil de comprender, operar y mantener mediante la organización de comités locales de agua. Su gestión comunitaria fortalece la participación social y la apropiación del proyecto, contribuyendo al éxito y sostenibilidad del servicio a largo plazo.

Alternativa B – Suministro por bombeo

Si la distribución a gravedad no es factible, la segunda opción es un sistema con bombeo, el cual, a pesar de tener un costo inicial (CAPEX) más alto, garantiza un OPEX (costo operativo) reducido al eliminar los costos de energía eléctrica o combustible a largo plazo, lo que lo convierte en una opción sostenible.

En esta alternativa se podrá incorporar un sistema de almacenamiento que garantice la continuidad del servicio.

2.5.2. Metodología para la evaluación de alternativas

El proyecto actual utiliza la metodología Design Thinking. Tras investigar a fondo el problema, comprender al cliente (empatía) y establecer los criterios y las restricciones del proyecto, se generaron las diversas alternativas de solución. Para poder evaluar estas alternativas de manera cualitativa y cuantitativa, se implementó una escala de Likert, cuyos criterios generales se evaluaron siguiendo la escala, donde 1 representa la calificación más desfavorable y 5 la más favorable.

Tabla 3*Escala general de Likert para los criterios*

Escala General de los Criterios				
1	2	3	4	5
Muy desfavorable	Desfavorable	Medio	Favorable	Muy favorable

Tabla 4*Escala Likert para el sistema de distribución de agua*

Sistema de distribución de agua					
Criterio	1	2	3	4	5
Costo	Tiene costos muy elevados	Tiene costos elevados	Tiene costos moderados	Tiene costos bajos	Tiene costos muy bajos
Aceptación social	Muy baja aceptación	Baja aceptación	Moderada aceptación	Alta aceptación	Muy alta aceptación
Aceptación del cliente	Muy baja aceptación	Baja aceptación	Moderada aceptación	Alta aceptación	Muy alta aceptación
Continuidad del servicio	Servicio muy intermitente	Servicio intermitente	Servicio medianamente continuo	Servicio casi continuo	Servicio continuo y confiable
Consumo de energía	Muy alto consumo de energía	Alto consumo de energía	Moderado consumo de energía	Bajo consumo de energía	Muy bajo consumo de energía
Mantenimiento	Muy frecuente	Frecuente	Ocasional	Rara vez	Esporádico

En base a las alternativas descritas con sus debidos criterios, aplicando la metodología de evaluación de alternativas se presenta a continuación las matrices de evaluación para los diferentes sistemas.

Tabla 5*Evaluación de alternativas para el sistema de distribución de agua*

Escala de Likert			
Criterio	Factor de Importancia	Alternativa A	Alternativa B
Costo	10%	5	3
Aceptación social	10%	5	4
Aceptación del cliente	25%	4	5
Continuidad del servicio	35%	4	5
Consumo de energía	10%	4	3
Mantenimiento	10%	4	3
Resultado	100%	4.20	4.30

De acuerdo con la evaluación de criterios técnicos, económicos, sociales y ambientales mediante la escala de Likert (1–5), la Alternativa B (suministro con bombeo) presenta una mejor valoración global debido a su aceptación por parte del cliente, continuidad estable del servicio y por ser una opción moderna y sostenible. La Alternativa A (a gravedad) es una opción tradicional, pero la variación topográfica comprometería la continuidad del servicio.

Capítulo 3

3. DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES

3.1. Análisis y estudios preliminares

Para el presente diseño se considera un punto de captación existente, el cual corresponde a una pileta que actualmente abastece de manera limitada a la comunidad. A partir de este punto se plantea el sistema de distribución de agua por bombeo, siguiendo como referencia lo establecido por la Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural (MAATE, 2015). Con base a la alternativa seleccionada en el capítulo 2, en la captación existente se colocará un equipo de bombeo que conducirá el agua hasta un tanque elevado junto a la capilla de la comuna, y desde allí se realizará la distribución a gravedad hacia las viviendas.

Figura 8

Estructura de captación existente



3.2. Diseño de sistema de distribución de agua

3.2.1. Dotación

El MAATE (2015) presenta diferentes niveles de servicio para abastecimiento de agua, así mismo las dotaciones para los niveles de servicio como se muestra a continuación en **Tabla 6** **Tabla 7** respectivamente.

Tabla 6

Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua.

Nivel	Descripción
0	Sistemas individuales. Diseñar de acuerdo con las disponibilidades técnicas, usos previstos del agua, preferencias y capacidad económica del usuario
Ia	Grifos públicos
Ib	Grifos públicos más unidades de agua para lavado de ropa y baño
IIa	Conexiones domiciliarias, con un grifo por casa
IIb	Conexiones domiciliarias, con más de un grifo por casa

Nota: Datos obtenidos de Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural (MAATE, 2015).

Tabla 7

Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio

Nivel de servicio	Clima frío (L/hab*día)	Clima Cálido (L/hab*día)
Ia	25	30
Ib	50	65
IIa	60	85
IIb	75	100

Nota: Datos obtenidos del MAATE (2015).

También menciona el porcentaje de fugas para considerarse en el diseño de distribución de agua como se muestra a continuación.

Tabla 8

Porcentaje de fugas a considerarse en el diseño de sistemas

Nivel de servicio	Porcentaje de fugas
Ia y Ib	10%
IIa y IIb	20%

Nota: Datos obtenidos de Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural (MAATE, 2015b).

Para este diseño se escogió un nivel de servicio IIb, de acuerdo con los lineamientos establecidos por la Autoridad Única del Agua (MAATE, 2015). Considerando que el área de estudio se encuentra ubicada en una zona de clima cálido, se emplea una dotación de 100

L/hab•día, incorporando un porcentaje de fugas del 20%, que corresponde al nivel de servicio seleccionado.

3.2.2. Caudales de diseño

Caudal medio

El caudal medio se lo calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{med} = \frac{P \cdot D}{86400} \quad (3.1)$$

Donde:

Q_{med} : Caudal medio l/s

f : Factor de fugas

P : Población, habitantes

D : Dotación, l/habitantes•día

Para el cálculo de caudal medio se utilizó la población futura proyectada a 20 años de 121 habitantes, con una dotación de 100 L/hab · día y el porcentaje de fugas según al nivel de servicio (IIa), que corresponde al 20%. Dados estos parámetros se obtiene un caudal medio de 0.168 l/s.

Caudal máximo horario y caudal máximo diario:

$$Q_{max.horario} = K_{max.horario} * Q_{med} \quad (3.2)$$

$$Q_{max.diario} = K_{max.diario} * Q_{med} \quad (3.3)$$

Donde:

$Q_{max.horario}$: Caudal máximo horario, l/s

$Q_{max.diario}$: Caudal máximo diario, l/s

Q_{med} : Caudal medio, l/s

$K_{max.horario}$: Coeficiente de variación del consumo máximo diario = (1.25 – 1.5)

$K_{max.diario}$: Coeficiente de variación del consumo máximo horario = (2.0 – 3)

Con base a la normativa aplicada, para el caudal máximo horario se escogió un coeficiente de variación de consumo horario de 3, dando un valor de 0.505 l/s, mientras que para el caudal máximo diario se tomó un coeficiente de variación de 1.25, dando como resultado 0.210 l/s.

Tabla 9
Proyección de caudales

Año base (t)	Año	Caudal medio (l/s)	Caudal max. Diario (l/s)	Caudal max. Horario (l/s)
0	2025	0.125	0.156	0.375
1	2026	0.127	0.159	0.381
2	2027	0.129	0.161	0.386
3	2028	0.131	0.163	0.392
4	2029	0.133	0.166	0.398
5	2030	0.135	0.168	0.404
6	2031	0.137	0.171	0.410
7	2032	0.139	0.173	0.416
8	2033	0.141	0.176	0.422
9	2034	0.143	0.179	0.429
10	2035	0.145	0.181	0.435
11	2036	0.147	0.184	0.442
12	2037	0.149	0.187	0.448
13	2038	0.152	0.190	0.455
14	2039	0.154	0.192	0.462
15	2040	0.156	0.195	0.469
16	2041	0.159	0.198	0.476
17	2042	0.161	0.201	0.483
18	2043	0.163	0.204	0.490
19	2044	0.166	0.207	0.498
20	2045	0.168	0.210	0.505

Nota. Detalle de la proyección conforme el análisis de datos del capítulo 2.

El MAATE (2015) también establece diferentes criterios para calcular los diferentes tipos de caudales.

Tabla 10

Caudales de diseños para los elementos de un sistema de distribución de agua

Caudales de diseño			
Tipo	Criterio	Valor	Unidad
Fuente de abastecimiento	$2 \times Q_{max.diario}$	0.421	l/s
Captación	$1.2 \times Q_{max.diario}$	0.253	l/s
Conducción	$1.05 \times Q_{max.diario} \times \frac{24 \text{ horas}}{\# \text{ horas bombeo}}$	1.326	l/s
Distribución	$Q_{max.horario}$	0.505	l/s

Nota. Información obtenida de la Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural (MAATE, 2015).

3.2.3. Punto de captación

La Comuna cuenta con una fuente de captación existente, es una estructura de forma casi rectangular construida en paredes de hormigón y con suelo excavado en la roca natural del terreno. Esta cuenta con el caudal necesario, en meses de lluvia, que es recolectado desde una quebrada que desemboca en el sitio de captación, cerca del río de la zona que está a una diferencia de cota significativa aguas abajo. Sin embargo, en los meses secos no hay caudal suficiente para el abastecimiento de agua, por lo que la comuna recurre a los GADs Parroquial, Municipal y Provincial para que los abastezcan mediante tanqueros.

La fuente de captación actualmente se encuentra operando con normalidad en los meses lluviosos, siendo el agua recolectada por cada usuario mediante canecas, dado que no hay un sistema de conducción mediante tuberías; esto ocasiona que el recurso permanezca estancado, lo que podría afectar su calidad.

Figura 9

Evidencia de las canecas de agua para la recolección



Implementando el sistema propuesto, el agua que será captada en la estructura existente, donde se instalaría un equipo de bombeo, para la conducción continua de recurso hacia el tanque elevado, lo que permitirá que el agua fluya hacia los puntos de consumo, generando velocidades y evitando el estancamiento. Por ello la captación es el punto inicial para la línea de conducción y el funcionamiento del sistema.

Figura 10

Vista en planta de la estructura de captación existente

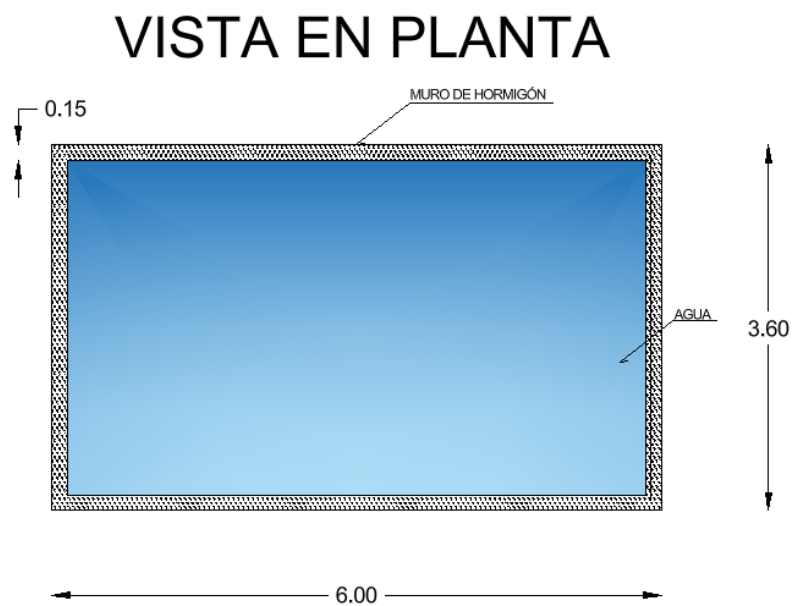
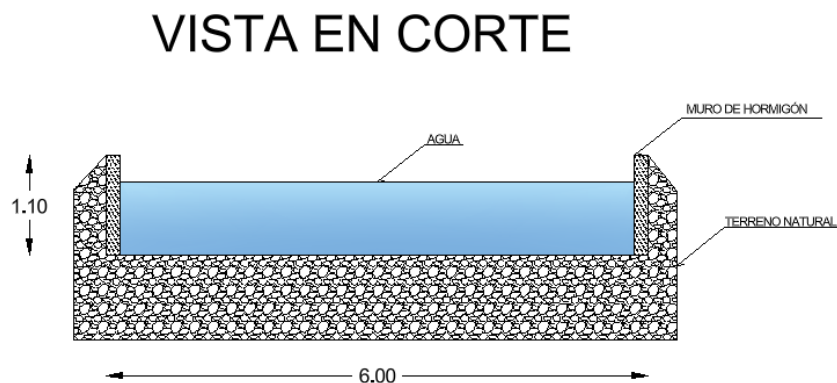


Figura 11

Vista en corte de la estructura de captación existente



Las medidas de las estructuras se aprecian a continuación:

Tabla 11

Dimensiones de la fuente de captación

Estructura de captación rectangular		
Dimensiones		
Largo	6.00	m
Ancho	3.60	m
Altura	1.10	m

Nota. Datos tomados en la visita de campo con cinta métrica.

3.2.3.1. Diseño hidráulico y dimensionamiento para la zona de captación

3.2.3.1.1. Cálculo del ancho de pantalla

Según Agüero (2004) dice que “el ancho de la pantalla se determina sobre la base de las características propias del afloramiento, quedando definido con la condición de que pueda captar la totalidad del agua que aflore del subsuelo”

Pero, como en este caso ya existe una estructura de captación existente se calculará el ancho de pantalla para justificar que las dimensiones que tiene la captación cumplen con lo calculado y no se necesite de un rediseño.

El ancho de la pantalla se determina según el diámetro y número de orificios que permitirán el flujo de agua hacia la cámara húmeda. El diámetro de la tubería se halla mediante las siguientes ecuaciones:

$$Q_{max} = v * A * Cd \quad (3.4)$$

$$A = \frac{Q_{max}}{v * Cd} \quad (3.5)$$

Donde:

Q_{máx}: Caudal máximo requerido, 0.42 l/s

Cd: Coeficiente de descarga, 0.6 a 0.8

v: Velocidad de paso asumida, máx 0.6 m/s en la entrada

A: Área requerida para descarga

$$A = \frac{0.42 \frac{l}{s}}{\frac{1000}{0.60 \frac{m}{s}} * 0.8} = 0.00088 m^2$$

Ahora, teniendo el área se puede obtener el diámetro (D):

$$D = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}} \quad (3.6)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0.00088 m^2}{\pi}} = 0.033 m = 1.29 plg$$

Dado este resultado se escoge un diámetro comercial de 1 plg.

Ahora para el numero de orificios de la siguiente manera:

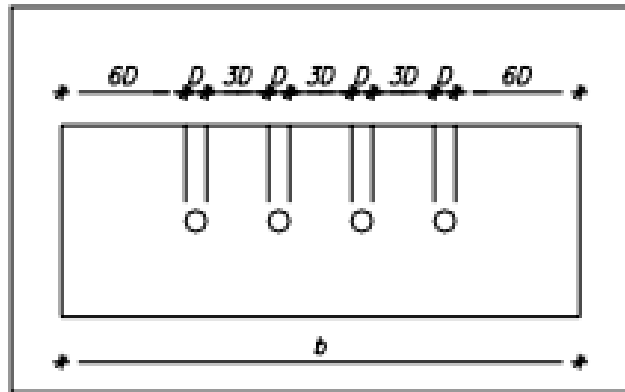
$$NA = \frac{\text{Área del diámetro calculado}}{\text{Área del diámetro asumido}} + 1 \quad (3.7)$$

$$NA = \frac{0.00088 m^2}{0.000506 m^2} + 1 = 2 \text{ orificios}$$

El cálculo del ancho de la pantalla considera que los orificios deben ubicarse estratégicamente, como se muestra en la **Figura 12**, para garantizar una distribución uniforme del agua.

Figura 12

Distribución de los orificios en la pantalla frontal



Nota. Imagen obtenida de (Agüero, 2004)

Ahora sí, una vez calculado el diámetro y el número de orificios se procede a calcular el ancho de pantalla mediante las siguientes ecuaciones:

$$b = 2(6D) + (NA \times D) + (3D(NA - 1)) \quad (3.8)$$

Donde:

D: Diámetro de la tubería = 0.0254 m

NA: Número de orificios = 2

b: Ancho de la pantalla, m

$$b = 2 * (6 * 0.0254) + (2 * 0.0254) + ((3 * 0.0254) * (2 - 1)) = 0.43 \text{ m} \approx 0.50 \text{ m}$$

Da como resultado un ancho de pantalla de 0.50 m, pero en la estructura ya existente tenemos de 3.60 m pues como también se comporta como captación de manantial de fondo se respeta la medida ya establecida en sitio.

3.2.3.1.2. Cálculo de la altura total H_t

Para realizar este cálculo se tomarán los elementos que se mencionan en la Figura 3.7 mediante la siguiente ecuación:

$$H_t = A + B + C + H + E \leq \text{Altura natural que alcanza el agua} \quad (3.9)$$

Donde:

A = Altura del filtro (se recomienda de 10 cm)

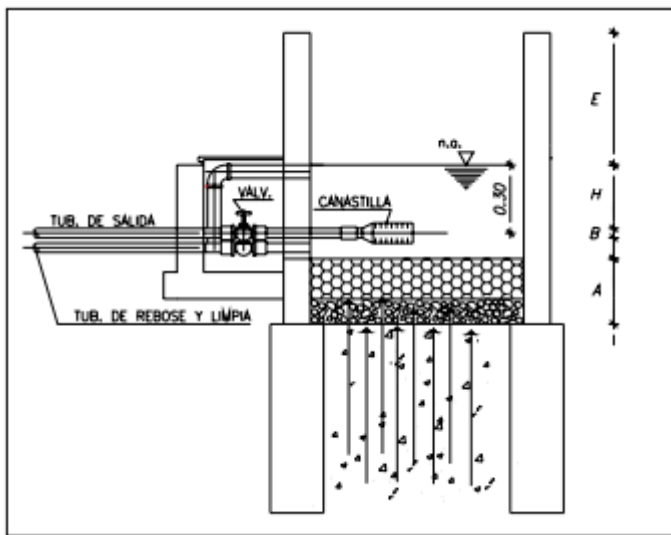
B = Diámetro de la tubería de salida = 2.54 cm

H = Altura de agua sobre la canastilla

E = Borde libre (se recomienda como mínimo 30 cm)

Figura 13

Altura total de la cámara húmeda



Nota. Imagen obtenida de (Agüero, 2004)

La determinación de la altura de la captación requiere establecer la carga hidráulica mínima necesaria para asegurar que el caudal captado pueda desplazarse correctamente a través de la tubería de conducción. Esta carga se obtiene a partir del análisis de las condiciones hidráulicas del sistema, considerando las pérdidas de energía que se producen durante el transporte del agua, las cuales se expresan mediante la siguiente ecuación:

$$H = 1.56 * \frac{V^2}{2g} \quad (3.10)$$

Donde:

H = Carga requerida en m.

V = Velocidad promedio en la salida de la tubería de la línea de conducción en m/s. Se debe considerar la velocidad mínima recomendada para una línea de conducción. = 0.6 m/s

g = Aceleración de la gravedad igual 9,81 m/s².

Se recomienda una altura mínima de H = 5 cm, sobre la canastilla

$$H = 1.56 * \frac{\left(0.6 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9.81 \frac{m}{s^2}} = 0.029 m = 2.9 cm$$

Como dice que se recomienda una altura mínima de 5 cm se adoptará este valor de 5 cm.

$$H_t = 10 cm + 2.54 cm + 5 cm + 30 cm = 47.54 cm = \mathbf{0.475 m}$$

Nos da una altura de 0.475 m y la existente es de 1.10 m así que se encuentra encima del mínimo.

3.2.3.1.3. Dimensionamiento de la canastilla

Para el dimensionamiento de la canastilla se adoptan criterios técnicos que establecen que su diámetro debe ser el doble del diámetro de la tubería de salida hacia la línea de conducción. Asimismo, el área total de las ranuras debe ser equivalente al doble del área de dicha tubería, mientras que la longitud de la canastilla debe mantenerse dentro de un rango comprendido entre tres y seis veces el diámetro de la tubería de conducción (Agüero, 2004).

$$A_t = 2 * A_c \quad (3.11)$$

$$A_c = \frac{\pi * D_c^2}{4} \quad (3.12)$$

$$A_c = \frac{\pi * 31.75^2 mm}{4} = 791.73 mm^2$$

$$A_t = 2 * 791.73 mm^2 = 1583.46 mm^2$$

Conocidos los valores del área total de ranuras y el área de cada ranura se determina el número de ranuras:

$$\#ranuras = \frac{A_t}{A_c} + 1 = \frac{1583.46 \text{ mm}^2}{791.73 \text{ mm}^2} + 1 = 3$$

3.2.3.1.4. *Tubería de rebose y de limpia*

En la tubería de rebose y de limpia se recomienda pendientes de 1 a 1,5% y considerando el caudal máximo de aforo, se determina el diámetro mediante la ecuación de Hazen y Williams (para C=140) (Agüero, 2004).

$$D = \frac{0.71 * Q^{0.38}}{S^{0.21}} \quad (3.13)$$

Donde:

D = Diámetro en pulgadas

Q = Gasto máximo de la fuente en lps = 0.253 l/s

S = Pérdida de carga unitaria en m/m. = 0.015 m/m

$$D = \frac{0.71 * (0.253 \text{ l/s})^{0.38}}{(0.015 \text{ m/m})^{0.21}} = 1.02 \text{ plg} \approx 1 \text{ plg}$$

Adecuación de un cárcamo en una de las esquinas de la captación

Dentro de la estructura rectangular existente de la captación se plantea la adecuación de un tipo cárcamo en una de sus esquinas, con el propósito de facilitar la acumulación del agua previo a su succión. Esta configuración permite mantener condiciones hidráulicas favorables en la entrada de la bomba, disminuyendo la posibilidad de cavitación y mejorando el desempeño operativo del sistema.

Para la conformación del cárcamo se proyecta la construcción de dos muros de hormigón armado tipo pared, ubicados en la esquina de la estructura existente de captación, los cuales delimitan el área de acumulación de agua y conducen el flujo hacia el punto de succión de la bomba. Uno de estos muros incorpora una rejilla metálica de protección, cuya función es retener

sólidos gruesos, escombros y material flotante, evitando su ingreso al sistema de bombeo. Esta solución constructiva contribuye a mejorar la seguridad operativa del equipo, reducir riesgos de obstrucción y facilitar las labores de mantenimiento del sistema de captación.

A continuación, se muestra la adecuación de la estructura con sus medidas:

Figura 14

Vista en planta de la adecuación de la zona de captación

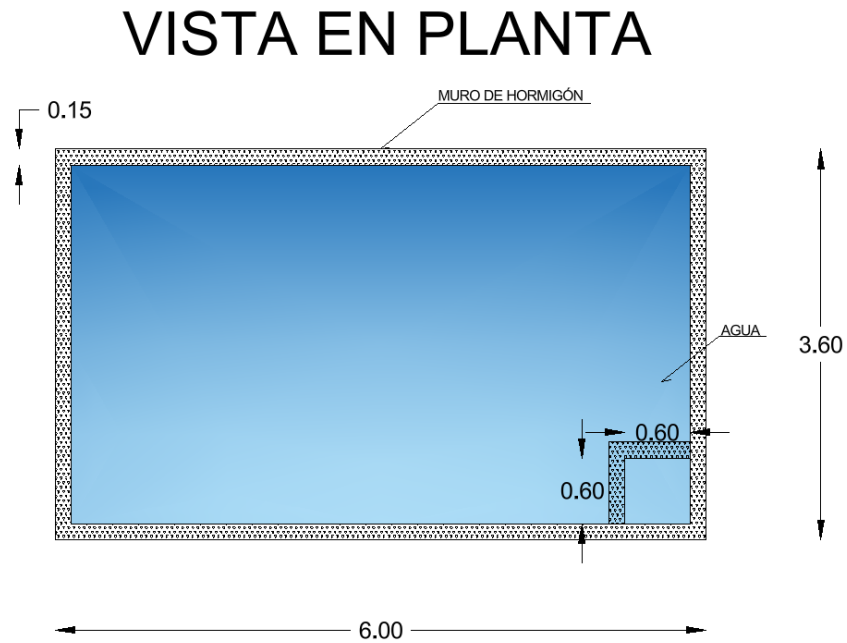


Figura 15

Vista en corte de la adecuación de la zona de captación

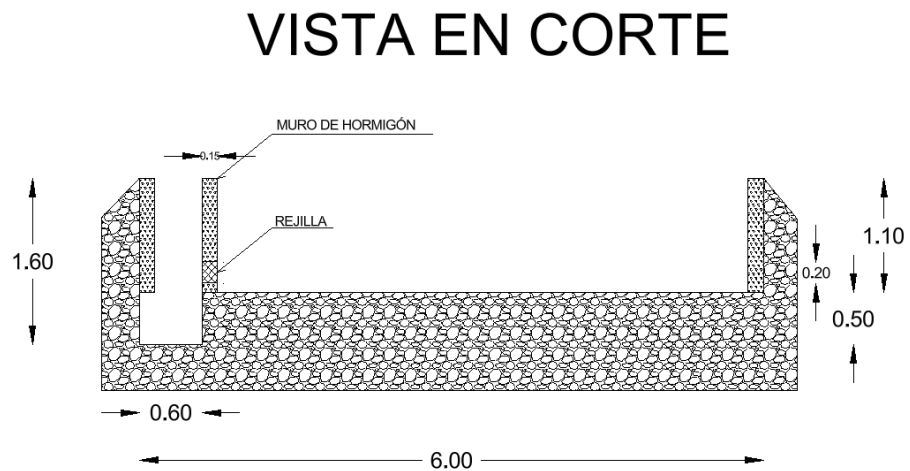


Tabla 12*Adecuación del cárcamo en la zona de captación*

Adecuación del cárcamo en la esquina de la captación		
Dimensiones		
Largo	0.6	m
Ancho	0.6	m
Altura	0.5	m

3.2.3.1.5. Diseño de muros de hormigón armado

Se proyectan dos muros de hormigón armado, tipo muro bajo, con una altura de 1,10 m, destinados a funciones estructurales y de contención secundaria dentro del sistema de captación. El diseño considera la resistencia del hormigón, el acero de refuerzo y los criterios mínimos exigidos por la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC).

El diseño se realizó conforme a:

- **NEC-SE-HM** – Hormigón armado
- **NEC-SE-AC** – Acciones y combinaciones de carga
- **ACI 318** – Código de referencia adoptado por la NEC

La NEC adopta los criterios del ACI 318 para el diseño de elementos de hormigón armado.

Geometría del muro:

- Altura del muro, $h = 1.10$ m
- Longitud del muro, $L = 0.60$ m
- Espesor adoptado, $e = 0.15$ m

El espesor de 15 cm cumple con los valores mínimos recomendados por la NEC para muros estructurales.

Materiales:

Resistencia del hormigón: $f'_c = 21 \text{ MPa}$

Límite de fluencia del acero: $f_y = 420 \text{ MPa}$

Criterio de diseño:

Debido a que se trata de un muro de baja altura, el diseño se encuentra gobernado por los requisitos mínimos de refuerzo, cuyo objetivo es controlar la fisuración y garantizar un adecuado comportamiento estructural.

De acuerdo con el ACI 318 y la NEC-SE-HM, la cuantía mínima de refuerzo para muros de hormigón armado es:

$$\rho_{min} = 0.0012$$

Este valor debe cumplirse tanto para el refuerzo vertical como para el refuerzo horizontal.

Cálculo del refuerzo mínimo

Área bruta de la sección (por metro de muro)

$$A_g = 1000 \text{ mm} \cdot 150 \text{ mm}$$

$$A_g = 150\,000 \text{ mm}^2$$

Área mínima de acero requerida

$$A_s = \rho_{min} \cdot A_g \tag{3.14}$$

$$A_s = 0,0012 \cdot 150\,000$$

$$A_s = 180 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Selección del refuerzo vertical:

Se seleccionan barras de acero corrugado de diámetro $\emptyset 10 \text{ mm}$.

Área de una barra $\emptyset 10 \text{ mm}$:

$$A_{barra} = 78.5 \text{ mm}^2$$

Separación adoptada:

$$s = 0,40 \text{ m}$$

Acero provisto por metro:

$$A_s = \frac{78.5}{0,40}$$

$$A_s = 196 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

Se verifica que:

$$196 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} > 180 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

Por lo tanto, el refuerzo vertical cumple con la cuantía mínima exigida por la norma.

Refuerzo horizontal:

Se adopta el mismo criterio que para el refuerzo vertical:

Barras $\varnothing 10 \text{ mm}$ cada 40 cm

El refuerzo horizontal cumple igualmente con el refuerzo mínimo establecido por la NEC.

Disposición final del refuerzo:

Refuerzo vertical: $\varnothing 10 \text{ mm}$ @ 40 cm

Refuerzo horizontal: $\varnothing 10 \text{ mm}$ @ 40 cm

Recubrimiento mínimo: 3.0 cm

Tipo de refuerzo: malla simple, adecuada para muros de baja altura

Cálculo de cantidades de acero:

Acero vertical

Número de barras:

$$N = \frac{0.60}{0.40} + 1$$

$$N = 3 \text{ barras}$$

Longitud por barra (incluyendo anclaje):

$$L = 1,20 \text{ m}$$

Longitud total de acero vertical:

$$L_{total} = 3 \cdot 1,20$$

$$L_{total} = 3.60 \text{ m}$$

Acero horizontal

Número de barras:

$$N = \frac{1.10}{0.40} + 1$$

$$N = 4 \text{ barras}$$

Longitud por barra:

$$L = 0.60 \text{ m}$$

Longitud total de acero horizontal:

$$L_{total} = 4 \cdot 0.60$$

$$L_{total} = 2.40 \text{ m}$$

Longitud total de acero por muro:

$$L_{acero} = 3.60 + 2.40$$

$$L_{acero} = 6.00 \text{ m}$$

Peso unitario de la barra Ø10 mm:

$$w = 0.617 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Peso total de acero:

$$P = 6.00 \cdot 0.617$$

$$P = 3.70 \text{ kg}$$

Se adopta un valor aproximado de **4,0 kg de acero por muro.**

Cálculo del volumen de hormigón:

Volumen del muro:

$$V = L \cdot h \cdot e$$

$$V = 0.60 \cdot 1.10 \cdot 0.15$$

$$V = 0.099 \text{ m}^3$$

Se adopta:

$$V \approx 0.10 \text{ m}^3 \text{ de hormigón por muro}$$

3.2.4. Diseño de la bomba

El diseño requiere de un equipo de bombeo para conducir el agua desde la captación hasta el tanque de almacenamiento; puesto que la diferencia de cotas es de 54.31 m. La bomba se la seleccionó tomando en cuenta el caudal de diseño, la altura requerida, velocidades apropiadas para la conducción, y la eficiencia del equipo.

El número de horas a bombear fue de 4 horas diarias como recomendación propuesta por el cliente. A continuación, se presenta la ecuación utilizada para el cálculo de la potencia de la bomba:

$$P = \text{Potencia} = \frac{H \cdot Q}{76 \cdot \eta} \quad (3.115)$$

Donde:

P = Potencia de la bomba y del motor (HP).

Q = Caudal de bombeo (l/s).

H = Altura manométrica total (m).

η = Eficiencia del sistema de bombeo



Para el sistema de bombeo hacia el tanque elevado se seleccionó una electrobomba de superficie, tipo Pedrollo modelo JCRm2A tensión 220 voltios monofásico o similar, la altura máxima de succión debe ser menor a 9 metros. La elección se realizó en función del caudal de

diseño de 1.326 l/s y una altura manométrica total de 54.309 m.c.a., considerando una eficiencia del sistema de bombeo del 65%.


Del análisis hidráulico se obtuvo una potencia requerida de 1.46 HP, por lo que se optó por una bomba de 1.5 HP, garantizando un adecuado margen de seguridad para compensar pérdidas adicionales, variaciones operativas y el desgaste del equipo. El modelo seleccionado presenta un rango de operación compatible con el caudal y la altura requerida, siendo adecuado para el bombeo de agua limpia en sistemas de abastecimiento hacia tanques elevados.


Figura 16
Electrobomba tipo Jet modelo JCRm2A (1.5 HP - 220V).

ELECTROBOMBA TIPO JET CUERPO ACERO INOXIDABLE

Características
 Tipo: Agua Limpia
 Aplicaciones: doméstico, civil
 Usos: abastecimiento de agua, sistemas de presión integrada
 Tipología: superficie
 Familia: autocebante
 Campo de prestaciones:
 •Caudal hasta 70 l/min (4,2 m³/h)
 •Altura manométrica hasta 65 m





Eyector y difusor en noryl
Impulsor en ac. inox.

Limites de empleo:
 •Temperatura del líquido de -10 °C hasta +40 °C
 •Temperatura ambiente hasta +40 °C
 •Altura de aspiración manométrica hasta 9 m (HS)
 •Presión máx. en el cuerpo de la bomba 6 bar
 •Funcionamiento continuo S1

CODIGO ECUAIMCO	MODELO	POTENCIA (HP)	VOLTAJE-FASE	MAX AMP	SUCC / DESC (PULG)	Q ==>	m3/h							USO	
							0	0.6	1.8	3.0	3.6	4.2	70		
03887	JCRm1C-N	0.5	110V MONOF	6.0	1 x 1	H ==> m.	35	28.5	18.5	12	10		GEN		
03886	JCRm1A-N	0.75	110V MONOF	8.0			48	39	26	19	17		GEN		
06967	JCRm2C	1.0	110V MONOF	10.0			50	43	31.5	24	21	19	GEN		
06968			220V MONOF	5.0										GEN	
06969	JCRm2A	1.5	110V MONOF	13.8					65	58	46	36	32	29	GEN
06970			220V MONOF	6.9											

Nota. Imagen tomada del catálogo técnico de Pedrollo Group (2024)

El abastecimiento eléctrico del sistema de bombeo se realizará mediante energía solar fotovoltaica, utilizando paneles solares y los equipos complementarios necesarios para garantizar el funcionamiento de la electrobomba seleccionada, lo cual permite una operación eficiente, sostenible y adecuada para el contexto del proyecto. Esta implementación es adecuada para zonas rurales donde el acceso a la red eléctrica es limitado.

Diseño del sistema de energía solar fotovoltaica para la operación de la bomba de agua.

La demanda energética del sistema fotovoltaico se determinó a partir del consumo diario de la bomba de agua, considerando su potencia nominal, cantidad y horas de operación, con el fin de establecer la energía requerida y dimensionar adecuadamente el sistema de paneles solares, conforme a la (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2015) de la sección HS-ER. Para el sistema fotovoltaico se seleccionaron paneles solares comerciales, considerando una radiación solar promedio diaria y un factor de seguridad que garantice el suministro continuo de energía para la operación de la bomba de agua.

3.2.4.1. Datos de diseño

Potencia de la bomba: 1.5 HP

Tiempo de funcionamiento: 4 h/día

Horas sol pico (Ecuador): 4.5 h

Factor de seguridad (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2015): 1.25

Potencia del panel seleccionado: 625 W

Conversión de potencia:

$$1 \text{ HP} = 746 \text{ W}$$

$$P = 1.5 * 746 = 1119 \text{ W}$$

3.2.4.2. Demanda energética aplicada a la bomba

Cálculo de energía diaria:

$$E_d = P * t \tag{3.16}$$

$$E_d = 1119 \text{ W} * 4 \text{ horas} = 4476 \frac{\text{Wh}}{\text{día}}$$

3.2.4.3. Cálculo de paneles solares

Para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico se seleccionaron paneles solares de 625 W, considerando una radiación solar promedio de 4.5 horas diarias y un factor de seguridad

de 1.25. A partir de la demanda energética calculada, se determinó que son necesarios cinco paneles solares para garantizar el funcionamiento adecuado de la bomba de agua.

$$N = \frac{FS * E_d}{HSP * P_p} \quad (3.17)$$

Donde:

N: Número de paneles solares

FS: Factor de seguridad = 1.25

Ed: Energía diaria

HSP: Horas de sol pico (radiación solar promedio) = 4.5 h

Pp: Potencia del panel solar = 625 W

$$N = \frac{1.25 * 4476}{4.5 * 625}$$

$$N = \frac{5595}{2813} = 1.99 \approx 2$$

$$N = 2 \text{ paneles solares de } 625 \text{ W}$$

3.2.4.4. Baterías

El banco de baterías se dimensionó considerando la demanda energética diaria del sistema de bombeo y una autonomía de un día, conforme a los criterios establecidos en la (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2015) de la sección HS-ER. Se seleccionaron baterías de 24 V y 200 Ah, con una profundidad máxima de descarga del 50 %. A partir de estos parámetros, se determinó que son necesarias dos baterías para garantizar la continuidad del suministro energético. Asimismo, se verificó que el sistema fotovoltaico conformado por dos paneles solares de 625 W es suficiente para cubrir la demanda diaria y permitir la recarga del banco de baterías.

$$\# \text{ Baterías} = \frac{E_d * \text{Días de autonomía}}{\text{Voltaje} * \% \text{ de Descarga} * \text{Amperaje de la batería}} \quad (3.18)$$

$$\# \text{ Baterías} = \frac{4476 * 1}{24 * 0.5 * 200} = 1.87 \approx 2$$

3.2.5. Red de conducción

Esta red de conducción tiene como función llevar el caudal de diseño desde el punto de captación hasta un tanque de almacenamiento mediante un equipo de bombeo.

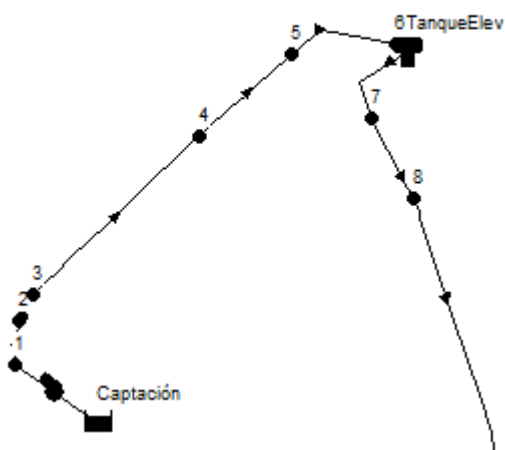
Para el diseño de la red, se utilizaron los datos topográficos otorgados previamente por el cliente para luego generar una superficie de nivel dentro de un software de diseño.

Posteriormente, se procedió a realizar el trazado preliminar de la tubería, ajustando su alineación y perfil longitudinal. Con un software de modelación hidráulica (versión libre) se parametrizó las caudales y los diámetros, obteniendo presiones y velocidades, utilizando como base la ecuación de Hazen Williams y siendo el material seleccionado para tuberías el PEAD cumpliendo con la normativa vigente para poblaciones rurales.

La red de conducción quedó conformada por 6 nodos y 6 tramos de tuberías como se aprecia en la **Figura 17**, que va desde el punto 1 hasta el punto 6. Los resultados obtenidos se los puede observar en la **Tabla 13** y **Tabla 14**.

Figura 17

Modelo hidráulico de la red de conducción



Nota. Imagen obtenida del software de modelación hidráulica (versión libre)

Tabla 13*Requisitos para la red de conducción*

Parámetro	Criterio
Velocidad	$0.3 \text{ m/s} < v < 1.5 \text{ m/s}$
Presión	$P > 5.0 \text{ m.c.a}$

Nota. Parámetros obtenidos del MAATE (2015).

Tabla 14*Datos de la red de conducción*

Nodo	Cota (m)	Demanda Base (l/s)	Presión (m.c.a)
Captación	479.78	-	0.00
A	482.44	0.00	61.80
B	486.88	0.00	56.25
C	490.46	0.00	51.94
D	509.73	0.00	27.11
E	517.81	0.00	16.00
F	517.91	0.00	13.14

Nota. Datos obtenidos mediante software de modelación hidráulica (versión libre)

Tabla 15

Longitudes, diámetros y velocidades en las tuberías de la red de conducción.

Tubería	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Velocidad (m/s)
1	14.25	31.75	1.48
2	9.338	31.75	1.48
3	71.19	31.75	1.48
4	38.75	31.75	1.48
5	35.35	31.75	1.48
6	8.5	31.75	1.48

Nota. Datos obtenidos mediante software de modelación hidráulica (versión libre)

Los resultados que otorgó la modelación hidráulica para la red de conducción, la cual va desde la fuente de captación sin conexiones domiciliarias intermedias hasta el tanque de almacenamiento, dan a entender que el comportamiento hidráulico es adecuado, pues, la velocidad para la línea de conducción en todos sus tramos es de 1.48 m/s y se encuentra dentro del rango del criterio de velocidad para la conducción de agua lo que evita el estancamiento y pérdidas de energía.

Por otro lado, las presiones varían desde 13.14 m.c.a hasta 61.80 m.c.a, mayores a la presión mínima requerida de 5 m.c.a., dando como resultado una conducción segura sin problemas de que exista cavitación ni que la estructura falle. Estas variaciones de presiones dependen mucho a la topografía del sitio debido a la diferencia de cotas.

Explicado todo esto y asegurando que cumple con los criterios establecidos, se llega a la conclusión que el diámetro que se propuso (31.75 mm) es el adecuado, el cual según el MAATE (2015) no podía ser menor a 25 mm para la red de conducción. Este diseño asegura la continuidad y confiabilidad del sistema para poder conducir el recurso hídrico hacia el tanque de almacenamiento.

3.2.6. Tanque de almacenamiento

El tanque de almacenamiento se lo ubicó unos metros cerca de la capilla de la comuna ya que desde esa cota más la elevación del tanque que es de 6 metros permitirá distribuir por gravedad a las viviendas garantizando la continuidad del servicio.

Para el cálculo del volumen del tanque se aplicó lo que la norma establecía: *“La capacidad de almacenamiento será del 50% del volumen medio diario futuro y en ningún caso el volumen de almacenamiento será inferior a 10 m³”* (MAATE, 2015a), dando como resultado un volumen de 6.05 m³ pero como es menor al mínimo establecido por la normativa, se adoptó el volumen de 10 m³.

Cabe mencionar, que la comunidad ya cuenta con un tanque de PVC de 11 m³ vacío (ver **Figura 18**), lo que ahorraría la compra de uno nuevo. Por otra parte, en la salida del tanque elevado se instalará un único medidor, destinado a la medición y control del volumen de agua distribuido a la red, permitiendo una adecuada gestión del recurso hídrico y el control del consumo comunitario.

Ya que la comunidad cuenta con el tanque de almacenamiento de 11 m³ marca Plastigama, se utilizará para los cálculos las dimensiones dadas por el catálogo (ver **Figura 19**).

Figura 18*Tanque de almacenamiento ya existente*

Nota. Tanque de PVC tipo Plastigama otorgado a la comunidad.

Figura 19*Dimensiones del tanque de 1100 litros*

TANQUE CILÍNDRICO VERTICAL / TIPO BOTELLA USO SUPERFICIAL

Hermético, tapa de traba con seguro giratorio.



Especificaciones Técnicas



CAPACIDAD Litros	A	B	H
	mm	mm	mm
250	550	695	880
500	550	860	1165
1100	550	1120	1465
2500	550	1568	1520

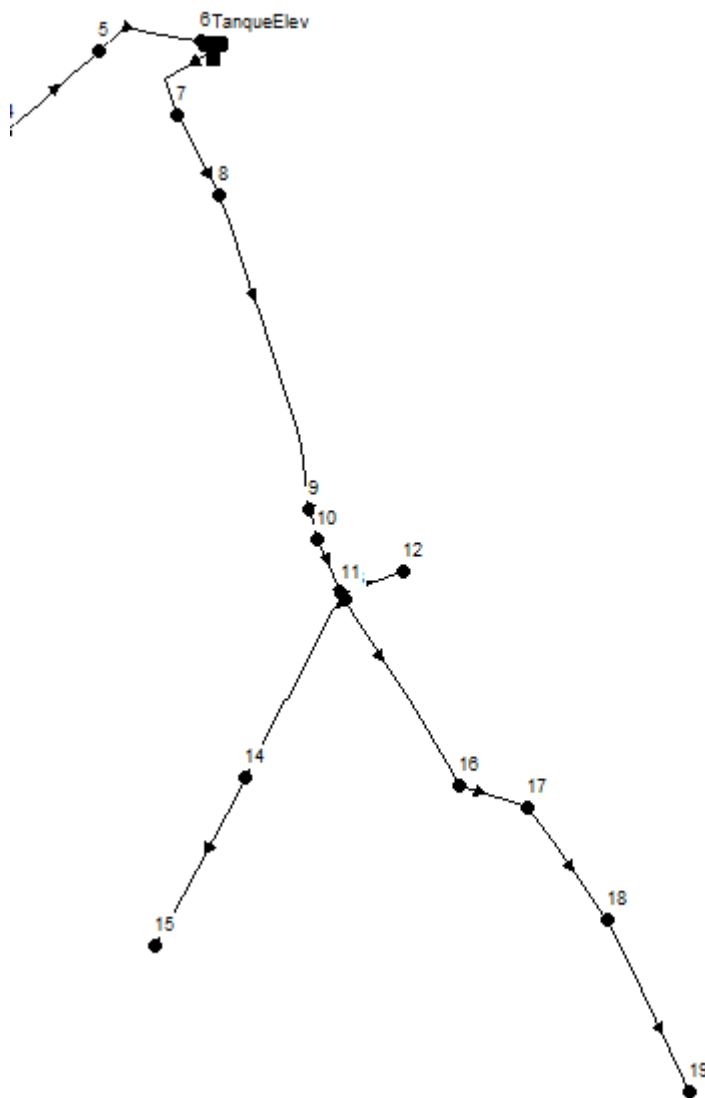
Nota. Imagen tomada del catálogo de Plastigama Wavin (2022).

3.2.7. Red de distribución

Para la red de distribución se utilizó el mismo software para la red de conducción. El trazado para esta parte constó de una red ramificada que se compone de 13 nodos con 13 tramos de tubería más el tanque de almacenamiento. Esta red cuenta con 9 puntos de demanda base de agua que es distribuido hacia las viviendas. Los resultados obtenidos se pueden apreciar en la **Tabla 17** y **Tabla 18**.

Figura 20

Modelo hidráulico de la red de distribución



Nota. Imagen obtenida del software de modelación hidráulica

Tabla 16*Requisitos para la red de conducción*

Parámetro	Criterio
Velocidad	$0.3 \text{ m/s} < v < 1.5 \text{ m/s}$
Presión	$7.0 \text{ m.c.a} < P < 30.0 \text{ m.c.a}$

Nota. Parámetros obtenidos del MAATE (2015).

Tabla 17*Resultados obtenidos en los nodos*

Nodo	Cota (m)	Demanda Base (L/s)	Presión (m.c.a)
Tanque de almacenamiento	524.09	-	6.30
7	515.30	0.07	13.18
8	509.09	0.07	18.33
9	502.57	0.10	22.03
10	503.13	0.00	21.33
11	504.41	0.00	19.79
12	511.19	0.03	12.80
13	504.41	0.00	19.74
14	504.80	0.00	18.75
15	508.51	0.03	14.47
16	504.80	0.00	18.75
17	509.07	0.03	12.03
18	504.29	0.07	16.07
19	497.54	0.07	20.79

Nota. Datos obtenidos mediante software de modelación hidráulica (versión libre)

Tabla 18*Resultados obtenidos en las tuberías*

Tubería	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)
7	38.86	25.40	0.51	1.00
8	28.24	25.40	0.44	0.86
9	102.30	25.40	0.37	0.73
10	9.45	25.40	0.27	0.53
11	16.84	25.40	0.27	0.53
12	22.64	12.70	0.03	0.27
13	3.91	25.40	0.24	0.47
14	64.06	12.70	0.03	0.27
15	59.64	12.70	0.03	0.27
16	67.85	19.05	0.20	0.71
17	22.48	19.05	0.17	0.59
18	43.11	19.05	0.13	0.47
19	59.03	12.70	0.07	0.53

Nota. Datos obtenidos mediante software de modelación hidráulica (versión libre)

Los resultados obtenidos en el software de modelación hidráulica diseñado bajo el caudal máximo horario como lo establece la norma para el sistema de distribución demuestran un comportamiento adecuado, pues las presiones varían entre 6.30 m.c.a y 22.06 m.c.a encontrándose en su mayoría dentro del rango establecido de presiones ($7.0 \text{ m.c.a} < P < 30.0 \text{ m.c.a}$), lo que garantiza un suministro suficiente para las conexiones domiciliarias sin generar presiones excesivas que puedan comprometer la infraestructura.

Mientras que las velocidades se encuentran entre (0.27 – 1.00) m/s cumpliendo con el rango de criterio establecido por la norma ($0.3 \text{ m/s} < v < 1.5 \text{ m/s}$), que garantiza una buena conducción sin tener algún riesgo de sedimentación dentro de las tuberías. Finalmente, los

diámetros escogidos son iguales o mayores al diámetro mínimo establecido por la normativa de 19 mm (3/4”) para la red principal de distribución y son los adecuados para que en conjunto cumpla con los criterios de velocidades y presiones ya mencionados anteriormente

3.2.8. Conexiones domiciliarias

Las conexiones domiciliarias del sistema de abastecimiento de agua se proyectan de tal manera que la red de distribución y las tuberías diseñadas llegan únicamente hasta el punto de acometida o entrada de cada vivienda. A partir de dicho punto, la instalación interna de agua potable será responsabilidad del usuario o beneficiario, incluyendo las tuberías y accesorios necesarios dentro del predio.

No obstante, el diseño hidráulico del sistema garantiza la disponibilidad de una presión adecuada en la acometida, suficiente para el abastecimiento de viviendas de hasta dos pisos, asegurando condiciones mínimas de servicio y continuidad en el sistema.

3.3. Diseño de torre metálica para tanque elevado

La torre metálica tiene como finalidad soportar un tanque elevado de almacenamiento de agua para consumo, garantizando la presión necesaria para el abastecimiento del sistema. La estructura se apoya directamente sobre una losa de hormigón existente que se encuentra a lado de la capilla de la comuna. La torre ha sido diseñada para proporcionar estabilidad, seguridad estructural y durabilidad, considerando las condiciones climáticas de la región Costa del Ecuador.

Figura 21

Losa de piso en sitio



El diseño de la torre metálica para el soporte del tanque elevado se realizó conforme a la (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2015) considerando específicamente las secciones NEC-SE-AC para la determinación de acciones y combinaciones de carga, NEC-SE-A para el diseño de estructuras de acero y NEC-SE-CV para la evaluación de las cargas de viento.

De manera complementaria, se emplearon criterios establecidos en la norma internacional (American Institute of Steel Construction (AISC), 2016), la cual es referenciada por la NEC, así como información técnica proporcionada por el fabricante del tanque plástico y manuales de diseño de sistemas de agua.

3.3.1. Altura

La altura de la torre se define en **6.00 m**, valor establecido en el planteamiento del proyecto y suficiente para garantizar la presión mínima requerida en la red.

3.3.2. Dimensión en planta (ancho de la torre)

Criterios usados:

- El ancho debe ser mayor que el diámetro del tanque.
- La relación altura - base debe garantizar estabilidad.
- Se debe permitir espacio para la plataforma y barandas.

Datos:

- Diámetro del tanque: 1.12 m

- Se adopta una holgura mínima de 0,20 m por lado:

$$1.12 + 2(0.20) = 1.52 \text{ m}$$

Se adopta una dimensión comercial de:

$$\boxed{1.60 \text{ m} \times 1.60 \text{ m}}$$

3.3.3. Determinación de cargas

Carga por peso del agua

El agua constituye la carga dominante del sistema.

$$P_{\text{agua}} = V \times \gamma \quad (3.19)$$

$$P_p = 1.10 \text{ m}^3 * 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1100 \text{ kg}$$

Peso del tanque vacío

Peso aproximado del tanque plástico vacío: **50 kg**

Carga total vertical

$$P_{\text{total}} = 1100 + 50 = 1150 \text{ kg} \approx 11.3 \text{ KN}$$

Esta carga se transmite a la plataforma superior y se distribuye de manera uniforme entre las cuatro columnas de la torre.

3.3.4. Selección del tipo de perfil para columnas

Las columnas trabajan principalmente a compresión axial, con efectos secundarios de viento.

Criterios de selección

- Buena resistencia a compresión.
- Buen comportamiento frente a pandeo.
- Protección frente a corrosión (zona Costa).
- Disponibilidad comercial.

Se selecciona Perfil tubular cuadrado (HSS) por su rigidez y simetría.

Verificación básica de columnas (criterio de suficiencia)

Se propone inicialmente: **HSS 100 × 100 × 4 mm**

Este perfil tiene:

- Área suficiente
- Baja esbeltez para 6 m
- Capacidad axial muy superior a 2.83 kN

El perfil cumple ampliamente, por lo que no gobierna la compresión.

3.3.5. Vigas horizontales intermedias

Para coherencia estructural y facilidad constructiva:

Perfil: HSS 80 × 40 × 3 mm

Este perfil es adecuado para:

- Cargas secundarias
- Arriostramiento
- Estructuras livianas de tanques elevados

Son dos niveles, a 2 m y 4 m, en cada nivel deberá haber 4 vigas (una por cada lado).

La longitud de cada viga será la longitud que existe entre columna que es = 1.60 m.

3.3.6. Diseño del sistema de arriostramiento

Los arriostramientos:

Controlan desplazamientos laterales.

Reducen longitud libre de pandeo.

Mejoran estabilidad global.

Disposición adoptada:

Arriostramientos en X

Cada 2.00 m de altura

En los cuatro lados

Longitud de cada arriostramiento:

Se aplica Pitágoras:

$$L = \sqrt{(1.60)^2 + (2.00)^2} = 2.56 \text{ m}$$

Selección del perfil:

Perfil angular L 40×40×4 mm

Este tipo de perfil es adecuado para esfuerzos de tracción–compresión moderados.

3.3.7. Diseño de la plataforma superior

Se adopta la misma dimensión de la torre:

$$1.60 \text{ m} \cdot 1.60 \text{ m}$$

Esta dimensión permite alojar el tanque plástico de 1100 litros ($\varnothing \approx 1.12 \text{ m}$), dejando una holgura perimetral de aproximadamente 0.24 m para seguridad y circulación.

3.3.8. Sistema estructural de la plataforma

La plataforma está conformada por:

Vigas principales perimetrales

- Función: Recibir la carga del tanque y distribuirla hacia las columnas.
- Perfil adoptado: UPN 120
- Disposición: Cuatro vigas formando un marco cerrado.

Vigas secundarias

- Función: Apoyo directo del fondo del tanque y distribución uniforme de cargas.
- Perfil adoptado: UPN 120
- Número: 3 vigas
- Separación aproximada: 0.50 m

Superficie de apoyo del tanque

Sobre las vigas secundarias se dispone una placa metálica continua que sirve como base directa del tanque.

Material:

- Plancha de acero estructural
- Espesor adoptado: 5 mm

Función:

- Evitar concentraciones de carga.
- Proporcionar una superficie uniforme y estable.
- Facilitar el anclaje del tanque.

3.3.9. Diseño de barandas de seguridad

Según criterios de seguridad:

- Altura mínima: 1.10 m
- Baranda intermedia
- Postes cada 0.80 m

Selección de perfiles:

- Tubos circulares por facilidad constructiva:
- Pasamanos: $\text{Ø } 1\frac{1}{4}$ "
- Postes y baranda intermedia: $\text{Ø } 1\frac{1}{2}$ "

3.3.10. Sistema de apoyo

La torre metálica se apoya directamente sobre una losa de hormigón existente en el sitio.

La fijación se realiza mediante placas base metálicas y pernos de anclaje, garantizando una adecuada transmisión de cargas y estabilidad del conjunto estructural.

3.3.11. Metrado y cuantificación del acero estructural

Los pesos unitarios de los perfiles estructurales utilizados en el presente diseño fueron obtenidos de tablas comerciales de acero estructural, las cuales se basan en la geometría real de cada sección y en la densidad del acero. Estas tablas son proporcionadas por fabricantes y manuales técnicos reconocidos, tales como catálogos de perfiles estructurales y el Manual de la (American Institute of Steel Construction (AISC), 2016), documentos aceptados por la (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2015). Para el caso de la plancha metálica, el peso se determinó directamente a partir del peso específico del acero y el espesor de la placa.

El peso de cada elemento de acero se obtiene multiplicando:

$$\text{Peso} = \text{Longitud total} \cdot \text{Peso unitario del perfil}$$

Donde:

- Longitud total (m): suma de las longitudes reales de cada elemento.
- Peso unitario (kg/m): valor obtenido de tablas comerciales de perfiles de acero.

Datos generales del diseño

- Altura total de la torre: 6.00 m
- Planta cuadrada: 1,60 m × 1.60 m
- Niveles de arriostamiento: 2.00 m y 4.00 m
- Plataforma superior: nivel 6.00 m
- Apoyo: losa de hormigón existente
- Material: acero estructural ASTM A36
- Densidad del acero: 7850 kg/m^3

Tabla 19*Peso total en Kg para las columnas*

Elemento	Perfil	Cantidad	Longitud unitaria (m)	Longitud total (m)	Peso unitario (kg/m)	Peso total (kg)
Columnas	HSS 100×100×4 mm	4	6.00	24.00	11.9	285.6

Tabla 20*Peso total en Kg para las vigas intermedias*

Elemento	Perfil	Cantidad	Longitud unitaria (m)	Longitud total (m)	Peso unitario (kg/m)	Peso total (kg)
Vigas intermedias	HSS 80×40×3 mm	8	1.60	12.80	5.7	73.0

Tabla 21*Peso total en Kg para los arriostramientos*

Elemento	Perfil	Cantidad	Longitud unitaria (m)	Longitud total (m)	Peso unitario (kg/m)	Peso total (kg)
Arriostramientos	L 40×40×4 mm	16	2.56	40.96	2.4	98.3

Tabla 22*Peso total en Kg para las vigas de la plataforma*

Elemento	Perfil	Cantidad	Longitud unitaria (m)	Longitud total (m)	Peso unitario (kg/m)	Peso total (kg)
Vigas plataforma	UPN 120	4	1.60	6.40	13.4	85.8

Tabla 23*Peso total en Kg para las vigas secundarias de la plataforma*

Elemento	Perfil	Cantidad	Longitud unitaria (m)	Longitud total (m)	Peso unitario (kg/m)	Peso total (kg)
Vigas secundarias	HSS 80×40×3 mm	3	1.60	4.80	5.7	27.4

Tabla 24*Peso total en Kg para la plataforma*

Elemento	Espesor	Área (m ²)	Peso unitario (kg/m ²)	Peso total (kg)
Plancha metálica	5 mm	2.56	39.25	100.5

Tabla 25*Peso total en Kg para la baranda de seguridad*

Elemento	Perfil	Cantidad	Longitud total (m)	Peso unitario (kg/m)	Peso total (kg)
Pasamanos	Tubo Ø 1½"	1	6.40	2.7	17.3
Baranda intermedia	Tubo Ø 1¼"	1	6.40	2.2	14.1
Postes verticales	Tubo Ø 1¼"	8	8.80	2.2	19.4
Subtotal barandas					50.8

Tabla 26*Peso total en Kg para la escalera*

Elemento	Perfil	Cantidad	Longitud total (m)	Peso unitario (kg/m)	Peso total (kg)
Largueros	HSS 80×40×3 mm	2	12.00	5.7	68.4
Peldaños	Tubo Ø 1¼"	20	9.00	2.2	19.8
Subtotal escalera					88.2

Capítulo 4

4. ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL

4.1. Descripción del proyecto

El alcance del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) dentro este proyecto se centra en la evaluación de las posibles afectaciones de la construcción y operación del sistema de distribución de agua potable en la comuna rural de Cabo de Hacha, y en garantizar que la solución adoptada cumpla con los principios de sostenibilidad social y ecológica como se mencionó en el capítulo 1.

El proyecto se alinea directamente con dos Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), promoviendo soluciones integrales y equitativas. El primero es el **ODS 6: Agua limpia y saneamiento**, donde una de las metas es aumentar el uso del recurso hídrico tal que sea asequible a todos los sectores en vulnerabilidad; esto contribuye a garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua para quien lo necesita. El segundo objetivo es el **ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles** donde una de las metas a cumplir es promover el acceso universal a servicios básicos, en este caso el agua, y la inclusión de aquellas familias que carecen de dicho recurso, fortaleciendo la resiliencia de los asentamientos humanos ante el riesgo de desastres en la zona, por tener índices altos de precipitación y derrumbes.

La comunidad de Cabo de Hacha no tiene un sistema de agua para consumo ni un sistema para alcantarillado sanitario, sin embargo, si cuentan con alumbrado público y servicio de internet público.

En el EIA se detalla todas las acciones del proyecto que potencialmente causarán impactos, enfocándose en la fase de construcción del sistema seleccionado para el diseño con sus componentes, así como operación y mantenimiento una vez que se haya finalizado el proceso de diseño y construcción.

Tabla 27*Etapas del proyecto con los diferentes componentes*

Etapas	Componente
Diseño	Memoria Técnica
Construcción	Captación
	Línea de Conducción
	Infraestructura (Reservorio)
	Distribución
Operación y Mantenimiento	Sistema de agua para consumo

4.2. Línea de base ambiental

4.2.1. Medio abiótico y componentes afectados

La condición actual del medio (físico, biótico y socioeconómico) en Cabo de Hacha, incluye elementos que serán directamente impactados por la construcción y operación del proyecto.

4.2.1.1. Suelo y Topografía

Cabo de Hacha se caracteriza por un terreno accidentado y colinado con bastantes desniveles en la zona de intervención. El área presenta una variación altitudinal significativa, como se evidenció en el levantamiento topográfico (cerca de 41 metros de desnivel en total). La inestabilidad es alta en las laderas y zonas de pendiente pronunciada, lo que hace al suelo susceptible a la erosión y a los movimientos en masa (deslizamientos), especialmente en épocas de lluvias intensas.

El punto de captación en la topografía se encuentra en una de las zonas más bajas del área de estudio, tiene una subida empinada que dificulta el ascenso en épocas invernales, al tener una vía con características de suelo arcilloso, formando una zona lodosa; mientras que en la captación se observa presencia de roca.

4.2.1.2. Recurso Hídrico

La hidrografía en el cantón se compone de ríos y esteros intermitentes. Para el proyecto, el elemento clave es la fuente de captación (quebrada) y la conducción. Sin embargo, el cuerpo de agua considerado actualmente como la fuente de captación es de tipo estacional, por lo que el abastecimiento y distribución de agua no es de forma continua, ya que depende de que la fuente esté llena.

Esta fuente será afectada en su caudal natural por la captación de agua para el sistema, en épocas de lluvia, un pequeño río se forma llenando 2 reservorios adyacentes que abastecen a la comuna.

4.2.1.3. Clima y Energía

El clima es de régimen tropical con variaciones significativas entre el período seco y el lluvioso. Debido que la comunidad se encuentra dentro de la zona de Bosque Húmedo Pre-Montano, este tipo de ecosistemas se encuentran generalmente en las estribaciones de las cordilleras, sirviendo como una zona de transición entre las tierras bajas costeras y las áreas montañosas más altas, sus condiciones climáticas de las que resaltan son típicamente húmedas y templadas. Se caracteriza por un régimen de precipitaciones elevado, con promedios anuales que oscilan entre los 1000 y 2000 mm.

En cuanto a energía, la Corporación Nacional de Electricidad Unidad de Negocio Manabí planificaron y ejecutaron la construcción de una nueva red eléctrica en la comunidad Cabo de Hacha del cantón Jipijapa. La obra benefició a más de 100 familias y los trabajos realizados consistieron en la instalación de 50 postes, 3000 metros de redes, 20 luminarias y 3 transformadores (CNEL EP, 2022).

4.2.2. Medio biótico y componentes afectados

El componente biótico se enfoca en la vegetación y fauna susceptibles de ser afectadas por las obras de infraestructura y de qué manera se puede minimizar daños.

La comunidad Cabo de Hacha cuenta con zona de producción agrícola y con un área destinada a las viviendas de la comunidad. Por lo que, la flora del sector corresponde a cultivos propios del clima; mientras que la fauna se limita a animales domésticos y de granja para consumo interno de las familias.

4.2.2.1. Flora y Vegetación

La zona se encuentra dentro del Bosque Húmedo Pre-Montano, aunque gran parte del cantón ha experimentado deforestación debido a la expansión agrícola y ganadera, por lo que existen áreas con cobertura vegetal dispersa.

4.2.2.2. Fauna

La fauna existente en estos ecosistemas de bosque seco es vulnerable y dispersa. El principal impacto en la fauna será el desplazamiento temporal de especies tales como aves, como consecuencia de ruido y movimiento de maquinaria durante la fase de construcción, así como la potencial pérdida de microhábitats por la remoción de vegetación.

4.2.3. Medio Socioeconómico y Cultural

Es una comuna rural donde tuvo el auge producción de café en tiempo pasado, gracias a la identidad productiva cafetalera, tuvo un gran crecimiento poblacional. La restricción económica y la carga social impuesta por la falta de servicios básicos extenuando luz pública ha provocado la movilización de personas jóvenes hacia grandes ciudades con mejor oportunidad.

Sin embargo, esta base productiva se ve comprometida por el alto índice de pobreza por NBI que afecta a la población rural, lo que impone una severa restricción financiera para cualquier proyecto de infraestructura, obligando a priorizar soluciones de muy bajo costo.

La comunidad Cabo de Hacha tiene conexiones con el GAD parroquial, municipal y provincial, lo que es de gran ayuda ya que, con estos proyectos de bajo presupuesto puedan ser factibles para su ejecución y así mejorar la calidad de vida de los habitantes que necesitan del líquido vital.

4.2.3.1. Población y Salud

La comunidad rural es catalogada como pequeña y con altos índices de pobreza. El principal factor afectado positivamente es la salud pública al no contar actualmente con un servicio de agua continua, lo que incide en enfermedades gastrointestinales. La implementación del proyecto busca mejorar directamente la calidad de vida y el bienestar, alineado con el ODS 6.

4.2.3.2. Infraestructura y Uso del Suelo

La comuna cuenta con una vía pública, un área para eventos sociales de los comuneros, una capilla, el área existente de la captación, servicio público de alumbrado, servicio de recolección de basura y servicio de internet. Dentro de la comuna no hay mucho tránsito vehicular. A un costado de la capilla que tiene una losa ya construida.

Una de las actividades de la comuna que realiza cada año es la fiesta patronal de su recinto en honor a la Virgen de las Nieves que se desarrolla en el mes de agosto ya que es una tradición, que cada año reúnen a cientos de devotos y visitantes de todo Jipijapa, famoso por sus campeonatos de indoor, terminan con bautizos y el famoso baile tradicional (Alcaldía Jipijapa, 2025).

Otra actividad que caracteriza a la comunidad es la feria gastronómica que realiza anualmente en el feriado del día de los muertos, donde muestran parte de su cultura reflejada en platos típicos criollos, este evento tiene gran acogida ya que llegan visitantes de toda la provincia y país debido a su gran difusión en las redes sociales.

4.3. Actividades del proyecto

El proyecto involucra acciones a lo largo de sus fases de planificación, construcción y operación que son susceptibles de causar impactos ambientales. La identificación y evaluación de estos impactos es el propósito central del Estudio de Impacto Ambiental.

Tabla 28*Acciones que causan impactos ambientales*

Etapa	Componente	Acción que Causa Impacto
Diseño	Memoria Técnica	Levantamiento de información y diseño
Construcción	Captación	Movimiento de tierras, desvío de cuerpos de agua, suministro e instalación de equipo de bombeo, reconstrucción de captación (incluye protección), caseta de bombeo, consumo de energía eléctrica
	Línea de Conducción	Excavación de zanjas, movimiento de tierras, consumo de materiales pétreos (áridos), instalación de tuberías, reconfiguración de vías
	Infraestructura (Reservorio)	Excavación y disposición de material sobrante, consumo de materiales pétreos (áridos) y agua, instalación de tanque PVC, construcción de torre, instalación de equipos de control
	Distribución	Excavación de zanjas, movimiento de tierras, consumo de materiales pétreos (áridos), instalación de tuberías, reconfiguración de vías
Operación y Mantenimiento	Sistema de agua para consumo	Limpieza del reservorio, consumo energético, manejo de residuos, mantenimiento del equipo de bombeo, consumo de agua

4.3.1. Fases del Proyecto Susceptibles de Impacto Ambiental

4.3.1.1. Fase de Diseño

Esta fase genera impactos principalmente a nivel del recurso hídrico y la biodiversidad debido a la construcción del proyecto, al definir la intervención sobre el ecosistema.

4.3.1.1.1. Levantamiento de información

La determinación del caudal de captación puede afectar el caudal ecológico o el caudal mínimo restante en la fuente. Esto va a variar en la temporada de lluvias donde aumentará el caudal de ingreso hacia el lugar de recolección.

4.3.1.1.2. Diseño de la Infraestructura

La elección del sitio para la captación y el reservorio (tanque de almacenamiento) tiene un impacto directo en el uso del suelo y en la alteración del paisaje en la cota de emplazamiento.

4.3.1.1.3. Trámites y Autorizaciones

La solicitud de la Autorización de Uso y Aprovechamiento de Agua ante la ARCA requiere documentar la intervención sobre un bien natural (el agua), que es un elemento ambiental regulado.

4.3.1.2. Fase de Construcción

Esta fase abarca el desarrollo de los cuatro componentes que permitirán captar, conducir, almacenar y distribuir el volumen de agua requerido. La captación es la estructura civil que se emplazará en la fuente de agua para su recolección. Su diseño debe ser cerrado y protegido para resolver la crisis sanitaria actual de la comuna al evitar la contaminación por agentes externos.

La captación debe diseñarse para capturar el caudal de diseño requerido por la población futura, garantizando la suficiencia del recurso durante el estiaje. La línea de conducción es el tramo de tubería que transporta el agua por bombeo desde la captación hasta el reservorio. Este componente es fundamental para la sostenibilidad del proyecto, ya que su diseño requiere de un empuje debido al desnivel topográfico que presenta la zona, ya que necesita que ascienda por al menos 25 metros desde su captación hacia el tanque elevado el flujo ininterrumpido de agua, eliminando la necesidad de bombear para su distribución. Su construcción implica la excavación de zanjas, lo que requiere un manejo ambiental riguroso para mitigar la erosión del suelo en las zonas de pendiente.

El reservorio es una estructura civil que se ubicará en la cota más alta de la comunidad, exactamente al costado de la capilla del sector. Su función es de almacén y compensación del agua que se condujo desde su captación, guardando el volumen de agua necesario (caudal máximo diario) y asegurando una presión constante en la red de distribución, manteniendo así la restricción de presión mínima (10 m.c.a.) en toda la red.

Finalmente, la red de distribución constituye el sistema de tuberías secundarias, accesorios y válvulas que distribuyen el agua desde el reservorio hasta las viviendas de la

comuna identificadas. El diseño de esta red garantiza que el caudal máximo horario llegue a cada usuario cumpliendo con las normativas de diámetro mínimo (1") y los parámetros de presión y velocidad seguros, erradicando el esfuerzo físico y el acarreo de agua que la comunidad realiza actualmente.

4.3.1.3. Fase de Operación y Mantenimiento

Esta fase contiene el desarrollo del componente de mantenimiento del sistema que se va a implementar en la zona. La limpieza del reservorio es una actividad importante que se debe realizar periódicamente para eliminar la acumulación de sedimentos y el biofilm biológico que se forma en el fondo y las paredes del tanque, debido a que el agua transportada desde la captación no tiene ningún tratamiento previo y se encuentra al aire libre sin protecciones. Esta acumulación puede reducir el volumen de almacenamiento efectivo, afectar la calidad del agua y crear un ambiente propicio para el desarrollo de microorganismos. El procedimiento implica el vaciado del tanque, el cepillado y el arrastre de los residuos, generando lodos que deben ser dispuestos de forma segura, la periodicidad de la limpieza puede ser anual o semestral.

En cuanto al consumo energético y el mantenimiento del equipo de bombeo, el proyecto se fundamenta en la alternativa de distribución por gravedad, lo que significa que el consumo energético para la impulsión del agua es cero. Sin embargo, se usa bomba para la conducción desde la captación hacia el tanque elevado, lo que significará un consumo energético, pero no será continua, el mantenimiento del equipo de bombeo se enfocaría en la revisión y lubricación periódica de la bomba, el motor y los componentes eléctricos para asegurar su eficiencia.

La principal categoría del manejo de residuos son los lodos y sedimentos generados por la limpieza del reservorio. Estos residuos deben ser secados y dispuestos en un sitio autorizado o en una zona segura que no contamine cuerpos de agua superficiales.

Finalmente, el consumo de agua se refiere al volumen de agua necesario para los procesos internos, como la purga y el lavado de las líneas de conducción y de distribución, y el

agua utilizada durante la limpieza de la captación y el reservorio. Aunque este volumen es mínimo en comparación con el caudal de consumo diario, debe ser cuantificado para no afectar el balance hídrico de la fuente y la continuidad del servicio a la población.

4.4. Identificación de impactos ambientales

Tabla 29

Posibles consecuencias de acciones que causan impactos ambientales

Etapa	Componente	Acción que Causa Impacto	Impacto Ambiental
Diseño	Memoria Técnica	Levantamiento de información y diseño	-
Construcción	Captación	Remoción de capa vegetal, movimiento de tierras, desvío de cuerpos de agua, intervención en el cauce fluvial, suministro e instalación de equipo de bombeo, reconstrucción de captación (incluye protección), caseta de bombeo, consumo de energía eléctrica, ruido operacional	Erosión, riesgo de deslizamientos, turbidez del agua, desplazamiento de fauna de su hábitat
	Línea de Conducción	Excavación de zanjas, movimiento de tierras, instalación de tuberías, reconformación de vías	Alteración del perfil del suelo, pendientes inestables, acceso limitado
	Infraestructura (Reservorio)	Excavación y disposición de material sobrante, consumo de materiales pétreos (áridos) y agua, instalación de tanque PVC, construcción de torre, instalación de equipos de control	Alteración de la geomorfología local, contaminación de suelo por desperdicios o desechos, reducción de recurso disponible
	Distribución	Excavación de zanjas, movimiento de tierras, instalación de tuberías, reconformación de vías	Erosión, riesgo de deslizamientos, turbidez del agua, desplazamiento de fauna de su hábitat
Operación y Mantenimiento	Sistema de agua para consumo	Limpieza del reservorio, consumo energético, manejo de residuos, mantenimiento del equipo de bombeo, consumo de agua	Reducción de recurso disponible, contaminación de suelo por desperdicios o desechos

4.5. Valoración de impactos ambientales

El análisis de impacto ambiental para el sistema de distribución de agua, en la cual se realizará la valoración de cada actividad, se resume de forma eficiente mediante varios métodos de valoración, una de ellas es la matriz de Leopold, una herramienta que permite cruzar las acciones específicas del proyecto con los factores ambientales identificados que serán afectados en Cabo de Hacha, y cuantificar la magnitud e importancia de dichos impactos.

Este método no solo identifica los impactos negativos, sino que también resalta los beneficios ambientales (impactos positivos). En este caso, la matriz está diseñada para la distribución por gravedad, que es la opción elegida por su menor huella ecológica, en comparación con la alternativa de bombeo.

Para este proyecto se asignaron valores para la magnitud y la importancia, se priorizan las medidas de mitigación en los puntos críticos de inestabilidad y en el recurso hídrico, asegurando que el impacto neto sea positivo para la comunidad y el entorno, por ello se muestra en la siguiente tabla los tipos de valoración para cada asignación.

Tabla 30

Asignación de valores para la matriz de Leopold

Asignación	Valor	Significado
Magnitud	10	Grande
	5	Media
	1	Pequeña
Importancia	10	Alta
	1	Baja

Una vez determinado los valores de cada asignación, se crea la matriz de Leopold con las acciones de posibles causas de impacto ambiental, a su vez dividida por cada componente

que abarca todo el proyecto con sus respectivas acciones, así como los factores ambientales identificados.

Figura 22
Matriz de Leopold con cada una de las acciones que causan posibles Impactos Ambientales.

1; Pequeña M 5; Media 10; Grande I 1; Nada I 10; Alta		Acciones posibles que causan Impacto Ambiental																
		Diseño			Construcción										Mantenimiento y Operación			
		Levantamiento de información	Movimiento de tierras	Remoción de capa vegetal	Desvío de cuerpos de agua	Instalación de equipo de bombeo	Reconstrucción de captación	Uso de energía eléctrica	Excavación de zanjas	Instalación de tuberías	Reconformación de vías	Construcción de torre	Disposición de material sobrante	Instalación de tanque PVC	Limpieza de reservorio	Manejo de residuos	Consumo de agua	Mantenimiento de equipo
Factores Ambientales	Tierra	Afectación por desechos sólidos	-	-10		-	-5	-5	-	-10	-5	-	-10	-10	-10	-10	-10	-10
	Agua	Afectación por desechos sólidos	-	-5		-	-5	-5	-	-5	-5	-	-5	-5	-	-10	-10	-10
		Afectación a la calidad del agua	-	-1		-5	-	-5	-	-1	-	-	-5	-5	-	-10	-10	-10
	Atmósfera	Incremento de nivel sonoro	-	-5		-	-5	-1	-	-5	-	-10	-10	-5	-5	-1	-1	-1
		Incremento de polvo	-	-10		-	-5	-10	-	-10	-	-10	-10	-10	-5	-5	-5	-5
		Emisión de gases CO2	-	-5		-	-	-1	-5	-5	-10	-5	-5	-5	-1	-1	-5	-1
	Fauna	Contaminación a la población	-	-1		-1	-	-1	-	-1	-5	-	-1	-1	-5	-5	-5	-
		Disminución de la población	-	-5		-	-	-	-	-5	-5	-5	-1	-5	-1	-5	-1	-
		Desplazamiento de especies	-	-5		-5	-	-5	-	-5	-5	-5	-5	-5	-1	-1	-1	-
	Población	Interrupción de tráfico vehicular	-	-10		-	-	-	-	-10	-5	-10	-10	-5	-	-1	-5	-1

4.6. Propuestas de medidas de prevención/mitigación

El Plan de Manejo Ambiental (PMA) para el proyecto se estructura mediante varios subprogramas que buscan prevenir, mitigar y corregir los impactos identificados en la matriz de Leopold, asegurando la sostenibilidad ambiental, económica y social.

El enfoque principal de la gestión ambiental reside en controlar los impactos directos e indirectos de la construcción sobre el medio abiótico y biótico. Es prioritario un control de suelos debido a la topografía accidentada y el riesgo de movimientos en masa en la zona al momento de realizar las actividades de construcción. Esto exige la realización de un adecuado manejo de la capa vegetal (retirla), la compactación controlada del fondo de las zanjas y el talud de la cimentación del reservorio y, fundamentalmente, la aplicación de estructuras de drenaje en las zonas de alta pendiente.

Se debe proteger el recurso hídrico ya que se tiene como objetivo mitigar el impacto negativo y permanente de la extracción continua de caudal. Esto se logra mediante el caudal de diseño, asegurando que se respete el caudal ecológico mínimo. Durante la fase de construcción, se debe exigir el control riguroso en los cruces de cuerpos de agua (ríos y quebradas) para prevenir la sedimentación y turbidez. Adicionalmente, se debe incluir la reforestación y el cerramiento de la zona de captación para evitar la contaminación con residuos orgánicos, un problema de alto riesgo sanitario en la zona.

Para un manejo de residuos sólidos y material sobrante eficiente se debe gestionar los subproductos de la construcción y operación. Para la fase constructiva, se debe planificar la disposición final del material sobrante de la excavación de zanjas y cimentaciones para el reservorio, garantizando que este sea transportado a un lugar seguro y no sea vertido en zonas de riesgo o cuerpos de agua. Para la fase de operación, se debe incluir el manejo de los lodos de limpieza del reservorio y, ubicar en un lugar adecuado.

4.7. Resultados del análisis de impacto ambiental

El análisis de los impactos del proyecto debe relacionar directamente las actividades constructivas y operacionales con los indicadores de desempeño económico, ambiental y social definidos en este diseño. Este enfoque cuantifica el valor del sistema propuesto por gravedad frente cada una de las etapas.

El diseño del sistema de distribución de agua se relaciona esencialmente con los indicadores de desempeño. El impacto económico se mide mediante el costo de inversión del sistema por unidad de volumen de agua (USD/m³), un indicador que se optimiza gracias a la selección del sistema por gravedad. El hecho de que la excavación de zanjas, movimiento de tierras e instalación de tuberías sean las principales actividades de construcción del sistema por gravedad, permite prescindir del costoso suministro e instalación de equipo de bombeo y la caseta de bombeo en la distribución, caso contrario en la etapa de conducción que si requiere. Al evitar la compra e instalación de estos equipos y, crucialmente, el consumo de energía eléctrica en la operación, se garantiza una drástica reducción en los costos operativos y, por ende, un menor costo final del metro cúbico de agua para la comuna de bajos recursos.

El impacto ambiental se evalúa a través de la eficiencia hídrica de la red diseñada (medida como el porcentaje de agua no contabilizada o pérdidas). Si bien la construcción de la línea de conducción y la red de distribución mediante la instalación de tuberías implica una intervención ambiental (erosión del suelo por movimiento de tierras), el diseño debe asegurar la minimización de las fugas mediante el uso de materiales de calidad y la correcta reconfiguración de vías al finalizar, buscando una eficiencia hídrica superior al 70% según los estándares rurales.

Por otro lado, la reconstrucción de la captación que debe incluir una protección para evitar que entren hojas o insectos que contaminen el agua de consumo y la limpieza del

reservorio son esenciales para mitigar el impacto ambiental sanitario, garantizando la calidad del recurso hídrico.

Finalmente, el impacto social se cuantifica directamente por la cobertura poblacional con acceso continuo al recurso hídrico con la cantidad de habitantes presentes en la zona de estudio. La finalización de la instalación de tuberías en la red de distribución y la operatividad del sistema aseguran que el caudal de diseño llegue a las cerca de 25 familias que habitan en la comuna. La conexión final de la red con el reservorio y los equipos de control garantiza que la presión mínima requerida se mantenga, eliminando el extenuante acarreo manual de agua y transformando el indicador social al pasar de un acceso limitado y fatigante a una cobertura continua y segura.

Capítulo 5

5. PRESUPUESTO

5.1. Estructura Desglosada de Trabajo

La estructura desglosada de trabajo para este proyecto, se divide la ejecución técnica en cinco fases conectadas que garantizan la integridad del proyecto desde su fase previa preliminar hasta su operatividad final.

El primer componente es de Obras Preliminares, el enfoque reside en el acondicionamiento del terreno mediante la limpieza y desbroce de la capa vegetal para continuar con el siguiente paso de replanteo y nivelación del terreno, ya que con la limpieza puede generar cotas no deseadas.

El segundo componente, denominada Movimientos de Tierra, gestiona la alteración física del paisaje necesaria para la ubicación de tuberías, abarcando desde la excavación con maquinaria pesada hasta la disposición técnica del material sobrante para desalojar, cuidar la pendiente de taludes para no provocar deslizamientos en las zonas empinadas y el relleno con material que se usará del sitio para cubrir las tuberías y finalmente el transporte de material hacia la obra gestionando tanto el traslado de tuberías, accesorios para el reservorio, así como el desalojo de desechos fuera del área de influencia.

El componente más importante es el de Obras Hidráulicas porque se ejecutan las obras de ingeniería hidráulica que incluyen el tendido de las tuberías de conducción y distribución, así como el montaje del tanque de PVC, componentes que permitirán el transporte del recurso hacia las viviendas y se finaliza con la reconfiguración de vías posterior a la instalación.

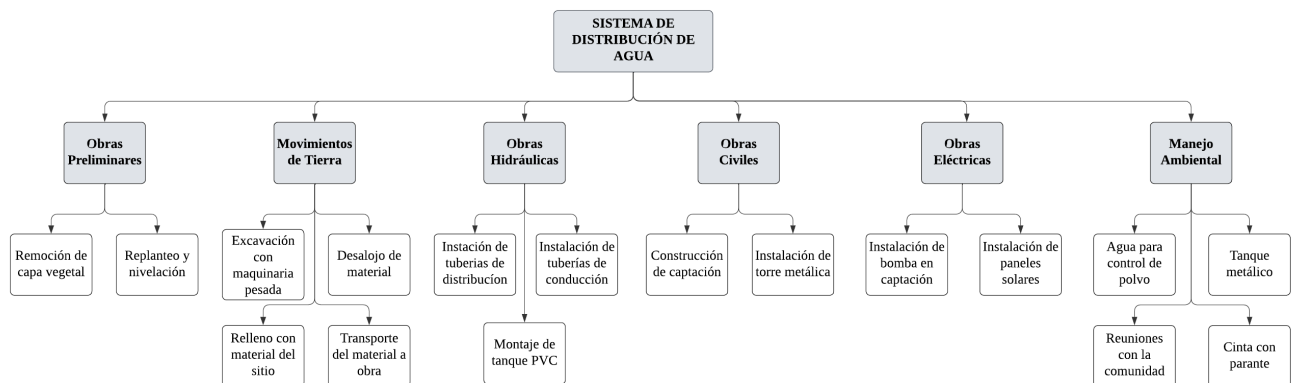
Posteriormente, el componente Obras Civiles se centra en el arreglo de la captación profundizándola y la construcción de la torre metálica de 6m con perfiles de acero que elevarán el tanque de reservorio para poder cumplir la presión mínima requerida.

En el componente de Obras Eléctricas se centrará en la instalación del equipo de bombeo y accesorios en la zona de captación para el impulso del agua hacia el reservorio, así como la instalación de paneles solares en la zona de captación para proveer de energía a la bomba.

Finalmente, el componente de Manejo Ambiental, Seguridad Industrial y Calidad incorpora la gestión responsable de residuos, el control riguroso en los cruces de cuerpos de agua (ríos y quebradas) para prevenir la sedimentación y turbidez, la ejecución de pruebas de calidad (estanqueidad para detectar fugas prematuras y verificación de presión mínima requerida para la distribución a las casas), acciones de limpieza de la obra, asegurando que el proyecto no solo sea funcional, sino también amigable con el ecosistema circundante.

Figura 23

Esquema de la estructura desglosada de trabajo.



5.2. Especificaciones Técnicas

5.2.1. Obras Preliminares

5.2.1.1. Limpieza y desbroce

Para esta actividad, las especificaciones técnicas se rigen por normativas nacionales de construcción y gestión ambiental para asegurar que la preparación del terreno no degrade el entorno ni afecte la estabilidad de las zanjas.

5.2.1.1.1. Normas, Códigos y Reglamentos Aplicables

Norma NEVI-12 (MTOPE): Establece los estándares para la limpieza del derecho de vía y la remoción de capa vegetal en proyectos de infraestructura en Ecuador.

NTE INEN-ISO 45001: Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo, aplicada de forma general para la prevención de riesgos en obras de infraestructura hídrica.

Código de Seguridad en la Construcción (NTE INEN 806): Norma técnica que detalla las medidas de prevención de accidentes en obras civiles, incluyendo la señalización y protección de zanjas abiertas.

NTE INEN 2394: Referida a la señalización de seguridad para la prevención de riesgos laborales en sitios de construcción.

Normativa ambiental vigente: Regula la disposición final de los desechos orgánicos resultantes para evitar que se conviertan en focos de contaminación o combustible para incendios.

5.2.1.1.2. Especificaciones Técnicas Detalladas

Consiste en la eliminación de vegetación, maleza, arbustos, troncos y raíces en las áreas destinadas a la Captación, Línea de Conducción y el sitio del Reservorio. El desbroce debe extenderse al menos 0.50 metros a cada lado del eje de la zanja diseñada para permitir el movimiento de personal y equipo sin obstrucciones.

5.2.1.1.3. Procedimiento de Ejecución

Desbroce y Tala: Se debe realizar de forma manual o mecánica, priorizando la protección de especies arbóreas de gran tamaño que no interfieran directamente con la infraestructura hídrica.

Desarraigado: Las raíces de más de 2 pulgadas de diámetro deben ser extraídas a una profundidad mínima de 0.30 metros por debajo de la superficie natural del terreno para evitar asentamientos futuros en la tubería.

Limpieza de Capa Vegetal: Remoción de los primeros 0.10 a 0.20 metros de suelo orgánico, el cual debe ser apilado y protegido para su posterior uso en la reconfiguración de vías y taludes.

5.2.1.1.4. Manejo de desechos

Desalojo: El material no reutilizable debe ser transportado fuera del área de influencia a sitios autorizados por la autoridad ambiental local.

5.2.1.1.5. Equipo y Maquinaria

Manual: Machetes, hachas, motosierras y rastrillos para zonas de difícil acceso o alta pendiente.

Mecánico: Tractor de orugas o retroexcavadora provista de cuchillas para áreas extensas (sitio del reservorio), asegurando que el equipo no cause compactación excesiva en áreas de infiltración.

5.2.1.2. Replanteo Topográfico

Para el rubro, las especificaciones técnicas son críticas, ya que de la precisión de los niveles depende que el agua fluya correctamente por gravedad a lo largo de los metros de desnivel calculados.

5.2.1.2.1. Normas, Códigos y Reglamentos Aplicables

Normas del Ex-IEOS / SENAGUA: Establecen las tolerancias máximas permisibles para errores de cierre en nivelaciones de sistemas de agua rural.

NTE INEN 2394: En lo referente a la señalización y balizamiento de puntos de control y ejes de diseño.

Manual de Diseño de Acueductos (Norma CO 10.7-602): Define los requisitos de georreferenciación y precisión para líneas de conducción por gravedad.

5.2.1.2.2. Especificaciones Técnicas Detalladas

Consiste en el traslado de los planos al terreno, marcando los ejes, niveles y cotas de la captación, la línea de conducción, el reservorio y la red de distribución. El objetivo principal es garantizar que la tubería mantenga la pendiente proyectada para asegurar una presión dinámica mínima de 10 m.c.a. en las viviendas.

5.2.1.2.3. Procedimiento de Ejecución

Puntos de Control: Se deben establecer hitos de hormigón fijos y referenciados fuera del área de excavación para permitir la verificación de niveles en cualquier etapa de la obra.

Trazado de Ejes: Marcación del eje central de la zanja mediante estacas de madera o hierro cada 20 metros en tramos rectos y cada 5 a 10 metros en curvas horizontales o cambios de pendiente pronunciada.

Nivelación de Zanjas: Verificación continua del fondo de la excavación mediante niveles de precisión para asegurar que no existan contrapendientes que generen bolsas de aire o sedimentación.

Control de Profundidad: Marcación de la cota de solera (fondo de tubo) para garantizar el recubrimiento mínimo de 0.80 metros de protección.

5.2.1.2.4. Criterios de Precisión y Aceptación

Tolerancia Vertical: El error de cierre en la nivelación no debe exceder los

$$10 \text{ mm} * \sqrt{K} \quad (5.1)$$

Donde:

K es la distancia en kilómetros.

Verificación: El contratista deberá realizar una nivelación de "ida y vuelta" antes de proceder con el tendido de tubería para confirmar que el desnivel se mantenga según el diseño presentado.

5.2.1.2.5. *Equipo y Personal*

Equipo Topográfico: Estación total electrónica, nivel de precisión, jalones, prismas, cintas metálicas de 50m y GPS submétrico para georreferenciación de estructuras.

Personal: Topógrafo calificado con experiencia en obras hidráulicas, acompañado de dos cadeneros equipados con herramientas para balizamiento y estacado.

5.2.2. Movimientos de Tierra

5.2.2.1. Excavación con Máquina Pesada

Para este rubro, las especificaciones técnicas se centran en la eficiencia del movimiento de tierras para la red de distribución y conducción, además de la preparación de la plataforma del reservorio, asegurando que la intervención mecánica no comprometa la estabilidad del suelo en la comuna.

5.2.2.1.1. *Normas, Códigos y Reglamentos Aplicables*

NTE INEN 806: Código de seguridad en la construcción, que establece las distancias de seguridad para maquinaria pesada cerca de zanjas.

Norma NEVI-12 (MTOPI): Regula las tolerancias de excavación para obras de infraestructura y el manejo de taludes en cortes mecánicos.

Reglamento de Seguridad y Salud (Decreto 2393): Artículos sobre la operación segura de maquinaria pesada y protección de trabajadores en zonas de excavación.

Normas del Ex-IEOS: Criterios para anchos de zanja y profundidades mínimas según el diámetro de la tubería.

5.2.2.1.2. Especificaciones Técnicas Detalladas

Consiste en el retiro de material mediante el uso de retroexcavadoras o miniexcavadoras para alcanzar los niveles establecidos en el replanteo topográfico.

Se aplica principalmente en la red de distribución y en la cimentación del reservorio.

5.2.2.1.3. Procedimiento de Ejecución

Apertura de Zanja: La máquina debe excavar siguiendo el eje marcado, manteniendo un ancho de 0.40m a 0.60m para permitir el trabajo posterior del instalador.

Control de Profundidad: La excavación mecánica se detendrá 10cm antes de la cota final de solera; este último tramo se realizará manualmente para no alterar la densidad natural del suelo donde descansará la tubería.

Taludes de Seguridad: En excavaciones para el reservorio que superen los 1.50m, se deben conformar taludes con una inclinación adecuada (H:V) según el tipo de suelo para prevenir derrumbes.

Acopio de Material: El material extraído debe colocarse a una distancia mínima de 0.60m del borde de la zanja para evitar la caída de escombros y sobrecargas en las paredes.

5.2.2.1.4. Criterios de Aceptación

Las paredes de la excavación deben ser verticales y el fondo debe estar libre de raíces, piedras grandes o exceso de humedad. La excavación debe cumplir estrictamente con la pendiente diseñada para garantizar el flujo por gravedad.

5.2.2.1.5. Maquinaria y Equipo

Retroexcavadora: Para excavación en vías de tercer orden y áreas de fácil acceso.

Miniexcavadora: Ideal para tramos con pendiente pronunciada o senderos angostos donde la máquina convencional no tiene radio de giro.

Volqueta: Destinado al desalojo del material excedente hacia los sitios de disposición final autorizados.

5.2.2.2. Desalojo de Material Sobrante

Las especificaciones técnicas del material sobrante y cómo se deben tratarlas, tienen la obligación de alinearse con la normativa ambiental ecuatoriana para evitar el rebose de cauces, la erosión del suelo y la afectación a la comunidad.

5.2.2.2.1. Normativas y Guías Aplicables

Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA): Libro VI, Anexo 6, que regula la gestión de residuos sólidos no peligrosos de la construcción.

Norma NEVI-12 (MTOPE): Capítulo 200, sobre el transporte y disposición final de materiales excedentes de excavación.

Guía de Buenas Prácticas Ambientales para Obras de Infraestructura: Emitida por el MAATE para proyectos rurales.

5.2.2.2.2. Especificaciones Técnicas: Gestión de Excedentes

Material Reutilizable: El suelo excavado debe cumplir con propiedades mecánicas adecuadas (sin exceso de materia orgánica o humedad) debe ser separado para el relleno y compactación de las propias zanjas.

Material de Desecho: Aquel suelo saturado, rocas de gran tamaño o restos vegetales que no puedan ser usados en la reconfiguración de la vía.

5.2.2.2.3. Acopio Temporal

El material debe apilarse a una distancia mínima de 0.90 m del borde de la excavación para evitar derrumbes. En zonas de pendiente pronunciada, se deben colocar barreras de sedimentos (mallas o sacos de arena) para evitar que la lluvia arrastre el material hacia el río, afectando la calidad del agua.

5.2.2.2.4. Carga y Transporte (Desalojo)

Equipo: Se utilizarán retroexcavadoras para la carga y camiones volquetes de capacidad adecuada (4m³ a 8 m³) para el transporte.

Frecuencia: El desalojo debe ser continuo para minimizar la interrupción del tráfico vehicular y peatonal en Cabo de Hacha.

5.2.2.2.5. Disposición Final (Sitios de Escombrera)

Ubicación: El material sobrante debe depositarse únicamente en sitios autorizados por el GAD Parroquial o áreas previamente seleccionadas que no sean zonas de inundación o zonas de alto riesgo de derrumbe.

Conformación: El material depositado debe extenderse y compactarse en capas para evitar la inestabilidad del terreno en la escombrera.

Clausura: Una vez alcanzada la capacidad del sitio, se debe cubrir con el suelo orgánico rescatado durante el descapote.

5.2.2.3. Relleno con Material de Sitio

Este rubro es una etapa crítica que garantiza la protección mecánica de la tubería y la estabilidad de las vías en la comunidad, aprovechando los recursos locales para optimizar el impacto económico del proyecto.

5.2.2.3.1. Normas, Códigos y Reglamentos Aplicables

NTE INEN 1373: Especificaciones para la instalación de tuberías de PVC, que define los requisitos de la cama de apoyo y el relleno inicial.

Norma NEVI-12 (MTO): Capítulo 300, menciona sobre la compactación de rellenos estructurales y el control del grado de compactación.

Normas del SENAGUA (Manual CO 10.7-602): Criterios para la protección de redes de agua potable rural y tipos de material de cobertura.

5.2.2.3.2. Especificaciones Técnicas Detalladas

Calidad del Material: Se utilizará suelo proveniente de la excavación, el cual debe estar libre de materia orgánica, raíces, basura y piedras mayores a 1 pulgada de diámetro.

Humedad Óptima: El material debe tener un contenido de humedad cercano al óptimo para permitir una compactación eficiente sin que el suelo se vuelva inestable o esponjoso.

5.2.2.3.3. Procedimiento de Ejecución (Capas de Relleno)

Relleno Inicial: Se coloca una capa de material fino de 10 cm en el fondo de la zanja y se rellena lateralmente hasta cubrir 20 cm por encima de la clave del tubo. Esta fase se realiza con compactación manual ligera para evitar dañar la tubería de PVC.

Relleno Principal: El resto de la excavación se completa con el material del sitio en capas sucesivas de 15 a 20 cm de espesor.

Compactación Mecánica: Para las capas superiores, se debe utilizar equipo mecánico hasta alcanzar el 95% de la densidad Proctor Modificado,

5.2.2.3.4. Criterios de Aceptación

Nivelación: La superficie final del relleno debe quedar a ras con el terreno natural o la rasante de la vía, evitando depresiones donde se pueda estancar el agua de lluvia.

Pruebas de Campo: Se deben realizar ensayos de Densidad de Campo (cono de arena) en puntos aleatorios de la red para verificar que el relleno no sufra asentamientos futuros.

5.2.2.3.5. Equipo y Maquinaria

Manual: Pisones de mano para el relleno inicial alrededor del tubo.

Mecánico: Compactadores de percusión ("bailarín") para zanjas angostas o planchas compactadoras para áreas más extensas cerca del reservorio.

Herramientas Menores: Palas, carretillas y rastrillos para la distribución uniforme del material.

5.2.2.4. Transporte del Material a Obra

Para el rubro de Transporte de Material a Obra, las especificaciones técnicas se centran en la logística de suministro de insumos externos (tuberías, cemento, varillas, agregados) hacia la comuna. Este rubro es vital para el presupuesto, ya que el costo varía según la distancia desde los centros de abastecimiento y la dificultad de los caminos rurales de tercer orden.

5.2.2.4.1. Normas, Códigos y Reglamentos Aplicables

Reglamento General de la Ley de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial: Regula los pesos y dimensiones máximos permitidos para vehículos de carga en vías de segundo y tercer orden.

Norma NEVI-12 (MTO): Capítulo 600, que establece los criterios de pago por distancia (tonelada-kilómetro) y las condiciones de protección de carga.

NTE INEN 1373: Para el transporte específico de tubería de PVC, asegurando que no se excedan las alturas de apilamiento y se protejan las campanas.

5.2.2.4.2. Especificaciones Técnicas Detalladas

Carga de Tubería: Las tuberías de PVC deben cargarse sobre una superficie plana, sin clavos ni protuberancias. Las campanas de los tubos deben quedar alternadas y sobresalir ligeramente para evitar que el peso descansa sobre ellas.

Aseguramiento: Se utilizarán fajas de nylon o lona (no cadenas ni cables de acero) para sujetar la tubería, evitando rayaduras o deformaciones en la pared del tubo.

5.2.2.4.3. Transporte de Agregados y Cemento

Agregados (Arena y Grava): Se transportarán en camiones volquetes. El material debe ser humedecido antes del viaje.

Cemento y Acero: Estos materiales deben transportarse en camiones de plataforma cerrada o protegidos. El cemento debe apilarse sobre tarimas de madera (pallets) para evitar que la humedad del piso del camión inicie el proceso de fraguado.

5.2.2.4.4. Equipos y Maquinaria

Maquinaria Pesada: La movilización de retroexcavadoras se hará mediante camiones de cama baja.

Equipos Menores: Las mezcladoras y vibradores de hormigón deben ser transportados en camionetas de carga de hasta 3.5 toneladas, debidamente anclados.

5.2.3. Obras Hidráulicas

5.2.3.1. Instalación de Tuberías de Conducción y Distribución

Para la instalación de tuberías, las especificaciones técnicas se centran en asegurar que la red ramificada entregue el caudal necesario a las familias, manteniendo las presiones de servicio y garantizando la estanqueidad del sistema.

5.2.3.1.1. Normas, Códigos y Reglamentos Aplicables

Norma Técnica de Diseño CO 10.7-602: Establece que la presión mínima en el punto más desfavorable de la red de distribución rural debe ser de 10 m.c.a.

NTE INEN 1373: Norma para tubería de PVC rígido para presión, que rige las dimensiones y requisitos de calidad de los tubos a instalar.

Manual de Diseño de SENAGUA: Define los criterios para la instalación de accesorios, válvulas de control y profundidades de entierro en zonas rurales.

NTE INEN 2490: Referida a la unión por medio de anillos para asegurar la flexibilidad de la red ante movimientos del suelo.

5.2.3.1.2. Especificaciones Técnicas Detalladas

Limpieza de Zanja: Antes de bajar la tubería, el fondo de la excavación debe estar libre de piedras, raíces o escombros que puedan dañar el material.

Cama de Apoyo: Se debe colocar una capa de arena o material fino seleccionado de 10cm de espesor, nivelada según la pendiente del diseño topográfico.

5.2.3.1.3. *Proceso de Instalación y Unión*

Corte y Limpieza: Los cortes de tubería deben ser perpendiculares al eje y se debe realizar un biselado de 15° para facilitar el acople sin dañar el anillo de caucho.

Unión Elastomérica (Z-P): Se debe limpiar la campana y el anillo, aplicar lubricante vegetal (no graso) y ensamblar el tubo hasta la marca de inserción para permitir la dilatación térmica.

Diámetros y Material: Se instalarán metros de tubería PEAD, con diámetros de 1 ¼", 1", ¾", ½" según se muestra en la modelación hidráulica obtenida.

5.2.3.1.4. *Accesorios y Válvulas*

Válvulas de Aire: Instalación de válvulas de doble efecto en los puntos altos de la red para evitar bloqueos por aire que impidan el flujo.

Válvulas de Purga: Colocación en los puntos bajos para facilitar la limpieza de sedimentos y el drenaje de la red durante el mantenimiento.

Anclajes de Hormigón: En cambios de dirección (codos), derivaciones (Tees) y válvulas, se deben fundir bloques de hormigón simple para absorber los esfuerzos del "golpe de ariete" y evitar que las uniones se separen.

5.2.3.1.5. *Conexiones Domiciliarias*

Collares de Derivación: Se instalarán collares de PVC sobre la red de distribución para la salida hacia cada vivienda.

Tubería de Acometida: Uso de manguera de polietileno de alta densidad (PEAD) para conectar el collar con el medidor o llave de paso domiciliaria.

5.2.3.2. *Montaje de Tanque PVC*

El montaje de un tanque de almacenamiento de PVC se realizará sobre una torre de 6 metros de altura es una de las fases más críticas, ya que con dicha altura garantiza la presión hidrostática de 10 m.c.a. en la red de distribución.

5.2.3.2.1. Normas, Códigos y Reglamentos Aplicables

NEC-SE-AC (Estructuras de Acero): Norma para el diseño de la torre de estructura metálica.

NEC-SE-DS (Peligro Sísmico): Norma que asegura la estabilidad de la carga elevada, en construcciones de altura.

AISC 360: Especificación para edificios de acero estructural, aplicada al diseño de perfiles y conexiones de la torre.

ASTM D1998: Norma para tanques verticales de polietileno/PVC de almacenamiento de agua.

NTE INEN 1373: Para la selección de accesorios y tuberías de conexión al tanque.

5.2.3.2.2. Especificaciones Técnicas Detalladas

Perfiles Estructurales: La torre se construirá con perfiles de acero estructural, utilizando columnas de tubo cuadrado o perfiles tipo H, y arriostramientos diagonales para resistir esfuerzos de viento y sismos.

Plataforma de Apoyo: La parte superior debe contar con una rejilla o plancha de acero lisa y nivelada que cubra el 100% de la base del tanque, evitando que el PVC se deforme por puntos de presión desiguales.

Protección Corrosiva: Toda la estructura debe tener una capa de fondo anticorrosivo epóxico y dos capas de pintura de acabado para resistir la humedad del ambiente rural.

Escalera y Seguridad: Instalación de una escalera de gato con guarda de protección y una plataforma superior con pasamanos para facilitar la limpieza del reservorio y mantenimiento.

5.2.3.2.3. Montaje del Tanque de PVC

Izaje: El tanque debe elevarse vacío mediante un camión grúa o sistema de poleas, utilizando eslingas de lona para no rayar o fisurar las paredes del PVC.

Anclaje: El tanque debe asegurarse a la plataforma mediante bandas de acero galvanizado o pernos de anclaje integrados en la base del tanque, evitando desplazamientos por viento cuando esté vacío.

5.2.3.2.4. Instalaciones Hidráulicas en Torre

Tubería de Llegada y Salida: Se utilizarán tuberías de PVC de alta presión con soportes metálicos (abrazaderas) fijados a las columnas de la torre cada 1.5 metros para evitar vibraciones.

Sistema de Rebose: Una tubería que sea igual o mayor diámetro que la de entrada, conectada a la parte superior del tanque y dirigida hacia un punto de descarga segura en la base para evitar inundaciones en la base.

5.2.4. Obras Civiles

5.2.4.1. Construcción de Captación

Para la modificación específica en el sitio de captación, donde se realizará una perforación en una esquina para profundizar ese sector para una mejor succión, además de la construcción de un muro para evitar la filtración de sedimentos y hojas que se encuentran en la superficie que podrían taponar la succión, es por esto las especificaciones deben ser muy rigurosas.

5.2.4.1.1. Normas, Códigos y Reglamentos

Norma Técnica de Diseño CO 10.7-602: Regula las dimensiones de las cámaras de succión para evitar turbulencias y entrada de aire.

NTE INEN 1508: Requisitos para el hormigón en estructuras hidráulicas, enfocándose en la baja permeabilidad.

ACI 350: Rige la durabilidad del concreto en contacto continuo con agua.

Normas de Seguridad Industrial: Protocolos para trabajos en espacios confinados y excavaciones profundas.

5.2.4.1.2. Especificaciones Técnicas Detalladas

Profundidad de Perforación: 1 metro por debajo del nivel del piso de la captación.

Diámetro de Perforación: 0.50 metros.

Recubrimiento de Paredes: El pozo debe ser revestido con hormigón armado de un espesor mínimo de 10 cm.

5.2.4.1.3. Materiales y Equipos

Martillo demoledor: Energía de impacto mayor a 40 Joules para poder penetrar la roca que forma la captación.

5.2.4.2. Construcción de Torre Metálica

Para la construcción de la torre metálica que soportará la carga muerta que provoca el tanque de almacenamiento, no solo debe cumplir la parte administrativa, es la garantía de que la estructura diseñada no colapsará bajo condiciones críticas.

5.2.4.2.1. Normas, Códigos y Reglamentos Aplicables

NEC-SE-AC (Estructuras de Acero): Para el cálculo de perfiles y resistencia de materiales.

NEC-SE-DS (Peligro Sísmico): Para garantizar que la torre no colapse con el tanque lleno durante un evento sísmico en la provincia de Manabí.

NTE INEN 806: Seguridad en trabajos de altura, exigiendo el uso de arnés, líneas de vida y andamios certificados durante el montaje.

5.2.4.2.2. Especificaciones Técnicas Detallas

La base debe garantizar que no existan asentamientos diferenciales debido al peso del tanque, actualmente en la comunidad, al costado de la capilla se encuentra una losa que los comuneros construyeron, por lo tanto, se tomará de inicio aquella loseta.

Pernos de Anclaje: 16 pernos (4 por columna) de acero ASTM A325 de 3/4" de diámetro y 0.60m de longitud. Deben incluir doble tuerca y arandela de presión para nivelación milimétrica.

Acero Estructural: Perfiles de acero ASTM A36.

Columnas: 4 perfiles tubulares cuadrados.

Vigas de Carga (Plataforma): Vigas canal soldadas en los extremos de las columnas para formar el marco superior.

Viguetas de Repartición: Perfiles tipo I colocados sobre las vigas de carga para evitar la flexión del piso.

Arriostramientos: Cruces con ángulos de en las cuatro caras de la torre, dividido en cuatro niveles.

Piso: Plancha de acero de 4mm de espesor soldada por puntos a las viguetas, también debe incluir una rejilla de seguridad en la parte superior para que la persona encargada pueda transitar.

5.2.4.2.3. Procedimiento

Habilitado de Perfiles: Las columnas y las vigas se cortan y biselan en el taller o área de acopio.

Pre-montaje: Para optimizar el tiempo de grúa, se arman los dos marcos laterales (caras de la torre) en el suelo. Se sueldan los arriostramientos horizontales y las diagonales mediante soldadura E-7018.

Inspección: Se verifican las dimensiones y la escuadra de los marcos armados antes del izaje.

Elevación de Marcos: Con el camión grúa, se levanta el primer marco lateral y se emboca en los pernos de anclaje. Se utilizan puntales temporales para mantener la verticalidad.

Conexión de Vigas: Se eleva el segundo marco y se procede a soldar las vigas transversales que unen ambas caras.

Nivelación: Antes del torque final de los pernos y la soldadura de cierre, se debe verificar la verticalidad con un nivel láser. No se permite una desviación mayor a 1/500 de la altura total.

Plataforma Superior: Se eleva el emparrillado de vigas y se suelda a las cabezas de las columnas, seguido de la instalación de la plancha base de 4mm.

5.2.5. Obra Eléctrica

5.2.5.1. Instalación de Paneles Solares

Para la instalación del Kit de Panel Solar en Cabo de Hacha, cuyo objetivo principal es alimentar un equipo de alto consumo de forma autónoma (posiblemente la bomba de respaldo o algún sistema de monitoreo en la captación), es crucial dimensionar correctamente el sistema y seguir las normativas para garantizar su eficiencia y seguridad.

5.2.5.1.1. Normas, Códigos y Reglamentos Aplicables

NEC-SE-FOTO (Norma Ecuatoriana de la Construcción - Sistemas Fotovoltaicos): Especificaciones para el diseño e instalación de sistemas solares fotovoltaicos interconectados o aislados.

Código Eléctrico Nacional (NEC): Para el cableado, protecciones y puesta a tierra del sistema.

NTE INEN 2568: Requisitos para inversores y equipos de conversión de energía.

IEC 61215 / IEC 61730: Estándares para la calificación de diseño y seguridad de módulos fotovoltaicos.

IEC 62619 / UL 1973: Normativas para la seguridad de baterías de iones de litio.

5.2.5.1.2. Especificaciones Técnicas

Paneles Solares (4 unidades de 625Wp)

Tipo: Monocristalinos de alta eficiencia (PERC o Half-Cell).

Potencia Nominal: 625Wp por panel (2,500~Wp total).

Voltaje Máximo de Potencia (V_{mpp}): Aproximadamente 37-41V.

Corriente Máxima de Potencia (I_{mpp}): Aproximadamente 15-17A.

Dimensiones: Típicamente 2.10x1.15m.

Conexión: Cableado en serie-paralelo según la configuración del inversor para optimizar el MPPT.

Inversor Híbrido (6 kW)

Potencia Nominal de Salida: 6,000W (continuos).

Voltaje de Salida: 220VAC (monofásico).

Tipo: Híbrido, con capacidad para gestionar energía de paneles, baterías y, si aplica, la red eléctrica.

Tecnología: MPPT (Maximum Power Point Tracking) integrado para maximizar la recolección de energía solar.

Protecciones: Sobrecarga, cortocircuito, sobretemperatura, sobretensión, subtensión.

Baterías de Litio (2 unidades de 5 kWh cada una)

Tipo: Iones de Litio (LiFePO₄ o similar) por su alta densidad energética y ciclo de vida.

Capacidad Nominal: 5kW/h por batería (10kW/h total).

Voltaje Nominal: 48VDC (común para sistemas de 6kW).

Profundidad de Descarga (DoD): 90% (permitiendo una mayor utilización de la energía almacenada).

Ciclos de Vida: 6,000 ciclos a 80% DoD.

Protecciones BMS (Battery Management System): Sobrecarga, sobredescarga, sobrecorriente, sobretemperatura, bajo voltaje de celda.

5.2.5.1.3. Proceso de Instalación

Diseño y Replanteo: Determinación de la ubicación óptima de los paneles para máxima insolación y el lugar seguro para el inversor y las baterías.

Montaje de Estructura: Instalación de la estructura de soporte de los paneles.

Instalación de Paneles: Fijación segura de los 4 paneles a la estructura.

Cableado DC (Paneles a Inversor): Conexión de los paneles, con protecciones de sobrecorriente (fusibles) y seccionadores DC.

Instalación de Baterías: Conexión de las 2 baterías en serie o paralelo según el inversor, con fusibles DC y seccionador.

Instalación del Inversor: Montaje del inversor en un lugar fresco y ventilado, conectado a los paneles y baterías.

Cableado AC: Conexión del inversor al circuito de 220VAC que alimentará el equipo de alto consumo.

Puesta a Tierra: Conexión a tierra de todos los componentes metálicos (paneles, estructura, inversor, baterías) según NEC.

Configuración y Pruebas: Programación del inversor, monitoreo de voltajes, corrientes y verificación del funcionamiento continuo durante las 4 horas del equipo.

5.2.5.1.4. Equipos Necesarios

Taladro Percutor: Para anclajes de la estructura.

Multímetro Digital: Para medir voltajes y corrientes (DC y AC).

Pinza Amperimétrica: Para mediciones de corriente sin interrumpir el circuito.

Medidor de Aislamiento (Megóhmetro): Para verificar la resistencia del aislamiento de los cables.

Analizador de Redes (opcional): Para monitorear el consumo de energía del equipo de 220 VAC.

Herramientas Manuales: Llaves, destornilladores, pelacables, crimpadora MC4.

5.2.5.2. Instalación de Bomba en Captación

Para la instalación de bomba de agua modelo JCRm2A de 1,5 HP, el diseño contempla una bomba para impulsar el tramo desde la captación hacia el tanque de almacenamiento de PVC venciendo una contrapresión. Las especificaciones técnicas se rigen por normativas de seguridad eléctrica e hidráulica para asegurar la eficiencia del bombeo y la durabilidad del equipo en condiciones rurales.

5.2.5.2.1. Normas, Códigos y Reglamentos Aplicables

Código Eléctrico Nacional (NEC): Para el diseño de las instalaciones de fuerza, control y protección del motor de la bomba.

NTE INEN 2568: Especificaciones para bombas centrífugas de agua, enfocadas en el rendimiento y eficiencia energética.

Normas del SENAGUA: Criterios para la selección de equipos de bombeo en sistemas de agua potable rural, considerando el punto de operación óptimo.

NEMA: Estándares para los gabinetes de control y protección de motores en ambientes húmedos.

5.2.5.2.2. Especificaciones Técnicas Detalladas

Tipo de Bomba: Se utilizará una bomba centrífuga (horizontal o sumergible según el nivel freático) con cuerpo de hierro fundido o acero inoxidable para resistir la corrosión.

Potencia y Caudal: El equipo debe ser capaz de suministrar el caudal máximo diario venciendo la altura dinámica total, que incluye el desnivel geométrico y las pérdidas por fricción.

5.2.5.2.3. *Instalación Hidráulica*

Línea de Succión: Debe ser lo más corta posible, con un diámetro superior al de la descarga para evitar la cavitación. Se instalará una válvula de pie con canastilla para mantener la bomba cebada.

Línea de Descarga: Incluirá una válvula de retención para evitar el retorno del agua y el golpe de ariete al apagar la bomba, además de una válvula de compuerta para labores de mantenimiento.

Juntas elásticas: Instalación de acoples flexibles para absorber las vibraciones del motor y evitar que se transmitan a la tubería de conducción.

5.2.5.2.4. *Instalación Eléctrica y de Control*

Tablero de Control: Debe contar con protección contra sobrecargas, cortocircuitos, falta de fase y trabajo en seco.

Puesta a Tierra: Instalación obligatoria de una varilla de cobre conectada a la carcasa del motor y al tablero para protección del personal.

5.2.6. Manejo Ambiental

5.2.6.1. Manejo de Residuos

Para la etapa final del proyecto, es de vital importancia el manejo de residuos finales se enfoca en la limpieza del área intervenida y la gestión técnica de los desechos generados durante la construcción de la etapa final.

5.2.6.1.1. *Normativas y Guías Aplicables*

TULSMA (Libro VI, Anexo 6): Norma nacional ecuatoriana para la gestión de residuos sólidos no peligrosos y peligrosos de la construcción.

Guía MAATE para el Plan de Manejo Ambiental: Procedimientos para el cierre de frentes de obra y restauración de áreas afectadas.

5.2.6.1.2. Especificaciones Técnicas Detalladas

Residuos No Peligrosos: Incluye restos de tubería PVC, madera de encofrados, chatarra ferrosa de la torre y sacos de cemento vacíos.

Residuos Peligrosos: Envases vacíos de hipoclorito de calcio (cloro), recipientes de pegamento para PVC (limpiador y soldadura líquida) y restos de pintura anticorrosiva de la torre.

Desechos Orgánicos: Restos de vegetación del desbroce final y residuos domésticos del personal de obra.

5.2.6.1.3. Procedimiento de Disposición y Retiro

Limpieza de Tramos: Tras la instalación de tuberías, se debe retirar todo material sobrante de la zanja y del área de servidumbre.

Gestión de Químicos: Los envases de cloro y pegamentos deben ser lavados (si aplica) y entregados a gestores autorizados; nunca deben enterrarse ni quemarse en la comunidad.

Desalajo de Escombros: Los restos de hormigón de la antigua captación o desperdicios de la construcción deben transportarse a la escombrera autorizada mediante volquetes.

5.2.6.1.4. Restauración de Áreas

Nivelación Final: El terreno en la zona de la captación y el reservorio debe quedar nivelado y libre de acumulaciones de agua que generen focos de infección.

Retiro de Instalaciones Temporales: Desmantelamiento de bodegas temporales, letrinas de obra o campamentos, dejando el sitio en condiciones iguales o mejores a las originales.

5.2.6.2. Pruebas de Estanqueidad

Para las pruebas de estanqueidad en la finalización del proyecto, las especificaciones técnicas se centran en verificar la hermeticidad total del sistema antes de poner en funcionamiento, asegurando que no existan fugas que comprometan el desnivel y la presión de diseño.

5.2.6.2.1. Normas, Códigos y Reglamentos Aplicables

NTE INEN 1373: Norma para tubería de PVC rígido que establece los protocolos de prueba hidrostática en campo para redes de presión.

AWWA C605: Estándar internacional para la instalación y prueba de tuberías de presión de PVC y sus accesorios.

Norma Técnica CO 10.7-602 (SENAGUA/MAATE): Define los tiempos de presurización y las tolerancias de pérdida para sistemas de agua potable rural.

5.2.6.2.2. Especificaciones Técnicas Detalladas

Relleno Parcial: Antes de la prueba, las tuberías de la línea de conducción y distribución deben estar parcialmente rellenas (dejando las uniones descubiertas) para evitar desplazamientos por la presión interna.

Expulsión de Aire: Se debe llenar el sistema lentamente desde el punto más bajo, manteniendo las válvulas de aire abiertas para eliminar cualquier burbuja que pueda falsear los resultados de presión.

5.2.6.2.3. Procedimiento de la Prueba (Presión Hidrostática)

Presión de Prueba: El sistema se someterá a una presión de 1.5 veces la presión nominal de trabajo de la tubería.

Equipo: Se utilizará una bomba de prueba hidrostática manual o motorizada, equipada con un manómetro de precisión debidamente calibrado.

Duración: La presión medida debe mantenerse constante durante un periodo mínimo de 2 horas continuas.

5.2.6.2.4. Prueba de Estanqueidad en el Reservorio

Llenado: El tanque de PVC montado en la torre se llenará hasta su nivel máximo de rebose.

Periodo de Observación: Se debe dejar en reposo por 24 horas para verificar que no existan filtraciones en las bridas de conexión, fisuras en el material o asentamientos en la estructura de 6 metros.

Criterio de Aceptación: El nivel del agua no debe descender más allá de la evaporación normal, y las paredes exteriores deben permanecer completamente secas.

5.2.6.2.5. *Criterios de Fallo y Reparación*

Detección de Fugas: Si el manómetro muestra una caída de presión, se inspeccionarán todas las uniones descubiertas.

Reparación: En caso de fuga, se deberá despresurizar el tramo, reemplazar la unión o accesorio defectuoso y repetir la prueba íntegramente hasta obtener un resultado satisfactorio.

5.3. Rubros y Análisis de Precios Unitarios

En esta sección, se realizará un detallado de los diferentes rubros que van a contemplar el proyecto de distribución de agua, así como el análisis de precios unitarios de manera individual.

Tabla 31

Descripción de cada rubro del proyecto

Nº	DESCRIPCIÓN DEL RUBRO	UNIDAD	VALOR APU
A.1	OBRAS PRELIMINARES		
A.1.1	Remoción de capa vegetal	m2	\$0.78
A.1.2	Trazado y replanteo	m2	\$1.05
A.2	MOVIMIENTOS DE TIERRA		
A.2.1	Excavación zanja con maquinaria pesada	m3	\$1.15
A.2.2	Relleno compactado con material existente (Manual)	m3	\$9.33
A.2.3	Desalojo de material con volqueta	m3/km	\$3.78
A.3	OBRAS HIDRÁULICAS		

N°	DESCRIPCIÓN DEL RUBRO	UNIDAD	VALOR APU
A.3.1	Suministro e instalación de tubería de PVC de 1 1/4" " para red de conducción (Incluye arena)	m	\$11.09
A.3.2	Suministro e instalación de tubería de PVC de 1" para red de distribución (Incluye arena)	m	\$9.17
A.3.3	Suministro e instalación de tubería de PVC de 3/4" para red de distribución (Incluye arena)	m	\$7.03
A.3.4	Suministro e instalación de tubería de PVC de 1/2" para red de distribución (Incluye arena)	m	\$6.93
A.3.5	Instalación de tanque de almacenamiento	u	\$79.38
A.4	OBRAS CIVILES		
A.4.1	Arreglo de captación	glb	\$20.72
A.4.2	Hormigón estructural, cemento hidráulico f'c=280kg/cm2. (Incluye encofrado y curador)	m3	\$119.48
A.4.3	Suministro e instalación de torre metálica de 6m	kg	\$138.79
A.5	OBRAS ELÉCTRICAS		
A.5.1	Suministro e instalación de paneles solares	glb	\$13 465.57
A.5.2	Suministro e instalación de bomba en zona de captación	u	\$478.67
A.6	MANEJO AMBIENTAL		
A.6.1	Agua para control de polvo	m3	\$4.45
A.6.2	Tanque metálico de 55 gls para limpieza de obra	u	\$22.88
A.6.3	Reuniones con la comunidad	u	\$63.26

N°	DESCRIPCIÓN DEL RUBRO	UNIDAD	VALOR APU
A.6.4	Cinta con parante	m	\$0.19

5.4. Cantidades de Obra

En esta sección se establece una cuantificación técnica y detallada de todos los recursos físicos necesarios para determinar las unidades necesarias para poder realizar el cálculo del presupuesto.

Tabla 32

Descripción de las cantidades por cada rubro mostrado

N°	DESCRIPCIÓN DEL RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD
A.1	OBRAS PRELIMINARES		
A.1.1	Remoción de capa vegetal	m ²	730
A.1.2	Trazado y replanteo	m ²	730
A.2	MOVIMIENTOS DE TIERRA		
A.2.1	Excavación zanja con maquinaria pesada	m ³	175.20
A.2.2	Relleno compactado con material existente (Manual)	m ³	15.25
A.2.3	Desalojo de material con volqueta	m ³ /km	212.73
A.3	OBRAS HIDRÁULICAS		
A.3.1	Suministro e instalación de tubería de PVC de 1 1/4" para red de conducción (Incluye arena)	m	170
A.3.2	Suministro e instalación de tubería de PVC de 1" para red de distribución (Incluye arena)	m	205
A.3.3	Suministro e instalación de tubería de PVC de 3/4" para red de distribución (Incluye arena)	m	140

N°	DESCRIPCIÓN DEL RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD
A.3.4	Suministro e instalación de tubería de PVC de 1/2" para red de distribución (Incluye arena)	m	210
A.3.5	Instalación de tanque de almacenamiento	u	1
A.4	OBRAS CIVILES		
A.4.1	Arreglo de captación	glb	1
A.4.2	Hormigón estructural, cemento hidráulico f'c=280kg/cm2. (Incluye encofrado y curador)	m ³	0.20
A.4.3	Suministro e instalación de torre metálica de 6m	kg	100
A.5	OBRAS ELÉCTRICAS		
A.5.1	Suministro e instalación de paneles solares	glb	1
A.5.2	Suministro e instalación de bomba en zona de captación	u	1
A.6	MANEJO AMBIENTAL		
A.6.1	Agua para control de polvo	m ³	560
A.6.2	Tanque metálico de 55 gls para limpieza de obra	u	10
A.6.3	Reuniones con la comunidad	u	4
A.6.4	Cinta con parante	m	1500

5.5. Costo del Proyecto

El costo del proyecto no solo representa una asignación de recursos financieros, sino que constituye el pilar que garantiza la viabilidad técnica y la sostenibilidad a largo plazo del sistema hídrico en Cabo de Hacha. El presupuesto ha sido estructurado mediante un desglose riguroso de rubros que abarcan desde la captación y el sistema de bombeo con energía solar de respaldo,

hasta el diseño de la torre metálica de 6 metros y la extensa red de distribución. Cada valor unitario ha sido actualizado bajo las condiciones del mercado actual, integrando los costos directos de materiales certificados, la logística en zonas de difícil acceso y la mano de obra calificada necesaria para cumplir con los estándares de seguridad y calidad exigidos por las normativas ecuatorianas.

Cabe mencionar que se debe incluir los costos indirectos de seguridad industrial por parte de la responsabilidad patronal y físicos por parte del contratista, el costo total del proyecto es de \$39 894.54, considerando con otros proyectos que tienen un costo de \$48 319.97, este diseño es viable ya que incluye energía limpia.

Tabla 33*Presupuesto total calculado*

RUBRO N°	DESCRIPCIÓN	CONTRATO			COSTO TOTAL
		UNIDAD	CANT.	P. UNITARIO	
A.1	OBRAS PRELIMINARES				\$ 1,335.90
A.1.1	REMOCIÓN DE CAPA VEGETAL	m ²	730.00	\$ 0.78	\$ 569.40
A.1.2	REPLANTEO Y NIVELACIÓN	m ²	730.00	\$ 1.05	\$ 766.50
A.2	MOVIMIENTOS DE TIERRA				\$ 1,147.91
A.2.1	EXCAVACIÓN ZANJA CON MAQUINARIA PESADA	m ³	175.20	\$ 1.15	\$ 201.48
A.2.2	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL EXISTENTE	m ³	15.25	\$ 9.33	\$ 142.32
A.2.3	DESALOJO DE MATERIAL CON VOLQUETA	m ³ /km	212.73	\$ 3.78	\$ 804.11
A.3	OBRAS HIDRÁULICAS				\$ 6,284.03
A.3.1	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE 1 1/4" PVC EN RED DE CONDUCCIÓN	m	170.00	\$ 11.09	\$ 1,885.30
A.3.2	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC DE 1" EN RED DE DISTRIBUCIÓN	m	205.00	\$ 9.17	\$ 1,879.85
A.3.3	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC DE 3/4" EN RED DE DISTRIBUCIÓN	m	140.00	\$ 7.03	\$ 984.20
A.3.4	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC DE 1/2" EN RED DE DISTRIBUCIÓN	m	210.00	\$ 6.93	\$ 1,455.30
A.3.5	INSTALACIÓN DE TANQUE DE PVC	u	1.00	\$ 79.38	\$ 79.38
A.4	OBRAS CIVILES				\$ 13,923.62
A.4.1	ARREGLO DE CAPTACIÓN	glb	1.00	\$ 20.72	\$ 20.72
A.4.2	HORMIGÓN ESTRUCTURAL, CEMENTO HIDRÁULICO F'C=280KG/CM2 (INC. ENCOFRADO Y CURADOR)	m3	0.20	\$ 119.48	\$ 23.90
A.4.3	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TORRE METÁLICA DE 6M	kg	100.00	\$ 138.79	\$ 13,879.00
A.5	OBRAS ELÉCTRICAS				\$ 13,944.24
A.5.1	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PANELES SOLARES	glb	1.00	\$ 13,465.57	\$ 13,465.57
A.5.2	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE BOMBA EN ZONA DE CAPTACIÓN	u	1.00	\$ 478.67	\$ 478.67
A.5	MANEJO AMBIENTAL				\$ 3,258.84
A.5.1	AGUA PARA CONTROL DE POLVO	m ³	560.00	\$ 4.45	\$ 2,492.00
A.5.2	TANQUE METÁLICO DE 55 GLS PARA LIMPIEZA DE OBRA	u	10.00	\$ 22.88	\$ 228.80
A.5.3	REUNIONES CON LA COMUNIDAD	u	4.00	\$ 63.26	\$ 253.04
A.5.4	CINTA CON PARANTE	m	1500.00	\$ 0.19	\$ 285.00
TOTAL:					\$ 39,894.54

5.6. Cronograma de Obra

El cronograma de obra para este proyecto es un factor determinante para la buena culminación en la comuna de Cabo de Hacha, ya que establece la secuencia lógica y el ritmo de ejecución necesarios para transformar los diseños técnicos en una realidad operativa. El cronograma de valorado ha sido diseñado bajo un enfoque de ruta crítica, coordinando de manera sincronizada frentes de trabajo paralelos: desde la obra civil en la captación, hasta el montaje electromecánico del sistema fotovoltaico y la extensión de las redes de distribución. Este diseño no solo garantiza el cumplimiento de los plazos contractuales, sino que también permite una gestión eficiente del bombeo, anulando los esfuerzos de transporte manual a tener la distribución sin interrupciones en el sector, es por ello por lo que se estableció un cronograma de plazo 180 días y se divide de la siguiente forma.

Tabla 34*Cronograma valorado*

PRESUPUESTO RED DE DISTRIBUCIÓN Y CONDUCCIÓN									
RUBRO N°	DESCRIPCIÓN	CONTRATO				TIEMPO EN MESES			
		UNIDAD	CANT.	P. UNITARIO	COSTO TOTAL	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4
A.1	OBRAS PRELIMINARES				\$ 1,335.90				
A.1.1	REMOCIÓN DE CAPA VEGETAL	m ²	730.00	\$ 0.78	\$ 569.40	\$ 569.40			
A.1.2	REPLANTEO Y NIVELACIÓN	m ²	730.00	\$ 1.05	\$ 766.50	\$ 766.50			
A.2	MOVIMIENTOS DE TIERRA				\$ 1,147.91				
A.2.1	EXCAVACIÓN ZANJA CON MAQUINARIA PESADA	m ³	175.20	\$ 1.15	\$ 201.48	\$ 50.37	\$ 50.37	\$ 50.37	\$ 50.37
A.2.2	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL EXISTENTE	m ³	15.25	\$ 9.33	\$ 142.32	\$ 35.58	\$ 35.58	\$ 35.58	\$ 35.58
A.2.3	DESALOJO DE MATERIAL CON VOLQUETA	m ³ /km	212.73	\$ 3.78	\$ 804.11	\$ 201.03	\$ 201.03	\$ 201.03	\$ 201.03
A.3	OBRAS HIDRÁULICAS				\$ 6,284.03				
A.3.1	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE 1 1/4" PVC EN RED DE CONDUCCIÓN	m	170.00	\$ 11.09	\$ 1,885.30	\$ 1,885.30			
A.3.2	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE	m	205.00	\$ 9.17	\$ 1,879.85		\$ 1,879.85		

PRESUPUESTO RED DE DISTRIBUCIÓN Y CONDUCCIÓN									
RUBRO Nº	DESCRIPCIÓN	CONTRATO				TIEMPO EN MESES			
		UNIDAD	CANT.	P. UNITARIO	COSTO TOTAL	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4
	TUBERÍA PVC DE 1" EN RED DE DISTRIBUCIÓN								
A.3.3	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC DE 3/4" EN RED DE DISTRIBUCIÓN	m	140.00	\$ 7.03	\$ 984.20			\$ 984.20	
A.3.4	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC DE 1/2" EN RED DE DISTRIBUCIÓN	m	210.00	\$ 6.93	\$ 1,455.30				\$ 1,455.30
A.3.5	INSTALACIÓN DE TANQUE DE PVC	u	1.00	\$ 79.38	\$ 79.38		\$ 15.88	\$ 63.50	
A.4	OBRAS CIVILES				\$ 13,923.62				
A.4.1	CONSTRUCCIÓN DE CAPTACIÓN	glb	1.00	\$ 20.72	\$ 20.72	\$ 4.14	\$ 16.58		
A.4.2	HORMIGÓN ESTRUCTURAL, CEMENTO HIDRÁULICO F'C=280KG/CM2 (INC. ENCOFRADO Y CURADOR)	kg	0.20	\$ 119.48	\$ 23.90		\$ 23.90		
A.4.3	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TORRE METÁLICA DE 6M	kg	100.00	\$ 138.79	\$ 13,879.00		\$ 4,857.65	\$ 9,021.35	
A.5	OBRAS ELÉCTRICAS				\$ 13,944.24				

PRESUPUESTO RED DE DISTRIBUCIÓN Y CONDUCCIÓN									
RUBRO Nº	DESCRIPCIÓN	CONTRATO				TIEMPO EN MESES			
		UNIDAD	CANT.	P. UNITARIO	COSTO TOTAL	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4
A.5.1	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PANELES SOLARES	glb	1.00	\$ 13,465.57	\$ 13,465.57			\$ 6,732.79	\$ 6,732.79
A.5.2	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE BOMBA EN ZONA DE CAPTACIÓN	u	1.00	\$ 478.67	\$ 478.67		\$ 167.53	\$ 311.14	
A.5	MANEJO AMBIENTAL				\$ 3,258.84				
A.5.1	AGUA PARA CONTROL DE POLVO	m ³	560.00	\$ 4.45	\$ 2,492.00	\$ 623.00	\$ 623.00	\$ 623.00	\$ 623.00
A.5.2	TANQUE METÁLICO DE 55 GLS PARA LIMPIEZA DE OBRA	u	10.00	\$ 22.88	\$ 228.80	\$ 228.80			
A.5.3	REUNIONES CON LA COMUNIDAD	u	4.00	\$ 63.26	\$ 253.04	\$ 63.26	\$ 63.26	\$ 63.26	\$ 63.26
A.5.4	CINTA CON PARANTE	m	1500.00	\$ 0.19	\$ 285.00	\$ 71.25	\$ 71.25	\$ 71.25	\$ 71.25
TOTAL: \$ 39,894.54									
AVANCE MENSUAL (\$):						\$ 4,498.63	\$ 8,005.87	\$ 18,157.46	\$ 9,232.57
AVANCE MENSUAL (%):						11.28%	20.07%	45.51%	23.14%
AVANCE ACUMULADO (\$):						\$ 4,498.63	\$ 12,504.50	\$ 30,661.97	\$ 39,894.54
AVANCE ACUMULADO (%):						11.28%	31.34%	76.86%	100.00%

Capítulo 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

El desarrollo del presente proyecto permitió cumplir con el objetivo general de diseñar un sistema de abastecimiento de agua técnicamente viable y adecuado a las condiciones de una comunidad rural, mejorando el acceso al recurso hídrico y la eficiencia del servicio. A partir del análisis de la situación existente, se evidenció que las limitaciones en la captación, el transporte manual del agua y la ausencia de un sistema confiable de bombeo y almacenamiento justificaban la necesidad de una intervención integral.

El análisis hidráulico realizado desde la captación hasta la distribución permitió optimizar el funcionamiento del sistema mediante la adecuación de un cárcamo interno, el cual garantiza condiciones favorables de succión y reduce la probabilidad de cavitación en la bomba. Esta solución mejora el desempeño operativo del sistema y contribuye a una mayor confiabilidad en su funcionamiento.

El diseño del sistema de bombeo alimentado por energía solar demostró ser una alternativa eficiente y sostenible, considerando las condiciones de radiación solar de la zona y una operación diaria de cuatro horas. La selección y dimensionamiento de los paneles fotovoltaicos, baterías y equipos de bombeo permitieron reducir la dependencia de fuentes de energía convencionales y disminuir los costos de operación a largo plazo.

Asimismo, el diseño del tanque elevado apoyado sobre una torre metálica de seis metros de altura permitió garantizar una presión adecuada para la distribución por gravedad, optimizando el almacenamiento y asegurando un suministro continuo a las viviendas beneficiarias. El análisis estructural de la torre y de las obras civiles en hormigón armado se realizó conforme a la normativa ecuatoriana vigente, asegurando estabilidad, seguridad y durabilidad de la infraestructura propuesta.

Finalmente, los resultados **obtenidos y validados con el cliente** evidencian que la propuesta planteada constituye una solución técnica viable, sostenible y adaptable a las condiciones locales. La integración de criterios hidráulicos, estructurales y energéticos permite mejorar la calidad de vida de la población beneficiaria, promoviendo un sistema autónomo de abastecimiento de agua que puede ser replicado en comunidades con características similares.

6.2. Recomendaciones

Se recomienda que, previo a la ejecución del proyecto, se realice un análisis detallado de la calidad del agua de la fuente de captación, con el fin de verificar el cumplimiento de los parámetros establecidos en la normativa ecuatoriana vigente para agua destinada al consumo humano. En caso de ser necesario, deberá incorporarse un sistema de tratamiento complementario que garantice la **calidad del recurso para consumo humano**.

Es importante que, durante la implementación del sistema de bombeo alimentado por energía solar, se utilicen equipos certificados y de calidad comprobada, asegurando su correcta instalación y protección frente a condiciones ambientales propias de la zona costera, como la humedad y la corrosión. Asimismo, se recomienda realizar un mantenimiento preventivo periódico a los paneles solares y a la bomba, con el objetivo de prolongar su vida útil y mantener un rendimiento óptimo del sistema.

Para el tanque elevado y la torre metálica de soporte, se sugiere ejecutar un control adecuado durante el proceso constructivo, verificando la correcta alineación, nivelación y anclaje de los elementos estructurales sobre la losa existente. Además, se recomienda aplicar tratamientos anticorrosivos a los perfiles metálicos, considerando que la exposición prolongada a la intemperie puede afectar su desempeño estructural.

Se recomienda capacitar a los usuarios de la comunidad en el uso y cuidado del sistema de abastecimiento de agua, promoviendo buenas prácticas de consumo y la identificación

temprana de posibles fallas. Esta acción contribuirá a la sostenibilidad del sistema y a la apropiación del proyecto por parte de los beneficiarios.

Finalmente, se sugiere que el modelo de abastecimiento propuesto pueda ser replicado en otras comunidades rurales con condiciones similares, dado que constituye una alternativa técnica viable, sostenible y de bajo costo operativo, especialmente adecuada para zonas con acceso limitado del recurso hídrico.

Referencias

- Acebo, A., Hoppe, S., Morán, P., Sánchez, M. B., Rodríguez, H., González, Nadia, Plúa, F., Santana, H., & Fienco, H. (2020). *PDyOT GAD JIPIJAPA 2019-2023*.
- Agüero, R. (2004). *GUÍA PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE CAPTACIÓN DE MANANTIALES*.
- Alcaldía Jipijapa. (2025, August 8). *¡Cabo de Hacha vive sus fiestas patronales en honor a la Virgen de las Nieves!* <https://jipijapa.gob.ec/index.php/noticias/item/1498-cabo-de-hacha-vive-sus-fiestas-patronales-en-honor-a-la-virgen-de-las-nieves>
- Aliyu, M., Hassan, G., Said, S. A., Siddiqui, M. U., Alawami, A. T., & Elamin, I. M. (2018). A review of solar-powered water pumping systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 87, 61–76. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.02.010>
- American Institute of Steel Construction (AISC). (2016). *Specification for Structural Steel Buildings*.
- Asbetsadik, T., Alemayehu, A., Wolde, D., & Derib, G. (2025). Enhancing the sustainability of rural water supply schemes in Emegua Kebele: the role of community participation and key challenges. *Discover Sustainability*, 6(1), 244. <https://doi.org/10.1007/s43621-025-01098-9>
- Becerra, D., Acosta, C., & Leyton, J. (2023). Gestión del recurso hídrico en la ruralidad, mediante estrategias de fortalecimiento comunitario. *Entramado*, 20(1). <https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.1.10054>
- Brooks, Y. M., Tenorio-Moncada, E. A., Gohil, N., Yu, Y., Estrada-Mendez, M. R., Bardales, G., & Richardson, R. E. (2018). Performance Evaluation of Gravity-Fed Water Treatment Systems in Rural Honduras: Verifying Robust Reduction of Turbidity and Escherichia coli

during Wet and Dry Weather. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 99(4), 881–888. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.17-0577>

Calipsa, C., & Cornejo, C. (2024). *MANUAL DEL PROCESO DE APROBACIÓN DE TÉRMINOS DE REFERENCIA Y EMISIÓN DE VIABILIDADES TÉCNICAS PARA PROYECTOS DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO*.

Carvajal, M. J. (2025, January 8). *El agua transforma vidas en las comunidades rurales de Ecuador*. <https://blogs.iadb.org/agua/es/el-agua-transforma-vidas-en-las-comunidades-rurales-de-ecuador/>

CNEL EP. (2022, April 28). *CNEL EP construyó obra eléctrica en la comunidad Cabo de Hacha del cantón Jipijapa, en Manabí*. <https://www.cnelep.gob.ec/cnel-ep-construyo-obra-electrica-en-la-comunidad-cabo-de-hacha-del-canton-jipijapa-en-manabi/>

Delgado Castro, C. G. (2025). Efectividad de la colaboración intersectorial en la gestión sostenible del recurso hídrico: un análisis sistemático. *Mikarimin. Revista Científica Multidisciplinaria*, 11(2), 5–31. <https://doi.org/10.61154/mrcm.v11i2.3495>

Enríquez, I., & Martínez, E. (2009). *Sistemas de Agua Potable para Poblaciones Rurales en la Región Litoral del Ecuador*. https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/2061/1/4210.pdf?utm_source=chatgpt.com

Fernández, A. (2012). El agua: un recurso esencial. *Química Viva*, 11(3), 147–170. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86325090002>

Frêne, C., Villarroel, F., Rojas, R., Sanzana, J., González, J., Alarcón, D., Gómez, F., & Barra, S. (2022). Escasez de agua en Chiloé: Red Participativa de Agua como solución para el sector rural. *Revista de Geografía Norte Grande*, (82), 375–396. <https://doi.org/10.4067/S0718-34022022000200375>

- INAMHI. (2025). *Visor Hidrometeorológico*. <https://inamhi.gob.ec/info/>
- Infraestructura de Datos Espaciales para Instituto Geográfico Militar. (2017). *Visor Mapas IGM*.
<https://www.geoportaligm.gob.ec/visorIEE/composer/>
- Klosok-Bazan, I., Boguniewicz-Zablocka, J., Suda, A., Łukasiewicz, E., & Anders, D. (2021). Assessment of leakage management in small water supplies using performance indicators. *Environmental Science and Pollution Research International*, 28(30), 41181–41190.
<https://doi.org/10.1007/s11356-021-13575-5>
- MAATE. (2012). *CÓDIGO ECUATORIANO DE LA CONSTRUCCIÓN DE PARTE IX OBRAS SANITARIA*. <https://doi.org/10.07>
- MAATE. (2015a). *Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural*.
<https://inmobiariadja.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/09/norma-co-10-7-602-area-rural.pdf>
- MAATE. (2015b). *Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural*.
- Morales, L., Trujillo, J., & Torres, M. (2021). Identificación de los Sistemas de Suministro y Disposición del Agua en una Comunidad Rural. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 13(1), 207–208. <https://doi.org/10.22490/21456453.4271>
- Nieto, N. (2011). La gestión del agua: tensiones globales y latinoamericanas. *Política y Cultura*, 36, 157–176. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-77422011000200007&lng=es&tlng=es.
- Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2015). *Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC*.
- Organización de las Naciones Unidas. (2015, September). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*.
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>

- Pedrollo Group. (2024). *Electrobombas de superficie*. Catálogo de Electrobombas de Superficie.
- Piñas, L., Viteri, B., & Hernandez, E. (2024). Acceso al Agua Potable y Sostenibilidad de los Agroecosistemas en Comunidades Indígenas: caso Chimborazo. *Revista Científica Agroecosistemas*, 12(3), 78–84. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>
- Plastigama Wavin. (2022). *Tanques para almacenamiento de agua*. Ficha Técnica de Tanque.
- Quillupangui, R. (2023, November 1). *A escala nacional el acceso a servicios básicos en el Ecuador revela un progreso gradual*. <https://www.censoecuador.gob.ec/a-escala-nacional-el-acceso-a-servicios-basicos-en-el-ecuador-revela-un-progreso-gradual/>
- Sapién-Aguilar, A. L., Piñón-Howlet, L. C., & Quintana-Morales, J. L. (2025). Estrategia administrativa para la gestión del agua potable en comunidades rurales del estado de Chihuahua. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 16(3), 230–264. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2025-03-06>
- Terán, C., & Cando, C. (2024). *Estadística de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales*. www.ecuadorencifras.gob.ec
- Torres, C., Malta, N., & Arriagada, R. (2019). Metodología para cuantificar costos de distribución de agua potable en zonas rurales. *Ingeniería Industrial*, 40(1), 88–96. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59362019000100088&lng=es&tlng=es.

ANEXO A: ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

(APU)



**DISEÑO DE SISTEMA SOSTENIBLE DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA
PARA CONSUMO EN LA COMUNIDAD CABO DE HACHA**

ELABORADO POR: JESENIA RODRÍGUEZ Y EDSON VELASCO

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

FECHA: ENERO DEL 2026

RUBRO: A.1.1

DESCRIPCIÓN: REMOCIÓN DE CAPA VEGETAL

UNIDAD: m2

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO UNITARIO D=C*R
H. menores (5% M.O.)					0.025
Motosierra	1.00	3.00	3.00	0.040	0.120
SUBTOTAL EQUIPOS (M):					0.145
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO UNITARIO D=C*R
Peón	2.000	4.230	8.460	0.040	0.338
Operario equipo liviano	1.000	4.140	4.140	0.040	0.166
SUBTOTAL MANO DE OBRA (N):					0.504
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL MATERIALES (O):					0.000
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL TRANSPORTE (P):					\$ -
TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)					\$ 0.65
COSTOS INDIRECTOS 20.00%					\$ 0.13
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$ 0.78
VALOR OFERTADO					\$ 0.78



**DISEÑO DE SISTEMA SOSTENIBLE DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA
PARA CONSUMO EN LA COMUNIDAD CABO DE HACHA**

ELABORADO POR: JESENIA RODRÍGUEZ Y EDSON VELASCO

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

FECHA: ENERO DEL 2026

RUBRO: A.1.2

DESCRIPCIÓN: REPLANTEO Y NIVELACIÓN

UNIDAD: m2

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO UNITARIO D=C*R
H. menores (5% M.O.)					0.031
Equipo de topografía	1.00	3.75	3.75	0.033	0.125
SUBTOTAL EQUIPOS (M):					0.156
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO UNITARIO D=C*R
Peón	3.000	4.230	12.690	0.033	0.423
Maestro de obra	0.200	4.750	0.950	0.033	0.032
Topógrafo	0.200	4.750	0.950	0.033	0.032
Cadenero	1.000	4.280	4.280	0.033	0.143
SUBTOTAL MANO DE OBRA (N):					0.628
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Accesorios (clavos, cuartones, piolas, tiras)	1.000	0.300	0.300	0.090	
SUBTOTAL MATERIALES (O):					0.090
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL TRANSPORTE (P):					\$ -
TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)					\$ 0.87
COSTOS INDIRECTOS 20.00%					\$ 0.17
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$ 1.05
VALOR OFERTADO					\$ 1.05



**DISEÑO DE SISTEMA SOSTENIBLE DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA
PARA CONSUMO EN LA COMUNIDAD CABO DE HACHA**

ELABORADO POR: JESENIA RODRÍGUEZ Y EDSON VELASCO

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

FECHA: ENERO DEL 2026

RUBRO: A.2.1

DESCRIPCIÓN: EXCAVACIÓN ZANJA CON MAQUINARIA PESADA

UNIDAD: m³

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO UNITARIO D=C*R
H. menores (5% M.O.)					0.024
Excavadora	1.00	27.00	27.00	0.017	0.451
SUBTOTAL EQUIPOS (M):					0.475
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO UNITARIO D=C*R
Operador de excavadora	1.000	4.750	4.750	0.017	0.081
Ayudante de maquinaria	1.000	4.060	4.060	0.017	0.069
Peón	1.000	4.230	4.230	0.065	0.275
Maestro de obra	0.200	4.750	0.950	0.065	0.062
SUBTOTAL MANO DE OBRA (N):					0.486
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL MATERIALES (O):					0.000
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL TRANSPORTE (P):					\$ -
TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)					\$ 0.96
COSTOS INDIRECTOS 20.00%					\$ 0.19
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$ 1.15
VALOR OFERTADO					\$ 1.15



**DISEÑO DE SISTEMA SOSTENIBLE DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA
PARA CONSUMO EN LA COMUNIDAD CABO DE HACHA**

ELABORADO POR: JESENIA RODRÍGUEZ Y EDSON VELASCO

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

FECHA: ENERO DEL 2026

RUBRO: A.2.2

DESCRIPCIÓN: RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL EXISTENTE

UNIDAD: m³

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO UNITARIO D=C*R
H. menores (5% M.O.)					0.040
Volqueta 8m ³	1.00	30.00	30.00	0.063	1.890
Motoniveladora	1.00	45.00	45.00	0.063	2.835
Rodillo	1.00	35.00	35.00	0.063	2.205
SUBTOTAL EQUIPOS (M):					6.970
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO UNITARIO D=C*R
Chofer de volqueta	1.000	6.080	6.080	0.045	0.274
Operador de motoniveladora	1.000	4.060	4.060	0.045	0.183
Operador de rodillo	1.000	4.060	4.060	0.045	0.183
Ayudante de maquinaria	1.000	3.620	3.620	0.045	0.163
SUBTOTAL MANO DE OBRA (N):					0.802
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL MATERIALES (O):					0.000
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL TRANSPORTE (P):					\$ -
TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)					\$ 7.77
COSTOS INDIRECTOS 20.00%					\$ 1.55
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$ 9.33
VALOR OFERTADO					\$ 9.33



**DISEÑO DE SISTEMA SOSTENIBLE DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA
PARA CONSUMO EN LA COMUNIDAD CABO DE HACHA**

ELABORADO POR: JESENIA RODRÍGUEZ Y EDSON VELASCO

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

FECHA: ENERO DEL 2026

RUBRO: A.2.3

DESCRIPCIÓN: DESALOJO DE MATERIAL CON VOLQUETA

UNIDAD: m³/km

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO UNITARIO D=C*R
H. menores (5% M.O.)					0.038
Volqueta de 8m ³	1.00	30.00	30.00	0.063	1.890
Excavadora	1.00	27.00	27.00	0.017	0.459
SUBTOTAL EQUIPOS (M):					2.387
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO UNITARIO D=C*R
Chofer de volqueta	1.000	6.080	6.080	0.030	0.182
Ayudante de maquinaria	1.000	3.620	3.620	0.045	0.163
Peón	2.000	4.230	8.460	0.033	0.282
Maestro de obra	0.200	4.750	0.950	0.065	0.062
Operador de excavadora	1.000	4.650	4.650	0.017	0.077
SUBTOTAL MANO DE OBRA (N):					0.765
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL MATERIALES (O):					0.000
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL TRANSPORTE (P):					\$ -
TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)					\$ 3.15
COSTOS INDIRECTOS 20.00%					\$ 0.63
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$ 3.78
VALOR OFERTADO					\$ 3.78



**DISEÑO DE SISTEMA SOSTENIBLE DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA
PARA CONSUMO EN LA COMUNIDAD CABO DE HACHA**

ELABORADO POR: JESENIA RODRÍGUEZ Y EDSON VELASCO

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

FECHA: ENERO DEL 2026

RUBRO: A.3.1

DESCRIPCION: SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE 1 1/4" (32MM) PEAD EN RED DE CONDUCCIÓN

UNIDAD: m

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO UNITARIO D=C*R
H. menores (5% M.O.)					0.055
Compactador pequeño manual	0.100	2.345	0.235	0.083	0.020
SUBTOTAL EQUIPOS (M):					0.074
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO UNITARIO D=C*R
Peón	2.000	4.230	8.460	0.083	0.705
Maestro de obra	0.100	4.750	0.475	0.083	0.040
Plomero	1.000	4.190	4.190	0.083	0.349
SUBTOTAL MANO DE OBRA (N):					1.094
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Tubería PEAD DN=1 1/4" (32mm)	m	1.00	5.30	5.300	
Accesorios PEAD DN=1 1/4" (32mm)	glb	1.00	2.10	2.100	
Arena	m3	0.05	13.40	0.670	
SUBTOTAL MATERIALES (O):					8.070
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL TRANSPORTE (P):					\$ -
TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)				\$	9.24
COSTOS INDIRECTOS				20.00%	\$ 1.85
COSTO TOTAL DEL RUBRO				\$	11.09
VALOR OFERTADO				\$	11.09



**DISEÑO DE SISTEMA SOSTENIBLE DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA
PARA CONSUMO EN LA COMUNIDAD CABO DE HACHA**

ELABORADO POR: JESENIA RODRÍGUEZ Y EDSON VELASCO

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

FECHA: ENERO DEL 2026

RUBRO: A.3.2

DESCRIPCIÓN: SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PEAD DE 1" (25MM) EN RED DE DISTRIBUCIÓN

UNIDAD: m

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO UNITARIO D=C*R
H. menores (5% M.O.)					0.055
Compactador pequeño manual	0.100	2.345	0.235	0.083	0.020
SUBTOTAL EQUIPOS (M):					0.074
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO UNITARIO D=C*R
Peón	2.000	4.230	8.460	0.083	0.705
Maestro de obra	0.100	4.750	0.475	0.083	0.040
Plomero	1.000	4.190	4.190	0.083	0.349
SUBTOTAL MANO DE OBRA (N):					1.094
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Tuberia PEAD DN=1" (25mm)	m	1.10	3.00	3.300	
Accesorios PEAD D=1" (25mm)	glb	1.00	2.50	2.500	
Arena	m3	0.05	13.40	0.670	
SUBTOTAL MATERIALES (O):					6.470
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL TRANSPORTE (P):					\$ -
TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)				\$	7.64
COSTOS INDIRECTOS				20.00%	\$ 1.53
COSTO TOTAL DEL RUBRO				\$	9.17
VALOR OFERTADO				\$	9.17



**DISEÑO DE SISTEMA SOSTENIBLE DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA
PARA CONSUMO EN LA COMUNIDAD CABO DE HACHA**

ELABORADO POR: JESENIA RODRÍGUEZ Y EDSON VELASCO

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

FECHA: ENERO DEL 2026

RUBRO: A.3.3

DESCRIPCIÓN: SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PEAD DE 3/4" (20MM) EN RED DE DISTRIBUCIÓN

UNIDAD: m

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO UNITARIO D=C*R
H. menores (5% M.O.)					0.057
Compactador pequeño manual	0.100	2.345	0.235	0.083	0.020
SUBTOTAL EQUIPOS (M):					0.076
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO UNITARIO D=C*R
Peón	2.000	4.230	8.460	0.083	0.705
Maestro de obra	0.200	4.750	0.950	0.083	0.079
Plomero	1.000	4.190	4.190	0.083	0.349
SUBTOTAL MANO DE OBRA (N):					1.133
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Tubería PEAD DN=3/4" (20mm)	m	1.10	1.71	1.881	
Accesorios PVC D=3/4"	glb	1.00	2.10	2.100	
Arena	m ³	0.05	13.40	0.670	
SUBTOTAL MATERIALES (O):					4.651
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL TRANSPORTE (P):					\$ -
TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)				\$	5.86
COSTOS INDIRECTOS				20.00%	\$ 1.17
COSTO TOTAL DEL RUBRO				\$	7.03
VALOR OFERTADO				\$	7.03



**DISEÑO DE SISTEMA SOSTENIBLE DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA
PARA CONSUMO EN LA COMUNIDAD CABO DE HACHA**

ELABORADO POR: JESENIA RODRÍGUEZ Y EDSON VELASCO

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

FECHA: ENERO DEL 2026

RUBRO: A.3.4

DESCRIPCIÓN: SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PEAD DE 1/2" (12MM) EN RED DE DISTRIBUCIÓN

UNIDAD: m

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO UNITARIO D=C*R
H. menores (5% M.O.)					0.055
Compactador pequeño manual	0.100	2.345	0.235	0.083	0.020
SUBTOTAL EQUIPOS (M):					0.074
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO UNITARIO D=C*R
Peón	2.000	4.230	8.460	0.083	0.705
Maestro de obra	0.100	4.750	0.475	0.083	0.040
Plomero	1.000	4.190	4.190	0.083	0.349
SUBTOTAL MANO DE OBRA (N):					1.094
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Tuberia PVC DN=1/2" (12mm)	m	1.10	1.67	1.837	
Accesorios PVC D=1/2" (12mm)	glb	1.00	2.10	2.100	
Arena	m3	0.05	13.40	0.670	
SUBTOTAL MATERIALES (O):					4.607
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
				-	
SUBTOTAL TRANSPORTE (P):					\$ -
TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)					\$ 5.77
COSTOS INDIRECTOS 20.00%					\$ 1.15
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$ 6.93
VALOR OFERTADO					\$ 6.93



**DISEÑO DE SISTEMA SOSTENIBLE DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA
PARA CONSUMO EN LA COMUNIDAD CABO DE HACHA**

ELABORADO POR: JESENIA RODRÍGUEZ Y EDSON VELASCO

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

FECHA: ENERO DEL 2026

RUBRO: A.3.5

DESCRIPCIÓN: INSTALACIÓN DE TANQUE DE PVC

UNIDAD: u

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO UNITARIO D=C*R
H. menores (5% M.O.)					0.055
Camión grúa (izaje)	1.00	65.00	65.00	1.000	65.000
SUBTOTAL EQUIPOS (M):					65.055
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEG)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO UNITARIO D=C*R
Peón	2.000	4.230	8.460	0.083	0.705
Maestro de obra	1.000	4.750	4.750	0.083	0.394
SUBTOTAL MANO DE OBRA (N):					1.099
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL MATERIALES (O):					0.000
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL TRANSPORTE (P):					\$ -
TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)				\$	66.15
COSTOS INDIRECTOS				20.00%	\$ 13.23
COSTO TOTAL DEL RUBRO				\$	79.38
VALOR OFERTADO				\$	79.38



**DISEÑO DE SISTEMA SOSTENIBLE DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA
PARA CONSUMO EN LA COMUNIDAD CABO DE HACHA**

ELABORADO POR: JESENIA RODRÍGUEZ Y EDSON VELASCO

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

FECHA: ENERO DEL 2026

RUBRO: A.4.1

DESCRIPCIÓN: ARREGLO DE CAPTACIÓN

UNIDAD: glb

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO UNITARIO D=C*R
H. menores (5% M.O.)					0.518
Martillo demoledor	1.00	31.00	31.00	0.200	6.200
SUBTOTAL EQUIPOS (M):					6.718
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEG)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO UNITARIO D=C*R
Peón	1.000	4.230	4.230	2.000	8.460
Maestro de obra	0.200	4.750	0.950	2.000	1.900
SUBTOTAL MANO DE OBRA (N):					10.360
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Agua	m ³	0.080	2.330	0.186	
SUBTOTAL MATERIALES (O):					0.186
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
				-	
SUBTOTAL TRANSPORTE (P):					\$ -
TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)					\$ 17.26
COSTOS INDIRECTOS 20.00%					\$ 3.45
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$ 20.72
VALOR OFERTADO					\$ 20.72



**DISEÑO DE SISTEMA SOSTENIBLE DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA
PARA CONSUMO EN LA COMUNIDAD CABO DE HACHA**

ELABORADO POR: JESENIA RODRÍGUEZ Y EDSON VELASCO

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

FECHA: ENERO DEL 2026

RUBRO: A.4.2

DESCRIPCION: HORMIGÓN ESTRUCTURAL, CEMENTO HIDRÁULICO F'C=280KG/CM2 (INC. ENCOFRADO Y CURADOR)

UNIDAD: m³

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO UNITARIO D=C*R
H. menores (5% M.O.)					1.986
SUBTOTAL EQUIPOS (M):					1.986
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO UNITARIO D=C*R
Peón	3.000	4.230	12.690	1.500	19.035
Maestro de obra	0.200	4.750	0.950	1.500	1.425
Albañil	1.000	4.280	4.280	1.500	6.420
Carpintero	2.000	4.280	8.560	1.500	12.840
SUBTOTAL MANO DE OBRA (N):					39.720
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Agua	m ³	0.280	2.330	0.652	
Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	kg	4.000	1.190	4.760	
Cemento Tipo GU	kg	176.400	0.140	24.696	
Piedra 3/4"	m ³	0.280	22.620	6.334	
Arena	m ³	0.280	13.400	3.752	
Encofrado	u	0.350	10.000	3.500	
Curador de hormigón	kg	0.250	4.510	1.128	
Adhesivo epóxico de HO. fresco a endurecido	kg	0.200	33.300	6.660	
Rejilla	u	1.000	6.380	6.380	
SUBTOTAL MATERIALES (O):					57.862
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
				-	
SUBTOTAL TRANSPORTE (P):					\$ -
TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)					\$ 99.57
COSTOS INDIRECTOS 20.00%					\$ 19.91
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$ 119.48
VALOR OFERTADO					\$ 119.48



**DISEÑO DE SISTEMA SOSTENIBLE DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA
PARA CONSUMO EN LA COMUNIDAD CABO DE HACHA**

ELABORADO POR: JESENIA RODRÍGUEZ Y EDSON VELASCO

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

FECHA: ENERO DEL 2026

RUBRO: A.4.3

DESCRIPCIÓN: SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TORRE METÁLICA DE 6M

UNIDAD: kg

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO UNITARIO D=C*R
H. menores (5% M.O.)					0.484
Equipo de soldadura	4.000	12.000	48.000	0.200	9.600
Camión grúa (equipo izaje)	1.000	65.000	65.000	0.200	13.000
Seguridad (arneses, líneas de vida)	4.000	12.000	48.000	0.200	9.600
SUBTOTAL EQUIPOS (M):					32.684
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEG)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO UNITARIO D=C*R
Peón	2.000	4.230	8.460	0.200	1.692
Soldador	4.000	4.650	18.600	0.200	3.720
Cuadrilla de montaje	4.000	4.140	16.560	0.200	3.312
Maestro de obra	1.000	4.750	4.750	0.200	0.950
SUBTOTAL MANO DE OBRA (N):					9.674
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
HSS 100x100x4mm	kg	1.000	3.900	3.900	
HSS 80x40x3mm	kg	1.000	3.900	3.900	
L 40x40x4mm	kg	1.000	3.900	3.900	
UPN 120	kg	1.000	3.900	3.900	
HSS 70x40x3mm	kg	1.000	3.900	3.900	
Plancha de 5mm	u	1.000	3.900	3.900	
Tubo de Ø 1 1/4"	kg	1.000	3.900	3.900	
Electrodos y disco de corte	glb	1.000	10.000	10.000	
Pintura anticorrosiva	gl	0.500	24.000	12.000	
Pernos de anclaje	und	8.000	3.000	24.000	
SUBTOTAL MATERIALES (O):					73.300
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL TRANSPORTE (P):					\$ -
TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)				\$	115.66
COSTOS INDIRECTOS				20.00%	\$ 23.13
COSTO TOTAL DEL RUBRO				\$	138.79
VALOR OFERTADO				\$	138.79



**DISEÑO DE SISTEMA SOSTENIBLE DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA
PARA CONSUMO EN LA COMUNIDAD CABO DE HACHA**

ELABORADO POR: JESENIA RODRÍGUEZ Y EDSON VELASCO

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

FECHA: ENERO DEL 2026

RUBRO: A.5.1

DESCRIPCIÓN: SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PANELES SOLARES

UNIDAD: glb

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO UNITARIO D=C*R
H. menores (5% M.O.)					1.015
SUBTOTAL EQUIPOS (M):					1.015
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO UNITARIO D=C*R
Técnico eléctrico	1.000	4.280	4.280	2.667	11.415
Maestro eléctrico	0.500	4.750	2.375	2.667	6.334
Ingeniero eléctrico	0.200	4.770	0.954	2.667	2.544
SUBTOTAL MANO DE OBRA (N):					20.293
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Kit de paneles solares (Inversor de 6kw + 2 baterías + 4 paneles de 625w, incluye material de instalación de paneles e inversores y gastos administrativos)	glb	1.00	11200.00	11200.00	
SUBTOTAL MATERIALES (O):					11,200.000
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
				-	
SUBTOTAL TRANSPORTE (P):					\$ -
TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)					\$ 11,221.31
COSTOS INDIRECTOS 20.00%					\$ 2,244.26
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$ 13,465.57
VALOR OFERTADO					\$ 13,465.57



**DISEÑO DE SISTEMA SOSTENIBLE DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA
PARA CONSUMO EN LA COMUNIDAD CABO DE HACHA**

ELABORADO POR: JESENIA RODRÍGUEZ Y EDSON VELASCO

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

FECHA: ENERO DEL 2026

RUBRO: A.5.2

DESCRIPCIÓN: SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE BOMBA EN ZONA DE CAPTACIÓN

UNIDAD: u

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO UNITARIO D=C*R
H. menores (5% M.O.)					0.019
SUBTOTAL EQUIPOS (M):					0.019
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION (CATEG)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO UNITARIO D=C*R
Peón	2.000	4.230	8.460	0.035	0.296
Maestro de obra	0.500	4.750	2.375	0.035	0.083
SUBTOTAL MANO DE OBRA (N):					0.379
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Bomba de agua modelo JCRm2A 1,5 HP	und	1.000	308.560	308.560	
Tubería de 1 1/4" x 6m roscable	und	1.000	13.430	13.430	
Manómetro	und	1.000	15.500	15.500	
Control de nivel de agua	und	1.000	13.500	13.500	
Válvula de control	und	1.000	30.000	30.000	
Flotador de 1 1/4"	und	1.000	17.500	17.500	
SUBTOTAL MATERIALES (O):					398.490
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
				-	
SUBTOTAL TRANSPORTE (P):					\$ -
TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)					\$ 398.89
COSTOS INDIRECTOS 20.00%					\$ 79.78
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$ 478.67
VALOR OFERTADO					\$ 478.67



**DISEÑO DE SISTEMA SOSTENIBLE DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA
PARA CONSUMO EN LA COMUNIDAD CABO DE HACHA**

ELABORADO POR: JESENIA RODRÍGUEZ Y EDSON VELASCO

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

FECHA: ENERO DEL 2026

RUBRO: A.6.1

DESCRIPCIÓN: AGUA PARA CONTROL DE POLVO

UNIDAD: m³

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO UNITARIO D=C*R
H. menores (5% M.O.) Tanquero 8m ³	1.00	23.50	23.50	0.040	0.021 0.940
SUBTOTAL EQUIPOS (M):					0.961
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEG)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO UNITARIO D=C*R
Peón	1.000	4.230	4.230	0.040	0.169
Chofer tanquero	1.000	6.220	6.220	0.040	0.249
SUBTOTAL MANO DE OBRA (N):					0.418
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	A	UNITARIO B	COSTO C=A*B
Agua	m ³	1.000		2.330	2.330
SUBTOTAL MATERIALES (O):					2.330
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	A	TARIFA B	COSTO C=A*B
SUBTOTAL TRANSPORTE (P):					\$ -
TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)					\$ 3.71
COSTOS INDIRECTOS 20.00%					\$ 0.74
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$ 4.45
VALOR OFERTADO					\$ 4.45



**DISEÑO DE SISTEMA SOSTENIBLE DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA
PARA CONSUMO EN LA COMUNIDAD CABO DE HACHA**

ELABORADO POR: JESENIA RODRÍGUEZ Y EDSON VELASCO

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

FECHA: ENERO DEL 2026

RUBRO: A.6.2

DESCRIPCIÓN: TANQUE METÁLICO DE 55 GLS PARA LIMPIEZA DE OBRA

UNIDAD: u

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO UNITARIO D=C*R
H. menores (5% M.O.)					0.212
SUBTOTAL EQUIPOS (M):					0.212
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEG)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO UNITARIO D=C*R
Peón	1.000	4.230	4.230	1.000	4.230
SUBTOTAL MANO DE OBRA (N):					4.230
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	A	UNITARIO B	COSTO C=A*B
Tanque metálico 55 gln	u	1.000		12.020	12.020
Esmalte	gln	0.100		15.090	1.509
Funda de basura	u	1.000		1.100	1.100
SUBTOTAL MATERIALES (O):					14.629
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	A	TARIFA B	COSTO C=A*B
SUBTOTAL TRANSPORTE (P):					\$ -
TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)					\$ 19.07
COSTOS INDIRECTOS 20.00%					\$ 3.81
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$ 22.88
VALOR OFERTADO					\$ 22.88



**DISEÑO DE SISTEMA SOSTENIBLE DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA
PARA CONSUMO EN LA COMUNIDAD CABO DE HACHA**

ELABORADO POR: JESENIA RODRÍGUEZ Y EDSON VELASCO

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

FECHA: ENERO DEL 2026

RUBRO: A.6.3

DESCRIPCIÓN: REUNIONES CON LA COMUNIDAD

UNIDAD: u

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO UNITARIO D=C*R
H. menores (5% M.O.)					1.796
SUBTOTAL EQUIPOS (M):					1.796
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEG)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO UNITARIO D=C*R
Peón	1.000	4.230	4.230	4.000	16.920
Maestro de obra	1.000	4.750	4.750	4.000	19.000
SUBTOTAL MANO DE OBRA (N):					35.920
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Hojas, marcadores, borradores	glb	1.000	15.000	15.000	
SUBTOTAL MATERIALES (O):					15.000
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL TRANSPORTE (P):					\$ -
TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)				\$	52.72
COSTOS INDIRECTOS				20.00%	\$ 10.54
COSTO TOTAL DEL RUBRO				\$	63.26
VALOR OFERTADO				\$	63.26



**DISEÑO DE SISTEMA SOSTENIBLE DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA
PARA CONSUMO EN LA COMUNIDAD CABO DE HACHA**

ELABORADO POR: JESENIA RODRÍGUEZ Y EDSON VELASCO

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

FECHA: ENERO DEL 2026

RUBRO: A.6.4

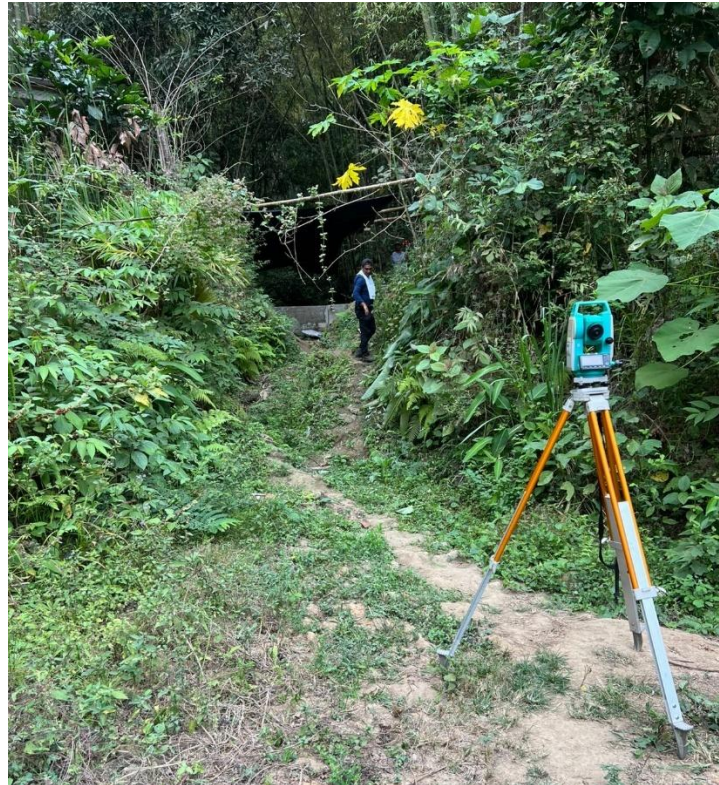
DESCRIPCIÓN: CINTA CON PARANTE

UNIDAD: m

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO UNITARIO D=C*R
H. menores (5% M.O.)					0.005
SUBTOTAL EQUIPOS (M):					0.005
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEG)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO UNITARIO D=C*R
Peón	1.000	4.230	4.230	0.020	0.085
Maestro de obra	0.200	4.750	0.950	0.020	0.019
SUBTOTAL MANO DE OBRA (N):					0.104
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	UNITARIO B	COSTO C=A*B	
Cinta plástica de seguridad color reflectivo	m	1.05	0.05	0.053	
SUBTOTAL MATERIALES (O):					0.053
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL TRANSPORTE (P):					\$ -
TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)					\$ 0.16
COSTOS INDIRECTOS 20.00%					\$ 0.03
COSTO TOTAL DEL RUBRO					\$ 0.19
VALOR OFERTADO					\$ 0.19

ANEXO B: FOTOGRAFÍAS





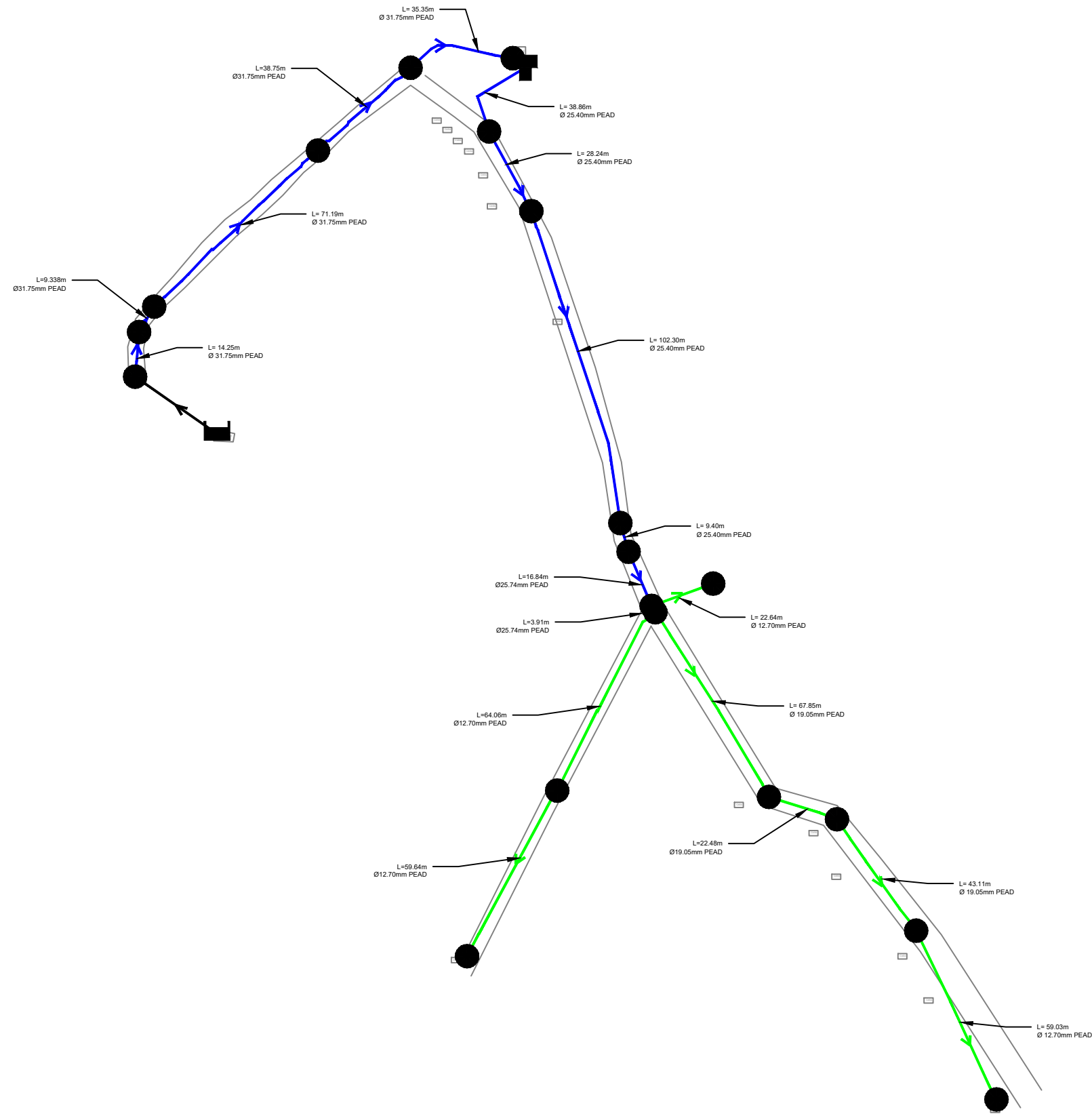




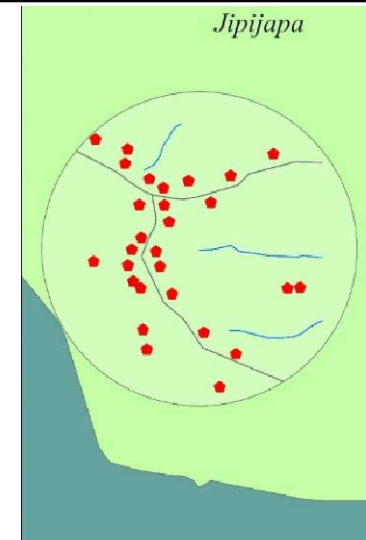




ANEXO C: PLANOS



REFERENCIA



SIMBOLOGÍA

- ÁREAS DE INTERVENCIÓN
- TUBERÍAS TRAMO CONDUCCIÓN
- TUBERÍAS TRAMO DISTRIBUCIÓN
- $\frac{L}{\varnothing}$ LONGITUD DE TUBERÍAS
DIÁMETRO DE TUBERIA
- RESERVORIO
- NODOS

NOTAS

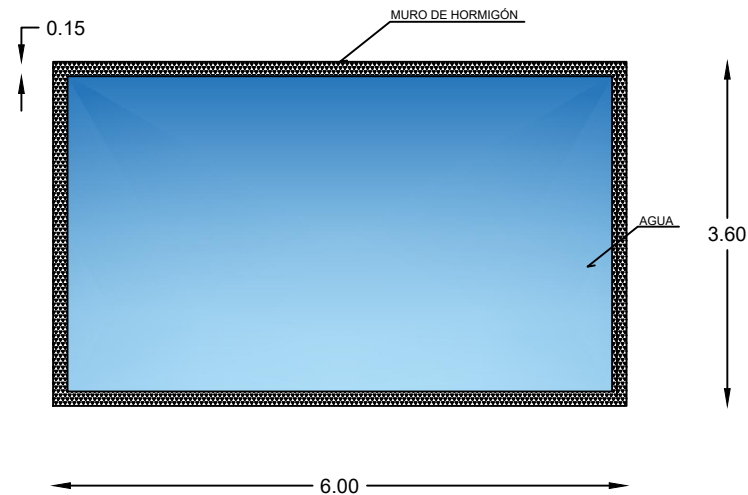
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO:
DESARROLLO DE SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA EN LA COMUNIDAD "CABO DE HACHA" EN JIPIJAPA

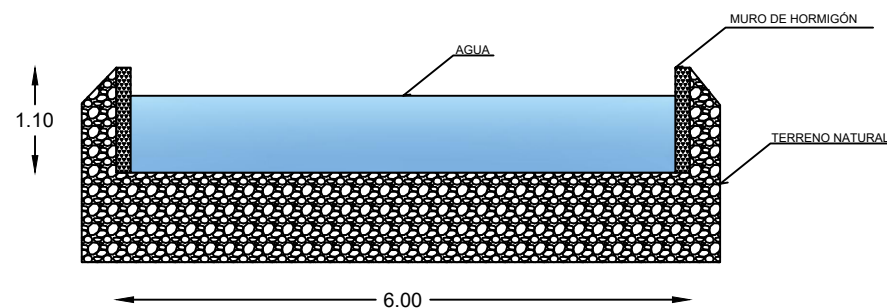
CONTENIDO:
VISTA EN PLANTA DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

Coordinador de Materia Integradora: MSc. Lenin Dender	Tutores de Conocimientos Específicos:	Estudiantes: Jesenia Rodríguez Moreno Edson Velasco Pazmiño
MSc. Ingrid Orta Zambrano	Fecha de Entrega: 19/12/2025	Escala: Indicada
	Lámina: PL SC 1	

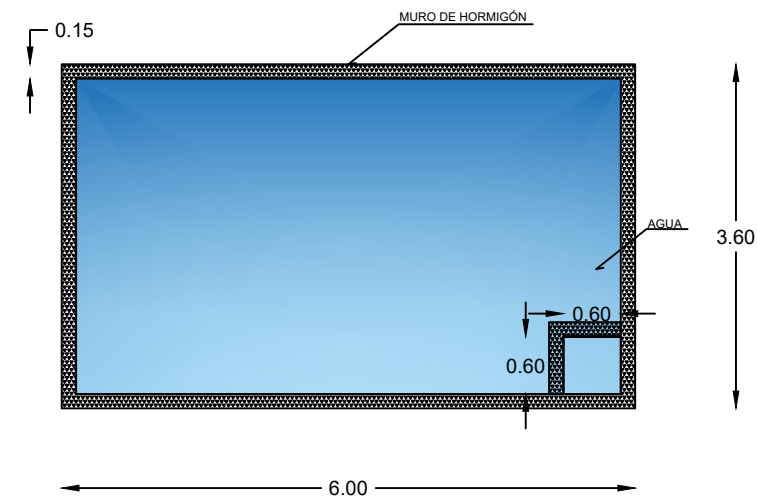
VISTA EN PLANTA



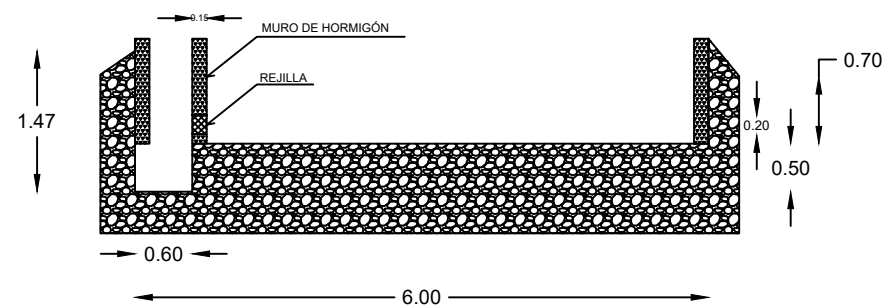
VISTA EN CORTE



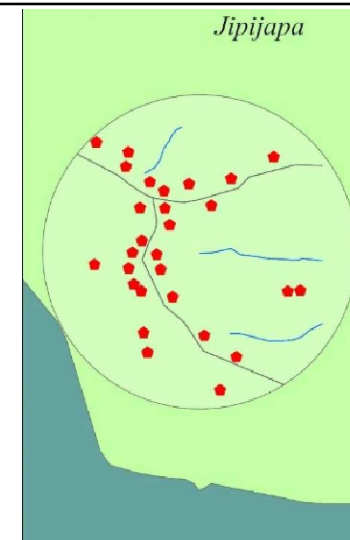
VISTA EN PLANTA



VISTA EN CORTE



REFERENCIA



SIMBOLOGÍA

- ÁREAS DE INTERVENCIÓN
- TUBERÍAS TRAMO CONDUCCIÓN
- TUBERÍAS TRAMO DISTRIBUCIÓN
- $\frac{L}{\varnothing}$ LONGITUD DE TUBERÍAS
DIÁMETRO DE TUBERIA
- RESERVORIO
- NODOS

NOTAS

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO:

DESARROLLO DE SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA EN LA COMUNIDAD "CABO DE HACHA" EN JIPIJAPA

CONTENIDO:

VISTA DE ARREGLO DE CAPTACIÓN

Coordinador de Materia Integradora:

MSc. Lenin Dender

Tutores de Conocimientos Específicos:

MSc. Ingrid Orta Zambrano

Estudiantes:

Jesenia Rodríguez Moreno
Edson Velasco Pazmiño

Fecha de Entrega:

19/12/2025

Escala:

Indicada

Lámina:

PL SC 2