UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

DISEÑO DE UNA MICRO CENTRAL HIDROELÉCTRICA PARA SUMINISTRAR ELECTRICIDAD A UNA ELECTROBOMBA SUMERGIBLE EN LA PROVINCIA DE JAÉN-PERÚ 2024.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO Y ELÉCTRICO

Autor: Bach. Jean Jorly Oliva Alejandria

Asesor: Dr. Walter Linder Cabrera Torres

Línea de Investigación: L1-IME-02 – Energías Alternativas

JAÉN – PERÚ

2025.

Jean Jorly Oliva Alejandria

DISEÑO DE UNA MICRO CENTRAL HIDROELÉCTRICA PARA SUMINISTRAR ELECTRICIDAD A UNA ELECTROBOMBA SUME...

Quick Submit

Quick Submit

Universidad Nacional de Jaen

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::1:3322245681

Fecha de entrega
27 ago 2025, 10:20 a.m. GMT-5

Fecha de descarga
27 ago 2025, 10:24 a.m. GMT-5

Nombre del archivo
INFORME_FINAL_DE_TESIS_OLIVA_ALEJANDRIA_JEAN_JORLY.pdf

Tamaño del archivo
8.1 MB

133 páginas

22.648 palabras

112.903 caracteres

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
Dr. Segundo Sánchez Tello
Responsable (e) de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería

Scanned with CamScanner

4% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

Fuentes principales

3%	Fuentes de Internet
1%	Publicaciones
2%	Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Caracteres reemplazados
38 caracteres sospechosos en N.º de páginas
Las letras son intercambiadas por caracteres similares de otro alfabeto.

Texto oculto
63 caracteres sospechosos en N.º de páginas
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Dr. Segundo Sánchez Tello
Responsable (e) de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería

Scanned with CamScanner

"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

FORMATO 03: ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día martes 22 de julio del 2025, siendo las 17:30 horas, se reunieron los integrantes del Jurado:

Presidente : Mtro. Marco Luis Pérez Silva
Secretario : Mg. Jannier Alberto Montenegro Juárez
Vocal : Mg. Mario Félix Olivera Aldana

Para evaluar la Sustentación del Informe Final:

( ) Trabajo de Investigación
(X) Tesis
( ) Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado: **"DISEÑO DE UNA MICRO CENTRAL HIDROELÉCTRICA PARA SUMINISTRAR ELECTRICIDAD A UNA ELECTROBOMBA SUMERGIBLE EN LA PROVINCIA DE JAÉN-PERÚ 2024".**

Presentado por el egresado: **Jean Jorly Oliva Alejandria,** de la Escuela Profesional de INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

(X) Aprobar ( ) Desaprobar (X) Unanimidad ( ) Mayoría

Con la siguiente mención:

a)	Excelente	18, 19 20	( )
b)	Muy bueno	16, 17	(16)
c)	Bueno	14, 15	( )
d)	Regular	13	( )
e)	Desaprobado	12 ó menos	( )

Siendo las 18:00 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando con la suscripción de la presente.

Mtro. Marco Luis Pérez Silva
Presidente Jurado Evaluador

Mg. Jannier Alberto Montenegro Juárez
Secretario Jurado Evaluador

Mg. Mario Félix Olivera Aldana
Vocal Jurado Evaluador

Scanned with CamScanner

"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

ANEXO N°06
DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD Y DE NO PLAGIO DE LA TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (PREGRADO)

Yo, Jean Jorly Oliva Alejandria, egresado de la carrera Profesional de Ingeniería Mecánica y Electrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Jaén, identificado (a) con DNI 75746715.

Declaro bajo juramento que:

1. Soy Autor del trabajo titulado:
   "Diseño de una Micro Central Hidroeléctrica para Suministrar Electricidad a una Electrobomba Sumergible en la Provincia de Jaén – Perú 2024."
   Asesorado por el Dr. Walter Linder Cabrera Torres.
   El mismo que presento bajo la modalidad de bachiller para optar el Título Profesional Ingeniero Mecánico Electricista.
2. El texto de mi trabajo final respeta y no vulnera los derechos de terceros, incluidos los derechos de propiedad intelectual. En el sentido, el texto de mi trabajo final no ha sido plagiado total ni parcialmente, para la cual he respetado las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas.
3. El texto del trabajo final que presento no ha sido publicado ni presentado antes en cualquier medio electrónico o físico.
4. La investigación, los resultados, datos, conclusiones y demás información presentada que atribuyo a mi autoría son veraces.
5. Declaro que mi trabajo final cumple con todas las normas de la Universidad Nacional de Jaén.
6. Soy consciente de que el hecho de no respetar los derechos de autor y hacer plagio, es objeto de sanciones universitarias y/o legales.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Nacional de Jaén y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.
Fecha: Jaén, día, mes y año.

Jean Jorly Oliva Alejandria.

Scanned with CamScanner

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN 8

ABSTRACT 9

I. INTRODUCCIÓN 10

1.1. Descripción de la realidad Problemática 10

1.2. Justificación 11

1.3. Hipótesis 12

1.4. Objetivos 13

1.4.1. Objetivo General 13

1.4.2. Objetivos Específicos 13

1.5. Antecedentes de la Investigación 13

II. MATERIALES Y METODOS 18

2.1. Descripción de la Micro Central Hidroeléctrica 18

2.2. Descripción Geográfica. 18

2.3. Población, Muestra y Muestreo 19

2.4. Métodos 19

2.5. Análisis de Datos. 22

III. RESULTADOS 22

3.1. Consumo Energético 22

3.2. Caudal Disponible. 22

3.2.1. Caudal de Diseño 25

3.3. Altura Bruta 26

3.4. Altura Neta 26

3.4.1. Diámetro Interno de la Tubería. 26

3.4.2. Velocidad del Fluido en la Tubería. 28

3.4.3. Determinamos las Perdidas Primarias (Hrp). 28

3.4.3.1. Determinamos el factor de fricción (f) 29

3.4.3.2. Determinamos el número de Reynolds. 29
3.4.3.3. Determinamos la rugosidad relativa (S) 29
3.4.4. Determinamos las perdidas secundarias (Hrs)..... 31
3.5. Selección de la Turbina Hidráulica. 33
3.6. Determinamos la Potencia a Producir. 34
3.7. Parámetros de diseño de la Turbina Pelton 38
3.7.1. Triangulo de Velocidades 38
3.7.1.1. Velocidad del Chorro a la salida de la Tobera 38
3.7.1.2. Velocidad Tangencial 39
3.7.1.3. Velocidad Relativa en la entrada. 39
3.7.1.4. Velocidad Relativa en la salida. 40
3.7.2. Potencia al eje de la Turbina Pelton 40
3.7.3. Número Especifico de Revoluciones 41
3.7.4. Cálculo del Inyector 43
3.7.4.1. Diámetro del Chorro 43
3.7.4.2. Dimensiones del Inyector 43
3.7.4.3. Fuerza para accionar la válvula del inyector 44
3.7.4.4. Presión en el interior del inyector 45
3.7.4.5. Desempeño del inyector. 45
3.7.4.6. Fuerza ejercida por el fluido sobre los álabes (T) 46
3.7.5. Cálculo del Rodete 47
3.7.5.1. Diámetro característico del rodete 47
3.7.5.2. Diámetro de las puntas de los alabes 47
3.7.5.3. Dimensiones de los Alabes 48
3.7.5.4. Forma de los Alabes 50
3.7.5.5. Número de Alabes 51
3.8. Obras civiles 52

3.8.1. Sistema de Transporte del Fluido 52
3.8.2. Evaluación del Desarenador y Tanque de Presión. 52
3.8.2.1. Volumen del tanque de presión..... 52
3.8.2.2. Ancho del desarenador..... 53
3.8.2.3. Longitud del desarenador..... 53
3.8.2.4. Profundidad del desarenador..... 54
3.8.2.5. Longitud en la entrada y salida del desarenador..... 55
3.9. Dimensionamiento del Sistema Electromecánico..... 56
3.9.1. Generador Eléctrico..... 56
3.9.2. Sistema de Transmisión..... 56
3.9.2.1. Relación de Transmisión 57
3.9.2.2. Diámetros Primitivos 57
3.9.2.3. Longitud de la faja 58
3.9.3. Redes Eléctricas..... 59
3.9.3.1. Calibres de los Conductores 59
3.9.3.2. Caída de tensión..... 60
3.9.3.3. Selección de los transformadores 62
3.9.4. Selección de estructuras..... 64
3.9.4.1. Accesorios de las estructuras 65
3.9.4.2. Retenida Inclinada Aislada 69
3.9.5. Sistema de protección..... 70
3.9.5.1. Puesta a Tierra 70
3.9.5.2. Pararrayos 71
3.10. Simulación de la Turbina Pelton de la MCH. 72
3.11. Diseño de la Red de Distribución..... 84
3.12. Análisis Técnico Económico del Proyecto..... 93
3.12.1. Costos de Inversión de la MCH..... 93

3.12.1.1. Materiales Electromecánicos de la Red Primaria 93
3.12.1.2. Montaje Electromecánico de la Red Primaria. 96
3.12.1.3. Transporte de Materiales Electromecánicos de la Red Primaria. 97
3.12.1.4. Obras Civiles..... 100
3.12.1.5. Tubería y Accesorios 101
3.12.1.6. Equipos Electromecánicos de la MCH 101
3.12.1.7. Mano de Obra de la MCH..... 101
3.12.1.8. Transporte de Materiales de la MCH. 102
3.12.1.9. Costo Total de la MCH. 102
3.12.2. Costo de Operación de la MCH..... 103
3.12.3. Producción de energía anual. 104
3.12.6. Flujo de Caja Proyectado..... 105
3.12.7. Valor Actual Neto (VAN) 106
3.12.8. Tasa Interna de Retorno (TIR)..... 106
3.12.9. Relación Beneficio/Costo (B/C)..... 107
IV. DISCUSIÓN 108
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 110
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 112

INDICE DE TABLAS

Tabla N°1: Consumo Energético de la Electrobomba Sumergible 10 HP. 22
Tabla N°2: Volumen del Agua de la Quebrada Tataque 22
Tabla N°3: Datos obtenidos durante el tiempo de medición 24
Tabla N°4: Selección del Caudal de Diseño. 25
Tabla N°5: Relación Diametro Tubería - Caudal 27
Tabla N°6: Diametro Tubería de 8´´ 27
Tabla N°7: Coeficientes de Rugosidad 30
Tabla N°8: Factor de Corrección "K" 32
Tabla N°9: Contracción Brusca. 32
Tabla N°10: Ficha Técnica del Generador. 36
Tabla N°11: Eficiencia del Grupo de Generación NGR. 36
Tabla N°12: Tipo de Turbina Pelton 42
Tabla N°13: Dimensiones del Inyector en función al Diametro del Chorro. 43
Tabla N°14: Dimensiones del Inyector. 44
Tabla N°15: Dimensiones de los álabes en función al Diámetro del fluido. 48
Tabla N°16: Dimensiones de los Alabes. 48
Tabla N°17: Número de Alabes en función al $Dd0$. 51
Tabla N°18: Velocidad de Decantación de partículas de Arena. 54
Tabla N°19: Conductores en Electrificación Rural. 60
Tabla N°20: Factor de CT. 61
Tabla N°21: Suministro de Materiales Electromecánicos. 93
Tabla N°22: Montaje Electromecánico 96
Tabla N°23: Transporte de Materiales Electromecánicos 97
Tabla N°24: Costos de Obras Civiles. 100
Tabla N°25: Costos de Tubería y Accesorios. 101
Tabla N°26: Costos de Equipos Electromecánicos de la MCH. 101
Tabla N°27: Costos de Mano de Obra de la MCH. 101
Tabla N°28: Costos de Transporte de Materiales de la MCH. 102
Tabla N°29: Costos Total de la Micro Central Hidroeléctrica. 102

INDICE DE FIGURAS

Figura N°1: Canal Tataque. 23
Figura N°2: Correntómetro Flowatch. 23
Figura N°3: Mediciones del Caudal del Canal Tataque. 25
Figura N°4: Topografía de la altura bruta. 26
Figura N°5: Selección de Turbinas Hidráulicas. 34
Figura N°6: Esquema de un Grupo de Generación. 35
Figura N°7: Coeficientes de Eficiencia Eléctrica. 35
Figura N°8: Velocidades en los Alabes. 39
Figura N°9: Dimensiones del Inyector. 44
Figura N°10: Resorte en el Inyector. 45
Figura N°11: Vista de Planta del Alabe. 49
Figura N°12: Alabe (corte A-A y B-B). 49
Figura N°13: Alabe (corte C-C). 50
Figura N°14: Acotaciones del diámetro. 50
Figura N°15: Trayectoria de las partículas en el Desarenador. 54
Figura N°16: Dimensiones del Desarenador. 55
Figura N°17: Generador Eléctrico. 56
Figura N°18: Sistema de Transmisión. 57
Figura N°19: Red Primaria. 59
Figura N°20: Diagrama Unifilar. 63
Figura N°21: Soporte Suspensión 0° - 5° Trifásico PS1 - 3L. 64
Figura N°22: Aislador Tipo PIN clase ANSI 56-3. 65
Figura N°23: Espigas para Aisladores tipo PIN. 66
Figura N°24: Dimensiones de las espigas en el Poste. 66
Figura N°25: Espigas para Aisladores en las Crucetas. 67
Figura N°26: Perno Maquinado. 67
Figura N°27. Arandela Cuadrada Plana. 68
Figura N°28: Arandela Cuadrada Curva. 68
Figura N°29: Retenida Inclinada Aislada RI-A. 69
Figura N°30: Puesta a Tierra. 70
Figura N°31: Pararrayo INGESCO PDC. 71
Figura N°32: Diseño del Rodete. 73

Figura N°33: Diseño de los Álabes 74
Figura N°34: Diseño del Eje Central. 74
Figura N°35: Diseño de Pernos 75
Figura N°36: Ensamblaje de la Turbina Pelton. 76
Figura N°37: Carcasa Protectora e Inyector. 77
Figura N°38: Ensamblaje Final Turbina Pelton. 78
Figura N°39: Simulación de la Turbina Pelton – Velocidad de Fluido. 79
Figura N°40: Presión dentro de la Carcasa Protectora. 79
Figura N°41: Temperatura del Fluido dentro de la Carcasa. 80
Figura N°42: Análisis de Deformaciones Unitarias del Rodete. 81
Figura N°43: Análisis de Desplazamiento Estático del Rodete. 81
Figura N°44: Análisis de Tensión Von Mises del Rodete. 82
Figura N°45: Análisis de Deformaciones Unitarias del Alabe. 82
Figura N°46: Análisis de Desplazamiento Estático del Alabe. 83
Figura N°47: Análisis de Tensiones de Von Mises del Alabe. 83
Figura N°48: Configuración de Datos del proyecto. 85
Figura N°49: Puntos Topográficos. 85
Figura N°50: Diseño de Planta - Trazo de Ruta. 86
Figura N°51: Diseño de Planta - Editar Ruta Actual. 87
Figura N°52: Diseño Vista de Planta - Configuración de Planta. 88
Figura N°53: Diseño Vista de Perfil. 89
Figura N°54: Diseño Vista de Perfil - Configuración General. 89
Figura N°55: Diseño Vista de perfil - Condiciones Ambientales. 90
Figura N°56: Diseño Vista de Perfil - Datos por Omisión. 90
Figura N°57: Diseño Vista de Perfil – Distribuye Automático. 91
Figura N°58: Diseño de la Red de Distribución C.P.P. Huallape. 92

RESUMEN

El aprovechamiento de las Energías Renovables es una principal solución para reducir la demanda eléctrica de la población. El objetivo de la investigación es diseñar una Micro Central Hidroeléctrica para Suministrar Electricidad a una Electrobomba sumergible en la Provincia de Jaén – Perú 2024. El Centro Poblado Puerto Huallape cuenta con un pozo para su consumo de agua potable, con el paso del tiempo se instaló una electrobomba sumergible pedrollo 10 HP para expulsar el agua a un tanque, luego se distribuye por el pueblo llegando a las casas, el alto consumo de electricidad de la electrobomba que repercute en el recibo de luz, racionaliza el servicio de agua a 8 horas al día por 3 días a la semana, ante este problema se planteó esta investigación aplicada de metodología inductiva, en ese sentido se determinó la máxima demanda de la electrobomba, se realizó las mediciones del caudal del canal tataque, luego se obtuvo la medición de la altura bruta, posteriormente se calculó los parámetros de diseño de la MCH, dimensionamiento y selección la turbina a utilizar, generador eléctrico. Como resultados se obtuvo que MCH con un caudal de 0.057 m/s y una altura neta de 54.49 m, genera una potencia de 18.585 KW, posteriormente se desarrolló el dimensionamiento de la turbina Pelton, la cual consta de 20 álabes y un solo inyector, se utilizó un generador de 4 polos de 1800 rpm de 20 KW, se seleccionó dos transformadores de 25 KVA, el diseño de la red primaria consta de 1.3 km, la tensión es de 10 KV; la evaluación técnica y económica determina que el proyecto tiene un costo de S/. 137,842.05 para la ejecución, también se obtuvo un VAN de S/. 49,224.99 y un TIR de 12% y una relación B/C de 1.21, se concluye que el proyecto es económicamente viable y factible.

Palabras clave: Energías Renovables, Micro Central Hidroeléctrica, Turbina Pelton, Factibilidad Económica.

ABSTRACT

The use of renewable energy is a key solution for reducing the population's electricity demand. The objective of the research is to design a Micro Hydroelectric Power Plant to Supply Electricity to a submersible electric pump in the Province of Jaén - Peru 2024. The Puerto Huallape Population Center has a well for its drinking water consumption, over time a 10 HP pedrollo submersible electric pump was installed to expel the water into a tank, then it is distributed throughout the town reaching the houses, the high electricity consumption of the electric pump that affects the electricity bill, rationalizes the water service to 8 hours a day for 3 days a week, faced with this problem this applied research of inductive methodology was raised, in that sense the maximum demand of the electric pump was determined, measurements of the flow rate of the tataque canal were made, then the measurement of the gross height was obtained, subsequently the design parameters of the MCH were calculated, sizing and selection of the turbine to be used, electric generator. As results it was obtained that MCH with a flow rate of 0.057 m / s and a net height of 54.49 m, generates a power of 18,585 KW, subsequently the sizing of the Pelton turbine was developed, which consists of 20 blades and a single injector, a 4-pole generator of 1800 rpm of 20 KW was used, two 25 KVA transformers were selected, the design of the primary network consists of 1.3 km, the voltage is 10 KV; the technical and economic evaluation determines that the project has a cost of S /. 137,842.05 for the execution, an NPV of S /. 49,224.99 and an IRR of 12% and a B / C ratio of 1.21 were also obtained, it is concluded that the project is economically viable and feasible.

Keywords: Renewable Energy, Micro Hydroelectric Power Plant, Pelton Turbine, Economic Feasibility.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción de la realidad Problemática

El adecuado uso de la energía ha sido el punto principal del desarrollo de la humanidad, con el aprovechamiento de Energías Renovables, se ha vuelto una principal solución para reducir la demanda eléctrica de la población.

En Colombia, en muchas áreas rurales enfrentan una disponibilidad limitada de energía eléctrica. Según un estudio de Vivas (2019), publicado en el periódico El Tiempo, más de 1.700 localidades, con aproximadamente 128,000 habitantes contaban con electricidad solo entre 4 y 12 horas diarias. Esta situación impacta negativamente en sectores productivos y desarrollo poblacional, que depende de un suministro eléctrico constante para optimizar una mejor calidad de vida.

En el Perú, según Sosa (2017), determina que, a causa del aumento de la población y a la longevidad de los suministros, la distribución del servicio ha sido racionalizado en las áreas de la Comunidad de Quenafajja - Puno, se propuso el diseño de un método de bomba solar automatizado con paneles Fotovoltaicos, que incorpora un variador de velocidad para bombear agua a un tanque. Desde allí, el agua se distribuye a toda la comunidad, contribuyendo a un abastecimiento de agua constante y seguro. En tal sentido en el año 2017 la Comunidad de Quenafajja contaba con 620 habitantes, y en un periodo de 20 años la poblacion ascenderá a 810 pobladores.

El C. P. Puerto Huallape tiene con una noria (pozo) para su consumo de agua potable, esta es la única manera de consumir dicho recurso, con el paso del tiempo han instalado una electrobomba sumergible pedrollo 4SR90G 10HP trifásica (Manual Pedrollo, 2020) para expulsar el agua a un tanque, luego se distribuye por todo el pueblo llegando a las casas, este servicio se brinda 2 horas por sector, cabe recalcar que Puerto Huallape está dividido en 4 sectores, por lo tanto el servicio de agua se brinda solo 8 horas al día por 3 días a la semana. Actualmente se benefician de este servicio 160 viviendas, en tal sentido, el consumo excesivo de energía de la electrobomba que repercute en el recibo de luz con un promedio de S/. 893 de los últimos 4 meses, motivo por el cual se racionaliza el agua, de esta manera se ve afectado la economía de todas las familias que necesitan de otras alternativas para solucionar dicho problema. Ante este problema que identificado se planteó dicha investigación.

Finalmente nos planteamos la siguiente interrogante ¿Cómo diseñar una micro central hidroeléctrica para suministrar electricidad a una electrobomba sumergible en la Provincia de Jaén-Perú 2024?

1.2. Justificación

Justificación Técnica.

El Centro Poblado Puerto Huallape cuenta con un canal de regadillo llamado Tataque, de este mismo se utilizará el recurso esencial para generar energía mecánica y posteriormente energía eléctrica, por ende, se diseñará una Micro Central Hidroeléctrica para suministrar electricidad a una Electrobomba. De tal manera el desarrollo de este proyecto radica en la urgente necesidad de promover fuentes de energía limpia y renovables, esta Micro Central ofrece una solución eficiente y sostenible al aprovechar el potencial energético del agua, y al contar con una fuente de generación de energía eléctrica propia la convierten en una solución viable asegurando un suministro constante y confiable para Puerto Huallape.

Justificación Social.

Este proyecto tiene un impacto significativo en la población, porque al desarrollar una micro central hidroeléctrica se estará garantizando una energía estable, limpia, sin interrupciones, obteniendo la electricidad requerida y establecida para que así se pueda gozar de una estabilidad y más tiempo en el uso del agua sin miedo a cortes imprevistos. La disponibilidad de energía fomentará el desarrollo de actividades productivas locales, como la agricultura y pequeñas industrias.

Justificación Ambiental.

El desarrollo de esta investigación tiene un aporte significativo impactando positivamente en el medio ambiente, porque al utilizar recursos energéticos renovables, contribuimos con la sostenibilidad del medio ambiente y reducimos la dependencia de combustibles fósiles, responsables de la contaminación ambiental, también para disminuir la huella ecológica que ha estado incrementándose en la humanidad, generando calentamiento global. Las micros centrales hidroeléctricas generan electricidad sin emitir gases de efecto invernadero y tienen un impacto ambiental mínimo que son vitales para reducir la contaminación ambiental. En tan

sentido en Huallape al igual que en muchos pueblos necesitan de una energía limpia, fiable, no contaminante y de bajo costo para fomentar así un desarrollo poblacional sostenible y equitativo.

Justificación Económica.

El desarrollo de una Micro Central Hidroeléctrica tiene una justificación económica muy relevante porque reducimos los costos de suministro de electricidad de la electrobomba sumergible de 10 hp, además mejora la eficiencia y productividad del servicio de agua potable para el Centro Poblado, en tal sentido, este proyecto será beneficioso para que la economía de la poblacion se incremente, gracias a que se reduce el pago de servicio de agua potable. Además, al optar por la autogeneración de energía, se elimina la dependencia del consumo de electricidad convencional, reduciendo así los costos asociados. Finalmente, la capacidad de generar energía de manera independiente fortalece la autonomía y la seguridad energética del Centro Poblado, haciéndolo menos vulnerable a las variaciones en los costos de la electricidad. La reducción de costos energéticos y de agua liberará recursos financieros para que las familias puedan invertir en otras áreas vitales, como la educación y la salud, aumentando así el bienestar general y el desarrollo de la comunidad.

Con esta investigación los beneficiarios de este proyecto será la poblacion de la Provincia de Jaén y de manera directa se beneficiará los habitantes de Puerto Huallape, que necesitan de esta alternativa para mejorar su bienestar.

1.3. Hipótesis

Mediante el diseño de la Micro Central Hidroeléctrica permitirá determinar el suministro eléctrico a una electrobomba sumergible en la Provincia de Jaén-Perú 2024.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

- Diseñar una Micro Central Hidroeléctrica para suministrar electricidad a una electrobomba sumergible en la Provincia de Jaén-Perú 2024.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar los parámetros de diseño de la Micro Central Hidroeléctrica.

- Simular la turbina de la Micro Central Hidroeléctrica mediante diseño CAD/CAE.

- Diseñar las redes de distribución mediante el software DLTCAD en el Centro Poblado Puerto Huallape.

- Realizar un estudio del análisis técnico económico del proyecto.

1.5. Antecedentes de la Investigación

Bernal & Urriago (2023). En su investigación "Diseño y simulación de una pequeña central hidroeléctrica, aprovechando el cauce de una quebrada para la energización de un galpón ubicado en Pore, Casanare" el objetivo fue diseñar y simular una pequeña central hidroeléctrica con el propósito de suministrar electricidad al galpón avícola de la finca Peña Negra, fue una investigación de tipo experimental, como resultados obtuvieron que con un flujo de agua de 0.027 m^3/s y un salto geodésico de 10 m se alcanzó una potencia de 2.4 kW, concluyen que la investigación realizada posibilitó el reconocimiento y el análisis de los componentes que conforman una proyecto hidroeléctrico de tamaño pequeño, lo que condujo a una comprensión más amplia de cómo funciona y su influencia en el entorno ambiental, recomiendan estudiar la viabilidad del proyecto utilizando el VAN y el TIR con el fin de determinar el coste del diseño y la duración requerida para recaudar el aporte inicial.

Condori & Cuba (2021). En su investigación “Diseño de una micro central hidroeléctrica en el distrito de santa Isabel de Siguas provincia de Arequipa departamento de Arequipa”, tuvo como objetivo diseñar una micro central hidroeléctrica para cubrir necesidades básicas y para desarrollar actividades productivas, según su metodología fue una investigación de tipo experimental descriptivo y explicativo. Como resultados obtuvieron que han logrado una capacidad de 25 KVA de potencia aparente y 20 KW de potencia activa, de esta última, 4 KW se emplearán en el proceso de obtención de agua potable por osmosis inversa, mientras que los 16 KW restantes podrán aprovecharse para brindar electricidad a la poblacion o generar ingresos en beneficio de la comunidad, concluyen que la investigación permitió confirmar que es posible aprovechar una infraestructura de riego existente para obtener electricidad, sin causar imperfecciones en los dos sistemas de riego, recomiendan que se debe realizar las actividades con mucha cautela en el diseño del desarenador ya que es muy importantes para la conservación y rendimiento de la turbina.

Palomeque et al. (2019) en su tesis “Diseño de una central hidroeléctrica para abastecer la demanda del consumo eléctrico de Plantaciones Malima CÍA. LTDA.” El fin fue desarrollar una central hidroeléctrica destinada a cubrir el gasto energético de Plantaciones Malima. Según su metodología fue una investigación de tipo correlacional, entre los resultados obtuvieron que el flujo de agua y la altura de caída disponible del río pueden satisfacer por completo la demanda de electricidad que tiene la empresa Malima de 118.597 kWh, además al operar con un flujo promedio de 17 m^3/s, se estima una capacidad adicional de potencia de 92 kW para otros fines, concluyen que el flujo de agua necesario para el diseño del proyecto determinado de acuerdo a la demanda eléctrica de la empresa es de 1,585 m^3/s, asimismo realizaron una evaluación económica de inversión del proyecto, donde indica que el proyecto es rentable, generando utilidades dentro de 15 años de operatividad, recomiendan efectuar un preparación de factibilidad para el montaje y levantamiento del proyecto, considerando la posibilidad de emplear un mayor flujo de agua y una menor altura, por ende, podría modificar ajustes en el gasto inicial y una alteración notable del proyecto.

Veliz Torres (2023). En su tesis “Diseño de una Micro Central Hidroeléctrica para la comunidad de Palestina – los Yungas”, el fin fue atender las necesidades de energía en áreas rurales y regiones que carecen de una red eléctrica confiable y de calidad, asegurando un suministro constante y fiable, según su metodología fue una investigación de tipo descriptivo, como resultados obtuvo que con un caudal de 0.08 m^3/s y una altura neta de 95 m se calculó una potencia de 60.33 KW, asimismo de determinó que el presupuesto del proyecto es de 118,319.81 dólares americanos, concluye que se realizó un estudio de cargas de la zona, lo que permitió determinar la carga máxima energética según distintos tipos de usuarios y horarios de alto consumo, se sugiere añadir estudios complementarios a este análisis.

Arévalo Cotrina (2023). En su tesis “Diseño y simulación de una picoturbina Pelton para abastecer de energía eléctrica a un comedor popular del distrito de Valera, provincia de Bongará, departamento de Amazonas” su propósito es desarrollar y evaluar una picoturbina de tamaño reducido con la finalidad de producir electricidad para solucionar el consumo eléctrico del comedor “Matiaza Rimachi”. Según su enfoque metodológico es una investigación de tipo aplicada. Como resultados obtuvieron que la segunda propuesta demostró mayor eficiencia, con una diferencia de potencia superior al 4% en comparación con la primera propuesta, en cuanto a su análisis económicos el costo presupuestado para la primera propuesta es S/ 12,567.00 mientras que en la segunda propuesta fue de S/ 10,926.00, concluye que la segunda propuesta es la mejor alternativa debido a su valor presente neto considerablemente menor, recomienda realizar más experimentos para diseños de picoturbina Pelton, con la elaboración de prototipos físicos en laboratorio para recaudar datos experimentales, en la cual facilitaría una comparación más precisa con los prototipos virtuales.

Farez (2023). En su investigación “Diseño de una micro central hidráulica de tornillo de Arquímedes para el suministro de energía eléctrica al complejo turístico Huachito del Cantón Moróna”, el objetivo fue identificar y proporcionar eléctrica al centro turístico Huachito, según su metodología fue una investigación de tipo aplicada-descriptiva. Como resultados obtuvo que con un flujo de agua de 0.161 m^3/s y una altura geodésica 15 m genera 1.2 kW de potencia, siendo suficiente para abastecer con la demanda del complejo de 0.6105 kW, concluye realizando un estudio del presupuesto de los costos del diseño, construcción, instalación y todos los componentes que conforman el proyecto llegando a estimar un valor de $26,077.39, recomienda realizar análisis regulares del rendimiento de la micro central hidroeléctrica y la turbina de Arquímedes con el propósito de detectar oportunidades de mejora en su eficiencia.

Vivas (2020). En su tesis “Diseño de una micro central hidroeléctrica para la Hacienda Las Garzas” tuvo como objetivo generar electricidad renovable para cubrir las demandas energéticas de una hacienda situada en una zona rural que carece de acceso a redes eléctricas de distribución, según su metodología fue una investigación de tipo aplicada_ de campo. Como resultados estuvo que tiene una demanda de 280 W, determino un caudal de 5 l/s, en un salto geodésico de 18 m, estimo que la potencia aprovechable que se podría generar con el recuro hídrico es de 888 W, en tal sentido se determinó que la potencia generada para el proyecto seria de 675 W la cual es viable para la demanda que necesita, se concluye con un TIR del 12.9% y un VAN del 3138,70, donde estos análisis de rentabilidad muestran resultados positivos para el proyecto, indicando que la inversión será recuperada en un lapso de cinco años y generando ganancias económicas, se recomienda que para futuros proyectos, se debe disponer de datos hidrológicos de al menos un año para estudiar la variación del caudal en este tiempo estipulado, lo cual se tendría un mejor alcance en la generación de eléctrica no contaminantes.

Cuervo (2020). En su tesis “Diseño de una turbina para una Microcentral Hidroeléctrica para la Vereda los Arrayanes en Viotá, Cundinamarca”, el objetivo principal fue abordar la problemática de la falta de suministro eléctrico, la cual afecta significativamente en el bienestar de la población, según su metodología fue una investigación de tipo aplicada_ descriptiva, como resultados obtuvieron que con un caudal de 0.58 m^3/s y una altura de 35 m generan una potencia de 200 KW con una turbina Francis, concluyen que las fuentes renovables están experimentando un gran crecimiento en el país, debido al vasto potencial que tiene el país en este ámbito, sobre todo en lo que representa a plantas de tamaño reducido, estas acciones buscan fomentar energías renovables y ecológicas con el fin de elevar el bienestar de las poblaciones, recomiendan producir el generador utilizando el material indicado, el cual es ampliamente utilizado por empresas certificadas, preferida porque incrementa la resistencia del generador.

II. MATERIALES Y METODOS

2.1. Descripción de la Micro Central Hidroeléctrica

Es una planta generadora de electricidad que aprovecha la energía hidráulica del canal "Tataque" para producir electricidad, la cual suministrará a una electrobomba sumergible de 10 HP.

2.2. Descripción Geográfica.

El presente proyecto se ha efectuado en el Centro Poblado Puerto Huallape, Provincia de Jaén, Departamento de Cajamarca.

FIGURA 1: Ubicación del Proyecto.

Fuente: Google Earth.

2.3. Población, Muestra y Muestreo

La poblacion está representada por las 250 viviendas de Puerto Huallape.

La muestra está representada por las 160 viviendas (usuarios).

El muestreo no probabilístico – Intencional, como investigador decidí de forma intencional cuáles son los casos más representativos o importantes durante el desarrollo de este proyecto. En vez de hacer una selección aleatoria, escogí conscientemente aquellos eventos o individuos que se consideran típicos de la población en estudio. Otzen & Manterola (2017). Precisa que el muestreo no probabilístico – Intencional facilita la elección de casos representativos de la población al limitar la muestra únicamente a los acontecimientos característicos.

2.4. Métodos

Método de Investigación.

La investigación es inductiva esto debido a que partiremos desde la recolección, análisis de datos y mediciones del caudal disponible, para luego diseñar y simular la micro central hidroeléctrica, determinando que va desde lo especifico a lo general donde nos conlleva a tener conclusiones generales. Rodríguez (2007). Determina que el método inductivo implica iniciar con la observación minuciosa de hechos particulares, desde los cuales se deducen conclusiones generales que se presentan como normas, axiomas o bases de una teoría.

Tipo de Investigación.

La presente investigación es aplicada, nos centramos en identificar necesidades, oportunidades y solucionar el problema que se viene dando en el Centro Poblado Puerto Huallape. Según Cedeño (2018). Define que la investigación aplicada se enfoca en reconocer necesidades, problemas u oportunidades de un entorno, para luego utilizar saberes y abordar estas demandas.

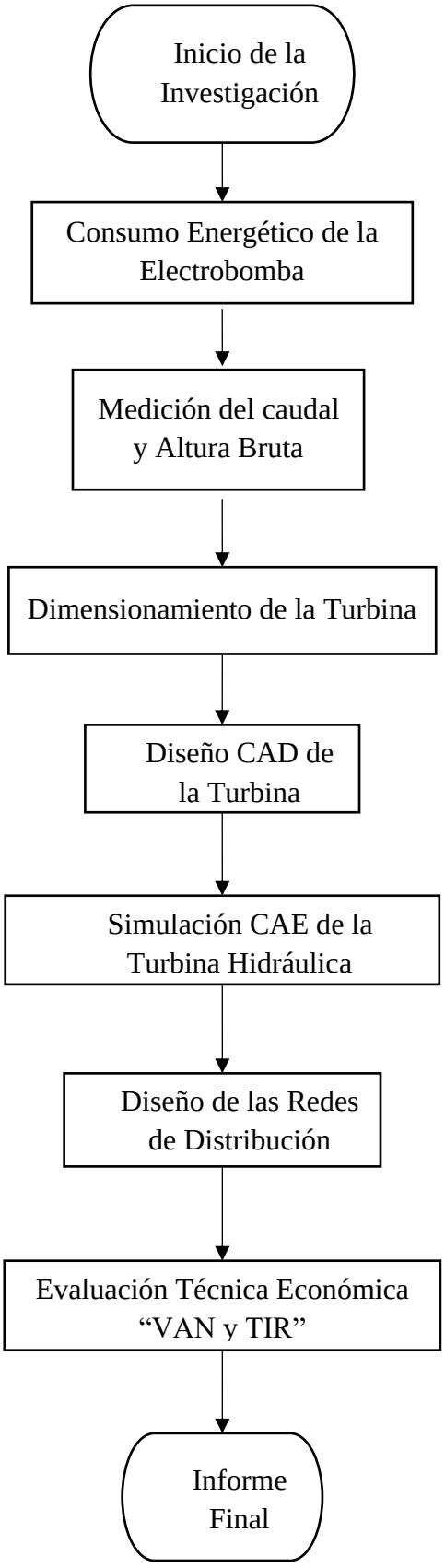
Modalidad de la Investigación.

La investigación tiene una modalidad de campo, dado que se llevó a cabo mediciones del caudal del canal Tataque en campo, donde se recopiló información para el presente proyecto en el Centro Poblado Puerto Huallape, en tal sentido esto nos permitió observar y registrar comportamientos, eventos tal y como se presentan en la realidad. Según Leyva & Guerra (2020). La modalidad de investigación de campo se fundamenta en la recopilación de datos en un entorno externo al laboratorio, que implica la obtención de datos en entornos naturales y no controlados.

Diseño de la Investigación.

El diseño de la investigación es no experimental porque las variables no fueron manipuladas y se realizó un trabajo de campo donde se recolectaron datos y posteriormente determinamos los diferentes componentes del proyecto. Hernández et al. (2013). Precisan que no se establece ningún evento, sino que se examinan eventos ya presentes, que no son generados deliberadamente por el indagador. En la investigación no experimental las variables independientes han sucedido previamente y no son susceptibles de alteración, el indagador no ejerce un mando directo sobre estas variables y no puede afectar su comportamiento porque ya ocurrieron, así como sus repercusiones.

Diagrama Unifilar del procedimiento de la Investigación.



2.5. Análisis de Datos.

Para la examinación e interpretación de resultados se usará una tabla de datos, asimismo para el modelamiento y análisis de comportamiento de la turbina y fluido se usará el software CAD/CAE mediante un análisis CFD (Análisis computacional fluido-dinámico).

III. RESULTADOS

3.1. Consumo Energético

Tabla N°1: Consumo Energético de la Electrobomba Sumergible 10 HP.

Equipo	Cantidad	Pot. Nominal "KW"	Corriente de Arranque	Consumo en KW
Electrobomba 10 HP	1	7.5	27.24 A	$C_E = \sqrt{3} * 380 * 27.24 * 0.85$
TOTAL				$\boldsymbol{C_E = 15.239\ KW}$

Fuente: Elaboración propia.

Nota: La corriente de arranque se obtuvo de las mediciones a la electrobomba en sus tres fases, en tal sentido de utilizo la corriente más alta 27.24 A. Ver Anexo 05.

3.2. Caudal Disponible.

El caudal representa el volumen del agua que fluye a través de un área específica, y su medición nos proporcionó una visión detallada de la conducta del recurso hídrico durante un tiempo determinado. Se observa que la quebrada Tataque tiene un volumen de agua anual de 12,520,592.06 m^3.

Tabla N°2: Volumen del Agua de la Quebrada Tataque

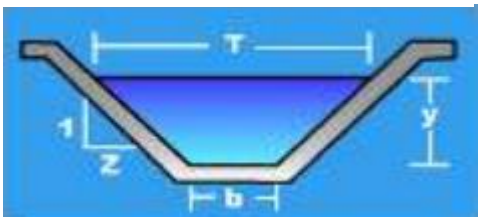
Fuente de Agua	Unidad	DISPONIBILIDAD HIDRICA (m^3)												Volumen m^3
		ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	
Qda. Tataque	m^3	1 228 957,06	739 210,75	507 262,18	100 776,96	713 338,27	889 911,36	1 221 618,24	1 843 703,42	1 855 742,40	831 134,30	1 358 078,40	1 230 858,72	12 520 592,06

Fuente: (ANA, 2020)

Las mediciones se realizaron con el instrumento CORRENTOMETRO FLOWATCH que sirve para medir la velocidad del agua, en tal sentido se determinó el área del Canal TATAQUE la cual es trapezoidal, luego por formula se obtuvo el caudal disponible.

- Determinamos el área del canal.

Figura N°1: Canal Tataque.



Fuente: (ANA, 2010)

Con la siguiente ecuación determinamos el área del canal:

$$A = \left(\frac{b+T}{2}\right) * Y \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

- Determinamos la rapidez del fluido en el canal.

La velocidad de agua se obtuvo con el instrumento de medición Correntómetro Flowatch que fue solicitado a la UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN.

Figura N°2: Correntómetro Flowatch.

Fuente: (TECFRESH, 2020)

- Determinamos el caudal

$$Q = V * A \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

- A continuación, se muestran los datos obtenidos con las mediciones durante una semana tres veces al día.

Tabla N°3: Datos obtenidos durante el tiempo de medición

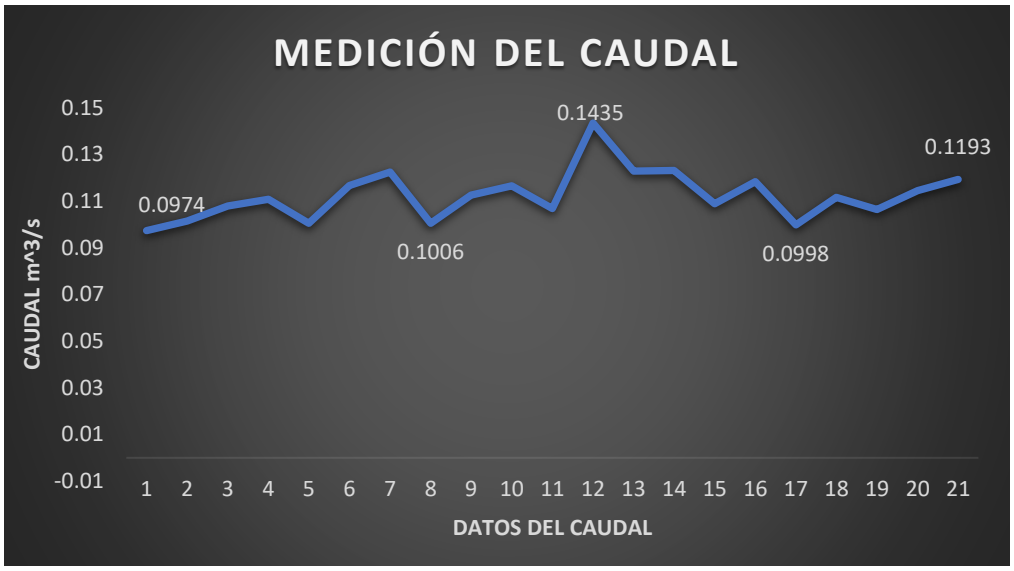
DÍA	HORA	VELOCIDAD	ARÉA	CAUDAL	CAUDAL DISEÑO
JUEVES	9:00 am	0.556 m/s	0.1752 m^2	0.0974 m^3/s	$0.0974\ m^3/s$
	1:00 pm	0.611 m/s	0.1668 m^2	0.1015 m^3/s	
	5:00 pm	0.583 m/s	0.185 m^2	0.1079 m^3/s	
VIERNES	8:00 am	0.528 m/s	0.21 m^2	0.1108 m^3/s	
	12:00 pm	0.5 m/s	0.1937 m^2	0.1006 m^3/s	
	4:00 pm	0.556 m/s	0.21 m^2	0.1168 m^3/s	
SABADO	8:00 am	0.528 m/s	0.232 m^2	0.1225 m^3/s	
	11:40 am	0.5 m/s	0.2012 m^2	0.1006 m^3/s	
	6:00 pm	0.556 m/s	0.2025 m^2	0.1126 m^3/s	
DOMINGO	7:00 am	0.361 m/s	0.323 m^2	0.1166 m^3/s	
	12:00 pm	0.417 m/s	0.256 m^2	0.1068 m^3/s	
	5:00 pm	0.389 m/s	0.369 m^2	0.1435 m^3/s	
LUNES	6:00 am	0.333 m/s	0.369 m^2	0.1229 m^3/s	
	11:00 am	0.361 m/s	0.3413m^2	0.1232 m^3/s	
	3:00 pm	0.389 m/s	0.28 m^2	0.1089 m^3/s	
MARTES	7:30 am	0.5 m/s	0.2368 m^2	0.1184 m^3/s	
	12:45 pm	0.444 m/s	0.2248 m^2	0.0998 m^3/s	
	5.55 pm	0.472 m/s	0.2368 m^2	0.1117 m^3/s	
MIERCOLES	6:35 am	0.583 m/s	0.1825 m^2	0.1064 m^3/s	
	10:30 am	0.527 m/s	0.2175 m^2	0.1146 m^3/s	
	3:50 pm	0.5 m/s	0.2385 m^2	0.1193 m^3/s	

Fuente: Elaboración propia.

El caudal disponible que se utilizó en este proyecto de investigación es 0.0974 m^3/s, este es el caudal más bajo durante el tiempo de medición, es por lo cual se está eligiendo para tener una mejor referencia durante los cálculos y la eficiencia del diseño.

3.2.1. Caudal de Diseño

Figura N°3: Mediciones del Caudal del Canal Tataque.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°4: Selección del Caudal de Diseño.

Caudal de Diseño "Q_d"	Potencia Generada "PG"
0.050 m^3/s	12.444 KW
0.053 m^3/s	13.289 KW
0.055 m^3/s	16.539 KW
0.057 m^3/s	18.585 KW
0.060 m^3/s	19.345 KW

Fuente: Elaboración propia.

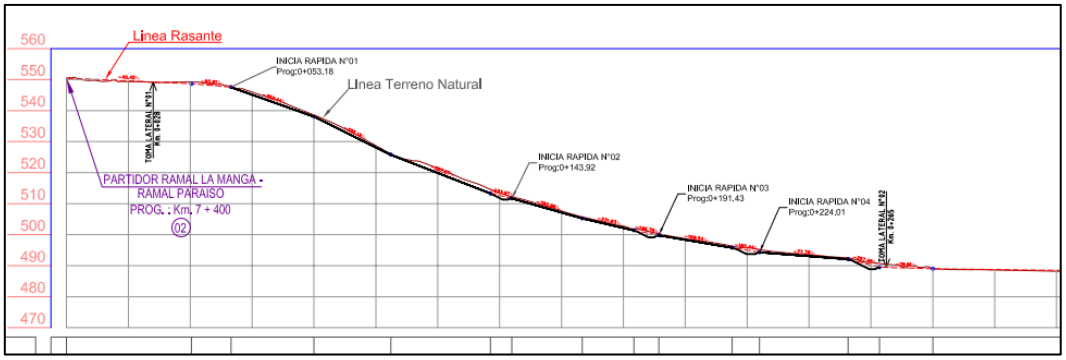
De acuerdo al consumo energético, reserva y el caudal disponible se seleccionó el caudal de diseño, en ese sentido se determinó un caudal de diseño de 0.057 m^3/s generando 18.585 KW, el cual es el más óptimo para la investigación.

$$\boldsymbol{Q_d = 0.057\ {m^3}/{s}}$$

3.3. Altura Bruta

Es la diferencia de nivel entre el punto más alto donde ingresa el fluido a la tubería y el punto más bajo donde sale el fluido a la turbina, esto se conoce como altura bruta (Hb). La altura bruta que se tiene en este proyecto es de 60 m.

Figura N°4: Topografía de la altura bruta.



Fuente: (Consorcio Tataque, 2022)

3.4. Altura Neta

Es la cantidad de altura que se puede aprovechar en forma de presión, se determina restándole la perdidas primarias y secundarias a la altura bruta, estas pérdidas se dan por el rozamiento del fluido con las paredes de la tubería, conexiones y accesorios. Determinamos la altura neta (Hn).

3.4.1. Diámetro Interno de la Tubería.

Calculamos el diámetro interno de la tubería, debemos relacionarlo con el caudal de diseño. Esto implica que consideremos la cantidad del fluido que debe transportarse en un tiempo específico y el tipo de flujo.

- Convertimos el caudal de diseño de $\frac{m^3}{s}$ a $\frac{m^3}{H}$

$$Q_d = 0.057\ \frac{m^3}{s} * \frac{3600\ s}{1\ H} = \mathbf{205.2}\ \frac{\boldsymbol{m^3}}{\boldsymbol{H}}$$

Tabla N°5: Relación Diametro Tubería - Caudal

Diametro (in)	$Q\ min \frac{m^3}{h}$	$Q\ max \frac{m^3}{h}$
1/2"	0,68	1,37
3/4"	1,54	3,08
1"	2,74	5,47
1 1/4"	4,28	8,55
1 1/2"	6,16	12,31
2	10,94	21,89
2 1/2"	17,10	34,20
3"	24,63	49,25
4"	43,78	87,56
5"	68,41	136,81
6"	98,50	197,01
8"	175,12	350,24
10"	273,62	547,24
12"	394,02	788,03
14"	536,30	1.072,60
16"	700,47	1.400,94
18"	886,54	1.773,07
20"	1.094,49	2.188,98
24"	1.576,06	3.152,13

Fuente: (Bombascentrifugas, 2018)

Observamos que el caudal de diseño es 205.2 $^{m^3}/_{H}$, en ese sentido se eligió una tubería de 8´´ de diámetro interno que corresponde a 0.202 mm.

Tabla N°6: Diametro Tubería de 8´´

Diámetro Nominal		Diámetro interior promedio	Diámetro Exterior promedio
mm	(pulg)	mm	mm
150	(6)	150	175
200	(8)	202	230
250	(10)	249	291
300	(12)	304	368
375	(15)	378	447
450	(18)	457	538
600	(24)	612	711
750	(30)	765	899
900	(36)	907	1044
1050	(42)	1062	1199
1200	(48)	1201	1367
1500	(60)	1506	1689

Fuente: (RIVEND, 2018)

Entonces el diámetro interno de la tubería será $D_t = 0.202\ m$.

3.4.2. Velocidad del Fluido en la Tubería.

Determinamos la velocidad del fluido que circula en la tubería con la siguiente formula.

$$V_t = \frac{4 * Q_d}{\pi * D_t^2} \ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

- Remplazamos los datos:

$$V_t = \frac{4 * 0.057}{\pi * 0.202^2}$$

$$\boldsymbol{V_t = 1.7786 \frac{m}{s}}$$

3.4.3. Determinamos las Perdidas Primarias (Hrp).

- Estas pérdidas se dan por la fricción del fluido con la tubería. Con la ecuación de Darcy – Weisbach.

$$H_{rp} = f * \left(\frac{L_t}{D_t}\right) * \left(\frac{V_t^2}{2 * g}\right) \ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

- **f:** factor de fricción
- $\boldsymbol{L_t}$: Longitud de la tubería (220 m)
- $\boldsymbol{D_t}$: Diámetro de la tubería
- $\boldsymbol{V_t}$: Velocidad en la tubería
- **g:** Gravedad ($9.81\, {}^{m}/_{s^2}$)

3.4.3.1.Determinamos el factor de fricción (f).

El factor de fricción se encuentra con la ecuación de Haaland (Flujo Turbulento):

$$f = \frac{1}{\left[-1.8 * log\left[\frac{6.9}{Re} + \left(\frac{\frac{k}{D_t}}{3.7}\right)^{1.11}\right]\right]^2} \ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

- **Re:** Numero de Reynolds.
- **k:** Coeficiente de Rugosidad.
- **Dt:** Diámetro interno de la tubería.

3.4.3.2.Determinamos el número de Reynolds.

- Resolvemos con la siguiente ecuación:

$$R_e = \frac{p * V_t * D_t}{u} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (6)$$

- **p:** Densidad del fluido (1000)
- $\boldsymbol{V_t}$**:** Velocidad en la tubería
- $\boldsymbol{D_t}$**:** Diámetro de la tubería
- $\boldsymbol{u}$**:** Viscosidad dinámica del fluido ($1.003 * 10^{-3}$)

$$R_e = \frac{1000 * 1.7786 * 0.202}{1.003 * 10^{-3}}$$

$$\boldsymbol{R_e = 3.582 * 10^5}$$

3.4.3.3.Determinamos la rugosidad relativa (S)

Utilizamos la siguiente ecuación:

$$S = \frac{k}{D_t} \ldots\ldots\ldots\ldots. (7)$$

- **k:** Rugosidad absoluta del material.
- **Di:** Diámetro interior de la tubería

Tabla N°7: Coeficientes de Rugosidad

Tabla 3.12 **Valores de rugosidad absoluta (K) en mm**

Material	Estado		
	Bueno	Normal	Malo
Tuberías lisas PVC		0.003	
Polietileno		0.003	
Resina de Poliester con fibra de vidrio		0.003	
Concreto	0.6	0.15	0.6
Acero Comercial			
– no pintadas	0.015	0.03	0.06
– pintadas	0.03	0.06	0.15
– galvanizadas	0.06	0.15	0.3
Hierro fundido			
– nuevas	0.015	0.3	0.6
– viejas:			
corrosión leve	0.6	1.5	3.0
corrosión moderada	1.5	3.0	6.0
corrosión severa	6	15	30

Fuente: (Coz et al., 1995)

De la tabla N°7 obtenemos la rugosidad absoluta para una tubería de PVC-O la cual es 0.003 mm.

- Remplazamos en la ecuación 7 y determinamos la rugosidad relativa:

$$S = \frac{0.003}{202}$$

$$\boldsymbol{S = 1.485 * 10^{-5}}$$

- Ahora con los datos encontrados remplazamos en la ecuación 5 para hallar el factor de fricción (f).

$$f = \frac{1}{\left[-1.8 * log\left[\frac{6.9}{3.583 * 10^5} + \left(\frac{1.485 * 10^{-5}}{3.7}\right)^{1.11}\right]\right]^2}$$

$$\boldsymbol{f = 0.014}$$

- Finalmente remplazamos todos los datos encontrados, en la ecuación 4 para determinar las perdidas por fricción en la tubería (perdidas primarias).

$$H_{rp} = f * \left(\frac{L_t}{D_t}\right) * \left(\frac{V_t^2}{2 * g}\right)$$

$$H_{rp} = 0.014 * \left(\frac{220}{0.202}\right) * \left(\frac{1.7786^2}{2 * 9.81}\right)$$

$$\boldsymbol{H_{rp} = 2.458\ m}$$

3.4.4. Determinamos las perdidas secundarias (Hrs).

Las pérdidas secundarias ocurren principalmente en las transiciones de flujo dentro de las tuberías, como en áreas donde el flujo se estrecha, se expande o cambia de dirección. Estas pérdidas se producen en diversos accesorios y componentes de las tuberías que alteran el movimiento o la velocidad del fluido.

- Determinamos las perdidas secundarias (Hrs) con la ecuación de DARCY-WEISBACH.

$$H_{rs} = K * \frac{V_t^2}{2 * g} \ldots\ldots\ldots\ldots (8)$$

- **K:** factor de perdida de cada accesorio
- **Vt:** Velocidad en la tubería
- **g:** Gravedad

Tabla N°8: Factor de Corrección "K".

Accesorio	Pérdida de carga media
1. De depósito a tubería – conexión a ras de la pared (pérdida a la entrada)	$0{,}50\frac{V_2^2}{2g}$
– tubería entrante	$1{,}00\frac{V_2^2}{2g}$
– conexión abocinada	$0{,}05\frac{V_2^2}{2g}$

Fuente: (Brater & king, 1996)

- Remplazamos los valores en la ecuación 8:

$$H_{rs1} = 0.5 * \frac{1.7786^2}{2 * 9.81} * 37$$

$$\boldsymbol{H_{rs1} = 2.983\ m}$$

- Determinamos las contracciones bruscas o reducción de tubería de 8" a 3". Se sabe que el diámetro interior de la tubería de 3 pulgadas es 0.075 m.

Tabla N°9: Contracción Brusca.

Contracción brusca	
d_1/d_2	K_c
1,2	0,08
1,4	0,17
1,6	0,26
1,8	0,34
2,0	0,37
2,5	0,41
3,0	0,43
4,0	0,45
5,0	0,46

Fuente: (Brater & king, 1996)

$$K = \frac{D_1}{D_2} \dots\dots\dots\dots (9)$$

$$K = \frac{0.202}{0.075} = \boldsymbol{2.693}$$

- Verificamos en la Tabla 9 y seleccionamos 3.0, la cual tiene un K = 0.43, remplazamos en la ecuación 8:

$$H_{rs2} = 0.43 * \frac{1.7786^2}{2 * 9.81}$$

$$\boldsymbol{H_{rs2} = 0.069\ m}$$

- Ahora realizamos la sumatoria de todas las perdidas secundarias (Hrs):

$$H_{rs} = H_{rs1} + H_{rs2} \ldots\ldots\ldots (10)$$

$$H_{rs} = 2.983\ m + 0.069\ m$$

$$\boldsymbol{H_{rs} = 3.052\ m}$$

- Una vez obtenido los datos de las perdidas primarias y secundarias le restamos a la altura bruta (Hb) para encontrar la altura neta (Hn), con la siguiente ecuación.

$$H_N = H_B - H_{rp} + H_{rs} \ldots\ldots\ldots (11)$$

$$H_N = 60 - 2.458\ m - 3.052\ m$$

$$\boldsymbol{H_N = 54.49\ m}$$

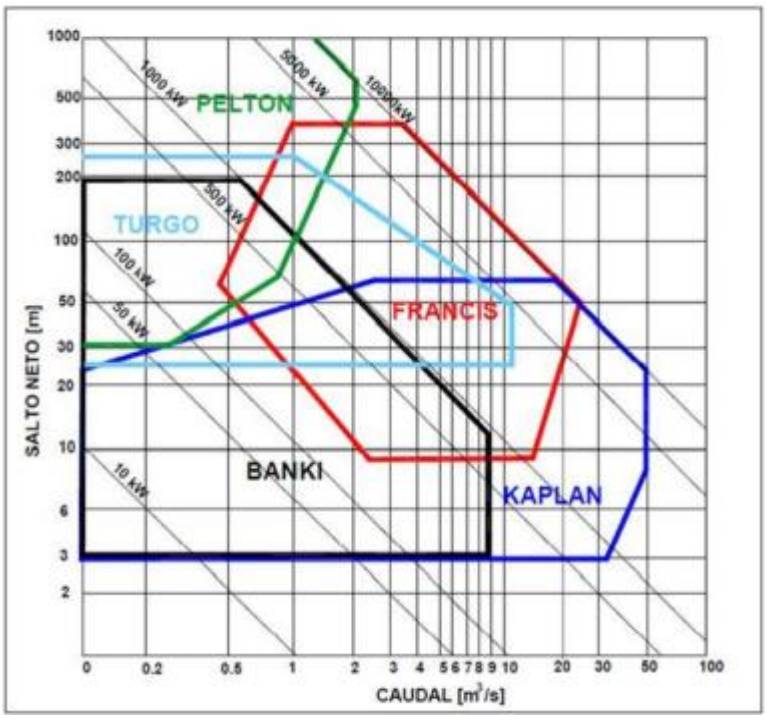
3.5. Selección de la Turbina Hidráulica.

La elección de la turbina se basa en la altura neta, en este proyecto se tiene una altura neta de 54.49 m, en ese sentido elegimos una Turbina de tipo Pelton por su eficiencia durante su funcionamiento y también para obtener un mejor aprovechamiento en el salto neto.

La turbina Pelton es una turbina de acción diseñada para funcionar con uno o varios chorros de agua que impactan en una rueda equipada con numerosos álabes en

su borde. Este tipo de turbina es especialmente eficiente en aplicaciones donde hay una considerable caída de agua (Reyna et al., 2017).

Figura N°5: Selección de Turbinas Hidráulicas.



Fuente: (Fernández Mosconi et al., 2003)

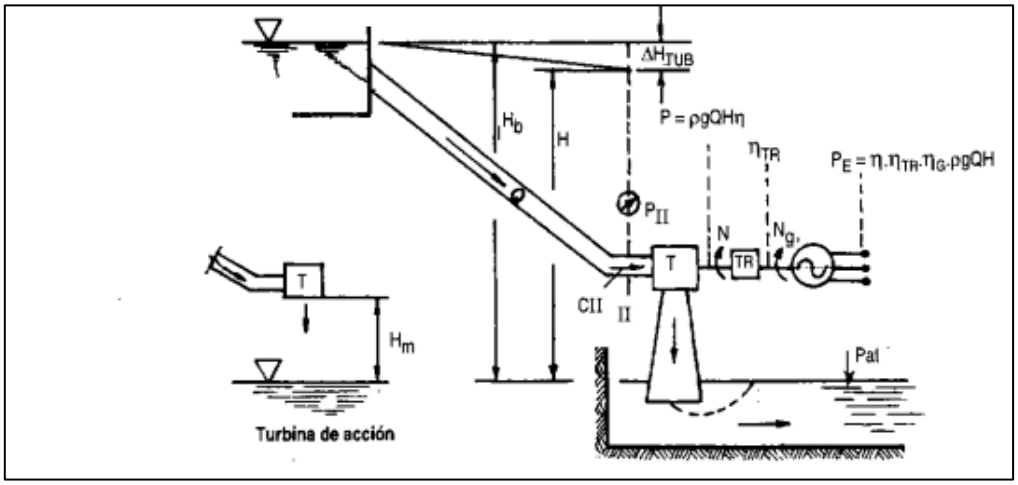
3.6. Determinamos la Potencia a Producir.

Encontramos la potencia producir en el sistema con la siguiente ecuación:

$$P = N_T * N_{TR} * N_G * pgQH \dots\dots\dots\dots (12)$$

- $\boldsymbol{N_T}$**:** Eficiencia de la Turbina
- $\boldsymbol{N_G}$**:** Eficiencia de Generador
- $\boldsymbol{N_{TR}}$**:** Eficiencia de Transmisión
- $\boldsymbol{pgQH}$**:** Potencia Hidráulica

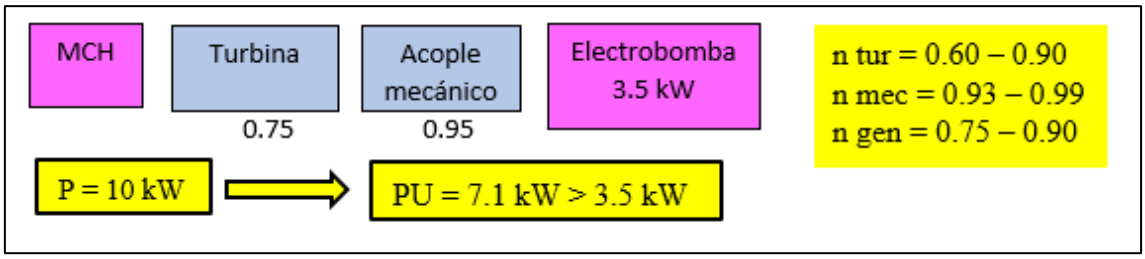
Figura N°6: Esquema de un Grupo de Generación.



Fuente: (Coz et al., 1995)

- Seleccionamos el rendimiento o eficiencia de la Turbina Pelton "N_T" de la figura N°7:

Figura N°7: Coeficientes de Eficiencia Eléctrica.



Fuente: (Muguerza, 2005)

La eficiencia de la turbina Pelton se concentra entre 0.60 – 0.90, en ese sentido vamos a utilizar una eficiencia de 0.85 %.

- Seleccionamos el rendimiento del generador Ng:

Tabla N°10: Ficha Técnica del Generador.

Alternator	STC
Brush	ACSynchronous
Coil	100% Cooper
Colour	Blue
Max. Power	20 KW
Máx. Speed	1500 - 1800 RPM
Frecuency	50 - 60Hz
Voltage	220V / 380V
Amperage	38A
Power Factor (cos)	0.8
Output Voltage	94V
Output Current	6.4A
Insulation	Class B
Phase Number	3-Phase / Trif.
Standard	JB/T8981-2011
Certificate	CE / ISO9001

Fuente: (Bonelly, 2020)

El generador eléctrico de 20 KW en su la ficha técnica tiene un rendimiento de 0.8 %, es el cual se tomará para remplazar en la ecuación 12.

- Determinamos la eficiencia de transmisión "N_{TR}" entre la Turbina y el Generador con la siguiente ecuación:

$$N_{GR} = N_T * N_G * N_{TR} \dots\dots (13)$$

$$N_{TR} = \frac{N_{GR}}{N_T * N_G} \dots\dots\dots\dots (14)$$

Tabla N°11: Eficiencia del Grupo de Generación $\boldsymbol{N_{GR}}$.

Tabla 4.2 **Eficiencia del grupo de generación (η_{GR})**

Potencia (kW)	TIPO DE TURBINA			
	PELTON	MICHELL-BANKI	FRANCIS	AXIAL
<50	58-65%	54-62%	59-65%	58-66%
51-500	65-69	62-65	66-70	66-70
501-5000	69-73	65*	70-74	70-74

Fuente: (Coz et al., 1995)

La eficiencia del grupo generador en turbinas Pelton menores de 50 KW esta entre 0.58 a 0.65%, en este caso vamos a seleccionar una eficiencia de 0.61%.

$$\boldsymbol{N_{GR} = 0.61}$$

Los datos encontrados se remplazan en la ec. 14:

$$N_{TR} = \frac{0.61}{0.85 * 0.8}$$

$$\boldsymbol{N_{TR} = 0.897}$$

- Obtenemos la Potencia Hidráulica:

$$P_H = pgQ_dH_N \ldots\ldots\ldots (15)$$

$$P_H = 1000 * 9.81 * 0.057 * 54.49$$

$$P_H = 30469.17\ W$$

$$\boldsymbol{P_H = 30.469\ KW}$$

- Ahora remplazamos todos los datos obtenidos en la ecuación "12" y determinamos la potencia a producir:

$$P = N_T * N_{TR} * N_G * pgQH$$

$$P = 0.85 * 0.897 * 0.8 * 30.469$$

$$\boldsymbol{P = 18.585\ KW}$$

La potencia a generar es superior a la potencia de la máxima demanda 15.239 KW lo cual es satisfactorio para el proyecto.

3.7. Parámetros de diseño de la Turbina Pelton

Son esenciales para determinar cómo debe diseñar y operar la turbina para lograr un rendimiento óptimo bajo condiciones específicas. Entre estos parámetros se encuentran la potencia, el flujo del fluido, la altura de la caída, la velocidad específica, la cantidad de cucharas en el rodete y la configuración del inyector. Todos estos factores influyen tanto la eficiencia como la capacidad de la turbina para producir la potencia mecánica, asegurando que cumpla con los requisitos de la instalación.

3.7.1. Triangulo de Velocidades

3.7.1.1. Velocidad del Chorro a la salida de la Tobera

La velocidad del fluido a la salida del inyector coincide con la rapidez absoluta en la entrada del álabe. $C_i = C_1$

Como es una turbina de acción donde toda la altura neta se convierte en potencia cinética, la velocidad será:

$$C_1 = K_C * \sqrt{2 * g * H_N} \dots\dots\dots (16)$$

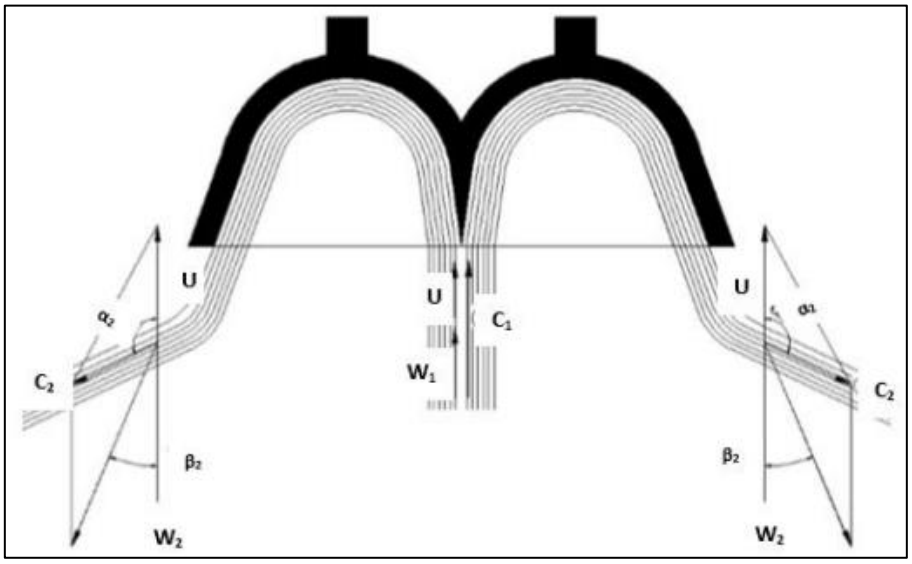
- $\boldsymbol{K_C}$**:** Coeficiente de velocidad, su valor varía entre 0.95 a 0.99 que depende de las pérdidas del inyector, según (Coz et al., 1995), en este caso utilizaremos 0.99.
- $\boldsymbol{g}$**:** Aceleración de la gravedad 9.81 m/s
- $\boldsymbol{H_N}$**:** Altura neta 54.49 m

➢ Remplazamos valores en la ecuación 16.

$$C_1 = 0.99 * \sqrt{2 * 9.81 * 54.49}$$

$$\boldsymbol{C_1 = 32.370\ m/s}$$

Figura N°8: Velocidades en los Alabes.



Fuente: (Hernández & Idacochea, 1988)

3.7.1.2.Velocidad Tangencial

Se establecerá un valor de 0.45 para el coeficiente de velocidad periférica (Ku), el cual suele oscilar entre 0.44 – 0.46, a partir de este dato se determina la velocidad tangencial:

$$U = K_U * C_1 \dots\dots\dots (17)$$

- $\boldsymbol{K_U}$**:** Coeficiente de velocidad periférica 0.45
- $\boldsymbol{C_1}$**:** Velocidad del fluido a la salida del inyector 32.370 m/s

➢ Remplazamos los valores en ecuación 17.

$$U = 0.45 * 32.370$$

$$\boldsymbol{U = 14.567\ m/s}$$

3.7.1.3.Velocidad Relativa en la entrada.

Determinamos la velocidad relativa a la salida de los álabes con la siguiente ecuación:

$$W_1 = C_1 - U \dots\dots\dots (18)$$

- $\boldsymbol{C_1}$**:** Velocidad del Chorro

- $\boldsymbol{U}$**:** Velocidad Tangencial

$$W_1 = 32.370 - 14.567$$

$$\boldsymbol{W_1 = 17.803\ m/s}$$

3.7.1.4.Velocidad Relativa en la salida.

Determinamos la velocidad relativa a la salida de la cuchara con la siguiente ecuación:

$$W_2 = K_f * W_1 \ldots\ldots\ldots (19)$$

- $\boldsymbol{K_f}$**:** Coeficiente de Velocidad será 0.85.
- $\boldsymbol{W_1}$**:** Velocidad relativa a la entrada

$$W_2 = 0.85 * 17.803$$

$$\boldsymbol{W_2 = 15.133\ m/s}$$

3.7.2. Potencia al eje de la Turbina Pelton

La potencia al eje se determina con la siguiente ecuación:

$$P_{eje} = \frac{p * g * Q_d * H_N * N_t}{k} \ldots\ldots\ldots (20)$$

- $\boldsymbol{p}$**:** Densidad del agua 1000 $\frac{Kg}{m^3}$
- $\boldsymbol{g}$**:** Gravedad 9.81 m/s^2
- $\boldsymbol{Q_d}$**:** Caudal de diseño 0.057 m^3/s
- $\boldsymbol{H_N}$**:** Altura Neta 54.49 m
- N_t: Eficiencia de la turbina 0.85%
- $\boldsymbol{k}$**:** Coeficiente 1000 W/KW

- Remplazamos los datos en la ecuación 20:

$$P_{eje} = \frac{1000 * 9.81 * 0.057 * 54.49 * 0.85}{1000}$$

$$\boldsymbol{P_{eje} = 25.899\ Kv}$$

- Convertimos de Kv a Hp: 1Kv = 1.34 Hp

$$P_{eje} = 25.899\ Kw * 1.34$$

$$\boldsymbol{P_{eje} = 34.705\ Hp}$$

3.7.3. Número Especifico de Revoluciones

- Primero determinamos las revoluciones de la turbina Pelton:

$$U = \frac{\pi * D_{plt} * N}{60} \ldots\ldots\ldots (21)$$

$$N = \frac{60 * U}{\pi * D_{plt}} \ldots\ldots\ldots (22)$$

  - $\boldsymbol{U}$**:** Velocidad Tangencial
  - $\boldsymbol{D_{plt}}$**:** Diámetro Pelton varía entre 0.37 – 0.39 m

- Remplazamos los Valores en la ecuación 22:

$$N = \frac{60 * 14.567}{\pi * 0.38}$$

$$\boldsymbol{N = 732.13\ RPM}$$

- Ahora determinamos el número especifico de revoluciones:

$$N_S = \frac{N * (P_{eje})^{1/2}}{(H_N)^{5/4}} \ldots\ldots\ldots (23)$$

  - **N:** Revoluciones de la turbina 732.13 RPM

- $\boldsymbol{P_{eje}}$**:** Potencia en el eje 34.705 HP
- $\boldsymbol{H_N}$**:** Altura Neta 54.49 m

$$N_S = \frac{732.13 * (34.705)^{1/2}}{(54.49)^{5/4}}$$

$$\boldsymbol{N_S = 29.133\ rpm}$$

➢ También determinamos la Velocidad Especifica Adimensional:

$$N_0 = \frac{2 * \pi}{60} * \frac{N * (Q_d)^{\frac{1}{2}}}{(g * H_N)^{\frac{3}{4}}} \ldots\ldots\ldots (24)$$

- **N:** Revoluciones de la turbina 732. 13RPM
- $\boldsymbol{D_d}$**:** Caudal de diseño 0.057 m^3/s
- $\boldsymbol{g}$**:** Gravedad 9.81 m/s^2
- $\boldsymbol{H_N}$**:** Altura Neta 54.49 m

$$N_0 = \frac{2 * \pi}{60} * \frac{732.13 * (0.057)^{\frac{1}{2}}}{(9.81 * 54.49)^{\frac{3}{4}}}$$

$$\boldsymbol{N_0 = 0.16\ rpm}$$

➢ Con los valores obtenidos de la Ns y No observamos la siguiente tabla.

Tabla N°12: Tipo de Turbina Pelton

n_0	n_s	Tipo de turbina
0,68 – 1,1	125 – 200	TF normal
0,27 – 0,68	50 – 125	TF lenta
0,16 – 0,38	30 – 70	TP múltiple
0,02 – 0,16	4 – 30	TP simple

Fuente: (Mataix, 1975)

Se determina que será una turbina Pelton simple, es decir un solo inyector.

3.7.4. Cálculo del Inyector

Los cálculos y el dimensionamiento del inyector nos ayudan a optimizar un mejor rendimiento del mismo y reducir pérdidas durante el paso del agua por la tobera. Ya que el inyector regula y dirige el fluido hacia los alabes del rodete, controlando la cantidad de agua que impacta en las cucharas, permitiendo ajustar la potencia generada en función a la demanda eléctrica.

3.7.4.1.Diámetro del Chorro

Se determina con la siguiente ecuación:

$$d_0 = \sqrt{\frac{4 * Q_d}{\pi * C_1}} \dots\dots\dots (25)$$

- $\boldsymbol{Q_d}$**:** Caudal de diseño 0.057 m^3/s
- $\boldsymbol{C_1}$**:** Velocidad del Chorro 32.370 m/s

$$d_0 = \sqrt{\frac{4 * 0.057}{\pi * 32.370}}$$

$$\boldsymbol{d_0 = 0.047\ m}$$

3.7.4.2.Dimensiones del Inyector

- Se determina de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla N°13: Dimensiones del Inyector en función al Diametro del Chorro.

	a	α_0	α_1	d_t	X	d_v	b	d_2	l	r	d_1
Desde	1,42d_0	40°	60°	1,1d_0	0,5 d_0	0,58d_0	3,25d_0	4,5d_0	6d_0	15d_0	2,5d_0
Hasta	1,62d_0	60°	90°	1,4d_0	0,16 d_0	0,16d_0	3,7d_0	4,6d_0	12,1d_0	25d_0	4d_0

Fuente: (Hernández & Idacochea, 1988)

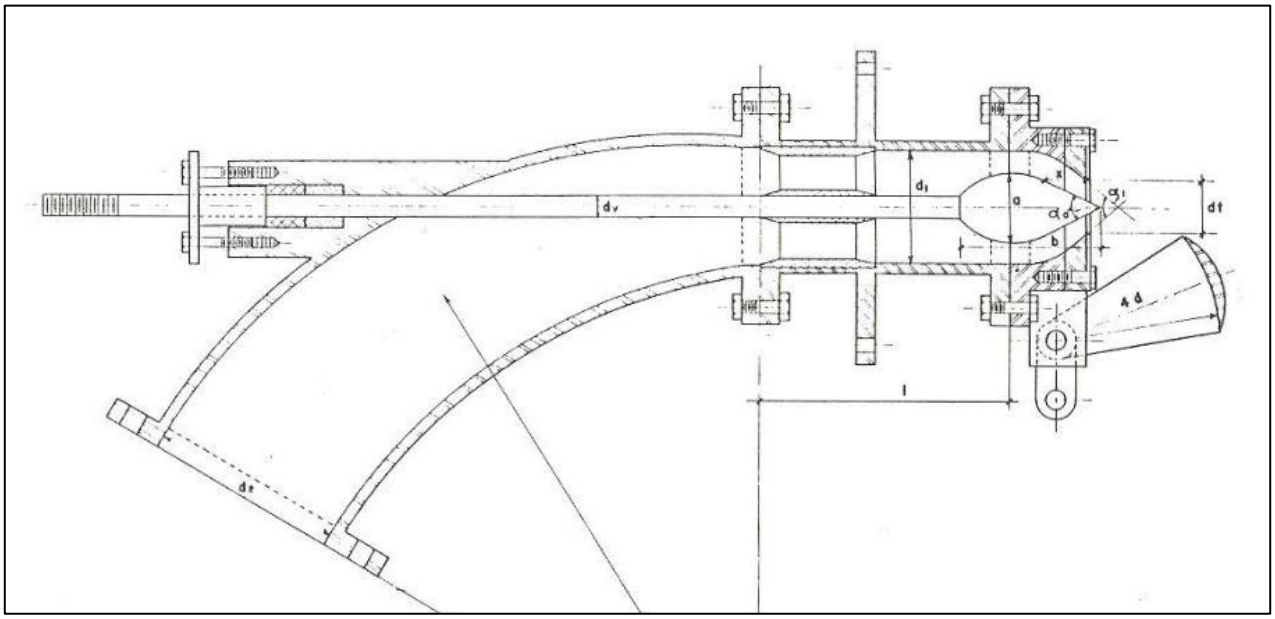
- A continuación, se muestra una tabla con las dimensiones del inyector en relación del diámetro del chorro (d_0=0,047 m).

Tabla N°14: Dimensiones del Inyector.

a	a = 1.42*d_0	0.067 m
α_0	α_0= 45°	45°
α_1	α_1= 65°	65°
d_t	d_t = 1.2*d_0	0.056 m
X	X = 0.5*d_0	0.024 m
d_v	d_v = 0.58*d_0	0.027 m
b	b = 3.25*d_0	0.15 m
d_2	d_2= 4.5*d_0	0.21 m
I	I = 6*d_0	0.282 m
r	r = 15*d_0	0.705 m
d_1	d_1 = 3.2*d_0	0.15 m

Fuente: Elaboración Propia

Figura N°9: Dimensiones del Inyector.



Fuente: (Hernández & Idacochea, 1988)

3.7.4.3.Fuerza para accionar la válvula del inyector

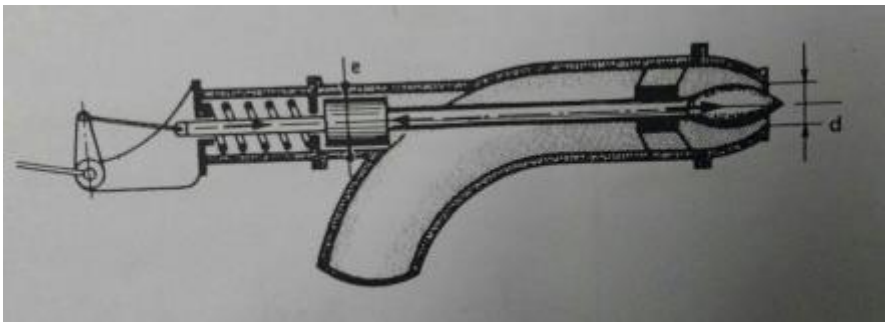
$$F_a = p * g * H_N * \frac{\pi}{4} * (d_{st})^2 \dots\dots\dots (27)$$

- d_{st}**:** Diametro a la salida de la tobera
- H_N**:** Altura Neta
- p**:** Densidad del agua
- g**:** Aceleración de la gravedad

$$F_a = 1000 * 9.81 * 54.49 * \frac{\pi}{4} * 0.056^2$$

$$F_a = 1316.594\ N$$

Figura N°10: Resorte en el Inyector.



Fuente: (Mataix, 1975)

3.7.4.4.Presión en el interior del inyector

Se determina de la siguiente manera la presión en el interior del inyector con la siguiente ecuación:

$$P_{inyector} = \frac{F_a}{\pi * \left[\left(\frac{d_1}{2}\right)^2 - \left(\frac{d_v}{2}\right)^2\right]} \ldots\ldots\ldots (28)$$

- $\boldsymbol{F_a}$**:** Fuerza para accionar la válvula de la aguja
- $\boldsymbol{d_1}$**:** Diámetro interno del inyector 0.15 m
- $\boldsymbol{d_v}$**:** Diámetro interno de la aguja 0.027 m

$$P_{inyector} = \frac{1316.594}{\pi * \left[\left(\frac{0.15}{2}\right)^2 - \left(\frac{0.027}{2}\right)^2\right]}$$

$$\boldsymbol{P_{inyector} = 75,280.36\ Pa}$$

3.7.4.5.Desempeño del inyector.

Se determina con la siguiente ecuación:

$$N_{iny} = \frac{\frac{C_1^{\,2}}{2 * g}}{H_N} \ldots\ldots\ldots (29)$$

- $\boldsymbol{C_1}$**:** Velocidad del fluido a la salida del álabe

- $\boldsymbol{H_N}$**:** Altura Neta
- $\boldsymbol{g}$**:** Gravedad

$$N_{iny} = \frac{\frac{(32.370)^2}{2 * 9.81}}{54.49}$$

$$\boldsymbol{N_{iny} = 0.98 = 98\%}$$

Este desempeño debe estar situado dentro del rango: 94% a 98%, lo cual este caso si cumple.

3.7.4.6.Fuerza ejercida por el fluido sobre los álabes (T)

Se convierte en un torque o momento de torsión (N.m). Este torque es el resultado de la transferencia de la fuerza del agua en movimiento hacia los álabes, lo que genera un giro en el eje de la turbina. Se determina con la siguiente formula:

$$T = \frac{P_{eje}}{w} \dots\dots\dots (30)$$

- $\boldsymbol{P_{eje}}$**:** Potencia en el eje
- $\boldsymbol{w}$**:** Velocidad angular

➢ Se calcula "w" con la siguiente ecuación:

$$w = 2\pi * N \dots\dots\dots (31)$$

- $\boldsymbol{N}$**:** Velocidad Nominal 732.13 rpm

$$w = 2\pi * 732.13$$

$$\boldsymbol{w = 4600.11\, rpm}$$

$$w = 4600.11 \frac{rev}{min} * \frac{1min}{60s}$$

$$\boldsymbol{w} = 76.67\frac{rev}{seg} = \boldsymbol{76.67\ Hz}$$

- Ahora, calculamos el torque con la ec. 30.

$$T = \frac{25899}{76.67}$$

$$\boldsymbol{T = 337.80\ N.m}$$

3.7.5. Cálculo del Rodete

3.7.5.1.Diámetro característico del rodete

Determinamos el diámetro del rodete con la siguiente ecuación:

$$D_R = \frac{60 * U}{\pi * N} \ldots\ldots\ldots (32)$$

- $\boldsymbol{U}$**:** Velocidad Tangencial
- $\boldsymbol{N}$**:** Revoluciones de Turbina 732.13 RPM

$$D_R = \frac{60 * 14.567}{\pi * 732.13}$$

$$\boldsymbol{D_R = 0.38\ m}$$

3.7.5.2.Diámetro de las puntas de los alabes

Se calcula con la siguiente ecuación:

$$D_{puntas} = D_R + 2 * \frac{7}{6} * d_0 \ldots\ldots\ldots (33)$$

- $\boldsymbol{D_R}$**:** Diámetro del rodete
- $\boldsymbol{d_0}$**:** Diámetro del chorro

$$D_{puntas} = 0.38 + 2 * \frac{7}{6} * 0.047$$

$$\boldsymbol{D_{puntas} = 0.49\ m}$$

3.7.5.3.Dimensiones de los Alabes

Las dimensiones de los alabes se calcula de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla N°15: Dimensiones de los álabes en función al Diámetro del fluido.

	B	L	D	f	M	e	β_1	β_2	I	β_3	β_4
Desde	2,5d_0	2,5 d_0	0,85 d_0	0,8 d_0	1 d_0	0,3 d_0	10°	4°	1,6 d_0	2°	0°
Hasta	4 d_0	3,5 d_0	1,3 d_0	1,1 d_0	1,2 d_0	0,6 d_0	30°	20°	1,7 d_0	5°	20°

Fuente: (Hernández & Idacochea, 1988)

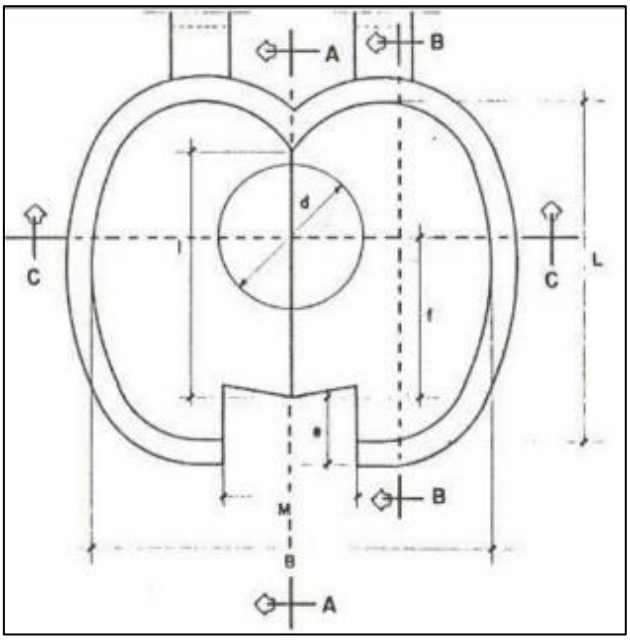
- La siguiente tabla contiene las dimensiones correspondientes de los alabes en función del diámetro del fluido (d_0=0,047 m).

Tabla N°16: Dimensiones de los Alabes.

B	B = 3.3*d_0	0.155 m
L	L= 2.5*d_0	0.117 m
D	D = 1.3*d_0	0.061 m
f	f = 0.8*d_0	0.038 m
M	M = 1*d_0	0.047 m
e	e = 0.4*d_0	0.019 m
B_1	B_1	10°
B_2	B_2	20°
I	I = 1.6*d_0	0.075 m
B_3	B_3	3°
B_4	B_4	4°

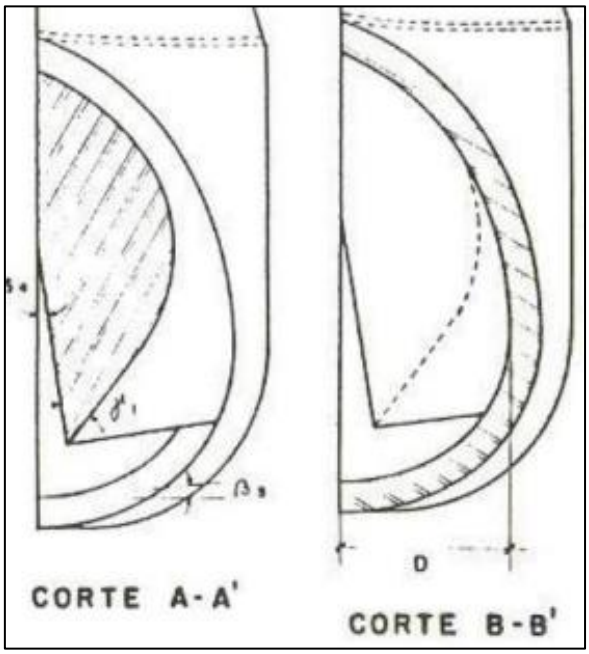
Fuente: Elaboración Propia**.**

Figura N°11: Vista de Planta del Alabe.



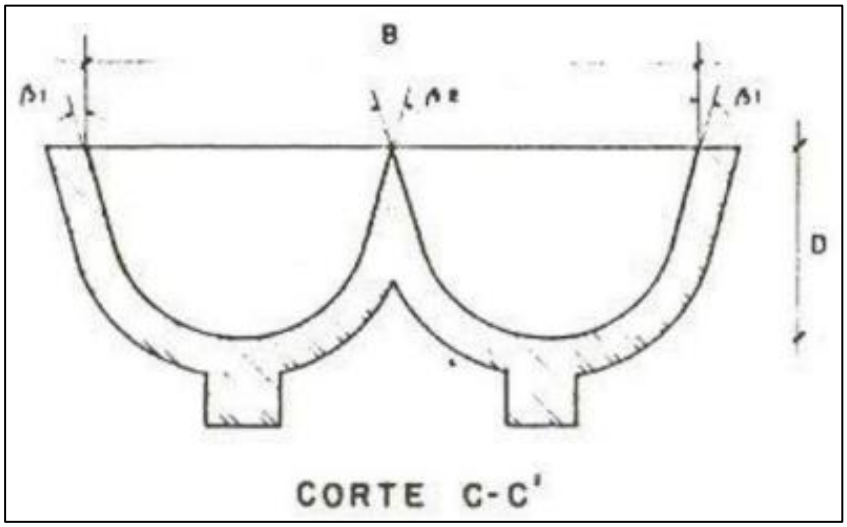
Fuente: (Hernández & Idacochea, 1988)

Figura N°12: Alabe (corte A-A y B-B).



Fuente: (Hernández & Idacochea, 1988)

Figura N°13: Alabe (corte C-C).

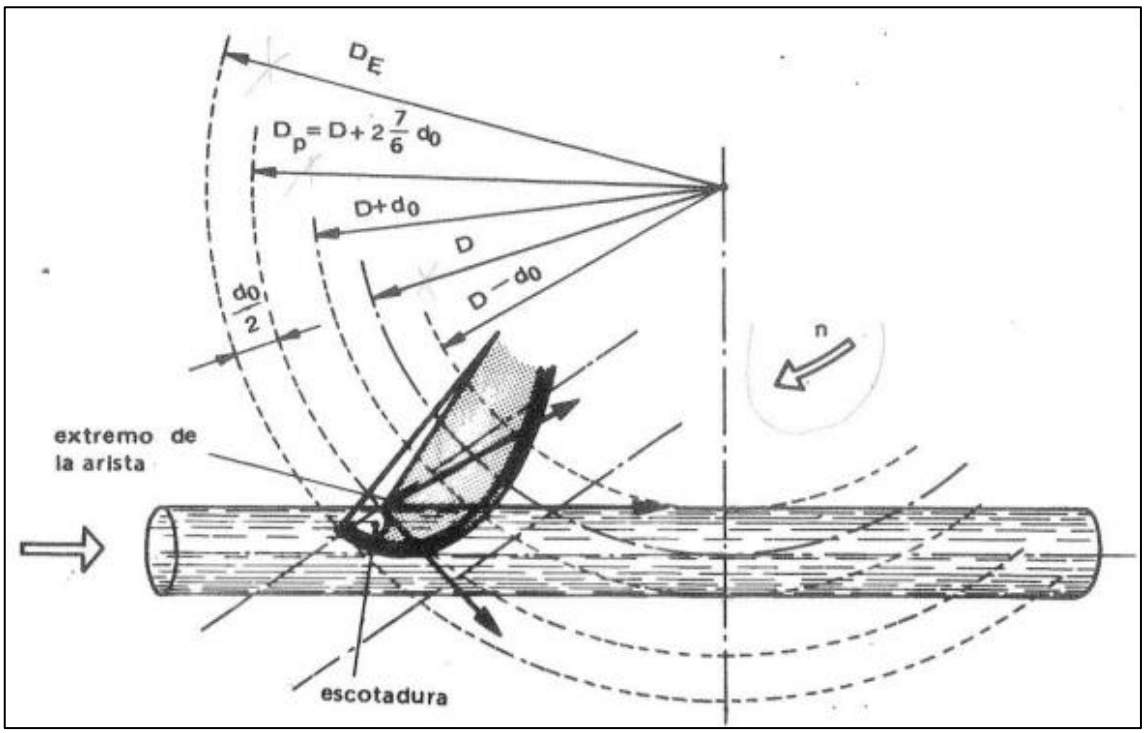


Fuente:(Hernández & Idacochea, 1988)

3.7.5.4.Forma de los Alabes

Las formas de los alabes se determinan de acuerdo a la siguiente figura:

Figura N°14: Acotaciones del diámetro.



Fuente: (Mataix, 1975)

$$D_R - d_0 = 0.38 - 0.047 \ldots\ldots\ldots (34)$$

- $\boldsymbol{D_R}$**:** Diámetro del rodete
- $\boldsymbol{d_0}$**:** Diámetro del chorro

$$\boldsymbol{D_R - d_0 = 0.333\ m}$$

$$D_R + d_0 = 0.38 + 0.047 \ldots\ldots\ldots (35)$$

- $\boldsymbol{D_R}$**:** Diámetro del rodete
- $\boldsymbol{d_0}$**:** Diámetro del chorro

$$\boldsymbol{D_R + d_0 = 0.427\ m}$$

➢ Calculamos el diámetro exterior

$$D_e = D_{puntas} + d_0 \ldots\ldots\ldots (36)$$

- $\boldsymbol{D_{puntas}}$**:** Diámetro de las puntas de rodete
- $\boldsymbol{d_0}$**:** Diámetro del chorro

$$D_e = 0.49 + 0.047$$

$$\boldsymbol{D_e = 0.537\ m}$$

3.7.5.5.Número de Alabes

El número de alabes se calcula con la siguiente tabla:

Tabla N°17: Número de Alabes en función al $\boldsymbol{D/d_0}$.

D/d_0	NUMERO DE CUCHARAS	
	Zmín	Zmáx
15	21	27
14	21	26
13	20	25
12	20	24
11	19	24
10	18	23
9	18	22
8	17	22
7,5	17	21

Fuente: (Hernández & Idacochea, 1988)

$$\frac{D_R}{d_0} \dots\dots\dots (37)$$

$$\frac{0.38}{0.047} = \mathbf{8.085}$$

$$\boldsymbol{Z_{min} = 17} \qquad\qquad \boldsymbol{Z_{max} = 22}$$

Una vez calculado el número de alabes determinamos que la turbina Pelton tendrá 20 alabes, para un mejor rendimiento y aprovechamiento hídrico.

3.8. Obras civiles

3.8.1. Sistema de Transporte del Fluido

Tiene la función de transportar el caudal de fluido requerido desde la bocatoma hasta el desarenador. Este sistema, generalmente compuesto de canales, tuberías o conductos, asegura que el flujo de agua llegue con la cantidad y presión adecuadas para su posterior procesamiento.

3.8.2. Evaluación del Desarenador y Tanque de Presión.

En el desarenador, se eliminan las partículas y sedimentos que podrían dañar los componentes de la turbina o reducir la eficiencia del sistema. Este paso de conducción y filtrado es crucial para asegurar un flujo constante y limpio de agua, optimizando la operación y extendiendo la durabilidad de los equipos de generación de energía.

3.8.2.1.Volumen del tanque de presión

Al dimensionar el tanque de presión, se toman en cuenta principalmente el volumen necesario y la altura mínima de la columna de agua que debe mantenerse sobre el sistema de conducción. Determinamos con la siguiente ecuación:

$$V = \frac{0.693 * A * V_0^2}{i * g} \dots\dots\dots (38)$$

- $\boldsymbol{A}$**:** Sección de la Tubería m^2
- $\boldsymbol{V_0}$**:** Velocidad del agua en el transporte $\frac{Q_d}{A}\ m/s$

- $\boldsymbol{i}$**:** 1%=0.01 pendiente
- $\boldsymbol{g}$**:** Aceleración de la gravedad 9.81 m/s^2

$$V = \frac{0.693 * 0.053 * (\frac{0.057}{0.053})^2}{0.01 * 9.81}$$

$$\boldsymbol{V = 0.433\ m^3}$$

3.8.2.2.Ancho del desarenador

Se determino el ancho del desarenador (Coz et al., 1995) .

$$W = \frac{Q_d}{V_H * d_d} \dots\dots\dots (39)$$

- $\boldsymbol{Q_d}$**:** Caudal de diseño 0.057 m^3/s
- $\boldsymbol{V_H}$**:** Velocidad horizontal del fluido en el desarenador, $V_H < 0.2\ m/s$, en este caso utilizaremos 0.1 m/s
- $\boldsymbol{d_d}$**:** Profundidad de decantación, se recomienda usa datos menores a 1 m, en este caso 0.69 m

$$W = \frac{0.057}{0.1 * 0.69}$$

$$\boldsymbol{W = 0.83\ m}$$

3.8.2.3.Longitud del desarenador

Se determina con la ec. de (Coz et al., 1995).

$$L_d = \frac{V_H}{V_d} * d_d * f \dots\dots\dots (40)$$

- $\boldsymbol{V_H}$**:** Velocidad horizontal del fluido en el desarenador, $V_H < 0.2\ m/s$, en este caso utilizaremos 0.1 m/s.
- $\boldsymbol{d_d}$**:** Profundidad de decantación, se recomienda usa datos menores a 1 m, en este caso 0.25 m.
- $\boldsymbol{f}$**:** Factor de seguridad varía entre 2 a 3.
- $\boldsymbol{V_d}$**:** Velocidad de decantación en partículas pequeñas. 0.03 m/s

Tabla N°18: Velocidad de Decantación de partículas de Arena.

Tamaño de partícula (mm)	Vd (m/s)
0.1	0.01
0.3	0.03
0.5	0.05
1.0	0.10

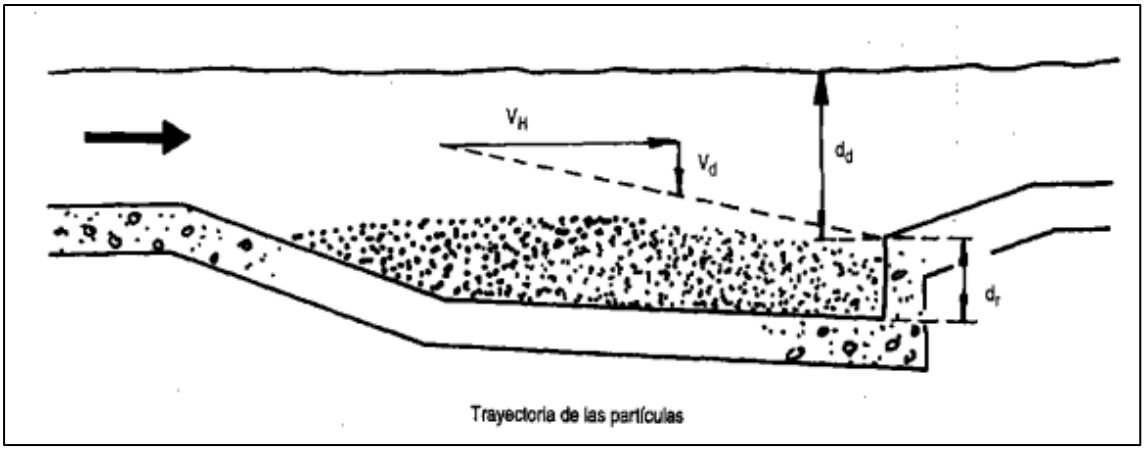
Fuente: (Coz et al., 1995)

- Remplazamos los datos en la ecuación 40:

$$L_d = \frac{0.1}{0.03} * 0.25 * 2$$

$$\boldsymbol{L_d = 1.67\ m}$$

Figura N°15: Trayectoria de las partículas en el Desarenador.



Fuente: (Coz et al., 1995)

3.8.2.4.Profundidad del desarenador

determinamos con la ecuación de (Coz et al., 1995).

$$d_r = \frac{C_T}{W * L_d} \ldots\ldots\ldots (41)$$

- $\boldsymbol{C_T}$**:** Capacidad del tanque 0.433 m^3

- $\boldsymbol{W}$**:** Ancho del desarenador 0.83 m
- $\boldsymbol{L_d}$**:** Longitud del desarenador 1.67 m

$$d_r = \frac{0.433}{0.83 * 1.67}$$

$$\boldsymbol{d_r = 0.312\ m}$$

3.8.2.5.Longitud en la entrada y salida del desarenador

Según (Coz et al., 1995), la longitud $L_e\ y\ L_s$ son 1.5 el ancho del desarenador con el fin de evitar la turbulencia. Esto lo reflejamos en la siguiente ecuación:

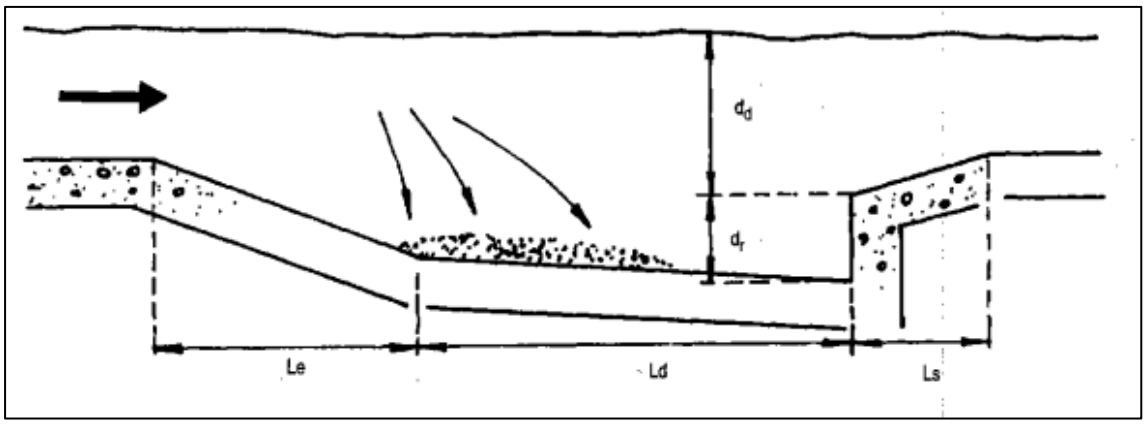
$$L_e = L_s = 1.5 * W \ldots\ldots\ldots (42)$$

- $\boldsymbol{W}$**:** Ancho del desarenador 0.83 m

$$L_e = L_s = 1.5 * W$$
$$\boldsymbol{L_e = L_s = 1.25\ m}$$

La longitud de entrada y salida del desarenador será 1.25 m para optimizar y tener un mejor funcionamiento del mismo.

Figura N°16: Dimensiones del Desarenador.



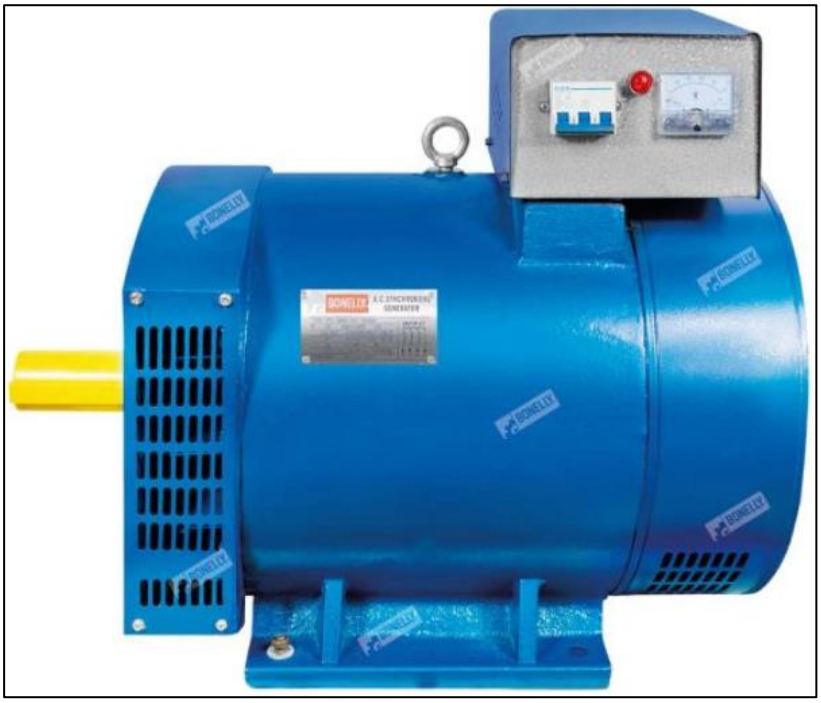
Fuente: (Coz et al., 1995)

3.9. Dimensionamiento del Sistema Electromecánico

3.9.1. Generador Eléctrico

Es una máquina eléctrica de tipo rotativa que transforma potencia mecánica en electricidad. Esta conversión ocurre gracias a la colaboración de sus dos partes esenciales: el rotor, que es la parte móvil, y el estátor, que permanece estático, lo cual genera una corriente eléctrica en el conductor. (Endesa, 2014)

Figura N°17: Generador Eléctrico.



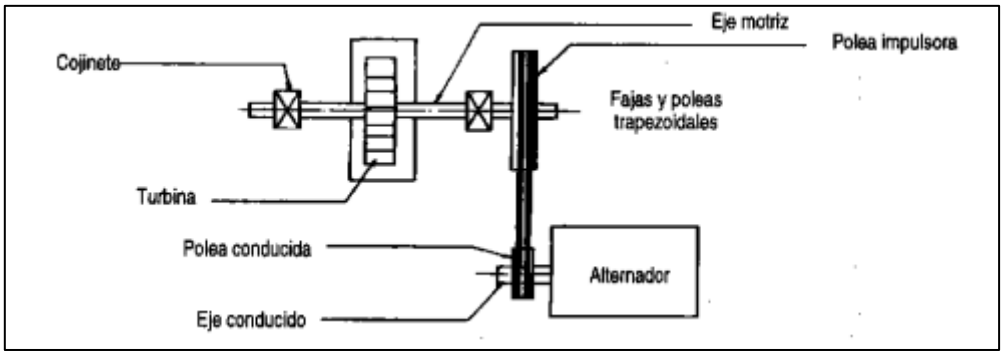
Fuente: (Bonelly, 2020)

Se utilizó un generador modelo STC-20 Trifásico de 4 polos de 1500 a 1800 rpm, frecuencia de 50 – 60 Hz, genera hasta 20 KW.

3.9.2. Sistema de Transmisión

Se realiza mediante un acoplamiento que transfiere la energía obtenida cuando los chorros de agua golpean las cucharas de la turbina. En instalaciones pequeñas, el acoplamiento suele ser directo, pero en instalaciones más grandes, o cuando hay diferencias en la velocidad de rotación, se utilizan engranajes reductores que adaptan la rapidez de la turbina a la que requiere el convertidor. Así, el generador convierte la energía mecánica en electricidad.

Figura N°18: Sistema de Transmisión.



Fuente: (Coz et al., 1995)

3.9.2.1.Relación de Transmisión

Determinamos la relación de transmisión con la siguiente ecuación:

$$i = \frac{N_2}{N_1} \dots\dots\dots (43)$$

- $\boldsymbol{N_1}$: Rpm de la rueda impulsora 732.13 rpm
- $\boldsymbol{N_2}$**:** Rpm de la rueda conducida 1800 rpm

$$i = \frac{1800}{732.13}$$

$$\boldsymbol{i = 2.46}$$

3.9.2.2.Diámetros Primitivos

Dado el diámetro primitivo de la polea motriz de la turbina Pelton D_1 = 38 cm, determinamos el diámetro de la polea conducida d_2 que va al generador, con la siguiente ecuación:

$$d_2 = \frac{D_1}{i} \dots\dots\dots (44)$$

$$d_2 = \frac{38}{2.46}$$

$$\boldsymbol{d_2 = 15.45\ cm}$$

3.9.2.3.Longitud de la faja

Se determinó la longitud de la faja o banda (Coz et al., 1995):

$$L = 2C + \frac{\pi(D_1 + d_2)}{2} + \frac{(D_1 - d_2)^2}{4C} \dots\dots\dots (45)$$

- $\boldsymbol{C}$: Distancia entre centros
- $\boldsymbol{D_1}$**:** Diámetro primitivo de la polea motriz
- $\boldsymbol{d_2}$**:** Diámetro de la polea conducida generador

➢ Determinamos distancia entre centros

$$C = \frac{(D_1 + 3 * d_2)}{2.25} \; y \;\; C = D_1 \dots\dots\dots (46)$$

$$C = \frac{(38 + 3 * 15.45)}{2.25}$$

$$\boldsymbol{C = 38\ cm}$$

En este caso si cumple $C = D_1$, entonces para encontrar la longitud de la faja utilizaremos un C= 38 cm. Y remplazamos los valores en la ecuación 45:

$$L = 2 * 38 + \frac{\pi(38 + 15.45)}{2} + \frac{(38 - 15.45)^2}{4 * 38}$$

$$\boldsymbol{L = 163.30\ cm}$$

3.9.3. Redes Eléctricas

Para diseñar las redes de distribución tenemos que saber la distancia entre la MCH y la Electrobomba Sumergible de 10 Hp, en este caso tenemos una distancia de 1300 m, para reducir la caída de tensión se planteó elevar la tensión de salida del generador de 380/220 a 10 KV en el primer transformador y al final de la red de distribución se colocará un segundo transformador que reducirá la tensión de 10 KV a 380/220, desde el segundo transformador suministrará la electricidad en 380 V a la electrobomba, cabe señalar que la potencia que se desea transmitir es 18.549 KW.

Figura N°19: Red Primaria.

Fuente: Google Earth Pro

La línea de color amarilla es la red de distribución que mide 1300 m y su tensión será de 10 KV.

3.9.3.1. Calibres de los Conductores

Seleccionamos el calibre del conductor para los 1300 m de transmisión de electricidad con una tensión de 10 KV:

Tabla N°19: Conductores en Electrificación Rural.

Tabla 8.3 **Conductores generalmente usados en electrificación rural**

Usos	Características de los conductores	Calibre (mm^2)	Nº de hilos
Líneas de transmisión, en 10 kV o tensiones superiores.	Aleación de aluminio (Aa)		
		6	7
		10	7
	Cobre de alta pureza, (99.9%)	16	7
	refinado electrolíticamente,	25	7
	temple duro, desnudo.		
	Normas de fabricación:		
	ASTM-B8		
Redes de distribución primaria en general, con tensiones de 10 kV o menos.	Cobre de alta pureza (99.9%)	6	7
	refinado electrolíticamente,	10	7
	temple duro, desnudo.	16	7
	Normas de fabricación:	25	7
	ASTM-B8		
Redes de distribución secundaria en general, con tensiones de 2200 V a 380/220 V.	Cobre de alta pureza (99.9%)	6	1
	refinado electrolíticamente,	10	1
	temple duro, o semiduro.	16	1
	Especificaciones ASA-C8-35		

Fuente: (Coz et al., 1995)

Se seleccionó el conductor de aleación de aluminio (AA), calibre 25 mm^2 con 7 hilos para los 1300 m. Es un conductor más comercial, más utilizado en redes de distribución primaria.

3.9.3.2.Caída de tensión

Determinamos la caída de tensión para el conductor elegido anteriormente de la tabla 19, (Coz et al., 1995):

- Encontramos la caída de tensión para la red primaria

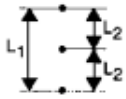
$$\Delta V\% = P * L * FCT \dots\dots\dots (47)$$

- ***P*:** Potencia a transmitir 18.585 KW
- ***L*:** Longitud de la línea 1.3 Km
- ***FCT*:** Factor de CT.

- Determinamos el FCT con la siguiente tabla:

Tabla N°20: Factor de CT.

Tabla 8.4 **Factores de caída de tensión (FCT)**

Tipo	Disposición geométrica	Sección del conductor (mm^2)	Tensión Nominal de la línea			
			6 kV	10 kV	15 kV	20 kV
TT		6	0.01004	0.003751		
		10	0.00644	0.002231		
		16	0.004256	0.001534		
		25	0.00291	0.001043		
TV		6				
		10				
		16				
		25				

Fuente: (Coz et al., 1995)

Seleccionamos el factor de caída de tensión de acuerdo a la sección del conductor 25 mm^2 y la tensión nominal de la línea es 10 KV, entonces el FCT es **0.001043**, remplazamos en la ecuación 47:

$$\Delta V\% = 18.585 * 1.3 * 0.001043$$

$$\Delta \boldsymbol{V}\% = \mathbf{0.0252}\%$$

Se sabe que la Máxima Caída de Tensión Permisible para redes primarias en Zonas Rurales es de hasta el 5% y en Zonas Urbanas es hasta el 7,5%. (Ministerio de Energía y Minas, 2011)

Observamos que la caída de tensión para la red de distribución de 1.3 Km con una tensión de 10 KV es inferior a lo establecido en reglamento del MEM, lo cual es muy satisfactorio para el desarrollo del proyecto. Cabe recalcar que el lugar donde se desarrolla el proyecto es una zona rural.

3.9.3.3.Selección de los transformadores

Vemos que la potencia activa es 18.585 KW, para determina la potencia aparente nominal usamos la siguiente expresión:

$$P_O = \frac{P}{\theta} \dots \dots \dots (48)$$

- $\boldsymbol{P_O}$**:** Potencia del transformador en (KVA)
- $\boldsymbol{P}$**:** Potencia activa en 18.585 KW
- $\boldsymbol{\theta}$**:** Factor de potencia 0.9

$$P_O = \frac{18.585}{0.9}$$

$$\boldsymbol{P_O = 20.65\ KVA}$$

Entonces seleccionamos dos transformadores trifásicos de una potencia nominal 25 KVA, la tensión nominal de los transformadores será de 10 KV, por lo cual los datos nominales de los dos transformadores serán:

Tipo: Trifásico

Potencia (KVA): 25 KVA

Relación de transmisión: 10KV/380 -220V.

CosØ: 0.9

Potencia (KW): 25*0.9 = 22.5 KW

Corriente (A): $\frac{22.5}{\sqrt{3}*10*0.9}$ = 1.44 A

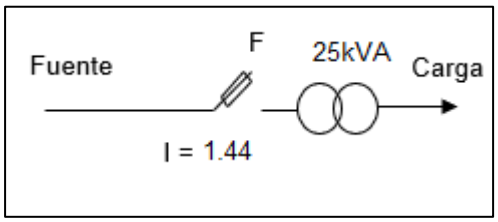
Z% = 3.00%

Icc (A) = $\frac{25}{\sqrt{3}*10*0.03}$ = 48.11 A

K = 1.25

3.9.3.4.Cálculo de Fusible tipo Expulsión cut out.

Figura N°20: Diagrama Unifilar.



Fuente: Elaboración propia.

- Determinamos el fusible de acuerdo a los datos del transformador.

$$K * I_{\text{Carga Maxima}} < I_{pf} < 0.25 * I_{\text{carga minima}} \dots\dots\dots (49)$$

$$I_{pf} = 1.5 * I_n \dots\dots\dots (50)$$

K: Factor de crecimiento de la carga, considera la energización ≥ 1.2

- Remplazamos los datos en la ecuación 49:

$$1.25 * 1.44 < I_{pf} < 0.25 * 48.11$$

$$1.80 < I_{pf} < 12.03\ A$$

- Ahora calculamos para I_n:

$$\frac{1.80}{1.5} < I_n < \frac{12.03}{1.5}\ A$$

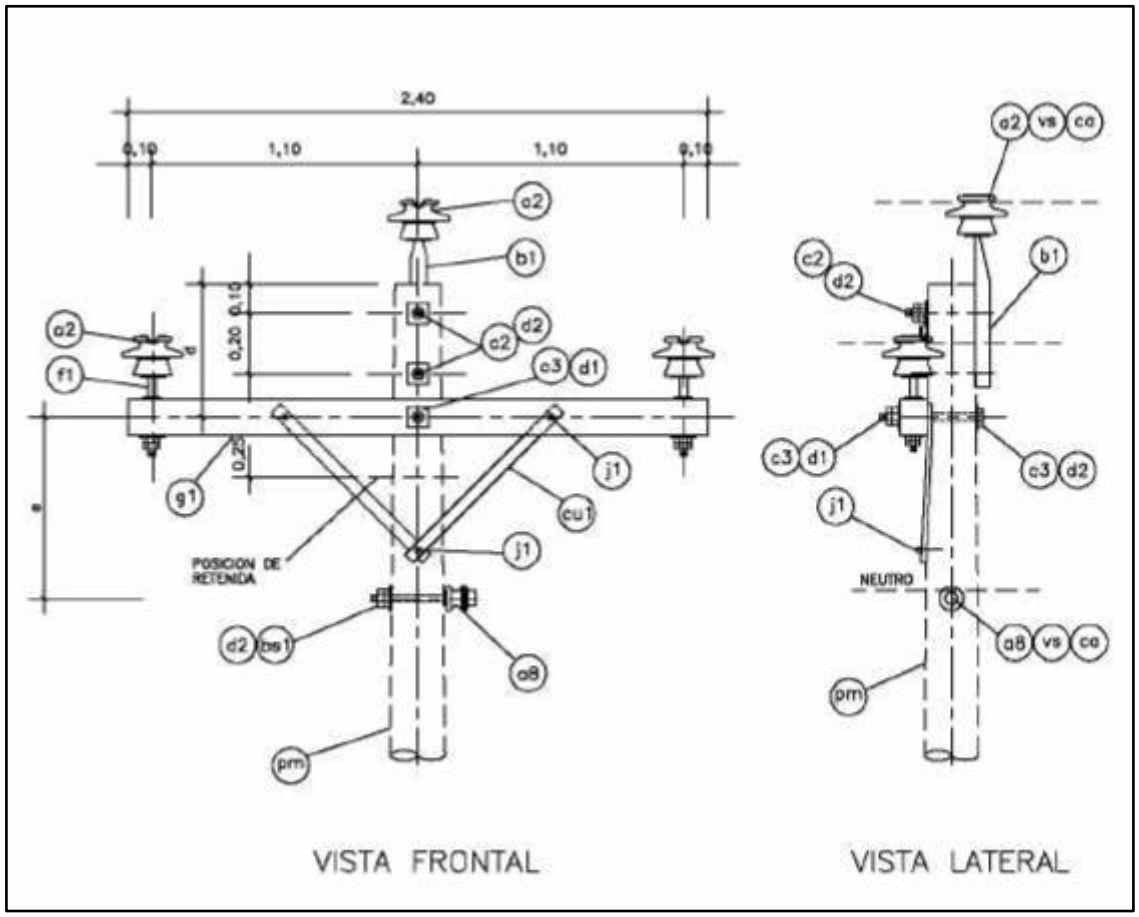
$$1.20 < I_n < 8.02\ A$$

Seleccionamos 3 fusibles cut out de 21 KV para cada transformador, para una mejor protección del sistema eléctrico.

3.9.4. Selección de estructuras

La estructura utilizada para el desarrollo del siguiente proyecto es de madera de tipo PS1-3L. Se seleccionó esta estructura porque cumple con estándares de calidad que garantizan su resistencia, durabilidad y estabilidad, y lo más importante que es mucho más económico a comparación de otras estructuras utilizadas en redes de media tensión.

Figura N°21: Soporte Suspensión 0° - 5° Trifásico PS1 - 3L.



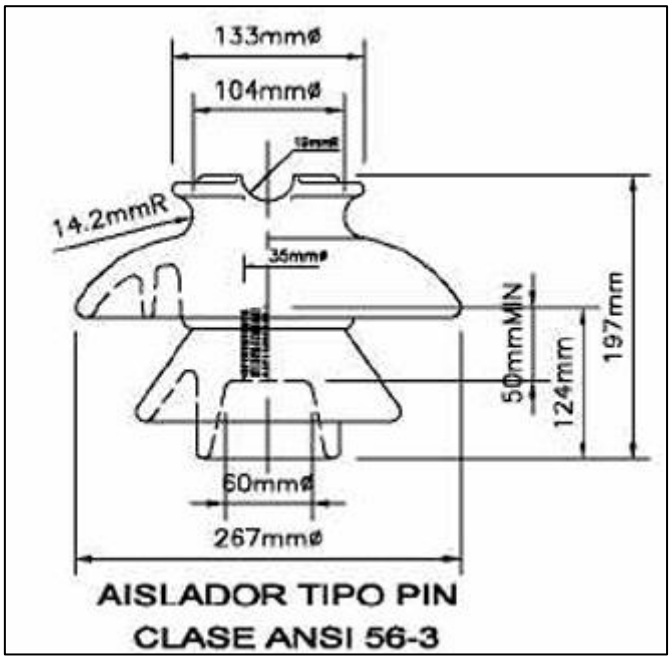
Fuente: (Ministerio de Energía y Minas (Perú). Dirección General de Electricidad, 2003)**.**

3.9.4.1. Accesorios de las estructuras

- **AISLADOR:**

Este accesorio nos ayudara a aislar posibles fugas de corriente hacia la estructura y así evitar accidentes. Se utilizó tres aisladores de porcelana de tipo PIN clase ANSI 56-2.

Figura N°22: Aislador Tipo PIN clase ANSI 56-3.

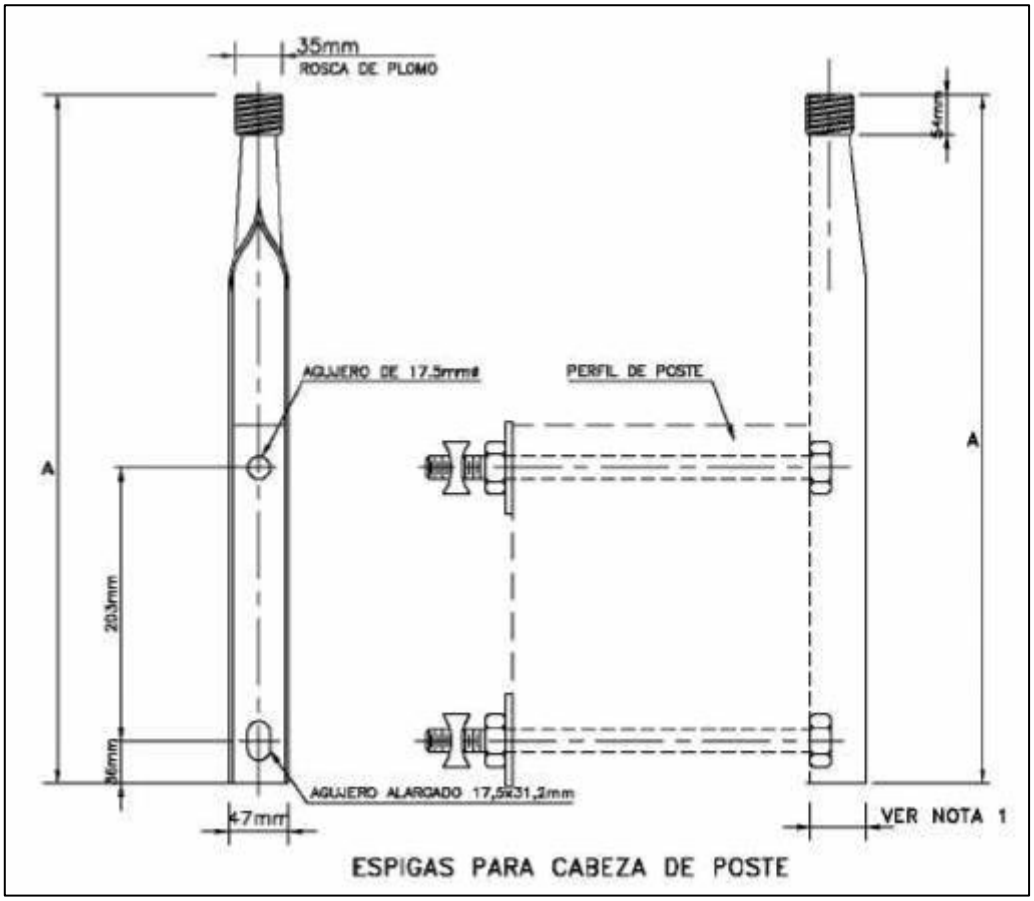


Fuente: (Ministerio de Energía y Minas (Perú). Dirección General de Electricidad, 2003).

- **ESPIGA PARA CABEZA DE POSTE**

Es un componente importante en las instalaciones eléctricas específicamente en las estructuras de postes diseño para fijar o soportar aisladores en la parte superior del poste. En este caso se selecciona la siguiente espiga de (Ministerio de Energía y Minas (Perú). Dirección General de Electricidad, 2003).

Figura N°23: Espigas para Aisladores tipo PIN.



Fuente: (Ministerio de Energía y Minas (Perú). Dirección General de Electricidad, 2003)

Figura N°24: Dimensiones de las espigas en el Poste.

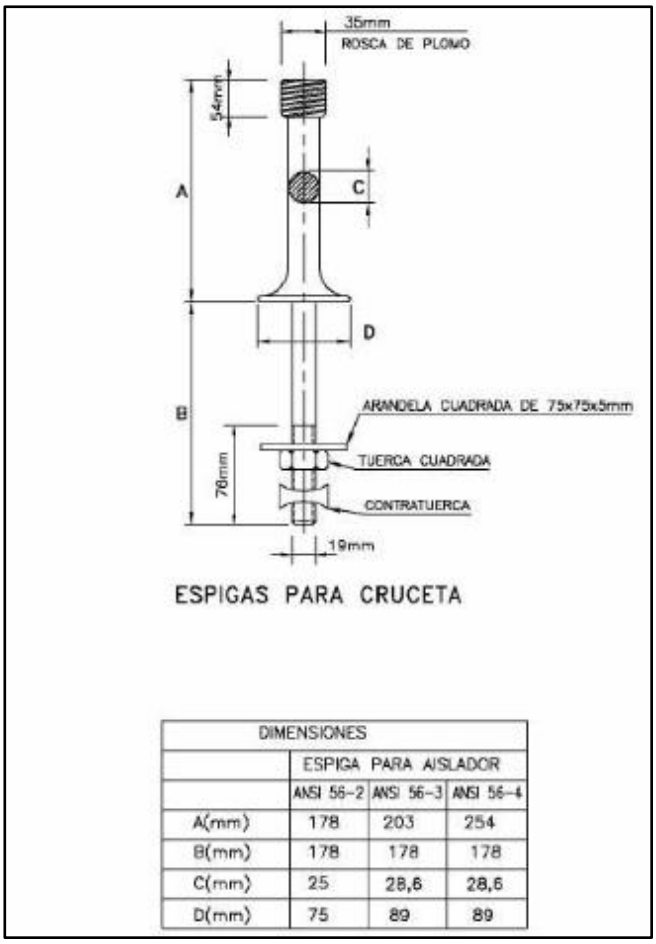
DIMENSIONES			
	ESPIGA PARA AISLADOR		
	ANSI 56-2	ANSI 56-3	ANSI 56-4
A(mm)	508	609	609

Fuente: (Ministerio de Energía y Minas (Perú). Dirección General de Electricidad, 2003).

- **ESPIGA PARA CRUCETA**

Es un accesorio metálico sirve para sostener los aisladores en las crucetas de un poste eléctrico, están diseñadas para resistir vibraciones, tensiones mecánicas y condiciones climáticas adversar, asegurando la estabilidad de los aisladores del armado. Se utilizó dos espigas para aisladores en crucetas de los postes.

Figura N°25: Espigas para Aisladores en las Crucetas.



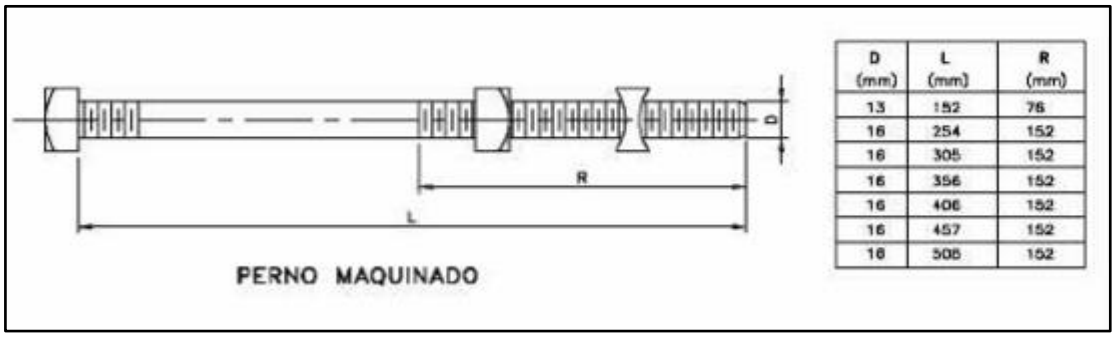
DIMENSIONES			
	ESPIGA PARA AISLADOR		
	ANSI 56-2	ANSI 56-3	ANSI 56-4
A(mm)	178	203	254
B(mm)	178	178	178
C(mm)	25	28,6	28,6
D(mm)	75	89	89

Fuente: (Ministerio de Energía y Minas (Perú). Dirección General de Electricidad, 2003).

- **PERNO MAQUINADO**

Se utilizó un perno maquinado con las siguientes medidas 16 mm x 356 mm x 152 mm, con tuerca y contra tuerca, también se utilizó dos pernos maquinados de las siguientes medidas 16 mm x 305 mm x 152 mm, con tuerca y contra tuerca.

Figura N°26: Perno Maquinado.



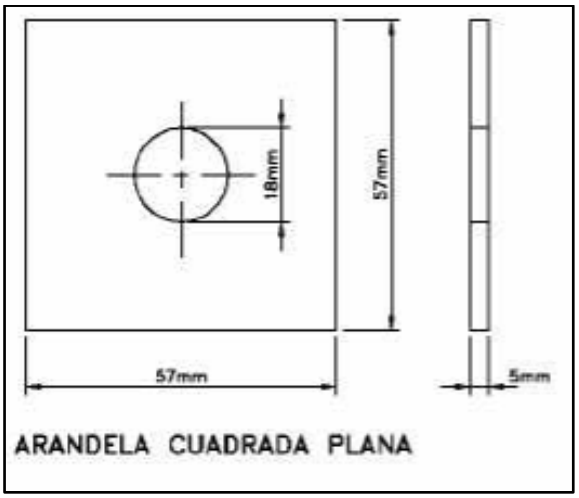
D (mm)	L (mm)	R (mm)
13	152	76
16	254	152
16	305	152
16	356	152
16	406	152
16	457	152
16	508	152

Fuente: (Ministerio de Energía y Minas (Perú). Dirección General de Electricidad, 2003)

- **ARANDELA CUADRADA PLANA**

Este componente mecánico sirve para distribuir uniformemente la carga del perno o tornillo sobre la superficie, evitando daños y asegurando una fijación más estable. Se utilizó una arandela cuadrada plana en el desarrollo del siguiente proyecto.

Figura N°27. Arandela Cuadrada Plana.

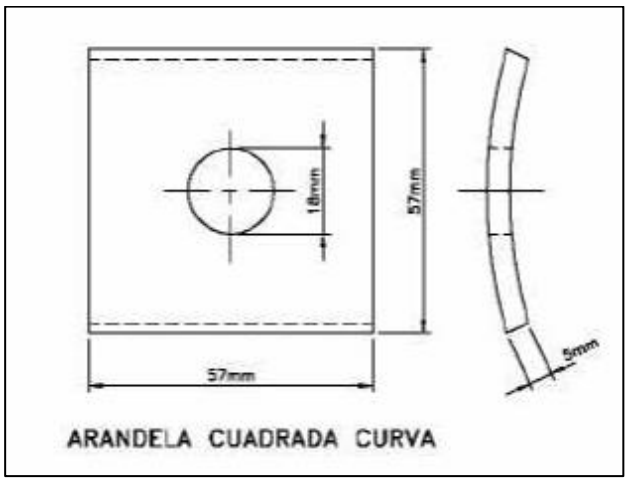


Fuente: (Ministerio de Energía y Minas (Perú). Dirección General de Electricidad, 2003)

- **ARANDELA CUADRADA CURVA**

Se utilizó para mejorar la fijación y estabilidad en las estructuras donde se necesitó de adaptarse a superficies curvas, es este proyecto se utilizó dos arandelas anteriormente descritas.

Figura N°28: Arandela Cuadrada Curva.

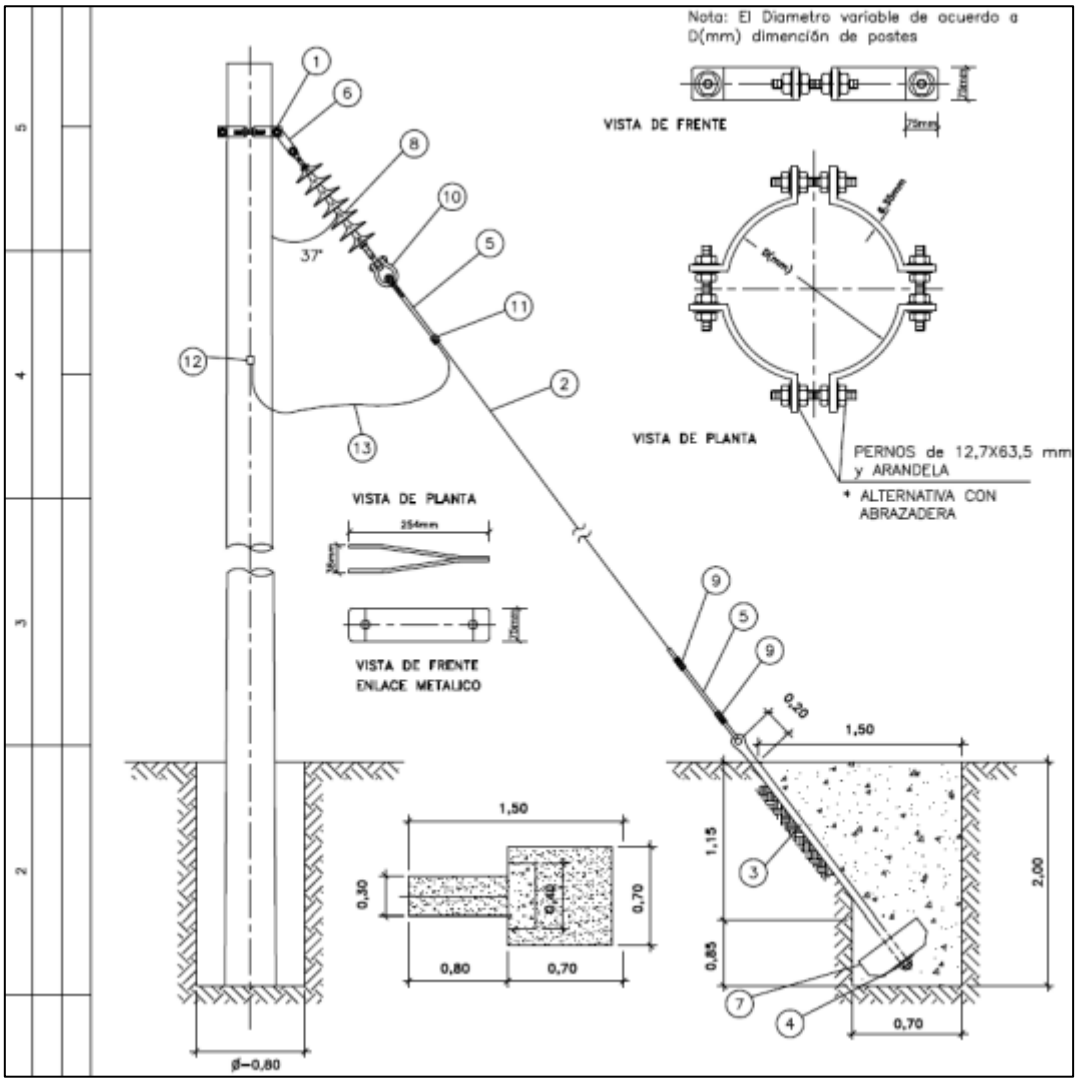


Fuente: (Ministerio de Energía y Minas (Perú). Dirección General de Electricidad, 2003)**.**

3.9.4.2. Retenida Inclinada Aislada

Es un sistema de soporte que proporciona estabilidad adicional al poste, estas retenidas absorben las fuerzas mecánicas ejercidas por los conductores eléctricos, asegurando la integridad estructural incluso en condiciones adversas. Consiste en un cable de acero y anclado al suelo mediante un sistema que incluye un aislador, cuya función es prevenir la conducción de electricidad hacia el terreno, garantizando la seguridad de la instalación. En este proyecto se utilizó dos retenidas a inicio de la red de distribución y en el final del mismo.

Figura N°29: Retenida Inclinada Aislada RI-A.



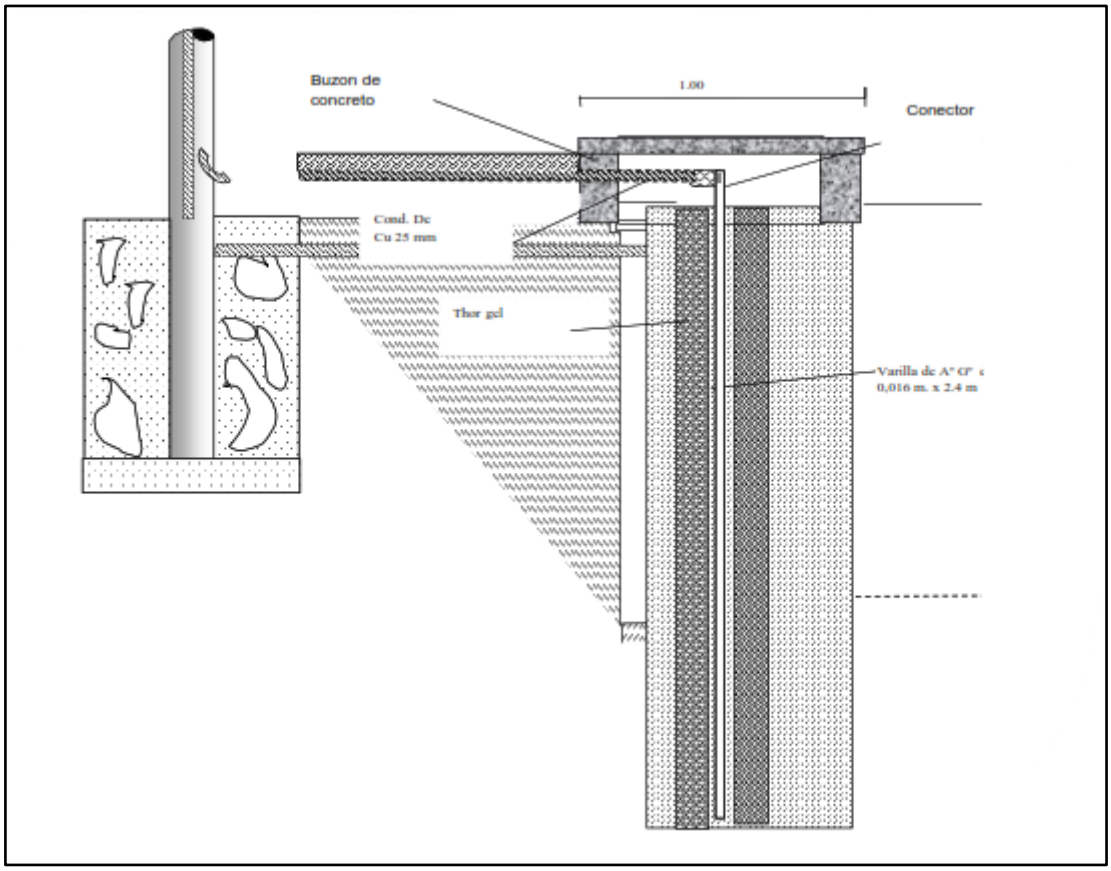
Fuente:(Ministerio de Energía y Minas (Perú). Dirección General de Electricidad, 2012)

3.9.5. Sistema de protección

3.9.5.1.Puesta a Tierra

Es un sistema de seguridad diseñado para proteger la vida e integridad física de las personas frente a los riesgos que puede causar una descarga electrica, están evitan daños en los equipos electromecánicos y personal de mantenimiento, etc. Se ha considerado los requisitos establecidos en el reciente Código Nacional de Electricidad – Utilización 2.006, las Normas NTP 370.056 y las IEC, NEC y NEMA. Se utilizó 16 puestas a tierra, una en la casa de máquinas donde se encuentra los equipos electromecánicos y llaves de maniobra y otra para el pararrayo, los 14 restantes en cada poste PS1-3L.

Figura N°30: Puesta a Tierra.



Fuente: Elaboración propia

3.9.5.2.Pararrayos

Es un dispositivo encargado de proteger estructuras eléctricas, equipos eléctricos y lo más importante personas, este equipo garantiza una correcta protección contra los rayos y sobretensiones. El sistema de protección contra descargas atmosféricas se debe de realizar de acuerdo a la norma técnica peruana NTP-IEC 62305-2. Se utilizó un pararrayo por el bajo nivel isoceraunico de la zona.

Figura N°31: Pararrayo INGESCO PDC.

Fuente: (INGESCO, 2013)

Este pararrayo se caracteriza por contar con dispositivo de cebado no electrónico, está normalizado según normas UNE 21.186:2011; NFC17-102:2011; NP4426:2013 y IEC 62305-2.

3.10. Simulación de la Turbina Pelton de la MCH.

La simulación mediante software ha revolucionado el análisis del comportamiento de los fluidos, al combinar principios matemáticos y físicos con herramientas digitales avanzadas. Gracias a esta evolución tecnológica, es posible modelar fenómenos hidráulicos complejos con gran precisión, permitiendo una mejor comprensión y optimización de sistemas como turbinas hidráulicas, canales, válvulas y estructuras hidráulicas en general.

Actualmente existe una gran cantidad de programas especializados en dinámica de fluidos computacional (CFD), entre los cuales destacan SolidWorks, Flow Simulation, ANSYS Fluent, OpenFOAM y COMSOL Multiphysics. Estas plataformas permiten no solo visualizar el flujo de agua o aire en diversas condiciones operativas, sino también estudiar variables críticas como la presión, velocidad, turbulencia y pérdida de carga dentro de un sistema.

Durante el desarrollo de este proyecto se utilizó el software de diseño asistido por computadora CAD/CAE, el cual desempeñó un papel clave en la elaboración del modelo tridimensional de la turbina Pelton. Esta plataforma no solo facilitó el diseño detallado de sus componentes, sino que también permitió realizar simulaciones dinámicas mediante su módulo de análisis de flujo (Flow Simulación). Gracias a estas simulaciones, fue posible examinar con precisión el comportamiento del fluido en contacto con la turbina, obteniendo información valiosa sobre aspectos como el rendimiento hidráulico, la distribución de presiones, la velocidad del flujo. Estos datos fueron fundamentales para evaluar y optimizar el diseño, permitiendo una mejor comprensión del funcionamiento del sistema bajo condiciones reales y contribuyendo a la fiabilidad de los resultados obtenidos.

3.10.1. Elaboración de Componentes de la Turbina Pelton

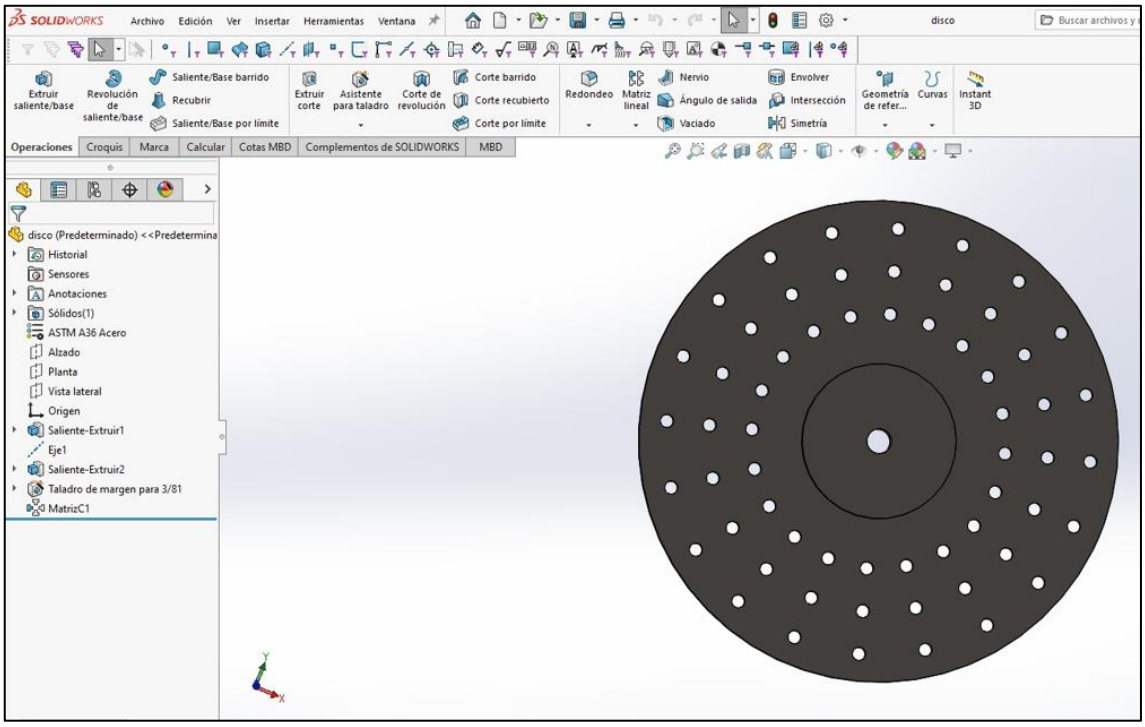
El diseño de los diferentes componentes que integran la turbina Pelton se realizó utilizando herramientas de diseño asistido por computadora (CAD), con énfasis en el uso del software SolidWorks. Este procedimiento permitió desarrollar con precisión el modelo tridimensional de cada uno de los componentes fundamentales del

sistema, como el rodete, los álabes, el eje central, los pernos, la carcasa protectora y el inyector.

Durante el diseño, se cuidó que cada pieza cumpliera con los datos obtenidos, durante los cálculos de los parámetros de la turbina Pelton, necesarios para asegurar un desempeño hidráulico óptimo. Se prestó especial atención a la forma del rodete, álabes, con el objetivo de maximizar la conversión de energía.

Como primer paso se determinó el diseño del rodete de la turbina Pelton, teniendo en cuentos los datos calculados ver pág. 48, el cual tiene un diámetro de 0.38 m.

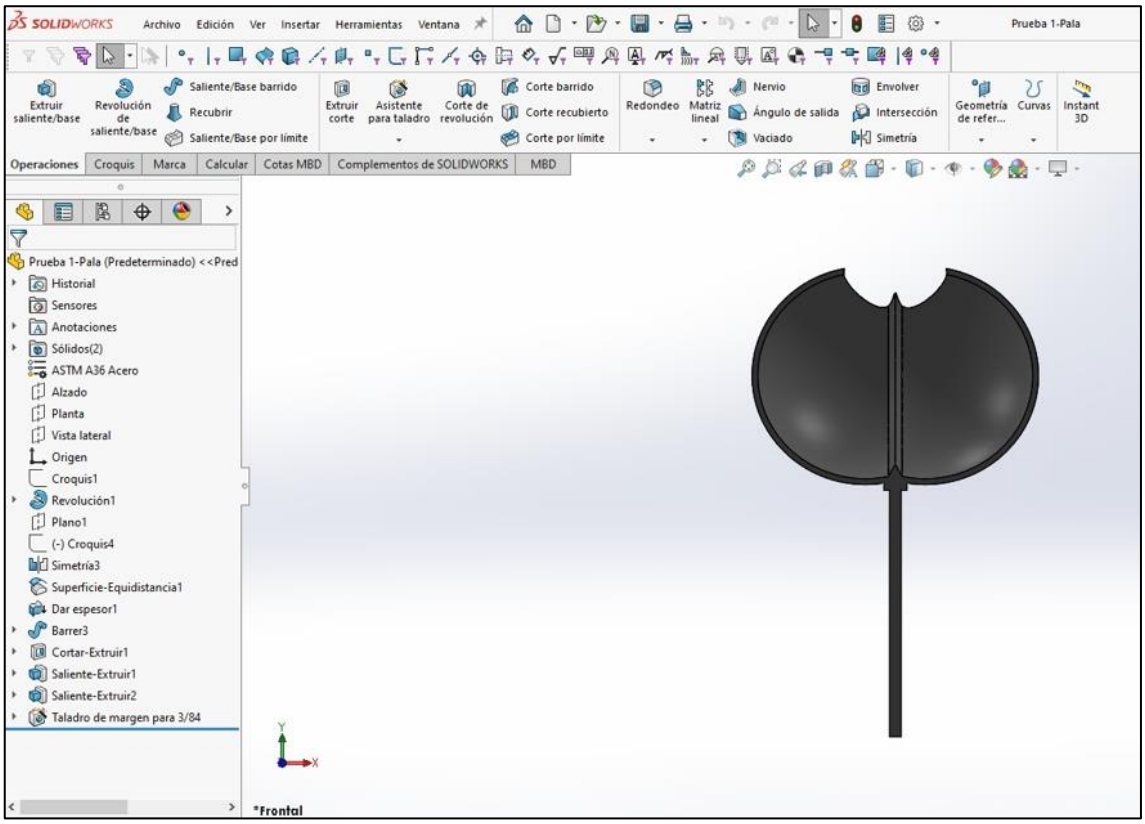
Figura N°32: Diseño del Rodete.



Fuente: Elaboración propia.

Luego se diseñó los alabes de acuerdo a los cálculos anteriormente realizados, los cuales son óptimos para el funcionamiento y rendimiento de la turbina.

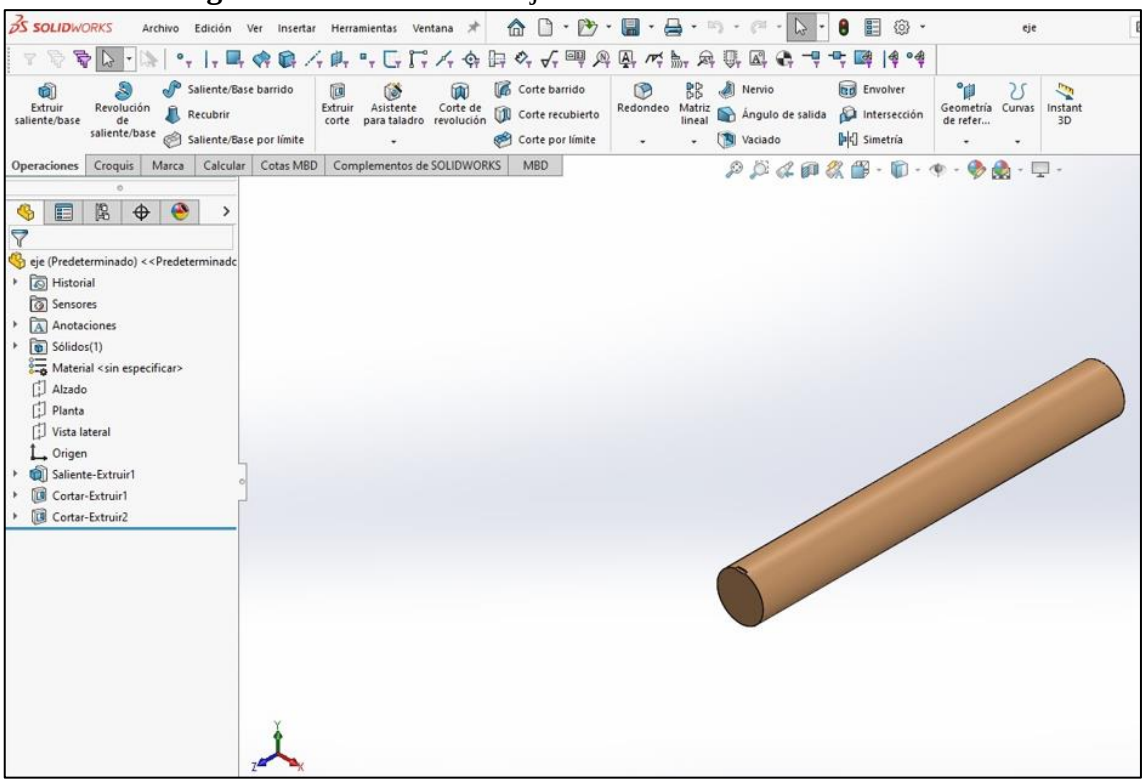
Figura N°33: Diseño de los Álabes



Fuente: Elaboración propia.

De la misma manera de diseño el eje central de la turbina Pelton.

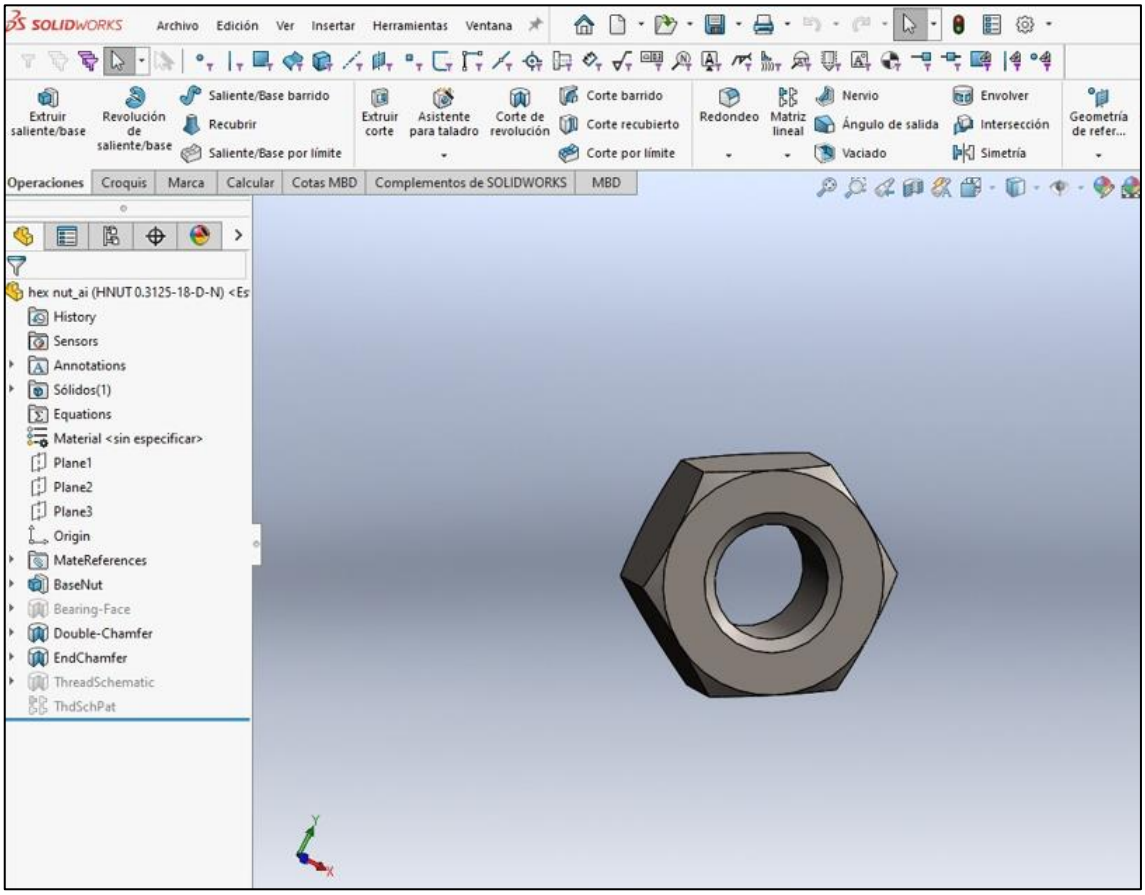
Figura N°34: Diseño del Eje Central.



Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se diseñó los pernos los cuales sujetan a los alabes en el rodete.

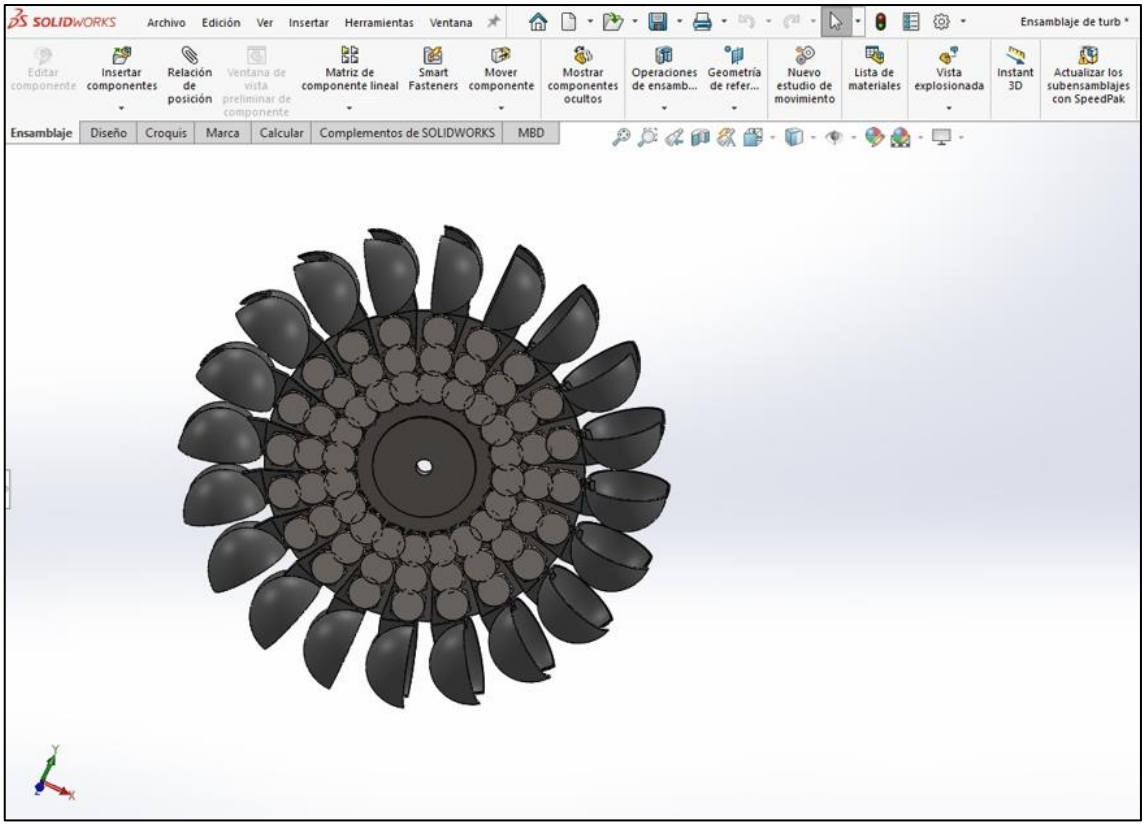
Figura N°35: Diseño de Pernos



Fuente: Elaboración propia.

Una vez completado el diseño individual de cada componente, se llevó a cabo el ensamblaje de los elementos previamente diseñados, integrando todas las partes en un único modelo completo de la turbina Pelton. La cual facilita la comprobación de la compatibilidad entre los elementos y permite detectar posibles interferencias o desajustes. Durante esta etapa, se pone especial atención al correcto alineamiento del eje, al acoplamiento preciso de las boquillas con el rodete y a la adecuada disposición de los álabes, con el fin de asegurar un rendimiento óptimo y un funcionamiento coordinado del sistema.

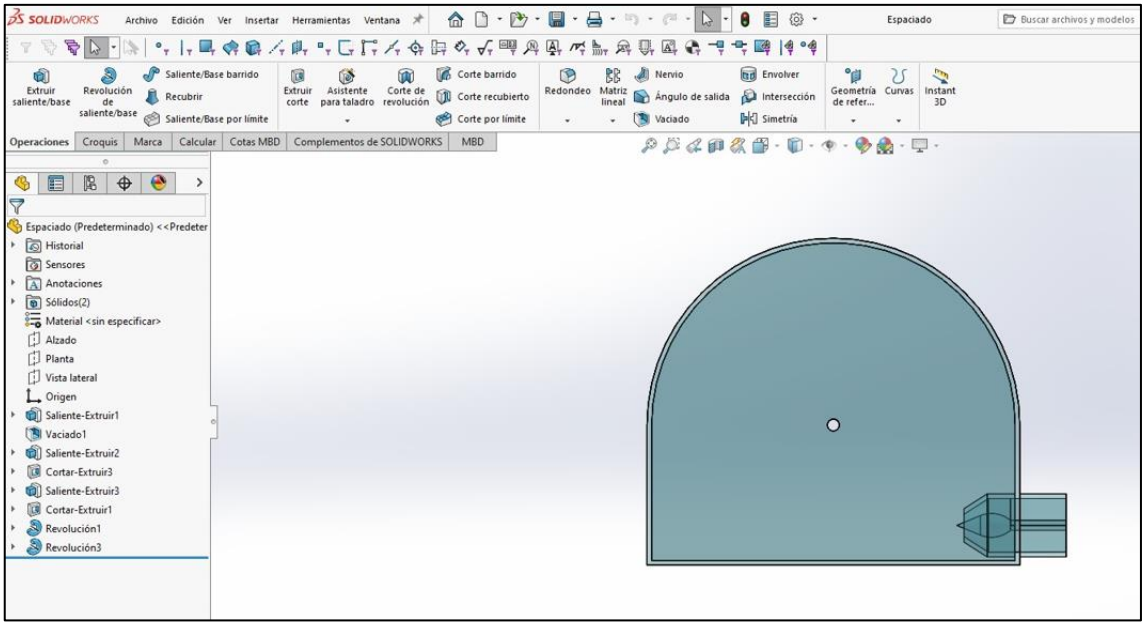
Figura N°36: Ensamblaje de la Turbina Pelton.



Fuente: Elaboración propia.

Luego se procede al diseño de la carcasa protectora y el inyector, tomando como referencia los datos geométricos y funcionales obtenidos en las etapas anteriores del proyecto. La carcasa se diseñó con el propósito de albergar y proteger los componentes internos de la turbina, asegurando al mismo tiempo la contención del flujo de agua y minimizando pérdidas energéticas. En cuanto al inyector, su diseño se centró en garantizar una dirección y presión óptima del chorro de agua, permitiendo un impacto preciso sobre los álabes del rodete.

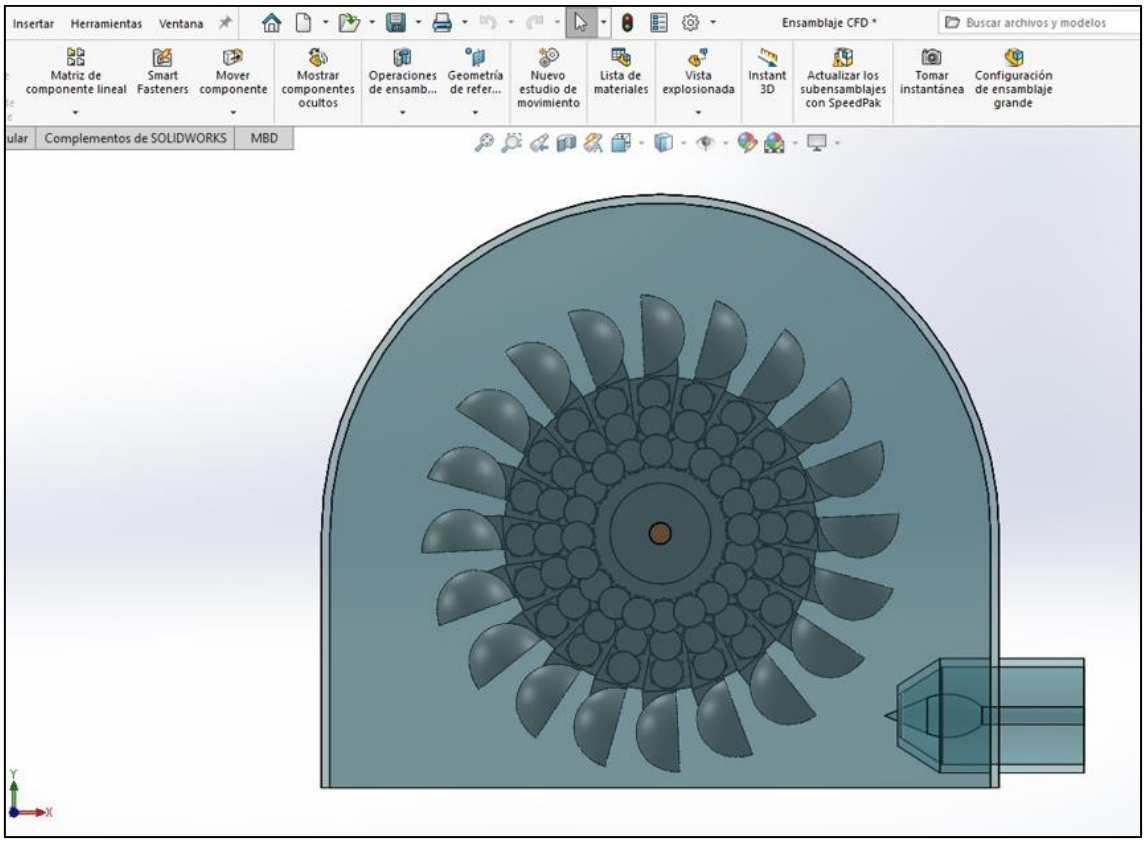
Figura N°37: Carcasa Protectora e Inyector.



Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, se llevó a cabo la integración final del conjunto, ensamblando la turbina Pelton con la carcasa protectora y el sistema inyector. Este paso permite consolidar todos los componentes en un único modelo funcional, asegurando que cada elemento encajara correctamente tanto en términos geométricos como mecánicos. El ensamblaje se realiza de manera virtual en el entorno de SolidWorks, lo que facilitó la verificación de interferencias y el análisis de movimientos para su posterior simulación.

Figura N°38: Ensamblaje Final Turbina Pelton.

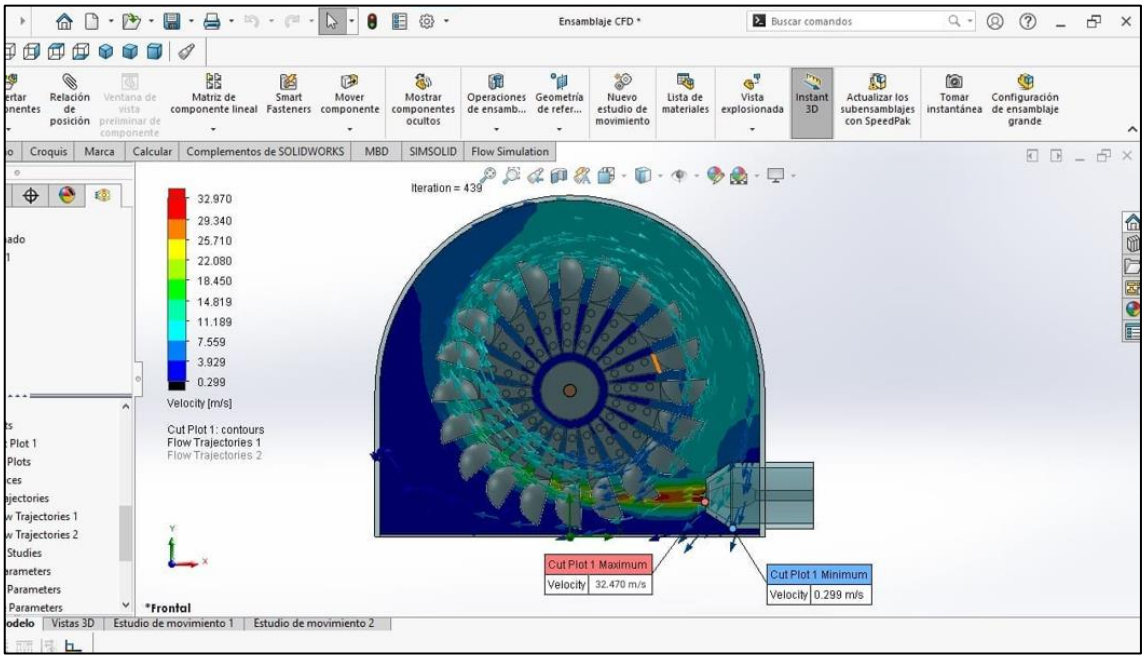


Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se procede a la simulación del funcionamiento de la turbina Pelton, utilizando el módulo de análisis de flujo (Flow Simulation) disponible en SolidWorks. Esta etapa fue fundamental para evaluar el comportamiento del sistema bajo condiciones operativas reales, sin necesidad de construir un prototipo físico.

Durante la simulación, se introdujeron parámetros clave como la velocidad y presión del agua, la dirección del chorro y las propiedades del fluido, permitiendo observar cómo interactuaba este con los álabes del rodete. Se analizaron variables como la distribución de presiones en la turbina, la velocidad del flujo, la temperatura dentro de la carcasa protectora y el análisis de esfuerzos y deformaciones.

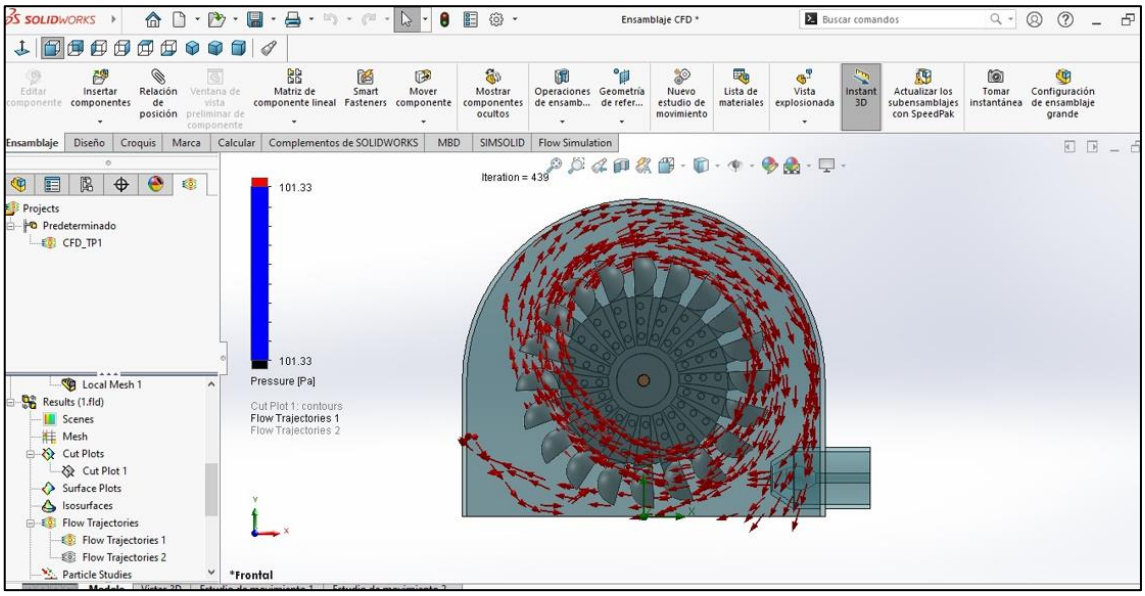
Figura N°39: Simulación de la Turbina Pelton – Velocidad de Fluido.



Fuente: Elaboración propia.

Como resultados se obtuvieron que la velocidad mínima del agua es de 0.299 m/s y la velocidad máxima la cual impacta sobre los alabes de la turbina Pelton es de 32.470 m/s, por lo tanto, estos resultados son muy cercanos a los cálculos anteriormente realizados.

Figura N°40: Presión dentro de la Carcasa Protectora.

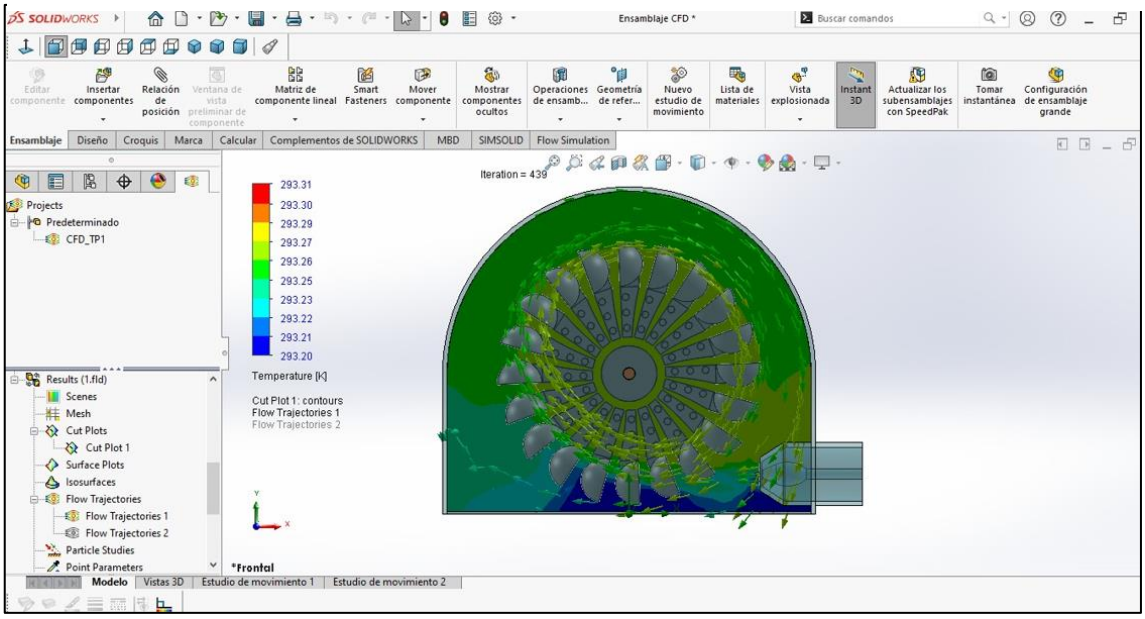


Fuente: Elaboración propia.

La presión obtenida es de 101,33 Pa, valor que coincide con la presión atmosférica estándar**.** Este resultado se debe a que se trabajó utilizando condiciones

normales**,** bajo estas condiciones, la presión atmosférica se considera como 101,325 Pa, lo cual justifica la coincidencia del valor obtenido con la presión atmosférica.

Figura N°41: Temperatura del Fluido dentro de la Carcasa.

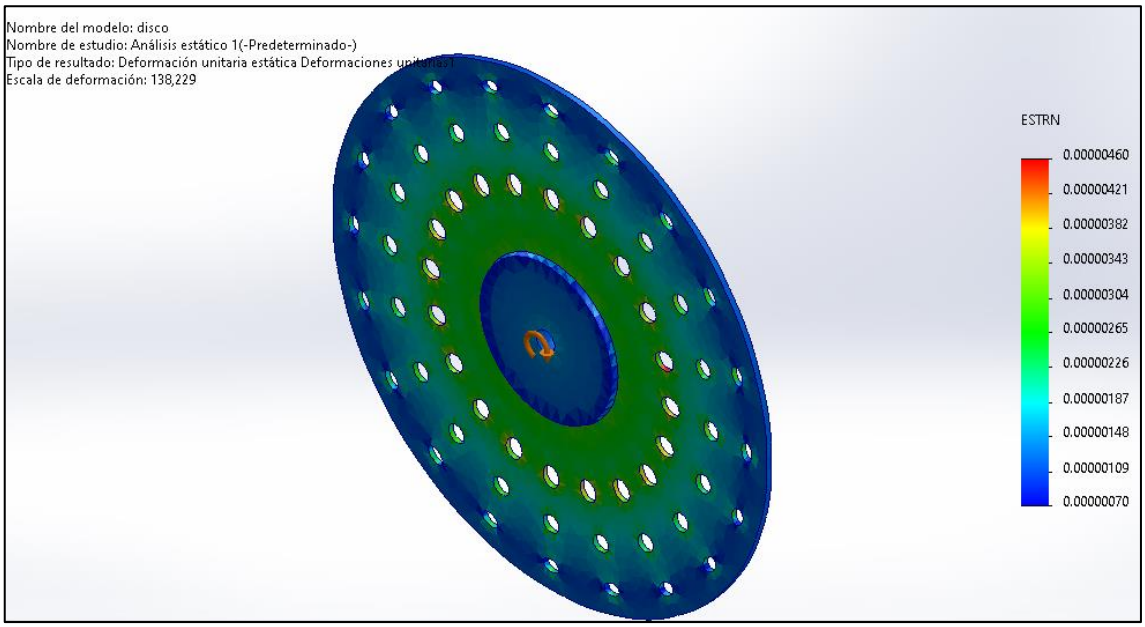


Fuente: Elaboración propia.

Como resultado se obtuvo que la temperatura máxima del fluido es 293.26 K, en grados Celsius es mayor a 20 °C, lo cual coincide con la temperatura del agua del lugar.

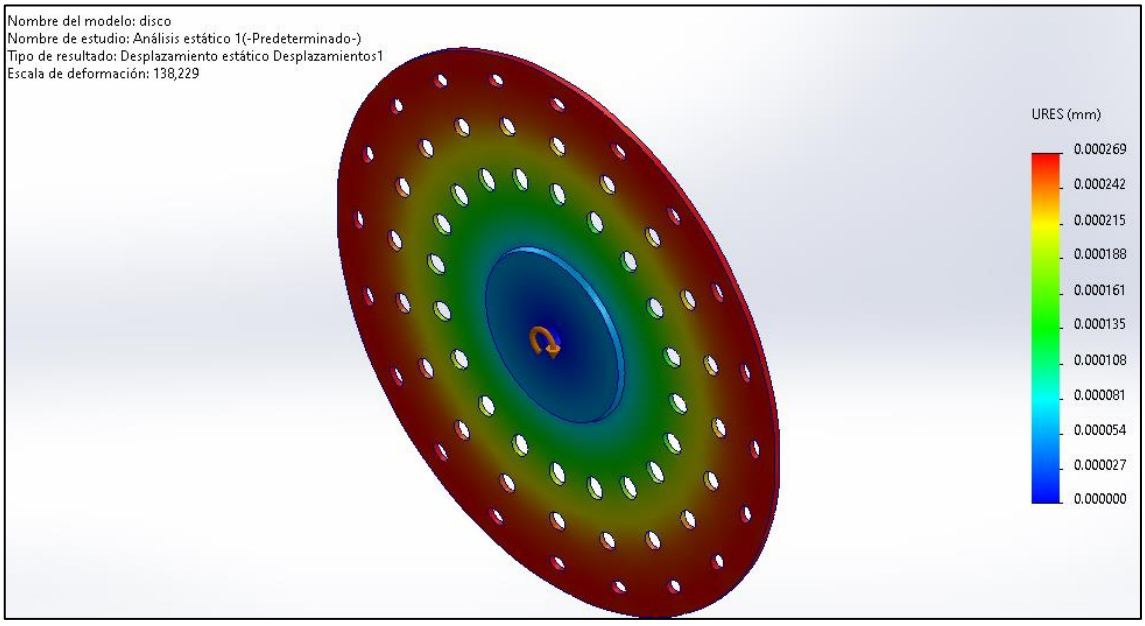
Finalmente analizamos el desplazamiento y deformaciones de la turbina Pelton, este análisis se realizó por partes primero el disco o rodete y luego los alabes, con el fin de determinar la resistencia de la turbina ante el golpe o velocidad del agua.

Figura N°42: Análisis de Deformaciones Unitarias del Rodete.



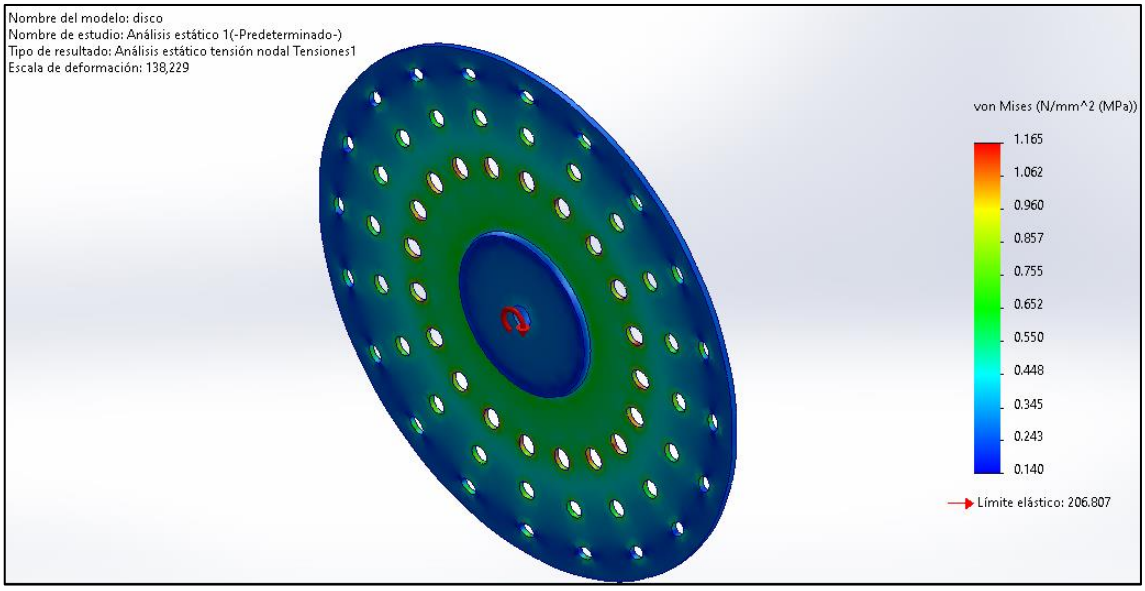
Fuente: Elaboración propia.

Figura N°43: Análisis de Desplazamiento Estático del Rodete.



Fuente: Elaboración propia.

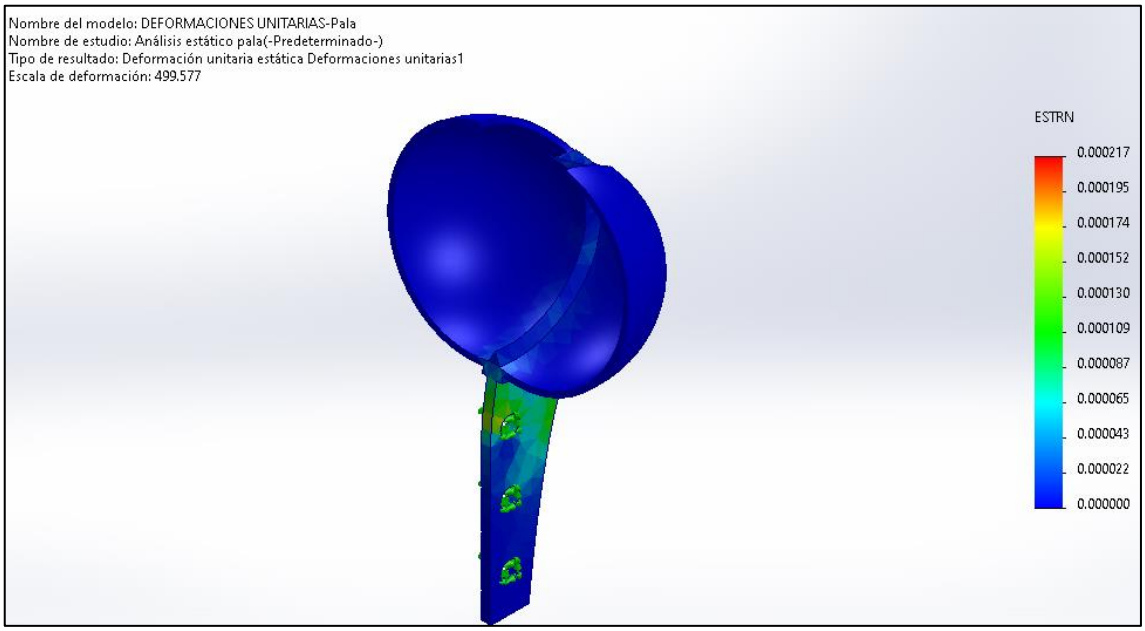
Figura N°44: Análisis de Tensión Von Mises del Rodete.



Fuente: Elaboración propia.

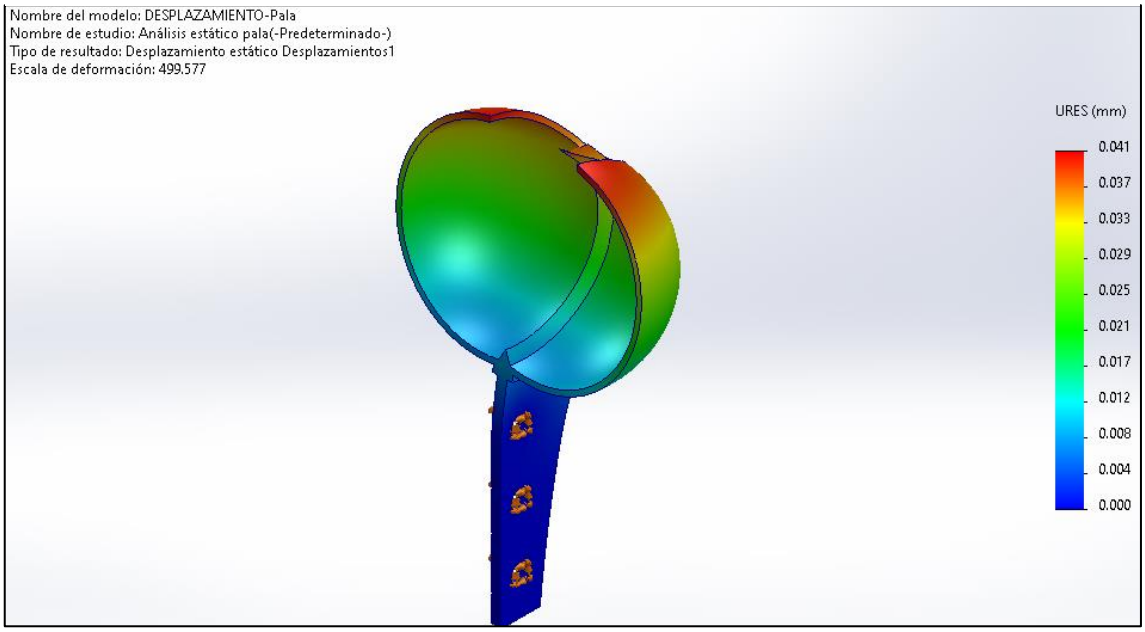
Observando las imágenes, determinamos que las deformaciones unitarias del rodete se centran en las zonas intermedias especialmente en los agujeros de un color verde y rojo. El desplazamiento del rodete está centrado en los bordes del mismo, el cual tiene un desplazamiento mínimo de 0.000269 mm menor a lo recomendado 0.1 mm, esto indica que el rodete es rígido y apenas se deforma bajo las cargas aplicadas. Del análisis de tensiones de Von Mises el valor máximo de tensión es de 1.165 MPa lo cual está muy debajo del límite elástico 206.087 MPa, esto significa que la estructura trabaja muy por debajo del límite del material del rodete.

Figura N°45: Análisis de Deformaciones Unitarias del Alabe.



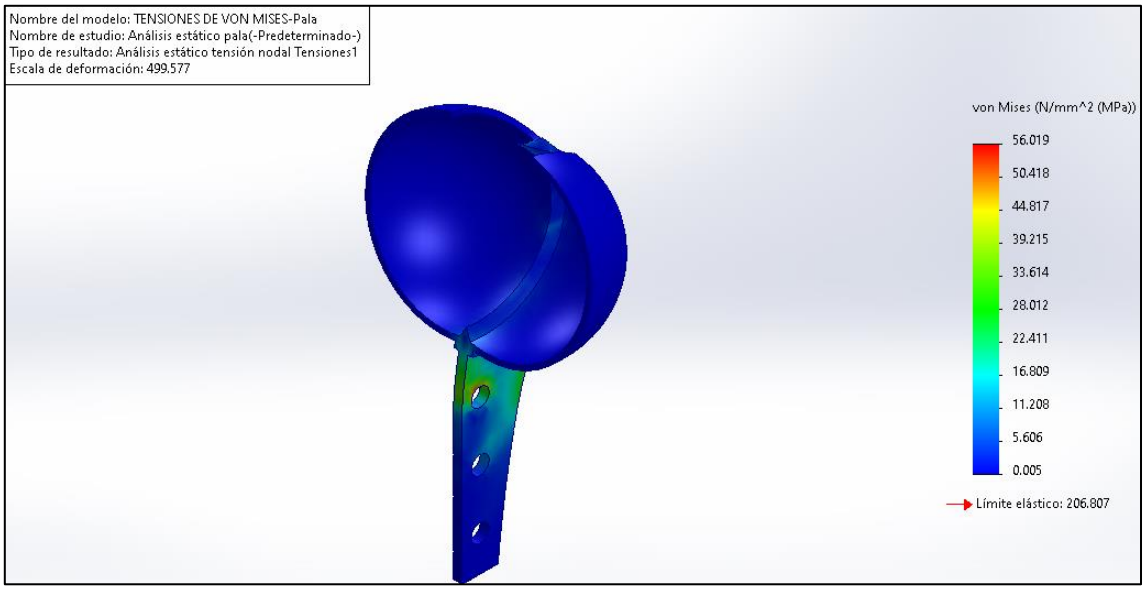
Fuente: Elaboración propia.

Figura N°46: Análisis de Desplazamiento Estático del Alabe.



Fuente: Elaboración propia.

Figura N°47: Análisis de Tensiones de Von Mises del Alabe.



Fuente: Elaboración propia.

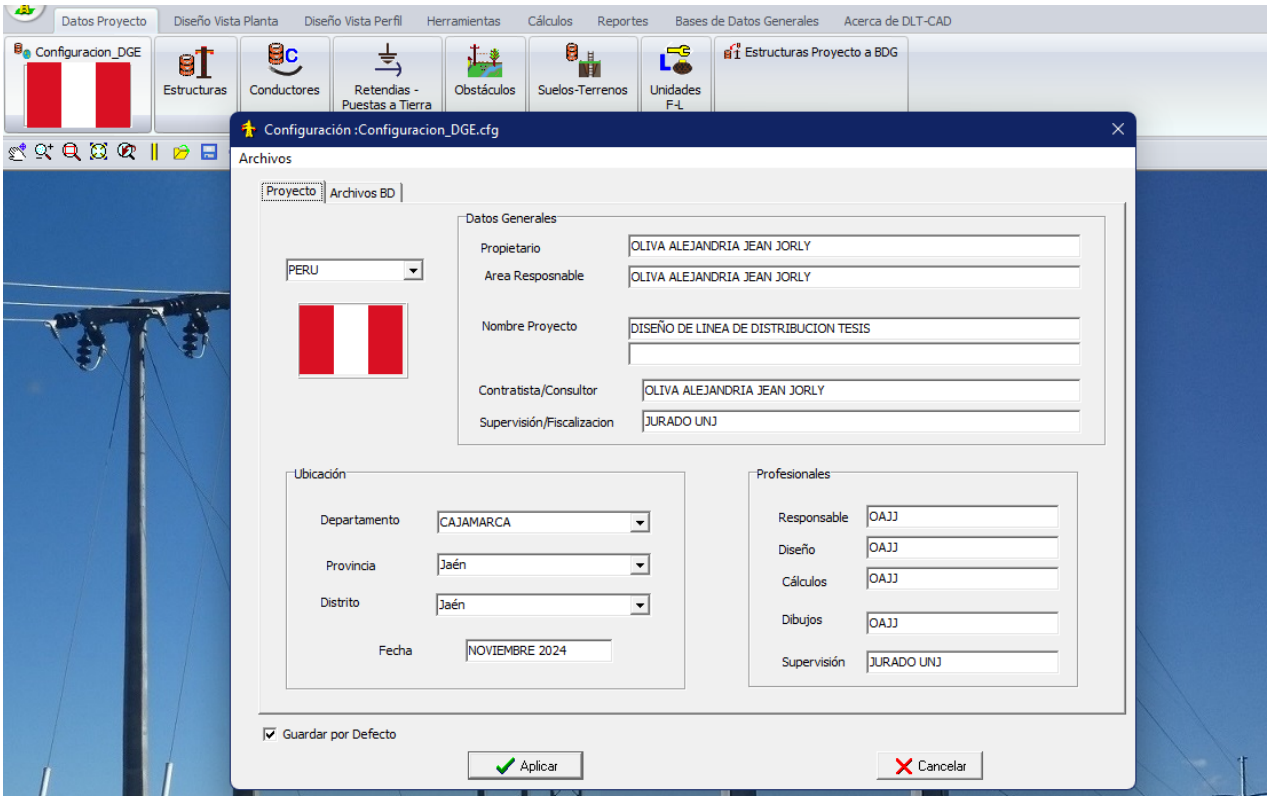
De las imágenes se interpretó que las deformaciones unitarias del álabe se encuentran en los agujeros, coloreándose de verde y amarillo. El mayor desplazamiento estático es de 0.041 mm y se da en los bordes del álabe, ya que ahí es donde el fluido golpea con más fuerza. Del análisis Von Mises se observa que la mayor tensión es de 56.019 MPa y está ubicado en los agujeros del álabe, el cual es inferior al límite estático 206.807, se concluye que los resultados del análisis de elementos finitos son altamente satisfactorios ya que la turbina Pelton trabajará con normalidad.

3.11. Diseño de la Red de Distribución

El diseño planteado para la red primaria se extiende a lo largo de 1300 metros, teniendo en cuenta la topografía del lugar y cumpliendo con las especificaciones técnicas y normativas del proyecto. Esta distancia incluye la instalación de cables eléctricos, postes de soporte y transformadores necesarios para asegurar un suministro de electricidad constante y eficiente. Además, se ha diseñado un trazado optimizado para reducir las pérdidas de energía y facilitar las labores de mantenimiento. El proyecto también incorpora medidas de seguridad y se ajusta a los estándares establecidos para prevenir riesgos eléctricos y preservar el medio ambiente, así también se ajusta a la normativa peruana, Código nacional de electricidad suministro, Normas DGE/MEM vigentes, Especificaciones Técnicas para la Electrificación Rural de la DGE/MEM vigentes, Resoluciones Ministeriales (relativo a Sistemas Eléctricos para tensiones entre 1 y 36 kV- Media Tensión).

El diseño de la red de distribución se desarrolló en el software DLTCAD, como primer paso se configura los datos del proyecto, luego se carga la topografía, esta se exporta desde el Google Earth, posteriormente se dirige a trazo de ruta automático, editar ruta actual, configuración de planta y cargar perfil topográfico, nos expulsa a la pestaña de diseño vista de perfil, vamos a configuración general e ingresamos todos los datos del diseño de la red de distribución, posteriormente condiciones ambientales, datos por omisión y presionamos distribuye automático, una vez acá vamos corriendo manualmente los postes para respetar la distancia mínima de seguridad 7 m, luego distribuimos una retenida en el primer y último poste, y finalmente distribuimos las puestas a tierra.

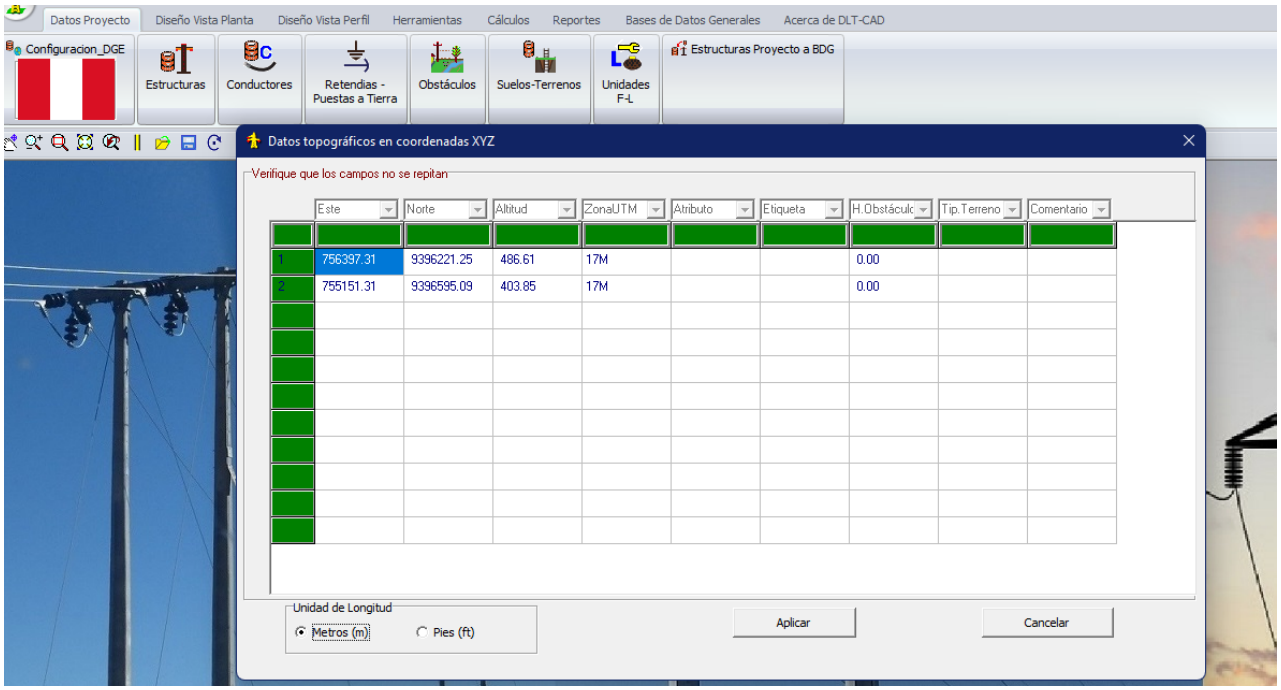
Figura N°48: Configuración de Datos del proyecto.



Fuente: Elaboración propia

En este apartado ingresamos todos los datos que va a llevar el proyecto como propietario, responsable, nombre del proyecto, supervisor, etc.

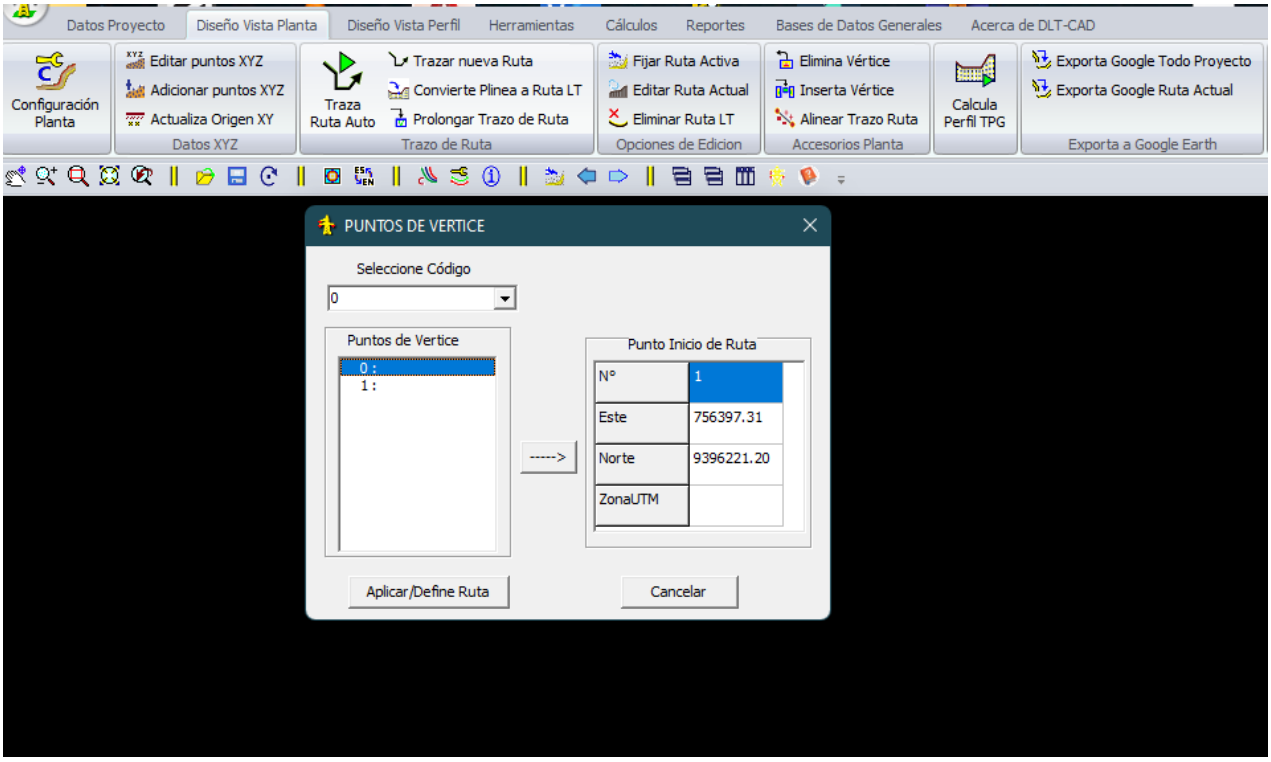
Figura N°49: Puntos Topográficos.



Fuente: Elaboración propia.

La topografía se realiza en el Google Earth y se guarda en formato KML, luego importamos los puntos topográficos al Software, pulsamos aplicar y nos lleva a diseño de vista de planta.

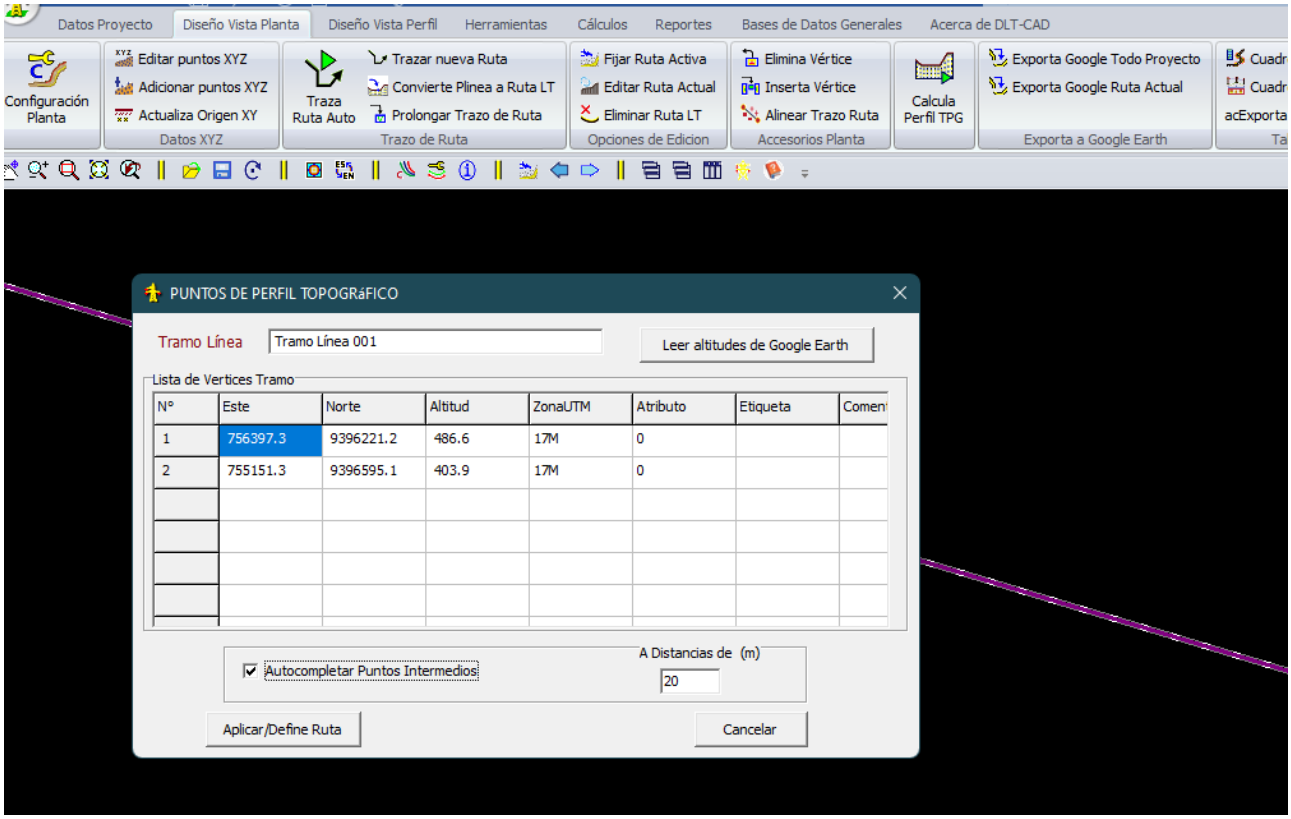
Figura N°50: Diseño de Planta - Trazo de Ruta.



Fuente: Elaboración propia

En este apartado observamos los puntos de vértice, presionamos definir ruta y pulsamos editar ruta actual.

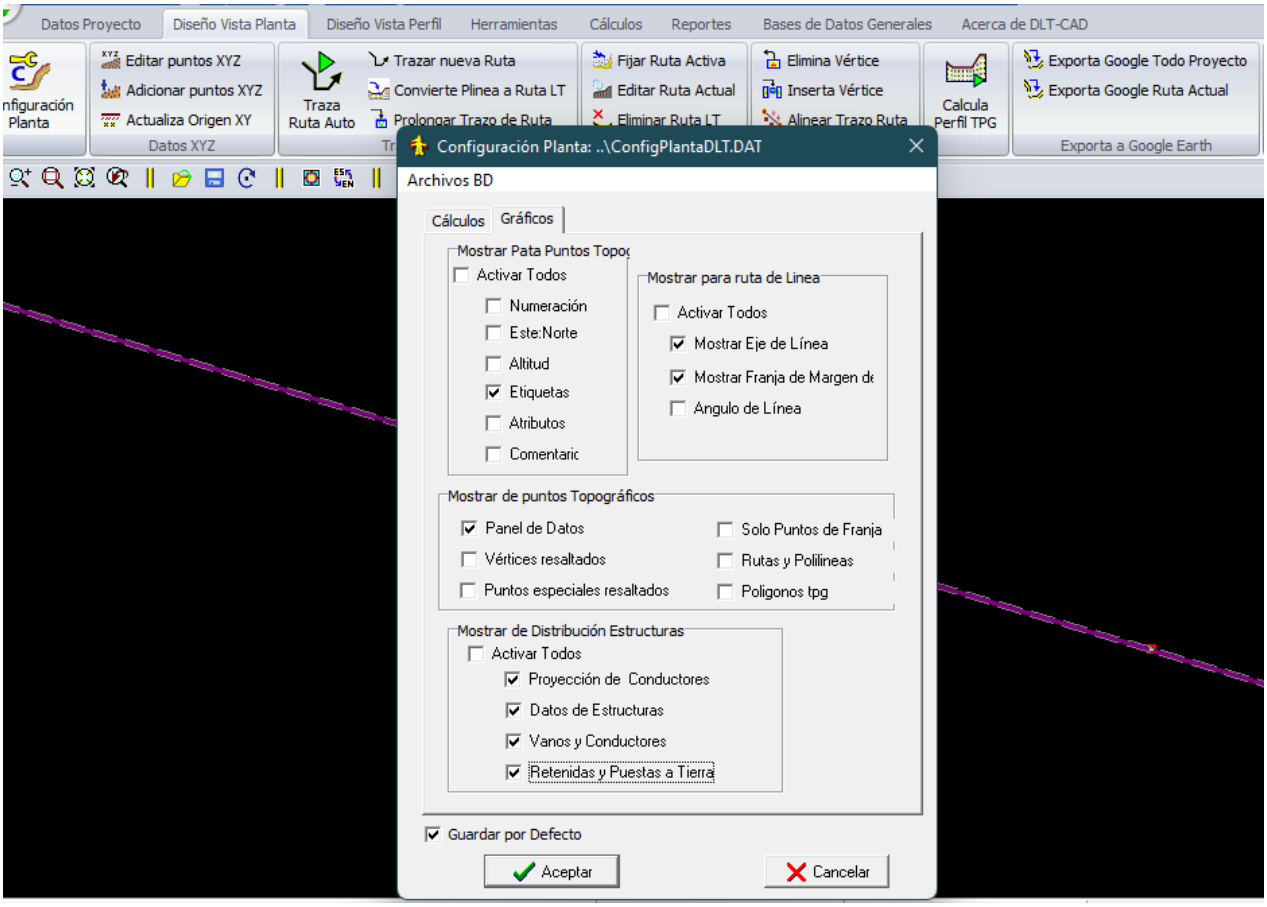
Figura N°51: Diseño de Planta - Editar Ruta Actual.



Fuente: Elaboración propia

Pulsamos editar ruta actual y nos aparece los puntos del perfil topográfico, autocompletamos los puntos intermedios de la línea que se quiere diseñar a una distancia de cada 20 metros.

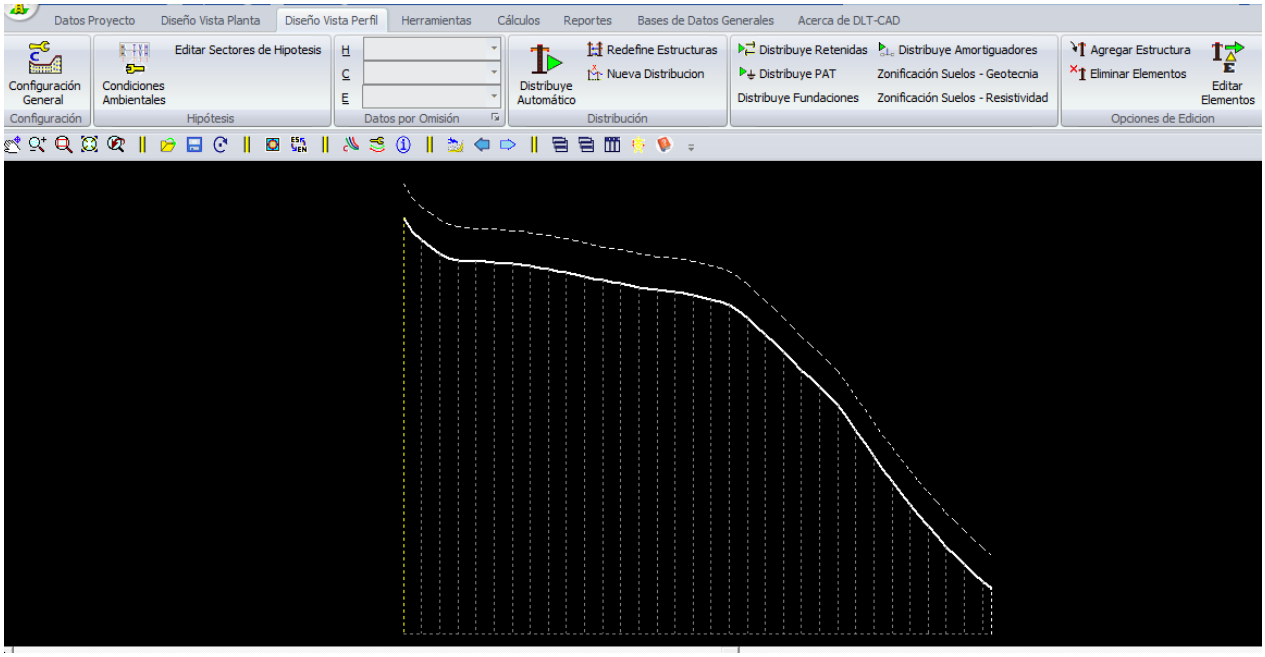
Figura N°52: Diseño Vista de Planta - Configuración de Planta.



Fuente: Elaboración propia

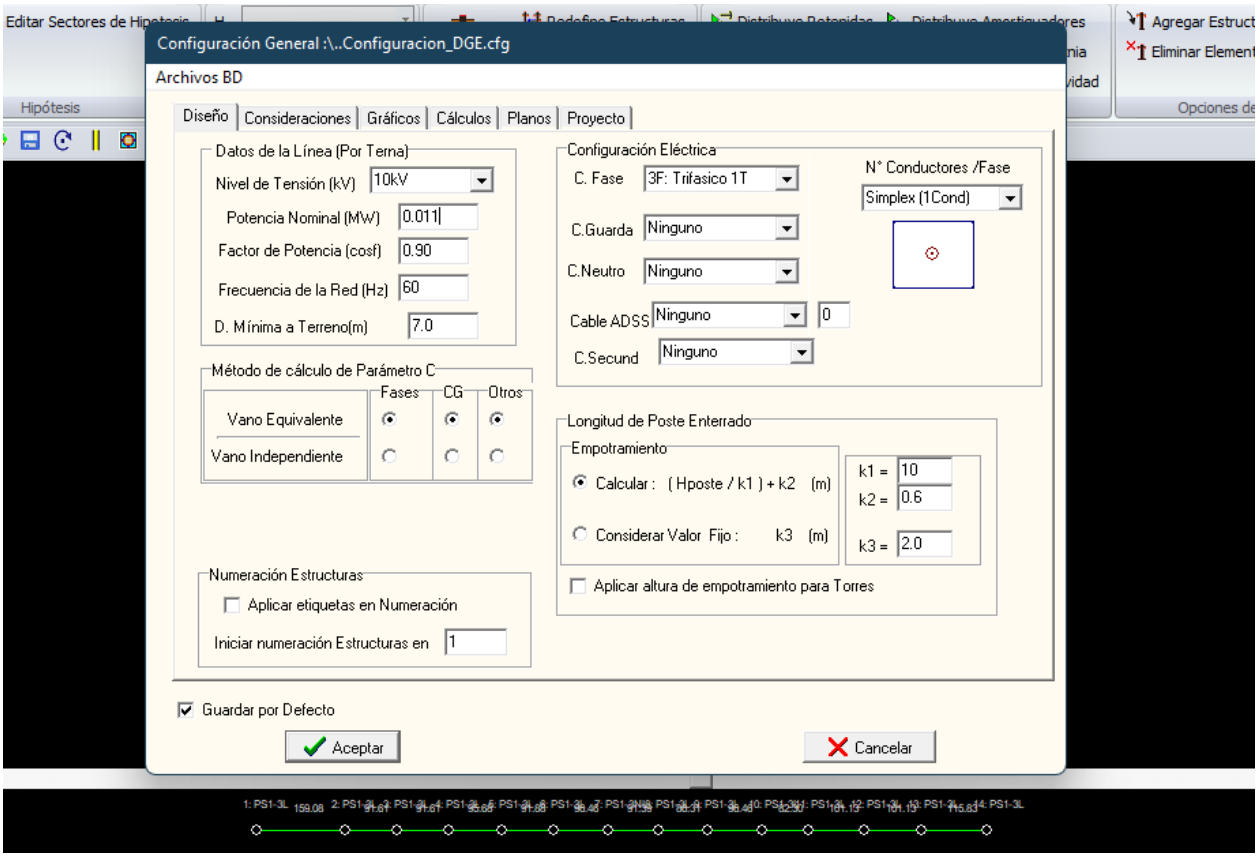
En configuración de planta insertamos datos sobre los cálculos de margen de error, distancias entre ejes, también configuramos la data de los puntos topográficos que deseamos que se muestre en el diseño de vista de planta, en este caso solo seleccionamos etiquetas, ejes de línea, datos de estructuras vanos y conductores, retenidas y puestas a tierra. Luego presionamos aceptar y finalmente Calcula Perfil TPG y nos lleva a Diseño vista Perfil.

Figura N°53: Diseño Vista de Perfil.



Fuente: Elaboración propia

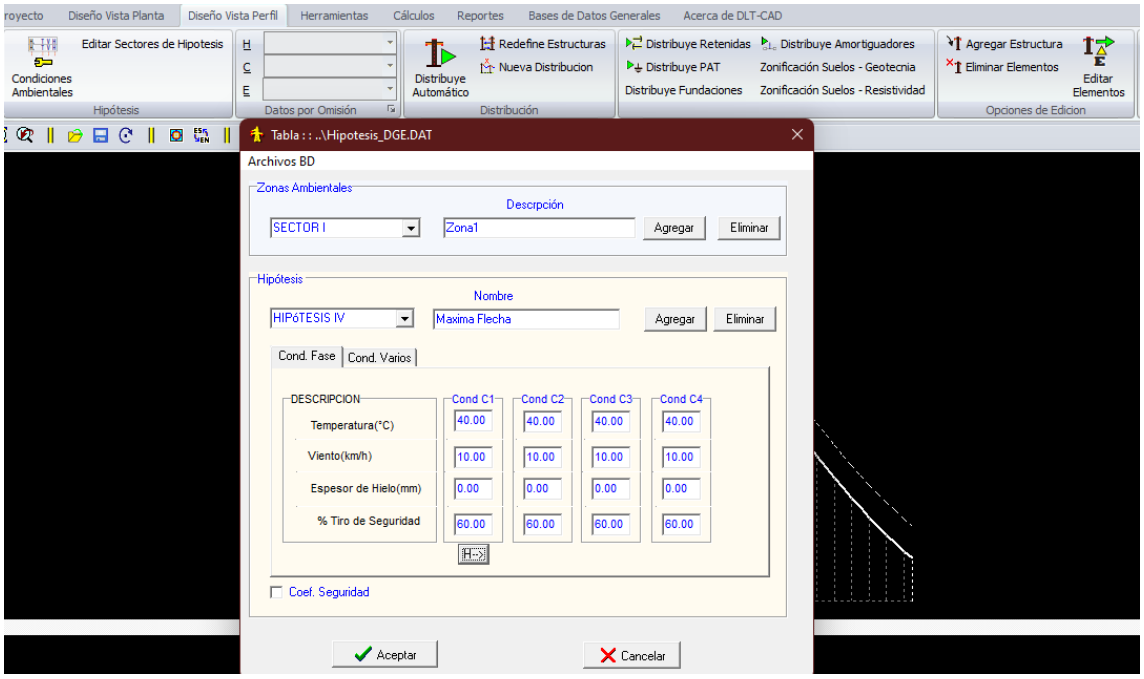
Figura N°54: Diseño Vista de Perfil - Configuración General.



Fuente: Elaboración propia.

En este apartado insertamos todos los datos calculados de acuerdo al diseño que se quiere realizar de la red de distribución, como los datos de la línea, configuración eléctrica, número de conductores por fase, etc.

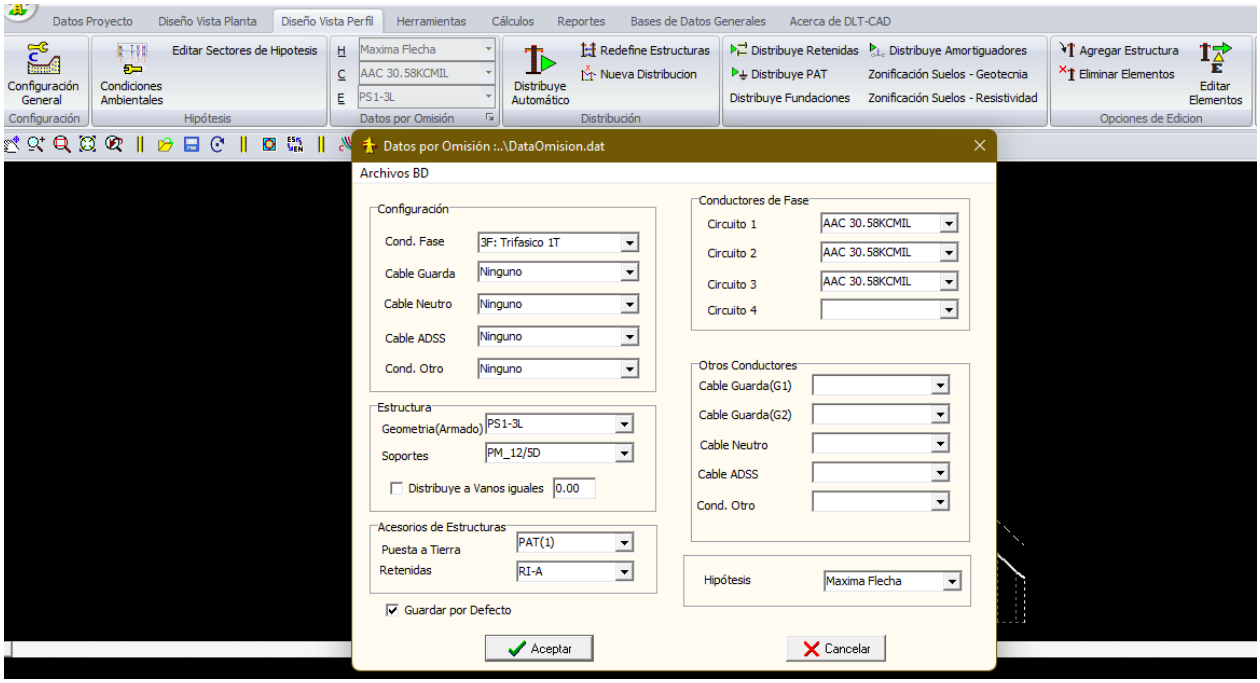
Figura N°55: Diseño Vista de perfil - Condiciones Ambientales.



Fuente: Elaboración propia

En esta sección incluimos una serie de hipótesis que podría experimentar la red de distribución de acuerdo a las condiciones ambientales de la zona en desarrollo

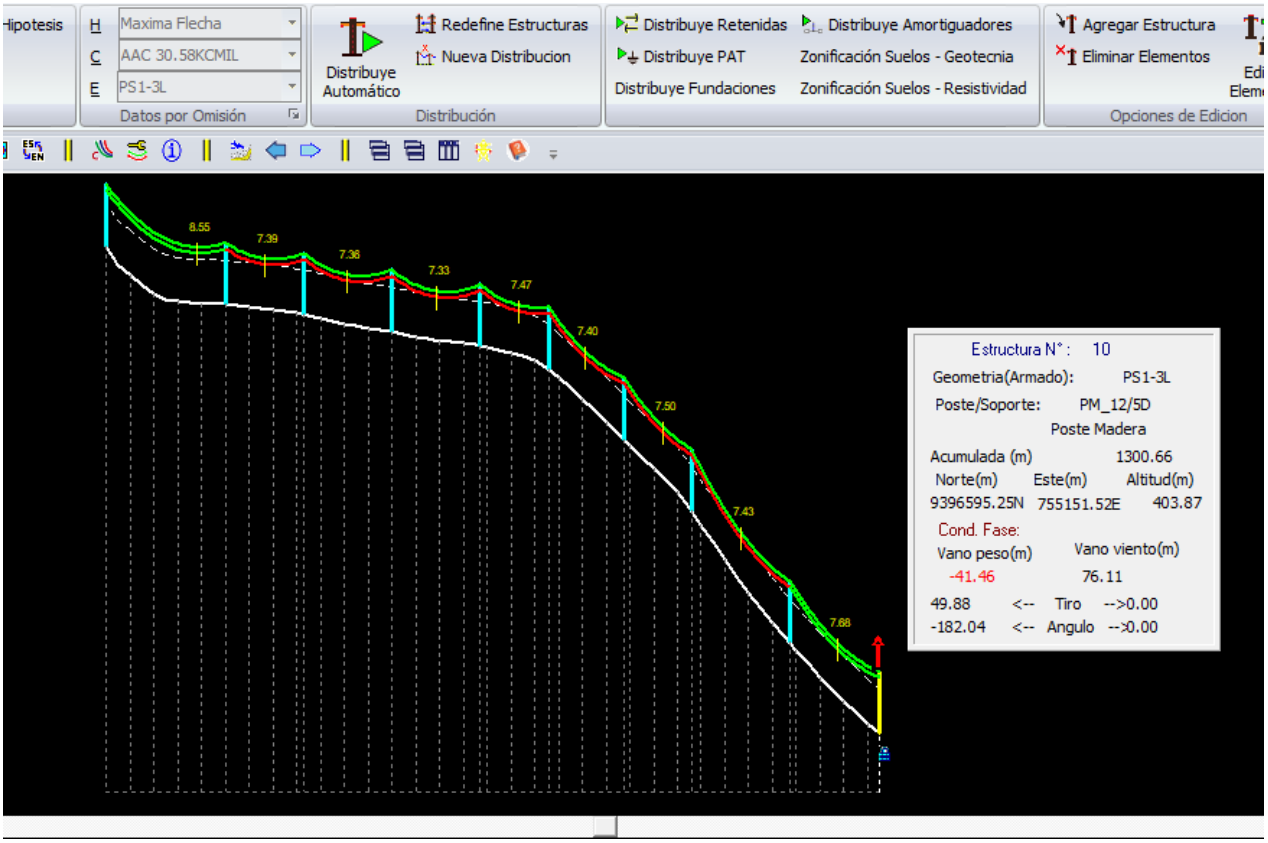
Figura N°56: Diseño Vista de Perfil - Datos por Omisión.



Fuente: Elaboración propia

En esta sección configuramos los conductores por fase, insertamos el tipo de conductor, tipo de estructura que se utilizará en el proyecto, puestas a tierra y retenidas, pulsamos aceptar y finalmente presionamos distribuye automático.

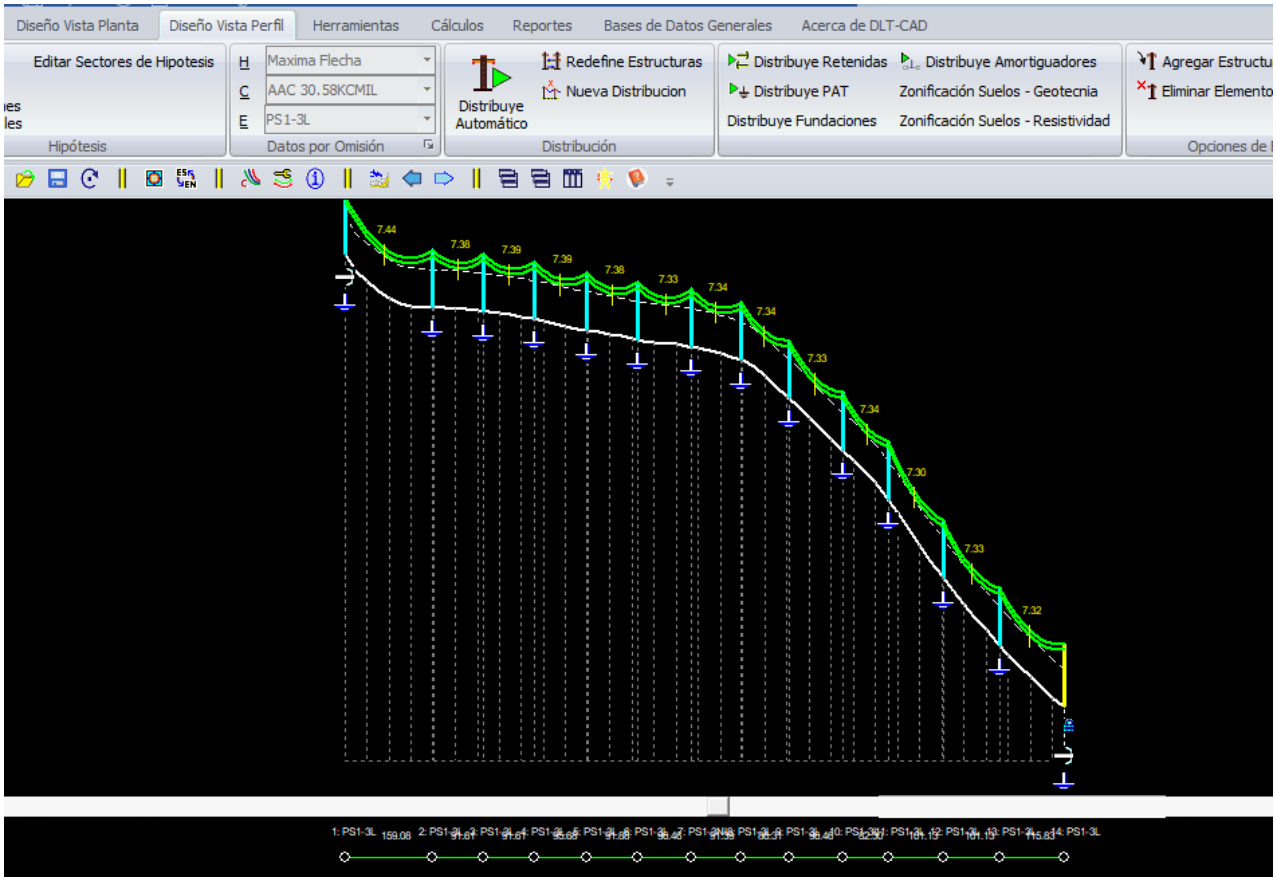
Figura N°57: Diseño Vista de Perfil – Distribuye Automático.



Fuente: Elaboración propia

Observamos que los conductores están por debajo de la distancia mínima de seguridad y el ultimo poste está teniendo una fuerza hacia arriba por los conductores, en este caso se va configurando manualmente hasta que se solucione lo observado, luego se distribuye las puestas a tierra y retenidas, como se muestra a continuación.

Figura N°58: Diseño de la Red de Distribución C.P.P. Huallape.



Fuente: Elaboración propia

Se observa que los postes están distribuidos respetando la distancia mínima de seguridad, se distribuyó las puestas a tierra y las retenidas una al inicio y final de la red de distribución, la red de distribución ya está diseña de acuerdo a lo requiero y cálculos establecidos.

La red primaria está compuesta por el armado PS1-3L, trece postes PM_12/5D y un poste PM_13/5D, también por un conductor por fase AAC.30.58KCMIL, catorce puestas a tierra PAT (1) y dos retenidas RI-A.

3.12. Análisis Técnico Económico del Proyecto

Se evaluó la viabilidad del proyecto considerando los aspectos de diseño de la Micro Central Hidroeléctrica, generando un impacto positivo en la Comunidad y garantizar que el diseño de MCH sea rentable, eficiente y ambientalmente sostenible.

3.12.1. Costos de Inversión de la MCH

Es muy importante determinar detalladamente la cantidad de recursos financieros para llevar a cabo el desarrollo de proyecto, desde su inicio hasta su puesta en operación, ya que nos permiten evaluar la economía de la MCH.

3.12.1.1. Materiales Electromecánicos de la Red Primaria

Tabla N°21: Suministro de Materiales Electromecánicos.

Ítem	Descripción	Und	Metrado Total	Precio Unitario	Sub Total
1.00	**POSTES DE MADERA**				**21,606.80**
1.01	Poste de Madera tratado PS1-3L PM 12/5D	u	13.00	1,536.20	19,970.60
1.02	Poste de Madera tratado PS1-3L PM 13/5D	u	1.00	1,636.20	1,636.20
2.00	**CRUCETAS**				**3,103.24**
2.01	Cruceta de Madera tratada de 90 mm x 115 mm x 2,40 m	u	14.00	195.30	2,734.20
2.02	Listón de madera tratada 50 mm x 19 mm, sección 2,5 mm longitud (incluye clavos de fijación)	u	14.00	26.36	369.04
3.00	**AISLADORES DE PORCELANA Y ACCESORIOS**				**4,354.56**
3.01	Aislador de Porcelana tipo PIN, clase ANSI 56-3	u	42.00	63.30	2,658.60
3.02	Espiga de A°G° de 381 mm longitud, para Cruceta y Aislador PIN 56-3 y Accesorios	u	28.00	42.87	1,200.30
3.03	Espiga de AºGº de 6098 mm longitud, para Cabeza de Poste y Aislador PIN 56-3	u	14.00	35.40	495.60
4.00	**CONDUCTOR DE ALUMINIO**				**8,078.40**
4.01	Conductor de Aleación de Alumino de 25 mm².	m	3,902.61	2.07	8,078.40
5.00	**ACCESORIOS PARA CONDUCTOR DE ALEACION ALUMINIO**				**1,426.20**
5.01	Varilla de armar preformada simple para conductor de 16 mm².	u	42.00	10.77	452.34
5.02	Alambre de amarre aluminio recocido de 16 mm²	m	105.00	1.42	149.10
5.03	Cinta plana de armar de aluminio 1.3 mm. x 7.6 mm.	u	70.00	0.88	61.60

5.04	Conector doble vía para conductor de 16 mm²	u	56.00	5.59	313.04
5.05	Grapa de anclaje para conductor de 16 mm², dos pernos de ajuste.	u	30.00	11.81	354.30
5.06	Grapa de ángulo para conductor de 16 mm2, provisto de varilla de armar	u	6.00	15.97	95.82
6.00	**CONDUCTOR DE COBRE**				**3,012.04**
6.01	Conductor de Cu desnudo temple blando 16 mm²	m	127.00	7.50	952.50
6.02	Conductor de Cu forrado temple blando de 16 mm²	m	140.00	7.90	1106.00
6.03	Conductor de Cu desnudo temple duro 16 mm²	m	98.00	9.73	953.54
7.00	**SUMINISTRO DE MATERIAL ELECTRICO**				**1,652.24**
7.01	Arandela Cuadrada Curva AºGº 57x57x5 mm, 18mm ø Agujero	u	42.00	1.88	78.96
7.02	Arandela Cuadrada Plana AºGº 57x57x5 mm, 18mm ø Agujero	u	14.00	1.82	25.48
7.03	Brazo Soporte de Perfil Angular de A"G" 38 x 38 x 5 mm seccion,710 mm longitud.	u	28.00	21.21	593.88
7.04	Cinta aislante	u	14.00	2.50	35.00
7.05	Cinta de Acero Bandit 19 mm de ancho	m	42.00	4.00	168.00
7.06	Hebilla Bandit 16 mm	u	28.00	1.60	44.80
7.07	Perno Maq A°G° 16mmøx356mm, 152mm Maq, con tuerca y contratuerca	u	14.00	9.63	134.82
7.08	Perno Maq A°G° 16mmøx305mm, 152mm Maq, con tuerca y contratuerca	u	28.00	8.98	251.44
7.09	Perno Coc A°G° 16mmøx254mm, 152mm, con arandela, tuerca y contratuerca	u	28.00	8.02	224.56
7.10	Terminal de Compresión de 16mm²	u	4.00	4.96	19.84
7.11	Cinta vulcanizante	u	14.00	5.39	75.46
8.00	**SUMINISTRO DE RETENIDAS**				**582.32**
8.01	Alambre Galvanizado #14 bs para entorche	m	3.00	0.54	1.62
8.02	Aislador Polimérico de tracción 36 kv	u	2.00	56,97	113,94
8.03	Arandela Curva de 57x57x5mm, agujero de 18mmø	u	4.00	1.88	7.52
8.04	Mordaza Preformada de A°G° para cable de 10mmø	u	8.00	12.24	97.92
8.05	Arandela de Anclaje de Acero de AºGº 102x102x 6.35mm, agujero de 18mmø	u	2.00	5.58	11.16
8.06	Cable de Acero grado Siemens Martin, de 10 mm ø, 7 hilos	m	30.0	5.00	150.00
8.07	Bloque de Concreto de 0.40mx0.40mx 0.15m	u	2.00	44.75	89.50
8.08	Varilla de Anclaje de Acero de A°G° de 16mmø x 2.40m, con tuerca y contratuerca	u	2.00	28.00	56.00

8.09	Perno Angular con Ojal - guardacabo 1.6 mm x254mm long, con tuerca y contratuerca	u	2.00	11.78	23.56
8.10	Grillete de Acero 70 KN	u	2	15.55	31.10
9.00	**SUMINISTRO DE PUESTA A TIERRA**				**3,671.63**
9.01	Tierra vegetal cernida	m^3	28.00	10.00	280.00
9.02	Bentonita Sódica de 30kg	Sac.	28.00	25.00	700.00
9.03	Conector de Aleación de Cobre, tipo AB de 16 mm²	u	196.00	4.30	842.80
9.04	Varilla Cooperweld 16mm x 2.40m longitud	u	14.00	77.50	1,805.00
9.05	Tubo de PVC 3/4" diámetro x 3.00 m longitud.	u	14.00	3.50	49.00
9.06	Caja de registro puesta a tierra redonda 396mmø x 300mm	u	14.00	22.75	318.50
9.07	Conector Perno partido 16 mm²	u	42.00	5.29	222.18
9.08	Plancha de Cobre tipo J	u	14.00	12.44	174.16
10.00	**EQUIPOS DE PROTECCION Y MANIOBRA**				**3,671.64**
10.01	Fusible tipo Expulsión de 1A	u	4.00	5.60	22.40
10.02	Fusible tipo Expulsión de 2A	u	4.00	6.56	26.24
10.03	Pararrayo tipo Auto válvula de Oxido Metálico 21 kv	u	6.00	256.30	1,537.80
10.04	Seccionador Unipolar tipo CUT-OUT de Porcelana de 21 kv	u	6.00	306.34	1,838.04
10.05	Regulador de Carga	u	1.00	3,400.00	3,400.00
11.00	**TABLERO DISTRIBUCION**				**3,200.00**
11.01	Tablero de Distribución Trifásico 25 kVA, 0.38-0.22 Kv	u	2.00	1,500.00	3,000.00
12.00	**TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN Y ACCESORIOS**				**21,187.92**
12.01	Transformador Trifásico 25 kVA, 10/0.38-0.22 kV	u	2.00	10,000.00	20,000.00
12.02	Armada para Transformadores	u	2.00	593.96	1,187.92
TOTAL					**78,613.68**

Fuente: Elaboración propia.

3.12.1.2. Montaje Electromecánico de la Red Primaria.

Tabla N°22: Montaje Electromecánico

Ítem	Descripción	Und	Metrado Total	Precio Unitario	Sub Total
1.00	**OBRAS PRELIMINARES**				**2,508.00**
1.01	Despeje de árboles dentro de la franja de servidumbre	Ha	2.00	1,254.00	2,508.00
2.00	**TRANSPORTE DE SUMINISTROS A PUNTO DE INSTALACIÓN**				**1,476.79**
2.01	Transporte de poste de madera PS1-3L de 12m/5D, de almacén a punto de izaje	u	13.00	28.60	371.80
2.02	Transporte de poste de madera PS1-3L de 13m/5D, de almacén a punto de izaje	u	1.00	28.60	28.60
2.03	Transporte de ferreterías para armados de MT (aisladores, pernerías, etc.) de almacén a punto de izaje	Glb	1.00	105.94	105.94
2.04	Transporte de materiales para retenidas (bloque de concreto, pernerías, etc.) de almacén a punto de izaje	Glb	1.00	85.34	85.34
2.05	Transporte de materiales para puesta a tierra (Caja de registro, electrodo, bentonita, etc.) de almacén a punto de izaje	Glb	1.00	85.46	85.46
2.06	Transporte de transformador trifásico 25 kVA, 10/0.38-0.22 kv, tablero y accesorios de almacén a punto de izaje	u	2.00	71.57	143.14
2.07	Transporte de conductor de 25 mm2 de almacén a punto de montaje	Km	3.90	98.23	383.10
2.08	Transporte de pararrayo tipo auto válvula de oxido metálico 21 kv, de almacén a punto de izaje	u	6.00	16.78	100.68
2.09	Transporte de seccionador unipolar tipo CUT-OUT de porcelana de 21 kv, de almacén a punto de izaje	u	6.00	16.86	101.16
2.10	Transporte de Regulador de Carga	u	1.00	71.57	71.57
3.00	**INSTALACION DE POSTES DE MADERA**				**3,475.46**
3.01	Excavación de hoyo en terreno tipo I (arcilloso y conglomerado).	m^3	15.00	75.33	1,129.98
3.02	Relleno y compactación para cimentación de poste 12 y 13m.	m^3	15.00	55.86	837.90
3.03	Izaje, codificación y señalización de postes madera de 12 y 13m.	u	13.00	115.97	1,507.61
4.00	**MONTAJE DE ARMADOS**				**1,442.92**
4.01	Montaje de Armado PS1-3L 12/5D	Jgo	13.00	89.91	1,168.83
4.02	Montaje de Armado PS1-3L 13/5D	Jgo	1.00	99.63	99.63
4.03	Montaje de Transformador de 25 KVA	u	2.00	87.23	174.46
5.00	**INSTALACION DE RETENIDAS**				**739.48**

5.01	Excavación de hoyo para retenida en terreno tipo I	m^3	4.00	75.33	301.32
5.02	Instalación de retenida inclinada MT	u	2.00	107.36	214.72
5.03	Relleno y compactación para el bloque de anclaje MT	m^3	4.00	55.86	223.44
6.00	**MONTAJE DE CONDUCTORES**				**5,526.96**
6.01	Tendido y puesta en flecha de conductor de aluminio de 25 mm²	Km	3.90	1,417.17	5,526.96
7.00	**INSTALACION DE PUESTA A TIERRA**				**2,459.58**
7.01	Excavación de hoyo para puesta a tierra en terreno tipo I	m^3	14.00	75.33	1,054.62
7.02	Relleno y compactación de puesta a tierra con material adecuado (tierra cernida)	m^3	14.00	55.83	781.62
7.03	Instalación de puesta a tierra tipo PAT-1	u	14.00	43.81	613.34
8.00	**PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO**				**394.73**
	Pruebas y puesta en servicio de la red primaria	Glb	1.00	394.73	394.73
TOTAL					**18,013.92**

Fuente: Elaboración propia.

3.12.1.3. Transporte de Materiales Electromecánicos de la Red Primaria.

Tabla N°23: Transporte de Materiales Electromecánicos

Ítem	Descripción	Und	Metrado Total	Precio Unitario	Sub Total
1.00	**POSTES DE MADERA**				**1,410.00**
1.01	Poste de Madera tratado PS1-3L PM 12/5D	u	13.00	100.00	1,300.00
1.02	Poste de Madera tratado PS1-3L PM 13/5D	u	1.00	110.00	110.00
2.00	**CRUCETAS**				**112.00**
2.01	Cruceta de Madera tratada de 90 mm x 115 mm x 2,40 m	u	14.00	7.00	98.00
2.02	Listón de madera tratada 50 mm x 19 mm, sección 2,5 mm longitud (incluye clavos de fijación).	u	14.00	1.00	14.00
3.00	**AISLADORES DE PORCELANA Y ACCESORIOS**				**131.88**
3.01	Aislador de Porcelana tipo PIN, clase ANSI 56-3	u	42.00	2.68	112.56
3.02	Espiga de A°G° de 381 mm longitud, para Cruceta y Aislador PIN 56-3 y Accesorios	u	28.00	0.46	12.88
3.03	Espiga de AºGº de 609 mm longitud, para Cabeza de Poste y Aislador PIN 56-3	u	14.00	0.46	6.44
4.00	**CONDUCTOR DE ALUMINIO**				**780.52**
4.01	Conductor de Aleación de Alumino de 25 mm².	km	3,90	200.00	780.52

5.00	**ACCESORIOS PARA CONDUCTOR DE ALEACION ALUMINIO**				**152.88**
5.01	Varilla de armar preformada simple para conductor de 25 mm².	u	42.00	0.08	3.36
5.02	Alambre de amarre aluminio recocido de 16 mm²	m	105.00	0.24	25.20
5.03	Cinta plana de armar de aluminio 1.3 mm. x 7.6 mm.	u	70.00	0.20	14.00
5.04	Conector doble vía para conductor de 25 mm²	u	56.00	0.35	19.60
5.05	Grapa de anclaje para conductor de 25 mm², dos pernos de ajuste.	u	30.00	2.52	75.60
5.06	Grapa de ángulo para conductor de 25 mm2, provisto de varilla de armar	u	6.00	2.52	15.12
6.00	**CONDUCTOR DE COBRE**				**30.02**
6.01	Conductor de Cu desnudo temple blando 16 mm²	m	127.00	0.06	7.62
6.02	Conductor de Cu forrado temple blando de 16 mm²	m	140.00	0.09	12.60
6.03	Conductor de Cu desnudo temple duro 16 mm²	m	98.00	0.10	9.80
7.00	**SUMINISTRO DE MATERIAL ELECTRICO**				**9.46**
7.01	Arandela Cuadrada Curva AºGº 57x57x5 mm, 18mm ø Agujero	u	42.00	0.04	1.68
7.02	Arandela Cuadrada Plana AºGº 57x57x5 mm, 18mm ø Agujero	u	14.00	0.04	0.56
7.03	Brazo Soporte de Perfil Angular de A"G" 38 x 38 x 5 mm seccion,710 mm longitud.	u	28.00	0.04	1.12
7.04	Cinta aislante	u	14.00	0.03	0.42
7.05	Cinta de Acero Bandit 19 mm de ancho	m	42.00	0.03	1.26
7.06	Hebilla Bandit 16 mm	u	28.00	0.04	1.12
7.07	Perno Maq A°G° 16mmøx356mm, 152mm Maq, con tuerca y contratuerca	u	14.00	0.04	0.56
7.08	Perno Maq A°G° 16mmøx305mm, 152mm Maq, con tuerca y contratuerca	u	28.00	0.04	1.12
7.09	Perno Coc A°G° 16mmøx254mm, 152mm, con arandela, tuerca y contratuerca	u	28.00	0.04	1.12
7.10	Terminal de Compresión de 16mm²	u	4.00	0.02	0.08
7.11	Cinta vulcanizante	u	14.00	0.03	0.42
8.00	**SUMINISTRO DE RETENIDAS**				**40.12**
8.01	Alambre Galvanizado #14 bs para entorche	m	3.00	0.06	0.18
8.02	Aislador Polimérico de tracción 36 kv	u	2.00	3.45	6.90
8.03	Arandela Curva de 57x57x5mm, agujero de 18mmø	u	4.00	0.03	0.12
8.04	Mordaza Preformada de A°G° para cable de 10mmø	u	8.00	0.17	1.36

8.05	Arandela de Anclaje de Acero de AºGº 102x102x 6.35mm, agujero de 18mmø	u	2.00	0.03	0.06
8.06	Cable de Acero grado Siemens Martin, de 10 mm ø, 7 hilos	m	30.0	0.03	0.90
8.07	Bloque de Concreto de 0.40mx0.40mx 0.15m	u	2.00	14.74	29.48
8.08	Varilla de Anclaje de Acero de A°G° de 16mmø x 2.40m, con tuerca y contratuerca	u	2.00	0.38	0.76
8.09	Perno Angular con Ojal - guardacabo 1.6 mm x254mm long, con tuerca y contratuerca	u	2.00	0.15	0.30
8.10	Grillete de Acero 70 KN	u	2.00	0.03	0.06
9.00	**SUMINISTRO DE PUESTA A TIERRA**				**174.30**
9.01	Tierra vegetal cernida	m^3	28.00	0.15	4.20
9.02	Bentonita Sódica de 30kg	Sac.	28.00	5.45	152.60
9.03	Conector de Aleación de Cobre, tipo AB de 16 mm²	u	196.00	0.03	5.88
9.04	Varilla Cooperweld 16mm x 2.40m longitud	u	14.00	0.48	6.75
9.05	Tubo de PVC 3/4" diámetro x 3.00 m longitud.	u	14.00	0.20	2.80
9.06	Caja de registro puesta a tierra redonda 396mmø x 300mm	u	14.00	0.03	0.42
9.07	Conector Perno partido 16 mm²	u	42.00	0.03	1.26
9.08	Plancha de Cobre tipo J	u	14.00	0.03	0.42
10.00	**EQUIPOS DE PROTECCION Y MANIOBRA**				**185.99**
10.01	Fusible tipo Expulsión de 1A	u	4.00	0.04	0.16
10.02	Fusible tipo Expulsión de 2A	u	4.00	0.04	0.16
10.03	Pararrayo tipo Auto válvula de Oxido Metálico 21 kv	u	6.00	8.00	48.00
10.04	Seccionador Unipolar tipo CUT-OUT de Porcelana de 21 kv	u	6.00	8.00	48.00
10.05	Regulador de Carga	u	1.00	89.67	89.67
11.00	**TABLERO DISTRIBUCION**				**109.34**
11.01	Tablero de Distribución Trifásico 25 kVA, 0.38-0.22 Kv	u	2.00	54.67	109.34
12.00	**TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN**				**358.68**
12.01	Transformador Trifásico 25 kVA, 10/0.38-0.22 kV	u	2.00	89.67	179.34
12.02	Armada para Transformadores	u	2.00	89.67	179.34
TOTAL					**3,495.19**

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Los precios para el desarrollo del presupuesto de este proyecto de investigación fueron obtenidos del proyecto: Ampliación del servicio de

electrificación rural en los sectores de los caseríos del Distrito de Namballe – Provincia de San Ignacio – Departamento de Cajamarca. Ver anexo 12.

3.12.1.4. Obras Civiles

Estos costos representan a los materiales que se va utilizar en las distintas actividades que se desarrollan durante la ejecución del proyecto.

Tabla N°24: Costos de Obras Civiles.

Ítem	Descripción	Und	Metrado Total	Precio Unitario	Sub Total
1.00	**CANAL DE DISTRIBUCIÓN**				**3,195.00**
1.01	Cemento	u	45.00	25.80	1,161.00
1.02	Arena	m^3	11.00	50.00	550.00
1.03	Grava	m^3	8.00	40.00	320.00
1.04	Fierro corrugado	u	30.00	38.80	1,164.00
2.00	**TOMA DE AGUA**				**450.00**
2.01	Compuerta	u	1.00	350.00	350.00
2.02	Combustible	Glb	1.00	15.50	15.50
2.03	Cortadora	u	1.00	84.50	84.50
3.00	**DESARENADOR**				**1,745.00**
3.01	Ladrillos	u	1000.00	0.5	500.00
3.02	Cemento	u	15.00	25.80	387.00
3.03	Arena	m^3	5.00	50.00	250.00
3.04	Grava	m^3	3.00	40.00	120.00
3.05	Rejilla	u	1.00	100.00	100.00
3.06	Fierro corrugado	u	10.00	38.80	388.00
4.00	**CASA DE MAQUINAS**				**4,053.50**
4.01	Ladrillo	u	1500.00	0.5	750.00
4.02	Cemento	u	45.00	25.80	1161.00
4.03	Arena	m^3	10.00	50.00	500.00
4.04	Grava	m^3	5.00	40.00	200.00
4.05	Fierro corrugado	u	15.00	38.80	592.50
4.06	Puerta Madera	u	1.00	300.00	300.00
4.07	Ventana Madera	u	1.00	150.00	150.00
4.08	Vigas Madera	u	3.00	40.00	120.00
4.09	Cintas Madera	u	4.00	20.00	80.00
4.10	Calamina	u	10.00	20.00	200.00
TOTAL					**9,443.50**

Fuente: Elaboración propia.

3.12.1.5. Tubería y Accesorios

Tabla N°25: Costos de Tubería y Accesorios.

Ítem	Descripción	Und	Metrado Total	Precio Unitario	Sub Total
1.00	**TUBERÍA Y ACCESORIOS**				**2,398.00**
1.01	Tubería	u	37.00	54.00	1,998.00
1.02	Accesorios	u	1.00	400.00	400.00
TOTAL					**2,398.00**

Fuente: Elaboración propia.

3.12.1.6. Equipos Electromecánicos de la MCH

Tabla N°26: Costos de Equipos Electromecánicos de la MCH.

Ítem	Descripción	Und	Metrado Total	Precio Unitario	Sub Total
1.00	**EQUIPOS ELECTROMECÁNICOS**				**9,395.00**
1.01	Turbina Pelton	u	1.00	3,500.00	3,500.00
1.02	Generador Eléctrico 20 KW	u	1.00	3,595.00	3,595.00
1.03	Tablero de Control	u	1.00	1,000.00	1,000.00
1.04	Montaje y Accesorios	u	1.00	1,000.00	1,000.00
1.05	Acoplamientos	u	1.00	300.00	300.00
TOTAL					**9,395.00**

Fuente: Elaboración propia.

3.12.1.7. Mano de Obra de la MCH

Estos costos hacen referencia a todas las actividades que desarrolla el personal técnico, ingenieros, especialistas, obreros, durante la ejecución del proyecto.

Tabla N°27: Costos de Mano de Obra de la MCH.

Ítem	Descripción	Und	Metrado Total	Precio Unitario	Sub Total
1.00	**MANO DE OBRA**				**4,270.00**
1.01	Perforaciones en obras civiles	u	26.00	50.00	1,300.00
1.02	Construcción de obras civiles	u	16.00	90.00	1,440.00
1.03	Instalación de tubería	u	4.00	150.00	600.00
1.04	Instalación de compuertas y rejillas	u	2.00	90.00	180.00
1.05	Instalación del generador	u	1.00	250.00	250.00
1.06	Instalación de la turbina	u	1.00	250.00	250.00
1.07	Instalación de tablero de control	u	1.00	250.00	250.00
TOTAL					**4,270.00**

Fuente: Elaboración propia.

3.12.1.8. Transporte de Materiales de la MCH.

Tabla N°28: Costos de Transporte de Materiales de la MCH.

Ítem	Descripción	Und	Metrado Total	Precio Unitario	Sub Total
1.00	**TRANSPORTE DE MATERIALES**				**4,055.00**
1.01	Cemento y Ladrillo	Glb	1.00	700.00	700.00
1.02	Válvula, Compuerta y Accesorios	u	1.00	300.00	300.00
1.03	Tubería	u	37.00	15.00	555.00
1.04	Arena	m^3	5.00	60.00	300.00
1.05	Grava	m^3	4.00	60.00	240.00
1.06	Ripio	m^3	6.00	60.00	360.00
1.07	Turbina Pelton	u	1.00	400.00	400.00
1.08	Generador Eléctrico	u	1.00	350.00	350.00
1.09	Tablero de Control	u	1.00	50.00	50.00
1.10	Accesorios eléctricos	Glb	1.00	800.00	800.00
1.11	Fierro Corrugado	u	55.00	10.00	550.00
TOTAL					**4,605.00**

Fuente: Elaboración propia

3.12.1.9. Costo Total de la MCH.

Tabla N°29: Costos Total de la Micro Central Hidroeléctrica.

Ítem	Descripción	Presupuesto Total S/.
A	Suministro de Materiales Electromecánicos de la Red Primaria	78,613.68
B	Montaje Electromecánicos de la Red Primaria	18,013.92
C	Transporte de Materiales Electromecánicos de la Red Primaria	3,495.19
D	Obras Civiles de la MCH	9,443.50
E	Tubería y Accesorios	2,398.00
F	Equipos Electromecánicos de la MCH	9,395.00
G	Mano de Obra de la MCH	4,270.00
H	Transporte de Materiales de la MCH	4,605.00
I	**COSTO TOTAL DIRECTO**	**129,784.95**
J	**COSTO TOTAL INDIRECTO**	**7,787.10**
K	**COSTO TOTAL**	**137,842.05**

Fuente: Elaboración propia.

3.12.2. Costo de Operación de la MCH

Tabla N°32: Costo de Operación mensual.

Meses	Inspección visual	Limpieza	Engrase	Verificación de alabes	Cambio de fajas y rodajes	Correctivo	Costo mensual
Enero	x	x	x	x			250.00
Febrero	x	x	x	x			250.00
Marzo	x	x	x	x			250.00
Abril	x	x	x	x			250.00
Mayo	x	x	x	x			250.00
Junio	x	x	x	x			250.00
Julio	x	x	x	x			250.00
Agosto	x	x	x	x			250.00
Septiembre	x	x	x	x			250.00
Octubre	x	x	x	x			250.00
Noviembre	x	x	x	x			250.00
Diciembre	x	x	x	x			250.00
TOTAL							**3,000.00**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°33: Costo de Operación Anual.

Año	Inspección visual	Limpieza	Engrase	Verificación de alabes	Cambio de fajas y rodajes	Correctivo	Costo Anual
01	x	x	x	x			3,000.00
02	x	x	x	x			3,000.00
03	x	x	x	x			3,000.00
04	x	x	x	x			3,000.00
05	x	x	x	x	x	x	5,000.00
06	x	x	x	x			3,000.00
07	x	x	x	x			3,000.00
08	x	x	x	x			3,000.00
09	x	x	x	x			3,000.00
10	x	x	x	x	x	x	5,000.00
11	x	x	x	x			3,000.00
12	x	x	x	x			3,000.00
13	x	x	x	x			3,000.00
14	x	x	x	x			3,000.00
15	x	x	x	x	x	x	5,000.00
16	x	x	x	x			3,000.00
17	x	x	x	X			3,000.00
18	x	x	x	x			3,000.00
19	x	x	x	x			3,000.00
20	x	x	x	x	x	x	5,000.00
TOTAL							**68,000.00**

Fuente: Elaboración propia.

3.12.3. Producción de energía anual.

La producción de energía se determina para saber los ingresos que se va a tener por la venta de la misma, el precio de esta será el más adecuado y mucho más bajo a comparación de la venta convencional, ya que este proyecto se basa a un apoyo a la comunidad del Centro Poblado Puerto Huallape.

Tabla N°30: Producción de energía anual.

Energía generada	Horas de Uso h	Energía Diaria Kwh/d	Energía Anual Kwh/a
18.585 KW	24	446.04	157,452.12
TOTAL			**157,452.12**

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Se está tomando un año de 353 días, motivo por el cual un día mensual se realizará el respectivo mantenimiento.

3.12.4. Costo Anual Equivalente

Determinamos con la siguiente ecuación:

$$A = (P + T) * \left[\frac{i}{1 - (1 + i)^{-n}}\right] \dots\dots\dots (51)$$

A: Costo anual equivalente.

P: inversión (S/. 137,842.05).

i: Tasa de interés (8%)

T: Mantenimiento (S/. 68,000.00)

n: Años de vida útil (20 años)

Resolvemos:

$$A = (137{,}842.05 + 68{,}000.00) * \left[\frac{0.08}{1 - (1 + 0.08)^{-20}}\right]$$

$$\boldsymbol{A = S/.\ \ 20,965.47}$$

3.12.5. Costo Nivelado de Energía

Calculamos el costo nivelado de energía para un año.

$$LCOE = \frac{Costo\ equivalente\ de\ inversión\ y\ mantenimiento}{Produccion\ de\ energía\ anual} \dots\dots\dots (52)$$

$$LCOE = \frac{20{,}965.47}{157{,}452.12} = \mathbf{0.1332}\ \frac{\boldsymbol{S/.}}{\boldsymbol{Kwh}}$$

- **Proyección de ingresos del año 1 al 20.**

Tabla N°31: Ingresos desde el Año 1 al 20.

Kwh/a	Costo Kw/h	Ingresos en 1 año	Ingreso en 20 años
157,452.12	0.1332	S/. 20,972.62	S/. 419,452.45

Fuente: Elaboración propia.

3.12.6. Flujo de Caja Proyectado

Este análisis financiero se basa en evaluar los ingreso y egresos generados durante el tiempo de operación de la Micro Central Hidroeléctrica, para determinar la viabilidad del proyecto.

Tabla N°33: Flujo de Caja Proyectado.

Año	Ingresos	Costo Operativo	Tasa de interés 8%	Valor Presente	Flujo de Caja
0	0	0	0	0	-137,842.05
1	20,972.62	3,000.00	0.926	2,777.78	18,194.84
2	20,972.62	3,000.00	0.857	2,572.02	18,400.61
3	20,972.62	3,000.00	0.794	2,381.50	18,591.13
4	20,972.62	3,000.00	0.735	2,205.09	18,767.53
5	20,972.62	5,000.00	0.681	3,402.92	17,569.71
6	20,972.62	3,000.00	0.630	1,890.51	19,082.11
7	20,972.62	3,000.00	0.583	1,750.47	19,222.15
8	20,972.62	3,000.00	0.540	1,620.81	19,351.82
9	20,972.62	3,000.00	0.500	1,500.75	19,471.88
10	20,972.62	5,000.00	0.463	2,315.97	18,656.65
11	20,972.62	3,000.00	0.429	1,286.65	19,685.97
12	20,972.62	3,000.00	0.397	1,191.34	19,781.28
13	20,972.62	3,000.00	0.368	1,103.10	19,869.53
14	20,972.62	3,000.00	0.340	1,021.38	19,951.24
15	20,972.62	5,000.00	0.315	1,576.21	19,396.41
16	20,972.62	3,000.00	0.292	875.67	20,096.95
17	20,972.62	3,000.00	0.270	810.81	20,161.82
18	20,972.62	3,000.00	0.250	750,75	20,221.88
19	20,972.62	3,000.00	0.232	695.14	20,277.49
20	20,972.62	5,000.00	0.215	1,072.74	19,899.88

Fuente: Elaboración propia.

3.12.7. Valor Actual Neto (VAN)

Con este indicador financiero podremos determinar si el proyecto es posible, generando un retorno superior al costo de capital o inversión. Si el VAN es positivo entonces el proyecto es viable y dejara ganancias. Determinamos el VAN con la siguiente ecuación:

$$VAN = -I_0 \sum_{t=0}^{n} \frac{Fc}{(1+i)^t} - I_0 \dots\dots\dots (53)$$

- $\boldsymbol{I_0}$**:** Inversión Inicial
- $\boldsymbol{Fc}$**:** Flujo neto de caja
- $\boldsymbol{i}$**:** Tasa de interés vigente (8%)
- $\boldsymbol{t}$**:** Vida útil 20 años

$$\boldsymbol{VAN = S/.\ 49,224.99}$$

Se obtiene un Valor Actual Neto positivo, significa que el proyecto es rentable económicamente, por lo cual se recomienda ejecutarlo.

3.12.8. Tasa Interna de Retorno (TIR)

La TIR determina el porcentaje de rentabilidad que genera el proyecto, si esta excede a la tasa de descuento se considera un proyecto económicamente viable, generará ganancias.

$$TIR = -I_0 + \sum_{t=0}^{n} \frac{Fc}{(1+i)^t} \dots\dots\dots (54)$$

$$\boldsymbol{TIR = 12\%}$$

La Tasa Interna de Retorno excede a la tasa de descuento (8%), lo cual se determina que el proyecto es viable, donde se obtendrá muy buenas ganancias.

3.12.9. Relación Beneficio/Costo (B/C)

Este indicador económico compara el valor presente de los beneficios totales generados por el proyecto, este análisis es clave para determinar la sostenibilidad financiera.

B/C > 1: Indica que los ingresos superan a los egresos, lo que resulta favorable para la viabilidad del proyecto.

B/C = 1: Significa que los ingresos equivalen a los egresos, lo que implica que el proyecto no genera ni pérdidas ni ganancias.

B/C < 1: Indica que los ingresos son inferiores a los egresos, lo que hace que el proyecto no sea viable.

Tabla N°34: VAN Ingreso y Egresos.

VAN INGRESOS	205,912.30
VAN EGRESOS	170,643.63

Fuente: Elaboración propia

$$\frac{\boldsymbol{B}}{\boldsymbol{C}} = \frac{205{,}912.30}{170{,}643.63} \ldots\ldots\ldots (55)$$

$$\boldsymbol{B/C = 1.21}$$

Se observa que B/C es mayor a 1, lo cual indica que los ingresos superan a los egresos, por ende, resulta favorable para la viabilidad del proyecto.

IV. DISCUSIÓN

Como resultados de esta investigación, se determina que con un caudal de 0.057 m^3/s y una altura neta de 54.49 m, se obtuvo una potencia de 18.585 KW, mediante una turbina de tipo Pelton de 20 alabes de un solo inyector, satisfaciendo completamente la máxima demanda de la electrobomba, este sistema opera con alta eficiencia hidráulica y mecánica, garantizando la estabilidad energética. En comparación a los resultados de la presente investigación, Bernal & Urriago (2023). En su investigación diseño y simulación de una pequeña central hidroeléctrica para un galpón ubicado en Pore, Casanare. Determinaron que con un caudal de 0.027 m^3/s y un salto geodésico de 10 m se alcanzó una potencia de 2.4 kW, concluyen que la investigación realizada posibilitó el reconocimiento y el análisis de los componentes que conforman un proyecto hidroeléctrico de tamaño pequeño. Asimismo nuestro estudio coincide con Veliz Torres (2023). En su tesis "Diseño de una Micro Central Hidroeléctrica para la comunidad de Palestina – los Yungas", como resultados obtuvo que con un caudal de 0.08 m^3/s y una altura neta de 95 m generó una potencia de 60.33 KW, asimismo de determinó que el presupuesto del proyecto es de 118,319.81 dólares americanos. Del mismo modo, Arévalo (2023). En su tesis "Diseño y simulación de una picoturbina Pelton para abastecer de energía eléctrica a un comedor popular del distrito de Valera, provincia de Bongará, departamento de Amazonas" como resultados obtuvieron que con un caudal de 3.386 l/s y una altura geodésica de 15 m generan 0.3985 Kw, suficiente para cubrir la demanda energética del comedor popular. De otro lado Farez (2023). En su investigación "Diseño de una micro central hidráulica de tornillo de Arquímedes para el suministro de energía eléctrica al complejo turístico Huachito del Cantón Moróna", como resultados obtuvo que con un flujo de agua de 0.161 m^3/s y una altura geodésica 15 m genera 1.2 kW de potencia, siendo suficiente para abastecer la demanda eléctrica del complejo turístico de 0.6105 kW.

Del análisis técnico económico se determina que el proyecto es muy rentable, con un VAN 49,224.99, un TIR de 12% superior al 8% utilizado y una Relación Beneficio / Costo de 1.21 mayor a la unidad, lo cual confirma la viabilidad económica del proyecto. Además, el proyecto tiene un impacto mínimo al no requerir grandes embalses y utilizar energía renovable, mejorando la calidad de vida ambiental local y promoviendo el desarrollo sostenible. En comparación con este proyecto, Vivas (2020). En su investigación sobre el diseño de una micro central hidroeléctrica para la Hacienda Las Garzas, determina que del análisis de viabilidad económica se obtiene un VAN del 3138.70 y un TIR 12.9% lo que refleja un proyecto rentable, mostrando resultados positivos para el proyecto, indicando que la inversión será recuperada en un lapso de cinco años y generando ganancias económicas. Así mismo en comparación con Palomeque et al. (2019) en su tesis diseño de una central hidroeléctrica para abastecer la demanda del consumo eléctrico de plantaciones Malima cía. Ltda. Entre los resultados obtuvieron que, de la evaluación económica de inversión del proyecto, donde indica que el proyecto es rentable con un VAN positivo y un TIR 15.9 %, generando utilidades dentro de 15 años de operatividad.

Este proyecto nos ayuda a solucionar un problema que viene azotando a la poblacion del C.P.P Huallape por el alto costo de energía convencional para el funcionamiento de la electrobomba. El desarrollo de este proyecto proporciona una alternativa sostenible que no solo garantiza un suministro eléctrico estable, sino que también contribuye a mejorar la calidad de vida de los habitantes. Además, este sistema fomenta el ahorro en los hogares y mejora la economía familiar, al tiempo que impulsa el desarrollo local mediante el acceso a energía renovable. El proyecto también promueve la autonomía energética, reduce la dependencia de fuentes externas y genera un impacto ambiental mínimo, alineándose con los principios de sostenibilidad. Esto demuestra que la inversión en infraestructura energética limpia no solo beneficia a nivel individual, sino que también fortalece el desarrollo social. Cuervo (2020). En su tesis “Diseño de una turbina para una Microcentral Hidroeléctrica para la Vereda los Arrayanes en Viotá, Cundinamarca”, concluye que las fuentes renovables están experimentando un gran crecimiento en el país, estas acciones buscan fomentar energías limpias, renovables y ecológicas con el fin de elevar el bienestar de las poblaciones.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- **Conclusiones:**

Se concluye que, de los parámetros de la MCH, se dimensiono una turbina tipo Pelton simple con 20 alabes de un solo inyector, ideal para aprovechar eficientemente el recurso hidráulico disponible, así mismo un generador 4 polos 1800 rpm, adecuado para mantener la estabilidad y calidad de generación eléctrica, también se determinó dos transformadores de 25 KVA, que aseguran una correcta adaptación de la tensión de 10 KV de la red primaria de 1,3 Km.

La simulación de la turbina Pelton permitió detectar aspectos fundamentales para el perfeccionamiento del sistema, entre ellos la orientación más eficiente del inyector y la forma en que el chorro de fluido golpea sobre los álabes del rodete. La velocidad del fluido en la salida del inyector 32.470 m/s, en comparación con los cálculos realizados de los parámetros 32.370 m/s lo cual demuestra una pequeña variación 0.1 m/s, normal para una simulación CAD/CAE.

El diseño de la red de primaria de 10 KV de tensión trifásica con una distancia de 1.3 Km, está orientado en optimizar el trasporte de la energía a la electrobomba, reduciendo significativamente la caída de tensión y garantizando un suministro eléctrico eficiente y estable. También cumple con los criterios de confiabilidad, sostenibilidad y seguridad, minimizando pérdidas eléctricas a lo largo de la red.

De la evaluación técnica y económica del proyecto se obtuvo que se requiere una inversión de S/. 137,842.05 para la ejecución del proyecto, también se obtuvo un VAN de S/. 49,224.99 y un TIR de 12% lo que confirma la viabilidad económica del proyecto al superar la tasa de descuento utilizada en el análisis. Además, la relación B/C es 1.21, evidencia que el proyecto genera beneficios que exceden los costos asociados, estos indicadores demuestras la viabilidad financia del proyecto la cual va a dejar muchas ganancias.

Se concluye que el diseño de una Micro Central Hidroeléctrica para suministrar electricidad a una electrobomba sumergible en la provincia de Jaén – Perú 2024 es alta mente satisfactorio ya que con un caudal de diseño de 0.057 m^3/s y una altura neta de 54.49 m se obtuvo una potencia generada de 18.585 KW suficiente para abastecer la demanda electrica en su totalidad de la electrobomba sumergible 15.239 KW, garantizando un funcionamiento eficiente del sistema.

- **Recomendaciones:**

Se recomienda establecer un plan de mantenimiento predictivo basado en monitoreo en tiempo real de parámetros claves como vibraciones, temperatura y eficiencia energética. Esto permitirá identificar posibles fallas a tiempo, asegurando un rendimiento constante y prolongando la vida útil de la turbina.

Asegurar que el sistema de Puesta a tierra tenga una resistencia inferior a los estándares recomendados menor de 5 ohmios. Además, realizar pruebas periódicas para verificar su efectividad, garantizando la seguridad del personal y la protección de los equipos frente a fallas eléctricas.

Limpiar la rejilla en la bocatoma, el desarenador para evitar la acumulación de sedimentos, hojas, arena y otros desechos que puedan obstruir el flujo de agua hacia la turbina. Esto garantizará un flujo constante y prolongará la vida útil de los componentes aguas abajo.

Establecer un programa continuo de capacitación para todo el personal técnico y operativo. Esto debe incluir la actualización sobre nuevas herramientas de monitoreo, mantenimiento predictivo y gestión de energía, asegurando que el equipo esté siempre preparado para enfrentar desafíos y optimizar el rendimiento del sistema.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA. (2010). *Citerios de diseño de obras hidráulicas para la formulacción de proyectos hidraulicos multisectoriales y de afianzamiento hídrico.* 356. https://www.ana.gob.pe/normatividad/criterios-de-diseno-de-obras-hidraulicas-para-la-formulacion-de-proyectos-0

ANA. (2020). *Resolución directoral nº 1321-2020-ana-aaa.m*. https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/RD-1321-2020-02.pdf

Arévalo Cotrina, A. J. P. (2023). *Diseño y Simulación de una picoturbina Pelton para abastecer de energía eléctrica a un comedor popular del distrito de Valera, provincia de Bongará, departamento de Amazonas* [Universidad Nacional Mayor de San Marcos Universidad]. https://hdl.handle.net/20.500.12672/19651

Bernal Millan, D. A., & Urriago Calderon, J. S. (2023). *Diseño y simulación de una pequeña central hidroeléctrica, aprovechando el cauce de una quebrada para la energización de un galpón ubicado en Pore, Casanare* [Universidad Antonio Nariño]. http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/8274

Bombascentrifugas. (2018). *Diámetro de Tuberías*. https://www.bombascentrifugas.net/diametro-de-tuberias/

Bonelly, I. (2020b). *Alternador Electrico 20 KW*. Bonelly Industrial. https://bonelly.com.pe/wp-content/uploads/2024/05/Ficha-Tecnica-STC-20-Web.pdf

Brater, E. F., & king, H. W. (1996). Handbook of hydraulics. In *Journal of the Franklin Institute* (Vol. 7, Issue 3). https://ingenieriahidraulica.wordpress.com/wp-content/uploads/2011/07/handbook-of-hydraulics-h-w-king-1996.pdf

Cedeño Viloria, N. E. (2018). *Metodología para investigaciones aplicadas con enfoque transdisciplinario: sociales y tecnológicas.* (Universidad Pedagógica Experimental Libertador (ed.); 1era Edici). https://institutorambell.blogspot.com/2022/11/metodologia-para-investigaciones.html

Condori Mamani, D. H., & Cuba Astrulla, R. A. (2021). *Diseño de una Micro Central Hidroelectrica en el Distrito de Santa Isabel de Siguas Provincia de Arequipa Departamento de Arequipa* [UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARIA].

https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/11161

Coz, F., Sanchez, T., Viani, B., Segura, J., Rodriguez, L., Miranda, H., Castromonte, E., Guerra, J., Quiroz, L., Gitán, J., Moreno, L., & Muñoz, I. (1995). *Manual de mini y micro Centrales Hidráulicas: Guía para el desarrollo de proyectos* (T. Sanchez & J. Ramirez (eds.); INTERMEDIA). Intermediate Technology Development Group, ITDC-PERÚ. http://reca-corp.com/files/57897371.pdf

Cuervo Gaitan, A. C. (2020). *Diseño de una turbina para una Microcentral Hidroelectrica para la Vereda los Arrayanes en Viota, Cundinamarca* [FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMERICA]. https://hdl.handle.net/20.500.11839/7901

Endesa. (2014). *El generador eléctrico*. Endesa. https://bonelly.com.pe/wp-content/uploads/2024/05/Ficha-Tecnica-STC-20-Web.pdf

Farez Benalcazar, J. A. (2023). *Diseño de una micro central hidráulica de tornillo de Arquímedes para el suministro de energía eléctrica al complejo turístico Huachito del cantón Moróna* [UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA]. http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/26223

Hernández, C., & Idacochea, E. (1988). *Apuntes para un manual de diseño, estandarización y fabricación de equipos para pequeñas centrales hidroeléctricas. Olade*, *II*, 96. https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0387.pdf

Hernández Sampieri, R., Collado, L., & Lucio, P. (2013). *Diseños no experimentales. Metodología Para La Investigación En Ciencia Política*, *4*, 1–21. http://online.aliat.edu.mx/adistancia/InvCuantitativa/LecturasS4/Hernandez_Sampieri_Cap._7_disenos_no_experimentales.pdf

INGESCO. (2013). *Pararrayos ingesco pdc.e*. 2. https://www.ingesco.com/es/productos/pararrayos-ingesco-pdc

Leyva Haza, J., & Guerra Véliz, Y. (2020). *Objeto de investigación y campo de acción: componentes del diseño de una investigación científica. Edumecentro*, *12*(3), 241–260. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2077-28742020000300241&script=sci_arttext

Manual Pedrollo. (2020). *Electrobombas sumergidas de 4”*. 6. https://autosolar.pe/bombas-sumergibles-380v-trifasica/bomba-sumergible-pedrollo-4sr90g-10hp-trifasica

Mataix, C. (1975). *Turbomáquinas hidráulicas, Turbinas hidráulicas, bombas, ventiladores* (A. Aguilera (ed.); ICAI).

Ministerio de Energía y Minas. (2011). *Codigo Nacional de Eléctricidad Suministro 2011*. 326. https://www.gob.pe/institucion/osinergmin/normas-legales/738581-0214-2011-mem-dm

Ministerio de Energía y Minas (Perú). Dirección General de Electricidad. (2003). *Norma DGE "Especificaciones técnicas de montaje de líneas y redes primarias para electrificación rural."* 108. https://www.gob.pe/institucion/minem/normas-legales/4775076-024-2003-em-dge

Ministerio de Energía y Minas (Perú). Dirección General de Electricidad. (2012). *Proyecto de resolución directoral que aprueba especificaciones técnicas de retenidas para electrificación rural*. 6. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5248912/PROYECTO DE RESOLUCIÓN DIRECTORAL.pdf

Muguerza, D. (2005). Micro Centrales Hidroeléctricas. In *Universidad Nacional de Salta*. https://exa.unne.edu.ar/fisica/maestria/modulo2/microturbinas/apuntemch.pdf

Otzen, T., & Manterola, C. (2017). *Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. International Journal of Morphology*, *35*(1), 227–232. https://doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037

Palomeque, V., Valdez, I., & Jara, N. (2019). *Diseño de una Central Hidroeléctrica para Abastecer la Demanda del Consumo Eléctrico de Plantaciones Malima Cía. Ltda.* [UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA]. https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17404

Reyna, T., Reyna, S., Lábaque, M., Riha, C., & Góngora, C. (2017). *Desafios Ambientales Para Uso De La Hidrogeneración Environmental Challenges for the Use of Hydrogeneration. Av. Cien. Ing, 8(3), 1–12.* https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=323652916001

RIVEND. (2018). *SANITITE HP Tubo de polipropileno de 6 pulgadas Alcance Características Especificaciones del Producto Accesorios Desempeño de la tubería y de las juntas en campo*. https://gruporivend.com/wp-content/uploads/2022/09/SANITITE-HP-Ficha-Tecnica.pdf

Rodríguez Francisco, N. (2007). *Generalidades acerca de las técnicas de investigación cuantitativa*. *2*(1), 9–39. https://publicaciones.unitec.edu.co/index.php/paradigmas/article/view/20

Sosa, C. E. D. (2017). *Diseño del sistema de bombeo solar utilizando bomba sumergible hidribo con variador de velocidad para la comunidad Quenafajja del Distrito de Àcora Provincia de Puno* [UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD]. In *Universidad Nacional del Altiplano*. http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/6322

TECFRESH. (2020). *Medidor de velocidad de flujo para caudal (CORRENTÓMETRO) – FLOWATCH ANEMÓMETRO KIT (94356)*. https://tecfresh.com/producto/correntometro-flowatch-fw/

Veliz Torres, J. R. (2023). *Diseño de una Microcentral Hidroeléctrica para la comunidad de Palestina – los Yungas* [UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS]. http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/31207

Vivas, J. (2019). *Los 1.710 poblados que aún se alumbran con velas en Colombia.* EL TIEMPO. https://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/los-poblados-que-aun-no-tienen-energia-electrica-en-colombia-324980

Vivas Rodrigues, B. E. (2020). *Diseño de una micro central hidroeléctrica para la Hacienda las Garzas* [UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE]. http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10289

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a **Dios**, por darme la fuerza, la salud y la perseverancia necesarias para seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles.

A mis padres Huber Oliva Castillo y Lucy Aracely Alejandria Mestanza, por su amor incondicional, su constante apoyo y los valores que me han inculcado desde pequeño. Gracias por creer en mí incluso en los momentos en que yo dudaba.

DEDICATORIA

A mis Hermanos, por su apoyo inquebrantable, por acompañarme en este camino, por sus palabras de aliento y por compartir conmigo cada logro y cada desafío.

A mi asesor, por guiarme con sabiduría y por compartir sus conocimientos, contribuyeron a que este proyecto se hiciera realidad.

ANEXOS

MEDICIONES Y TOPOGRAFÍA DEL ÁREA DE LA MCH.

Anexo 1: Medición del Caudal del canal Tataque.

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2: Medición de la velocidad del fluido.

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 3: Medición del Caudal del Canal Tataque.

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 4: Altura Geodésica.

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 5: Medición de la Corriente de Arranque de la Electrobomba.

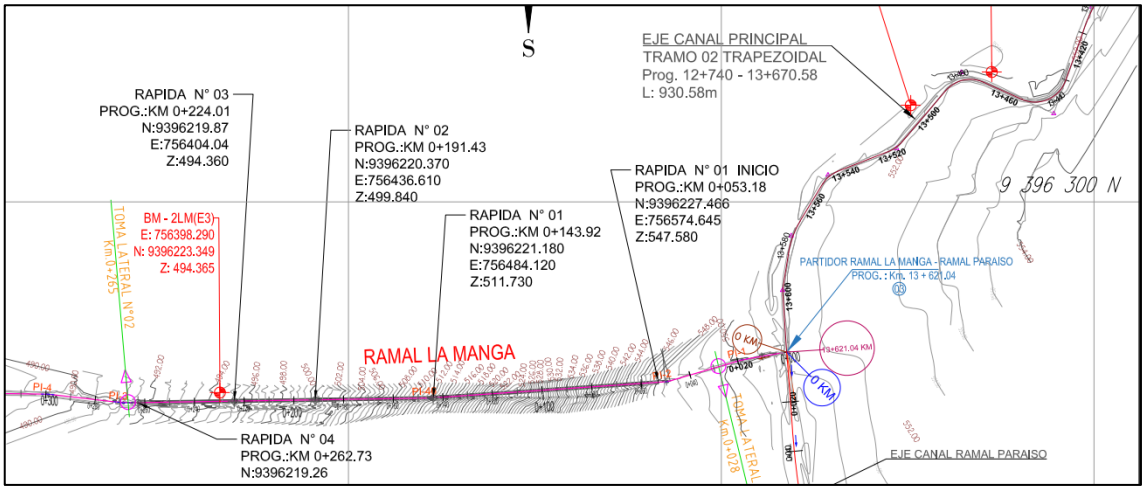
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 6: Red Primaria 1.3 Km.

Fuente: Google Earth.

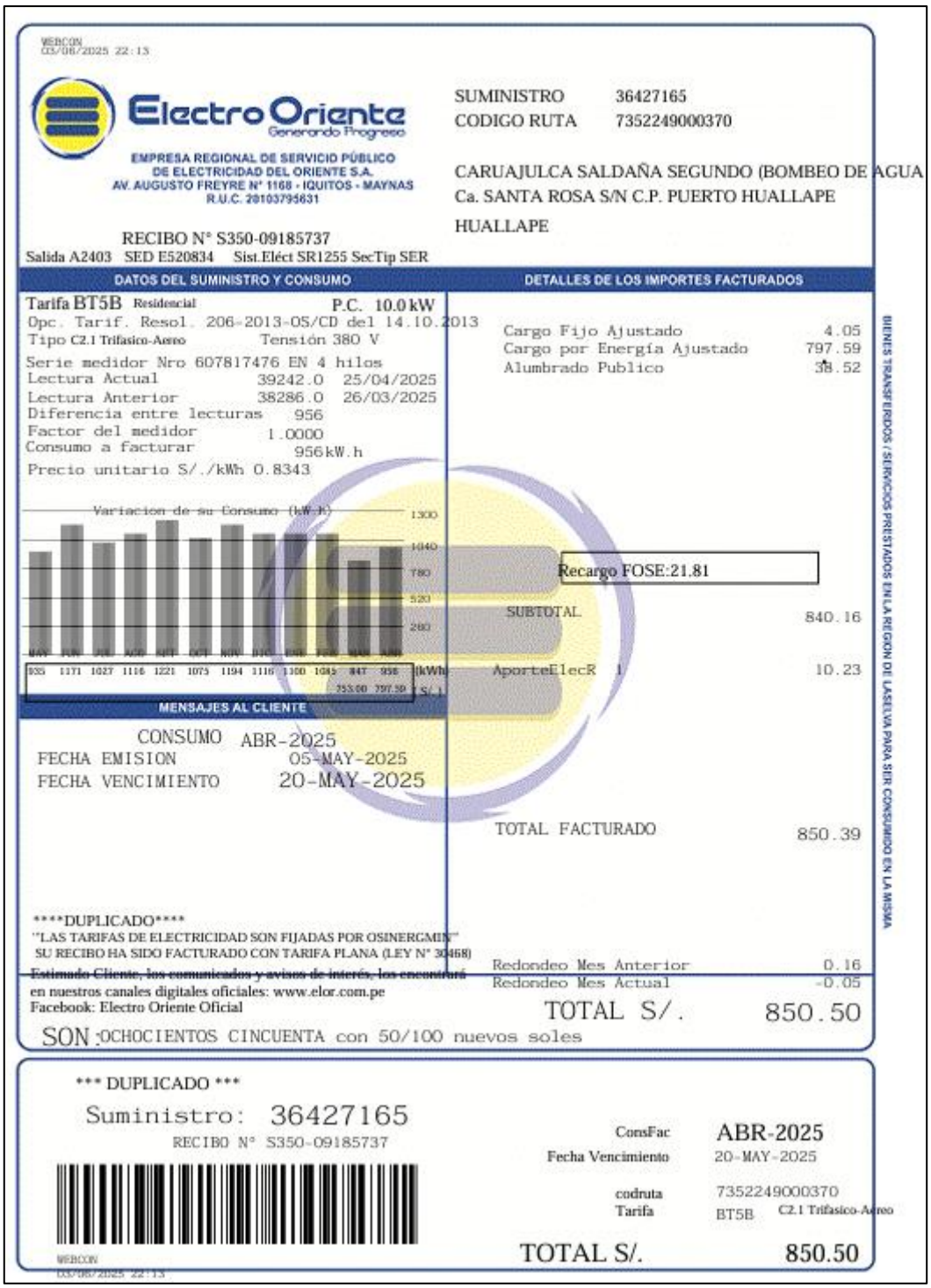
Nota: La línea de color rojo es la pendiente aprovechable "Altura Bruta", la línea de color azul es la Red primaria MT, al lado izquierdo se observa el Centro poblado Puerto Huallape.

Anexo 7: Topografía de la Altura Geodésica.



Fuente: (Consorcio Tataque,2022)

Anexo 8: Recibo de Luz.



WEBCON
03/05/2025 22:13

Electro Oriente
Generando Progreso

EMPRESA REGIONAL DE SERVICIO PÚBLICO
DE ELECTRICIDAD DEL ORIENTE S.A.
AV. AUGUSTO FREYRE N° 1168 - IQUITOS - MAYNAS
R.U.C. 20103795631

SUMINISTRO 36427165
CODIGO RUTA 7352249000370

CARUAJULCA SALDAÑA SEGUNDO (BOMBEO DE AGUA
Ca. SANTA ROSA S/N C.P. PUERTO HUALLAPE
HUALLAPE

RECIBO N° S350-09185737
Salida A2403 SED E520834 Sist.Eléct SR1255 SecTip SER

DATOS DEL SUMINISTRO Y CONSUMO

Tarifa BT5B Residencial P.C. 10.0 kW
Opc. Tarif. Resol. 206-2013-OS/CD del 14.10.2013
Tipo C2.1 Trifasico-Aereo Tensión 380 V
Serie medidor Nro 607817476 EN 4 hilos
Lectura Actual 39242.0 25/04/2025
Lectura Anterior 38286.0 26/03/2025
Diferencia entre lecturas 956
Factor del medidor 1.0000
Consumo a facturar 956 kW.h
Precio unitario S/./kWh 0.8343

Variacion de su Consumo (kW.h)

DETALLES DE LOS IMPORTES FACTURADOS

Cargo Fijo Ajustado	4.05
Cargo por Energía Ajustado	797.59
Alumbrado Publico	38.52
Recargo FOSE:21.81	
SUBTOTAL	840.16
AporteElecR 1	10.23
TOTAL FACTURADO	850.39
Redondeo Mes Anterior	0.16
Redondeo Mes Actual	-0.05
TOTAL S/.	850.50

BIENES TRANSFERIDOS / SERVICIOS PRESTADOS EN LA REGION DE LA SELVA PARA SER CONSUMIDO EN LA MISMA

MENSAJES AL CLIENTE

CONSUMO ABR-2025
FECHA EMISION 05-MAY-2025
FECHA VENCIMIENTO 20-MAY-2025

****DUPLICADO****
"LAS TARIFAS DE ELECTRICIDAD SON FIJADAS POR OSINERGMIN"
SU RECIBO HA SIDO FACTURADO CON TARIFA PLANA (LEY N° 30468)
Estimado Cliente, los comunicados y avisos de interés, los encontrará
en nuestros canales digitales oficiales: www.elor.com.pe
Facebook: Electro Oriente Oficial

SON :OCHOCIENTOS CINCUENTA con 50/100 nuevos soles

*** DUPLICADO ***
Suministro: 36427165
RECIBO N° S350-09185737

ConsFac ABR-2025
Fecha Vencimiento 20-MAY-2025
codruta 7352249000370
Tarifa BT5B C2.1 Trifasico-Aereo

TOTAL S/. 850.50

WEBCON
03/05/2025 22:13

Fuente: (Electro Oriente,2025)

Anexo 9: Ficha Técnica Electrobomba Sumergible 10 HP.

4SR

Electrobombas sumergidas de 4"

Agua limpia
(Contenido de arena máximo 150 g/m³)

Uso doméstico
Uso civil
Uso industrial

CAMPO DE PRESTACIONES

- Caudal hasta **450 l/min** (27 m³/h)
- Altura manométrica hasta **238 m**

LÍMITES DE USO

- Temperatura máxima del fluido hasta **+35 °C**
- Contenido de arena máximo **150 g/m³**
- Profundidad de uso bajo el nivel del agua **200 m**
- Funcionamiento:
  - en vertical
  - en horizontal con los siguientes límites hasta **10 stages**
- Arranques/hora: **20** a intervalos regulares
- Flujo de enfriamiento motor mínimo **8 cm/s**
- Funcionamiento continuo **S1**

USOS E INSTALACIONES

Se aconsejan para bombear agua limpia con contenido de arena no superior a **150 g/m³**. Debido al alto rendimiento y fiabilidad, son aptas para usos en el campo doméstico, civil e industrial, para la distribución del agua en acoplamiento con autoclaves, riegos, instalaciones de lavado, para aumentar la presión etc.

PATENTES

- **Patent n° EP2419642**

EJECUCIÓN Y NORMAS DE SEGURIDAD

MOTOR ELÉCTRICO

- Trifásica 380 V - 60 Hz
- Monofásica 220 V - 60 Hz
- **Condensador incluido en el embalaje**

Cable de alimentación de:

- **2 m** para potencias de 1.1 a 2.2 kW
- **3.6 m** para potencias de 3 a 7.5 kW.

EN 60335-1
IEC 60335-1
CEI 61-150

EN 60034-1
IEC 60034-1
CEI 2-3

CE

EJECUCIÓN BAJO PEDIDO

- Cuerpo bomba con bocas roscadas ISO 228/1
- Otros voltajes
- Kit camisa de enfriamiento completo con filtro y soportes; recomendado para potencias desde 2.2 kW hasta 7.5 kW

CAMISA DE ENFRIAMIENTO

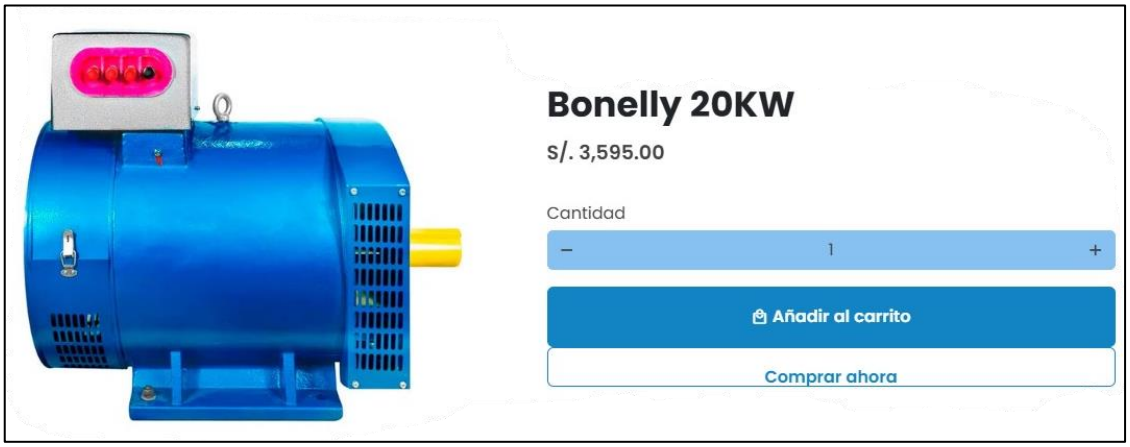
Fuente: (Manual Pedrollo, 2020)

SUSTENTO DE COSTOS DE LA MCH

Anexo 10: Costo de la Tubería de 8´´

Fuente: Pagina web**.**

Anexo 11: Generador Eléctrico de 20 KW.



Fuente: Pagina web.

VALOR REFERENCIAL
SECCION I: LINEAS PRIMARIAS
SUMINISTRO DE MATERIALES DE LINEAS PRIMARIAS

PROYECTO : AMPLIACIÓN DEL SERVICIO DE ELECTRIFICACIÓN RURAL EN LOS SECTORES DE LOS CASERÍOS DEL DISTRITO DE NAMBALLE - PROVINCIA DE SAN IGNACIO - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA

DEPARTAMENTO : CAJAMARCA
PROVINCIA : SAN IGNACIO
DISTRITO : NAMBALLE

Item	DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS	Unid	PRESUPUESTO		
			Metrado Total	Costo Unitario	Subtotal S/.
1,00	**CRUCETAS DE MADERA**				
1,01	Cruceta de madera tratada de 90 mm x 115 mm x 1,20 m	u	22,00	100,95	2 220,90
1,02	Cruceta de madera tratada de 90 mm x 115 mm x 2,40 m	u	501,00	195,30	97 845,30
1,03	Listón de madera tratada 50 x 19 mm sección, 2,7 m longitud (incluye clavos de fijación)	u	325,00	26,36	8 567,00
	SUB-TOTAL 1:				**108 633,20**
2,00	**POSTES DE MADERA IMPORTADA**				
2,01	Poste de madera importada (Pino Amarillo del Sur) de 12 m, Clase 6	u	112,00	1 355,48	151 813,76
2,02	Poste de madera importada (Pino Amarillo del Sur) de 12 m, Clase 5	u	300,00	1 536,20	460 860,00
	SUB-TOTAL 2:				**612 673,76**
3,00	**AISLADORES Y ACCESORIOS**				
3,01	Aislador de Porcelana Tipo Pin, Clase ANSI 56-3	u	716,00	63,30	45 322,80
3,02	Espiga de A°G° para Cruceta y Aislador 56-3, de 381 mm longitud y Accesorios	u	548,00	42,87	23 492,76
3,03	Espiga de A°G° de 609 mm longitud, para Cabeza de Poste y Aislador ANSI 56-3	u	168,00	35,40	5 947,20
	SUB-TOTAL 3:				**74 762,76**
4,00	**AISLADORES DE SUSPENSIÓN Y ACCESORIOS**				
4,01	Aislador Polimerico con Conexión Horquilla (Estructura) y Lengüeta (Linea) de 36 kV, según Especificacion Tècnica.	u	602,00	56,92	34 265,84
	SUB-TOTAL 4:				**34 265,84**
5,00	**CONDUCTOR DE ALEACIÓN DE ALUMINIO**				
5,01	Conductor de Aleacion de Aluminio de 35 mm²	km	89,98	2 065,97	185 895,98
5,02	Conductor de Aleacion de Aluminio de 70 mm²	km	9,83	3 674,11	36 116,50
	SUB-TOTAL 5:				**222 012,48**
6,00	**ACCESORIOS PARA CONDUCTOR DE ALEACION ALUMINIO**				
6,01	Varilla de Armar preformada Simple para Conductor de 35 mm²	u	210,00	10,77	2 261,70
6,02	Varilla de Armar preformada Doble para Conductor de 35 mm²	u	4,00	12,29	49,16
6,03	Grapa de Doble Via de Aluminio para Conductor de 35 mm²	u	768,00	5,59	4 293,12
6,04	Grapa de Doble Via de Aluminio para Conductor de 70 mm²	u	28,00	7,89	220,92
6,05	Alambre de Amarre Aluminio Recocido de 16 mm²	m	1 790,00	1,42	2 541,80
6,06	Amortiguador de Vibracion Tipo Stockbridge para Conductor de 35 mm²	u	680,00	35,33	24 024,40
6,07	Amortiguador de Vibracion Tipo Stockbridge para Conductor de 70 mm²	u	88,00	47,71	4 198,48
6,08	Grapa de Angulo para Conductor de 35 mm²	u	12,00	29,82	357,84
6,09	Grapa de Anclaje para Conductor de 35 mm²	u	566,00	25,76	14 580,16
6,10	Grapa de Anclaje para Conductor de 70 mm²	u	24,00	40,85	980,40
	SUB-TOTAL 6:				**53 507,98**
7,00	**CONDUCTOR DE COBRE**				
7,01	Cable de Acero con Recubrimiento Metalúrgico de Cu de 4 AWG (21,15 mm²), para Puesta a Tierra	m	5 687,70	11,07	62 962,84
	SUB-TOTAL 7:				**62 962,84**
8,00	**MATERIAL DE FERRETERIA PARA POSTES Y CRUCETAS**				
8,01	Perno Cabeza Coche de A°G° de 13 mm Ø x 152 mm longitud, 76 mm maquinado, con Arandela, Tuerca y Contratuerca	u	1 024,00	4,27	4 372,48
8,02	Perno de A°G° de 16 mm Ø x 254 mm, provisto de Tuerca y Contratuerca	u	52,00	8,02	417,04
8,03	Perno de A°G° de 16 mm Ø x 356 mm, provisto de Tuerca y Contratuerca	u	156,00	9,63	1 502,28
8,04	Perno de A°G° de 16 mm Ø x 305 mm, provisto de Tuerca y Contratuerca	u	340,00	8,98	3 053,20
8,05	Perno doble armado de A°G° de 16 mm ø x 558 mm, provisto de 4 tuercas y 4 contratuercas	u	423,00	22,22	9 399,06
8,06	Perno doble armado de A°G° de 16 mm ø x 610 mm, provisto de 4 tuercas y 4 contratuercas	u	6,00	25,92	155,52
8,07	Tuerca-Ojo para Perno de 16 mm Ø	u	424,00	12,32	5 223,68
8,08	Tirafondo de A°G° de 13 mm ø x 102 mm de longitud	u	446,00	3,11	1 387,06
8,09	Brazo-Soporte (Riostra) de Perfil Angular de A°G° de 38 x 38 x 5 mm y 710 mm longitud	u	1 024,00	21,21	21 719,04
8,10	Arandela Cuadrada Plana de A° G°, 57 x 57 x 5 mm, Agujero de 18 mm Ø	u	1 994,00	1,82	3 629,08
8,11	Arandela Cuadrada curva de A° G°, 57 x 57 x 5 mm, Agujero de 18 mm Ø	u	1 008,00	1,88	1 895,04
8,12	Placa de Señal de Peligro y accesorios de fijación	u	412,00	22,56	9 294,72
8,13	Placa de Identificación y/o codificación de Estructura y accesorios de fijación	u	412,00	18,09	7 453,08
8,14	Placa de Secuencia de Fases y accesorios de fijación	u	412,00	21,59	8 895,08
8,15	Perno Ojo de A°G° de 16 mm Ø x 305 mm, provisto de Tuerca y Contratuerca	u	178,00	13,56	2 413,68
8,16	Abrazadera tipo CAS doble de A°G° 200 mm ø x 64 mm x 6,35 mm, incluye pernos, tuercas y arandela de fijacion.	u	67,00	80,42	5 388,14

CONSORCIO COLLANTES
CORPORACIÓN XV
Ing. Noemí Alarcón Gárate
Jefe de Estudios
CIP 51551

CONSORCIO COLLANTES
CORPORACIÓN XV
Ing. Raúl Darío Valencia Espinoza
Especialista Líneas y Redes Primarias
CIP 49805

VALOR REFERENCIAL
SECCION I: LINEAS PRIMARIAS
SUMINISTRO DE MATERIALES DE LINEAS PRIMARIAS

PROYECTO : AMPLIACIÓN DEL SERVICIO DE ELECTRIFICACIÓN RURAL EN LOS SECTORES DE LOS CASERÍOS DEL DISTRITO DE NAMBALLE - PROVINCIA DE SAN IGNACIO - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA

DEPARTAMENTO : CAJAMARCA
PROVINCIA : SAN IGNACIO
DISTRITO : NAMBALLE

Item	DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS	Unid	PRESUPUESTO		
			Metrado Total	Costo Unitario	Subtotal S/.
8,17	Abrazadera tipo media luna de A°G° 180 mm ø x 75 mm x 6,35 mm, incluye pernos, tuercas y arandelas	u	67,00	41,62	2 788,54
8,18	Separador de A°G° entre cruceta y poste, 45 mm separación, platina de 100 mm x 6,4 mm sección.	u	4,00	45,36	181,44
8,19	Placa de identificación de señal de sistema (Amarillo caterpillar en sistema electrico rural)	u	325,00	11,49	3 734,25
	SUB-TOTAL 8:				**92 902,41**
9,00	**RETENIDAS Y ANCLAJES**				
9,01	Cable de Acero Grado Extra alta resistencia (EHS), de 7 hilos	m	5 744,00	5,00	28 720,00
9,02	Varilla de Anclaje de A°G° de 16 mm Ø x 2,40 m, provisto de Ojal Guardacabo en un extremo; Tuerca y Contratuerca en el otro	u	359,00	45,69	16 402,71
9,03	Mordaza Preformada de A°G° para Cable de 10 mm Ø	u	718,00	12,24	8 788,32
9,04	Alambre de Acero N° 12 para Entorchado	m	538,50	0,54	290,79
9,05	Arandela de Anclaje de A°G°, 102 x 102 x 6,35 mm, Agujero de 18 mmø	u	359,00	5,82	2 089,38
9,06	Abrazadera de 4 sectores para Retenida, de 75 mm de altura, 6,35 mm de espesor y 70 kN de resistencia. Diámetro según dimensiones	u	359,00	82,13	29 484,67
9,07	Enlace metálico, de 254 mm x 75 mm x 38 mm, de 70 kN de resistencia	u	359,00	29,35	10 536,65
9,08	Aislador Polimerico con Conexión Horquilla (Estructura) y Lengüeta (Linea) de 36 kV, según Especificacion Técnica, para Retenida Aislada.	u	359,00	56,92	20 434,28
9,09	Grillete de Acero de 70 kN	u	359,00	15,55	5 582,45
9,10	Bloque de Concreto de 0,40 x 0,40 x 0,15 m	u	359,00	44,75	16 065,25
9,11	Guardacabo de A°G° para cable de 10 mm Ø	u	359,00	1,79	642,61
	SUB-TOTAL 9:				**139 037,11**
10,00	**MATERIAL PARA PUESTA A TIERRA**				
10,01	Electrodo de Acero Recubierto de Cobre de 16 mm Ø x 2,40 m	u	63,00	77,50	4 882,50
10,02	Plancha Doblada de Cobre para toma a Tierra de Espigas y/o Pernos	u	1 186,00	12,44	14 753,84
10,03	Conector de Bronce para Electrodo de 16 mm ø y Cable de Acero con Recubrimiento Metalúrgico de Cobre de 4 AWG (21,15 mm2)	u	63,00	8,08	509,04
10,04	Conector de Cobre tipo Perno Partido para Cable de Acero con Recubrimiento Metalúrgico de Cobre de 4 AWG (21,15 mm2)	u	494,00	8,84	4 366,96
10,05	Grapa en "U" para fijar conductor de PAT a Poste de Madera	u	21 788,00	0,40	8 715,20
10,06	Placa de Señalización de Poste (Puesta a Tierra)	u	63,00	21,92	1 380,96
10,07	Cemento conductivo (Saco de 25 kg)	u	63,00	67,53	4 254,39
10,08	Caja de registro de polipropileno para puesta a tierra de 257x320x320mm	u	63,00	43,83	2 761,29
	SUB-TOTAL 10:				**41 624,18**
11,00	**EQUIPO DE PROTECCION Y MANIOBRA**				
11,01	Seccionador Fusible Unipolar Tipo Expulsion (Cut-Out) de 27/38 kV, 100A, 150 kV-BIL.	u	126,00	336,89	42 448,14
11,02	Fusible Tipo Expulsion de 2 A, Tipo K	u	38,00	6,56	249,28
11,03	Fusible Tipo Expulsion de 3 A, Tipo K	u	45,00	6,71	301,95
11,04	Fusible Tipo Expulsion de 5 A, Tipo K	u	36,00	6,83	245,88
11,05	Fusible Tipo Expulsion de 8 A, Tipo K	u	30,00	6,29	188,70
11,06	Fusible Tipo Expulsion de 15 A, Tipo K	u	12,00	6,60	79,20
11,07	Pararrayos de Oxido Metalico, 21 kV, 10 KA Clase 1	u	126,00	256,30	32 293,80
	SUB-TOTAL 11:				**75 806,95**
	TOTAL SUMINISTRO DE MATERIALES				**1 518 189,51**

CONSORCIO COLLANTES
CORPORACION XV
Ing. Noemí Alarcón Gárate
Jefe de Estudios
CIP 51551

CONSORCIO COLLANTES
CORPORACION XV
Ing. Raúl Dario Valencia Espinoza
Especialista Líneas y Redes Primarias
CIP 49805

VALOR REFERENCIAL
SECCION I: LINEAS PRIMARIAS
MONTAJE ELECTROMECÁNICO DE LINEAS PRIMARIAS

PROYECTO : AMPLIACIÓN DEL SERVICIO DE ELECTRIFICACIÓN RURAL EN LOS SECTORES DE LOS CASERÍOS DEL DISTRITO DE NAMBALLE - PROVINCIA DE SAN IGNACIO - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA

DEPARTAMENTO : CAJAMARCA
PROVINCIA : SAN IGNACIO
DISTRITO : NAMBALLE

Item	DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS	Unid	PRESUPUESTO		
			Metrado Total	Costo Unitario	Subtotal S/.
1,00	**OBRAS PRELIMINARES**				
1,01	Replanteo Topográfico, Ubicación de Estructuras de Lineas Primarias. Incluye Elaboración de Planos de Concesión Rural	km	47,50	504,74	23 975,15
1,02	Estudio de Coordinación de la Protección y Balance de Cargas (incluye redes exiatentes y proyectadas)	Global	1,00	8 405,68	8 405,68
1,03	Monitoreo e Inspección del Ministerio de Cultura (MC)	Global	1,00	9 183,72	9 183,72
1,04	Programa de Monitoreo Ambiental (Incluye Línea Primarias, Red Primaria y Red Secundaria)	Global	1,00	6 403,02	6 403,02
1,05	Programa de Manejo de Residuos	Global	1,00	7 500,00	7 500,00
1,06	Programa de Talleres de Información y de Medidas Preventivas y/o Correctivas	Global	1,00	2 283,42	2 283,42
1,07	Cartel para Obra	u	2,00	1 994,81	3 989,62
1,08	Despeje de Árboles Dentro de la Franja de Servidumbre	Ha	52,32	2 899,17	151 684,57
1,09	Elaboración del Expediente Técnico Sustentatorio de Gestión de Servidumbre (1original + 3copias). Incluye Levantamiento Topografico, y presentacion digitalizada del Expediente	km	47,50	791,37	37 590,08
	SUB-TOTAL 1:				**251 015,26**
2,00	**TRANSPORTE DE MATERIALES DE ALMACEN EN OBRA A PUNTO DE INSTALACIÒN**				
2,01	Transporte de Poste de madera importado de 12 m, Clase 6 de Almacen a Punto de Izaje, en Terreno Llano sin Acceso Carrozable (< 1000 m)	u	101,00	305,82	30 887,82
2,02	Transporte de Poste de madera importado de 12 m, Clase 5 de Almacen a Punto de Izaje, en Terreno Llano sin Acceso Carrozable (< 1000 m)	u	268,00	340,39	91 224,52
2,03	Transporte de Poste de madera importado de 12 m, Clase 6 de Almacen a Punto de Izaje, en Terreno Accidentado sin Acceso Carrozable (< 1000 m)	u	11,00	437,24	4 809,64
2,04	Transporte de Poste de madera importado de 12 m, Clase 5 de Almacen a Punto de Izaje, en Terreno Accidentado sin Acceso Carrozable (< 1000 m)	u	32,00	510,68	16 341,76
2,05	Transporte de Cruceta de madera tratada de diferentes dimensiones, de Almacén a Punto de Instalación en Terreno sin Acceso Carrozable (< 1000 m).	u	464,00	15,53	7 205,92
2,06	Transporte de Seccionador Fusible Unipolar Tipo Expulsion (Cut-Out) de 27/38 kV, 100A, 150 kV-BIL. de Almacen a Punto de Instalaciòn en Terreno sin Acceso Carrozable (< 1000 m)	u	126,00	34,86	4 392,36
2,07	Transporte de Pararrayos de Oxido Metalico, 27 kV, 10 KA Clase 1 de Almacen a Punto de Montaje en Terreno sin Acceso Carrozable (< 1000 m)	u	126,00	16,64	2 096,64
2,08	Transporte de Aislador de Porcelana Tipo Pin, Clase ANSI 56-3 de Almacén a Punto de Instalaciòn en Terreno sin Acceso Carrozable (< 1000 m)	u	608,00	16,11	9 794,88
2,09	Transporte de Aislador Polimerico con Conexión Horquilla (Estructura) y Lengüeta (Línea), de 36 Kv y según Especificacion Técnica. de Almacen a Punto de Intalaciòn en Terreno sin Acceso Carrozable (< 1000 m)	u	592,00	8,08	4 783,36
2,10	Transporte de Conductor de Aleacion de Aluminio de 35 mm² de Almacen a Punto de Intalaciòn en Terreno sin Acceso Carrozable (< 1000 m)	km	86,22	87,05	7 505,45
2,11	Transporte de Conductor de Aleacion de Aluminio de 70 mm² de Almacen a Punto de Instalaciòn en Terreno sin Acceso Carrozable (< 1000 m)	km	9,81	170,06	1 668,29
2,12	Transporte de Bloque de Concreto de 0,40 x 0,40 x 0,15 m, de Almacen a Punto de Instalaciòn en Terreno sin Acceso Carrozable (< 1000 m)	u	359,00	90,58	32 518,22
2,13	Transporte de Accesorios de Ferreteria (Para Postes , conductores, Retenidas y PAT) de Almacen a Punto de Instalaciòn sin Acceso Carrozable (< 1000 m)	Global	1,00	3 746,64	3 746,64
	SUB-TOTAL 2:				**216 975,50**
3,00	**INSTALACION DE POSTES**				
3,01	Excavación en Terreno Tipo I (Arcilloso y Conglomerado)	m^3	124,89	75,33	9 407,96
3,02	Excavación en Terreno Tipo II (Rocoso)	m^3	101,38	252,82	25 630,89
3,03	Excavación en Terreno Tipo III (Húmedo)	m^3	234,65	200,96	47 155,26
3,04	Izaje, Identificación y/o codificación, y Señalización de Poste de madera importada de 12 m, Clase 6 (*)	u	112,00	125,49	14 054,88
3,05	Izaje, Identificación y/o codificación, y Señalización de Poste de madera importada de 12 m, Clase 5 (*)	u	300,00	137,56	41 268,00
3,06	Relleno y Compactación para cimentación de Poste 12m, en Terreno Tipo I (Arcilloso y Conglomerado)	m^3	112,75	133,13	15 010,41
3,07	Relleno y Compactación para cimentación de Poste 12m, en Terreno Tipo II (Rocoso)	m^3	88,70	140,60	12 471,22
3,08	Relleno y compactación para cimentación de poste	u	130,00	166,60	21 658,00
3,09	Solado de concreto para poste (e=0.10 m. C:H, 1:8)	u	130,00	31,60	4 108,00
	SUB-TOTAL 3:				**190 764,62**
4,00	**INSTALACION DE RETENIDAS**				
4,01	Excavación en Terreno Tipo I (Arcilloso y Conglomerado)	m^3	128,80	75,33	9 702,50
4,02	Excavación en Terreno Tipo II (Rocoso)	m^3	145,60	252,82	36 810,59
4,03	Excavación en Terreno Tipo III (Húmedo)	m^3	127,68	200,96	25 658,57
4,04	Instalación de Retenida Inclinada	u	359,00	107,58	38 621,22
4,05	Relleno y Compactación en Terreno Tipo I de Retenida	m^3	126,04	109,38	13 786,26
4,06	Relleno y Compactación en Terreno Tipo II de Retenida	m^3	142,48	117,24	16 704,36
4,07	Relleno y Compactación en Terreno Tipo III de Retenida	m^3	124,94	125,93	15 733,69
	SUB-TOTAL 4:				**157 017,19**
5,00	**MONTAJE DE ARMADOS**				
5,01	Armado PS1-0 (0°-5°) Monofasico retorno por tierra	Jgo.	26,00	74,83	1 945,58
5,02	Armado PS1-2, PS1-2L (0°-5°) Bifasico sin neutro	Jgo.	86,00	103,41	8 893,26
5,03	Armado PA1-2, PA1-2L (5°-30°) Bifásico sin neutro	Jgo.	2,00	111,29	222,58
5,04	Armado PA2-2 (30°-60°) Bifásico sin neutro	Jgo.	6,00	93,75	562,50
5,05	Armado PA3-0 (60°-90°) Monofásico retorno por tierra	Jgo.	6,00	74,83	448,98
5,06	Armado PA3-2 (60°-90°) Bifásico sin neutro	Jgo.	3,00	103,41	310,23
5,07	Armado PR3-0 Anclaje Monofásico retorno por tierra	Jgo.	74,00	80,74	5 974,76

CONSORCIO COLLANTES CORPORACIÓN XV
Ing. Raúl Darío Valencia Espinoza
Especialista Lineas y Redes Primarias
CIP 49806

CONSORCIO COLLANTES CORPORACIÓN XV
Ing. Noemí Alarcón Garate
Jefe de Estudios
CIP 51551

VALOR REFERENCIAL
SECCION I: LINEAS PRIMARIAS
MONTAJE ELECTROMECÁNICO DE LINEAS PRIMARIAS

PROYECTO : AMPLIACIÓN DEL SERVICIO DE ELECTRIFICACIÓN RURAL EN LOS SECTORES DE LOS CASERÍOS DEL DISTRITO DE NAMBALLE - PROVINCIA DE SAN IGNACIO - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA

DEPARTAMENTO : CAJAMARCA
PROVINCIA : SAN IGNACIO
DISTRITO : NAMBALLE

Item	DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS	Unid	PRESUPUESTO		
			Metrado Total	Costo Unitario	Subtotal S/.
5,08	Armado PR3-2, PR3-2L Anclaje Bifásico sin neutro	Jgo.	25,00	117,18	2 929,50
5,09	Armado TS-0 Soporte de Retención, monofásico, retorno por tierra	Jgo.	46,00	98,28	4 520,88
5,10	Armado TS-2 / TS-2L, Soporte de Retención, suspensión, bifásico sin neutro	Jgo.	64,00	117,18	7 499,52
5,11	Armado DS-2 Soporte derivación no tensada bifásico sin neutro	Jgo.	67,00	117,18	7 851,06
5,12	Armado DT-2 Soporte derivación tensada bifásico sin neutro	Jgo.	5,00	98,28	491,40
5,13	Armado TSEC-0P Soporte Retención, Suspensión 1ø,retorno p/ tierra c/ Pararrayos	Jgo.	22,00	98,28	2 162,16
5,14	Armado PSEC-2P, PSEC-2PL Soporte Secc.2ø, s/neutro c/ Pararrayos	Jgo.	4,00	169,72	678,88
5,15	Armado TSEC-2P Soporte Retención, Suspensión con Secc. 2ø, c/ Pararrayos	Jgo.	48,00	169,72	8 146,56
	SUB-TOTAL 5:				**52 637,85**
6,00	**MONTAJE DE CONDUCTORES**				
6,01	Tendido y Puesta en Flecha de Conductor de Aleación de aluminio de 35 mm², Por Fase, Incluye Instalación de Amortiguadores.	km	89,98	1 727,05	155 399,96
6,02	Tendido y Puesta en Flecha de Conductor de Aleación de aluminio de 70 mm², Por Fase, Incluye Instalación de Amortiguadores.	km	9,83	1 847,44	18 160,34
	SUB-TOTAL 6:				**173 560,30**
7,00	**INSTALACION DE PUESTA A TIERRA**				
7,01	Excavación en Terreno Tipo I (Arcilloso y Conglomerado)	m^3	32,57	75,33	2 453,50
7,02	Excavación en Terreno Tipo II (Rocoso)	m^3	31,02	252,82	7 842,48
7,03	Excavación en Terreno Tipo III (Húmedo)	m^3	34,12	200,96	6 856,76
7,04	Instalacion de Puesta a Tierra Tipo PAT-1C (Contrapeso). Instalación en Poste de Madera.	u	262,00	66,73	17 483,26
7,05	Instalación de Puesta a Tierra Tipo PAT-1 con un Electrodo Vertical. Instalación en Poste de Madera (Incluye instalación de una Caja de	u	63,00	77,91	4 908,33
7,06	Relleno y compactación de puesta a tierra con material adecuado	m^3	94,37	109,10	10 295,77
	SUB-TOTAL 7:				**49 840,10**
8,00	**PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO**				
8,01	Pruebas y Puesta en Servicio de Lineas Primarias	km	47,50	405,64	19 267,90
8,02	Expediente Técnico Final Conforme a Obra y de Concesión Rural de Líneas Primarias (1 Original + 3 Copias), incluye la presentacion	km	47,50	108,91	5 173,23
	SUB-TOTAL 8:				**24 441,13**
	TOTAL MONTAJE ELECTROMECÁNICO				**1 116 251,95**

(*) El Contratista coordinará con la empresa concesionaria para definir los detalles para la identificación y señalizacón de los postes.

CONSORCIO COLLANTES
CORPORACION XV
Ing. Noemí Alarcón Garate
Jefe de Estudios
CIP 51551

CONSORCIO COLLANTES
CORPORACION XV
Ing. Raúl Dario Valencia Espinoza
Especialista Líneas y Redes Primarias
CIP 49805

VALOR REFERENCIAL
SECCION I: LINEAS PRIMARIAS
TRANSPORTE DE MATERIALES DE LINEAS PRIMARIAS

PROYECTO : AMPLIACIÓN DEL SERVICIO DE ELECTRIFICACIÓN RURAL EN LOS SECTORES DE LOS CASERÍOS DEL DISTRITO DE NAMBALLE - PROVINCIA DE SAN IGNACIO - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA

DEPARTAMENTO : CAJAMARCA
PROVINCIA : SAN IGNACIO
DISTRITO : NAMBALLE

Item	DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS	Unid	PRESUPUESTO Metrado Total	Costo Unitario	Subtotal S/.
1,00	**CRUCETAS DE MADERA**				
1,01	Cruceta de madera tratada de 90 mm x 115 mm x 1,20 m	u	22,00	4,22	92,84
1,02	Cruceta de madera tratada de 90 mm x 115 mm x 2,40 m	u	501,00	7,00	3 507,00
1,03	Listón de madera tratada 50 x 19 mm sección, 2,7 m longitud (incluye clavos de fijación)	u	325,00	1,00	325,00
	SUB-TOTAL 1:				**3 924,84**
2,00	**POSTES DE MADERA IMPORTADA**				
2,01	Poste de madera importada (Pino Amarillo del Sur) de 12 m, Clase 6	u	112,00	300,00	33 600,00
2,02	Poste de madera importada (Pino Amarillo del Sur) de 12 m, Clase 5	u	300,00	360,00	108 000,00
	SUB-TOTAL 2:				**141 600,00**
3,00	**AISLADORES Y ACCESORIOS**				
3,01	Aislador de Porcelana Tipo Pin, Clase ANSI 56-3	u	716,00	2,68	1 918,88
3,02	Espiga de A°G° para Cruceta y Aislador 56-3, de 381 mm longitud y Accesorios	u	548,00	0,46	252,08
3,03	Espiga de A°G° de 609 mm longitud, para Cabeza de Poste y Aislador ANSI 56-3	u	168,00	0,46	77,28
	SUB-TOTAL 3:				**2 248,24**
4,00	**AISLADORES DE SUSPENSIÓN Y ACCESORIOS**				
4,01	Aislador Polimerico con Conexión Horquilla (Estructura) y Lengüeta (Linea) de 36 kV, según Especificacion Técnica.	u	602,00	4,60	2 769,20
	SUB-TOTAL 4:				**2 769,20**
5,00	**CONDUCTOR DE ALEACIÓN DE ALUMINIO**				
5,01	Conductor de Aleacion de Aluminio de 35 mm²	km	89,98	200,00	17 996,00
5,02	Conductor de Aleacion de Aluminio de 70 mm²	km	9,83	280,00	2 752,40
	SUB-TOTAL 5:				**20 748,40**
6,00	**ACCESORIOS PARA CONDUCTOR DE ALEACION ALUMINIO**				
6,01	Varilla de Armar preformada Simple para Conductor de 35 mm²	u	210,00	0,08	16,80
6,02	Varilla de Armar preformada Doble para Conductor de 35 mm²	u	4,00	0,08	0,32
6,03	Grapa de Doble Via de Aluminio para Conductor de 35 mm²	u	768,00	0,14	107,52
6,04	Grapa de Doble Via de Aluminio para Conductor de 70 mm²	u	28,00	0,14	3,92
6,05	Alambre de Amarre Aluminio Recocido de 16 mm²	m	1 790,00	0,24	429,60
6,06	Amortiguador de Vibracion Tipo Stockbridge para Conductor de 35 mm²	u	680,00	6,46	4 392,80
6,07	Amortiguador de Vibracion Tipo Stockbridge para Conductor de 70 mm²	u	88,00	5,02	441,76
6,08	Grapa de Angulo para Conductor de 35 mm²	u	12,00	2,52	30,24
6,09	Grapa de Anclaje para Conductor de 35 mm²	u	566,00	2,52	1 426,32
6,10	Grapa de Anclaje para Conductor de 70 mm²	u	24,00	2,52	60,48
	SUB-TOTAL 6:				**6 909,76**
7,00	**CONDUCTOR DE COBRE**				
7,01	Cable de Acero con Recubrimiento Metalúrgico de Cu de 4 AWG (21,15 mm²), para Puesta a Tierra	m	5 687,70	0,06	341,26
	SUB-TOTAL 7:				**341,26**
8,00	**MATERIAL DE FERRETERIA PARA POSTES Y CRUCETAS**				
8,01	Perno Cabeza Coche de A°G° de 13 mm Ø x 152 mm longitud, 76 mm maquinado, con Arandela, Tuerca y Contratuerca	u	1 024,00	0,04	40,96
8,02	Perno de A°G° de 16 mm Ø x 254 mm, provisto de Tuerca y Contratuerca	u	52,00	0,04	2,08
8,03	Perno de A°G° de 16 mm Ø x 356 mm, provisto de Tuerca y Contratuerca	u	156,00	0,04	6,24
8,04	Perno de A°G° de 16 mm Ø x 305 mm, provisto de Tuerca y Contratuerca	u	340,00	0,04	13,60
8,05	Perno doble armado de A°G° de 16 mm ø x 558 mm, provisto de 4 tuercas y 4 contratuercas	u	423,00	0,18	76,14
8,06	Perno doble armado de A°G° de 16 mm ø x 610 mm, provisto de 4 tuercas y 4 contratuercas	u	6,00	0,18	1,08
8,07	Tuerca-Ojo para Perno de 16 mm Ø	u	424,00	0,04	16,96
8,08	Tirafondo de A°G° de 13 mm ø x 102 mm de longitud	u	446,00	0,04	17,84
8,09	Brazo-Soporte (Riostra) de Perfil Angular de A°G° de 38 x 38 x 5 mm y 710 mm longitud	u	1 024,00	0,04	40,96
8,10	Arandela Cuadrada Plana de A° G°, 57 x 57 x 5 mm, Agujero de 18 mm Ø	u	1 994,00	0,04	79,76
8,11	Arandela Cuadrada curva de A° G°, 57 x 57 x 5 mm, Agujero de 18 mm Ø	u	1 008,00	0,04	40,32
8,12	Placa de Señal de Peligro y accesorios de fijación	u	412,00	0,04	16,48
8,13	Placa de Identificación y/o codificación de Estructura y accesorios de fijación	u	412,00	0,04	16,48
8,14	Placa de Secuencia de Fases y accesorios de fijación	u	412,00	0,04	16,48
8,15	Perno Ojo de A°G° de 16 mm Ø x 305 mm, provisto de Tuerca y Contratuerca	u	178,00	0,04	7,12
8,16	Abrazadera tipo CAS doble de A°G° 200 mm ø x 64 mm x 6,35 mm, incluye pernos, tuercas y arandela de fijacion.	u	67,00	4,62	309,54

CONSORCIO COLLANTES
CORPORACION XV
Ing. Noemi Alarcón Gárate
Jefe de Estudios
CIP 51551

CONSORCIO COLLANTES
CORPORACION XV
Ing. Raul Dario Valencia Espinoza
Especialista Líneas y Redes Primarias
CIP 49805

VALOR REFERENCIAL
SECCION I: LINEAS PRIMARIAS
TRANSPORTE DE MATERIALES DE LINEAS PRIMARIAS

PROYECTO : AMPLIACIÓN DEL SERVICIO DE ELECTRIFICACIÓN RURAL EN LOS SECTORES DE LOS CASERÍOS DEL DISTRITO DE NAMBALLE - PROVINCIA DE SAN IGNACIO - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA

DEPARTAMENTO : CAJAMARCA
PROVINCIA : SAN IGNACIO
DISTRITO : NAMBALLE

Item	DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS	Unid	PRESUPUESTO Metrado Total	Costo Unitario	Subtotal S/.
8,17	Abrazadera tipo media luna de A°G° 180 mm ø x 75 mm x 6,35 mm, incluye pernos, tuercas y arandelas	u	67,00	3,54	237,18
8,18	Separador de A°G° entre cruceta y poste, 45 mm separación, platina de 100 mm x 6,4 mm sección.	u	4,00	0,40	1,60
8,19	Placa de identificación de señal de sistema (Amarillo caterpillar en sistema electrico rural)	u	325,00	0,40	130,00
	SUB-TOTAL 8:				**1 070,82**
9,00	**RETENIDAS Y ANCLAJES**				
9,01	Cable de Acero Grado Extra alta resistencia (EHS), de 7 hilos	m	5 744,00	0,03	172,32
9,02	Varilla de Anclaje de A°G° de 16 mm Ø x 2,40 m, provisto de Ojal Guardacabo en un extremo; Tuerca y Contratuerca en el otro	u	359,00	0,38	136,42
9,03	Mordaza Preformada de A°G° para Cable de 10 mm Ø	u	718,00	0,17	122,06
9,04	Alambre de Acero N° 12 para Entorchado	m	538,50	0,06	32,31
9,05	Arandela de Anclaje de A°G°, 102 x 102 x 6,35 mm, Agujero de 18 mmø	u	359,00	0,03	10,77
9,06	Abrazadera de 4 sectores para Retenida, de 75 mm de altura, 6,35 mm de espesor y 70 kN de resistencia. Diámetro según dimensiones	u	359,00	1,46	524,14
9,07	Enlace metálico, de 254 mm x 75 mm x 38 mm, de 70 kN de resistencia	u	359,00	0,03	10,77
9,08	Aislador Polimerico con Conexión Horquilla (Estructura) y Lengüeta (Linea) de 36 kV, según Especificacion Técnica, para Retenida Aislada.	u	359,00	3,45	1 238,55
9,09	Grillete de Acero de 70 kN	u	359,00	0,03	10,77
9,10	Bloque de Concreto de 0,40 x 0,40 x 0,15 m	u	359,00	14,74	5 291,66
9,11	Guardacabo de A°G° para cable de 10 mm Ø	u	359,00	0,15	53,85
	SUB-TOTAL 9:				**7 603,62**
10,00	**MATERIAL PARA PUESTA A TIERRA**				
10,01	Electrodo de Acero Recubierto de Cobre de 16 mm Ø x 2,40 m	u	63,00	0,48	30,24
10,02	Plancha Doblada de Cobre para toma a Tierra de Espigas y/o Pernos	u	1 186,00	0,03	35,58
10,03	Conector de Bronce para Electrodo de 16 mm ø y Cable de Acero con Recubrimiento Metalúrgico de Cobre de 4 AWG (21,15 mm2)	u	63,00	0,03	1,89
10,04	Conector de Cobre tipo Perno Partido para Cable de Acero con Recubrimiento Metalúrgico de Cobre de 4 AWG (21,15 mm2)	u	494,00	0,03	14,82
10,05	Grapa en "U" para fijar conductor de PAT a Poste de Madera	u	21 788,00	0,03	653,64
10,06	Placa de Señalización de Poste (Puesta a Tierra)	u	63,00	0,03	1,89
10,07	Cemento conductivo (Saco de 25 kg)	u	63,00	17,25	1 086,75
10,08	Caja de registro de polipropileno para puesta a tierra de 257x320x320mm	u	63,00	0,03	1,89
	SUB-TOTAL 10:				**1 826,70**
11,00	**EQUIPO DE PROTECCION Y MANIOBRA**				
11,01	Seccionador Fusible Unipolar Tipo Expulsion (Cut-Out) de 27/38 kV, 100A, 150 kV-BIL.	u	126,00	80,00	10 080,00
11,02	Fusible Tipo Expulsion de 2 A, Tipo K	u	38,00	0,04	1,52
11,03	Fusible Tipo Expulsion de 3 A, Tipo K	u	45,00	0,04	1,80
11,04	Fusible Tipo Expulsion de 5 A, Tipo K	u	36,00	0,04	1,44
11,05	Fusible Tipo Expulsion de 8 A, Tipo K	u	30,00	0,04	1,20
11,06	Fusible Tipo Expulsion de 15 A, Tipo K	u	12,00	0,04	0,48
11,07	Pararrayos de Oxido Metalico, 21 kV, 10 KA Clase 1	u	126,00	80,00	10 080,00
	SUB-TOTAL 11:				**20 166,44**
	TOTAL TRANSPORTE DE MATERIALES				**209 209,28**

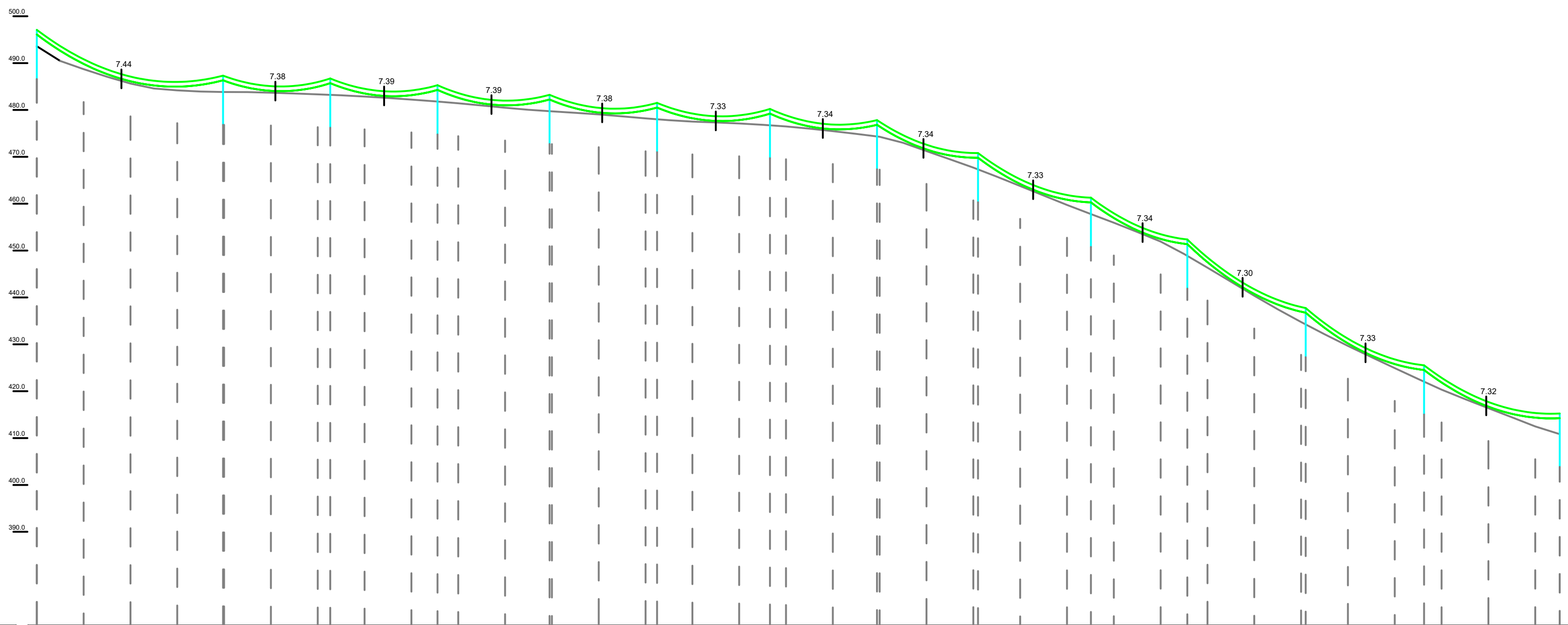
CONSORCIO COLLANTES CORPORACION XV
Ing. Noemí Alarcón Gárate
Jefe de Estudios
CIP 51551

CONSORCIO COLLANTES CORPORACION XV
Ing. Raúl Dario Valencia Espinoza
Especialista Lineas y Redes Primarias
CIP 49805

PLANO DE LA RED PRIMARIA

NRO ESTRUCTURA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
TIPO ARMADO		PS1-3L	PS1-3L	PS1-3L	PS1-3L	PS1-3L	PS1-3NL	PS1-3L	PS1-3L	PS1-3L	PS1-3L	PS1-3L	PS1-3L	PS1-3L
POSTE/SOPORTE		PM_12/5D	PM_12/5D	PM_12/5D	PM_12/5D	PM_12/5D	PM_12/5D	PM_12/5D	PM_12/5D	PM_12/5D	PM_12/5D	PM_12/5D	PM_12/5D	PM_13/5D
VANO PESO(m)		90.60	96.43	96.98	92.42	91.52	100.64	117.39	103.14	91.76	116.29	89.31	94.12	0.00
VANO VIENTO(m)		125.34	91.61	93.65	93.78	94.17	93.92	88.85	91.39	89.38	91.72	101.13	108.48	57.92
ACUMULADA (m)		159.08	250.69	342.30	437.98	529.85	626.32	717.70	804.01	900.48	982.78	1083.91	1185.04	1300.88
ANG. DREDECHO(°g)		-176.24	-175.39	-175.90	-176.09	-176.08	-175.61	-176.51	-179.85	-180.50	-181.54	-182.91	-181.57	-179.25
ANG. IZQUIERDO(°g)		-5.37	-5.88	-6.34	-6.07	-5.91	-6.47	-9.42	-10.71	-10.77	-13.46	-12.14	-10.82	0.00
TIPO RETENIDAS	01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	01
TIPO PAT		1PAT(1)	1PAT(1)	1PAT(1)	1PAT_Conl	1PAT(1)	1PAT(1)	1PAT(1)	1PAT(1)	1PAT(1)	1PAT(1)	1PAT(1)	1PAT(1)	1PAT(1)

Vano	1–2	2–3	3–4	4–5	5–6	6–7	7–8	8–9	9–10	10–11	11–12	12–13	13–14
VANO HORIZONTAL(m)	159.08	91.61	91.61	95.68	91.88	96.46	91.39	86.31	96.46	82.30	101.13	101.13	115.83
VANO EQUIVALENTE(m)	105.93	105.93	105.93	105.93	105.93	105.93	105.93	105.93	105.93	105.93	105.93	105.93	105.93
P. CATENARIA(m)	627.05	525.27	525.28	533.95	525.86	535.56	524.80	514.46	538.08	507.43	542.88	543.49	570.03
EDS INICIAL (%TR)	18.00%	18.00%	18.00%	18.00%	18.00%	18.00%	18.00%	18.00%	18.00%	18.00%	18.00%	18.00%	18.00%
EDS FINAL (%TR)	10.44%	8.38%	8.38%	8.55%	8.39%	8.58%	8.37%	8.17%	8.63%	8.04%	8.72%	8.73%	9.26%
CONDUCTOR DE FASE C1	AAC 30.58KCMIL	AAC 30.58KCMIL	AAC 30.58KCMIL	AAC 30.58KCMIL	AAC 30.58KCMIL	AAC 30.58KCMIL	AAC 30.58KCMIL	AAC 30.58KCMIL	AAC 30.58KCMIL	AAC 30.58KCMIL	AAC 30.58KCMIL	AAC 30.58KCMIL	AAC 30.58KCMIL



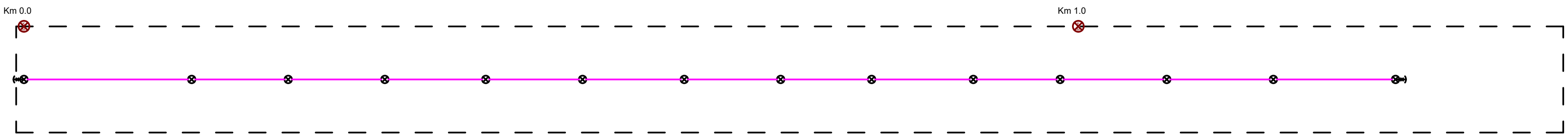
ESTACIÓN

DISTANCIA PARCIAL	159.08	91.61	91.61	95.68	91.88	96.46	91.39	86.31	96.46	82.30	101.13	101.13	115.83

DISTANCIA ACUMULADA	COTA DE TERRENO
0.00	486.61
40.00	481.70
80.00	478.64
120.00	477.18
159.08	476.84
160.00	[illegible]
200.00	476.68
240.00	476.33
250.69	476.22
280.00	475.86
320.00	475.22
342.30	474.79
360.00	474.42
400.00	473.47
437.98	472.74
440.00	472.71
480.00	472.06
520.00	471.20
529.85	471.01
560.00	470.53
600.00	470.12
626.32	469.73
640.00	469.48
680.00	468.47
717.70	467.35
720.00	467.27
760.00	464.23
800.00	460.70
804.01	460.32
840.00	456.77
880.00	452.74
900.48	450.79
920.00	448.94
960.00	444.92
982.78	441.88
1000.00	439.35
1040.00	433.37
1080.00	427.76
1083.91	427.25
1120.00	422.66
1160.00	417.92
1185.04	415.03
1200.00	413.33
1240.00	409.37
1280.00	405.49
1300.88	403.85

TIPO DE TERRENO

PROPIETARIO



N°	DESCRIPCIÓN	FECHA	DISEÑO	DIBUJÓ	REVISÓ	APROBÓ
5						
4						
3						
2						
1						

OLIVA ALEJANDRIA JEAN JORLY

OLIVA ALEJANDRIA JEAN JORLY

CONTRATISTA / CONSULTOR: OLIVA ALEJANDRIA JEAN JORLY

SUPERVISION: JURADO UNJ

FORMATO: A-1

DISEÑO DE RED PRIMARIA - TESIS

RED DE DISTRIBUCIÓN

0+0.00Km A 1+300.88Km

DPTO./EST.: CAJAMARCA | PROV.: Jaén | DIST.: Santa Rosa

DIS. OAJJ | DIB. OAJJ | REV. JURADO UNJ | APR. JURADO UNJ

FECHA : NOVIEMBRE 2024

PLANO N°: -01

ESCALA : H = 1/2000 V = 1/500

HOJA : 1/1