

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS
RENOVABLES**



**FACTIBILIDAD PARA EL USO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA
MEDIANTE ENERGÍA HIDRÁULICA EN LOS CENTROS
POBLADOS DE PROGRESO Y ACCOPATA DEL DISTRITO DE
ASILLO EN LA REGIÓN PUNO**

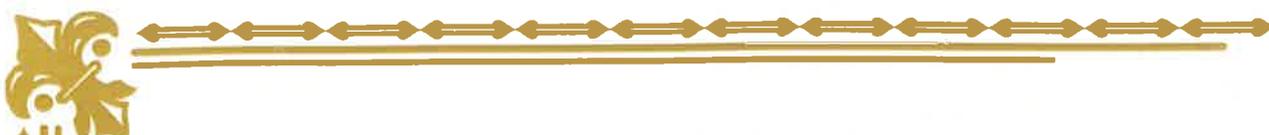
**Luis Beltran Gomez Larico
Yeltsin Daniel Zapana Moroco**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO EN ENERGÍAS RENOVABLES**

Asesor: Dr. UBALDO YANCACHAJLLA TITO



Juliaca, 2022



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS
RENOVABLES**



**FACTIBILIDAD PARA EL USO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA
MEDIANTE ENERGÍA HIDRÁULICA EN LOS CENTROS
POBLADOS DE PROGRESO Y ACCOPATA DEL DISTRITO DE
ASILLO EN LA REGIÓN PUNO**

**Luis Beltrán Gomez Larico
Yeltsin Daniel Zapana Moroco**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO EN ENERGÍAS RENOVABLES**

Asesor: Dr. UBALDO YANCACHAJLLA TITO



Juliaca, 2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS
RENOVABLES



FACTIBILIDAD PARA EL USO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA
MEDIANTE ENERGÍA HIDRÁULICA EN LOS CENTROS
POBLADOS DE PROGRESO Y ACCOPATA DEL DISTRITO DE
ASILLO EN LA REGIÓN PUNO

Luis Beltrán Gomez Larico
Yeltsin Daniel Zapana Moroco

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO EN ENERGÍAS
RENOVABLES

ASESOR: Dr. UBALDO YANCACHAJLLA TITO

Juliaca, 2022

Ficha catalográfica

Gomez, L.L.B., & Zapana, M.Y.D. (2022). Factibilidad para el uso de generación distribuida mediante energía hidráulica en los centros poblados de Progreso y Accopata del distrito de Asillo en la región Puno.

AUTORES: Luis Beltrán Gomez Larico y Yeltsin y Daniel Zapana Moroco

TITULO: Factibilidad para el uso de generación distribuida mediante energía hidráulica en los centros poblados de Progreso y Accopata del distrito de Asillo en la región Puno.

PUBLICACIÓN: Juliaca, 2022

DESCRIPCIÓN: Cantidad de páginas (106pp.)

NOTA: Tesis de la Escuela Profesional de Ingeniería en Energías Renovables - Universidad Nacional de Juliaca.

CODIGO: 02 – 000014 – 02/G68

NOTA: Incluye bibliografía

ASESOR: Dr. Ubaldo Yancachajlla Tito

PALABRAS CLAVE:

Canal de riego, Central hidroeléctrica, Michell Banki, Generación distribuida.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS
RENOVABLES

**“FACTIBILIDAD PARA EL USO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA
MEDIANTE ENERGÍA HIDRÁULICA EN LOS CENTROS POBLADOS DE
PROGRESO Y ACCOPATA DEL DISTRITO DE ASILLO EN LA REGIÓN
PUNO”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO EN ENERGÍAS RENOVABLES
Presentada por:

Luis Beltrán Gomez Larico

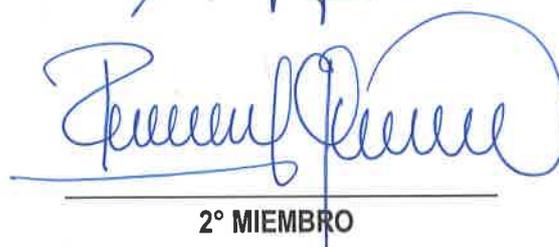
Yeltsin Daniel Zapana Moroco

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Dr. HENRY PIZARRO VIVEROS
PRESIDENTE DE JURADO



M.Sc. REYNALDO CONDORI YUCRA
JURADO (Secretario)



2° MIEMBRO

M.Sc. ARMANDO ANTONIO SALINAS DEL CARPIO
JURADO (Vocal)



3° MIEMBRO



Dr. UBALDO YANCACHAJLLA TITO
ASESOR DE TESIS

DEDICATORIA

La concepción de esta tesis está dedicada a nuestros abuelos Raymundo Zapana que en cielo nos acompaña y Teresa Pacha que aun guía nuestro camino terrenal, pilar fundamental en nuestras vidas. Sin ellos, jamás hubiésemos podido conseguir lo que hasta ahora. Su tenacidad y lucha insaciable han hecho de ellos el gran ejemplo a seguir y destacar, no solo para nosotros, sino para las personas y familia en general.

A Juliaca, la tierra que nos vio nacer, nos dio un origen y una identidad, orgullosos de lo que somos, de dónde venimos y hacia dónde vamos.

“Mas que ayer, menos que mañana”

AGRADECIMIENTO

A nuestros padres y hermanos por su amor, que nos da seguridad y confianza para realizar nuestros sueños. A los amigos que conocimos durante estos años, su compañía nos hace sentir en familia. A nuestros docentes por sus enseñanzas tanto académicas como de vida, recordándonos que la vida es un camino largo pero muy provechoso y por supuesto su amistad, entre ellos los ingenieros: Reynaldo Yucra, Elmer Aquino, Ubaldo Tito, Norman Beltrán. De forma muy especial al Ing. Henry Pizarro Viveros, por darnos a conocer que un proyecto de investigación científica siempre será bueno para contribuir con nuestra sociedad, al Ing. Juvenal Alcides que siempre nos enseñó que el camino de vida se la pasa con una sonrisa. Finalmente, no podíamos dejar de agradecer a la institución en la cual pasamos muchas alegrías, tristezas y un sin fin de anécdotas, por acogernos y permitirnos ser parte de todo lo que queremos, la búsqueda de la excelencia de nuestra especialidad. Gracias a todos.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I.....	18
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
1.1 Formulación del problema.....	18
1.1.1 Problema general.....	20
1.1.2 Problemas específicos.....	20
1.2 Objetivos de la investigación.....	20
1.2.1 Objetivo general.....	20
1.2.2 Objetivos específicos.....	20
1.3 Justificación de la investigación.....	21
1.3.1 Justificación ambiental.....	21
1.3.2 Justificación social.....	21
1.3.3 Justificación económica.....	22
1.3.4 Justificación Política.....	22
1.3.5 Justificación técnica.....	23
CAPÍTULO II.....	24
REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	24
2.1 Energías renovables.....	25
2.1.1 Energía hidráulica.....	25
2.2 Centrales hidroeléctricas.....	26
2.2.1 Minicentrales según su tipo de embalse.....	27
2.2.2 Minicentrales según su potencia.....	29
2.2.3 Según la altura de salto aprovechable.....	30
2.3 Ingeniería conceptual.....	30
2.3.1 Bocatoma.....	30
2.3.2 Desarenador.....	30
2.3.3 Canal de conducción.....	31

2.3.4 Aliviadero.....	31
2.3.5 Tubería de presión.....	31
2.3.6 Casa de Máquinas	32
2.3.7 Sistema De Transmisión Y Distribución De La Energía Eléctrica.....	33
2.4 Selección de tipo de turbina.....	34
2.5 Turbina Michell Banki.....	35
2.6 Recurso hídrico	36
2.7 Canales de riego.....	37
2.7.1 Grupos de canales de riego	38
2.7.2 Tipos de canales de riego	40
2.8 Marco normativo de las energías renovables.....	42
CAPÍTULO III	43
MATERIALES Y MÉTODOS.....	43
3.1 Formulación de la hipótesis	43
3.1.1 Hipótesis General	43
3.1.2 Hipótesis Especifica.....	43
3.2 Materiales.....	43
3.2.1 Recursos humanos.....	43
3.2.2 Recursos Materiales y/o Equipos	43
3.3 Procedimiento del método	44
3.3.1 Diseño de la central hidroeléctrica Accopata.....	44
3.3.2 Ubicación del proyecto	44
3.4 Diseño hidráulico	45
3.4.1 Potencia hidráulica neta	45
3.4.2 Diagramas de Velocidad	48
3.4.3 Velocidad de salida del inyector	49
3.5 Diseño mecánico.....	51

3.6	Diseño eléctrico	53
3.6.1	Generador.....	53
3.6.2	Tablero eléctrico de conexión en paralelo a la red.....	54
3.7	Diseño de infraestructura	55
3.7.1	Casa de maquinas	55
3.7.2	Canal de riego	55
3.7.3	Tubería forzada	56
3.8	Análisis de la producción energética	56
3.9	Análisis de generación distribuida en Accopata	57
3.9.1	Estudio de conexión	58
3.9.2	Normas técnicas de conexión.....	59
3.9.3	Potencia máxima de generación distribuida para la conexión	60
3.9.4	Parámetros eléctricos	60
3.9.5	Marco contractual.....	61
3.10	Análisis impacto ambiental de la pequeña central.....	63
3.10.1	Impactos ambientales comunes generados por la PCH.....	64
3.10.2	Análisis económico de la pequeña central	66
3.10.3	Inversión de la implementación de la PCH Accopata.....	66
3.10.4	Valor Actual Neto (VAN).....	67
3.10.5	Tasa Interna de Retorno (TIR)	68
3.10.6	Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI).....	69
CAPÍTULO IV		70
RESULTADOS Y DISCUSIONES		70
4.1	Resultados del análisis económico	70
4.1.1	Resultados del consumo de energía en centros poblados beneficiados	70
4.2	Resultados del diseño y parámetros de la turbina.....	73
4.2.1	Resultados de las dimensiones de la turbina hidráulica según cálculos.....	73

4.2.2 Resultado del diagrama de velocidades	74
4.3 Resultados de la simulación del flujo de la turbina	74
4.3.1 Simulación con caudal mínimo	75
4.3.2 Simulación con caudal medio	76
4.3.3 Simulación con caudal máximo	78
4.4 Resultado del análisis de impacto ambiental	80
CAPÍTULO V	83
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	83
5.1 Conclusiones	83
5.2 Recomendaciones	84
CAPÍTULO VI	85
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
ANEXOS	88

Índice de figuras

Figura 1. Canal de riego, centro poblado de Accopata.....	23
Figura 2. Central hidroeléctrica de agua fluyente (Creus Sole, 2008).	27
Figura 3. Central de pie de presa (Creus Sole, 2008).....	28
Figura 4. Central hidroeléctrica de canal de riego.....	28
Figura 5. Central en red de suministro de agua (Creus Sole, 2008).	29
Figura 6. Esquema de una central de agua fluyente.	32
Figura 7. Central en red de suministro de agua (Creus Sole, 2008).	35
Figura 8. Imagen adjunta de la patente de Banki (Budapest Patente nº 76839, 1918).	35
Figura 9. Sistema de entrega.....	38
Figura 10. Tramo de un sistema de entrega (PERPG, 2021).....	38
Figura 11. Sistema de recolección.	39
Figura 12. Sistema de conexión.....	40
Figura 13. Sección de canal de tipo triangular.	40
Figura 14. Sección de canal de tipo trapezoidal.	40
Figura 15. Sección de canal de tipo rectangular.	41
Figura 16. Sección de canal de tipo circular.....	41
Figura 17. Sección de canal de tipo parabólica.	41
Figura 18. Ubicación de la PCH Accopata (Google Earth Pro, 2021).	44
Figura 19. Rotor de la turbina Michell Banki.....	53
Figura 20. Vista general de la turbina Michell Banki.....	53
Figura 21. Canal de riego Accopata.	56
Figura 22. Presión del flujo del agua con caudal mínimo.	75
Figura 23. Temperatura del flujo del agua con caudal mínimo.....	75
Figura 24. Velocidad del flujo del agua con caudal mínimo.....	76
Figura 25. Presión del flujo del agua con caudal medio.....	76
Figura 26. Temperatura del flujo del agua con caudal medio.	77

Figura 27. Velocidad del flujo del agua con caudal medio.	77
Figura 28. Presión del flujo del agua con caudal mínimo.	78
Figura 29. Temperatura del flujo del agua con caudal maximo.	78
Figura 30. Velocidad del flujo del agua con caudal máximo.	79

Índice de tablas

Tabla 1: Clasificación de PCH según potencia instalada (Bismark & Rosales, 2014).	28
Tabla 2: Clasificación de PCH según salto aprovechable (Bismark & Rosales, 2014).	28
Tabla 3. Caudal promedio del canal de riego (Elaboración Propia).....	44
Tabla 4: Características técnicas del tablero eléctrico (IREM, 2022).	53
Tabla 5: Ajustes de máxima y mínima tensión (EDF International, 2018).	58
Tabla 6: Valores sugeridos para GD de frecuencia (EDF International, 2018).	59
Tabla 7: Comportamiento de perturbaciones en tensión (EDF International, 2018).....	59
Tabla 8: Estudios ambientales para proyectos de inversión.	62
Tabla 9: Estudios ambientales para proyectos de inversión.	63
Tabla 10: Parámetros para hallar los indicadores económicos.....	65
Tabla 11: Consumo de energía de C.P. cercanos la PCH.....	70
Tabla 12: Energía aplicable para la venta.....	71
Tabla 13: Total, de la venta de energía.....	71
Tabla 14: Ingresos y egresos de la PCH Accopata.	72
Tabla 15: Resultados del cálculo de los Índices económicos.....	73
Tabla 16: Datos principales de los componentes de la turbina.....	73
Tabla 17: Diagrama de velocidades.....	74
Tabla 18: Sistema de usado del entorno de analisis.	74
Tabla 19: tabla de declaracion de impacto ambiental.....	80

Índice de anexos

Anexo 1. Mapa base de la laguna Cotarsaya	88
Anexo 2. Consumo energético de los suministros.....	89
Anexo 3. Planos de la PCH Accopata	93
Anexo 4. Presupuesto de la PCH Accopata.....	100
Anexo 5. Cotización del sensor de medición de caudal.	105

LISTA DE SIGLAS Y SIMBOLOS

ANA	Autoridad Nacional del Agua
COES	Comité de Operación Económica del Sistema
GD	Generación Distribuida
IRENA	International Renewable Energy Agency
OLADE	Organización Latinoamericana de Energía
OSINERGMIN	Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería
PCH	Pequeña central hidroeléctrica
SEIN	Sistema Interconectado Nacional
SENACE	Servicio Nacional de Certificación Ambiental

Resumen

En el presente trabajo de investigación se plantea cubrir la demanda energética de los centros poblados de Progreso, Accopata y el distrito de San Antón integrando ocho suministros eléctricos, para lo cual, se propone el desarrollo de una pequeña central hidroeléctrica de 574.0 kW de potencia instalada. El recurso hídrico esta alimentado por la laguna Cotarsaya mediante una bifurcación de canal de riego con $3.11 \text{ m}^3/\text{s}$ de caudal y un salto neto de 20.92 metros, la energía obtenida después de cubrir a toda la demanda de los suministros es de 2.45 GWh al año haciendo posible la aplicación de mediana generación distribuida conectada en media tensión. El presupuesto planteado es de S/1,515,421.93 teniendo una utilidad promedio anual de S/186,293.22 durante 20 años. La turbina seleccionada para este proyecto es de tipo Michell Banki con un generador asincrónico de tipo jaula de ardilla de alto rendimiento. Se aprovechará una pendiente pronunciada en una de las ramificaciones, teniendo en cuenta la recopilación bibliográfica de diseños de pequeñas centrales y se resuelve que para una aplicación con tales características la tecnología más adaptable, eficiente y viable es la turbina Michell Banki. Finalmente, se realizó el análisis económico de la pequeña central hidroeléctrica considerando los Índices económicos VAN, TIR, PRS y B/C de S/. 564,247.36, 11.75%, 07 años y 1.15 respectivamente, dando lugar a que el proyecto sea viable económicamente.

Palabras clave: *Canal de riego, central hidroeléctrica, Michell Banki, generación distribuida.*

Abstract

In this thesis project it is proposed to cover the energy demand of the populated centers of Progreso, Accopata and the district of San Antón integrating eight supplies, the development of a small hydroelectric plant of 570.0 kW of installed power is proposed. The water resource is fed by the Cotarsaya lagoon through a bifurcation of the irrigation canal with a flow rate of $3.11 \text{ m}^3/\text{s}$ and a net jump of 20.92 m, the energy obtained after covering all the supply demand is 2.45 GWh per year making possible the application of distributed medium generation connected in medium voltage. The proposed budget is S/1,515,421.93 having an average annual profit of S/186,293.22 for 20 years. The turbine selected for this project is a Michell Banki type with a high-performance squirrel cage asynchronous generator. the use of a change of direction that integrates a steep slope in one of the ramifications. Taking into account the bibliographic compilation of mini central designs, it is resolved that for an application with such characteristics, the most adaptable, efficient and viable technology is the Michell Banki turbine. Finally, the economic analysis of the PCH was carried out considering the economic indices VAN, IRR, PRS and B/C of S/. 564,247.36, 11.75%, 07 years and 1.15 respectively, making the project economically viable.

Keywords: *Irrigation canal, hydroelectric power plant, Michell Banki, distributed generation.*

INTRODUCCIÓN

Una nación mide su desarrollo de acuerdo a la energía que consume, esto significa que su incremento permitirá ver de manera estadística el avance de un país. Perú, con respecto a su consumo de energía eléctrica se encuentra por debajo de los 100 TWh, hemos registrado un importante crecimiento debido a la demanda interna, durante el 2003 al 2013, el PBI se incrementó del 86% al 92%. Con respecto al acceso a la energía, se ha tenido avances significativos en cuanto al cierre de brechas, puesto que hay lugares donde el tendido eléctrico no llega, como país se ha optado por implementar pequeños sistemas aislados ya sea de fuentes energéticas renovables convencionales y no convencionales, catalogándose como micro redes.

El siguiente paso para el desarrollo energético del Perú, es optar por una política de generación distribuida, así como lo hacen nuestros países vecinos como son Chile y Colombia, si bien es cierto, el Perú aún no tiene un reglamento establecido para su aplicación, este debería ser presentado en los próximos años, puesto que a nivel mundial este concepto es fundamental para desarrollar el concepto de Smart City.

En este sentido se da la necesidad de investigar y tomar como objetivo el estudio de factibilidad del uso de generación distribuida a partir de una fuente de energía hidráulica proveniente de canales de riego con pendiente; de resultar económicamente viable es posible replicarlo en diferentes lugares que cumplan con similares características.

Este estudio se realizó en una de las bifurcaciones de canal de riego madre proveniente de la laguna Cotarsaya, específicamente en el centro poblado de Accopata perteneciente al distrito de Asillo, provincia de Azángaro, región Puno. La factibilidad de esta investigación está ligada a las condiciones del canal de riego, llámese distancias y pendientes, a su vez, el caudal toma un rol fundamental para determinar la potencia de generación. El análisis económico del sistema fue calculado a través de los índices económicos VAN, TIR, PRS Y B/C determinando la viabilidad económica del sistema.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Formulación del problema

Antes de la década de los noventa, el mercado eléctrico peruano estaba constituido por un monopolio estatal verticalmente integrado, el cual se encontraba caracterizado por tener un importante déficit, insuficientes inversiones, bajo coeficiente de electrificación, cortes y racionamiento del servicio. Este escenario fue modificado por las reformas estructurales de primera generación que se iniciaron en el mundo el cual llegó a Perú en la década de los noventa. La idea principal fue extraer las actividades de la cadena productiva, abrir el mercado a la competencia donde fuera posible, abandonar ese esquema de control de precios, introducir la inversión privada y la privatización, establecer modelos regulatorios apropiados para cada actividad (Tamayo, 2020).

Se puede afirmar que, a consecuencia de las referidas reformas, el mercado eléctrico peruano ha conseguido un desarrollo significativo que ha permitido acompañar al crecimiento económico del país. Por ello, se considera que este sector es trascendental para su desarrollo. Presenta, eso sí, un alto grado de complejidad por sus características técnicas, económicas y normativas.

En la actualidad, según la política energética y el mercado eléctrico nacional estamos catalogados por el consumo, zona y tipo de uso de la energía en dos grandes modelos, el mercado libre y regulado; a diferencia del mercado libre, el mercado regulado está sujeto a muchos factores para obtener el precio del kWh.

El mercado regulado que en su mayoría son la sociedad de uso doméstico (residenciales y no residenciales) y las MYPES los que sufren este tipo de variaciones, ya sea por la fijación de las tarifas establecidas por la generadora o por los conceptos que incluye la distribuidora para fijar el precio como son: alumbrado público, cargo fijo ajustado, mantenimiento y reposición de la conexión, energía primeros 30 kWh, energía ajustada, descuento o recargo FOSE, Ley 28749 (ley de electrificación rural), el Impuesto General a las Ventas (IGV).

En la región de Puno, la empresa encargada de comercializar la energía eléctrica es Electro Puno Sociedad Anónima Abierta, el cual indica que, las tarifas eléctricas se establecen teniendo en cuenta el sistema de medición para cada alternativa y no el uso de la energía, por lo que no se diferencia explícitamente entre tarifas industriales, comerciales y de uso general, etc. Actualmente existen 8 opciones tarifarias, 3 en MT

(Media Tensión) y 5 en BT (Baja Tensión) las cuales son de libre elección del cliente con las limitaciones establecidas para cada caso (Electro Puno S.A.A., 2020).

Las opciones tarifarias para MT consideran precios diferenciados para la facturación de potencia según si ésta se efectúa en horas de punta o bien en horas fuera de punta. Por otro lado, la facturación para BT se obtendrá multiplicando el o los consumos de energía activa, expresado en kilowatts hora (kWh) por el respectivo cargo unitario, según corresponda.

En el distrito de Asillo se encuentran los centros poblados de Progreso y Accopata, los mismos que cuentan con tres medidores de consumo de energía con tarifa BT5D el cual es la medición simple de energía activa - medición colectiva, al sumar el monto facturado llegan a un promedio de S/4,395.85 por mes facturado desde el enero de 2018 a diciembre de 2019.

En los centros poblados anteriormente mencionados se registran 295 familias los cuales poseen un promedio de pago por el uso de energía eléctrica S/ 14.89, realizando una consulta a la persona encargada para el cobro y lectura de los medidores (solo para control de energía de los pobladores) manifiesta que alrededor de 203 familias son las que realizan sus actividades agrícolas y ganaderas.

Realizando el descuento correspondiente del total de familias que no habitan los cuales pagan en total S/533.6 aproximadamente como cargo fijo, se determina que cada familia que reside permanentemente realiza un pago promedio de S/19.00, teniendo en cuenta que cada familia tiene un horario determinado para hacer el uso bombeo para sus parcelas hacen razón de que el uso de la energía es una limitante por el tema del costo.

Si bien es cierto, OSINERGMIN es el organismo encargado de la supervisión de la Inversión en Energía y Minería, los clientes regulados consideran que el cobro por el consumo de energía independientemente de la región es exorbitante. Esta afirmación va de acuerdo a una muestra tomada de Electro Puno S.A.A. por concepto de reclamos por excesivo consumo facturado, de un total de 61 casos solo el 1.66% son declarados fundados.

La laguna Cotarsaya alimenta al sistema de canales de riego de los centros poblados de Progreso y Accopata con un volumen total estático de 8105081 m^3 y con una precipitación histórica promedio de 12.5 milímetros.

En el centro poblado de Accopata se ubica una pendiente de canal con diferencia de altura 20.92 metros y una pendiente del 44%. El caudal de estiaje es de 2.36 m^3/s y el caudal máximo normal de 3.11 m^3/s , este recurso hídrico será utilizable para la

generación de energía eléctrica mediante un proyecto de una pequeña central hidroeléctrica, en la que los beneficiarios directos serían los centros poblados ya mencionados, dicha energía brindaría disponibilidad a la población con el uso doméstico, así como también para el riego de sus parcelas.

1.1.1 Problema general

¿Es factible la implementación del uso de generación distribuida mediante energía hidráulica en los centros poblados de Progreso y Accopata del distrito de Asillo en la región Puno?

1.1.2 Problemas específicos

- ¿Cuánto será el ahorro económico que tendrán los centros poblados de Accopata y Progreso?
- ¿Qué tipo de diseño y parámetros tendrá la turbina a utilizar?
- ¿La simulación de la turbina servirá como soporte para establecer una valorización técnica para su viabilidad?
- ¿Qué tipo de evaluación de impacto ambiental se aplicará en el área de implementación de la central?

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Evaluar la factibilidad de implementación de generación distribuida mediante energía hidráulica en los centros poblados de Progreso y Accopata del distrito de Asillo en la región Puno.

1.2.2 Objetivos específicos

De manera específica se realizan estudios, los cuales podrán definir la factibilidad del proyecto como:

- Analizar el ahorro económico de la implementación de la generación distribuida en los centros poblados de Accopata y Progreso.
- Determinar el diseño y parámetros de la turbina a utilizar.
- Desarrollar la simulación mecánica de la turbina en diferentes condiciones de operación será una herramienta significativa para acondicionar los componentes mecánicos y civiles.
- Evaluar y tipificar el impacto ambiental que se tendrá en la zona de implementación de la turbina.

1.3 Justificación de la investigación

1.3.1 Justificación ambiental

La tipificación y evaluación del impacto ambiental consistirá en el análisis del manejo, administración, conservación y aprovechamiento del recurso hídrico para la generación de energía por medio de la construcción de una pequeña central hidroeléctrica para los centros poblados de Progreso y Accopata mediante un estudio el cual se tipificará de acuerdo al SENACE (Servicio Nacional de Certificación Ambiental para las Inversiones Sostenibles).

Se pretende determinar la viabilidad medioambiental de dicho proyecto realizando una búsqueda de información de todos los factores ambientales presentes en el lugar, recopilando un Inventario Ambiental con una descripción del proceso constructivo y productivo. A partir de la información anterior, se identificarán y evaluarán los distintos impactos ambientales que se pueden llegar a producir durante la ejecución y explotación del presente proyecto. Sobre las acciones que podrían generar un mayor impacto se tomarán medidas para controlar y disminuir el impacto.

1.3.2 Justificación social

Posee justificación social ya que la implementación del uso de generación distribuida mediante energía hidráulica beneficiará de gran manera al desarrollo agropecuario de los centros poblados de Progreso, Accopata y zonas aledañas, ya que se le otorgará al agricultor y/o productor la capacidad de irrigar por más tiempo y mayor frecuencia a sus parcelas, que a su vez se verá beneficiado por el uso de la energía para sus hogares.

Las zonas rurales con el afán de su desarrollo agroindustrial necesitan contar con los medios que le ayuden a superar inconvenientes con la presencia de talleres de producción o de transformación, permitirá que el agricultor mejore la comercialización de sus productos, es por ello la importancia de la energía eléctrica.

La energía eléctrica producida por la pequeña central hidroeléctrica aumentará la eficiencia y la calidad de producción en los diferentes negocios, contribuyendo al ingreso económico familiar y comercial de las áreas rurales y urbanas de la zona.

1.3.3 Justificación económica

Dinamarca, país líder en el desarrollo de la Generación Distribuida, tuvo el apoyo estatal mediante medidas para la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías; además, de las políticas de regulación y subsidios emitidos en el mercado energético. Este liderazgo en energías renovables, ha puesto a la Unión Europea a la cabeza de este tipo de tecnologías de generación.

Entendiendo el contexto en el que se ha desarrollado el sector eléctrico peruano y conociendo las limitaciones para la instalación de nuevas redes con sus restricciones económicas a muchos proyectos de infraestructura eléctrica resulta entonces en extremo atractivo el esquema ofrecido por la GD en el planteamiento de soluciones energéticas integrales basadas recursos energéticos renovables que una sociedad tenga a su alcance.

Los indicadores que hacen que la GD sea atractiva para los países desarrollados y en vías de desarrollo como son España, Dinamarca y Uruguay son la comparativa que existe en costos de inversión y rendimiento de los RER, a su vez la eficiencia de complementar sistemas de generación con uso de recursos renovables y sistemas de generación distribuida.

1.3.4 Justificación Política

(Molinelli & Carbajal, 2011) en su libro “Fundamentos técnicos y económicos del sector eléctrico Peruano”, tipifica a la energía hidráulica como: tecnología como fuente primaria convencional. Las pequeñas centrales han sido muy utilizadas tanto para uso personal como por el sector privado por su pequeño tamaño y menor costo inicial, además de su facilidad de instalación. Por otro lado, el impacto ambiental de este tipo de instalaciones es pequeño, pues no hay necesidad de desviar el cauce de los ríos ni el ecosistema (Osinergmin, 2017).

El 16 de junio de 2005, se publicó en el diario el Peruano la “Ley N.º 28546, Ley de promoción y utilización de recursos energéticos renovables no convencionales en zonas rurales aisladas y de frontera del país”, el cual tiene por objeto promover las energías renovables para fines de electrificación. Esta ley fue uno de los primeros pasos por parte del gobierno para que las energías renovables puedan desarrollarse (Ministerio de Energía y Minas, 2005).

El Decreto Legislativo N.º 1002, establece el fomento de las energías renovables, eliminando cualquier barrera u obstáculo para su desarrollo, implica

promover la diversificación de la matriz energética, constituyendo un avance hacia una política de seguridad energética y de protección del medio ambiente, siendo de interés público dar un marco legal en el cual se desarrollen estas energías que alienten inversiones y modifique las normas vigentes que no han sido efectivas al carecer de alicientes mínimos previstos en la legislación comparada (osinergmin, 2008).

1.3.5 Justificación técnica

Hoy se puede obtener energía de centrales pequeñas a partir del aprovechamiento del caudal de los ríos o canales de riego conocidas como mini hidráulicas o mini hidroeléctricas (menos de 20 MW de potencia en el Perú). La energía generada a partir de este tipo de alimentación es considerada un tipo de energía renovable convencional y, por tanto, se encuentra sujeta a las normas regulatorias asociadas a estas energías.

Como anteriormente se había mencionado, la laguna Cotarsaya alimenta al sistema de canales de riego de los centros poblados de Progreso y Accopata como se muestra en la figura 1, en el desnivel existente (el mayor conseguido en el área de la irrigación y más económicamente utilizable sin alterar el sistema de distribución) con una diferencia entre superficies libres son 20.92 metros.

La implantación del presente proyecto nos permitirá poner en práctica nuestro nivel académico y al mismo tiempo consolidar nuestros conocimientos en el campo práctico, para de esta forma dar a conocer a la comunidad una alternativa importante para su desarrollo.



Figura 1. Canal de riego, centro poblado de Accopata.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LA LITERATURA

En cuanto a antecedentes de investigación nacionales encontrados son los siguientes:

En 2014, con el objetivo de conocer la capacidad de las fuentes renovables e incrementar la producción de energías renovables, el Estado peruano se ofreció a realizar la primera Evaluación del Estado de Preparación de las Energías Renovables (RRA) en América Latina, en cooperación con la Agencia Internacional de las Energías Renovables (Irena). El RRA concluye que el país ha realizado un gran avance en el desarrollo de las subastas de energías renovables y que tiene, además de considerable potencial de energía hidroeléctrica, abundantes recursos energéticos, tales como biomasa, fuerza eólica, energía solar y geotérmica, de los cuales la mayor parte no ha sido explotada.

Tamayo (2020) en su libro “Alcances De La Generación Distribuida En El Sector Eléctrico” busca proporcionar información que conlleva un análisis integral de aspectos técnicos, económicos y legales que van a intervenir en la implementación de la generación distribuida en los sistemas eléctricos, tanto desde las perspectivas mundiales como de las regiones. En este libro dan a conocer modelos de negocio destinadas a analizar la intervención entre el mercado eléctrico y la generación distribuida así también se presenta los impactos técnicos de la implementación de la generación distribuida.

Bismark & Rosales (2014) en su tesis “Diseño de una micro central hidroeléctrica para el análisis del costo final de la energía eléctrica para un centro poblado. Caso Rurashca, Ancash”, señala que el trabajo de investigación está orientado al aprovechamiento de los recursos renovables como fuente de generación de energía eléctrica y así poder satisfacer las necesidades de los pobladores. En este trabajo de investigación se selecciona la turbina Michell Banki a partir de las condiciones de caudal y caída que se tiene en el área de influencia. Finalmente, concluye que se obtiene un aumento en el precio de la energía eléctrica en un 1% con respecto al costo actual de energía del cual se resuelve que la hipótesis planteada fue errónea debido a que el costo de la energía eléctrica final fue superior al valor establecido en un 46%.

Romero & Velásquez (2021) en su artículo “Consideraciones de diseño de una turbina Michell-Banki” califican que desde el punto de vista técnico que las turbinas Michell Banki son empleadas para proyectos hidroeléctricos a pequeña escala, también que cuentan con un diseño sencillo y de fácil fabricación con buena eficiencia y de bajos costos de operación.

En este trabajo toman énfasis en que, para obtener la máxima eficiencia de esta máquina, el ángulo de orientación del chorro con el cual entra en contacto con el álabe debe ser tan pequeño como sea posible, por otra parte, desarrolla una metodología de diseño y de optimización de turbinas hidráulicas considerando que para la turbina Michell Banki se pueden realizar modificaciones estructurales y de diseño a fin de aumentar su eficiencia.

Tornero (2015), realizó el trabajo de investigación “Estudio de impacto ambiental de una minicentral hidroeléctrica de caudal fluyente” en el cual se evalúa rehabilitar la central hidroeléctrica llamada “La fábrica de la luz” ubicado en el pueblo de Chelva, Valencia, España. En este trabajo manifiesta que la acción que mayor impacto negativo causa es la construcción de la línea eléctrica, a su vez, con respecto al nivel hídrico, el impacto sobre la fauna se prevé que va a ser bajo, ya que en todo momento se mantendrá como mínimo el caudal ecológico. Por otra parte, determinan que la toma de medidas preventivas y correctivas, permiten reducir de forma considerable los impactos de las distintas acciones, pasando de tener once impactos graves, a únicamente uno tras la aplicación de dichas medidas.

2.1 Energías renovables

Luna (2019) manifiesta que una fuente de energía es renovable cuando su disponibilidad siempre es mayor que su uso. Por ejemplo, la energía solar estará disponible mientras que el Sol nos ilumine; por lo tanto, tendremos energía solar por miles de años. Lo mismo sucede con el viento y con la energía marina. Por otra parte, los biocombustibles son una fuente que puede ser renovable o no depende de qué tan rápido se usen. Si utilizamos la leña de un bosque muy rápidamente y la agotamos, claramente no hay un uso renovable.

Las energías renovables son aquellos recursos naturales los cuales pueden ser aprovechables para la generación de energía eléctrica sin afectar al ecosistema que lo rodea.

A. D. y Luna, N. (2019), energías renovables: hacia la sustentabilidad. México, D.F, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

2.1.1 Energía hidráulica

En teoría, la energía hidráulica es la contenida en una masa de agua elevada respecto de un nivel de referencia (de utilización). En la práctica, la energía hidráulica se obtiene a partir de cualquier masa de agua en movimiento. Tal puede ser el caso de la corriente de un río o como la corriente que discurre por una tubería

originada por una diferencia de altura entre dos puntos. En ambos casos, la energía potencial del agua se transforma en energía cinética, y ésta es la aprovechable (González & Pérez, 2009).

2.2 Centrales hidroeléctricas

Osorio (2016), define a la central hidroeléctrica como una instalación cuya misión es convertir la energía potencial y cinética del agua en energía eléctrica.

Esta definición implica que la central hidroeléctrica (CH) estará formada por todos aquellos elementos que intervienen en esta transformación, elementos de diversos tipos:

- Elementos de retención y almacenaje de agua, tales como embalses, presas o azudes.
- Elementos de conducción del agua, tales como obras de toma, canales, cámaras de carga, tuberías, sifones, etc.
- Elementos de apertura y cierre del paso de agua: compuertas, válvulas o ataguías.
- Equipamiento hidráulico: turbina, multiplicador, rejillas y limpiar rejillas.
- Equipamiento eléctrico: generador, transformador, línea eléctrica.
- Equipamiento de control y protección: interruptores, seccionadores, auto válvulas, red de tierras, etc.
- Equipamiento auxiliar: baterías de corriente continua para iluminación, tomas de fuerza, etc.
- Edificio de la central.

Todos los elementos que intervienen desde la captación del agua hasta su devolución al cauce, todo el equipamiento que interviene en la transformación energética hasta la entrega de la energía eléctrica donde la compañía eléctrica disponga forman parte de la central. Por lo tanto, en el análisis de una central hidroeléctrica hay que considerar dos grandes bloques los cuales son las obras civiles y el equipamiento electromecánico.

En el artículo N.º 03 del decreto legislativo N.º 1002 califica como RER a los recursos energéticos tales como biomasa, eólico, solar, geotérmico y mareomotriz y en el caso de la energía hidráulica, en términos de potencia instalada a aquellas menores a 20 MW.

2.2.1 Minicentrales según su tipo de embalse

Las minicentrales hidroeléctricas, independientemente de su potencia se pueden clasificar, en función de la forma en que se instalen los cuales son:

a) Centrales de agua fluyente

Donde no se regula el caudal de agua que se turбина, es decir, los generadores producen electricidad mientras pasa por las turbinas un caudal igual o superior a su mínimo técnico y se paran cuando el caudal desciende por debajo de ese nivel mínimo.

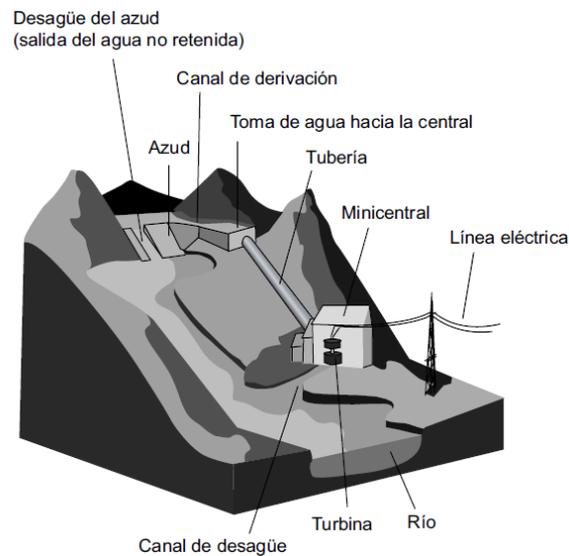


Figura 2. Central hidroeléctrica de agua fluyente (Creus Sole, 2008).

b) Centrales de pie de presa

Donde existe un embalse en el que se almacena agua y es posible regular el caudal de agua que se desea turbinar, es decir, se puede programar la generación eléctrica con el objetivo de adaptarla a la demanda o se puede inyectar la energía eléctrica en la red en horas punta, en las cuales los ingresos por unidad energética producida son superiores.

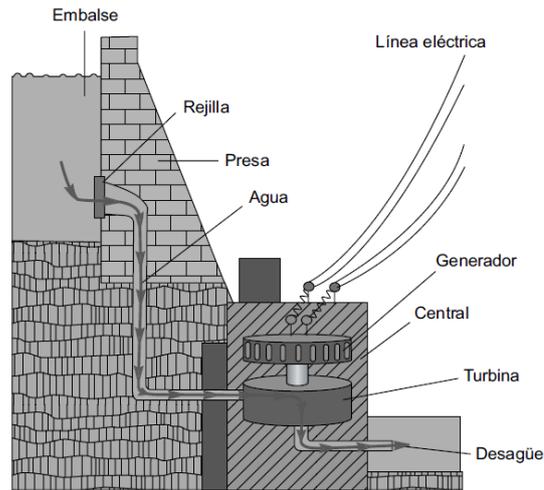


Figura 3. Central de pie de presa (Creus Sole, 2008).

c) Centrales integradas en canal de riego

Son centrales que utilizan la energía cinética del agua directa e indirectamente del paso del agua del canal de riego, preferentemente en el desnivel del mismo. Cabe añadir de que se construye un canal paralelo (depende del caso) para su paso cuando la turbina no esté funcionando.

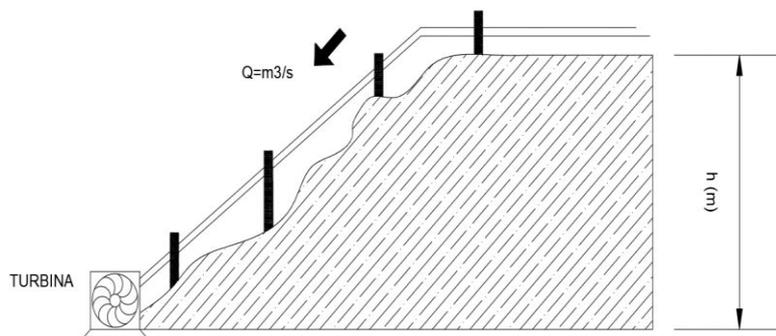


Figura 4. Central hidroeléctrica de canal de riego.

d) Centrales integradas en sistemas de alimentación de agua potable

Consiste en instalar una turbina a la salida de las tuberías de presión, que suministran el agua potable desde los embalses a las estaciones de tratamiento, con el propósito de convertir la energía hidrostática que contiene el agua en energía eléctrica.

Al igual que las centrales integradas dentro de canales de riego, se precisa instalar un bypass con el propósito de garantizar el suministro de agua a la población en el caso de parada de la turbina.

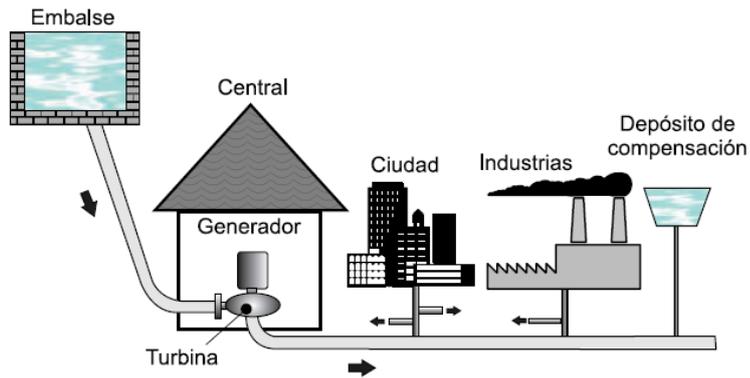


Figura 5. Central en red de suministro de agua (Creus Sole, 2008).

2.2.2 Minicentrales según su potencia

Esta clasificación es tomada del Atlas de potencial hidro energético de la UPME y sugerida por la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE, 2021).

a) Picos centrales

Poseen una capacidad instalada entre 0.5 y 5 kW, con operación a filo de agua, aplicables a zonas no interconectadas.

b) Micro centrales

Poseen una capacidad instalada entre 5 y 50 kW, con operación a filo de agua, aplicables a zonas no interconectadas.

c) Mini centrales

Poseen una capacidad instalada entre 50 y 500 kW, con operación a filo de agua, aplicables a zonas no interconectadas.

d) Pequeñas Centrales

Poseen una capacidad instalada entre 500 y 20.000 kW, con operación a filo de agua, aplicables a zonas no interconectadas y zonas interconectadas (sin posibilidad de participar en el despacho eléctrico, menores a 500 kW, y con posibilidad de hacerlo las mayores a 10.000 kW).

Centrales hidroeléctricas: poseen una capacidad instalada mayor de 20 MW, aplicable a zonas interconectadas, con participación obligada en el despacho eléctrico.

Todos estos conceptos se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 1

Clasificación de PCH según potencia instalada (Bismark & Rosales, 2014).

Potencia kW	Tipo
0-50	Micro central
50-500	Mini central
500-5000	Pequeña central

2.2.3 Según la altura de salto aprovechable

El salto aprovechable, suele ser menor que la altura bruta, por esta razón es el primer indicador para realizar las obras civiles, así como la selección de la turbina consecuentemente la selección del tipo de generador. Cabe destacar que los límites de saltos que se indican en la siguiente tabla son convencionales en centrales hidroeléctricas.

Tabla 2

Clasificación de PCH según salto aprovechable (Bismark & Rosales, 2014).

	Baja (M)	Media (M)	Alta (M)
Micro central	H>15	15<H>50	H>50
Mini central	H>20	20<H>100	H>100
Pequeña central	H>25	25<H>130	H>130

2.3 Ingeniería conceptual

La ingeniería conceptual del Proyecto comprende los criterios de diseño civil, equipo electromecánico y equipos auxiliares, componentes que conforman el aprovechamiento hidráulico en una central tipo agua fluyente que es el tipo de estructura que tiene el sistema de riego de la laguna Cotarsaya.

2.3.1 Bocatoma

Es la infraestructura ubicada en la entrada del canal de captación, tiene por finalidad derivar un curso natural de río, transportar un caudal determinado de diseño. Por otra parte, en pequeños aprovechamientos los tipos de bocatoma son la toma convencional y la toma de fondo o tirolesa; en los dos casos, se proyecta una ventana o rejilla para evitar el ingreso de sólidos flotantes y de esta manera minimizar los costos de operación y mantenimiento.

2.3.2 Desarenador

La función que cumple el desarenador dentro de la mini central es fundamental ya que decanta y luego expulsa las partículas sólidas dentro de sus

naves, para evitar la abrasión de las turbinas. El diámetro de partícula depende del tipo de turbina y la altura de caída. El agua limpia de sedimentos es drenada por un vertedero.

2.3.3 Canal de conducción

Encargados de transportar el caudal hacia la ubicación de la casa de máquinas donde estarán ubicadas las turbinas, puede estar dada por un canal o por una tubería, por lo tanto, dependerá del material de que sea construido para determinar la velocidad de conducción del agua hacia la turbina.

2.3.4 Aliviadero

El objeto principal de construir un aliviadero es la de brindar seguridad a la mini central, este debe ir ubicado en un sitio estratégico ya que este está destinado a verter el exceso de caudal cuando este propase la capacidad del canal, así evitaremos la posibilidad de desbordes del canal cuando varíen las condiciones normales de funcionamiento del canal.

2.3.5 Tubería de presión

Se denominan tuberías a los conductos que escurren agua, completamente llenos y bajo presión, generalmente son de sección circular, pero pueden adoptar otras formas, tal como la sección herradura. La ventaja de las tuberías con respecto a los canales, es la menor pérdida por filtración y evaporación, su ruta puede ser más corta e incluso puede ascender el flujo de agua por efecto de la gradiente hidráulica. En un proyecto de Central Hidroeléctrica se pueden utilizar dos tipos de tuberías: de baja presión y de alta presión. Para conducir el agua entre la cámara de carga y las turbinas de la casa de máquinas siempre será necesaria una tubería sometida a mayor presión, denominada tubería de presión.

La tubería de presión es la última etapa del transporte del caudal hacia la turbina criterios para la elección de la tubería de presión:

- Considerar los materiales para las uniones.
- Comparar los costos de mantenimiento y vida útil de los diferentes materiales.
- Considerar los diámetros de la tubería disponibles en el mercado.

Para la presente investigación se usará como tubería de presión al canal que se tiene en el desnivel existente, el mayor conseguido en el área del proyecto de irrigación denominada “Proyecto 7 de irrigación-Asillo” y más económicamente utilizable y lo más importante, sin alterar el sistema de distribución con una

diferencia entre superficies libres de masa de carga y el desagüe a la salida de la turbina de 22.817 metros se han ubicado y proyectado las obras básicas para la central hidroeléctrica.

2.3.6 Casa de Máquinas

La casa de máquinas es el lugar donde se encuentra el equipamiento electromecánico que generará la energía eléctrica, así como los equipos auxiliares necesarios para su funcionamiento. De forma general, la selección de las turbinas depende de la altura de caída y el caudal turbinado. entre los equipos que están ubicados en la casa de máquinas:

- Empalme entre la tubería de presión y la válvula de entrada.
- Válvula dedicada a controlar el flujo de agua hacia la turbina.
- Turbina es la que transforma la energía cinética del agua en energía mecánica.
- Generador transforma la energía mecánica en energía eléctrica.
- Canal de salida en la estructura que conduce las aguas turbinadas hacia el río o canal de río.

La casa de máquinas es la edificación que alberga las unidades generadoras es de suma importancia la ubicación de la Casa de Máquinas en relación a la Cámara de Carga y al Canal de Evacuación (descarga) que restituye al río las aguas turbinadas. La superestructura (paredes y cubierta), debe ser diseñada en función a los materiales disponibles en la zona y en las condiciones más eficientes de seguridad, operatividad y economía. La infraestructura (fundaciones y piso), es función del circuito hidráulico y del tipo de turbina. La superestructura está constituida por las áreas destinadas a la instalación del equipo electromecánico y servicios higiénicos.

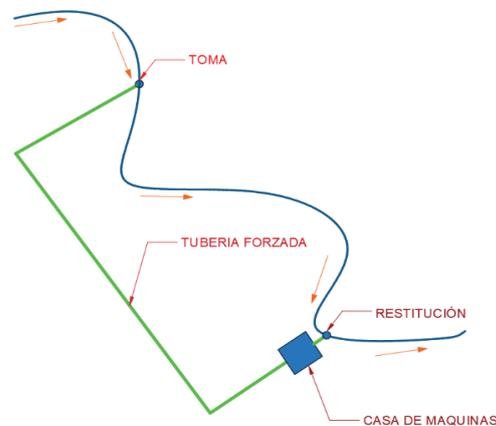


Figura 6. Esquema de una central de agua fluente.

2.3.7 Sistema De Transmisión Y Distribución De La Energía Eléctrica

Para proyectos de electrificación en zonas rurales, uno de los métodos de transmitir energía y que últimamente ha cobrado fuerza en el Perú, es el sistema Monofásico con retomo total por Tierra, el cual presenta las siguientes ventajas:

- El llevar un solo conductor reduce la longitud de conductores requerida para el sistema.
- Se puede aprovechar la existencia de un solo conductor para reducir el tamaño de la estructura, ya que se puede colocar el conductor por encima de la cabeza de la estructura para maximizar la distancia de seguridad al terreno, manteniendo el mismo vano de diseño que su similar trifásico. Por ejemplo, en algunos proyectos de electrificación rural se usa postes de 11m para los tramos MRT y postes de 12m en tramos trifásicos.
- Al existir un solo conductor se reduce los esfuerzos en las estructuras, por lo que se requiere de estructuras menos resistentes que su similar trifásico, y si se usa la misma estructura que de una distribución trifásica se puede incrementar el vano entre estructuras, reduciendo el número de estructuras a usar en terrenos desnivelados, donde la limitante es la carga de trabajo y no la distancia de seguridad al terreno.

El Sistema de Distribución o Redes de Tensiones Primarias, recorre o Sub distribuye la energía en Mediana Tensión, desde la línea de transmisión a las Subestaciones de Distribución, unidades transformadoras de Mediana a Baja tensión en los Centros de consumo. Siempre que sea posible el voltaje de transmisión debe ser igual al de generación. Si aquella no ocurre debido a excesivas pérdidas de Potencia en los conductores o a la necesidad de usar un alimentador con conductores exageradamente grandes y, por lo tanto, del alto costo el voltaje de transmisión debe ser aumentado hasta el valor normalizado que permita lograr el sistema de transmisión óptimo. El adoptar un voltaje de transmisión mayor que el de generación crea la necesidad de utilizar subestaciones de Transformación Elevadoras Tensión.

En el informe publicado en 1969 del proyecto de irrigación denominada “Proyecto 7 de irrigación-Asillo” hace referencia de la misma pendiente señalado en el tercer párrafo del apartado “tubería de presión”, en el cual indica que de dotar energía eléctrica a las poblaciones aledañas de: Progreso, Pacastiti, Asillo, Ururillo y Azángaro no es rentable ya que conllevaba la no rentabilidad de la

misma por el bajo consumo de energía eléctrica y el alto costo de realizar una línea de transmisión (38 km), transformadores y distribución de la corriente, salvo por razones de carácter social (ANA, 1969).

2.4 Selección de tipo de turbina

Para el proyecto de investigación, se determinó que teniendo en cuenta los datos de altura y caudal proporcionados la turbina Michell Banki como se muestra en la figura 7, el cual se realizará a partir del diseño, dimensionamiento y finalmente realizando pruebas de simulación para determinar el grado de eficiencia ya que estará aplicado a un canal de riego.

Entre los estudios iniciales que deben realizarse para la generación de energía eléctrica, están los estudios que permiten determinar los datos hidro energéticos del río o de cualquier otro aprovechamiento hidráulico como los son el caudal y altura disponible. Para obtener la altura neta, necesaria para el cálculo de la potencia útil, se deberá plantear la ecuación de la energía entre el embalse y la salida de la tubería de conducción, considerando las pérdidas de energía. Una vez que se determina la capacidad por instalar en un aprovechamiento hidroeléctrico, es necesario definir las geometrías y las dimensiones de cada uno de los elementos que componen la turbina.

El objetivo es seleccionar combinaciones de geometrías y dimensiones que permitan maximizar la eficiencia de conversión del sistema, garantizando así el máximo aprovechamiento de los recursos hidráulicos disponibles.

También se pueden consultar las recomendaciones de los fabricantes y empresas de diseño y consultoría, por eso es deseable ejecutar un diseño de experimentos que posibilite realizar cálculos y/o simulaciones para diferentes condiciones de diseño. Un diseño de experimentos bien ejecutado permite conocer la influencia de los factores (variables geométricas) sobre una respuesta (eficiencia de conversión del sistema); además posibilita la generación de un modelo matemático a partir del cual se encuentran los valores de los factores que proporcionan la respuesta de mayor calidad.

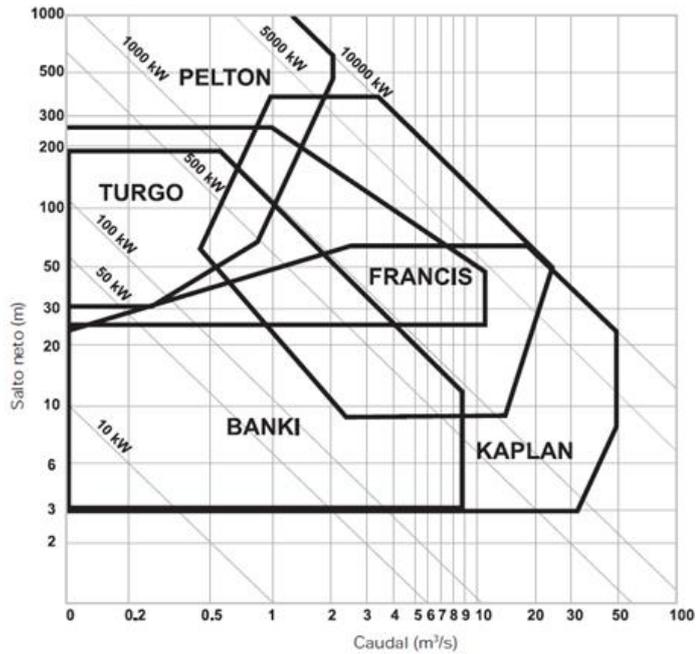


Figura 7. Rango de aplicación de distintos tipos de turbinas (Creus Sole, 2008).

2.5 Turbina Michell Banki

La turbina Michell Banki o también conocida como turbina de flujo cruzado, creada en 1903 por el ingeniero australiano Anthony George Maldon Michell, posteriormente el húngaro Donat Banki realizó un estudio minucioso buscando la mejora de la turbina, hasta que el 16 de febrero de 1918 logro patentarlo en la confederación Suiza como “Sistema de turbina de agua con entrada y salida radial en la circunferencia de la rueda”, su objetivo es procesar grandes cantidades de agua y lograr altas eficiencias tanto con un nivel bajo de agua fijo y tanto como cambiante.

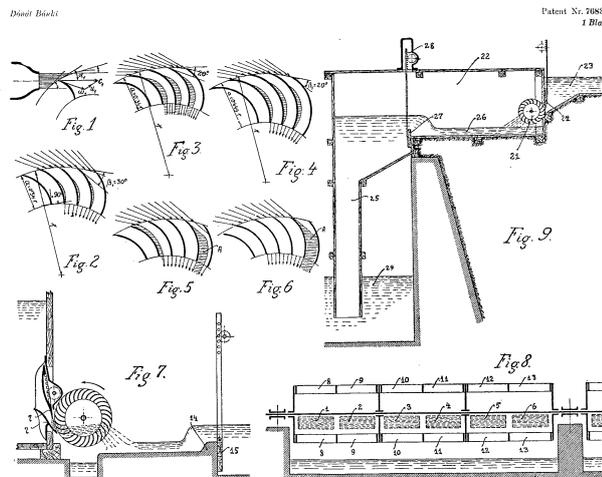


Figura 8. Imagen adjunta de la patente de Banki (Budapest Patente nº 76839, 1918).

Banki determino los ángulos ideales en entrada y salida del rotor, la turbina fue perfeccionada mecánica e hidráulicamente y comercializada a escala industrial por la compañía alemana Ossberger, la cual desde 1933 posee una patente de aprovechamiento del diseño desarrollado (Staniscia, 1990); cabe recalcar que esta turbina ha sido investigada de manera extensa, con consideraciones de diseño, optimización, automatización, incluso desarrollando Software de cálculos de diseño.

La turbina Michell Banki o turbina Ossberger está catalogada como una turbina de flujo cruzado de acción ya que el fluido atraviesa a los alabes de forma diagonal, por lo tanto, no se tiene en consideración un componente axial, cabe destacar que la entrega de energía se da en dos etapas, en la primera etapa entrega un promedio del 70% de la energía total transferida al rotor y el segundo alrededor del 30% restante.

2.6 Recurso hídrico

Según el glosario hidrológico internacional de la UNESCO (2012), se define como: *“Recursos disponibles o potencialmente disponibles de agua, en cantidad y calidad suficientes, en un lugar y en un período de tiempo dados, apropiados para satisfacer una demanda identificable”*.

Según la Autoridad Nacional del Agua-Perú (2013), se define como: *“Recurso natural renovable, indispensable para la vida, vulnerable y estratégico para el desarrollo sostenible, el mantenimiento de los sistemas y ciclos naturales que la sustentan, y la seguridad de la Nación”*.

El recurso hídrico de la Tierra se encuentra naturalmente en varias formas y lugares: en la atmósfera, en la superficie, bajo tierra, y en los océanos. El agua dulce representa sólo el 2.5% del agua de la Tierra, y se encuentra en su mayoría congelada en glaciares y casquetes glaciares. El resto se presenta principalmente en forma de agua subterránea, y sólo una pequeña fracción se encuentra en la superficie o en la atmósfera (ONU, 2022).

El agua es objeto de estudio en las ciencias físicas y químicas, en las ciencias de la tierra, en la biología y la ecología, en la economía y las ciencias sociales y humanas, en la cultura y la religión. Es también un elemento o herramienta imprescindible en las áreas constructivas y productivas, en la ingeniería, en la agronomía, en la medicina, en la política (Delgado & Alberich, 2005).

El agua es un recurso natural esencial para la vida, pero también debemos asumir que bajo esta premisa esta es variable en el tiempo y en el espacio, con disponibilidades diferentes en las distintas latitudes del mundo; justamente, esta disponibilidad y uso del

agua están cambiando por lo cual debemos considerar la preocupación por la disminución de este recurso.

El Perú se encuentra dividido en tres vertientes hidrográficas: Pacífico, Amazonas y Titicaca. Cuenta con 159 Unidades Hidrográficas, de las cuales 62 están en la vertiente del Pacífico, 84 en la vertiente del Amazonas y 13 en la vertiente del Titicaca. Estas Unidades Hidrográficas forman 14 ámbitos de las Autoridades Administrativas del Agua y 72 ámbitos de las Administraciones Locales de Agua, entidades descentralizadas de la Autoridad Nacional del Agua, órgano descentrado del Ministerio de Agricultura.

En el contexto nacional, la disponibilidad de agua en la vertiente del Pacífico es de 1.8%, mientras que en el Titicaca es de 0.5% y en el Amazonas es de 97.7%. En las últimas décadas se han desarrollado proyectos de infraestructura hidráulica multisectorial, especialmente destinadas a trasvasar las aguas de la vertiente del Amazonas hacia la del Pacífico; proyectos sobre los cuales dependen las economías de miles de familias y actividades sumamente importantes, principalmente de agro-exportación y generación de energía eléctrica (ANA, 2013).

2.7 Canales de riego

Tienen la finalidad de transportar el agua desde el punto de captación de cualquier tipo de fuente al punto final donde pueda ser usado y aplicado a los cultivos. Son obras de ingeniería importantes, que tiene gran importancia en la arista del diseño y una de las razones es no provocar daños al ambiente y de esta manera manejar de manera eficiente el recurso hídrico. Están estrechamente vinculados a las características del terreno, generalmente siguen aproximadamente las curvas de nivel de este, descendiendo suavemente hacia cotas más bajas dándole una pendiente descendente, para que el agua fluya más rápidamente y se gaste menos líquido.

El sistema de conducción y distribución o red de canales es uno de los elementos más importantes de una zona de riego. Esta red se diseña y construye para conducir el agua de un sitio a otro, de tal manera que llegue en la cantidad y con la oportunidad requeridas para satisfacer las necesidades de los cultivos, la industria, los asentamientos humanos, la fauna silvestre o acuícola, los sistemas de recreación y demás servicios que demandan este recurso y que se encuentran dentro del área de influencia de la zona de riego (Hamed, 2015). Los sistemas de canales se clasifican en tres grandes grupos.

2.7.1 Grupos de canales de riego

a) Sistema de entrega

El agua se transporta desde una fuente de abastecimiento hasta un determinado número de tomas o puntos de demanda. Este tipo de sistema es común en proyectos de irrigación, industria, zonas urbanas y sistemas piscícolas principalmente.

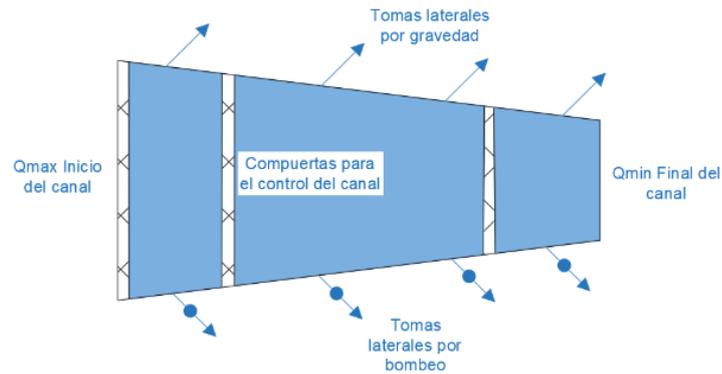


Figura 9. Sistema de entrega.



Figura 10. Tramo de un sistema de entrega (PERPG, 2021)

b) Sistema de recolección

Transporta el agua que se colecta por aportaciones provenientes de varias fuentes de suministro, como derivaciones de pozos de bombeo o descargas de drenes, que conducen el agua producto de los excesos de lluvia o riego hasta un punto de desviación o entrega. Estos sistemas se asocian con proyectos de captación y de disminución de riesgos por los excesos de agua, como los asociados al control de avenidas y evacuación de drenaje.

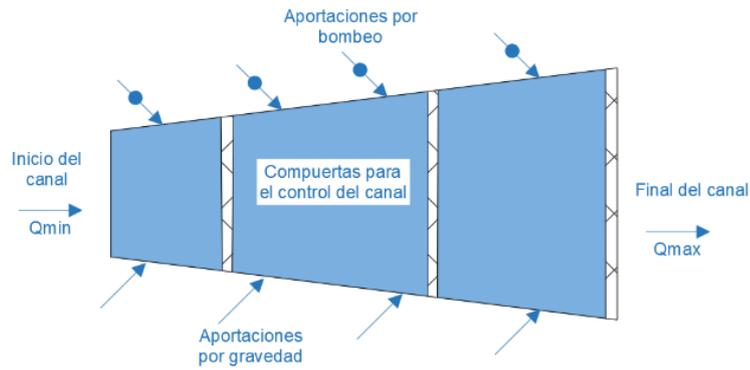


Figura 11. Sistema de recolección.

c) Sistema de conexión

Conduce el agua desde una fuente a un punto específico, es decir, lleva el agua de un lugar a otro, sin entregar ni recibir demandas o aportaciones intermedias. Estos sistemas se relacionan con las obras de toma de las plantas de bombeo, con los tramos muertos entre las presas y las zonas de riego, y con los proyectos de conducción que unen la red de canales con presas de regulación. Los sistemas de entrega, recolección y conexión no son excluyentes unos de otros. De hecho, la mayoría de las redes de canales incluyen una amplia combinación de estos sistemas. En dicho contexto, y debido a que las características de cada tipo de sistema influyen en la operación, además de las prioridades relacionadas con el suministro y la demanda, las diferencias físicas también se deben considerar al definir la política de operación. Un sistema de entrega tiene su mayor capacidad en su sección inicial aguas arriba. Esta capacidad decrece gradualmente, hasta su extremo final, aguas abajo. Algunas veces se ramifica en sucesivos y pequeños canales laterales.

El agua se deriva o se extrae hacia afuera por varios puntos a lo largo del canal, por lo que gradualmente se reduce su sección hasta su extremo final. Por esta razón, y entre otros factores, esta disminución en la capacidad de conducción amplifica los efectos de errores en el transporte del gasto hacia aguas abajo (Hamed, 2015).

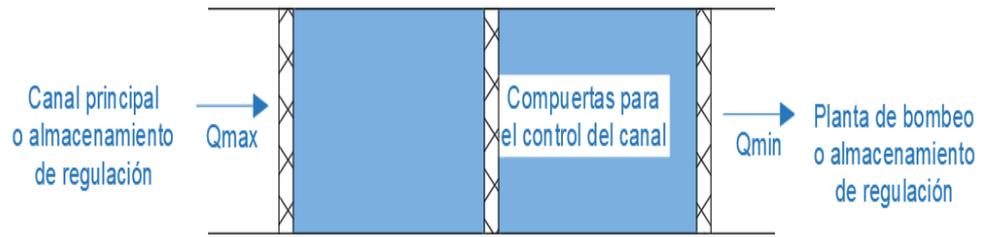


Figura 12. Sistema de conexión.

2.7.2 Tipos de canales de riego

Existen diversas formas y/o secciones de canales de riego abiertos los cuales

son:

- Triangular
- Trapezoidal
- Rectangular
- Circular
- Parabólica

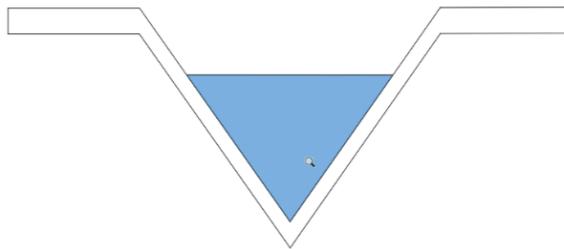


Figura 13. Sección de canal de tipo triangular.

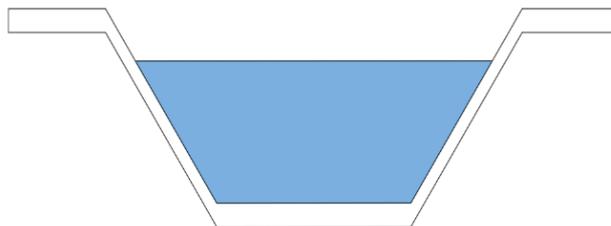


Figura 14. Sección de canal de tipo trapezoidal.

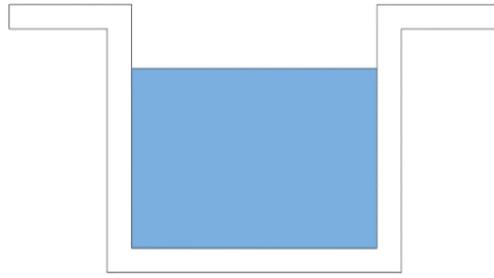


Figura 15. Sección de canal de tipo rectangular.

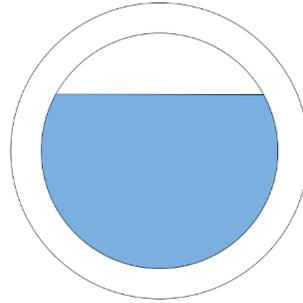


Figura 16. Sección de canal de tipo circular.

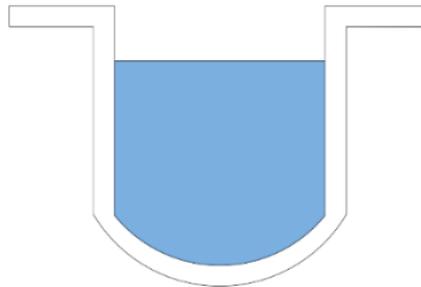


Figura 17. Sección de canal de tipo parabólica.

2.8 Marco normativo de las energías renovables

El presente proyecto de investigación se fundamenta en las siguientes normativas:

- Decreto Ley N° 25844.- Ley de Concesiones Eléctricas.
- Ley de promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables - Decreto Legislativo N° 1002 (mayo 2008).
- La Ley establece como prioridad nacional la promoción de las energías Renovables
- Ley N° 28832 (23/07/2006) – Ley para asegurar el desarrollo eficiente de la Generación Eléctrica.
- Decreto Supremo N° 009-93-EM. - Reglamento de la Ley de Concesiones eléctricas.
- Decreto Legislativo N° 1221 (24/09/2015) – Decreto Legislativo que mejora la regulación de la distribución de electricidad para promover el acceso a la energía eléctrica en el Perú
- Proyecto de Reglamento de Generación Distribuida aprobado mediante Resolución Ministerial N° 292-2018-MEM/DM (02/08/2018).
- Disposiciones transitorias del Reglamento RER (23 de marzo de 2011) el Ministerio de Energía y Minas publicó, con fecha 29 de marzo de 2011, el aviso previo para la convocatoria de la Segunda Subasta RER.
- Disposiciones Transitorias del Reglamento RER (23 de marzo de 2011) el Ministerio de Energía y Minas publicó, con fecha 12 de julio de 2013, el aviso previo para la convocatoria de la tercera subasta RER para Suministro de Energía al SEIN.
- Resolución Ministerial N° 349-2018-MEM/DM (13 de setiembre de 2018) Amplían plazo para la presentación de comentarios al proyecto de Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de la Generación Distribuida.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Formulación de la hipótesis

3.1.1 Hipótesis General

El uso de generación distribuida en los centros poblados de Progreso y Accopata cubrirá más de 123.21 MWh de la demanda de energía eléctrica al año.

3.1.2 Hipótesis Específica

- El análisis de los aspectos legales evidenciará las normativas peruanas que impulsan la generación distribuida.
- El ahorro económico se considerará significativo tras la implementación de la central mini hidráulica en los hogares de los centros poblados de Progreso y Accopata.
- La identificación de las turbinas permitirá obtener una eficiencia óptima en la producción de energía hidráulica.
- La simulación de la turbina permitirá obtener un punto de operación máximo eficiente.
- Se presentará una declaración de impacto ambiental y el impacto en la zona de implementación será menor al indicador de 25 de acuerdo a la metodología de Conesa Fernández Vitorta.

3.2 Materiales

3.2.1 Recursos humanos

- Tesista
- Transporte de materiales

3.2.2 Recursos Materiales y/o Equipos

Verificar Anexo 5

3.3 Procedimiento del método

3.3.1 Diseño de la central hidroeléctrica Accopata

En el presente apartado se mostrará el diseño hidráulico, mecánico y eléctrico de la propuesta de proyecto “Central Hidroeléctrica Accopata”.

3.3.2 Ubicación del proyecto

La Central Hidroeléctrica Accopata esta propuesta en el centro poblado de Accopata Central como se muestra en la figura 18, con latitud y longitud $14^{\circ}47'11''\text{S}$ $70^{\circ}21'14''\text{O}$ respectivamente, según el sistema de información geográfica de centros poblados del Instituto Nacional de Estadística e Informática, el cual presenta con registro de 65 viviendas y su idioma oficial es el quechua con temperaturas máximas de 16°C y mínimas de -2°C .



Figura 18. Ubicación de la PCH Accopata (Google Earth Pro, 2021).

País	: Perú
Departamento	: Puno
Provincia	: Azángaro
Distrito	: Asillo
Centro Poblado	: Accopata
Latitud Sur	: $14^{\circ}47'11''\text{S}$ (-14.6911916667)
Longitud Oeste:	: $70^{\circ}21'14''\text{O}$ (-70.3873783333)
Altitud	: 3913.2 msnm

La laguna Cotarsaya alimenta al sistema de canales de riego de los centros poblados de Progreso y Accopata, en este último existe un desnivel de 20.92 metros con una pendiente del 41.3% (el mayor conseguido en el área de la irrigación y más económicamente utilizable sin alterar el sistema de distribución).

La pequeña central hidroeléctrica tendrá una potencia de 574.00 kW descontando todas las pérdidas de generación, transformación y transmisión mediante un caudal de $3.11 \text{ m}^3/\text{s}$, esta producción de energía puede satisfacer la demanda de energía de las poblaciones como son Progreso y Accopata.

3.4 Diseño hidráulico

3.4.1 Potencia hidráulica neta

La potencia hidráulica neta que podrá suministrar la central hidroeléctrica, viene dada por:

$$P_h = g \times y_w \times Q \times H \times e \quad (1)$$

P_h =Potencia neta que puede brindar la central (Watts).

y_w =Densidad del agua $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Q = Caudal de diseño $\frac{\text{m}^3}{\text{s}}$

H =Altura neta disponible en la central (m)

g =Gravedad $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

e = Eficiencia

Para el cálculo de la potencia hidráulica que puede brindar la central hidroeléctrica, se tiene como dato que la altura bruta es de 20.92 metros (ver anexo 03) y el caudal que en su máxima necesidad alcanza los $3.11 \text{ m}^3/\text{s}$ y en la época de estiaje $2.36 \text{ m}^3/\text{s}$, ya que las necesidades de riego de la meseta, son durante ocho meses al año, puesto que los cuatro meses restantes: diciembre, enero, febrero, marzo, las precipitaciones satisfacen plenamente las demandas, salvo en años extremadamente secos.

Se toma los cuatro meses anteriormente como temporada de estiaje ya que el canal de riego no entra en funcionamiento por las razones mencionadas en el párrafo anterior, por otra parte, el presente proyecto no pretende cambiar y/o

modificar el sistema de administración del agua de la laguna Cotarsaya; en la siguiente tabla se muestra el promedio histórico del caudal en el canal de riego:

Tabla 3

Caudal promedio del canal de riego.

Mes	Caudal $\frac{m^3}{s}$
Enero	2.34
Febrero	2.33
Marzo	2.39
Abril	3.71
Mayo	3.67
Junio	3.70
Julio	3.66
Agosto	3.74
Setiembre	3.67
Octubre	3.67
Noviembre	3.74
Diciembre	2.37

Bajo el criterio de diseño que pretende soportar el mayor caudal posible que nos pueda entregar la laguna y su canal de riego se toma $3.11 m^3/s$ como caudal de diseño por otra parte, teniendo el valor de la altura bruta se reemplaza en (1) y se resuelve:

$$P_h = g \times y_w \times Q \times H \times e \quad (2)$$

$$P_h = 574.43kW$$

El rango de aplicación se define por los números específicos de revoluciones N_q y N_s los cuales se obtiene con las siguientes formulas:

$$N_q = N \frac{Q^{1/2}}{H^{3/4}} \quad N_s = N \frac{P^{1/2}}{H^{5/4}} \quad (3)$$

P = potencia al freno de la turbina en C.V.

Q = caudal máximo que fluye por la turbina en m^3/s

H = el salto neto de la central en metros

N = la velocidad de giro de la turbina en RPM

El rango de empleo de la turbina Michell Banki se encuentra entre 40 y 160 rpm Ns, para 574.43 kW y 20.92 m el Ns es de 128 rpm. Éste es un parámetro importante para realizar el diseño hidráulico de la turbina.

Para diseñar una turbina Michell-Banki se requieren determinar los datos del salto neto aprovechable y el caudal máximo que fluirá por ella. En algunos proyectos este caudal corresponde al caudal mínimo anual que se dispone, obtenido del estudio hidrológico, y en otros proyectos se deduce de la potencia al freno que la turbina deberá entregar al generador para que este entregue al sistema eléctrico una potencia determinada.

La potencia al freno de la turbina se obtiene con la fórmula:

$$PT = \frac{P_g}{\eta_g \times \eta_{tr}} \quad (4)$$

En donde:

Pg= potencia máxima que el generador entrega al sistema eléctrico

Ng= eficiencia del generador

Ntr=eficiencia de la transmisión mecánica utilizada entre la turbina y el generador.

Con la potencia al freno de la turbina, el caudal de diseño se obtiene con la fórmula:

$$Q = \frac{650.18 \text{ kw}}{9.807 \times 20.92 \times 0.78} = 4.06 \frac{m^3}{s}$$

Q = caudal máximo de diseño, en m³/s, que fluirá por la turbina

PT = potencia al freno de la turbina en kW

H =salto neto aprovechable, en metros

ηT es la eficiencia de la turbina cuando opera a plena carga

Otro parámetro necesario para el diseño de la turbina lo constituye el número óptimo de revoluciones con que deberá operar la turbina, que se deduce de la fórmula.

$$N = \frac{39.85 \times H^{1/2}}{D_e} \quad (5)$$

N = número de revoluciones óptimas en RPM

De = diámetro exterior del rodete, en metros

H = salto neto aprovechable, en metros

Cuando se diseña la turbina para que gire a una velocidad síncrona, el diámetro exterior del rodete se determina despejándolo de la fórmula anterior. Cuando la transmisión entre la turbina y el generador es a través de un sistema de bandas o engranajes se asume el diámetro del rodete y se aplica la fórmula anterior

Los cálculos hidráulicos de una turbina se realizan para determinar las dimensiones de sus elementos principales, en base al diseño que caracteriza a cada tipo de turbina.

El diseño de la turbina Michell-Banki se basa en que el inyector acelera y regula el flujo de agua que ingresa a la turbina y orienta el chorro de sección rectangular hacia los álabes del rodete, dándole un primer impulso, para que luego de atravesar el interior del rodete, dar un segundo impulso a los álabes, antes de salir hacia la descarga de la turbina.

3.4.2 Diagramas de Velocidad

Los perfiles de los álabes del rodete de una turbina, se determinan en base a los diagramas de velocidades en cada punto del rodete. Para determinar estos diagramas, es necesario definir la velocidad de salida del agua del inyector, la que se determina en base a la Ecuación de Bernoulli aplicada entre la superficie del reservorio, donde la velocidad del agua es aproximadamente cero, y a la salida del inyector.

$$\frac{P_o}{\gamma} + \frac{C_o^2}{2g} + Z_o = \frac{P_i}{\gamma} + \frac{C_i^2}{2g} + Z_i + \Delta H_t + \Delta H_i \quad (6)$$

En donde:

C_o y C_i , representan la velocidad de una partícula de agua en la superficie del reservorio y en la salida del inyector respectivamente.

P_o y P_i , representa las presiones en la superficie del reservorio y en la salida del inyector respectivamente. En este caso ambas presiones se pueden considerar iguales a atmosfera cuando la descarga de la turbina se realiza sin tubo de succión.

Z_o Y Z_i , representan los niveles topográficos en la supervise del reservorio y la posición del inyector respectivamente, y su diferencia es igual al salto bruto.

Y γ , representan el peso específico del agua y la aceleración de la gravedad respectivamente.

ΔH_t , es la pérdida de presión por efecto de la fricción del agua con las paredes de la tubería de presión.

ΔH_i , es la pérdida de presión por defecto de la fricción del agua con las paredes del inyector.

3.4.3 Velocidad de salida del inyector

Con todas estas consideraciones se determina que la velocidad de salida del agua del inyector es:

$$C_i = \sqrt{1 - \frac{\Delta H_i}{H}} \times \sqrt{2gH} \quad (7)$$

En donde: H, es el salto efectivo o neto de la central, obtenido de la diferencia entre el salto bruto y las pérdidas de presión en la tubería. Asimismo, se define K_c , como el coeficiente de velocidad del inyector representado por:

$$K_c = \sqrt{1 - \frac{\Delta H_i}{H}} \quad (8)$$

Con lo cual la velocidad de salida del agua del inyector queda expresada por:

$$C_i = K_c \sqrt{2gH} \quad (9)$$

En forma práctica K_c posee valores comprendidos entre 0.97 y 0.98.

La velocidad del agua a la salida del inyector es igual a la velocidad de ingreso del agua al rodete. Este chorro de agua a su vez se orienta hacia el rodete con un ángulo promedio denominado α_2 , el cual posee valores prácticos que se encuentran alrededor de los 16 grados.

También es conocido que, en las turbinas de acción, la velocidad se expresa por:

$$U_2 = K_u \times C_2 \times \cos \alpha_2 \quad (10)$$

Siendo K_u el coeficiente de velocidad tangencial que en el caso de las turbinas de acción poseen un valor aproximado a 0.5.

Con estas velocidades se determina la velocidad relativa.

$$W_2 = C_2 \sqrt{1 - Ku \times (2 - Ku) \times \cos^2 a_2} \quad (11)$$

Y con el ángulo β_2 se concluye la construcción del diagrama de velocidades.

En el interior del rodete, se cumple que los triángulos de velocidades son iguales, debido a que:

$$\begin{aligned} U_1 &= U' \\ C_1 &= C' \\ a_1 &= a'_1 \\ \beta'_1 &= 180 - \beta_1 \end{aligned} \quad (12)$$

Por lo tanto, se llega a la conclusión de que:

$$\beta'_1 = \beta_1 = 90^\circ$$

A la salida del agua del rodete, se forma un diagrama de velocidades en el que:

$$\begin{aligned} U'_2 &= U_2 = Ku \times C_2 \times \cos a_2 \\ \beta_2 &= 180 - \beta'_2 \\ \beta'_2 &= \text{arc Sen} \left(\frac{\text{sen } a_2}{(1 - Ku(2 - Ku) \cos^2 a_2)^{1/2}} \right) \end{aligned} \quad (13)$$

La velocidad relativa estaría expresada por:

$$W'_2 = K_f W_2 \quad (14)$$

Donde K_f es el coeficiente de velocidad relativa que expresa la pérdida por fricción del agua con los alabes del rodete, y su valor puede aproximarse a 0.98.

Con estas velocidades se obtiene la velocidad absoluta del agua a la salida del rodete, expresada por:

$$C'_2 = C_2 \sqrt{K_f^2 (1 - Ku(2 - Ku) \cos^2 a_2) + Ku^2 \cos^2 a_2 - 2K_f \cos^2 a_2 (1 - Ku) Ku} \quad (15)$$

El ángulo de salida con respecto a la tangente del rodete se obtiene con la siguiente expresión:

$$a'_1 = \text{arc Sen} \left| \frac{K_f \text{sen } \beta'_2 \sqrt{1 - Ku(2 - Ku) \cos^2 a_2}}{K_f^2 + Ku \cos^2 a_2 (Ku - K_f^2 (2 - Ku) - K_f)} \right| \quad (16)$$

Todas estas velocidades se pueden expresar en forma práctica cuando se definen las constantes. Por ejemplo, si asumimos un ángulo promedio α_2 igual a 16° , un coeficiente de velocidad K_c igual a 0.98, un coeficiente de velocidad tangencial K_u igual a 0.5 y un coeficiente de velocidad relativa K_f igual a 0.98, obtenemos las siguientes expresiones prácticas.

$$\begin{aligned}
 C_2 &= 4.34\sqrt{H} \\
 U_2 &= 4.34\sqrt{H} \\
 W_2 &= 2.40\sqrt{H} \\
 W'_2 &= 2.35\sqrt{H} \\
 C'_2 &= 1.20\sqrt{H} \\
 \beta'_2 &= 29.83^\circ \cong 30^\circ \\
 \beta_1 &= 90^\circ
 \end{aligned} \tag{17}$$

Como se puede observar los diagramas de velocidades sólo dependen del salto y los ángulos son independientes de las condiciones de salto y caudal.

3.5 Diseño mecánico

Teniendo en cuenta que ya se tiene el valor de la potencia hidráulica que nos proporciona los datos del caudal y del salto, se obtiene su potencia al freno para lo cual se utilizó la siguiente fórmula:

$$P_t = \frac{574.43 \text{ kw}}{0.93 \times 0.95} = 650.18 \text{ kw}$$

Con esta potencia se obtiene el caudal de diseño:

$$Q = \frac{650.18 \text{ kw}}{9.807 \times 20.92 \times 0.78} = 4.06 \frac{m^3}{s}$$

Numero óptimo de revoluciones, tomando en cuenta el diámetro exterior determinado 0.750 m:

$$N = \frac{39.85 \times \sqrt{20.92}}{0.750} = 243 \text{ rpm}$$

Calculamos el número específico de revoluciones:

$$N_q = \frac{243 \times \sqrt{4.06}}{20.92^{\frac{3}{4}}} = 50.06$$

$$N_s = \frac{243 \times \sqrt{872}}{20.92^{\frac{5}{4}}} = 160.38$$

Como se puede apreciar, ambos valores están dentro del rango.

A continuación, se procede al cálculo del diámetro interno del rodete con $\alpha=16^\circ$.

$$\frac{D_i}{D_e} = \left(\frac{2 \times \sin \alpha_1}{1 + \sin \alpha_1} \right)^{\frac{1}{2}} = 0.657 \times D_e \quad (18)$$

$$D_i = 0.657 \times 0.750 = 0.49 \text{ m}$$

Posteriormente se determina el ancho del inyector.

$$B = \frac{0.96 \times 4.06}{0.750 \times \sqrt{20.92}} = 1.14 \text{ m}$$

Determinación del ancho del rodete.

$$B_r = 1.5 \times B$$

$$B_r = 1.5 \times 1.14 = 1.70 \text{ m}$$

Cálculo del radio de curvatura de los alabes.

$$r = \frac{D_e}{4 \times \cos B'_2} \times \left[1 - \left(\frac{D_i}{D_e} \right)^2 \right]$$

$$r = 0.12 \text{ m}$$

Angulo de curvatura del alabe.

$$\phi = 2 \times \arctg \left[\frac{\cos B'_2}{\frac{D_i}{D_e} + \sin B'_2} \right] = 73^\circ$$

Cálculo del número de alabes teniendo en cuenta que el espesor del material es de 0.008 m.

$$Z = 0.10 \times \pi \times \left(\frac{D_e}{es} \right) = 30$$

Una vez obtenido el número total de alabes, se procede a determinar el paso entre los mismos.

$$p = \frac{\pi \times D_e}{Z} = \frac{\pi \times 0.750}{30} = 0.079 \text{ m}$$

Determinación del diámetro del eje del rotor.

$$d = 0.328 \times D_e$$

$$d = 0.328 \times 0.750 \text{ m} = 0.24 \text{ m}$$

Cálculo del diagrama de velocidades

$$C_2 = 4.34\sqrt{H} = 19.85$$

$$U_2 = 4.34\sqrt{H} = 9.56$$

$$W_2 = 2.40\sqrt{H} = 10.98$$

$$W'_2 = 2.35\sqrt{H} = 10.75$$

$$C'_2 = 1.20\sqrt{H} = 5.49$$

$$\beta'_2 = 29.83^\circ \cong 30^\circ$$

$$\beta_1 = 90^\circ$$

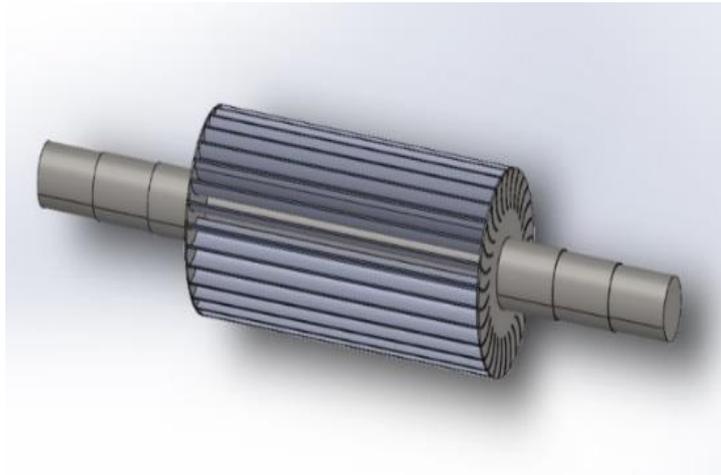


Figura 19. Rotor de la turbina Michell Banki.

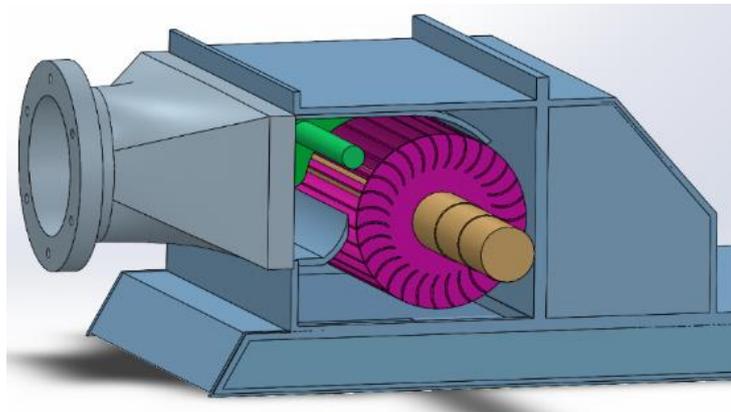


Figura 20. Vista general de la turbina Michell Banki.

3.6 Diseño eléctrico

3.6.1 Generador

Para nuestro caso se determinó que se usará un generador asíncrono, jaula de ardilla de alto rendimiento de rango de 3-750 kW con cojinetes lubricados, este generador cuenta con certificación europea 2006/42/CE (Directiva Máquinas), a su vez, consta de sensores de temperatura y un bobinado de generador N°3 PTC

en serie, con un rango de frecuencia 50-60 Hz con rango de tensiones 230/400V - 277/480V, trifásico con grado de protección IP55; cabe destacar que los componentes mecánicos son de acero inoxidable a contacto con agua.

Los accesorios que este generador debe llevar consigo son los siguientes:

- Válvulas de tipo on/off
- Válvulas de tipo on/off con accionamiento manual
- Válvulas de aguja por regulación lineal del caudal, accionada a través de actuador eléctrico
- Válvulas de aguja por regulación lineal del caudal con regulación
- Manual
- Sensores de temperatura pt100 bobinados generador
- Sensores de temperatura pt100 cojinetes del generador
- Sensor vibración aparato

3.6.2 Tablero eléctrico de conexión en paralelo a la red

Esta pequeña central contará con regulación automática del caudal y con sistemas de automatización como la tele gestión de forma remota a través de PC, tableta o smartphone, como toda central de potencia se debe monitorear y optimizar el rendimiento de los parámetros hidráulicos y eléctricos. El sistema turbina hidráulica-panel eléctrico es fiable, eficiente y sencillo, este tablero nos permitirá obtener sistemas hidroeléctricos con altos rendimientos y finamente contemplando que requieren muy poco mantenimiento, fáciles de instalar y administrar.

Tabla 4*Características técnicas del tablero eléctrico (IREM, 2022).*

Certificaciones	CEI 61439-1, CEI 61439-2, CEI0-21/A70 (conexión red BT), CEI0-16/A70 (conexión red MT)
Rango de potencia	3 – 750 kW
Tensiones	230/400V - 277/480V – 440V
Frecuencia	50/60 Hz
Automación	PLC
Medidor nivel/presión	Incluido, tipo analógico señal 4-20 mA
Interfaz panel operador	HMI touch screen a colores 10”
Analizador de red	Digital, trifásico, medición de tensiones, corrientes, frecuencia, cos.fi, potencia activa/reactiva/ aparente
Protecciones incluidas	Protección control de tensión / frecuencia red, protección magnetotérmica generador
ANSI code	27, 57, 47, 78, 81L, 81H, 81R
Corrección factor de potencia	Incluido, a través batería interna de los condensadores o panel externo automático de corrección factor de potencia
Grado de protección	IP54

3.7 Diseño de infraestructura

3.7.1 Casa de maquinas

La estructura a base de pórticos de concreto armado de 210 kg/cm^2 y vigas longitudinales de amarre. Cimientos y muros de la subestructura según diseño; una alcantarilla de concreto armado de 210 kg/cm^2 sobre el lateral del salto de Accopata que sirve como acceso a la zona de la casa de fuerza.

Rejillas movibles a nivel del piso sobre el canal del desagüe, las paredes que sirven de apoyo inferior a la tubería, como muros de concreto armado para soportar una carga concentrada de 10 toneladas con el eje de la tubería.

3.7.2 Canal de riego

Para el canal de riego, no se realizará ningún tipo de acción civil ya que se propone usar el canal que ya está construido en la zona de la implementación de la pequeña central, este canal este revestido por albañilería de piedra de 0.20 m de

espesor y el resto son muros de concreto ciclópeo, este canal es de tipo trapezoidal y tiene una longitud de 3580 metros a partir de la derivación del canal madre.



Figura 21. Canal de riego Accopata.

3.7.3 Tubería forzada

De un diámetro interno de 24" y ½" de espesor, esta tubería será de hierro Fundido Dúctil soldado cada 6 metros, unidas por bridas y apoyadas en dados de concreto ciclópeo sobre superficies lisas de calamina semicirculares, para facilitar la expansión y contracción por las fluctuaciones de temperatura (50°C) con un apoyo fijo en la parte superior para un empuje no menor de 10 toneladas y una junta de expansión antes del apoyo fijo interior constituido por el muro exterior de la casa de fuerza.

En la parte superior se establecerá una válvula de regulación y cierre antimagnético para un exceso de velocidad y una válvula de ventilación.

La tubería en la casa de máquinas antes del ingreso a la turbina, tendrá una válvula de mariposa con accionamiento a mano, caja y mariposa de hierro fundido, eje de acero y cojinetes de bronce, con tornillos engrasadores y empaques. El espesor de la tubería asegura la resistencia a las sobrepresiones y depresiones por el golpe de ariete.

3.8 Análisis de la producción energética

La pequeña central hidroeléctrica Accopata producirá alrededor de 3.2 GWh de energía al año, esto tomando en cuenta la los meses de estiaje que para el caso de canales de riego en tiempo de lluvia son: diciembre, enero, febrero, marzo.

Esta energía producida nos permitirá cubrir la demanda de los centros poblados de Accopata, Progreso y San Antón, los cuales consumen 0.8 GWh al año cubriendo al 100% su demanda, el excedente 2.45 GWh será comercializado, las utilidades obtenidas

servirán para amortizar el costo de la inversión en la creación de la pequeña central, cubrirá el plan de mantenimiento anual de la central y finalmente encargara de los costos fijos y variables.

3.9 Análisis de generación distribuida en Accopata

En el entregable titulado “Propuesta del marco normativo para el desarrollo de redes eléctricas inteligentes y generación distribuida en el Perú” publicado el 29 de marzo del 2018, por la empresa consultora EDF International Networks SAS, se promueve la clasificación de dos tipos de generación distribuida tales como son: la mediana generación distribuida (MGD) a partir de fuentes renovables no convencionales de 100 kW y la micro generación distribuida (MCD) con capacidad menor a los 100 kW.

Al separar estas dos categorías, también hace justo el medirlos por el nivel de performance y tipificar las reglas de conexión, así como los principios de comercialización; bajo esta premisa se debe de reconocer que la “Pequeña Central Hidroeléctrica Accopata” tendría que ser de carácter denominado “mediana generación distribuida”.

Si bien es cierto, en la actualidad existen varios proyectos de generación conectados a las redes de distribución en nivel de media tensión (MT), los cuales en términos legales hacen que estos proyectos no califiquen como proyectos de generación distribuida; por otra parte, el Ministerio de Energía y Minas aún no ha expedido el reglamento que defina las características que debe cumplir un proyecto de GD (generación distribuida).

El SEIN solo ha regulado el procedimiento de conexión de las unidades de generación que esta operado por el COES, pero no ha especificado las reglas para la conexión de la generación en MT de propiedad de las distribuidoras, por tal razón, existe en la actualidad un vacío normativo en dicho extremo.

El concepto de generación distribuida y su aplicación ya se ha dado en países tanto europeos como vecinos, en el caso del Perú, al darle paso a un análisis en la aplicación, esta evidencia una falta de conocimiento, normativa temática y capacidad de infraestructura infortunada.

Si el gobierno del Perú toma como punto de partida el entregable de la consultora EDF, estos cuatro conceptos deberían ser el pilar en cuanto a documentos normativos se refiere:

- Requisitos que tienen que cumplir las instalaciones para conectarse a la red pública, en general compete a la DGE del MINEM.
- Procedimientos y/o protocolos para la solicitud de conexión.
- Cumplir las normas de estudio de conexión que serán definidas por los administradores en base a documentación técnica de referencia.
- Contratos de acceso a la red y de operación.

3.9.1 Estudio de conexión

Con el fin de determinar las obras necesarias a realizar en las instalaciones del distribuidor, así como en instalaciones de transmisión a incorporarse un generador es necesario la realización de estudios eléctricos de inyección. Los mismos se deben realizar verificando el cumplimiento de las condicionantes técnicas. En el caso de estudio de inserción de generadores conectados en la red de BT, de una potencia inferior a una P_{max} BT (que se deberá definir mediante estudios técnicos) no sería necesario la realización de estudios sumarios. Para el resto de los casos (conexión a redes de BT de potencias mayores a P_{max} BT y conexiones a MT) será necesario realizar estudios de conexión. Podría considerarse como valor transitorio de P_{max} BT 36 kW.

Se presentan los criterios de conexión a redes en BT:

- La información técnica correspondiente a la instalación de generación figure en un documento de recolección.
- El productor presente certificados que contengan mínimamente:
 - La capacidad de la instalación de generación para operar en forma ilimitada en condiciones normales de tensión y la frecuencia de la red de distribución eléctrica.
 - La capacidad de la instalación de generación para permanecer en funcionamiento cuando la frecuencia o la tensión en la red pública de distribución eléctrica alcance valores excepcionales y por períodos limitados de tiempo. Eso se precisará en una certificación de los fabricantes de los equipos.
 - La conformidad de la instalación de generación con las obligaciones normativas y las normas vigentes relativas a la compatibilidad electromagnética de los equipos eléctricos y electrónicos.

A solicitud, se podría requerir pruebas de dichos certificados Basándose en la información facilitada, se propone que las EDE lleven a cabo un estudio sobre las condiciones técnicas de conexión. Dicho estudio podría tener en cuenta las características de la instalación de generación, las reglas de seguridad, las características de la red as normas técnicas y contractuales en vigor.

El objetivo del estudio seria detectar las posibles limitaciones que la conexión de la instalación de generación pueda considerar, por ejemplo:

- La intensidad máxima admisible en la red de distribución.
- Poder de corte de los disyuntores, y el comportamiento térmico y dinámico con las nuevas corrientes de cortocircuito de los equipamientos de la red, así como los puestos de conexión del generador y de los usuarios de la red pública de distribución eléctrica ya conectados.
- El nivel de la tensión en el punto de entrega de la instalación de generación.
- El nivel de tensión en los puntos de conexión de otros usuarios de la red pública de distribución eléctrica ya conectados, incluidas las subestaciones MT/BT.
- El funcionamiento del sistema de protección de la red pública de distribución eléctrica. Basándose en su estudio y luego de previa consulta se recomienda que las EDES propongan al interesado una solución de conexión que cumpla con los requisitos técnicos de conexión y adaptaciones técnicas de la red de distribución y de transmisión, necesarias realizar antes de la conexión. La solución puede también depender de adaptaciones técnicas de la instalación de generación que vaya a conectarse y de los requisitos a cumplir para su operación. En todo caso, esta solución especifica al productor, en el convenio de conexión, los elementos necesarios para adaptar la Instalación de Generación, incluidos los diversos dispositivos de protección correspondientes.

3.9.2 Normas técnicas de conexión

Respecto a las normas técnicas aplicables a la conexión de la GD en las redes de distribución es preciso remitirnos al análisis legal sobre la conexión de los proyectos de GD. Acorde con este análisis, no existe en la normativa actual disposiciones que regulen las normas técnicas a emplearse para la conexión de la GD.

Se definen los puntos que podrán contener las normas técnicas que tendrá que cumplir los generadores en dos casos de aplicación (MT y BT).

- Definición de Potencia Máxima de la instalación GD para su conexión.
- Método del cálculo de los corrientes de corto circuito.
- Metodología para precisar a Potencia Máxima por nivel de tensión para cada caso en particular.
- Sistema de Protección de la instalación GD.
- Comportamiento de la instalación a las variaciones de frecuencia.
- Comportamiento de perturbaciones en tensión y frecuencia
- Calidad de onda, límite de perturbaciones hueco de tensión, armónicos, flickers, desbalance, variaciones de tensión en la conexión y desconexión de la instalación GD.
- Perturbaciones ligadas a generadores, sincronismo, rampa de energización.
- Control de la Performance.

3.9.3 Potencia máxima de generación distribuida para la conexión

Es necesario normalizar el valor máximo de la instalación de generación para su conexión, específicamente haciendo énfasis como concepto la potencia nominal. Para el caso de la central Accopata, se debe realizar la conexión en media tensión, ya que en baja tensión tiene un valor máximo tomando en cuenta los casos mundiales potencias hasta 100 kW.

3.9.4 Parámetros eléctricos

Los parámetros eléctricos que deben cumplir al momento de realizar la conexión de una mediana generación distribuida en media tensión son los siguientes:

a) Ajustes de máxima y mínima tensión

Tabla 5

Ajustes de máxima y mínima tensión (EDF International, 2018).

Rango del voltaje (% del Vn)	Tiempo máximo de apertura (s)
V<85	1.5
V>115	0.2

b) Rango de operación del factor de potencia de la mediana generación distribuida en régimen permanente

Los valores deben estar entre $1.05 pu \geq V_{per} \leq 0.95 pu$

c) Variaciones de frecuencia en el comportamiento de la instalación

Tabla 6

Valores sugeridos para GD de frecuencia (EDF International, 2018).

Rango de la frecuencia (Hz)	Tiempo máximo de apertura (s)
>60.5	0.5
≤ 59.3	0.5

d) Comportamiento de perturbaciones en tensión

La instalación de generación debe estar diseñada para operar en condiciones normales en el rango de tensión establecido en el Reglamento de Calidad de Servicio del Regulador, para la tensión nominal de la red de distribución a la que se conecta. Otro requisito referente a la tensión, es exigir a que la instalación de generación al conectarse en paralelo con la red no cause fluctuaciones de tensión mayores a $\pm 5\%$ del nivel de tensión previo en el nodo de conexión. Para la puesta en paralelo de la instalación es imprescindible que haya tensión estabilizada en el nodo de conexión. Se considera que la tensión está estabilizada cuando luego de una perturbación el sistema retorna a los rangos de tensión y frecuencia reglamentarios, por un tiempo mayor a 5 minutos en forma continua, o un tiempo menor debidamente concertado previamente.

Tabla 7

Comportamiento de perturbaciones en tensión (EDF International, 2018).

Nivel De Tensión	Rango Admitido De Desviación ΔV
Todas las Zonas Urbanas	$-5\% \leq \Delta V \leq 5\%$
Todas las Zonas Urbanas-Rurales	$-7.5\% \leq \Delta V \leq 7.5\%$
Todas las zonas Rurales	$-7.5\% \leq \Delta V \leq 7.5\%$

3.9.5 Marco contractual

Luego de presentar la solicitud, revisar el sistema propuesto y verificar las condiciones técnicas y las pruebas realizadas de todos los parámetros anteriormente mencionados, así como la conexión y desconexión del sistema, verificación de que las redes de distribución sean capaces de soportar este

acampamento se determina el precio de compra del excedente de energía generada.

El propósito del contrato es definir las condiciones técnicas legales y financieras para la inyección a la red pública de distribución de electricidad, el objetivo de la revisión de los puntos anteriores es que este sistema deba ser verificado para que no obstaculice el funcionamiento de la red y no genere un deterioro en la calidad de servicio a los usuarios.

Cabe recalcar que, en el estudio de aplicación de generación distribuida en el Perú, propone que no se pueda generar más de la capacidad contratada, esperamos que teniendo en cuenta que ya las distribuidoras cuentan con pequeñas centrales de generación que están dentro del rango para ser consideradas como mediana generación distribuida, esta premisa de la potencia contratada pueda cambiarse.

Con respecto a la facturación se definirá entre el oferente y demandante el modo de facturación, la definición de una regla de facturación es una decisión política que debe tener en cuenta la política energética del país y los objetivos de desarrollo de la generación descentralizada garantizando o no la rentabilidad del proyecto del solicitante.

Para obtener un valor debemos tener en cuenta el principio de autoconsumo de la población del área de influencia tomando este concepto que es un antecesor de la generación distribuida, para este caso de estudio se tomó en cuenta las siguientes sociedades de acuerdo a los suministros proporcionados por la empresa de distribución de energía eléctrica de la región puno Electro Puno S.A.A.:

- COM. San Antonio De Accopata
- CC.PP. De Progreso SSEE 2
- CC.PP. De Progreso SSEE 1
- Municipio De San Antón
- Municipio De San Antón
- Municipio De San Antón
- Municipio De San Antón, San Antón
- COM. San Antonio De Accopata

Para tener un valor de referencia de venta de excedentes de generación, la mayoría de los países manejan dos tipos de conceptos contractuales con respecto a la generación distribuida:

Net Metering, Es la generación de electricidad que es auto consumida, en caso de haber un exceso de energía, se inyecta a la red; no obstante, a diferencia de la generación distribuida por autoconsumo, la energía sí se contabiliza mediante un medidor bidireccional, consiguiendo que se compense con la energía que ha consumido la empresa de distribución eléctrica. Cabe aclarar que mediante este procedimiento no se recibe una liquidación económica (Procetradi, 2021).

Net Billing, es otro tipo de generación distribuida de energía, la cual es auto consumida, sin embargo, en caso de haber excedente se inyecta a la red, la cual es controlada por un medidor bidireccional y es compensada mediante un sistema de liquidación económica. En otras palabras, se estaría vendiendo energía a la empresa de distribución eléctrica. A propósito, este mecanismo es el que genera mayor entusiasmo para invertir en generación distribuida (Procetradi, 2021).

3.10 Análisis impacto ambiental de la pequeña central

El Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) es un sistema único y coordinado de identificación, prevención, supervisión, control, mitigación y corrección anticipada de los impactos ambientales negativos derivados de acciones humanas, expresadas como políticas, planes, programas y proyectos de inversión. El SEIA está conformado por un conjunto de instituciones que cumplen roles y funciones precisas en el marco de este sistema.

Tomando en cuenta la función del SEIA, esta categoriza los niveles de entregables y tipos de documentos que se debe cumplir en los estudios ambientales.

Tabla 8

Estudios ambientales para proyectos de inversión.

Categoría		Clasificación
Categoría I	Declaración de impacto ambiental (DIA)	Incluye proyectos cuya ejecución no origina impactos ambientales negativos de carácter significativo.
Categoría II	Estudio de impacto ambiental semidetallado (EIASd).	Incluye proyectos cuya ejecución puede originar impactos ambientales moderados y cuyos efectos negativos pueden ser eliminados o minimizados mediante la adopción de medidas fácilmente aplicables
Categoría III	Estudio de impacto ambiental detallado (EIAAd).	Incluye aquellos proyectos cuyas características, envergadura y/o localización pueden producir impactos ambientales negativos significativos cuantitativa y cualitativamente.

El proyecto similar titulado “Aprovechamiento De La Quebrada Tupuri” con código SNIP 7824 ubicado en el departamento de Puno, provincia de Carabaya, Distrito de San Gabán, con una potencia instalada de 2 MW, fue aprobado con una declaración de impacto ambiental (DIA), bajo esta premisa y teniendo en cuenta que al momento de realizar la instalación de la PCH Accopata solo se realizará movimientos de tierras, pero al momento de instalar la turbina hidroeléctrica y construir la casa de máquinas se tendrá necesariamente que desviar el cauce del agua que pasa por los canales de riego, este inconveniente hace que en cuanto se presente la DIA, esta pueda tener observaciones por lo que se requerirá la elaboración de un Informe Técnico Sustentatorio (ITS).

Por otra parte, si la autoridad competente ve necesario cambiar a categoría II en (estudio de impacto ambiental semidetallado) esta acción hará que haya modificaciones significativas en cuanto a la inversión financiera de la central.

3.10.1 Impactos ambientales comunes generados por la PCH

En cuanto al medio ambiente se refiere, se manejará un estudio de impacto ambiental para delimitar los riesgos a las especies e impactos al medio ambiente que se darán durante las etapa constructiva y operativa del proyecto, así también los riesgos que deberán ser evaluados por la entidad correspondiente, la cual tipificará la categoría de impacto ambiental en que se encuentra el proyecto.

Tabla 9

Estudios ambientales para proyectos de inversión.

Procesos geofísicos	Erosión	Se tomará en cuenta si la PCH causará pérdida física del suelo de la laguna en grado variable
	Sedimentación	Será el proceso en el que las partículas de agua se van depositando en el fondo de la laguna
	Estabilidad de las laderas	La firmeza de la pendiente frente a una falla por deslizamiento.
	Suelos	Usos del suelo: La actividad que realizaremos en el suelo que vamos a ocupar y los usos que actualmente se les dan, ya sea agricultura, silvopastoreo, conservación y protección entre otros.
	Flora	Conjunto de especies e individuos vegetales que actualmente ocupa el espacio a utilizar.
Ecosistemas terrestres	Fauna	Los diferentes animales que tendrán que ser evacuados o movidos al realizar la construcción de la central.
	Corredores biológicos	Es un espacio geográfico delimitado en el cual los ecosistemas naturales mantienen su conectividad, asegurando la diversidad biológica asegurando el intercambio genético y migracionista.

Para la evaluación de impacto ambiental se tomará como metodología propuesta por Conesa Fernández Vitorta, que define que el impacto de un proyecto se define mediante los siguientes puntos:

- **Naturaleza:** El carácter positivo o negativo del impacto
- **Intensidad (i):** El grado de afectación del elemento ambiental por la actividad asociada
- **Extensión (EX):** El área de influencia de la afectación en relación con el entorno del proyecto.
- **Momento (MO):** Determina la persistencia del efecto en el tiempo.
- **Persistencia (PE):** Plazo temporal de manifestación del impacto que puede determinarse.

- **Reversibilidad (RV):** El plazo de tiempo en revertir los efectos negativos del impacto.
- **Sinergias (SI):** Si el efecto de que dos o más impactos sean mayor a la suma de todos ellos.
- **Acumulación (AC):** La suma de los efectos combinados en el tiempo:
- **Efecto (EF):** La posibilidad de que ocurra un nuevo efecto de manera directa o indirecta.
- **Periodicidad (PR):** La frecuencia en que se presenta el impacto.
- **Recuperabilidad (MC):** La posibilidad de que el factor afectado pueda volver a sus condiciones iniciales por medio de la intervención humana.

Cada uno de los elementos antes mencionados será evaluado en una escala de uno a cinco, a excepción de Naturaleza mediante la siguiente fórmula para así encontrar la importancia del impacto (I):

$$I = \pm [3i + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC] \quad (19)$$

Si el valor hallado en (I) es menor a veinticinco diremos que la afectación del mismo es irrelevante en comparación con los fines y objetivos del proyecto en cuestión, y si su valor llega hasta los cincuenta, esta afectación aún no precisa practicas correctoras el problema sería si pasaríamos el valor de cincuenta, ya que el daño sería severo.

3.10.2 Análisis económico de la pequeña central

El análisis económico de la PCH Accopata permitirá conocer la viabilidad de su implementación a lo largo del tiempo, las herramientas de calculo que se usarán sera el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR), el periodo de recuperación (PRS) y el PayBack, todos los parámetros anteriormente nombrados parten de acuerdo al valor de la inversión inicial.

3.10.3 Inversión de la implementación de la PCH Accopata

La inversión que se realizará será de S/1,122,534.76 (Un millón ciento veintidós mil quinientos treinta y cuatro y 76/100 nuevos soles), que consta de las partidas como:

- Estructura
- Arquitectura
- Instalaciones eléctricas y especiales

- Instalaciones sanitarias
- Turbina Hidroeléctrica

Cada una de estas partidas están valorizadas de acuerdo a la referencia de los precios unitarios de CYPE Ingenieros, S.A. (2022), los cuales incluyen toda la obra ver Anexo 04.

Tomando en cuenta de un historial de cambios en la central Tupuri, propiedad de la central de San Gaban con un monto de inversión de S/. 17,884,187 (verificar en el sistema de seguimiento de inversiones del INVERTE.PE), pero en octubre del año 2017 este monto se vio incrementado en más del 71.56% llegando así a costar S/. 30,682,507.29.

Para efectos de cubrir los inconvenientes y asumiendo el coste del estudio del Estudio de impacto ambiental semidetallado (en caso fuera), se tomará por conveniente incrementar en un 35% la inversión resultando así un presupuesto total de S/1,515,421.93.

Tabla 10

Parámetros para hallar los indicadores económicos.

Parámetros	Unidad	Valor
Potencia de la PCH	kW	574
Potencia del generador	kW	750
Inversión Inicial	S/.	S/1,515,421.93
Productividad	GWh	3.25
Tasa de descuento	%	6.9
Costo de la energía eléctrica en barra ref. (Barra Azángaro 138)	S/. /MWh	167.36
Tiempo de vida	años	20

3.10.4 Valor Actual Neto (VAN)

El Valor Actual Neto de un proyecto es el valor actual/presente de los flujos de efectivo netos de una propuesta para determinar su viabilidad, entendiéndose por flujos de efectivo netos la diferencia entre los ingresos periódicos y los egresos periódicos. Para actualizar esos flujos netos se utiliza una tasa de descuento denominada tasa de expectativa o alternativa/oportunidad, que es una medida de la rentabilidad mínima exigida por el proyecto que permite recuperar la inversión, cubrir los costos y obtener beneficios. Si el VAN resulta

positivo el proyecto es viable ya que se obtendrán ganancias, y si por el contrario el VAN resulta negativo el proyecto no es viable debido a que no se obtendrán ganancias (Mete, 2014).

Para su cálculo se utiliza la siguiente ecuación:

$$VAN = -I_0 + \sum_{i=1}^n \frac{Q_n}{(1+r)^n} \quad (20)$$

Donde:

Q_n = Flujo de caja

I_0 = Valor del desembolso inicial de la inversión

n = Número de años considerados

r = Tasa de expectativa

3.10.5 Tasa Interna de Retorno (TIR)

Es otro criterio utilizado para la toma de decisiones sobre los proyectos de inversión y financiamiento. Se define como la tasa de descuento que iguala el valor presente de los ingresos del proyecto con el valor presente de los egresos.

El argumento básico que respalda a este método es que señala el rendimiento generado por los fondos invertidos en el proyecto en una sola cifra que resume las condiciones y méritos de aquel, solo depende de los flujos de efectivo de aquel. Cuanto mayor es tu TIR mayor será la rentabilidad.

El cálculo de la TIR puede resultar muy complejo si la vida útil del proyecto excede los dos períodos. En ese caso, la solución requiere considerar a la TIR como incógnita en la ecuación del Valor Actual Neto, ya que ella tiene la particularidad de ser la única tasa que hace que el resultado de aquel sea igual a 0 (Mete, 2014).

Por lo tanto, la ecuación se expresará de esta manera:

$$VAN = -I \sum_{i=1}^n \frac{Q_n}{(1+r)^n} = 0 \quad (21)$$

Donde r es igual al TIR.

3.10.6 Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI)

El Payback o Periodo de Recuperación de la Inversión es un modelo para el análisis de los proyectos de inversión a largo plazo que nos permite determinar el lapso de tiempo que nos tomara recuperar la inversión realizada para poner en marcha nuestro proyecto.

Su fórmula esta expresada de la siguiente manera:

$$PRI = a + \frac{(b-c)}{d} \quad (22)$$

Donde

a = Año inmediato anterior en que se recupera la inversión.

b = Inversión Inicial.

c = Flujo de Efectivo Acumulado del año inmediato anterior en el que se recupera la inversión.

d = Flujo de efectivo del año en el que se recupera la inversión.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Resultados del análisis económico

4.1.1 Resultados del consumo de energía en centros poblados beneficiados

Tabla 11

Consumo de energía de C.P. cercanos la PCH.

Ítem	Numero de suministro ELPU	Nombre de la población	Consumo kWh promedio mensual	Monto facturado s/. Mensual
1.0	12050007305	Com. San Antonio De Accopata	184.00	84.37
2.0	12050007504	CC.PP. De Progreso SSEE 2	5,774.00	2,499.31
3.0	12050007503	CC.PP. De Progreso SSEE 1	4,536.00	1,549.60
4.0	12050002969	Municipio De San Antón	14,547.00	5,642.60
5.0	12050002972	Municipio De San Antón	14,320.00	5,412.60
6.0	12050002971	Municipio De San Antón	10,920.00	3,990.90
7.0	10010084100	Municipio De San Antón, San Antón	15,640.00	5,914.20
8.0	12050007317	Com. San Antonio De Accopata	314.00	125.10
			66,235.00	25,218.68
Anual			794,820.00	302,624.16

En la tabla N°11 se muestra un consumo de energía eléctrica de 794.82 GWh en forma anual de los 08 suministros los cuales en términos económicos alcanzan un valor de S/. 302,624.16 nuevos soles. Se toma este criterio a razón de que inicialmente la cantidad de suministros era de 04 el cual tienen un consumo de energía mensual de 51,808.00 kWh por lo tanto para tener un mayor alcance social tomo la decisión de beneficiar a otros suministros con mayor consumo, los cuales pertenecen al distrito de San Antón.

Teniendo en cuenta que se tiene un factor de planta de 64.52% la energía aplicable para la venta es la diferencia que se tiene entre el consumo en situ de los 08 suministros anteriormente mencionados menos la producción anual de energía de la pequeña central, por lo tanto, se tiene una energía total aplicable a la venta de 2.45 GWh.

Tabla 12

Energía aplicable para la venta.

Energía ocupada anual MWh	Energía Producida anual MWh	Energía aplicable a la venta MWh
794.82	3246.77	2451.95

Para efectos de estudio optaremos el método contractual de Net Billing, ahora la cuestión es cual es el precio que se le pondrá a la energía que aportaremos a la red que es aproximadamente 2.45 GWh de energía entregada anualmente, se propone fijar un precio de barra que según el OSINERGMIN es uno de los componentes del Precio a Nivel Generación, PNG. El PNG es a su vez uno de los tres componentes principales de la tarifa eléctrica que se aplica al consumidor final.

Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado en el portal informativo del COES (comité de operaciones económicas del sistema) proporciona la información del precio de la energía en barra en S/. /MWh, y para efectos de una aproximación real, se tomará el precio en barra con la nomenclatura Azángaro 138, cual tiene coste de energía de S/. MWh 167.36, por lo tanto, se tendrá una venta de energía de S/. 410,358.84.

Tabla 13

Total, de la venta de energía.

Energía Producida MWh	Precio en Barra Azángaro S/. /MWh	Total, de venta de energía S/.
2451.95	167.36	410,358.84

Para obtener mis ingresos por el concepto de venta de energía, debo calcular el valor total de mis ingresos por año. La central Accopata es propuesta para cubrir la demanda de los ocho suministros que están dentro del área de influencia por lo que anualmente se gasta en energía S/302,624.16, sumándole a este un gasto del 12% del total de la utilidad obtenida por la gestión de mantenimiento y gastos administrativos. Por lo tanto, para obtener mi utilidad debo de restar la energía que ocupa los ocho suministros a la energía producida,

luego esta ser valorizada en términos económicos por la facturación de generación distribuida Net Billing tomando referencia el precio en barra Azángaro.

Tabla 14

Ingresos y egresos de la PCH Accopata.

Año	Egresos		Ingresos	Flujo de caja
	Operación y Mantenimiento S/.	Gastos Administrativos S/.	Total, de venta de energía S/.	S/.
				-1,515,421.93
1	154,600.69	34,059.78	410,358.84	221,698.37
2	157,175.90	34,740.92	410,358.84	218,442.02
3	159,809.86	35,435.69	410,358.84	215,113.29
4	162,492.78	36,144.35	410,358.84	211,721.72
5	165,244.24	36,867.18	410,358.84	208,247.43
6	168,064.24	37,604.46	410,358.84	204,690.14
7	170,933.20	38,356.50	410,358.84	201,069.15
8	173,880.49	39,123.57	410,358.84	197,354.78
9	176,886.53	39,905.98	410,358.84	193,566.33
10	179,961.12	40,704.04	410,358.84	189,693.69
11	183,104.24	41,518.05	410,358.84	185,736.54
12	186,315.91	42,348.35	410,358.84	181,694.58
13	189,605.91	43,195.25	410,358.84	177,557.67
14	192,974.25	44,059.09	410,358.84	173,325.50
15	196,411.12	44,940.21	410,358.84	169,007.51
16	199,936.13	45,838.94	410,358.84	164,583.77
17	203,539.46	46,755.65	410,358.84	160,063.73
18	206,937.17	47,690.69	410,358.84	155,730.98
19	211,010.51	48,644.43	410,358.84	150,703.91
20	214,878.22	49,617.24	410,358.84	145,863.38

Los resultados del análisis económico indican que el proyecto es viable económicamente de acuerdo a los índices económicos, de esta manera se logra el alcance del objetivo específico 01.

Tabla 15*Resultados del cálculo de los Índices económicos.*

Indicador Económico	Unidad	Valor
Valor Actual Neto (VAN)	S/.	564,247.36
Tasa Interna de Retorno (TIR)	%	11.75
Relación Beneficio Costo	B/C	1.15
Periodo de Recuperación de la Inversión	años	7.17
Payback con tasa de descuento		

4.2 Resultados del diseño y parámetros de la turbina

En la tabla N°16 se muestra las diferentes dimensiones mecánicas de la turbina, en este caso características específicas del diseño para la PCH Accopata, de la misma manera en la tabla N°17 se muestra el diagrama de velocidades de acuerdo al ángulo y dimensiones de los alabes, ambos cuadros logran el alcance del objetivo específico 02.

4.2.1 Resultados de las dimensiones de la turbina hidráulica según cálculos

Tabla 16*Datos principales de los componentes de la turbina.*

Características de la turbina		
Caudal	Q	3.11 m ³ /s
Salto Neto	H	20.92 m
Velocidad de rotación	N	243 rpm
Velocidad específica	N	160 rpm
Angulo de entrada	a	16°
Eficiencia de la turbina	η	68%
Rotor		
Diámetro exterior	D	750 mm
Diámetro interior	d	490 mm
Ancho del rotor	Br	1700 mm
Numero de alabes	Z	30
Alabe		
Espesor del alabe	e	8 mm
Radio del alabe	Ra	120 mm
Inyector		
Ancho del inyector	B	1140 mm

4.2.2 Resultado del diagrama de velocidades

Tabla 17

Diagrama de velocidades.

C_2	19.85
U_2	9.56
W_2	10.98
W'_2	10.75
C'_2	5.49
β'_2	30°
β_1	90°

4.3 Resultados de la simulación del flujo de la turbina

Para alcanzar el objetivo específico 03, se realizará la simulación de la turbina en 3 escenarios tomando como variable un mínimo, promedio y máximo registrado en el canal de riego, la simulación se realizará en el software SolidWorks Flow Simulation en donde obtendremos el comportamiento a partir de un análisis interno la presión, temperatura y finalmente la velocidad del fluido con respecto a los componentes internos de la turbina, llámese alabe inyector, paredes y el mismo rotor.

Las condiciones adicionales se tomaron como un tipo de fluido con comportamiento laminar y turbulento, presión atmosférica: 101325.00 Pa, temperatura: 293.20 °K (temperatura ambiente).

La simulación se realizó en bajo las siguientes condiciones del ordenador:

Tabla 18

Sistema usado del entorno de análisis.

Producto de software:	Flow Simulation 2020 5.0. Build: 5081
Tipo de CPU:	Intel(R) Core (TM) i5-9400F CPU @ 2.90GHz
Velocidad de la CPU:	2904 MHz
RAM:	16328 MB / 8284 MB
Sistema operativo:	Windows 10 (Version 10.0.18362)

4.3.1 Simulación con caudal mínimo

Para esta simulación se tomará en cuenta el caudal mínimo como es el valor de $1.0 \text{ m}^3/\text{s}$ resultando así los siguientes comportamientos:

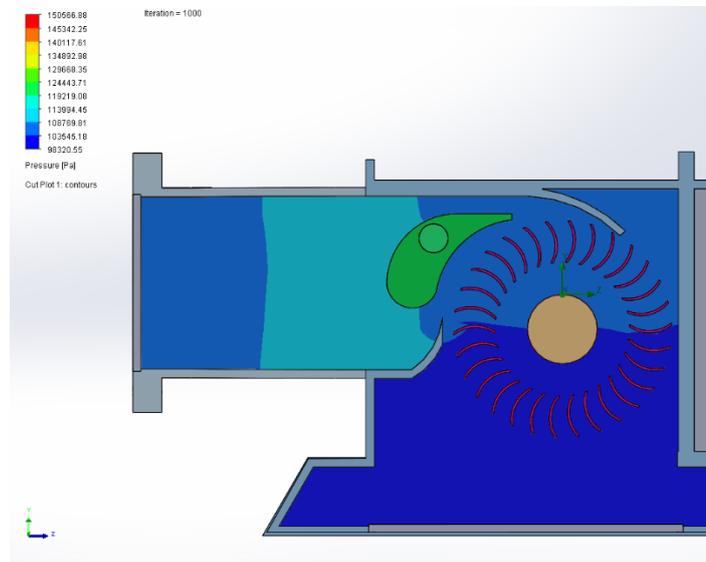


Figura 22. Presión del flujo del agua con caudal mínimo.

Como se puede observar en la figura anterior, la parte posterior del alabe directriz sufre mayor presión que el resto de las zonas de la turbina, por otra parte, en la zona de los alabes se observa que presenta una ligera elevación a partir de los 98320.55 Pa hasta llegar a un máximo de 113994.45 Pa.

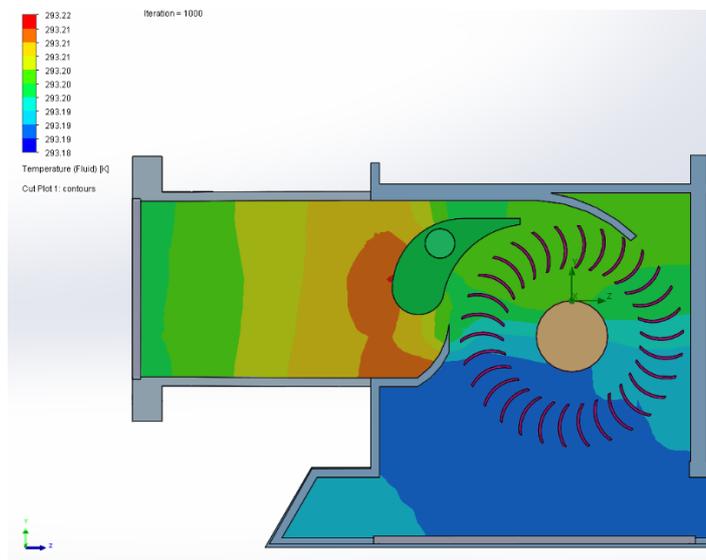


Figura 23. Temperatura del flujo del agua con caudal mínimo.

De la misma forma, la parte posterior del alabe directriz sufre aumento de temperatura que el resto de las zonas de la turbina, por otra parte, en la zona de los alabes se observa que presenta una ligera elevación a partir de los 20.03 °C hasta llegar a un máximo de 20.06 °C.

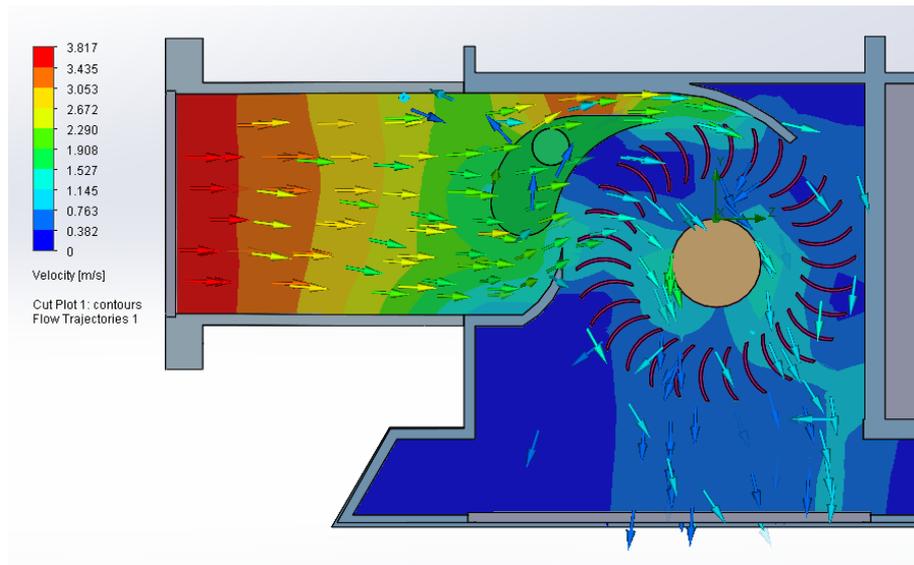


Figura 24. Velocidad del flujo del agua con caudal mínimo.

Como podemos observar en la figura N°24 la velocidad del agua va disminuyendo al llegar a pasar por el alabe directriz y disminuyendo gradualmente teniendo como velocidad máxima de ingreso de 3.8 m/s y una salida mínima de 1.14 m/s aproximadamente.

4.3.2 Simulación con caudal medio

Para esta simulación se tomará en cuenta el caudal mínimo como es el valor de $3.11 \text{ m}^3/\text{s}$ resultando así los siguientes comportamientos:

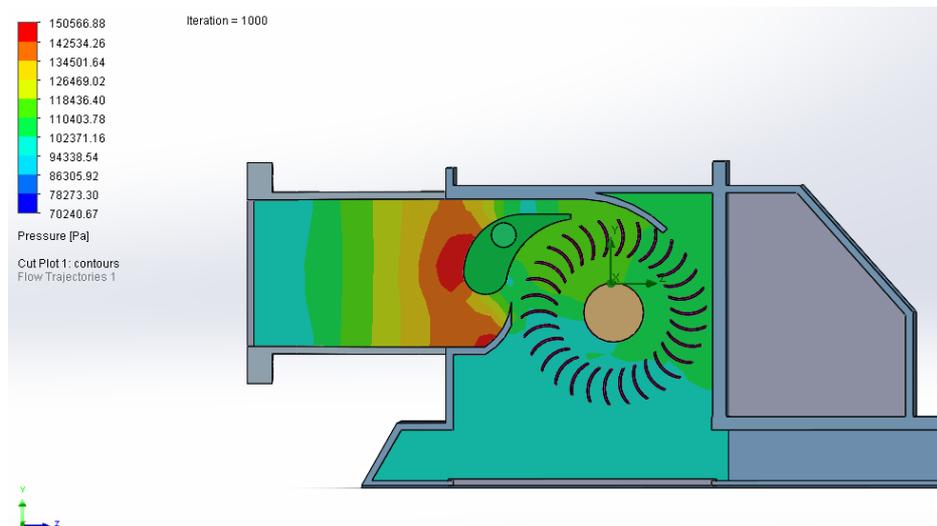


Figura 25. Presión del flujo del agua con caudal medio.

Como se puede observar en la figura anterior, la parte posterior del alabe directriz sufre mayor presión que el resto de las zonas de la turbina, por otra parte,

en la zona de los alabes se observa que presenta una ligera elevación a partir de los 102371.16 Pa hasta llegar a un máximo de 118436.40 Pa.

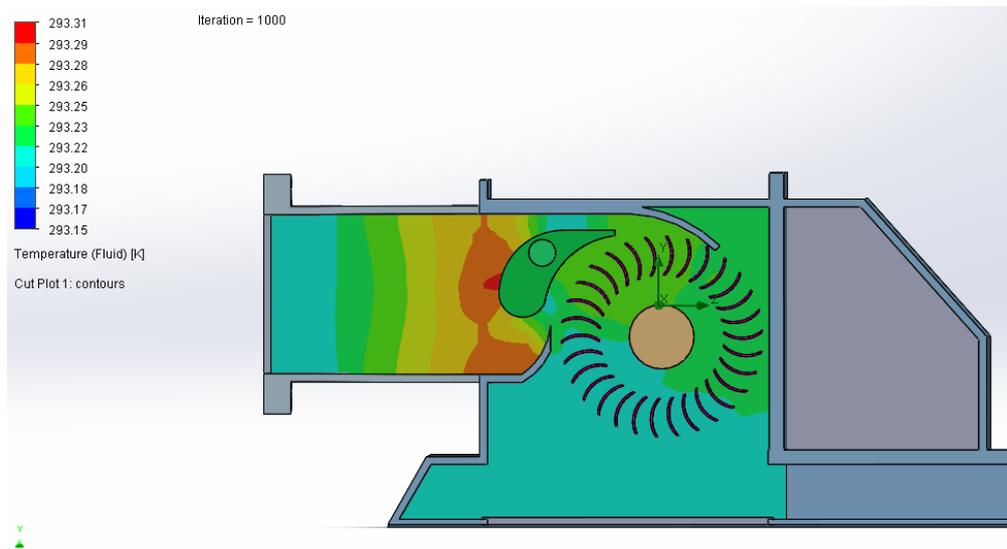


Figura 26. Temperatura del flujo del agua con caudal medio.

De la misma forma, la parte posterior del alabe directriz sufre aumento de temperatura que el resto de las zonas de la turbina, por otra parte, en la zona de los alabes se observa que presenta una ligera elevación a partir de los 20.07 °C hasta llegar a un máximo de 20.1 °C.

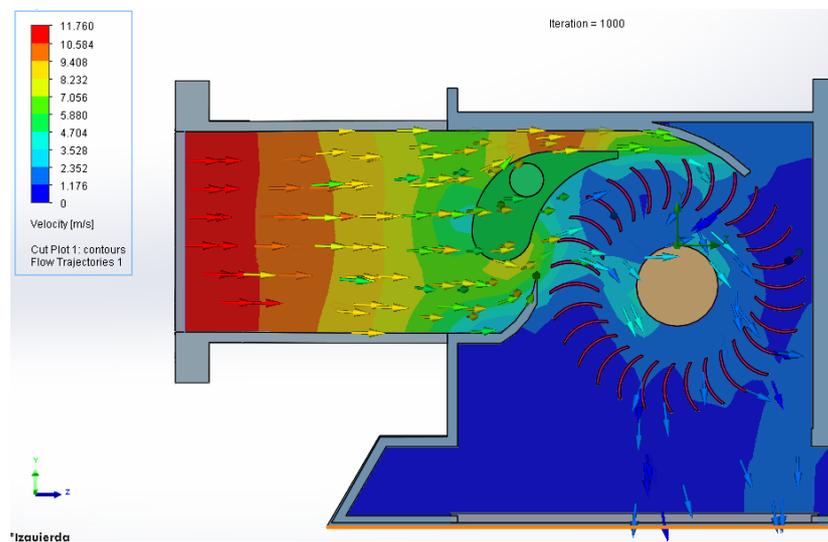


Figura 27. Velocidad del flujo del agua con caudal medio.

Como podemos observar en la figura N° 27 la velocidad del agua va disminuyendo al llegar a pasar por el alabe directriz y disminuyendo gradualmente teniendo como velocidad máxima de ingreso de 11.76 m/s y una salida mínima de 1.2 m/s aproximadamente.

4.3.3 Simulación con caudal máximo

Para esta simulación se tomará en cuenta el caudal mínimo como es el valor de $4.5 \text{ m}^3/\text{s}$ resultando así los siguientes comportamientos:

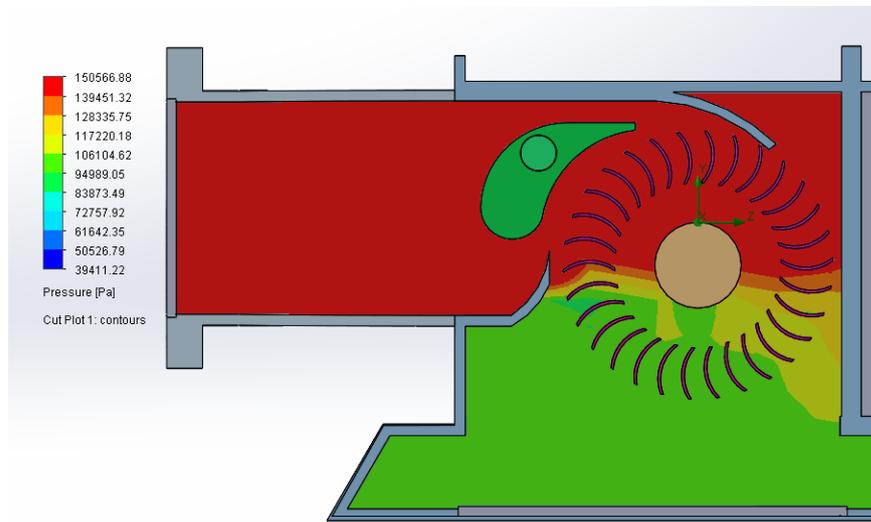


Figura 28. Presión del flujo del agua con caudal mínimo.

Como se puede observar en la figura anterior, la zona de toda la tubería de conducción sufre mayor presión que el resto de las zonas de la turbina, por otra parte, en la zona de los alabes se observa que presenta una ligera disminución a partir de los 94989.05 Pa hasta llegar a un máximo de 150566.88 Pa lo que hace que para este nivel de caudal y presión no es viable.

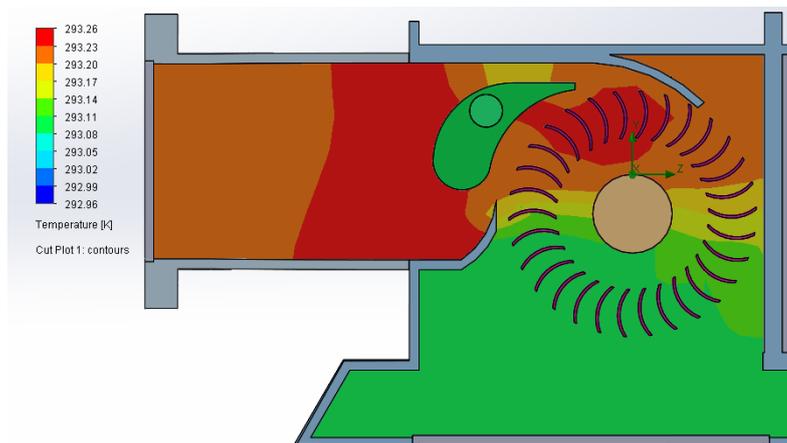


Figura 29. Temperatura del flujo del agua con caudal máximo.

Con respecto a la temperatura, la parte posterior del alabe directriz sufre aumento de temperatura al igual que el chorro del agua en los alabes que el resto de las zonas de la turbina, por otra parte, en la zona de los alabes se observa que presenta una elevación a partir de los $19.96 \text{ }^\circ\text{C}$ hasta llegar a un máximo de $20.11 \text{ }^\circ\text{C}$.

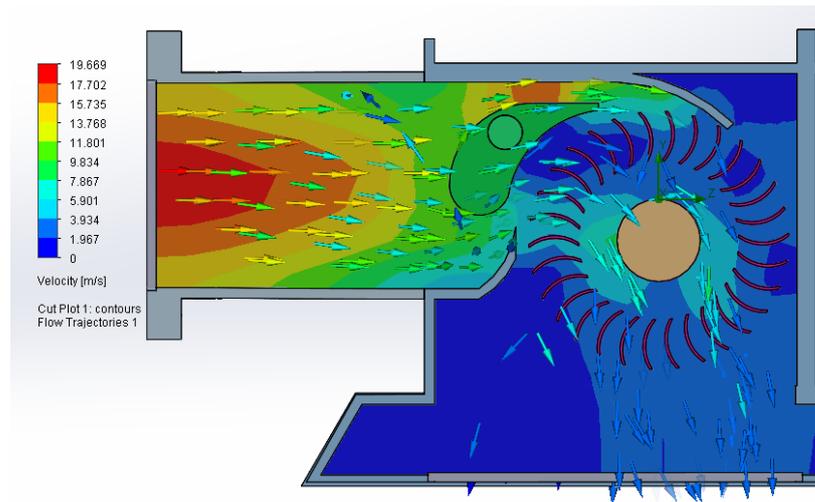


Figura 30. Velocidad del flujo del agua con caudal máximo.

Como podemos observar en la figura N° 30 la velocidad del agua va disminuyendo al llegar a pasar por el alabe directriz y disminuyendo gradualmente teniendo como velocidad máxima de ingreso de 19.66 m/s y una salida mínima de 3.9 m/s aproximadamente. En este caso se aprecia que hay un cambio brusco de la velocidad del agua por el paso del alabe directriz resolviendo de esta manera que la turbina no es apta para estas condiciones.

Con los resultados anteriormente mostrados se puede concluir que la turbina no tendrá un funcionamiento adecuado con caudales cercanos a $1.0 \text{ m}^3/\text{s}$ ya que, manifiesta una mínima velocidad por lo que tendrá dificultades para vencer la inercia, por otra parte, los caudales mayores a $4.5 \text{ m}^3/\text{s}$ tampoco desarrollara su funcionamiento de manera óptima ya que como se observa en la figura 28 ya que la presión en la tubería de conducción es eleva, a su vez, presenta una disminución sustancial de la velocidad al pasar por el alabe directriz.

Finalmente se ratifica las el diseño de la turbina para un caudal de diseño de $3.11 \text{ m}^3/\text{s}$, ya que no presenta dificultades como aumento de temperatura, aumento de presión y disminución de la velocidad, de esta manera se logra el alcance del objetivo específico 03.

4.4 Resultado del análisis de impacto ambiental

Tal como indica la metodología propuesta por Conesa Fernández Vitorta, determina que el puntaje menor a 25 se califica como irrelevante, por lo tanto, la presentación de la declaración de impacto ambiental es viable, de esta manera se logra el alcance del objetivo específico 04.

Tabla 19

Tabla de declaración de impacto ambiental.

Impacto	Fase en que se presenta	Naturaleza	Intensidad	Extensión	Momento	Duración	Reversibilidad	Efecto	Periodicidad	Recuperabilidad	Importancia	Calificación
Componente: geotécnica												
Cambio en las condiciones de estabilidad de taludes, laderas y procesos erosivos	Estudios previos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Construcción	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Operación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Desmantelamiento y abandono	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Componente: Geomorfología												
Alteración a las geoformas naturales del terreno y asociadas a la dinámica fluvial	Estudios previos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Construcción	-1										
	Operación	-1	1	1	2	2	2	2	2	3	-18	Irrelevante
	Desmantelamiento y abandono	-1	1	2	1	2	2	2	2	3	-19	Irrelevante
Componente: Hidrogeología												
Variación de los niveles freáticos	Estudios previos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Construcción	-1	1	1	2	2	2	2	2	2	-17	Irrelevante
	Operación	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	Irrelevante
	Desmantelamiento y abandono	1	1	1	2	2	2	2	2	2	17	Irrelevante
Componente: Suelos												
Cambios en los usos del suelo	Estudios previos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Construcción	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	-11	Irrelevante
	Operación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Desmantelamiento y abandono	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	-11	Irrelevante
Cambio en las propiedades, físicas y químicas del suelo	Estudios previos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Construcción	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	-11	Irrelevante
	Operación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Desmantelamiento y abandono	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	-11	Irrelevante
	Estudios previos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Generación de residuos sólidos	Construcción	-1	1	1	1	2	2	2	2	2	-18	Irrelevante	
	Operación	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	-11	Irrelevante	
	Desmantelamiento y abandono	-1	1	1	1	2	2	2	2	2	-18	Irrelevante	
Componente: Hidrología													
Cambio en la disponibilidad del agua superficial	Estudios previos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Construcción	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	-11	Irrelevante	
	Operación	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	-11	Irrelevante	
Cambio en las características físicoquímicas y microbiológicas del agua	Desmantelamiento y abandono	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	-11	Irrelevante	
	Estudios previos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Construcción	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	-11	Irrelevante	
	Operación	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	-11	Irrelevante	
	Desmantelamiento y abandono	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	-11	Irrelevante	
	Componente: Aire												
Alteración en los niveles de contaminación atmosférica	Estudios previos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Construcción	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	-11	Irrelevante	
	Operación	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	-11	Irrelevante	
	Desmantelamiento y abandono	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Irrelevante	
Cambios en los niveles de ruido ambiental	Estudios previos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Construcción	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	-11	Irrelevante	
	Operación	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	-11	Irrelevante	
	Desmantelamiento y abandono	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	-11	Irrelevante	
	Componente: Ecosistemas terrestres												
	Alteración de las comunidades de fauna terrestre	Estudios previos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Construcción	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Operación		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Desmantelamiento y abandono		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Alteración de coberturas o fauna terrestre	Estudios previos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Construcción	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Operación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Desmantelamiento y abandono	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Afectación a los hábitats y corredores biológicos terrestres	Estudios previos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Construcción	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Operación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Desmantelamiento y abandono	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Componente: Ecosistemas acuáticos													
Alteración de las comunidades hidrobiológicas	Estudios previos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Construcción	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Operación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Desmantelamiento y abandono	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Estudios previos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Alteración hábitats acuáticos	Construcción	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Operación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Desmantelamiento y abandono	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Afectación a los corredores biológicos acuáticos	Estudios previos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Construcción	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Operación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Desmantelamiento y abandono	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

La evaluación realizada para la implementación del aprovechamiento de la energía hidráulica mediante la Pequeña central Accopata, determina su factibilidad tanto económica, técnica y ambiental, a su vez se hace viable el uso de generación distribuida ya que se podrá ofertar 2.45 GWh al año. Con respecto a la generación distribuida se establece que para la implementación de la Pequeña central hidroeléctrica de Accopata es viable técnicamente y estaría catalogada como mediana generación distribuida con un acople al SEIN en media tensión.

Al realizar el análisis el consumo energético de los centros poblados de Progreso y Accopata, se determinó que consumen una mínima cantidad de la energía generada, por esta razón se incluyó como beneficiarios en total a ocho suministros cercanos al área de influencia los cuales cubren su demanda energética al 100%, esto hace que se tenga mayor alcance social.

La implementación de la turbina Michell Banki resulta ser la más adecuada ya que en términos económicos tiene un bajo costo de implementación, esto se resuelve a partir de los análisis económicos los cuales muestran su viabilidad con una inversión inicial de S/. 1,515,421.93 se tiene el resultado de los índices económicos (calculados a una tasa de interés de 6.9% anual) son: VAN = 564,247.36; TIR = 11.75%; PRS = 07 años; B/C = 1.15.

La “Pequeña Central Accopata” usará una turbina de tipo Michell Banki, se toma en criterio esta turbina ya que el salto neto es de 20.92 metros y se tiene un caudal de diseño de $3.11 \text{ m}^3/\text{s}$, tales valores se encuentran dentro del rango de aplicación, a su vez se toma como referencia los avances civiles del proyecto “7 Irrigaciones” por lo que se determina que es adaptable para las dimensiones resultantes.

De acuerdo a las simulaciones realizadas en diferentes condiciones de operación de caudal mediante el software SolidWorks Flow Simulation y teniendo en cuenta las condiciones adicionales como son: el tipo de fluido con comportamiento laminar y turbulento, presión atmosférica: 101325.00 Pa y una temperatura: 293.20 °K, resolvemos que el dimensionamiento de la turbina cumple con los parámetros de aplicación con respecto al caudal que se va a proporcionar.

La evaluación y tipificación del impacto ambiental determina que esta se puede presentar bajo el documento de una declaración de impacto ambiental (DIA), por otra parte, al realizar la desviación del cauce del agua en el área de implementación se tiene en consideración presentar un estudio de impacto ambiental semi detallado (EIASd).

5.2 Recomendaciones

La implementación de la PCH Accopata, está realizada en una bifurcación del canal madre que parte desde la laguna Cotarsaya, se recomienda realizar un estudio en la bocatoma ya que tiene una altura superior y realizando una evaluación superficial es posible poner en marcha una central con turbina de tipo Kaplan.

En el presente documento no se detalló la parte de sincronización o inyección a la red, tales como comportamiento de calidad de energía, verificación teorice del comportamiento del transformador, se recomienda que se realice un estudio eléctrico detallado para tener un mayor alcance.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Hidráulica y Neumática S.A. (2020). <http://www.hnsa.com.co/>.
- Autoridad Nacional del Agua. (1969). *Proyecto 7 Irrigaciones*. Lima.
- Autoridad Nacional del Agua. (2013). *Atlas de Recursos Hídricos del Perú*. Lima: Depósito Legal en la Biblioteca.
- Bánki, D. (1918). *Budapest Patente n° 76839*.
- Bismark, J. P., & Rosales, W. D. (2014). *Diseño De Una Micro Central Hidroeléctrica Para El Análisis Del Costo Final De La Energía Eléctrica Para Un Centro Poblado. Caso Rurashca, Ancash*. Universidad Nacional Del Santa, Nuevo Chimbote.
- Bismark, J. R., & Rosales, W. A. (2014). *Diseño de una micro central para el analisis del costo final de la energia electrica para un centro poblado caso rurashca, Ancash*. Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote.
- C. A. Mockmore, F. M. (1949). Dielectric Properties of Ponderosa Pine at High Frequencies. *Engineering Experiment Station*, 25-40.
- Creus Sole, A. (2008). *Energias Renovables*. Barcelona: S.L.-Ediciones Ceysa.
- Dammert, A., Molinelli Arisoto, F., & Carbajal Navarro, M. (2011). *Fundamentos Tecnicos y Economicos del Sector Electrico Peruano*. Huancayo.
- Dávila, C., & Vilar, D. (2010). *Manual para la evaluación de la demanda, recursos hídricos, diseño e instalación de microcentrales hidroeléctricas*. Lima: Intermediate Technology Development Group, ITDG.
- Delgado, C. D., & Alberich, M. V. (2005). *Recursos hidricos: Conceptos basicos y estudios de caso en Iberoamerica*. Montevideo: Piriguazú Ediciones.
- EDF International. (2018). *Propuesta de marco normativo para el desarrollo de redes eléctricas inteligentes y generación distribuida en el Perú*. Lima.
- Electro Puno S.A.A. (19 de Noviembre de 2020). *Electro Puno*. Obtenido de <https://www.electropuno.com.pe/web3/index.php/servicios/tarifas-electricas>
- EPA. (28 de Marzo de 2021). *EPA*. Obtenido de <https://www.epa.gov/energy/distributed-generation-electricity-and-its-environmental-impacts#about>
- González, J. A., & Pérez, R. C. (2009). *Centrales de Energias Renovables*. Madrid: Pearson Educación, S.A.
- Hamed, G. V. (2015). *Operación de canales Conceptos Generales*. Morelos, Mexico.

- Hothersall, R. (1984). Micro-hydro, turbine selection criteria. *International Water Power and Dam Construction*, 26-29.
- IREM. (2022). Agua, Energía y Ahorro. Torina.
- Luna, A. d. (2019). *¿como ves? energias renovables:hacia la sustentabilidad*. México D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).
- Mendoza, F. (17 de Febrero de 2017). <https://www.syscomblog.com/>. Obtenido de <https://www.syscomblog.com/2017/08/generacion-distribuida-de-energia.html>
- Mete, M. R. (2014). En *Valor Actual Neto Y Tasa De Retorno* (págs. 67-85). La Paz, Bolivia.
- Ministerio de Energía y Minas. (16 de Junio de 2005). Obtenido de MINEM: <https://minem.gob.pe/>
- Molinelli, F., & Carbajal, M. (2011). *Fundamentos Tecnicos y Economicos del Sector Electrico Peruano*. Huancayo.
- Olade. (2004). Manual de diseño, estandarización y fabricación de equipos para pequeñas centrales hidroeléctricas. En B. Olade. Lima.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, l. C. (2012). *Glosario Hidrologico Internacional*. Ginebra.
- Organización Latinoamericana de Energía. (1992). *Manual de diseño y estandarizacion de pequeñas centrales hidroelectricas*. Quito, Ecuador.
- osinergmin. (02 de Mayo de 2008). *gob.pe*. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/osinergmin/normas-legales/733891-1002>
- Osinergmin. (2017). *La industria de la Energía Renovable en el Perú*. Lima: Tamayo Pacheco, Jesús Francisco Roberto; Vásquez Cordano, Arturo .
- Osorio, J. F. (2016). *Energía hidroeléctrica*. Zaragoza: UNE.
- Procetradi. (8 de Abril de 2021). www.procetradi.com/. Obtenido de <https://bit.ly/3zJL9l4>
- Proyecto especial regional Pasto Grande. (16 de Diciembre de 2021). www.pastogrande.gob.pe/. Obtenido de www.pastogrande.gob.pe/
- Roberto, T. P. (2020). *Alcances De La Generación Distribuida*. Lima: WARAS editorial.
- Romero, F., & Velásquez, L. (2021). Consideraciones de diseño de una turbina Michell-Banki. *Revista UIS Ingenierías*, 23-46.
- Staniscia, C. (1990). *Selección y diseño de una turbina de flujo transversal mitchell-banki*. Universidad Nacional de Comahue, Neuquén, Argentina.
- Tamayo, R. (2020). *Alcances de la generacion distribuida en sector electrico*. Lima: WARAS.

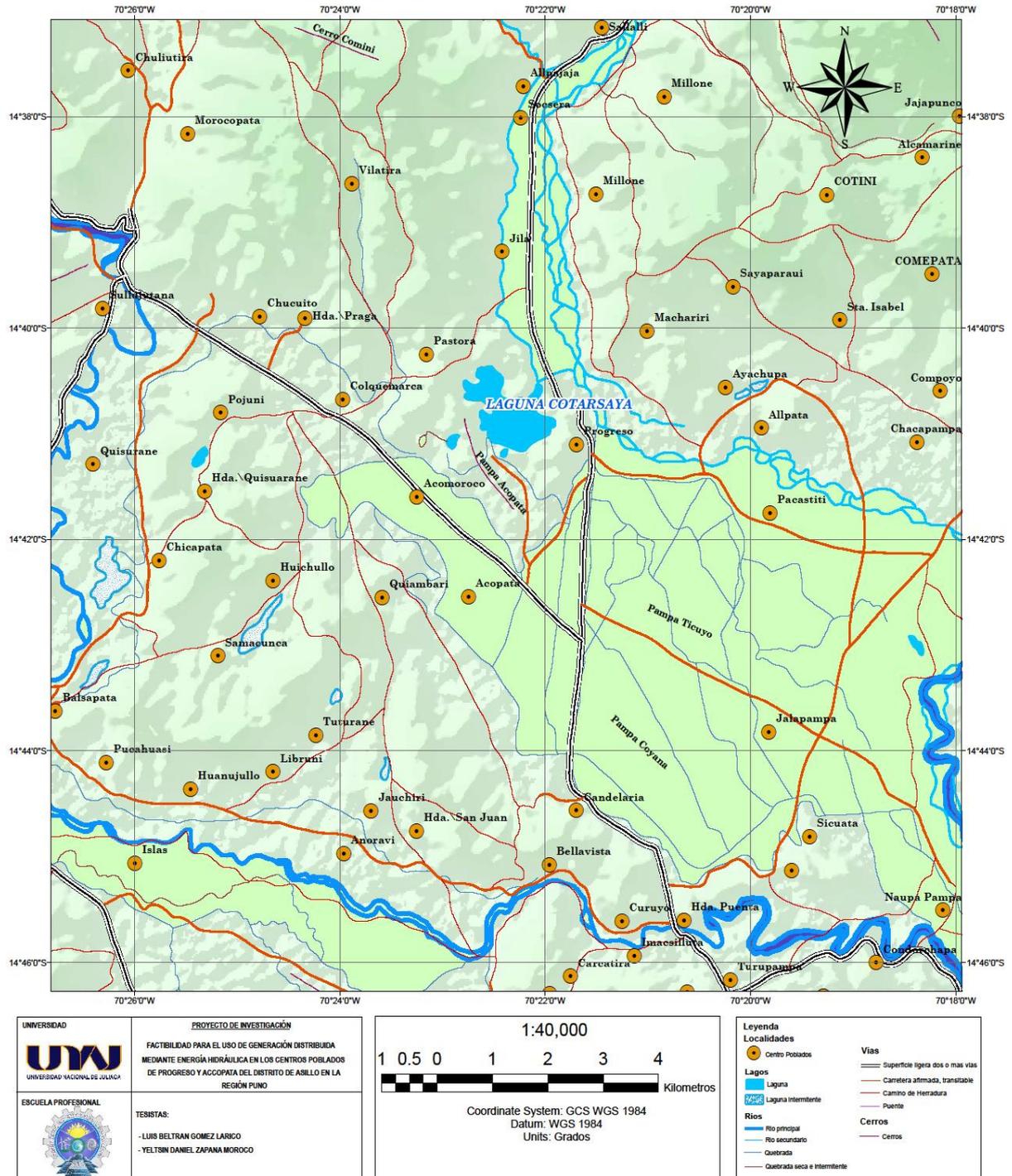
Tornero, J. R. (2015). *Estudio De Impacto Ambiental De Una Minicentral Hidroelectrica De Caudal Fluyente*. Universidad Politecnica de Valencia, Valencia.

Unidas, Organización de las Naciones. (16 de Febrero de 2022). *Programa mundial de evaluación de recursos hidricos*. Obtenido de <https://es.unesco.org/wwap>

ANEXOS

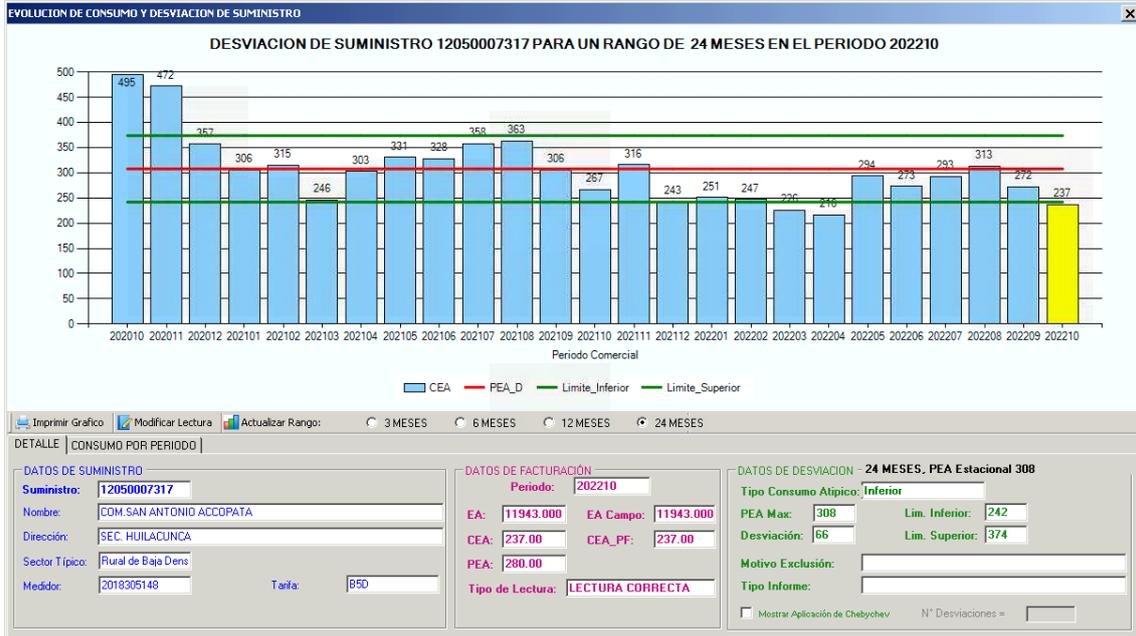
Anexo 1. Mapa base de la laguna Cotarsaya

Mapa Base de la Laguna Cotarsaya

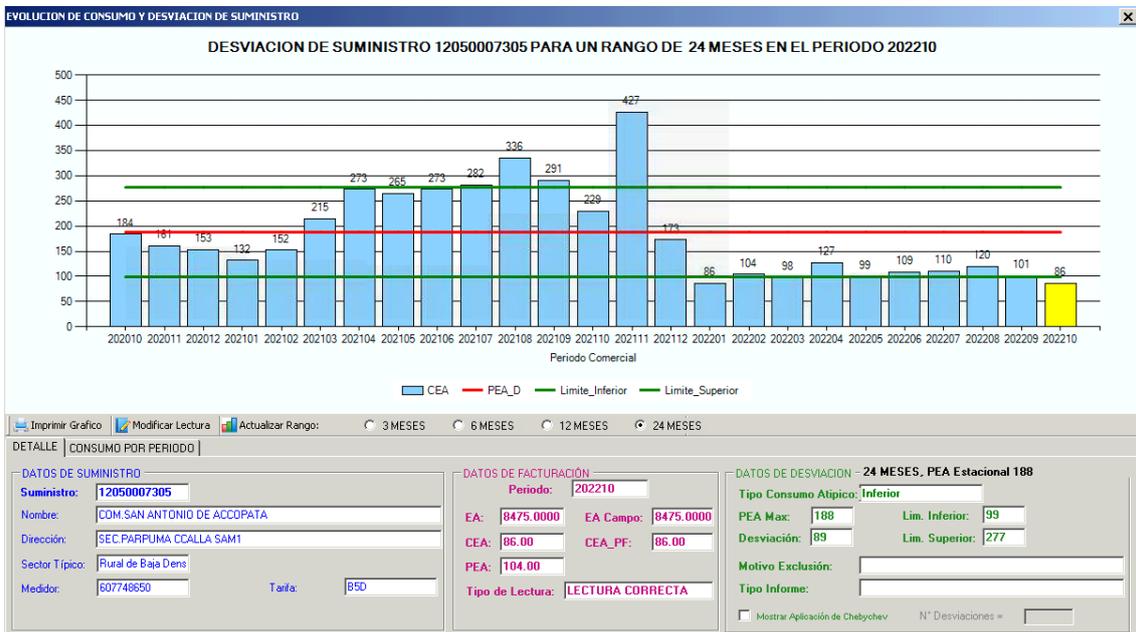


Anexo 2. Consumo energético de los suministros

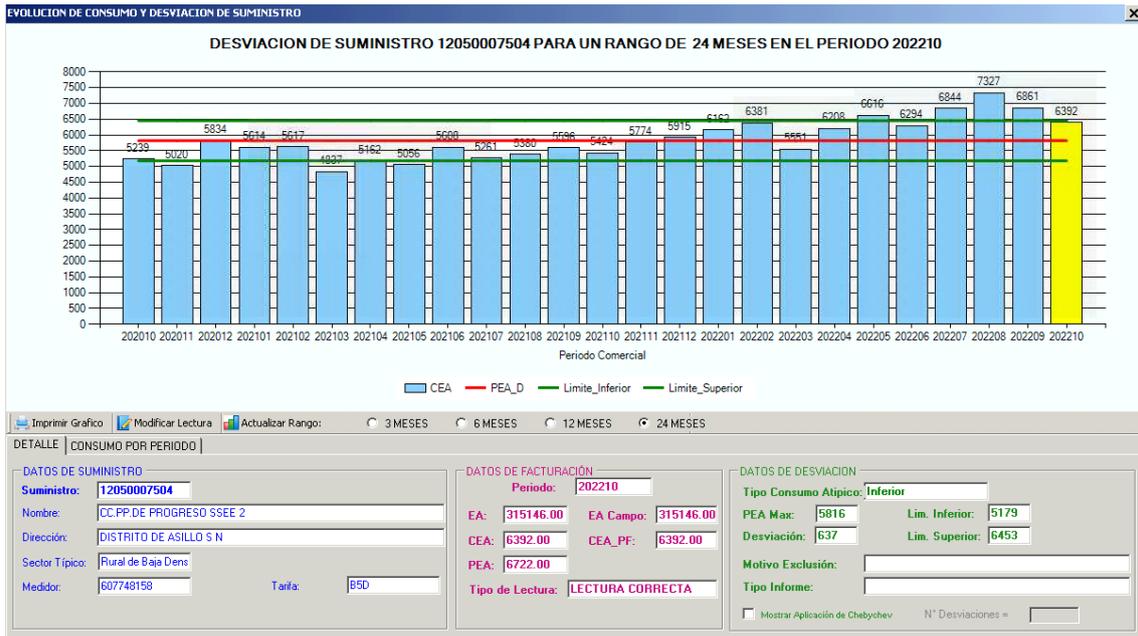
Consumo del suministro 12050007317



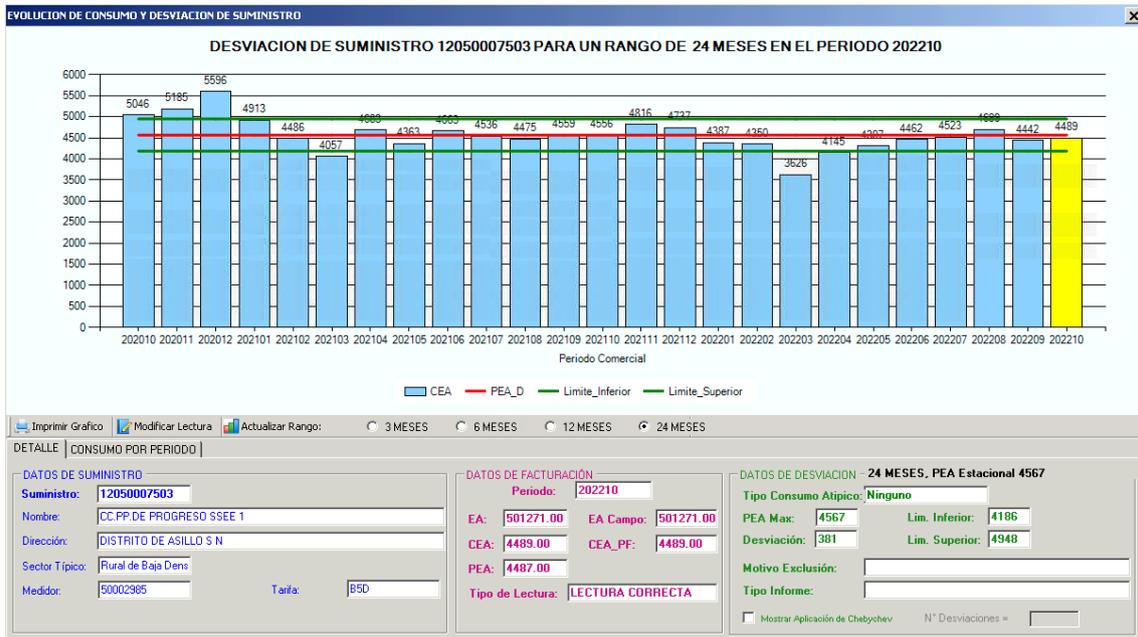
Consumo del suministro 12050007305



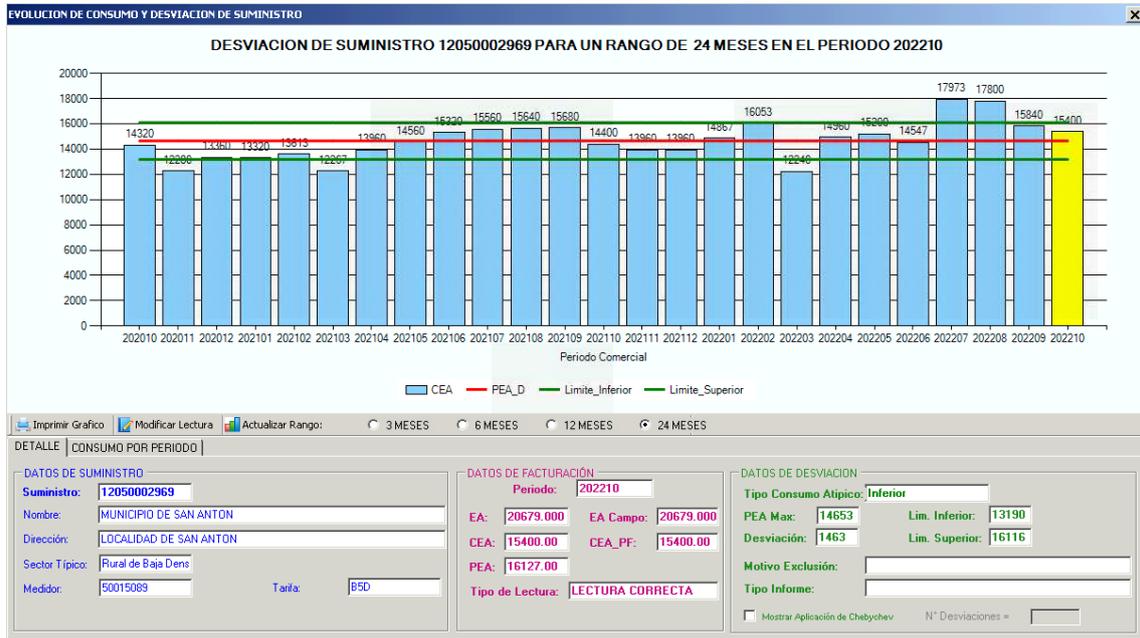
Consumo del suministro 12050007504



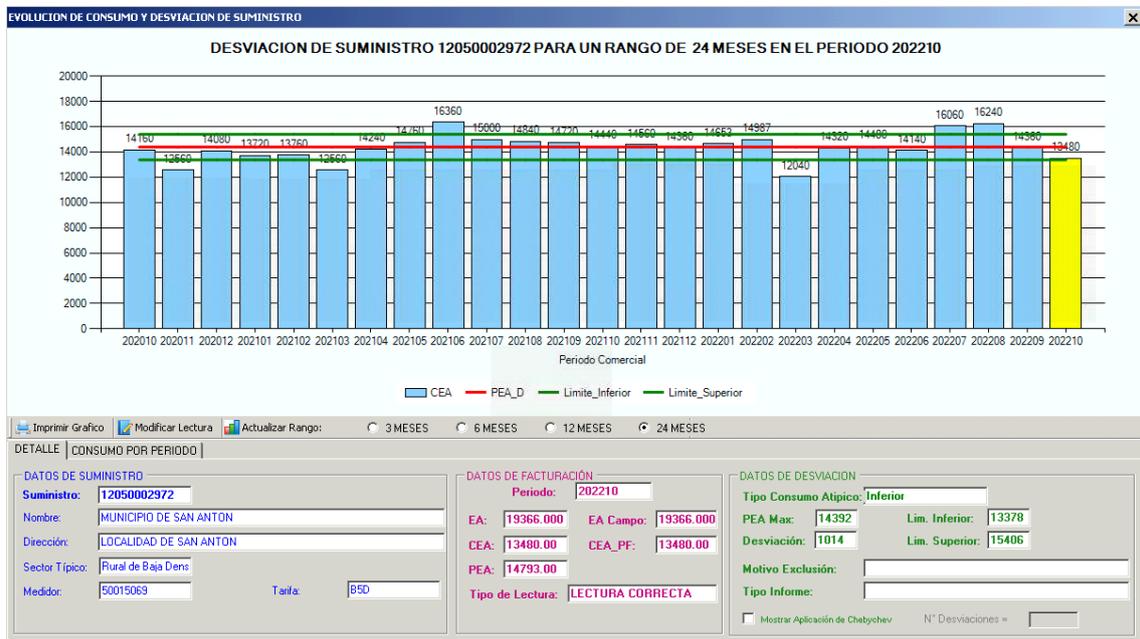
Consumo del suministro 12050007503



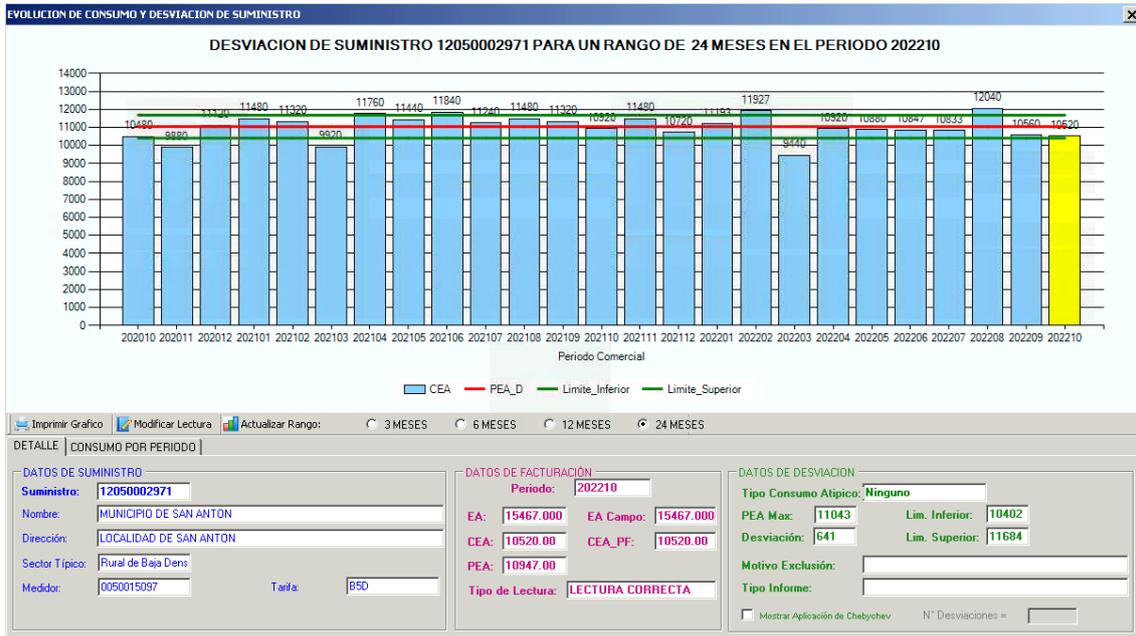
Consumo del suministro 12050002969



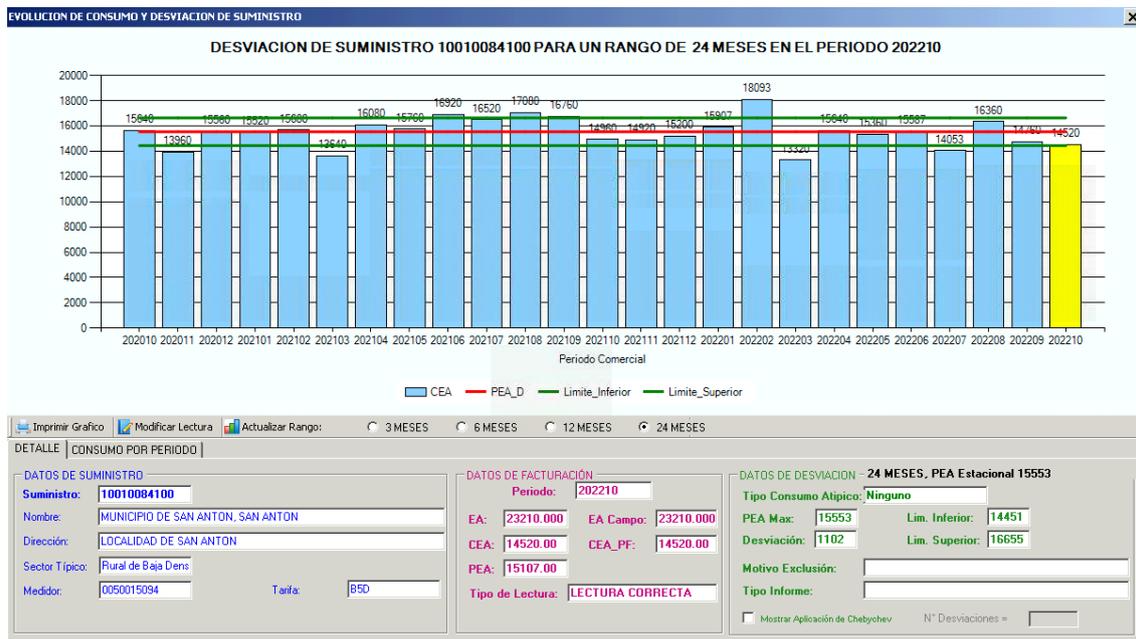
Consumo del suministro 12050002972

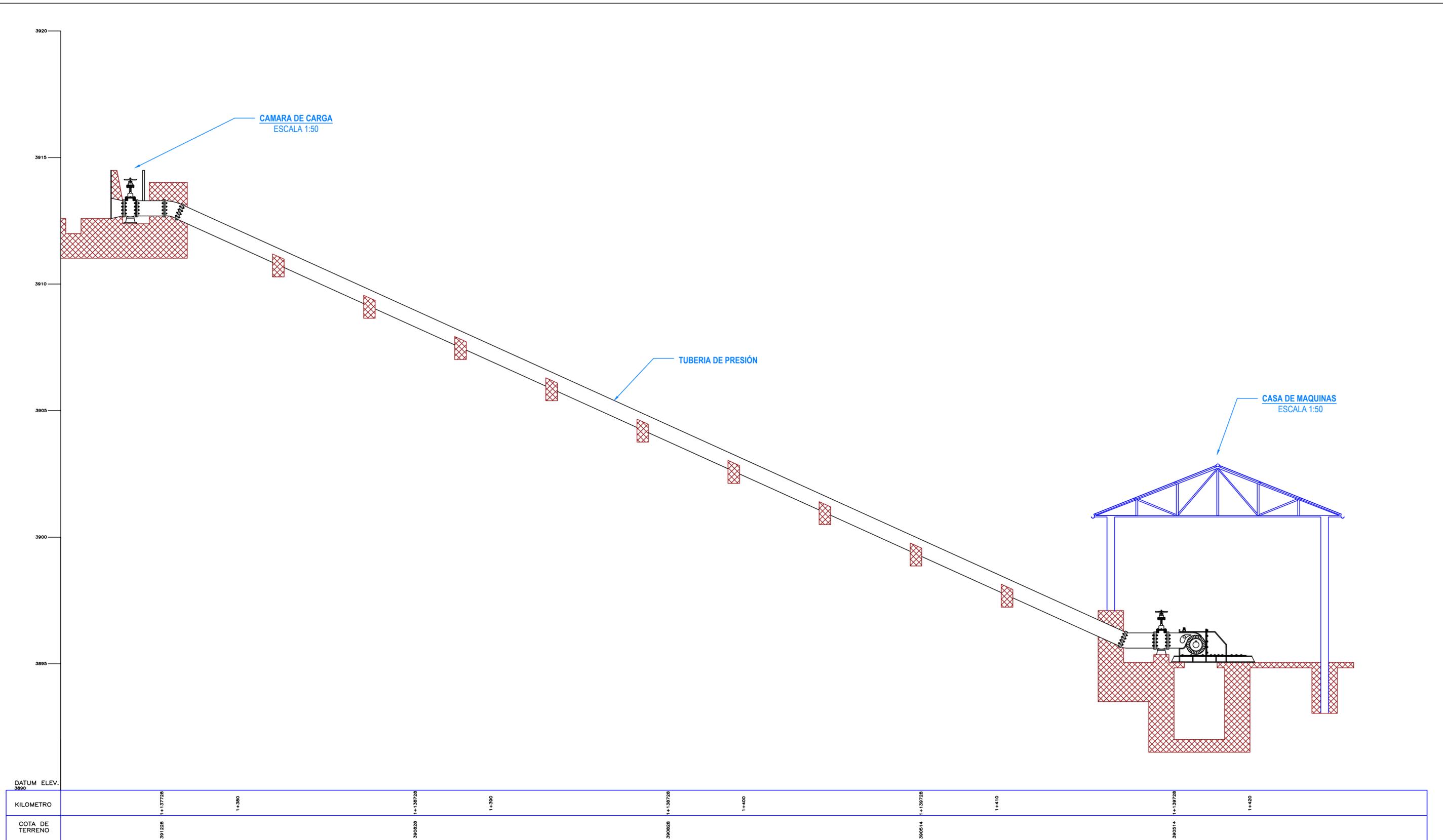


Consumo del suministro 12050007971



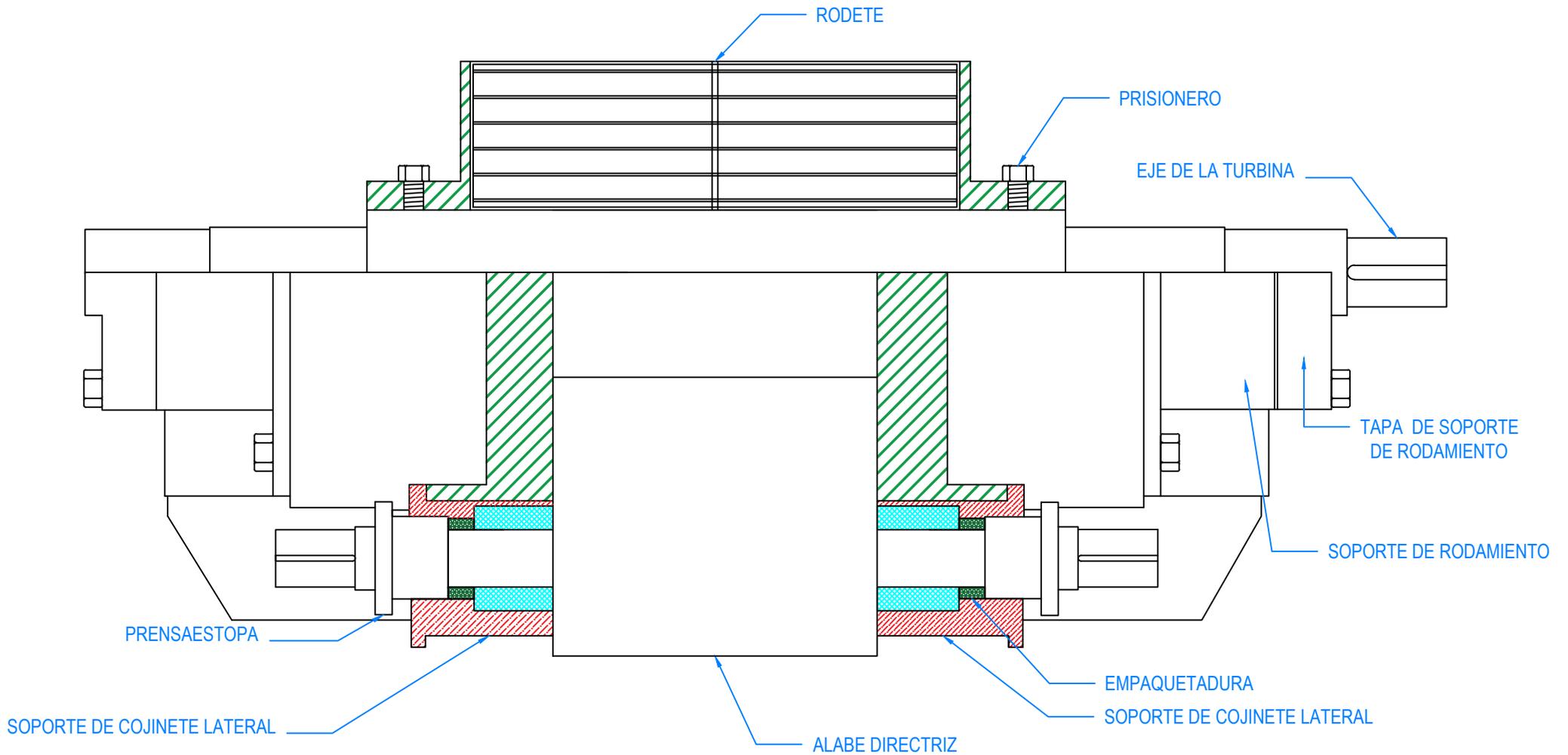
Consumo del suministro 10010084100



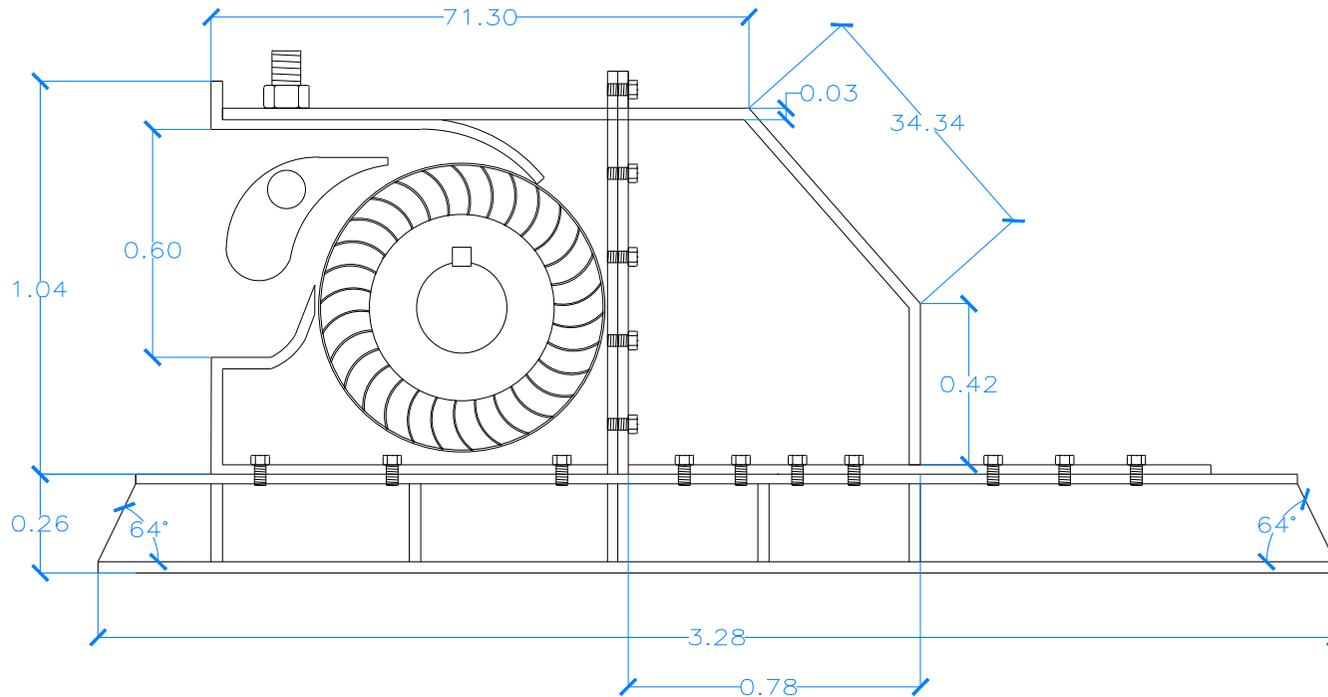


DATUM ELEV.	3890									
KILOMETRO	1+377.28	1+380	1+387.28	1+390	1+397.28	1+400	1+407.28	1+410	1+417.28	1+420
COTA DE TERRENO	3912.28		3908.28		3908.28		3905.14		3905.14	

A		21/06/2022			
REVISIÓN	DESCRIPCIÓN	FECHA	ELABORADO	REVISADO	APROBADO



REVISIÓN	DESCRIPCIÓN	FECHA	ELABORADO	REVISADO	APROBADO
A	.	15/06/2022	.	.	.



REVISIÓN	DESCRIPCIÓN	FECHA	ELABORADO	REVISADO	APROBADO
A	-	25/06/2022	-	-	-

UNIVERSIDAD :



ESCUELA PROFESIONAL:



ESCALA: 1:20
FECHA:
JUNIO DE 2022

DPTO: PUNO
PROV: AZANGARO
DISTR: ASILLO

CENTRAL HIDROELECTRICA
ACCOPATA
VISTA GENERAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN :

FACTIBILIDAD PARA EL USO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA MEDIANTE
ENERGÍA HIDRÁULICA EN LOS CENTROS POBLADOS DE PROGRESO Y
ACCOPATA DEL DISTRITO DE ASILLO EN LA REGIÓN PUNO

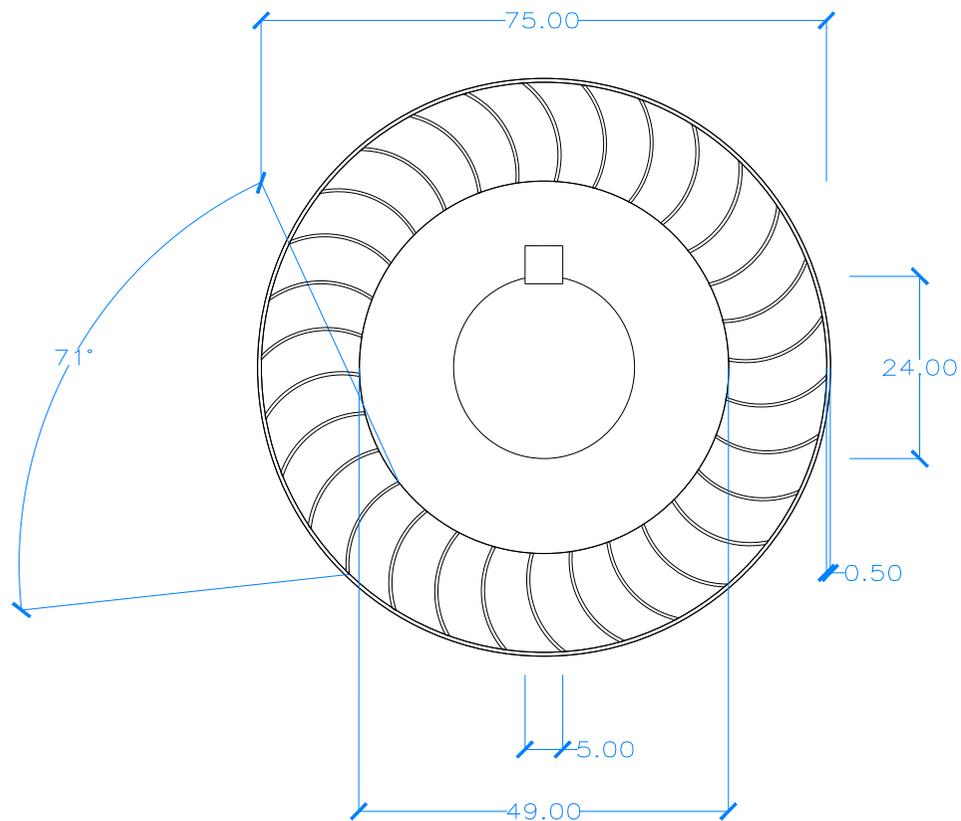
TESISTAS:

- YELTSIN DANIEL ZAPANA MOROCO
- LUIS BELTRAN GOMEZ LARICO

HOJA: 03

ARCHIVO: CH-A-03.dwg

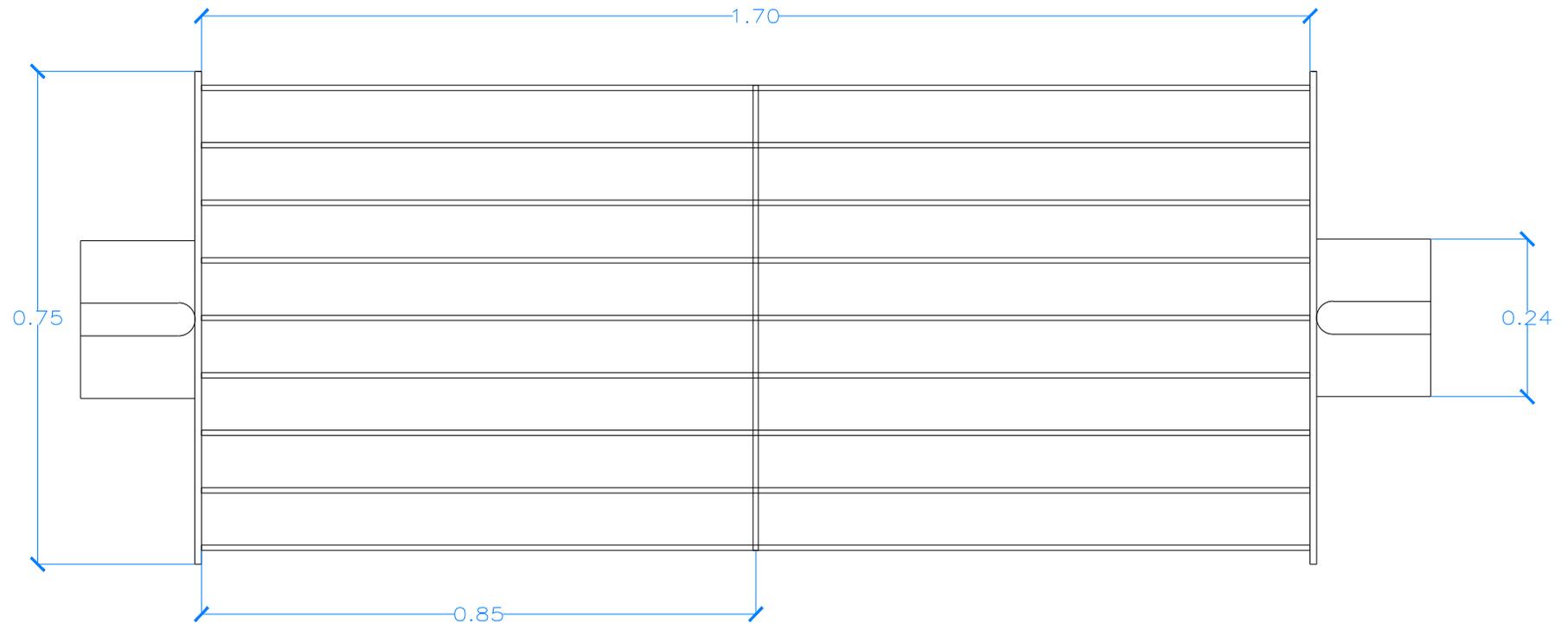
N° PLANO: CH-A-03



DATOS LONGITUDINALES DE LA TURBINA VISTA LATERAL

NUMERO DE ALABES: 30
 DIAMETRO EXTERIOR: 0.75 m
 DIAMETRO INTERIOR: 0.49m
 DIAMETRO DEL EJE CENTRAL: 0.24m

REVISIÓN	DESCRIPCIÓN	FECHA	ELABORADO	REVISADO	APROBADO
A	.	21/06/2022	.	.	.



REVISIÓN	DESCRIPCIÓN	FECHA	ELABORADO	REVISADO	APROBADO
A	-	21/06/2022	-	-	-

UNIVERSIDAD :



ESCUELA PROFESIONAL:



ESCALA: 1:10
FECHA:
JUNIO DE 2022

DPTO: PUNO
PROV: AZANGARO
DISTR: ASILLO

CENTRAL HIDROELECTRICA
ACCPATA

RODETE

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN :

FACTIBILIDAD PARA EL USO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA MEDIANTE
ENERGÍA HIDRÁULICA EN LOS CENTROS POBLADOS DE PROGRESO Y
ACCPATA DEL DISTRITO DE ASILLO EN LA REGIÓN PUNO

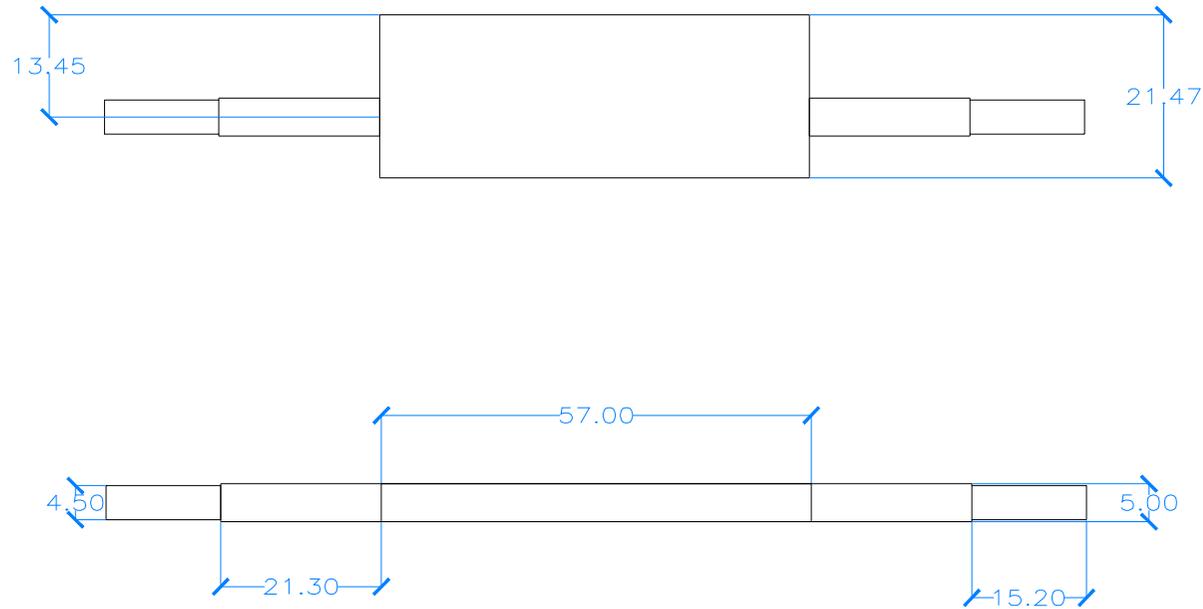
TESISTAS:
- YELTSIN DANIEL ZAPANA MOROCO
- LUIS BELTRAN GOMEZ LARICO

HOJA: 05

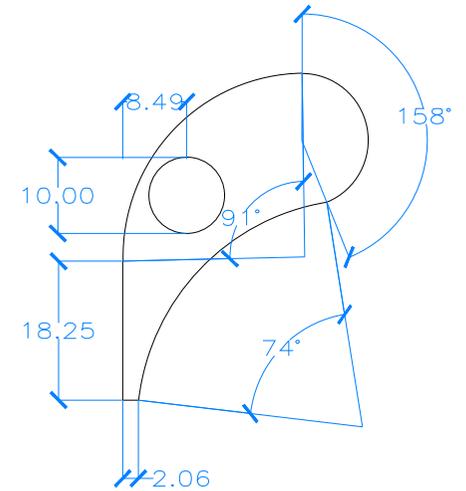
ARCHIVO: CH-A-05.dwg

N° PLANO: CH-A-05

EJE DIRECTRIZ DEL INYECTOR
ESCALA 1:20



CORTE DEL ALABE DIRECTRIZ DEL INYECTOR
ESCALA 1:10



REVISIÓN	DESCRIPCIÓN	FECHA	ELABORADO	REVISADO	APROBADO
A	.	28/06/2022	.	.	.

UNIVERSIDAD :



ESCUELA PROFESIONAL:



ESCALA:
INDICADA

FECHA:
JUNIO DE 2022

DPTO: PUNO
PROV: AZANGARO
DISTR: ASILLO

CENTRAL HIDROELECTRICA
ACCOPATA

ALABE DIRECTRIZ DEL
INYECTOR

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN :

FACTIBILIDAD PARA EL USO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA MEDIANTE
ENERGÍA HIDRÁULICA EN LOS CENTROS POBLADOS DE PROGRESO Y
ACCOPATA DEL DISTRITO DE ASILLO EN LA REGIÓN PUNO

TESISTAS:

- YELTSIN DANIEL ZAPANA MOROCO
- LUIS BELTRAN GOMEZ LARICO

HOJA: 07

ARCHIVO: CH-A-07.dwg

N° PLANO: CH-A-07

Anexo 4. Presupuesto de la PCH Accopata

Presupuesto

Presupuesto 1101001

FACTIBILIDAD PARA EL USO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA MEDIANTE ENERGÍA HIDRÁULICA EN LOS CENTROS POBLADOS DE PROGRESO Y ACCOPATA DEL DISTRITO DE ASILLO EN LA REGIÓN PUNO

Cliente LUIS BELTRAN GOMEZ LARICO, YELTSIN DANIEL ZAPANA MOROCO
Lugar PUNO. SAN ROMAN, JULIACA

Costo al 22/11/2022

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01.00	ESTRUCTURA				190,864.02
01.01	INSTALACIONES Y OBRAS PROVISIONALES				66,497.71
01.01.01	CARTEL DE OBRA 3.60 x 2.40m. (PLANCHA METALICA)	u	1.00	2,110.00	2,110.00
01.01.02	OFICINAS	m2	20.00	301.30	6,026.00
01.01.03	ALMACENES	m2	36.00	165.41	5,954.76
01.01.04	CERCO PROVISIONAL DE SEGURIDAD DE RAFIA	m	100.00	17.33	1,733.00
01.01.05	INSTALACION PROVISIONAL DE ENERGIA ELECTRICA	glb	1.00	2,573.95	2,573.95
01.01.06	CONSUMO PROVISIONAL DE ENERGIA ELECTRICA POR MES	glb	6.00	350.00	2,100.00
01.01.07	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO Y MAQUINARIA	glb	1.00	3,000.00	3,000.00
01.01.08	FLETE TERRESTRE	glb	1.00	43,000.00	43,000.00
01.02	SEGURIDAD, SALUD Y MITIGACION IMPACTO AMBIENTAL				32,705.30
01.02.01	EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL	u	45.00	75.00	3,375.00
01.02.02	EQUIPOS DE PROTECCION COLECTIVA	u	1.00	1,205.30	1,205.30
01.02.03	RECURSOS PARA RESPUESTAS ANTE EMERGENCIAS EN SEGURIDAD Y SALUD PARA EL TRABAJO	u	1.00	2,000.00	2,000.00
	PLAN DE SEGURIDAD INC. CAPACITACION	u	8.00	2,000.00	16,000.00
01.02.05	SEÑALIZACION, SEGURIDAD Y ACOPIO DE RESIDUOS SOLIDOS	glb	1.00	2,725.00	2,725.00
01.02.06	HABILITACION Y CIERRE DE BOTADERO DE RESTOS DE OBRA	u	1.00	2,400.00	2,400.00
01.02.07	CIERRE Y ABANDONO DE CAMPAMENTO DE OBRA	u	1.00	5,000.00	5,000.00
01.03	TRABAJOS PRELIMINARES				17,347.75
01.03.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	2,155.00	3.43	7,391.65
01.03.02	TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR CON EQUIPO	m2	2,155.00	3.62	7,801.10
01.03.03	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO DURANTE EL PROCESO	m2	2,155.00	1.00	2,155.00
01.04	MOVIMIENTO DE TIERRAS				32,919.33
01.04.01	DESBROCE H=20 CM	m2	2,155.00	6.35	13,684.25
01.04.02	EXCAVACION MASIVA CON MAQUINARIA	m3	305.10	15.57	4,750.41
01.04.03	EXCAVACION MANUAL EN TERRENO NORMAL	m3	20.62	27.64	569.94
01.04.04	RELLENO PARA BASE DE VASO DE PISCINA	m3	42.16	55.59	2,343.45
01.04.05	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE HASTA D PROM=30 M	m3	77.29	27.42	2,119.29
01.04.06	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	77.29	33.42	2,583.03
01.04.07	VEREDA CONTINUA DE CONCRETO IMPRESO	m2	98.10	70.02	6,868.96
01.05	OBRAS DE CONCRETO ARMADO				0.00
01.05.01	ZAPATAS				18,483.50
01.05.01.01	CONCRETO EN ZAPATAS fc=210 kg/cm2	m3	43.74	394.89	17,272.49
01.05.01.02	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	337.33	3.59	1,211.01
01.05.02	COLUMNAS				22,910.42
01.05.02.01	CONCRETO EN COLUMNAS fc=210 kg/cm2	m3	20.16	513.18	10,345.71
01.05.02.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN COLUMNAS	m2	80.64	103.16	8,318.82
01.05.02.03	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60		1,182.70	3.59	4,245.89
02.00	ARQUITECTURA				142,403.90
02.01	MUROS Y TABIQUES DE ALBAÑILERIA				27,824.86
02.01.01	MURO DE SOGA CON LADRILLO MECANIZADO	m2	304.38	80.21	24,414.32
02.01.02	TABIQUE DOBLE PLACA GYPLAC 1/2" e=11.48 CM	m2	53.44	63.82	3,410.54
02.02	REVOQUES Y ENLUCIDOS				34,512.88
02.02.01	TARRAJEO PRIMARIO	m2	304.38	33.42	10,172.38
02.02.02	TARRAJEO EN MUROS INTERIORES	m2	197.85	36.26	7,174.04
02.02.03	TARRAJEO EN MUROS EXTERIORES	m2	304.38	40.41	12,300.00
02.02.04	TARRAJEO DE SUPERFICIE DE COLUMNAS	m2	80.64	51.07	4,118.28
02.02.05	VESTIDURA DE DE ARISTAS EN COLUMNAS	m	65.40	11.44	748.18
02.03	PISOS Y PAVIMENTOS				25,711.75
02.03.01	CONTRAPISO DE 48 mm	m2	154.36	33.90	5,232.80
02.03.02	PISO DE PORCELANATO ANTIDESLIZANTE DE ALTO TRANCITO 0.60X0.60 CON DETALLE	m2	154.36	132.67	20,478.94
02.04	CONTRAZOCALOS				2,196.57
02.04.01	CONTRAZOCALO DE PORCELANATO H=0.10 M	m	67.90	32.35	2,196.57
02.05	CARPINTERIA DE MADERA				2,282.40
02.05.01	PUERTA DE MADERA CEDRO MACHIEMBRADA	u	4.00	570.60	2,282.40
02.06	CARPINTERIA METALICA				5,782.00
02.06.01	PUERTA METALICA	m2	3.80	1,521.58	5,782.00
02.07	CERRAJERIA				1,301.50
02.07.01	BISAGRA ALUMINIZADA DE 4" X 4" PESADA	pza	10.00	17.90	179.00
02.07.02	CERRADURA TRES GOLPES EN PUERTAS	pza	2.00	140.65	281.30
02.07.03	CERRADURA PARA PUERTA ANTIPANICO DOS HOJAS	pza	3.00	280.40	841.20

Presupuesto

Presupuesto 1101001 **FACTIBILIDAD PARA EL USO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA MEDIANTE ENERGÍA
HIDRÁULICA EN LOS CENTROS POBLADOS DE PROGRESO Y ACCOPATA DEL DISTRITO DE
ASILLO EN LA REGIÓN PUNO**

Cliente **LUIS BELTRAN GOMEZ LARICO, YELTSIN DANIEL ZAPANA MOROCO**
Lugar **PUNO. SAN ROMAN, JULIACA**

Costo al 22/11/2022

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
02.07	VIDRIOS, CRISTALES Y SIMILARES				31,530.60
02.07.01	DOBLE VIDRIADO DE CONTROL SOLAR Y AISLAMIENTO ACÚSTICO.	m2	45.00	700.68	31,530.60
02.08	PINTURA				10,511.35
02.07.03	PINTURA LATEX EN MUROS INTERIORES	m2	197.50	15.70	3,100.75
02.07.04	PINTURA LATEX EN MUROS EXTERIORES	m2	304.38	18.14	5,521.45
02.07.05	PINTURA LATEX EN VIGAS Y COLUMNAS	m2	80.64	20.14	1,624.09
02.07.06	PINTURA EN PUERTAS CON BARNIZ 2 MANOS	m2	15.12	17.53	265.05
02.09	VARIOS				750.00
02.07.08	PLACA RECORDATORIA	u	1.00	750.00	750.00
03.00	INSTALACIONES ELECTRICAS Y ESPECIALES				160,831.76
03.01	OBRAS PRELIMINARES				1,626.22
03.01.01	TRAZONIVELACION Y REPLANTEODE ZANJAS	m	32.50	1.98	64.35
03.01.02	EXCAVACION MANUAL ENTERRENONORMAL	m3	12.40	36.37	450.99
03.01.03	RELLENODE ZANJA CON MATERIAL PROPIO	m3	5.30	45.61	241.73
03.01.04	RELLENO CON ARENA FINA	m3	2.10	45.61	95.78
03.01.05	TUBERIAS PVC SAL PESADO 11/2"	m	15.00	15.45	231.75
03.01.06	TUBERIAS PVC SAL PESADO 2"	m	22.70	16.62	377.27
03.01.07	INSTALACION DE BUZONETAS	u	1.00	164.34	164.34
03.02	INSTALACIONES ELECTRICAS				159,205.54
03.02.01	PUNTOS DE SALIDA				2,259.97
03.02.01.01	SALIDA DE TECHO CENTRO DE LUZ	pto	9.00	63.97	575.73
03.02.01.02	SALIDA INTERRUPTOR SIMPLE	pto	3.00	49.90	149.70
03.02.01.03	SALIDA INTERRUPTOR DOBLE	pto	3.00	57.90	173.70
03.02.01.04	SALIDA TOMACORRIENTE DOBLE	pto	6.00	49.31	295.86
03.02.01.05	SALIDA PARA TOMACORRIENTE TRIFASICA	pto	2.00	227.72	455.44
03.02.01.06	SALIDA DE TABLERO DE DISTRIBUCION	pto	1.00	98.34	98.34
03.02.01.07	SALIDA DE FUERZA	pto	2.00	76.12	152.24
03.02.01.08	SALIDA PARA TELECOMUNICACIONES	pto	3.00	74.96	224.88
03.02.01.09	SALIDA PARA VIDEOVIGILANCIA	pto	1.00	134.08	134.08
03.02.02	CANALIZACIONES Y/O TUBERIAS				2,307.92
03.02.02.01	TUBERIAS PVC SEL PESADO 3/4"	m	133.73	11.72	1,567.32
03.02.02.02	TUBERIAS PVC SEL PESADO 1"	m	12.13	13.10	158.90
03.02.02.03	TUBERIAS PVC SEL PESADO 2"	m	35.00	16.62	581.70
03.02.03	CONDUCTORES				118,786.86
03.02.03.01	CONDUCTOR NH-70 2.5 mm2	m	285.52	8.71	2,486.88
03.02.03.02	CONDUCTOR NH-70 4 mm2	m	152.63	12.87	1,964.35
03.02.03.03	CONDUCTOR NH-70 10 mm2	m	48.50	18.79	911.32
03.02.03.04	CONDUCTOR 2x500mm2NHX-90	m	160.88	582.43	93,701.34
03.02.03.05	CONDUCTOR 1x95mm2NHX-90	m	160.88	110.66	17,802.98
03.02.03.06	CABLE DE RED UTP6	m	60.00	32.00	1,920.00
03.02.04	TABLEROS Y CUCHILLAS				5,720.80
03.02.04.01	TABLERO GENERAL (TG)	u	1.00	2,141.60	2,141.60
03.02.04.02	TABLERODE DISTRIBUCION TD-1	u	1.00	1,104.00	1,104.00
03.02.04.03	TABLERODE DISTRIBUCION TD-2	u	1.00	1,104.00	1,104.00
03.02.04.04	CAJAS DE PASO DE F°G° DE 150X150X100MM	u	4.00	161.60	646.40
03.02.04.05	CAJAS DE PASO DE F°G° DE 250X250X150MM	u	3.00	241.60	724.80
03.02.05	ARTEFACTOS Y LUMINARIAS				2,437.49
03.02.05.01	LUMINARIA TIPO REJILLA DE ALUMINIO- EMPOTRADO CON 04 LAMPARAS FLUORESCENTES LINEAL DE 4X18W	u	9.00	216.73	1,950.57
03.02.05.02	LUMINARIA ADOSADO EN PARED TIPO REFLECTOR TEMPO DE 250W	u	4.00	121.73	486.92

Presupuesto

Presupuesto 1101001 **FACTIBILIDAD PARA EL USO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA MEDIANTE ENERGÍA HIDRÁULICA EN LOS CENTROS POBLADOS DE PROGRESO Y ACCOPATA DEL DISTRITO DE ASILLO EN LA REGIÓN PUNO**

Cliente **LUIS BELTRAN GOMEZ LARICO, YELTSIN DANIEL ZAPANA MOROCO**
Lugar **PUNO. SAN ROMAN, JULIACA**

Costo al 22/11/2022

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
03.02.06	INSTALACIONES ESPECIALES Y EQUIPAMIENTO				27,692.50
03.02.06.01	POZO DE PUESTA A TIERRA	u	9.00	1,566.35	14,097.15
03.02.06.02	LUCES DE EMERGENCIA	u	9.00	118.55	1,066.95
03.02.06.03	EQUIPOS DE VIDEOVIGILANCIA	u	1.00	4,367.76	4,367.76
03.02.06.04	PARARRAYO TIPO PDC THOR (INC. ACCESORIOS E INSTALACIÓN)	glb	2.00	2,580.32	5,160.64
03.02.06.05	PRUEBA ELECTRICA	glb	2.00	1,500.00	3,000.00
04.00	INSTALACIONES SANITARIAS				18,075.84
04.01	RED EXTERNA DE AGUA				787.02
04.01.01	TRABAJOS PRELIMINARES				98.10
04.01.01.01	TRAZONIVELACION Y REPLANTEODE ZANJAS	m	45.00	2.18	98.10
04.01.03	SUMINISTROS E INSTALACIONES DE TUBERIAS				70.21
04.01.03.01	RED DE DISTRIBUCION TUBERIA DE 1 1/2" PVC-SAP	m	8.70	8.07	70.21
04.01.03.02	RED DE DISTRIBUCION TUBERIA DE 1 1/2" PVC-SAP	m	17.47	5.97	104.30
04.01.03.03	PRUEBA HIDRAULICA Y DESINFECCION ENREDES DE AGUA	m	26.17	2.31	60.45
04.01.04	CAJAS DE REGISTRO DE 60X30M				40.00
04.01.04.01	CAJA DE REGISTRODE 30X60 CM	pza	2.00	20.00	40.00
04.01.05	SUMINISTROS E INSTALACIONES DE TUBERIAS				578.72
04.01.05.01	TUBERIA DE PVC SAL 4"	m	20.50	27.44	562.52
04.01.05.02	PRUEBA HIDRAULICA REDES DE DESAGUE	m	20.50	0.79	16.20
04.02	APARATOS SANITARIOS Y ACCESORIOS				4,154.72
04.02.01	INODORO TANQUE BAJOBLANCOINC. ACCESORIOS ONE PICE	pza	2.00	450.00	900.00
04.02.02	URINARIOS DE LOZA DE PICOBLANCOINC. ACC.Y GRIFERIA	pza	2.00	150.00	300.00
04.02.03	LAVATORIOS DE PEDESTAL BLANCOINC. ACCESORIOS Y GRIFERIA	pza	2.00	150.00	300.00
04.02.04	LAVATORIO TIPO OVALIN INCLUYE ACCESORIOS	pza	2.00	150.00	300.00
04.02.05	DUCHAS CROMADAS DE CABEZA GIRATORIA Y LLAVE MEZCLADORA	pza	2.00	100.00	200.00
04.02.06	JABONERAS DE LOZA BLANCA SIMPLE DE 15 X 15 cm	pza	2.00	15.00	30.00
04.02.07	TOALLERA CON SOPORTE DE LOSA Y BARRA PLASTICA COLOR BLANCO	pza	2.00	15.00	30.00
04.02.08	PAPELERA DE LOZA BLANCA DE 13 X 15 cm	pza	2.00	30.00	60.00
04.02.09	GANCHODOBLE DE LOZA BLANCA	pza	2.00	20.00	40.00
04.02.10	DISPENSADOR DE PARED PARA JABON LIQUIDO	pza	2.00	38.00	76.00
04.02.11	DISPENSADOR DE PAPEL	pza	2.00	45.00	90.00
04.02.12	SECADOR DE MANOS	pza	2.00	750.90	1,501.80
04.02.13	COLOCACION DE APARATOS SANITARIOS	pza	2.00	125.30	250.60
04.02.14	COLOCACION DE ACCESORIOS SANITARIOS	pza	2.00	38.16	76.32
04.03	SISTEMA DE AGUA FRIA				6,409.60
04.03.01	SALIDA DE AGUA FRIA				571.90
04.03.01.01	SALIDA DE AGUA FRIA 3/4" (INC. TU.B PVC-SAP Y ACC)	pto	4.00	94.01	376.04
04.03.01.02	SALIDA DE AGUA FRIA 1" (INC. TU.B PVC-SAP Y ACC)	pto	2.00	97.93	195.86
04.03.02	RED DE DISTRIBUCION AGUA FRIA				53.14
04.03.02.01	REDDE DISTRIBUCION TUBERIA DE 3/4" PVC-SAP	m	5.30	4.96	26.29
04.03.02.02	REDDE DISTRIBUCION TUBERIA DE 1/2" PVC-SAP	m	2.20	4.33	9.53
04.03.02.03	PRUEBA HIDRAULICA Y DESINFECCION ENREDES DE AGUA	m	7.50	2.31	17.33
04.03.03	ACCESORIOS DE REDES DE AGUA FRIA				1,325.80
04.03.03.01	ACCESORIOS DE REDES DE AGUA CODOS HIDRO	glb	1.00	985.40	985.40
04.03.03.02	ACCESORIOS DE REDES DE AGUA TEES HIDRO	glb	1.00	110.00	110.00
04.03.03.03	ACCESORIOS DE REDES DE AGUA REDUCCIONES HIDRO	glb	1.00	230.40	230.40
04.03.04	VALVULAS AGUA FRIA				1,004.10
04.03.04.01	VALVULAS DE ESFERICA DE BRONCE DE 1" INCU°U°	pza	2.00	167.35	334.70
04.03.04.02	VALVULAS DE ESFERICA DE BRONCE DE 3/4" INCU°U°	pza	4.00	167.35	669.40
04.03.05	TANQUE ELEVADO				3,454.66
04.03.05.01	TANQUE ELEVADO DE 2500 LT INC. ACCESORIOS	u	1.00	3,454.66	3,454.66

Presupuesto

Presupuesto 1101001 **FACTIBILIDAD PARA EL USO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA MEDIANTE ENERGÍA HIDRÁULICA EN LOS CENTROS POBLADOS DE PROGRESO Y ACCOPATA DEL DISTRITO DE ASILLO EN LA REGIÓN PUNO**

Cliente **LUIS BELTRAN GOMEZ LARICO, YELTSIN DANIEL ZAPANA MOROCO**
Lugar **PUNO. SAN ROMAN, JULIACA**

Costo al 22/11/2022

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
04.04	SISTEMA DE AGUA FRIA				2,954.94
04.04.01	SALIDA DE AGUA FRIA				571.90
04.04.01.01	SALIDA DE AGUA FRIA 3/4" (INC. TU.B PVC-SAP Y ACC)	pto	4.00	94.01	376.04
04.04.01.02	SALIDA DE AGUA FRIA 1" (INC. TU.B PVC-SAP Y ACC)	pto	2.00	97.93	195.86
04.04.02	RED DE DISTRIBUCION AGUA FRIA				53.14
04.04.02.01	REDDE DISTRIBUCION TUBERIA DE 3/4" PVC-SAP	m	5.30	4.96	26.29
04.04.02.02	REDDE DISTRIBUCION TUBERIA DE 1/2" PVC-SAP	m	2.20	4.33	9.53
04.04.02.03	PRUEBA HIDRAULICA Y DESINFECCION ENREDES DE AGUA	m	7.50	2.31	17.33
04.04.03	ACCESORIOS DE REDES DE AGUA FRIA				1,325.80
04.04.03.01	ACCESORIOS DE REDES DE AGUA CODOS HIDRO	glb	1.00	985.40	985.40
04.04.03.02	ACCESORIOS DE REDES DE AGUA TEES HIDRO	glb	1.00	110.00	110.00
04.04.03.03	ACCESORIOS DE REDES DE AGUA REDUCCIONES HIDRO	glb	1.00	230.40	230.40
04.04.04	VALVULAS AGUA FRIA				1,004.10
04.04.04.01	VALVULAS DE ESFERICA DE BRONCE DE 1" INCU°U°	pza	2.00	167.35	334.70
04.04.04.02	VALVULAS DE ESFERICA DE BRONCE DE 3/4" INCU°U°	pza	4.00	167.35	669.40
04.05	SISTEMA DE BOMBEO				3,769.55
04.05.01	RED DE IMPULSION				116.00
04.05.01.01	TUBERIA DE IMPULSION TUBOHIDRODE 1 1/2"	m	2.70	31.62	85.37
04.05.01.02	TUBERIA DE IMPULSION TUBOHIDRODE 1"	m	1.10	27.84	30.62
04.05.01.03	ACCESORIOS DE REDES DE IMPULSION				45.12
04.05.01.03.01	ABRAZADERA DE FIJACION DE TUBO	pza	2.00	22.56	45.12
04.05.02	VALVULAS RED DE IMPULSION				1,023.47
04.05.02.01	VALVULA DE PIE Y CANASTILLA DE BRONCE Ø 2"	u	1.00	150.00	150.00
04.05.02.02	VALVULAS DE COMPUERTA DE BRONCE DE 1 1/2" INC. U°U°	pza	1.00	232.35	232.35
04.05.02.03	VALVULAS DE COMPUERTA DE BRONCE DE 1" INCU°U°	pza	2.00	167.35	334.70
04.05.02.04	VALVULAS CHECK DE BRONCE DE 1 1/2" INC. U°U°	pza	1.00	306.42	306.42
04.01.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				1,183.72
04.01.02.01	EXCAVACION MANUAL DE ZANJA	m3	4.50	42.02	189.09
04.01.02.02	REFINE, NIVELACION DE FONDO DE TUBERIA	m	32.00	6.30	201.60
04.01.02.03	CAMA DE ARENA PARAPOYODE TUBERIA	m	32.00	9.72	311.04
04.01.02.04	RELLENO CON MATERIAL DE PRESTAMO SELECCIONADO CON PLANCHA COMPACTADORA	m3	3.60	121.54	437.54
04.01.02.05	ACARREO Y ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE Dprom=5.0 km	m3	5.40	8.23	44.44
04.05.03	EQUIPO DE BOMBEO				1,401.25
04.05.03.01	ELECTROBOMBA CENTRIFUGA DE 1.5 H.P. TRIFASICA	u	1.00	1,341.25	1,341.25
04.05.03.02	SISTEMA DE CONTROL AUTOMATICO DE ARRANQUE PARADA DE BOMBA	u	1.00	60.00	60.00
05.00	TURBINA HIDROELECTRICA				291,356.89
04.05.02	EQUIPO DE GENERACION				245,197.94
04.05.02.01	MICHELL BANKI HYDROELECTRIC TURBINE SFW-600KW	u	1.00	137,973.12	137,973.12
04.05.02.02	GENERADOR ASINCRÓNICO, JAULA DE ARDILLA, DE ALTO RENDIMIENTO	u	1.00	60,313.96	60,313.96
04.05.02.03	ACCESORIOS	u	1.00	33,113.55	33,113.55
04.05.02.04	PRUEBAS DEL EQUIPO DE GENERACION	u	1.00	13,797.31	13,797.31
04.05.03	EQUIPO DE CONTROL				46,158.95
04.05.03.01	PANEL ELÉCTRICO AUTOMACIÓN EN PARALELO A LA RED	u	1.00	32,695.92	32,695.92
04.05.03.02	ACCESORIOS	u	1.00	7,693.16	7,693.16
04.05.03.03	PRUEBAS DEL EQUIPO DE CONTROL	u	1.00	5,769.87	5,769.87
	COSTO DIRECTO				803,532.40
	GASTOS GENERALES (9% DEL CD)				72,317.92
	UTILIDAD (6% DEL CD)				48,211.94
	SUB TOTAL				924,062.26
	IGV (18%)				166,331.21
	TOTAL PRESUPUESTO				1,090,393.47

Presupuesto

Presupuesto 1101001 FACTIBILIDAD PARA EL USO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA MEDIANTE ENERGÍA HIDRÁULICA
EN LOS CENTROS POBLADOS DE PROGRESO Y ACCOPATA DEL DISTRITO DE ASILLO EN LA
REGIÓN PUNO

Ciente LUIS BELTRAN GOMEZ LARICO, YELTSIN DANIEL ZAPANA MOROCO
Lugar PUNO. SAN ROMAN, JULIACA

Costo al 22/11/2022

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
	SUPERVISION (4% DEL COSTO DIRECTO)				<u>32,141.30</u>
	TOTAL GENERAL				<u><u>1,122,534.76</u></u>

SON UN MILLÓN CIENTO VEINTIDÓS MIL QUINIENTOS TREINTA Y CUATRO Y 76/100 NUEVOS SOLES

Anexo 5. Cotización del sensor de medición de caudal.

Fecha: jueves, 11 de marzo de 2021
 CONTIZACIÓN Nro.: 44.266,00



R.U.C.
 Razon Social:
 Sr.: Bach. Luis B. G. L.

Item	Producto	Precio unitario	Cantidad	Unidad de medida	Monto
SUB SISTEMA DE GENRACION Y ALMACENAMIENTO DE DATOS					
a1	arduino uno R3 original	S/ 88,00	1	unidad	88,00
a2	Cable de datos arduino PC	S/ 15,00	1	unidad	15,00
a3	Registrador de Datos	S/ 23,00	1	unidad	23,00
a4	Sensor de distancia	S/ 10,00	2	unidad	20,00
a5	modulo TCRT5000 IR	S/ 6,00	2	unidad	12,00
a6	DHT22	S/ 24,00	1	unidad	24,00
a7	programación	S/ 50,00	1	unidad	50,00
a8	armado de placa electronica	S/ 50,00	1	unidad	50,00
a9	LM2596	S/ 12,00	1	unidad	12,00
a10	servicio de envio Lima- Juliaca	S/ 20,00	1	unidad	20,00
SUB SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE ENERGÍA (12 VOLTIOS)					
b1	panel de 55 Wp	180	1	unidad	180,00
b2	controlador de 7 amperios	60	1	unidad	60,00
b3	batería 33 Ah	300	1	unidad	300,00
b4	conector MC4	6,5	1	unidad	6,50
b5	varilla galvanizada	20	1,5	metro	30,00
b6	boya	16	1	unidad	16,00
b7	armado del sistema de alimentación	20	1	unidad	20,00
SUB SISTEMA DE SOPORTE METÁLICO					
c1	soporte de batería	12	1	unidad	12,00
c2	soporte controlador y tablero	S/ 24,00	1	unidad	24,00
c3	soporte general	S/ 16,00	1	unidad	16,00
c4	electrodo	S/ 7,00	1	unidad	7,00
c5	plancha	S/ 160,00	1	unidad	160,00
c6	pintura anticorrosiva	S/ 30,00	1	unidad	30,00
c7	tinher	S/ 14,00	1	unidad	14,00
c8	cerradura	S/ 180,00	1	unidad	180,00
c9	servicio de soldadura general	S/ 180,00	1	unidad	180,00
c10	servicio de pintado y acabado	S/ 110,00	1	unidad	110,00
c11	bisagra	S/ 7,00	1	par	7,00
				Total	1.666,50

Términos y condiciones:

Se aplican términos y condiciones estándar y están disponibles a pedido en: sumacinti.group@gmail.com

La garantía de los productos en general es de 1 año, excepto en productos electronicos.

La entrega se efectuará en nuestra tienda principal de la ciudad de Juliaca, de acuerdo a la disponibilidad de stock

Validez de la cotización: 15 días

No incluye instalación in situ

El método de pago: adelanto de 50%, 50% al momento de la entrega.

Moneda: sol peruano, PEN, (S/)



Dirección: Jr. Tumbes 1389, Juliaca | Av. Panamericana 1058, llave
 contacto a los Celulares: 967995599 | 996222220 | 954971713
 correo electrónico: sumacinti.group@gmail.com www.sumacinti.com
 BBVA: 0011-0584-0200104516 CCI 011-584-000200104516-06
 Banco de la Nación: 04-724-324725 CCI 019-724-004724324725-52



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

"Universidad Pública de Calidad"