



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
MECÁNICA ELÉCTRICA**

Diseño de una turbina Michell - Banki de 11.31 kW para el centro
poblado La Cantera de Vinzos – Santa, 2023

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTORES:

Capristano Rodriguez, Santiago Miguel (orcid.org/0009-0003-1363-4299)

Euribe Blas, Cesar Abel (orcid.org/0009-0004-7406-2519)

ASESOR:

Mg. Cuadros Camposano, Edwin Huber (orcid.org/0000-0001-6478-8130)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Generación, Transmisión y Distribución

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TRUJILLO — PERÚ

2024

DEDICATORIA

Se dedica a mi familiar por seguirme en este largo camino que es la vida.

AGRADECIMIENTO

A las personas que participaron en el presente estudio, así como a mi casa de estudios por permitir ser un profesional en servicio de la sociedad.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, CUADROS CAMPOSANO EDWIN HUBER, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Diseño de una turbina Michell - Banki de 11.31 kW para el centro poblado La Cantera de Vinzos – Santa, 2023", cuyos autores son CAPRISTANO RODRIGUEZ SANTIAGO MIGUEL, EURIBE BLAS CESAR ABEL, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 18%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 03 de Abril del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
CUADROS CAMPOSANO EDWIN HUBER DNI: 09599387 ORCID: 0000-0001-6478-8130	Firmado electrónicamente por: EHCUADROS el 16- 05-2024 17:19:50

Código documento Trilce: TRI - 0741624



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, CAPRISTANO RODRIGUEZ SANTIAGO MIGUEL, EURIBE BLAS CESAR ABEL estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Diseño de una turbina Michell - Banki de 11.31 kW para el centro poblado La Cantera de Vinzos – Santa, 2023", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
CESAR ABEL EURIBE BLAS DNI: 70133037 ORCID: 0009-0004-7406-2519	Firmado electrónicamente por: CAEURIBE el 03-04- 2024 16:54:36
SANTIAGO MIGUEL CAPRISTANO RODRIGUEZ DNI: 47041603 ORCID: 0009-0003-1363-4299	Firmado electrónicamente por: CAPRISTANOR el 03- 04-2024 16:55:30

Código documento Trilce: TRI - 0741623

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR.....	iv
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTORES	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	19
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	19
3.2. Variables y operacionalización	19
3.3. Población, muestra y muestreo	20
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	21
3.5. Procedimientos.....	22
3.6. Método de análisis de datos	23
3.7. Aspectos éticos	24
IV. RESULTADOS	25
4.1. Determinación del caudal anual de agua y la altura neta de caída de agua disponible.....	25
4.2. Determinación del diámetro de la tubería saliente del canal a la turbina....	29
4.3. Determinación de la demanda de energía eléctrica del centro poblado	29
4.4. Determinación del diseño y los parámetros geométricos de la turbina Michell Banki.	37
V. DISCUSIÓN	58
VI. CONCLUSIONES.....	62
VII. RECOMENDACIONES	64
REFERENCIAS.....	65
ANEXOS	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características principales de las turbinas hidráulicas	7
Tabla 2. Selección del diámetro del rotor	9
Tabla 3. Número de álabes según el diámetro del rotor.....	13
Tabla 4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	21
Tabla 5. Resultados obtenidos de los tiempos en 20 m de recorrido de río.....	26
Tabla 6. Total de pobladores y viviendas del centro poblado.....	29
Tabla 7. Consumo en kW por vivienda.....	31
Tabla 8. Tabla de consumos de servicios de uso general.....	31
Tabla 9. Proyección de la demanda eléctrica hasta el año 2044	36
Tabla 10. Tipo de acoplamiento del generador	37
Tabla 11. Eficiencia de las turbinas según su tipo.....	38
Tabla 12. Selección del diámetro del rotor	40
Tabla 13. Selección de turbina según el N_q y N_s	41
Tabla 14. Número de álabes según el diámetro del rotor.....	42
Tabla 15. Espesor de álabes según el diámetro del rotor	43
Tabla 16. Parámetros de diseño para la turbina Mitchell - Banki	47
Tabla 17. Características del alternador para la turbina Mitchell - Banki.....	49
Tabla 18. Especificaciones técnicas del generador eléctrico	50
Tabla 19. Análisis del consumo eléctrico en la comunidad de Vinzos mediante una simulación de recibo de Luz	56
Tabla 20. Estimación de los costos de inversión.....	57
Tabla 21. Análisis de rentabilidad para un ciclo de vida de 7 años	57
Tabla 21. Beneficios económicos del uso de electricidad en área rural	100
Tabla 22. Indicadores económicos del proyecto	101
Tabla 23. Análisis Financiero del proyecto.....	101

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Modelo de turbina patentado por la compañía Ossberger	8
Figura 2. Triángulo de velocidades	10
Figura 3. Diagrama del procedimiento del proyecto de investigación	23
Figura 4. Imagen de la ubicación del CP La Cantera	25
Figura 5. Medición de la distancia de la muestra del canal equivalente a 20m	26
Figura 6. Medición del tiempo de recorrido del canal en una distancia de 20 m. ...	26
Figura 7. Perfil del canal de regadío en Vinzos	27
Figura 8. Topografía del terreno.....	28
Figura 9. Verificación de la altura del salto de agua. $H= 11.50$ m	28
Figura 10. Rango de diseño para turbinas Salto Neto vs Caudal.....	39
Figura 11. Triangulo de velocidades	44
Figura 12. Diseño de la turbina Michell Banki	48
Figura 13. Diseño del inyector y carcasa	48
Figura 14. Generador eléctrico Cattini.....	51
Figura 15. Factor de carga C_2	51
Figura 16. Tabla de perfil de la correa.....	52
Figura 17. Selección de diámetros de poleas.....	52
Figura 18. Tabla de longitud de faja AX/X13.....	53
Figura 19. Tabla de ajustes X y Y	53
Figura 20. Tabla de C_1	54
Figura 21. Tabla de C_3	55
Figura 22. Valores de potencia para faja AX/X13.....	55

RESUMEN

La investigación centra el problema en la falta de energía eléctrica del Centro Poblado La Cantera de Vinzos, se justifica la necesidad de los pobladores por este servicio para ello aprovechar el recurso hídrico del canal Irchim. El **objetivo** fue diseñar una turbina tipo Michell – Banki para generar energía eléctrica a La cantera de Vinzos – Santa, 2023. La **metodología** de la investigación es aplicada, diseño no experimental, transversal, descriptivo, la población de 60 habitantes (15 viviendas) proyectado a 20 años. Los **resultados** se cubrió los requerimientos de energía eléctrica doméstico, alumbrado público y pérdidas de 14.11 MWh, para ello se requiere un caudal de 0.088 m³/s y una altura útil 11.50 m, que será mediante una turbina Michell-Banki, diámetro del rotor 0.2 m, generador de 675.6 rpm, diámetro interior del rodete 0.132 m, radio de curvatura de álabes 0.0326 m y número de álabes en 22. La evaluación económica VAN S/. 26,881.0 (proyecto viable) y TIR 25.3 % anual, existe rentabilidad. Dado que la turbina Michell Banki son altamente eficientes, construcción sencilla y aprovechan bajas alturas-caudales para generar electricidad es una excelente alternativa por ello se **concluye** que el proyecto cubrirá con la demanda de energía requerida por la población.

Palabras Clave: Demanda de energía, rodete de turbina, parámetros de diseño.

ABSTRACT

The investigation focuses the problem on the lack of electrical energy in the La Cantera de Vinzos Population Center, the need of the residents for this service is justified in order to take advantage of the water resource of the Irchim canal. The objective was to design a Michell – Banki type turbine to generate electrical energy at La Cantera de Vinzos – Santa, 2023. The research methodology is applied, non-experimental, transversal, descriptive design, the projected population is 60 inhabitants (15 homes). to 20 years. The results covered the requirements for domestic electrical energy, public lighting and losses of 14.11 MWh, for this a flow rate of 0.088 m³/s and a useful height of 11.50 m are required, which will be through a Michell-Banki turbine, rotor diameter 0.2 m., 675.6 rpm generator, inner diameter of the impeller 0.132 m, radius of curvature of blades 0.0326 m and number of blades in 22. The economic evaluation VAN S/. 26,881.0 (viable project) and IRR 25.3% annually, there is profitability. Given that the Michell Banki turbine is highly efficient, simple in construction and takes advantage of low heads-flows to generate electricity, it is an excellent alternative, which is why it is concluded that the project will cover the energy demand required by the population.

Keywords: energy demand, turbine runner, design parameters.

I. INTRODUCCIÓN

En el Perú el aumento de cobertura de electrificación según Ministerio de Energía y Minas (MINEM, 2023), para este el acceso a la electricidad rural será del 93 % y en el 2026, se concrete en distintas zonas el acceso a la energía eléctrica, además de contar con la implementación de nuevas fuentes de energía y alternativas tecnológicas. Cabe mencionar que, entre el 2014 y 2021 el Perú ha pasado de tener el 89,2 % a 94,0 % de viviendas con acceso al servicio de energía eléctrica. Es decir, en ocho años se avanzó 4,8 puntos porcentuales, lo cual representa un crecimiento modesto en la cobertura de electrificación en las viviendas del Perú (CEPLAN, 2022).

La Cantera de Vinzos es un centro poblado que está ubicada en la carretera de penetración Chimbote, este centro poblado de Vinzos de acuerdo al Directorio Nacional de Centros Poblados, censo nacional realizado en 2017 por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2018) está compuesto por 13 viviendas con un total de 30 personas (Anexo 7), sin embargo en la actualidad la cantidad de habitantes ha crecido, pues en la visita de campo de realizo un conteo de viviendas y población encontrándose 60 personas y 15 viviendas (Anexo 8). El pueblo no cuenta con lo más importante que es la energía eléctrica y su mayor ingreso económico es originada por la producción de arroz, maracuyá, espárragos y maíz para poder proveer a mercados locales. Actualmente cuenta con problemas de suministro de energía eléctrica la cual no pueden tener una mejor calidad de vida, pueden proyectarse a ejecutar alumbrado domiciliario que tanta falta les hace por las noches, implementar cargadores para celulares y estar comunicados con sus familiares, radio para estar atentos a las noticias, televisión y también para hacer funcionar electrodomésticos básicos del hogar como refrigeradores que sirven para conservar los alimentos, hacer funcionar herramientas industriales tales como: máquinas de soldar que nos permitirían fabricar techos para reemplazarlos por los de plástico y fabricar puertas de metales, taladros para hacer trabajos domésticos, bombas de agua para poder regar los cultivos y llegar a la parte más alta con uso de motobombas, con motores a gasolina y diésel, al no tener estas herramientas por falta de electricidad

afectaría el crecimiento económico y social el cual permitiría un desarrollo para ellos. Hasta la actualidad el centro poblado La cantera no cuenta con este recurso por más de 20 años, por lo que los mismos pobladores deben adquirir almacenadores de energía como baterías de 12 V para obtener energía eléctrica, o también hacer uso de grupos electrógenos la cual comprarían combustible muy seguido y no les sería factible económicamente a los pobladores del centro poblado La Cantera de Vinzos.

Por lo tanto, con lo que se mencionó anteriormente se formula el problema: Mediante el diseño de una turbina Michell - Banki se producirá 11,31 kW de capacidad para su implementación en el centro poblado La Cantera de Vinzos – Santa, 2023.

Se centra la justificación en la falta de energía eléctrica en forma constante y fiable, esto genera una serie de problemas como falta de acceso a la información de la población y más aun de los estudiantes, dependencia de otras fuentes de energía caras e ineficientes como velas, baterías, grupos electrógenos, etc. La energía eléctrica por el contrario beneficiaría a la población elevando la calidad de vida de los pobladores, minimización de la influencia de la pobreza en la población y generaría un impulso en las actividades económicas de los pobladores, así como también en el sector agrícola que es su fuente de ingreso principal. Esto sería posible porque se puede aprovechar el recurso hídrico del canal Irchim que se encuentra cerca al centro poblado La cantera, este recurso se ha observado que tiene gran cantidad de agua disponible, aprovechándose mediante energías renovables como la hidráulica que son principalmente fuentes de generación de energía eléctrica en nuestro país, y así contribuir con el medio ambiente.

El presente proyecto de investigación pretende contribuir con el diseño de una turbina Michell - Banki en el canal perteneciente de Irchim que logre generar la potencia requerida por la localidad, para poder llevar a cabo el presente proyecto de investigación será necesario conocer la zona de influencia, como la altura geográfica disponible y aprovechable, así como el recurso hídrico disponible. El proyecto se basa en una investigación sobre la necesidad de energía eléctrica en el área poblada de La cantera, que actualmente utiliza

energía cara que son principalmente baterías de 12 Voltios, velas, etc. La finalidad es el estudio de campo y diseño del concepto del proyecto, analizarlo y verificar si es técnicamente como financieramente posible.

También se está llevando a cabo una investigación en la que la utilización de la ingeniería está estrechamente relacionada con el progreso del país y que es de gran relevancia en el contexto energético actual y futuro del Perú. La importancia del diseño realizado en este proyecto es que algunos pueblos en el futuro puedan tener energía eléctrica. Mediante la propuesta de una turbina Michell – Banki se busca generar electricidad que podría disminuir los costos económicos que se generan actualmente por el uso de energía para su operación siendo un ahorro económico importante para la población.

El objetivo general es diseñar una turbina Michell - Banki para generar energía eléctrica al centro poblado La cantera Vinzos Santa. Los objetivos específicos son los siguientes: a) Determinar el caudal anual de agua y la altura neta de caída de agua disponible, b) Determinación del diámetro de la tubería saliente del canal a la turbina c) Determinar la demanda de energía eléctrica del centro poblado, d) Determinar el diseño y los parámetros geométricos de la turbina Michel – Banki.

II. MARCO TEÓRICO

Se realizó una revisión de estudios que aportan a la investigación, las cuales se muestran a continuación:

La investigación de (García Cotrina, 2019) cuyo título de su investigación fue "Determinación del potencial hidro energético aprovechable en la micro central hidro Cascajal Chimbote - Perú", estableció características técnicas del diseño como un salto neto de 43.65 m y un caudal de 0.50 metros cúbicos por segundo (m^3/s). Además, proyectó la cantidad de energía que necesitaría la localidad de Cascajal para el año 2030, analizó el uso de equipos eléctricos y el consumo de energía, determinó que la potencia actual sea de 96 kW y en 30 años se elevaría a 137 kW. Referente en el diseño se identificó que la base que posee el canal es de 0,4 m, mientras que posee un desarenador de ancho de 2,5 m, distancia de recolección de 0,52 m, longitud de entrada de 3,75 m y longitud de decantación de 5,3 m. La turbina Michell-Banki para 42 kW a la salida es un equipo electromecánico que transmite su velocidad al generador síncrono trifásico de 178,87 kVA.

Por otro lado (Aguirre Cruz & Idrogo Vidarte, 2020) y (Gomez Aguirre, 2010) en su investigación utilizaron método del flotador para medir el caudal del río y encontró un caudal mínimo técnico de $1.0933 m^3/s$; sin embargo, debido a las dimensiones estándar de las tuberías, solo se permitió pasar un caudal de $0.65 m^3/s$. Para determinar la altura bruta, se llevó a cabo una visita técnica con un topógrafo al lugar seleccionado, se encontró una altura bruta de 31.32 metros y una longitud de 60 metros a partir de la cámara de carga hasta llegar a la turbina utilizando una estación total. Posteriormente se realizaron los cálculos necesarios para determinar la cantidad potencial de energía, que llegó a 300.3076 kW, sin embargo, las pérdidas de caudal en el camino que pasa por la toma de agua y la casa de máquinas no se tomaron en cuenta. Así también (Calvo Solís, 2018) en su investigación "Diseño de una planta hidráulica con fines de bombeo y generación eléctrica, utilizando una turbomáquina reversible de 20 kW de potencia en el distrito de Yucay", determinaron que es factible diseñar y construir una planta hidráulica con una potencia nominal de 20 kW para bombear y generar energía eléctrica. Dado

que existe agua subterránea desperdiciada en la zona de Huachac, durante la época de lluvia, también se puede usar el agua excesiva del río. En la actualidad se instaló una tubería de presión con un diámetro de 8 pulgadas en el distrito de Yucay en la zona de Huachac y una electrobomba centrífuga de 48 hp, 220 V y 3540 rpm. Debido a la sobredimensión de la tubería y la falta de energía eléctrica, esta estructura no ha funcionado durante treinta años. Este objetivo de este estudio que se realizara es la de construir una tubería para generar energía y expandir la estructura hidráulica para bombear y generar energía. Utilizar la electrobomba de manera adecuada.

Es importante mencionar la investigación de (Ibañez Solis, 2019) denominada, “Diseño y construcción de una mini - turbina hidráulica tipo Michell-Banki para ser instalada en canales primarios abiertos y generar energía mecánica”, tuvo como objetivo fue calcular el dimensionamiento de la turbina Michell-Banki utilizando datos hidráulicos del canal Ambato-Huachi-Pelileo. El número de álabes, el tamaño de los álabes, el diámetro y el ancho del rodete se obtuvieron de esta manera como parámetros de diseño. Este dimensionamiento obtuvo como resultados con rango de torque de 1 Nm y un torque máximo de 30 Nm y revoluciones de 70 a 110 rpm.

En esa misma línea (Macas Jácome & Maza Gutiérrez, 2018) en su tesis, “Diseño y simulación de una turbina Michell-Banki para una hidroeléctrica con capacidad de 3000 watts”. Ubicado en Quito – Ecuador. Determino que para obtener una eficiencia del 87 %, esta turbina tiene que tener 22 álabes con 200 mm de diámetro exterior, según sus objetivos, hay una alteración del 4% en el cálculo real con un caudal (Q) de diseño de 0.2 metros cúbicos por segundo (m^3/s) y una altura de 10 metros. En función de los parámetros de diseño y los materiales a utilizar, el costo del proyecto es aceptable en comparación de otro proyecto hidráulico que tiene la misma magnitud y con un superior impacto ambiental positivo.

Además (Mahesh et al., 2017) evalúan la instalación de una mini central hidráulica las cuales son adecuada en áreas rurales remotas, estas pueden instalarse con requisitos financieros menores en comparación con plantas solares y molinos eólicos. La instalación se puede realizar al borde del río (sin

presa) y las tuberías desviar parte del flujo a favor de una pendiente a través de la tubería forzada y luego regresar a la corriente de agua principal. El requisito de energía en dicha ubicación es mínimo durante los períodos de inactividad, lo que puede utilizarse para cargar baterías y otros accesorios electrónicos. Por lo tanto, este proyecto se lleva a cabo para desarrollar un sistema de generación hidroeléctrica a pequeña escala utilizando sistemas de consumidores de baja potencia.

Por otro lado (Erinle et al., 2020) en su investigación determinaron una velocidad de diseño del fluido en un rango de velocidad de 3 a 5 m/s para hacer girar la turbina hidráulica. El caudal de agua del chorro que incide en los alabes alineador a una corredera que hace que la turbina gire debido a la presión del flujo de agua con 16 alabes. La turbina produciría un rango de rotación del rodete de 5 rpm a 100 rpm con un par de 3350 Nm, asimismo generara una potencia de hasta 35 kW. En esa misma línea (Santoshkumar et al., 2019) determinó que la potencia media desarrollada en el sistema hidráulico es de 49,85 W, la corriente, el voltaje y las rpm son 1,56 amperios, 31,96 voltios y 1170 rpm, respectivamente, para un rotor de 72 alabes. Este sistema es capaz de cargar eficientemente una batería de 12 voltios. batería.

En cuanto a las teorías relacionadas con la investigación podemos indicar luego de una búsqueda minuciosa.

Las plantas hidroeléctricas de pequeña escala son una fuente importante de energía renovable y pueden contribuir activamente al desarrollo sostenible del área local, al mismo tiempo que son competitivas en costos con otras fuentes de energía renovables (Perillo, 2013). La turbina de Michel Banki es el conjunto principal de una central de generación de energía eléctrica, estas son aprovechadas en una minicentral hidráulica es en general donde se transforma la energía cinética del fluido en energía eléctrica, utiliza el delta de altura aprovechable entre dos puntos. Los cambios de energía en la turbina hidráulica sucede en la conversión de cinético a mecánica, posteriormente mediante el eje de la turbina acoplado al generador el cual se convierte esta energía mecánica en energía eléctrica aprovechable (Díaz Vargas, 2022). De acuerdo a Intermediate Technology Development Group (ITDG) en su Manual

de mini y micro centrales hidráulicas: Una guía para el desarrollo de proyectos, presenta las características principales de turbinas hidráulicas, estas se clasifican en dos grandes grupos: turbinas de acción y turbinas de reacción (ITDG, 1995) así como (Breslin, 2008), mostrado en la Tabla 1.

Las turbinas de acción son especialmente adecuadas para aplicaciones en las que la disponibilidad de agua es baja y la altura de la caída del agua es significativa. Se utilizan comúnmente en pequeñas centrales hidroeléctricas para la generación de electricidad, proporcionando una forma sostenible de aprovechar la energía del agua. Además, su diseño modular y su capacidad para operar con fluctuaciones en el caudal las hacen adecuadas para una variedad de condiciones hidrológicas. (Toapanta, 2019).

Tabla 1.

Características principales de las turbinas hidráulicas

TURBINA	Ns (rpm)	Q (m ³ /s)	H (m)	P(W)	Nmax (%)
A C C I O N	1 Ch:30 2 Ch: 30-50 4 Ch: 30-50 6 Ch: 50-70	0.05-50	30 - 1800	2-300000	91
PELTON					
TURGO	60-250	0.025-10	15 - 300	5-8000	85
MICHELL-BANKI	40-180	0.025-5	1 - 50	1-750	82
R E A C T I O N	L: 60-150 N: 150-250 R: 250-400	1-500	2 - 750	2-750000	82
FRANCIS					
KAPLAN y de hélice AXIALES	300-830	1000	5 - 80	2-200000	93
Tubular					
Bulbo	300-800	650	5 - 30	100	93
Generador periférico					

Nota. Extraída del manual (ITDG, 1995)

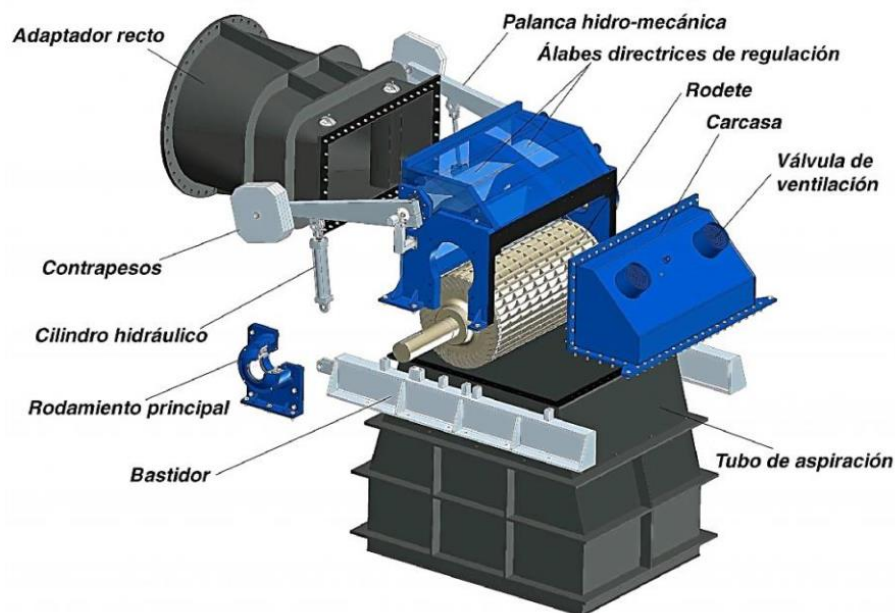
La turbina Michell-Banki fue desarrollada en la década de 1930 por el ingeniero checo Viktor Kaplan y el ingeniero húngaro Donát Bánki. Aunque a veces se le atribuye el nombre de "Michell-Banki", es importante mencionar que la contribución de Michell se basa en el concepto general de la turbina de flujo cruzado. Donát Bánki, por otro lado, trabajó en mejorar las turbinas de flujo cruzado existentes, que también eran conocidas como turbinas Banki. La contribución principal de Bánki fue introducir mejoras en el diseño y eficiencia

de estas turbinas. En la década de 1930, se asoció con Michell para mejorar aún más el diseño y las características de estas turbinas (Milla, 2015).

La turbina Michell-Banki se caracteriza por su rodete de alabes rectos o curvos y su capacidad para funcionar eficientemente con caudales variables y caídas de agua moderadas. Su diseño permite una mayor adaptabilidad a condiciones variables de flujo, lo que la hace adecuada para su uso en mini hidroeléctricas o sistemas de agua que experimentan fluctuaciones en el caudal (Romero et al., 2020), (Delgado Bermeo, 2007).

Figura 1.

Modelo de turbina patentado por la compañía Ossberger



Nota. Extraída de (Ossberger, 2023)

Las partes principales Carcasa (Casing), es la estructura externa de la turbina que contiene y dirige el flujo de agua hacia la rueda. Está diseñada para guiar el agua de manera eficiente a través de la turbina y reducir las pérdidas de energía. Rodete (Runner), es la parte principal donde se produce la conversión de energía hidráulica en energía mecánica. En el caso de la turbina de Michell-Banki, la rueda es de tipo flujo cruzado y tiene palas inclinadas. Distribuidor o Tobera (Nozzle), es una parte crucial que controla la cantidad de agua que fluye hacia la rueda. Ajustando la abertura de la tobera, se puede

controlar el caudal de agua y, por lo tanto, la cantidad de energía transferida a la rueda. Eje (Shaft), es el componente que conecta la rueda al generador o al dispositivo que aprovecha la energía mecánica generada. Transmite el movimiento de rotación desde la rueda a la maquinaria de generación de electricidad (Reyna et al., 2019). El tubo de Aspiración (Draft Tube), es un componente importante que se coloca aguas abajo de la rueda para ayudar a reducir la velocidad del agua que sale de la rueda y aumentar así la eficiencia global de la turbina. Sistema de Descarga de Agua, para liberar el agua no utilizada de manera controlada, especialmente en situaciones de carga parcial o cuando se necesita controlar el nivel del embalse aguas arriba y Sistema de Regulación de Velocidad, para ajustar la velocidad de rotación de la rueda en respuesta a cambios en la carga o en el flujo de agua (Paris et al., 2018), (Belalcazar, 2022).

Parámetros principales de diseño:

Potencia al freno (P_T)

$$P_T = \frac{P_g}{n_g * n_{tr}} \dots \dots \dots (1)$$

Caudal de diseño (Q)

$$Q = \frac{P_T}{9.81 * H * n_T} \dots \dots \dots (2)$$

Diámetro del rotor de la turbina (D):

Mediante la ecuación (3) se determina el valor que le corresponde a la turbina indicado en la Tabla 2.

$$Q/\sqrt{H} \dots \dots \dots (3)$$

Tabla 2.

Selección del diámetro del rotor

Valor Q/\sqrt{H}	Diámetro del rotor (m)
0.02236 - 0.04743	0.2
0.4743 - 0.07906	0.3
0.07906 - 0.11068	0.4
0.11068 - 0.15812	0.5

Nota. Obtenido de la referencia (Olade, 1988)
 La velocidad de giro se establece de la siguiente manera:

$$N = \frac{39.85 * \sqrt{H}}{D_e} \dots \dots \dots (4)$$

Dónde D_e es el diámetro del rotor en metro.

El número de revoluciones específico N_q y la velocidad específica N_s , con las siguientes relaciones:

$$N_q = N \frac{\sqrt{Q}}{\sqrt[4]{H^3}} \dots \dots \dots (5)$$

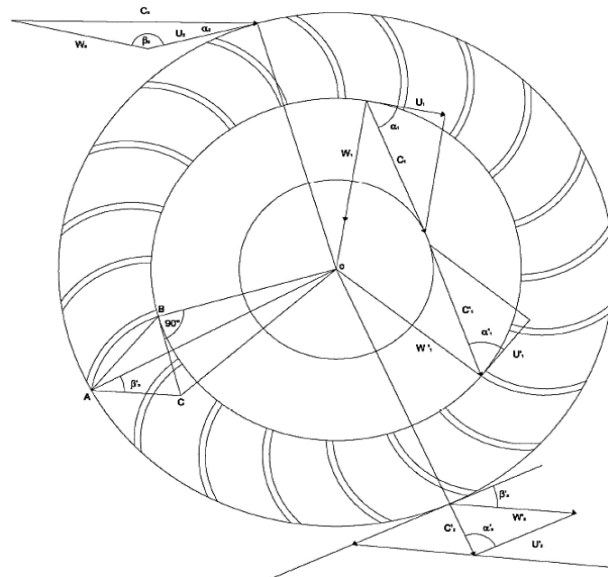
$$N_s = N \frac{P_T^{1/2}}{\sqrt[4]{H^5}} \dots \dots \dots (6)$$

Triángulo de velocidades

En la Figura 2 se presenta los componentes de velocidad en los alabes de turbina (primera y segunda etapa):

Figura 2.

Triángulo de velocidades



Nota. Obtenido de la referencia (Olade, 1988)

Velocidad del flujo de agua a la salida del inyector

$$C_1 = k_c * \sqrt{2gH} \dots \dots \dots (7)$$

La velocidad absoluta del flujo de agua de ingreso al rodete

$$C_2 = C_1 \dots \dots \dots (8)$$

El chorro se orienta hacia el rodete con un ángulo promedio α_2

Velocidad absoluta del rodete a la entrada

$$U_2 = k_u * C_2 * \cos \alpha_2 \dots \dots \dots (9)$$

Velocidad relativa del flujo a la entrada del rodete

$$W_2 = C_2 * \sqrt{1 - k_u (2 - k_u) \cos^2 \alpha_2} \dots \dots \dots (10)$$

Velocidad absoluta del flujo a su segundo ingreso al rodete

$$C_2' = C_2 * \sqrt{k_f^2 (1 - k_u (2 - k_u) \cos^2 \alpha_2) + k_u \cos^2 \alpha_2 (1 - k_u) k_u} \dots \dots \dots (11)$$

Velocidad relativa del flujo a su segundo ingreso al rodete

$$W_2' = k_f * W_2 \dots \dots \dots (12)$$

Ángulo promedio entre W y U primera salida: β_1

Ángulo promedio entre W y U a la salida del rodete:

$$\beta_2' = \arcsen \frac{\sin \alpha_2}{\sqrt{1 - \frac{3}{4} \cos^2 \alpha_2}} \dots \dots \dots (13)$$

Como se observa en las ecuaciones anteriores se hace uso de constantes como K_c , K_u y K_f , estas constantes generalmente se determinan de forma experimental, sin embargo, diversos investigadores y libros toman valores

establecidos de la siguiente manera:

k_c = coeficiente de velocidad del inyector entre 0.97 y 0.98, para el caso de estudio se tomará 0.98

k_u = coeficiente de velocidad tangencial, para turbinas de acción es 0.5

k_f = coeficiente de velocidad relativa cuantifica las perdidas por fricción del agua al pasar por los alabes, valor aproximado de 0.98

Así mismo, el ángulo promedio α_2 según Gamarra Miranda et al. (2016) varía entre los valores de 14° y 17° , del mismo modo, el Manual de diseño, estandarización y fabricación de Turbinas Michell – Banki toma un valor de 16° , lo que concuerda con lo mencionado, por ello, para este estudio adoptará el valor de 16° para dicho ángulo.

Con estos valores establecidos, se pueden reemplazar en las ecuaciones anteriores, para reducir las ecuaciones de la siguiente manera:

$$C_2 = 4.34 \sqrt{H} \dots \dots \dots (14)$$

$$U_2 = 2.09 \sqrt{H} \dots \dots \dots (15)$$

$$W_2 = 2.4 \sqrt{H} \dots \dots \dots (16)$$

$$C'_2 = 1.2 \sqrt{H} \dots \dots \dots (17)$$

$$\beta'_2 = 29.83 \approx 30^\circ \dots \dots \dots (18)$$

$$\beta_1 = 90^\circ \dots \dots \dots (19)$$

Geometría del rodete

De las ecuaciones anteriores también se obtiene la relación de los diámetros del rodete mediante la siguiente formula:

$$\frac{D_i}{D_e} = \sqrt{\frac{(2 K_u \cos^2 \alpha_2 - 1) + \sqrt{1 - 4 \cos^2 \alpha_2 (1 - K_u) K_u}}{2 K_u^2 \cos^2 \alpha_2}} \dots \dots \dots (20)$$

Así como también la curvatura de los álabes del rodete:

$$r = \frac{D_e}{4 \cos \beta'_2} \left| 1 - \left| \frac{D_i}{D_e} \right|^2 \right| \dots \dots \dots (21)$$

Ahora reemplazando las constantes anteriormente definidas, las ecuaciones se reducirían a las siguientes expresiones:

Diámetro interior del rodete

$$D_i = 0.66 * D_e \dots \dots \dots (22)$$

Radio de curvatura de los álabes del rodete

$$r = 0.163 * D_e \dots \dots \dots (23)$$

Posición del álabe

$$R_C = 0.69 * D_e \dots \dots \dots (24)$$

Número de álabes

De acuerdo con el diámetro del rotor de la turbina se determina el número de alabes mediante la lectura en la Tabla 3.

Tabla 3.

Número de álabes según el diámetro del rotor

Diámetro del rotor (m)	Número de Álabes
0.2	22
0.3	24
0.4	26
0.5	28

Nota. Obtenido de la referencia (Oliva Vilchez, 2022)

Curvatura de los álabes de la turbina (\emptyset)

$$\phi = 2 \operatorname{arc\,tan} \left| \frac{\cos \beta'_2}{\left| \frac{D_i}{D_e} \right| + \operatorname{sen} \beta'_2} \right| \dots \dots \dots (25)$$

Diámetro máximo del eje que soportará rodete (d)

$$d = 0.328 * D_e \dots \dots \dots (26)$$

Geometría del inyector

Ancho del inyector (B)

$$B = \frac{0.96 * Q}{D_e \sqrt{H}} \dots \dots \dots (27)$$

El ancho del rodete (B_r) se estima con la siguiente ecuación:

$$B_r = 1.4 * B \dots \dots \dots (28)$$

Geometría del álabe

Ángulo entre álabes del rotor

$$\hat{z} = \frac{360^\circ}{Z} \dots \dots \dots (29)$$

Ángulos característicos de los álabes del rotor

$$\left. \begin{aligned} \theta &= 60^\circ - \frac{\hat{z}}{2} \\ \lambda &= 150^\circ - \frac{\hat{z}}{2} \\ \delta &= \hat{z} + 60^\circ \\ \gamma &= 30 - \frac{\hat{z}}{2} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (30)$$

Ancho radial

$$A = \frac{D_e}{2} * \left(1 - \frac{\text{sen}(\gamma)}{\text{sen}(\lambda)}\right) \dots \dots \dots (31)$$

Cuerda del álabe

$$A_p = \frac{D_e}{2} * \left(\frac{\text{sen}(\hat{z})}{\text{sen}(\lambda)}\right) \dots \dots \dots (32)$$

Radio del álabe

$$R_a = \frac{D_e}{2} * \left(\frac{\text{sen}(\hat{z})}{\text{sen}(\delta)}\right) * \left(\frac{\text{sen}(\theta)}{\text{sen}(\lambda)}\right) \dots \dots \dots (33)$$

Geometría de la carcasa

Referente a la carcasa de la turbina Michell-Banki Michell-Banki, en donde se considera el arco de salida del flujo de agua ubicado en el doblete, siendo de esta forma que se varía mínimamente la salida de la turbina con el propósito de evitar el ahogamiento. Es importante señalar que la función principal de la carcasa es evitar salpicaduras, ya que la turbina funciona a presión constante y no se ve afectada por el efecto ventilante debido al álabe directriz, por lo que el agua es expulsada de la turbina por la fuerza de la gravedad.

Arco de admisión:

$$\angle BOC = 2 \text{ arc tg } \left| \frac{\sqrt{1 - ku(2 - Ku) \cos^2 \alpha_2}}{\left|\frac{D_i}{D_e}\right| Ku \cos^2 \alpha_2} \right| \dots \dots \dots (34)$$

Máximo porcentaje de arco de admisión:

$$Ko = \frac{\angle BOC}{360^\circ} \dots \dots \dots (35)$$

Reemplazando los valores de las constantes, la ecuación se simplifica y se obtiene un valor de 0.334 para Ko.

El arco total del rodete se obtiene de la ecuación:

$$\theta_t = \theta_0 + \theta_1 + \theta_2 + \theta_{ad} \dots \dots \dots (36)$$

Dónde:

$$\theta_0 = K_o \times 360 \dots \dots \dots (37)$$

$$\theta_1 = \frac{r \phi}{W^2} * \frac{360}{60} \dots \dots \dots (38)$$

$$\theta_2 = \frac{\theta_1}{K_f} \dots \dots \dots (39)$$

De manera práctica la ecuación total se reduce a:

$$\theta_t = \theta_0 + 163^\circ \dots \dots \dots (40)$$

Fórmula para cálculo de las poleas

$$n_{transm} = \frac{n_{sal}}{n_{ent}} \dots \dots \dots (41)$$

$$C = 0.7 \times (\phi_M + \phi_m) \quad 2 \times (\phi_M + \phi_m) \dots \dots \dots (42)$$

$$L = 2 \times C + 1.57 \times (\phi_M + \phi_m) + \frac{(\phi_M + \phi_m)^2}{4 \times C} \dots \dots \dots (43)$$

$$Z = \frac{P_{turb} * c_2}{c_1 \times c_3 \times F_N} \dots \dots \dots (44)$$

Para la evaluación de indicadores económicos, utilizaremos Valor Actual Neto (VAN), se emplea con el propósito de medir una inversión. Representa la diferencia entre los flujos de efectivo presentes (ingresos y egresos) generados por un proyecto y el monto de inversión inicial. El cálculo del VAN se realiza mediante la actualización de los flujos de efectivo futuros al valor presente (Trujillo Rodriguez et al., 2021). La metodología utilizada es mediante el descuento de una determinada tasa o tipo de interés igualitario en el horizonte de evaluación. Se determina mediante la ecuación:

$$VAN = -I + \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+i)^t} \dots \dots \dots (45)$$

Dónde:

I = es la Inversión en el año “0” de la evaluación económica del proyecto,

i = es la tasa de interés anual del proyecto,

n = tiempo de vida a evaluar, generalmente en años y

Vt = representa los flujos de caja para cada periodo de análisis que se calcula como: $V_t = A - CO$.

Para:

A = ingresos, ahorro o ganancia obtenida en el horizonte de evaluación (Para cada año) y

CO = egresos por Costos de Operación y Mantenimiento anual.

El resultado del VAN indica si un proyecto es rentable o no. Si el VAN es positivo, generalmente se considera que el proyecto es rentable, ya que indica que el valor presente de los flujos de efectivo es mayor que la inversión inicial. Si el VAN es negativo, el proyecto puede no ser rentable. Al tomar decisiones de inversión, se compara el VAN con una tasa de descuento predeterminada o tasa de rendimiento requerida. Si el VAN es mayor que la tasa de descuento, el proyecto se considera aceptable. Es importante destacar que el VAN tiene algunas limitaciones y suposiciones asociadas, como la constancia de la tasa de descuento y la reinversión de los flujos de efectivo a la tasa de descuento. Sin embargo, sigue siendo una herramienta valiosa en la toma de decisiones financieras. (Peña Urquiza et al., 2015).

La Tasa Interna de Rentabilidad es una medida financiera que se emplea para evaluar la rentabilidad de un proyecto o inversión. Denota la tasa de rentabilidad a la que el valor actual neto (VAN) de los flujos financieros de un proyecto es cero. En otros términos, la TIR es la tasa de descuento que

igualar el valor actual de los flujos de caja futuros a la inversión inicial (Andia Valencia, 2011). Para evaluarla matemáticamente se utiliza la siguiente ecuación:

$$VAN = 0 = -I + \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1 + TIR)^t} \dots \dots \dots (46)$$

Por otro lado, el Pay Back también denominado periodo de recuperación de la inversión (P), es una métrica financiera que se utiliza para evaluar el tiempo necesario para recuperar la inversión inicial realizada en un proyecto o activo. Es un indicador simple que mide la eficiencia en términos de tiempo para recuperar el capital invertido (Manzardo et al., 2014), se mide con la ecuación:

$$P = \frac{I}{A - CO} \dots \dots \dots (47)$$

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

El presente estudio será de tipo aplicada, ya que estas investigaciones se concentran en el examen de un problema y su posterior intervención para mejorarlo, identificando así los problemas y ofreciendo soluciones. Además, hacen hincapié en la aplicación de conceptos relacionados con la aportación de soluciones a los problemas encontrados (Guevara et al., 2020). En nuestro caso concreto, trabajaremos con una turbina Michell Banki.

3.1.2. Diseño de investigación

Para (Hernández Sampieri & Mendoza Torres, 2018) se busca no realizar una manipulación en las variables, por lo que únicamente se observan en un entorno natural y luego se analizan, califican como un diseño no experimental: transversal descriptivo simple y explicativo, nuestra investigación se basa en un estudio técnico, aplicando conocimientos de investigaciones que se han realizado anteriormente, las variables dependientes e independientes no van a modificarse.

3.2. Variables y operacionalización

Variable Independiente: Diseño de una turbina Michel Banki.

La turbina de impulso Michell Banki u Ossberger es de flujo cruzado, esta se parametriza como máquina de fluido de acción, opera con el fluido en forma de admisión parcial y de flujo transversal dado a la entrada unitaria de fluido que tiene, además es de efecto doble, es óptimo para trabajar con caudales entre 0,2 y 10 m³/s y saltos netos entre 5 y 150 m. (Romero et al., 2020).

Variable Dependiente: Generación de energía eléctrica

Consiste en transformar formas o tipos de energía (química, cinética, mecánica, etc.), en energía eléctrica. La electricidad se produce básicamente con la ayuda de generadores. Los principios de su funcionamiento no se diferencian entre sí, pero sí difieren en su forma de funcionamiento. (Ventura, 2018).

A continuación, la tabla operacionalización de variables se encuentra detallada en el Anexo 1.

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población

Según (Arias Gómez et al., 2016) es definida como el conjunto a ser investigación, por lo que debe ser cuantificado y medido. En cuanto a nuestro proyecto de investigación se identificó la población a las centrales hidráulicas de generación de energía eléctrica.

- **Criterio de inclusión:** Se incluyó a las centrales hidráulicas de generación de energía eléctrica.
- **Criterio de exclusión:** se excluyó a las centrales térmicas de generación de energía eléctrica, así como las centrales eólicas y fotovoltaicas.

3.3.2. Muestra

Nuevamente (Arias Gómez et al., 2016) indican que es importante que se defina una porción que represente a la población manteniendo las mismas características. En la investigación se considera la muestra la turbina Mitchell – banki para la generación de energía eléctrica.

3.3.3. Muestreo

Nuestra técnica de muestreo es no probabilística por juicio, porque la información obtenida en campo permitió determinar el diseño de la Turbina Mitchell – Banki.

3.3.4. Unidad de análisis

Nuestra unidad de análisis son los pobladores y los consumos de energía demandantes de la zona de evaluación el cual será cubierta por la turbina.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Según (Arias, 2020), las técnicas de recopilación de datos se emplean en una variedad de métodos para adquirir información, como la observación directa, los cuestionarios, las entrevistas, el análisis documental, el análisis de contenido y las encuestas escritas o auditivas. Por el contrario, los instrumentos son medios que facilitan la adquisición de conocimientos mediante la organización de una técnica específica y un conjunto de métodos predeterminados (Fidas G., 2021). El objeto de investigación se compone de elementos materiales y de intervención.

La técnica que se utilizará en esta investigación será la encuesta, análisis de datos y análisis documental, teniendo como instrumento de recolección de datos la Encuesta de Población, vivienda y consumo de energía eléctrica, Proyección de población, vivienda y demanda de energía eléctrica y Evaluación del Recurso Hídrico Canal IRCHIM, estos instrumentos se describen en la tabla 4, así mismo los instrumentos ya mencionados son validados a través de juicios de expertos presentados en el anexo 4.

Tabla 4.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica	Instrumento	Fuente informante
Entrevista	Encuesta de Población, vivienda y consumo de energía eléctrica (ver anexo 2.1)	Elaboración de los tesisistas, fuente el centro poblado La Cantera de Vinzos.
Análisis de datos	Proyección de población, vivienda y demanda de energía eléctrica (ver anexo 2.2)	Elaboración de los tesisistas, del trabajo de campo y bibliografía.
Análisis de datos	Evaluación del Recurso Hídrico "Canal IRCHIM" (ver anexo 2.3)	Elaboración de los tesisistas, mediante la data proporcionada por el proyecto especial Chinecas de la región Ancash.

Nota. Elaboración de los investigadores evaluada por expertos.

3.5. Procedimientos

Se determinará la cantidad de población, viviendas y usos generales como colegios, posta médica, local comunal, etc. así como los usos de la energía eléctrica actuales y proyectados como iluminación, radio, televisión, cargadores de celular, refrigeradora, etc. del Centro Poblado La Cantera de Vinzos, para ello utilizaremos el instrumento: Encuesta de Población, vivienda y consumo de energía eléctrica (Anexo 2.1).

Se determinará la cantidad de consumo de energía eléctrica requerida por la población y sus usos generales del centro poblado La Cantera de Vinzos proyectados para un horizonte de 20 años desde 2024 (año 1) hasta 2044 (año 20), para ello utilizaremos el instrumento: Proyección de población, vivienda y demanda de energía eléctrica (Anexo 2.2).

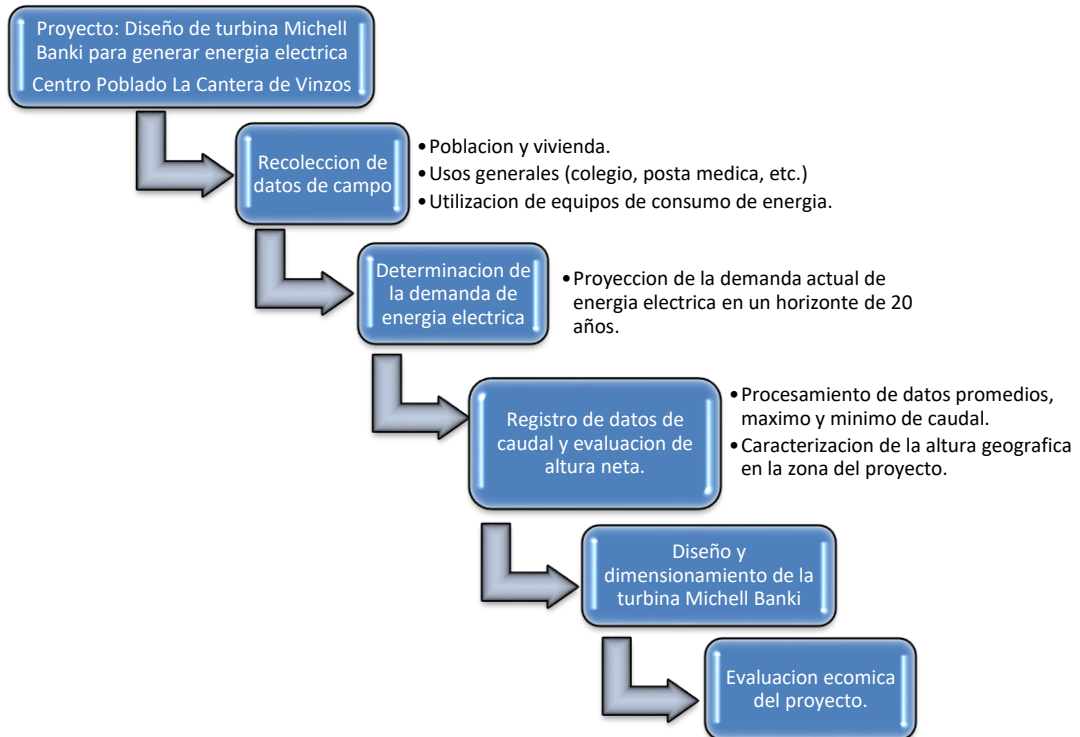
Se realizarán las mediciones de campo para encontrar la velocidad y el área del canal de regadío, para poder calcular el caudal general, finalmente, de acuerdo a las velocidades obtenidas, haremos una derivación con una tubería que se dirija a la caída donde se ubicará la turbina Michell-Banki, que, de acuerdo al caudal de diseño, dimensionaremos la tubería y su caudal total.

Se realizará el diseño y dimensionamiento de la turbina Michell Banki a partir del recurso hídrico (caudal) y geodésico (altura neta) que satisfaga el consumo de energía proyectado del centro poblado La Cantera de Vinzos. El cual contempla todos los componentes como rotor o rodete, carcasa, inyector, canal de descarga, componentes auxiliares, etc. estos se presentarán en planos a escala.

Se evaluará los costos necesarios para la implementación del proyecto de investigación, a través de indicadores económicos como el VAN, TIR y Pay Back con los cuales demostraremos que el proyecto es viable y traerá beneficios al centro poblado. En la Figura 3 se presenta el procedimiento en un diagrama de bloques lógico y secuencial.

Figura 3.

Diagrama del procedimiento del proyecto de investigación



Nota. Elaboración de los investigadores

3.6. Método de análisis de datos

Para nuestra investigación el método de análisis de datos, se utilizará una estadística descriptiva con el fin de recolectar y estudiar datos del comportamiento de la variable independiente (diseño de la turbina Michell Banki) que produzca una propuesta en la variable dependiente (generación de energía eléctrica) para nuestra unidad de observación correspondiente al centro poblado La cantera de Vinzos.

Con el fin de lograr nuestro propósito, recopilamos datos de valores mínimos, promedios y máximos con diferentes intervalos de tiempo del caudal del canal IRCHIM, estos datos se registrarán en Microsoft Excel en donde se procesarán en tablas, diagramas de barra o de comportamiento. Estos datos que vamos a obtener servirán para realizar el cálculo del diseño y así alcanzar la potencia necesaria el cual se hará uso de un Excel donde se sumaran la

potencia que va a consumir cada vivienda.

Haremos el uso del software AutoCAD para realizar los planos de detalle del diseño de la turbina Michell Banki, así como plano de ubicación de la localidad y la minicentral hidráulica.

3.7. Aspectos éticos

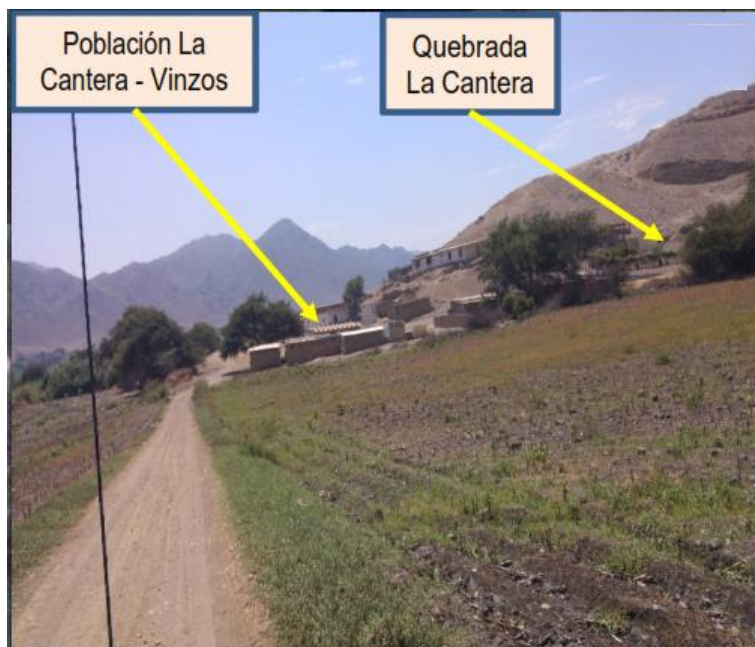
Cabe resaltar que nuestro proyecto de investigación se realizó en el centro poblado La cantera de Vinzos, para ello se tuvo mucho cuidado con el uso de normas ISO 690, respetando la originalidad de los autores y citando debidamente sus lineamientos. Asimismo, se promulga el Código de Ética mediante Resolución de Consejo Universitario 01-RCUN°0470-2022-UCV Resolución Universitaria de Derecho 30220. La investigación se centrará en los siguientes principios de ética de investigación promulgada en el artículo 2, el cual indica que todo trabajo de los estudiantes deberá ser realizado con el código de ética establecido por la Universidad César Vallejo, además, se tendrá que tener el consentimiento informado de participación de todos los involucrados en la realización de este proyecto como dicta el artículo 7. En el artículo N° 9 hace referencia a la responsabilidad ya que se tuvo rigurosidad con los términos pactados, También se aplicará el artículo 10 el cual señala que la Universidad César Vallejo exige la originalidad del proyecto de investigación. Por último, se respetará la información proporcionada de otros trabajos realizando la citación correspondiente como dicta el Artículo 11.

IV. RESULTADOS

El CP La Cantera de Vinzos está ubicada en el distrito de Chimbote, provincia del Santa, Ancash, específicamente en el margen de la quebrada La Cantera como se aprecia en la Figura 4, aproximadamente a 13 km del CP Vinzos, de acuerdo al INEI este clasificado como Rural, en el anexo 12 se observa al mapa de ubicación. Según el trabajo de campo cuenta con 15 viviendas, 1 colegio, 1 posta médica y 1 campo deportivo, en la visita se totalizo una población de 60 habitantes.

Figura 4.

Imagen de la ubicación del CP La Cantera



4.1. Determinación del caudal anual de agua y la altura neta de caída de agua disponible.

Determinación del Caudal del agua.

Se ha establecido que en canal de regadío tiene un caudal constante durante todo el año, para lo cual debemos establecer los parámetros de medición tales como velocidad y área de todo el canal para poder establecer el caudal general mediante la fórmula $Q = Area * Velocidad$.

En una distancia de 20m, se ha medido la velocidad del agua de canal, de

acuerdo a la figura 5 y 6, obteniendo los siguientes resultados de la tabla 05

Figura 5.

Medición de la distancia de la muestra del canal equivalente a 20m



Figura 6.

Medición del tiempo de recorrido del canal en una distancia de 20 m.



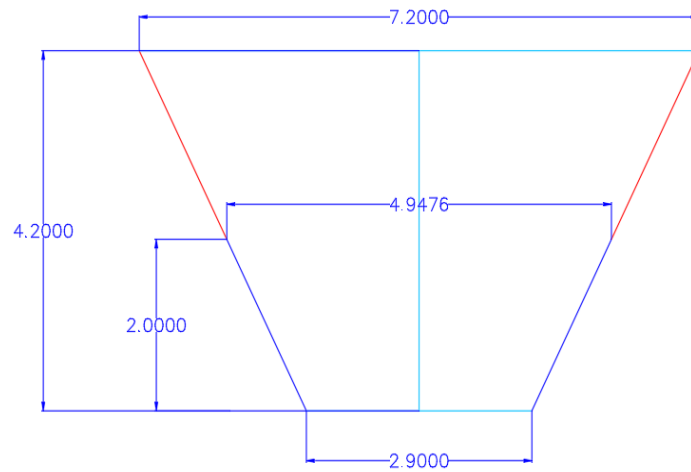
Tabla 5.

Resultados obtenidos de los tiempos en 20 m de recorrido de río.

Distancia = 20m	
Descripción	Tiempo
Tiempo 1 (s)	11.25
Tiempo 2 (s)	10.49
Tiempo 3 (s)	10.6
Tiempo 4 (s)	11.47
Promedio	10.9525

Figura 7.

Perfil del canal de regadío en Vinzos



*Caudal del agua = Area de canal * Velocidad*

- *Area del canal = $\left(\frac{B+b}{2}\right) * h$*

$$A_c = \frac{(4.95m + 2.90m)}{2} \times 2m$$

$$A_c = 7.82 m^2$$

- *Hallando Velocidad = $\frac{m}{s}$*

$$V = \frac{Distancia}{Tiempo} = \frac{20 m}{10.95 s} = 1.82 \frac{m}{s}$$

- *Hallando Caudal del canal*

$$Q = Area del canal * Velocidad$$

$$Q = 7.82m^2 \times \frac{20m}{10.95s}$$

$$Q = 14.28 \frac{m^3}{s}$$

Determinación de la altura de caída neta de agua.

Se ha realizado la topografía del terreno para establecer las distancias y cotas del terreno, para lo cual obtenemos la siguiente información realizada en campo.

Figura 8.

Topografía del terreno.

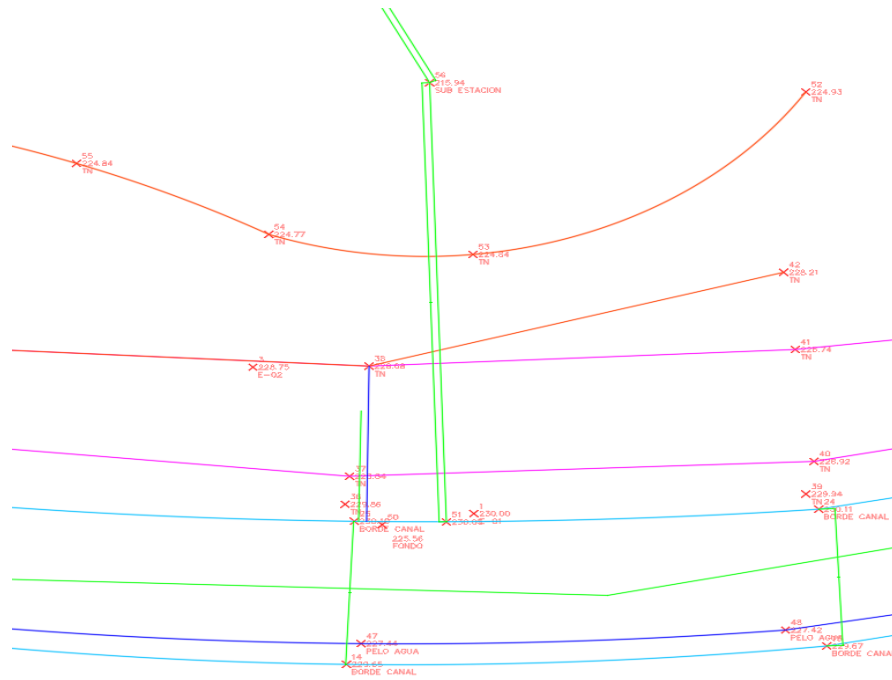
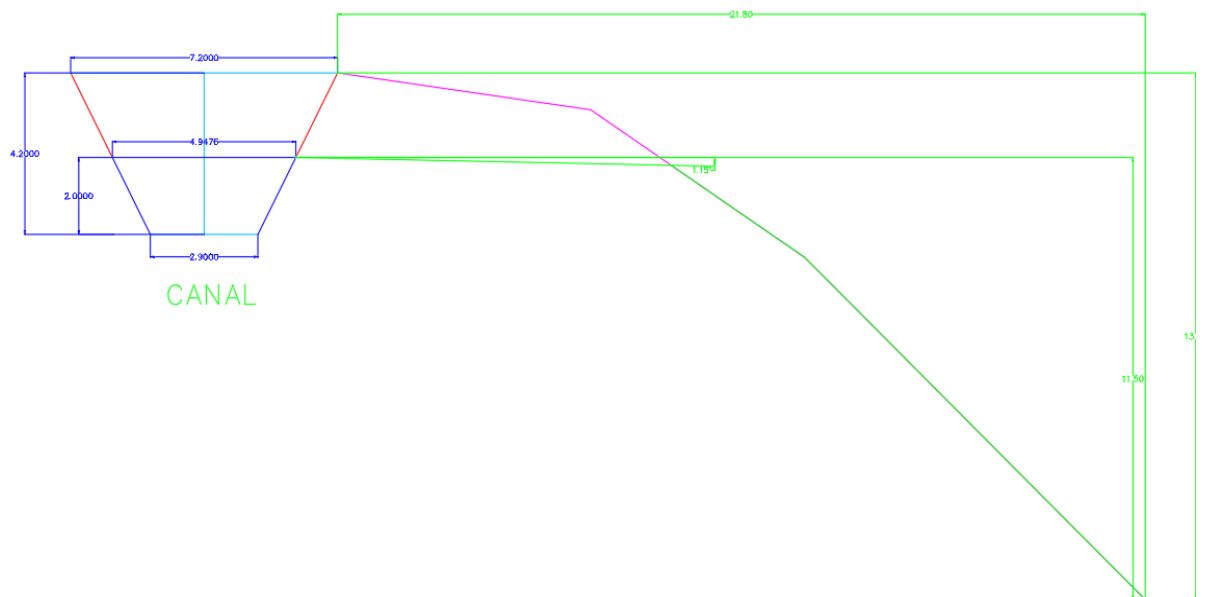


Figura 9.

Verificación de la altura del salto de agua. $H= 11.50\text{ m}$



Se ha establecido que la altura del pelo de agua a la ubicación de la turbina, existe una altura neta de 11.50 m que es la que se va a considerar para el cálculo general.

$$H = 11.50 \text{ m}$$

4.2. Determinación del diámetro de la tubería saliente del canal a la turbina

Para determinar el diámetro de la tubería, se ha considerado una derivación con un ángulo de $\phi = 30^\circ$ para lo cual tenemos la componente de velocidad de la tubería equivalente a

$$V = V_{canal} \times \cos \phi = 1.82 \times 0.87 = 1.58 \text{ m/s}$$

$$\phi_{ducto} = \sqrt{\frac{Q}{V \times \pi}} = \sqrt{\frac{0.133}{1.58 \times \pi}} = 0.32 \text{ m} \approx 12''$$

4.3. Determinación de la demanda de energía eléctrica del centro poblado

Se determino la demanda de energía eléctrica que se requiere cubrir con la turbina hidráulica, para ello se realizó la proyección de la población actual a veinte años, para satisfacer esa demanda en el tiempo.

Para ello se realizó una encuesta de población, vivienda y consumo de energía eléctrica (anexo 2.1), esta información se presenta el resumen en la Tabla 6, de las viviendas y pobladores.

Tabla 6.

Total de pobladores y viviendas del centro poblado

Descripción	Cantidad
Total de Viviendas	15
Total de pobladores	60

Nota. Información obtenida en trabajo de campo.

Para obtener la demanda de energía con el cual se estimará la potencia de diseño de la turbina hidráulica se proyecta la vida útil del proyecto en un horizonte de 20 años, por ello se realizó los cálculos proyección de población, viviendas, centros de consumo general, alumbrado público y pérdidas de potencia.

- Proyección de la población

$$Población_{año\ n} = Población_{año\ -1} \times (1 + r)^{año_n - año_1}$$

Dónde:

$$P_{oblación\ año\ n} = \text{Población a proyectar (2044)}$$

$$P_{oblación\ año-1} = \text{Población inicial (2023)}$$

$$r = \text{tasa de crecimiento geométrico} = 1.2\ \%$$

$$año_n = \text{Año a proyectar}$$

$$año_1 = \text{Año 0}$$

Reemplazando en la ecuación:

$$r = \left(\frac{P_{\text{presente}}}{P_{\text{pasada}}} \right)^{1/n} - 1$$

$$r = \left(\frac{60}{30} \right)^{1/6} - 1$$

$$r = 0.122 = 1.2\%$$

$$Población_{año\ 2044} = 60 \times (1 + 1.2\ \%)^{2044 - 2023}$$

$$Población_{año\ 2042} = 77$$

- Proyección de viviendas

$$Viviendas_{año\ 2044} = 19$$

- Proyección de abonados domésticos

$$Ab_{doméstico\ 2044} = 19$$

- Consumos de cada vivienda

Tabla 7.

Consumo en kW por vivienda

FICHA PARA ESTIMAR EL CONSUMO DOMÉSTICO POR VIVIENDA			
NOMBRE DE USUARIO	Juan Miguel Suárez Guevara		
LUGAR - MZ	La Cantera - A	LOTE	1
ARTEFACTOS	CANTIDAD	P (W)	Total (W)
FOCOS	4	60	240
RADIO	1	30	30
TELEVISOR	1	180	180
BOMBA DE AGUA	0	0	0
PLANCHA	0	0	0
LICUADORA	0	0	0
CONSUMO TOTAL (W)			450

Tabla 8.

Tabla de consumos de servicios de uso general

DESCRIPCIÓN	POTENCIA PROMEDIO (kW)
Colegio	2
Posta Médica	1
Campo deportivo	2

- Cálculo de la demanda

$$Pot_{total-viv} = Pot_{viv} \times Total_{viv} = 0.45 \times 15 = 6.75 \text{ kW}$$

$$Dem_{año} = Pot_{tot-viv} \times hrs - día \times Fact - serv \times días - mes * 12 / 1000$$

$$Dem_{viv-año} = 7.05 \times 8 \times 0.42 \times 30 \times \frac{12}{1000} = 8.53 \text{ Mwh} - \text{año}$$

- Calculo de la potencia de la vivienda (Kw) con proyección a 20 años

$$Pot_{total-viv} = Pot_{viv} \times Total_{viv} = 0.45Kw \times 19$$

$$Pot_{total-viv} = 8.55 Kw$$

- Potencia de la demanda de la vivienda en Mw – h

FS: Factor de simultaneidad para una vivienda 0.42

$$Pot_{Dem.} = Pot_{total-viv} * FS * dias - mes * hrs - dia * año/1000$$

$$Pot_{Dem.} = 8.55Kw * 0.42 * 30 * 8 * 12$$

$$Pot_{Dem.} = 10.34 MW - h$$

- Potencia total del colegio (Kw)

$$Pot_{total-col} = Pot_{colegio} \times Total_{colegio}$$

$$Pot_{total-colegio} = 2 Kw * 1$$

$$Pot_{total-colegio} = 2Kw$$

- Potencia de la demanda del colegio en Mw – h

FS: Factor de simultaneidad para un colegio 0.5

$$Pot_{Dem.} = Pot_{total-col} * FS * dias - mes * hrs - dia * año/1000$$

$$Pot_{Dem.} = 2kw * 0.5 * 20 * 6 * 12/1000$$

$$Pot_{Dem.} = 1.44 Mw - h$$

- Potencia total de Posta Medica (Kw)

$$Pot_{total-post.} = Pot_{post} \times Total_{post}$$

$$Pot_{total-post.} = 1Kw * 1$$

$$Pot_{total-post.} = 1Kw$$

- Potencia de la demanda de Posta Medica en Mw – h

FS: Factor de simultaneidad para un colegio 0.5

$$Pot_{Dem.} = Pot_{total-pos} * FS * dias - mes * hrs - dia * año/1000$$

$$Pot_{Dem.} = 1Kw * 0.5 * 30 * 8 * 12/1000$$

$$Pot_{Dem.} = 1.44 Mw - h$$

- Potencia total de Campo Deportivo (Kw)

$$Pot_{total-camp} = Pot_{camp} \times Total_{camp}$$

$$Pot_{total-camp} = 2Kw * 1$$

$$Pot_{total-camp} = 2Kw$$

- Potencia de la demanda de Campo Deportivo en Mw – h

FS: Factor de simultaneidad para un colegio 0.5

$$Pot_{Dem.} = Pot_{total-camp} * FS * dias - mes * hrs - dia * año/1000$$

$$Pot_{Dem.} = 2Kw * 0.5 * 12 * 2 * 12/1000$$

$$Pot_{Dem.} = 0.288Mw - h$$

- Potencia total de Iluminación Externa (Kw)

$$Pot_{total-llu} = Pot_{total-viv} \times 0.2$$

$$Pot_{total-llu} = 8.55Kw * 0.2$$

$$Pot_{total-llu} = 1.71Kw$$

- Potencia de la demanda de Iluminación Externa en Mw – h

FS: Factor de simultaneidad para Iluminación 0.5

$$Pot_{Dem.} = Pot_{total-llu} * FS * dias - mes * hrs - dia * año/1000$$

$$Pot_{Dem.} = 1.71Kw * 0.5 * 30 * 6 * 12/1000$$

$$Pot_{Dem.} = 1.84Mw - h$$

- $Energía\ Sub\ total_{2044} = \sum Pot\ dem._{viv.+ col + post + camp + ilum.}$

$$Energía\ Sub\ total_{2044} = 10.34 + 1.44 + 1.44 + 0.288 + 1.84$$

$$Energía\ Sub\ total_{2044} = 15.35Mw - h$$

- $Pérdidas\ de\ energía = F. kalp * Energía\ Sub\ total_{2044}$

$$Pérdidas\ de\ energía = 0.1 * 15.35 Mw - h$$

$$Pérdidas\ de\ energía = 1.54 Mw - h$$

- $Energía\ total_{2044} = Energía\ Sub\ total_{2044} + Pérdidas\ de\ energía$

$$Energía\ total_{2044} = 15.35 + 1.54$$

$$Energía\ total_{2044} = 16.89Mw - h$$

- Proyección de la potencia con pérdidas (Kw)

$$- Potencia\ total\ FS_{2044} = F.S \sum Pot\ Total._{viv.+ col + post + camp + ilum.}$$

$$Potencia\ total\ FS_{2044} = 0.42(8.55) + 0.5(2 + 1 + 2 + 1.71)$$

$$Potencia\ total_{2044} = 6.946 Kw$$

$$- Potencia\ total\ con\ pérdidas_{2044} = 0.1 * Potencia\ total_{2044}$$

$$Potencia\ total\ con\ perdidas_{2044} = 0.6946$$

- Proyección de la potencia que ingresa al sistema (Kw)

$$Potencia\ total_{2044} = Potencia\ total\ FS_{2044} + Potencia\ total\ con\ perdidas_{2044}$$

$$Potencia\ total_{2044} = 6.946 + 0.6946$$

$$Potencia\ total_{2044} = 7.64 KW$$

Entonces podemos observar que para el año 2044, los habitantes electrificados (Población Beneficiada) será de 77, número de lotes totales electrificados será de 19, número de abonados de uso general será de 4. Sobre los requerimientos de energía para esta proyección considerando alumbrado público y pérdidas es de 16.89 MWh, en términos de potencia será 7.64 kW.

Tabla 9.

Proyección de la demanda eléctrica hasta el año 2044

TIPO	U.M	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044
POBLACION	UND	60	60	61	62	62	63	64	65	66	66	67	68	69	70	70	71	72	73	74	75	76	77
VIVIENDA	UND	15	15	15	15	16	16	16	16	16	17	17	17	17	17	18	18	18	18	18	19	19	19
DEMANDA VIV	MWH-AÑO	8.16	8.16	8.16	8.16	8.71	8.71	8.71	8.71	8.71	9.25	9.25	9.25	9.25	9.25	9.80	9.80	9.80	9.80	9.80	10.34	10.34	10.34
COLEGIO	MWH-AÑO	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44
POSTA MEDICA	MWH-AÑO	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44
CAMPO DEPORTIVO	MWH-AÑO	0.288	0.288	0.288	0.288	0.288	0.288	0.288	0.288	0.288	0.288	0.288	0.288	0.288	0.288	0.288	0.288	0.288	0.288	0.288	0.288	0.288	0.288
ILUM EXT	MWH-AÑO	1.46	1.46	1.46	1.46	1.56	1.56	1.56	1.56	1.56	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.85	1.85	1.85
SUBTOTAL	MWH-AÑO	12.79	12.79	12.79	12.79	13.43	13.43	13.43	13.43	13.43	14.07	14.07	14.07	14.07	14.07	14.72	14.72	14.72	14.72	14.72	15.35	15.35	15.35
PERDIDAS	MWH-AÑO	1.28	1.28	1.28	1.28	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.54	1.54	1.54
TOTALES	MWH-AÑO	14.07	14.07	14.07	14.07	14.78	14.78	14.78	14.78	14.78	15.47	15.47	15.47	15.47	15.47	16.19	16.19	16.19	16.19	16.19	16.89	16.89	16.89
POT MAX	KW	6.61	6.61	6.61	6.61	6.87	6.87	6.87	6.87	6.87	7.13	7.13	7.13	7.13	7.13	7.38	7.38	7.38	7.38	7.38	7.64	7.64	7.64

Nota. Información obtenida en trabajo de campo.

En la Tabla 9, se presenta la proyección de todos los parámetros población, abonados domésticos, abonados uso general, demanda de energía y potencia para todo el periodo de evaluación (20 años) desde 2023 (año cero), 2024 (año 1) hasta 2044 (año 20).

4.4. Determinación del diseño y los parámetros geométricos de la turbina Mitchell Banki.

Parámetros principales de diseño:

En primer lugar, se utilizará la ecuación (1) para calcular la potencia de freno, pero se necesitará la eficiencia del generador y la eficiencia de transmisión. Sin embargo, en especificaciones técnicas del generador no se cuenta con ese dato, es por ello que Olade menciona que se puede asumir una eficiencia del 0.86. Por otro lado, el mismo autor ofrece la siguiente tabla para la eficiencia de transmisión.

Tabla 10.

Tipo de acoplamiento del generador

Acoplamiento	n_{tr}
Directo	1
Engranajes o bandas	0.98
Fajas en "V"	0.95

Nota. Obtenido de la referencia (Olade, 1988)

Como el acoplamiento en este estudio será por medio de Fajas en "V" se toma una eficiencia de 0.95.

Para una potencia requerida de 7.64 kW, considerando las eficiencias seleccionadas se procede a calcular la potencia de freno (PT)

$$P_T = \frac{P_g}{\eta_t * n_g * n_{tr}} = \frac{7.64 \text{ kW}}{0.79 * 0.95 * 0.95}$$

$$P_T = 11.31 \text{ kW}$$

Posteriormente, se calcula el caudal de diseño en función a la potencia de freno requerida por el generador para producir la potencia calculada, utilizando la ecuación (2).

$$Q_d = \frac{P_T}{9.81 * H * n_T}$$

Como se observa, se requiere la altura neta, la cual mencionada en ítems anteriores es de 11.5 m, por otro lado, la eficiencia de la turbina a plena carga será seleccionada de la siguiente tabla:

Tabla 11.

Eficiencia de las turbinas según su tipo

Tipo de Turbina	n_T
Turbinas Axiales	0.86 – 0.92
Turbinas Francis	0.85 – 0.90
Turbinas Michell-Banki con buen diseño y construcción	0.75 – 0.82
Turbinas Michell-Banki de construcción artesanal	0.60 – 0.70
Turbinas Pelton	0.82 – 0.87

Nota. Obtenido de la referencia (Olade, 1988)

Por lo tanto, como se hará una turbina Michell-Banki con buen diseño y construcción se tomará el rango de 0.75 – 0.82. Seleccionando un valor medio entre ellos, siendo este 0.79. Estos valores se reemplazan en la ecuación (2) obteniendo:

$$Q_d = \frac{P_T}{9.81 * H * n_T}$$

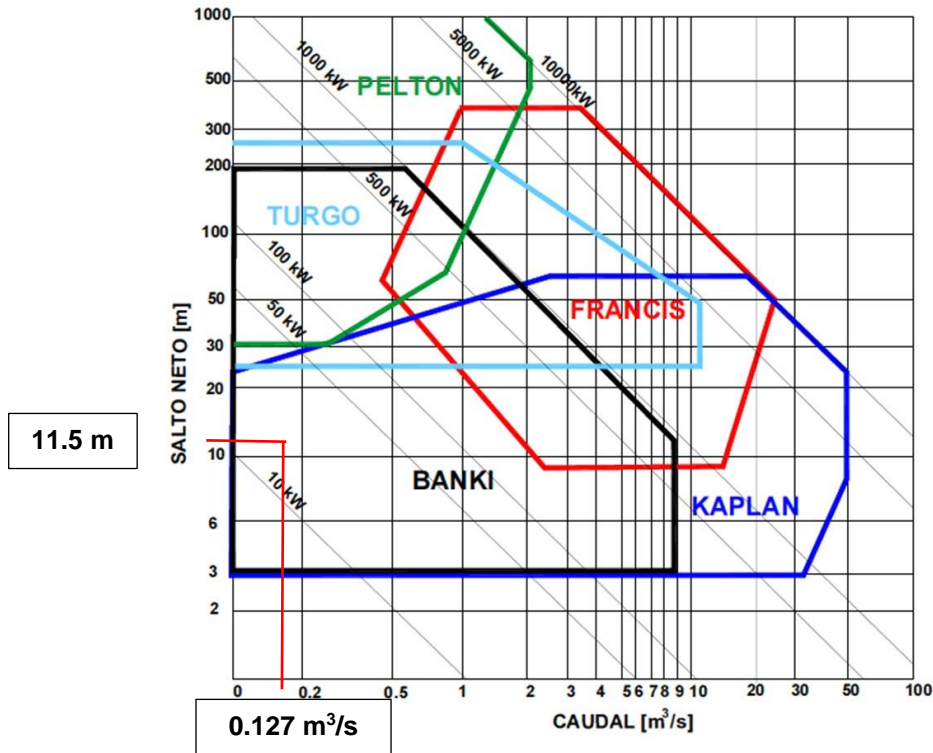
$$Q_d = \frac{11.31 \text{ kW}}{9.807 * (11.5) * (0.79)}$$

$$Q_d = 0.127 \text{ m}^3/\text{s}$$

Obtenidos estos parámetros se verifica si estos se encuentran dentro del rango de diseño para utilizar una turbina Michell Banki, colocándolos en la gráfica de la figura 10.

Figura 10.

Rango de diseño para turbinas Salto Neto vs Caudal



En la gráfica, se han colocado los valores mencionados de caudal y salto neto, observando que estos se encuentran dentro de los parámetros de diseño de una turbina Michell-Banki. Además, la potencia requerida por el centro poblado es de 7.64 kW, lo cual está por debajo de los 10 kW disponibles. Esto indica que existe un potencial suficiente para satisfacer las necesidades de energía eléctrica de la localidad mediante el uso de una turbina Michell-Banki.

A continuación, se tendrá en cuenta la ecuación (3), cuyos rangos de relación determinan el diámetro del rotor de la turbina:

$$\frac{Q}{\sqrt{H}} = \frac{0.127}{\sqrt{11.5}} = 0.037$$

Tabla 12.*Selección del diámetro del rotor*

Valor Q/\sqrt{H}	Diámetro del rotor (m)
0.02236 - 0.04743	0.2
0.4743 - 0.07906	0.3
0.07906 - 0.11068	0.4
0.11068 - 0.15812	0.5

Nota. Obtenido de la referencia (Olade, 1988)

Para el valor del parámetro Q/\sqrt{H} encontrado le corresponde el rango 0.02236 – 0.04743 que a su vez le corresponde el diámetro del rotor, $D_e = 0.2$ m.

Posterior a ello se establece la velocidad de giro con la ecuación (4):

$$N = \frac{39.85 * H^{1/2}}{D_e}$$

$$N = \frac{39.85 * (11.5)^{1/2}}{(0.2)}$$

$$N = 675.7 \text{ rpm}$$

Calculamos el número de revoluciones específico N_q y la velocidad específica N_s , con las ecuaciones (5) y (6) respectivamente:

$$N_q = N \frac{Q^{1/2}}{H^{3/4}} = (675.7) \frac{(0.127)^{1/2}}{(11.5)^{3/4}} = 38.54$$

$$N_q = N \frac{P_T^{1/2}}{H^{5/4}} = (675.7) \frac{(7.86)^{1/2}}{(11.5)^{5/4}} = 107.36$$

Ahora bien, según estos valores se puede confirmar aún mejor que la turbina Mitchell Banki es adecuada para esta tarea, ya que según la siguiente tabla estos valores encontrados están dentro de los rangos permitidos. Se debe tener en cuenta que N_q es la medida para la relación entre la velocidad del agua y el número de revoluciones y el N_s es la velocidad específica en rpm que desarrolla la potencia en una turbina por la carga del fluido.

Tabla 13.*Selección de turbina según el Nq y Ns*

Tipo de Turbina	Nq	Ns
Turbina Pelton de 1 tobera	Hasta 9	Hasta 30
Turbina Pelton de 2 toberas	4 -13	14 - 42
Turbina Pelton de 3 toberas o más	5 -22	17 -73
Turbina Michell - Banki	18 - 60	60 -200
Turbina Francis Lenta	18 - 38	69 - 200
Turbina Francis normal	38 - 68	125 - 225
Turbina Francis rápida	68 - 135	225 - 450
Turbinas Axiales	105 - 300	350 - 1000

Nota. Obtenido de la referencia (Olade, 1988)**Geometría del rodete****Diámetro interior del rodete:**

El diámetro interior del rodete, siendo una fracción del diámetro externo, es útil para determinar el diámetro del eje que conecta el rodete con el generador, este se calcula de la siguiente manera.

$$D_i = 0.66 * D_e$$

$$D_i = 0.66 * (0.2)$$

$$D_i = \mathbf{0.132\ m}$$

Radio de curvatura de los álabes del rodete:

Se refiere a la distancia desde el eje del rodete hasta el borde exterior de los álabes curvados que forman parte del impulsor.

$$r = 0.163 * D_e$$

$$r = 0.163 * (0.2)$$

$$r = \mathbf{0.0326\ m}$$

Posición del álabe

Es la ubicación de cada álabe en el rodete de una turbina hidráulica, este determina cómo cada álabe interactúa con el flujo de agua. Esta posición se puede calcular en función al diámetro exterior de la siguiente forma.

$$R_C = 0.69 * D_e$$

$$R_C = 0.69 * (0.2)$$

$$R_c = 0.138 \text{ m}$$

Número de álabes

Es la cantidad de elementos curvados que forman parte del rodete de una turbina hidráulica. Este número es crucial ya que afecta directamente la eficiencia y el rendimiento de la turbina. De la misma forma, se puede calcular el número de álabes que tendrá la turbina según el diámetro del rotor, por medio de la tabla 14.

Tabla 14.

Número de álabes según el diámetro del rotor

Diámetro del rotor (m)	Número de Álabes
0.2	22
0.3	24
0.4	26
0.5	28

Nota. Obtenido de la referencia (Oliva Vílchez, 2022)

Con el diámetro del rotor D_e se determina en la Tabla 11 el número de álabes que corresponde a 22. Según (Olade, 1988) y el valor de β'_2 calculado en los ítems anteriores para una turbina Michell Banki es de 30° entonces la curvatura de los álabes

$$\phi = 2 \operatorname{arc} \tan \left| \frac{\cos \beta'_2}{\left| \frac{D_i}{D_e} \right| + \sin \beta'_2} \right|$$

$$\phi = 73.49^\circ$$

Diámetro máximo del eje:

Es el diámetro total del eje que conectará el rotor con el generador, esta medida se calcula en relación al diámetro exterior del rodete, con la siguiente ecuación.

$$d = 0.328 * D_e$$

$$d = 0.0656 \text{ m}$$

Espesor de los álabes

Es importante conocer el espesor de los álabes puesto que puede determinar la resistencia estructural que tendrán frente a las fuerzas hidrodinámicas, este espesor se puede saber mediante la siguiente tabla 15:

Tabla 15.

Espesor de álabes según el diámetro del rotor

Rodete	Tubería	
Diámetro exterior (mm)	Espesor (mm)	Peso (kgf/m)
200	5.16	8.62
300	6.02	16.0
400	6.55	21.78
500	7.11	28.26

Nota. Obtenido de la referencia (Macas & Maza, 2018)

Cabe mencionar que se dice tubería, ya que algunos fabricantes cortan una tubería para de ahí manufacturar los álabes.

Geometría del inyector

Ancho del inyector:

Es la dimensión transversal del conducto por donde el agua ingresa al rodete en una turbina hidráulica, saber esta medida ayuda a controlar y dirigir el flujo de agua hacia los álabes del rodete de mejor manera.

$$B = \frac{0.96 * Q}{D_e \sqrt{H}}$$

$$B = 0.179 \text{ m}$$

El ancho del rodete:

Normalmente para calcular su ancho se toma como un 50% más que el ancho del inyector, y viene a ser la distancia entre los bordes de entrada y salida de los álabes.

$$B_r = 1.5 * B$$

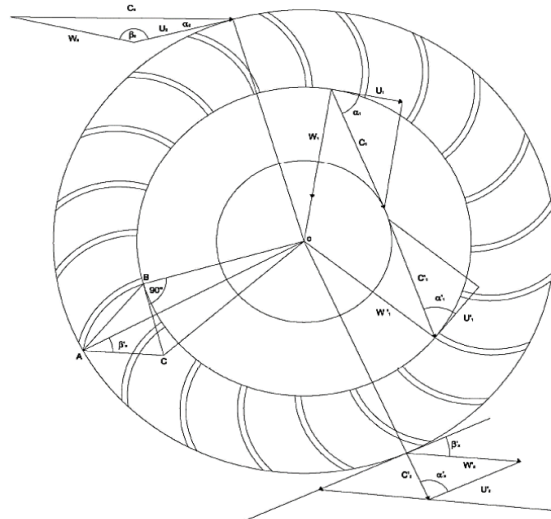
$$B_r = 0.2697 \text{ m}$$

Triángulo de velocidades

En la Figura 10 se presenta los componentes de velocidad, considerando las siguientes constantes $K_c = 0.98$, $K_u = 0.5$ y $K_f = 0.98$ se calcula lo siguiente.

Figura 11.

Triangulo de velocidades



Fuente: Obtenido de la referencia (Olade, 1988)

Velocidad del flujo de agua a la salida del inyector

$$C_1 = k_c * \sqrt{2gH}$$

$$C_1 = 14.72 \text{ m/s}$$

La velocidad absoluta del flujo de agua de ingreso al rodete

$$C_2 = 4.34 * H^{\frac{1}{2}}$$

$$C_2 = 14.72 \text{ m/s}$$

El chorro se orienta hacia el rodete con un ángulo promedio

$$\alpha_2 = 16^\circ$$

Velocidad absoluta del rodete a la entrada

$$U_2 = 2.09 * H^{\frac{1}{2}}$$

$$U_2 = 7.08 \text{ m/s}$$

Velocidad relativa del flujo a la entrada del rodete

$$W_2 = 2.40 * H^{\frac{1}{2}}$$

$$W_2 = 8.14 \text{ m/s}$$

Velocidad absoluta del flujo a su segundo ingreso al rodete

$$C_2' = 1.20 * H^{\frac{1}{2}}$$

$$C_2 = 4.07 \text{ m/s}$$

Velocidad relativa del flujo a su segundo ingreso al rodete

$$W_2' = 2.35 * H^{\frac{1}{2}}$$

$$W_2 = 7.67 \text{ m/s}$$

Ángulo promedio entre W y U primera salida

$$\beta_1 = 90^\circ$$

Ángulo promedio entre W y U a la salida del rodete

$$\beta_2 = 30^\circ$$

Geometría del álabe

Ángulo entre álaves

$$\hat{z} = \frac{360^\circ}{z} = \frac{360^\circ}{22} = 16.3^\circ$$

Ángulos característicos de los álaves

$$\theta = 60^\circ - \frac{\hat{z}}{2} = 51.81^\circ$$

$$\lambda = 150^\circ - \frac{\hat{z}}{2} = 141.81^\circ$$

$$\delta = \hat{z} + 60^\circ = 76.36^\circ$$

$$\gamma = 30 - \frac{\hat{z}}{2} = 21.81^\circ$$

Ancho radial:

Es la distancia desde el interior del rotor hasta su borde exterior a lo largo de una dirección radial, esta medida se calcula de la siguiente forma.

$$A = \frac{D_e}{2} * \left(1 - \frac{\text{sen}(\gamma)}{\text{sen}(\lambda)}\right) = 0.04 \text{ m}$$

Cuerda del álabe

$$A_p = \frac{D_e}{2} * \left(\frac{\text{sen}(\hat{z})}{\text{sen}(\lambda)}\right) = 0.045 \text{ m}$$

Radio del álabe

$$R_a = \frac{D_e}{2} * \left(\frac{\text{sen}(\hat{z})}{\text{sen}(\delta)}\right) * \left(\frac{\text{sen}(\theta)}{\text{sen}(\lambda)}\right) = 0.036 \text{ m}$$

Geometría de la carcasa:

Arco total del rodete:

Este arco será por donde el agua tendrá salida una vez haya pasado por el rotor y será de utilidad para tener en cuenta el dimensionamiento de la carcasa y así evitar salpicaduras.

$$\theta_0 = (0.334) \times 360^\circ$$

$$\theta_0 = 120.24^\circ$$

$$\theta_t = \theta_0 + 163^\circ$$

$$\theta_t = 120.24 + 163^\circ$$

$$\theta_t = 283.24^\circ$$

Área de desfogue:

Esta fórmula calcula el área requerida para el desfogue o descarga del flujo de agua después de pasar a través del inyector o rodete de una turbina hidráulica. Es esencial para determinar las dimensiones adecuadas de los conductos de salida.

$$A_{desf} = \frac{Q}{C_2}$$

$$A_{desf} = \frac{0.127}{4.07}$$

$$A_{desf} = 0.031 \text{ m}^2$$

Longitud mínima de ahogamiento:

Esta longitud es la distancia mínima que tendrá el rotor con la salida del inyector para que la turbina no sufra turbulencias por el exceso de agua que ingresa a ella.

$$L = \frac{A_{desf}}{Br} = \frac{0.031}{0.187}$$

$$L = 0.115 \text{ m}$$

Tabla 16.*Parámetros de diseño para la turbina Michell - Banki*

Parámetros de diseño de una turbina Michell - Banki	valor	unidad
Parámetros principales de diseño		
Potencia de freno	11.31	kW
Caudal de diseño	0.126	m ³ /s
Diámetro del rotor	0.2	m
Número de revoluciones	675.7	rpm
N _q	38.55	rpm
N _s	107.31	rpm
Geometría del rodete		
Diámetro interior del rodete	0.132	m
Radio de la curvatura de los álabes	0.0326	m
Posición del álabe	0.138	m
Número de álabes	22	
Curvatura de los álabes	73.49	°
Diámetro máximo del eje que soportará el rodete	0.07	m
Geometría del inyector		
Ancho del inyector	0.124	m
Ancho del rodete	0.187	m
Triángulo de velocidades		
Velocidad del flujo a la salida del inyector	14.72	m/s
Velocidad absoluta del flujo de ingreso al rodete	14.72	m/s
Ángulo del chorro hacia el rodete	16	
Velocidad absoluta del rodete hacia la entrada	7.08	m/s
Velocidad relativa del flujo a la entrada del rodete	8.13	m/s
Velocidad absoluta del flujo a su segundo ingreso al rodete	4.07	m/s
Velocidad relativa del flujo a su segundo ingreso al rodete	7.67	m/s
Ángulo promedio entre W y U primera salida	90	°
Ángulo promedio entre W y U a la salida del rodete	30	°
Geometría del álabe		
Ángulo entre álabes	16.4	°
θ	51.8	°
λ	141.8	°
δ	76.4	°
γ	21.8	°
Ancho radial	0.04	m
Cuerda del álabe	0.04	m
Radio del álabe	0.04	m

Figura 12.

Diseño de la turbina Michell Banki

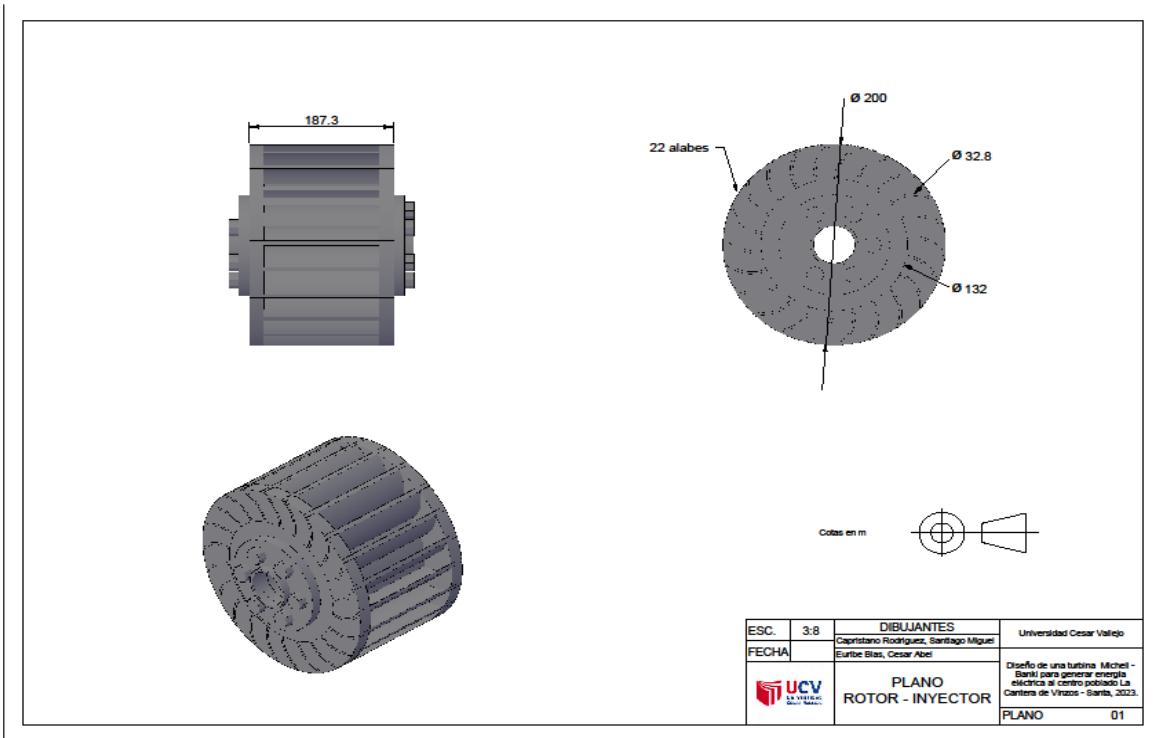
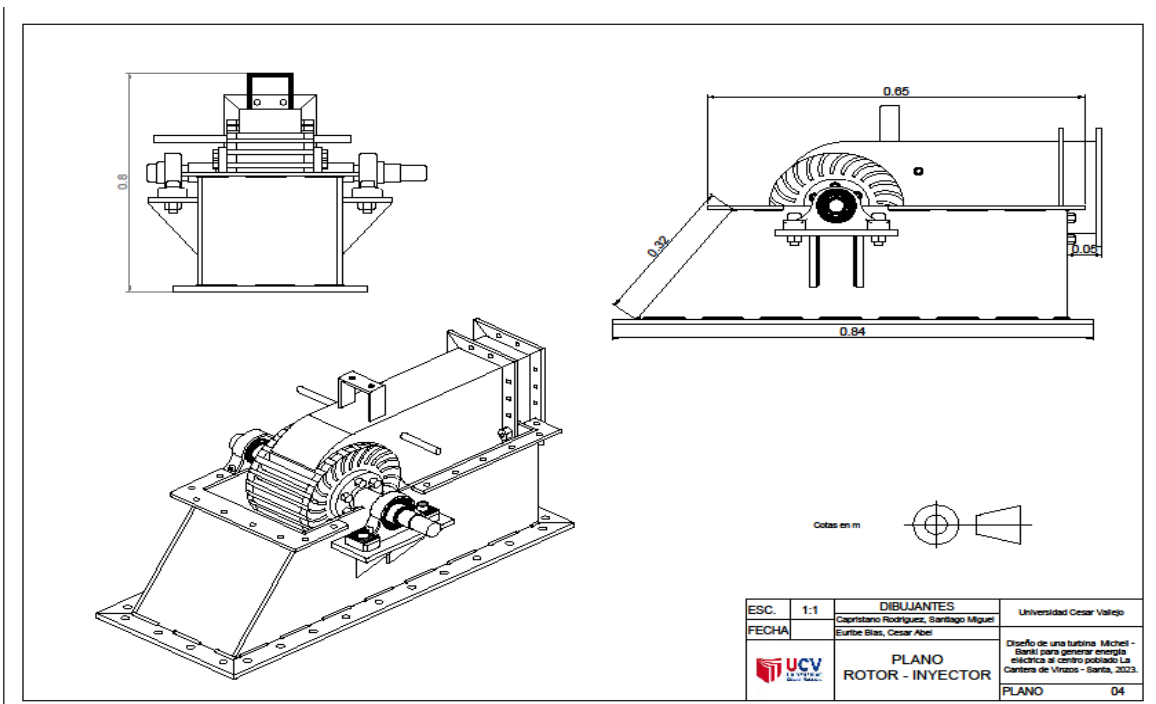


Figura 13.

Diseño del inyector y carcasa



Selección del generador eléctrico para la turbina Michell Banki

Para minicentrales eléctricas los alternadores síncronos trifásicos auto excitados son comúnmente utilizados, así como en otras aplicaciones donde se requiere una generación de energía estable y controlada. Estos alternadores son eficientes en la conversión de energía mecánica en energía eléctrica y son capaces de proporcionar una salida de potencia estable. Poseen un sistema de regulación de voltaje monitorea la salida del alternador y ajusta automáticamente la corriente de excitación para mantener un voltaje de salida constante, incluso cuando hay cambios en la carga.

$$p' = \frac{60 \times f}{N} = \frac{60 \times 60}{1800} = 2 \text{ pares de polos} = 4 \text{ polos}$$

Dónde:

f = 60 Hz

N = RPM

En el mercado se encuentran alternadores de las siguientes características

Tabla 17.

Características del alternador para la turbina Michell - Banki

FRECUENCIA (HZ)	N.º POLOS	VELOCIDAD SÍNCRONA (RPM)
60	2	3600
60	4	1800
60	6	1200
60	8	900

Potencia efectiva que entregará el generador

$$K_w = P_{turb} \times n_g = 11.31 \times 0.9 = 10.2 \text{ kw}$$

Dónde:

P_{Turb} = Potencia de turbina

n_g = Rendimiento del generador

Potencia del generador síncrono

$$KVA = \frac{P_{Turb}}{\cos\phi} = \frac{11.31}{0.85} = 13.3 KVA$$

Dónde:

$\cos\phi$ = Factor de potencia inductivo para el generador síncrono

En la Tabla 18 se especifican datos técnicos del generador trifásico elegido para la conexión con la turbina Michell-Banki.

Tabla 18.

Especificaciones técnicas del generador eléctrico

Parámetros	Características	
Marca	Cattini	
Modelo	STC - 10 KW	
Fase	Trifásico	
Capacidad	10	kW
Corriente	18.1	A
Voltaje	380	V
Frecuencia	60	Hz
Velocidad	1800	RPM

En la selección y operación ha de tener cuidados con el factor de potencia de la carga conectada, pueden requerir ajustes o equipos adicionales para manejar cargas con factores de potencia bajos. Ambiente de Operación: el alternador esté diseñado y protegido para las condiciones ambientales específicas, como temperatura, humedad y altitud. Programa de Mantenimiento preventivo que incluya inspecciones regulares, limpieza y pruebas. Revisa y ajusta la corriente de excitación según sea necesario. Sistemas de protección contra sobrecargas y cortocircuitos para prevenir daños en el alternador en caso de condiciones anormales de operación.

En la Figura 14 se presenta el generador eléctrico de la marca Cattini.

Figura 14.

Generador eléctrico Cattini



Cálculo de la relación de transmisión (R_t) y diámetros de poleas y selección de fajas de transmisión

$$R_t = \frac{n_{sal}}{n_{ent}} = \frac{1800rpm}{675rpm} \approx 2.66$$

Potencia=11.31 kW

$C_2 = 1.2$

Pot cal = 11.31*1.2=13.57 kW

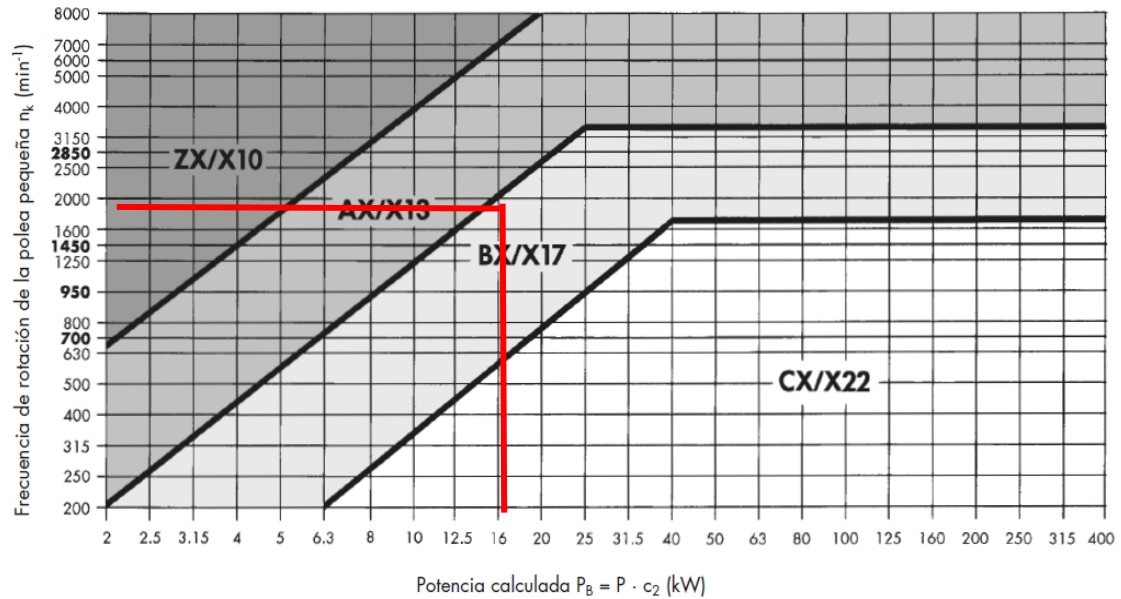
Figura 15.

Factor de carga C_2

Ejemplos de máquinas de trabajo	Ejemplos de máquinas motrices					
	Factor de carga c_2 para funcionamiento diario (horas)			Factor de carga c_2 para funcionamiento diario (horas)		
	hasta 10	más de 10 hasta 16	más de 16	hasta 10	más de 10 hasta 16	más de 16
Transmisiones ligeras Bombas centrífugas y compresores, cintas transportadoras (para material ligero), ventiladores y bombas hasta 7,5 kW	1,1	1,1	1,2	1,1	1,2	1,3
Transmisiones medias Cizallas, prensas, transportadoras de cadenas y de cinta (para material pesado), tamices vibratorios, generadores y dinamos, amasadoras, máquinas herramienta (tornos y esmeriladoras), lavadoras, impresoras, ventiladores y bombas de más de 7,5 kW.	1,1	1,2	1,3	1,2	1,3	1,4

Figura 16.

Tabla de perfil de la correa.



Escogemos la faja tipo AX/X13.

Figura 17.

Selección de diámetros de poleas.

Correas trapeziales Perfil	Denominación ISO												Datum diameter d_d		Tolerancia de concentricidad y planitud
	5	6	8	10	13	17	20	22	25	32	40	min.	máx.		
Correas trapeziales estrechas Perfil	DIN 7753 parte 1 e ISO 4184												min.	máx.	0,2
	20,0											20,0	20,4		
	22,0											22,0	22,4		
	25,0											25,0	25,4		
	28,0	28,0										28,0	28,4		
	31,5	31,5										31,5	32,0		
	35,5	35,5										35,5	36,1		
	40,0	40,0	40	40								40,0	40,6		
	45,0	45,0	45	45								45,0	45,7		
	50,0	50,0	50	50								50,0	50,8		
	56,0	56,0	56	56								56,0	56,9		
	63,0	63,0	63	63	63	63						63,0	64,0		
				67	67	67						67,0	68,0		
	71,0	71,0	71	71	71	71						71,0	72,1		
	80,0	80,0	80	80	80	80						75,0	76,1		
				85	85	85						80,0	81,3		
		90,0	90	90	90	90	90					85,0	86,3		
				95	95	95	95	95				90,0	91,4		
				100	100	100	100	100				95,0	96,4		
				106	106	106	106	106				100,0	101,6		
												106,0	107,6		
		112,0	112	112	112	112	112					112,0	113,8		
		125,0	125	125	125	125	125					118,0	119,9		
				132	132	132	132					125,0	127,0		
				140	140	140	140					132,0	134,1		
				150	150	150	150			140*		140,0	142,2		
				160	160	160	160	160		150*		150,0	152,4		
										160*		160,0	162,6		
			180	170	170	170	170					170,0	172,7		
			200	180	180	180	180					180,0	182,9		
				190	190	190	190					190,0	193,0		
				200	200	200	200					200,0	203,2		
				212	212	212	212					212,0	215,4		
				224	224	224	224	224				224,0	227,6		
Diámetro de referencia d_d															

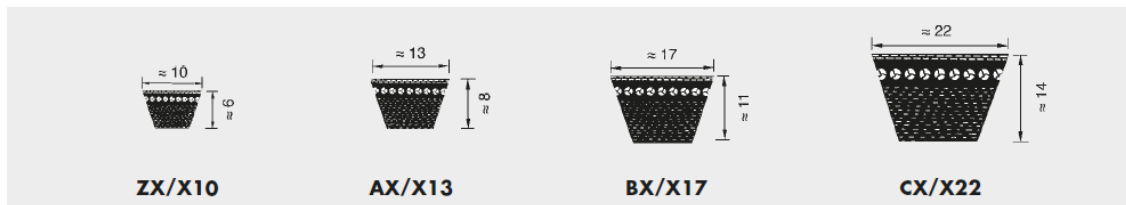
La distancia entre centros debe estar entre $0.7(\phi_M + \phi_m)$ y $2(\phi_M + \phi_m)$ que es entre 182.1 y 520.2 mm, para lo cual asumiremos un valor de 200 mm y

calculamos la longitud de la faja.

$$L = 2 \times C + 1.57 \times (\phi_M + \phi_m) + \frac{(\phi_M + \phi_m)^2}{4 \times C} = 825.9 \text{ mm}$$

Figura 18.

Tabla de longitud de faja AX/X13



Perfil ZX/X10		Perfil AX/X13		Perfil BX/X17		Perfil CX/X22	
Nº correa	Desarrollo de referencia ISO L _d (mm)	Nº correa	Desarrollo de referencia ISO L _d (mm)	Nº correa	Desarrollo de referencia ISO L _d (mm)	Nº correa	Desarrollo de referencia ISO L _d (mm)
ZX 23	597	AX 23	605	BX 23	610	CX 39	1058*
ZX 24	622	AX 23½	630	BX 25	670	CX 43	1148*
ZX 25	652	AX 24	640	BX 26	690	CX 49	1308*
ZX 26	672	AX 25	660	BX 28	750	CX 52	1378*
ZX 27	692	AX 26½	700	BX 29	765	CX 55	1458*
ZX 28	732	AX 27	716	BX 30	790	CX 59	1558*
ZX 29	752	AX 28	740	BX 31	815	CX 62	1632*
ZX 29½	772	AX 29	760	BX 32	840	CX 67	1758*
ZX 31½	822	AX 30	797	BX 33	876	CX 68	1785*
ZX 32	842	AX 31	805	BX 34	890	CX 71	1858*
ZX 33	847	AX 32	843	BX 34½	915	CX 75	1958*
ZX 33½	872	AX 33	871	BX 35	929	CX 79	2058*
ZX 35	897	AX 34	890	BX 36	940	CX 81	2118*
ZX 36	922	AX 35	919	BX 37	965	CX 85	2217*
ZX 37	947	AX 35½	930	BX 38	1005	CX 88	2298*
ZX 38	972	AX 36	944	BX 39	1040	CX 90	2344*
ZX 40	1038*	AX 37	955	BX 40	1056	CX 93	2418*
ZX 42	1082*	AX 37½	980	BX 41	1080	CX 96	2496*
ZX 46½	1202*	AX 38	995	BX 42	1100	CX 98	2558*
ZX 52	1342*	AX 39	1030	BX 43	1130	CX 110	2858*
ZX 55	1422*	AX 40	1046	BX 44	1160	CX 118	3058*
ZX 59	1522*	AX 41½	1080	BX 45	1190	CX 124	3208*
		AX 42	1090	BX 45½	1203	CX 132	3408*
		AX 43	1130	AX 46	1215		
		AX 44	1150	BX 46½	1220		
		AX 45½	1180	BX 47	1240		
		AX 46	1198	BX 48	1255		
		AX 47	1230	BX 49	1290		
		AX 48	1250	BX 50	1315		

Faja AX32 con longitud de 843 mm

Figura 19.

Tabla de ajustes X y Y

Desarrollo de referencia (mm)	Recorrido mínimo de ajuste x (mm) – para tensado y retensado	Recorrido mínimo de ajuste y (mm) – para montar sin forzar										
		5	Y/6	8	Z/10, ZX/X10	A/13, AX/X13	B/17, BX/X17	20	C/22, CX/X22	25	D/32	E/40
≤ 200	5	10	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
> 200 ≤ 250	5	10	10	–	–	–	–	–	–	–	–	–
> 250 ≤ 315	5	10	10	10	10	–	–	–	–	–	–	–
> 315 ≤ 670	10	–	–	10	10	10	10	–	–	–	–	–
> 670 ≤ 1000	15	–	–	10	15	15	15	–	–	–	–	–
> 1000 ≤ 1250	20	–	–	15	15	15	15	20	20	–	–	–

Velocidad y frecuencia de flexión de la faja.

$$V = \phi_m * n_m / 19100 = 6.69 \text{ m/s}$$

$$f_b = 2 \times 1000 * v / L = 15.87 \text{ s}^{-1}$$

Factor de ángulo de contacto.

Calculamos $\frac{\phi_M + \phi_m}{c} = 0.59$.

Figura 20.

Tabla de C_1

$\frac{d_{dg} - d_{dk}}{a_{nom}}$	$\beta \approx$	c_1
0	180°	1,00
0,05	177°	1,00
0,10	174°	1,00
0,15	171°	1,00
0,20	168°	0,99
0,25	165°	0,99
0,30	162°	0,99
0,35	160°	0,99
0,40	156°	0,99
0,45	153°	0,98
0,50	150°	0,98
0,55	147°	0,98
0,60	144°	0,98
0,65	141°	0,97
0,70	139°	0,97
0,75	136°	0,97
0,80	133°	0,96
0,85	130°	0,96
0,90	126°	0,96
0,95	123°	0,95

$c_1 = 0.98$.

Figura 21.

Tabla de C_3

Perfil A/13, AX/X13		d
Desarrollo de referencia (mm)	c_3	
660	0,80	
740	0,82	
780	0,83	
830	0,85	
880	0,86	
930	0,87	
980	0,88	
1030	0,89	
1090	0,90	
1150	0,91	
1210	0,92	
1280	0,94	
1350	0,95	
1430	0,96	
1530	0,97	
1630	0,99	
1730	1,00	
1830	1,01	
1930	1,02	
2030	1,03	
2150	1,05	
2270	1,06	
2390	1,07	
2530	1,08	
2680	1,10	
2830	1,11	
3030	1,12	
3180	1,14	

$c_3 = 0.85$

Potencia nominal por correa

Figura 22.

Valores de potencia para faja AX/X13

Poleas	v (m/s)	n_k (min ⁻¹)	Diámetro de referencia de la polea pequeña d_{sk} (mm)													Incremento por multiplicación (kW) por correa para				
			63	71	80	90	95	100	106	112	118	125	132	140	150	160	180	1.01 hasta 1.05	1.06 hasta 1.26	1.27 hasta 1.57
②	700	0.67	0.86	1.07	1.29	1.40	1.51	1.64	1.77	1.90	2.04	2.19	2.35	2.56	2.76	3.15	0.02	0.08	0.12	0.18
	950	0.82	1.06	1.33	1.61	1.76	1.90	2.06	2.23	2.39	2.58	2.76	2.97	3.23	3.49	3.98	0.03	0.11	0.16	0.24
	1450	1.05	1.39	1.76	2.16	2.36	2.56	2.79	3.02	3.25	3.51	3.76	4.05	4.40	4.74	5.41	0.04	0.17	0.24	0.37
	2850	1.39	1.96	2.58	3.23	3.55	3.86	4.23	4.58	4.92	5.31	5.68	6.09	6.57	7.03	7.84	0.09	0.33	0.47	0.73
	100	0.16	0.19	0.23	0.28	0.30	0.32	0.34	0.37	0.39	0.42	0.45	0.48	0.52	0.56	0.63	0.00	0.01	0.02	0.03
200	0.27	0.34	0.41	0.49	0.52	0.56	0.61	0.65	0.70	0.75	0.80	0.86	0.93	1.00	1.14	0.01	0.02	0.03	0.05	
300	0.37	0.46	0.56	0.67	0.73	0.78	0.84	0.91	0.97	1.04	1.11	1.20	1.30	1.40	1.59	0.01	0.03	0.05	0.08	
400	0.46	0.57	0.70	0.84	0.91	0.98	1.06	1.14	1.22	1.32	1.41	1.51	1.64	1.77	2.02	0.01	0.05	0.07	0.10	
500	0.54	0.68	0.83	1.00	1.08	1.17	1.27	1.36	1.46	1.57	1.68	1.81	1.96	2.11	2.41	0.02	0.06	0.08	0.13	
600	0.61	0.77	0.95	1.15	1.25	1.34	1.46	1.57	1.68	1.81	1.94	2.09	2.27	2.44	2.79	0.02	0.07	0.10	0.15	
700	0.67	0.86	1.07	1.29	1.40	1.51	1.64	1.77	1.90	2.04	2.19	2.35	2.56	2.76	3.15	0.02	0.08	0.12	0.18	
800	0.74	0.94	1.17	1.42	1.55	1.67	1.81	1.96	2.10	2.26	2.43	2.61	2.84	3.06	3.50	0.02	0.09	0.13	0.21	
900	0.79	1.02	1.28	1.55	1.69	1.82	1.98	2.14	2.30	2.48	2.65	2.86	3.10	3.35	3.82	0.03	0.10	0.15	0.23	
1000	0.85	1.10	1.37	1.67	1.82	1.97	2.14	2.31	2.48	2.68	2.87	3.09	3.36	3.62	4.14	0.03	0.11	0.17	0.26	
1100	0.90	1.17	1.47	1.79	1.95	2.11	2.30	2.48	2.66	2.88	3.08	3.32	3.61	3.89	4.44	0.03	0.13	0.18	0.28	
1200	0.94	1.23	1.56	1.90	2.07	2.24	2.44	2.64	2.84	3.06	3.29	3.54	3.84	4.15	4.73	0.04	0.14	0.20	0.31	
1300	0.99	1.30	1.64	2.01	2.19	2.37	2.59	2.80	3.01	3.25	3.48	3.75	4.07	4.39	5.01	0.04	0.15	0.22	0.33	
1400	1.03	1.36	1.72	2.11	2.31	2.50	2.72	2.95	3.17	3.42	3.67	3.95	4.29	4.63	5.28	0.04	0.16	0.23	0.36	
1500	1.07	1.42	1.80	2.21	2.42	2.62	2.86	3.09	3.32	3.59	3.85	4.14	4.50	4.86	5.53	0.05	0.17	0.25	0.38	
⑤	1600	1.10	1.47	1.87	2.31	2.52	2.74	2.99	3.23	3.47	3.75	4.03	4.33	4.71	5.07	5.78	0.05	0.18	0.26	0.41
	1700	1.14	1.52	1.95	2.40	2.63	2.85	3.11	3.37	3.62	3.91	4.18	4.51	4.90	5.28	6.01	0.05	0.20	0.28	0.44
	1800	1.17	1.57	2.01	2.49	2.73	2.96	3.23	3.50	3.76	4.06	4.36	4.69	5.09	5.48	6.23	0.05	0.21	0.30	0.46
	1900	1.20	1.62	2.08	2.58	2.82	3.06	3.34	3.62	3.89	4.21	4.51	4.85	5.27	5.67	6.44	0.06	0.22	0.31	0.49
	2000	1.23	1.66	2.14	2.66	2.91	3.16	3.45	3.74	4.02	4.35	4.66	5.01	5.44	5.86	6.64	0.06	0.23	0.33	0.51

$$P_N = 1.57 + 0.46 = 2.03 \text{ kW}$$

$$Z = \frac{P_{turb} * c_2}{c_1 \times c_3 \times F_N} = \frac{11.31 \times 1.2}{2.03 \times 0.98 \times 0.85} = 8.02 \approx 8 \text{ fajas}$$

Cálculo del ahorro financiero y rentabilidad.

Para el cálculo de la rentabilidad, se han estimado los costos del proyecto y los ahorros obtenidos por el concepto de pago de recibos eléctricos de acuerdo a los planes tarifarios de la empresa Hidrandina, concesionaria del servicio de electricidad en el Departamento de Ancash, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 19.

Análisis del consumo eléctrico en la comunidad de Vinzos mediante una simulación de recibo de Luz

POTENCIA (kW)	0.45					
PLAN TARIFARIO	BT5B					
CONCEPTO	UM	CANT	COST UNIT	COSTO TOTAL		
Cargo fijo mensual	Unid	1	S/	3.49	S/	3.49
Cargo por energía activa	kW-h	108	S/	0.74	S/	80.04
				Sub Total	S/	83.53
				IGV	S/	15.04
				Total	S/	98.56

Costo por mes del poblado = 98.56x15= 1,748.46

Costo por año del poblado = 1,748.46x12=17,741.52

Tabla 20.

Estimación de los costos de inversión.

Descripción	Monto
Turbina	S/ 12,000.00
Sub Estación	S/ 11,400.00
Conexión	S/ 2,300.00
Tendido de tuberías	S/ 20,000.00
Total	S/ 45,700.00

Tabla 21.*Análisis de rentabilidad para un ciclo de vida de 7 años*

Tasa de Descuento	10%
<i>Tasa interna de retorno (TIR)</i>	25.3%
<i>Valor actual neto (VAN)</i>	S/ 26,881
<i>Ahorro promedio por año</i>	S/ 8,637
<i>Payback (años)</i>	3.46

V. DISCUSIÓN

Referente al diseño de la turbina Michell – Banki para generar energía eléctrica al centro poblado La cantera de Vinzos – Santa se proyectó la demanda de energía a un horizonte de 20 años y se consiguió determinar el diseño de componentes de la turbina tipo Michell Banki, sobre ello en la presente investigación podemos mencionar el trabajo de investigación de (García Cotrina, 2019), en la que proyecta la cantidad de energía que requerirá el centro poblado de Cascajal para el año 2030, coincidimos con esta metodología pues a partir de ella permitió determinar la demanda máxima en el centro poblado de La Cantera, el cual también se basó en un trabajo de campo realizando una encuesta a los pobladores de la zona de influencia a fin de identificar la cantidad exacta de pobladores y viviendas y así estimar una proyección adecuada para el cálculo de la máxima demanda, una diferencia con el estudio de (García Cotrina, 2019) fue el horizonte de evaluación de la demanda de energía eléctrica según los proyectos de electrificación del estado recomienda una evaluación de 20 años sin embargo el autor trabajó con 10 años, a pesar de ello los resultados demuestran datos aceptables debido a que la población cuenta con pocos habitantes como lo podemos observar en la Tabla 7. Luego de ello se utiliza la fórmula de proyección teniendo en cuenta la tasa de crecimiento, cabe mencionar que al realizar la proyección se utilizaron ciertos indicadores consignados en la guía, formulación y evaluación de proyectos de inversión en electrificación rural recomendada por el Ministerio de Energía y Minas, donde se encuentran los datos para determinar la máxima demanda en una zona rural, Para ello se realizó una encuesta de población, vivienda y consumo de energía eléctrica (anexo 2.1). A partir de ello se pudo obtener la proyección del consumo por abonado doméstico, comercial y uso general, además se incluye el consumo por alumbrado público, pérdidas de energía para así determinar la máxima demanda.

Respecto al método para determinar el caudal requerido en el diseño procedimos a realizar las mediciones físicas de velocidad y área del canal, con topografía del terreno y del canal de agua en una distancia de 20 m donde se ubicaría la turbina Michell – Banki, finalmente con la topografía del

terreno pudimos establecer la mejor ubicación y derivación del canal y poder encontrar la altura requerida para contar con la potencia requerida con el caudal obtenido a un menor costo de inversión.

Sobre la factibilidad de la implementación de una mini central hidráulica la bibliografía en múltiples investigaciones, justifica que sí es factible realizar el proyecto de una planta hidráulica con una potencia nominal de 20 kW como lo propone (Calvo Solís, 2018), y para el dimensionamiento de la turbina Michell Banki al igual que la investigación de (Ibañez Solis, 2019), a partir de los datos de campo obtenidos se determina los siguientes parámetros de diseño como la potencia de freno de 11.31kW, caudal de diseño de 0.127 m³/s, diámetro del rotor 0.2 m, régimen de giro 675.7 rpm. En la geometría del rodete se tiene un diámetro interior de 0.132 m, radio de curvatura de álabes de 0.0326 m, posición del álabe de 0.138 m, número de álabes igual a 22, curvatura de los álabes de 73.49 ° y un diámetro máximo del eje que soportará al rodete de 0.0656, con respecto a la geometría del inyector se da un ancho del inyector de 0.179 m y un ancho del rodete de 0.2697 m esta información se resumen en la Tabla 7, estos datos nos permiten obtener las medidas exactas para realizar el diseño en plano de la turbina Michell Banki, y así seleccionar el tipo de Generador eléctrico que se adapte a las condiciones de la turbina , en esta oportunidad se ha seleccionado un generador eléctrico de la marca Catiini que tiene una capacidad de hasta 10 kW y una corriente de 18.1 A, entonces concordamos con (Calvo Solís, 2018) y (Ibañez Solis, 2019) sobre la metodología de diseño de los componentes necesario para la implementación de la turbina de Michell – Banki. Así mismo el diseño y construcción de concuerda con los rangos obtenidos por (Erinle et al., 2020) y (Santoshkumar et al., 2019) donde se puede alcanzar potencias de generación entre 39 y 45 kW, entonces nuestro diseño queda justificado pues la potencia es mucho menor y no habría problemas de generación y sostenibilidad requerida por la población.

Basado en la información necesaria para poder iniciar con el dimensionamiento de la Turbina Michell Banki se puede verificar que los datos obtenidos guardan relación con lo presentado en la Tabla 1 del manual

sobre el desarrollo, evaluación y difusión de tecnologías alternativas (ITDG, 1995), donde indica que una turbina Michell - Banki debe tener un rango de 40 – 180 RPM , un caudal de agua de 0.025 – 5 m³/s, un altura entre 1 – 50 m y una potencia entre 1 – 750 W. En la presente investigación sobre estos parámetros se obtuvieron valores para este proyecto que se encuentran dentro de esos intervalos con un caudal de agua de 0.127 m³/s, régimen de giro de 675.7 rpm, una altura de neta de 11.50 m y una potencia de 7.64 kW, concordando de ese modo la justificación del uso de la tecnología de Michell – Banki dado que estos datos desarrollado en los resultados están en el intervalo de funcionamiento del tipo de turbina de acuerdo a sus parámetros iniciales de operación de ITDG. Además concordamos con la metodología de diseño propuesta por (Breslin, 2008) respecto al método de determinar el número de alabes y las características de la curvatura, es por ellos que nos basamos en los manuales de ITDG y Breslin.

Sobre el diseño es importante mencionar que es importante que antes de proceder a la construcción se debe realizar una simulación numérica con alguna herramienta computacional (Dinámica de Fluidos Computacional) para validar los parámetros de diseño tal como lo menciona (Sammartano et al., 2013) y (Chandran et al., 2017) quienes utilizaron ANSYS, con ello se logra una buena eficiencia no sólo para el caudal de diseño, sino también para un amplio rango de variabilidad en torno al valor de diseño, entonces se amplía el análisis para obtener una metodología validada y esta aplicarla en otros contextos geográficos. También permite comparar los parámetros numéricos con lo obtenido en el banco de ensayo. Entonces podemos indicar que las fortalezas de la metodología de diseño utilizada se enmarcan en los altos niveles de aprovechamiento del recurso hídrico y su adaptabilidad que hace eficiente la generación de energía eléctrica, además de la durabilidad de los componentes en su vida útil y los bajos costos de operación. Sobre las debilidades costos iniciales de implementación y las condiciones hidrológicas tan cambiantes en los últimos años.

Sobre la evaluación de la rentabilidad económica de la investigación, se realiza una evaluación de los gastos que involucra los costos de

implementación de los materiales y equipos, mano de obra, etc. Considerando como componentes principales una turbina tipo Michell - Banki, un generador eléctrico, un transformador de 3 fases, un tablero de control eléctrico, tuberías conducción del fluido de trabajo, accesorios para los componentes de tuberías y estructuras para el montaje, se estimó un gasto total de equipos de 15600 nuevos soles, para los costos directos se incluyen los gastos de pruebas y stock, mano de obra, transporte y equipo incluido los gastos de materiales ascendiendo a un total de 23662.4 nuevos soles. Sobre los costos indirectos tenemos ingeniería y recepción, gastos generales e interés intercalario ascendiendo a una suma de 4918.51 nuevos soles. Asimismo se incluye los beneficios incrementales equivalente a 9000 nuevos soles correspondiente a la mejora económica que existirá en el centro poblado La Cantera en los próximos años, evaluando estos resultados se obtiene un VAN y TIR positivo por el cual se interpreta que el proyecto evaluado es viable como lo menciona también (Macas Jácome & Maza Gutiérrez, 2018) debido a que su tasa interna de retorno viene a ser mayor a la tasa de interés. Además en el trabajo de (Mahesh et al., 2017) refuerza la utilidad con el desarrollo rural, la simplicidad y el bajo costo de los sistemas hidroeléctricos los cuales apertura nuevas oportunidades para algunas comunidades aisladas que requieren electricidad.

Finalmente la investigación en el contexto científico social en el área de influencia tiene un impacto positivo debido al uso de tecnologías limpias y renovables que no emiten gases de efecto invernadero, en tal sentido (Perillo, 2013) indica que las plantas hidroeléctricas de pequeña escala son una fuente importante de energía renovable y pueden contribuir activamente al desarrollo sostenible del área local, al mismo tiempo que son competitivas en costos con otras fuentes de energía renovables, pues en nuestro trabajo de investigación es la finalidad proveer una fuente de energía eléctrica aprovechable desde el punto de vista renovable.

VI. CONCLUSIONES

1. Se realizó el diseño de una turbina Michell – Banki para generar energía eléctrica al centro poblado La cantera de Vinzos – Santa, evaluado para el año 2023, lo que permitió a partir de la proyección de la demanda de energía eléctrica requerido por los pobladores proyectado a un horizonte de 20 años y los requerimientos del recurso hídrico tomado del canal Irchim del proyecto Chincas, se consiguió determinar mediante el diseño de componentes las características de la turbina tipo Michell Banki, las que se presentan en planos (Anexo 13) y el grupo generador acoplado, así mismo se evaluó económicamente la implementación del proyecto lo que arrojó valores rentables en el tiempo.
2. Se determinó la demanda de energía eléctrica del centro poblado La Cantera en la actualidad (año 0), los habitantes fueron 60 personas, número de lotes fueron 15, número de abonados de uso general fueron de 3. Para el horizonte de evaluación se consideró 20 años, por ello para año 2044, los habitantes electrificados (Población Beneficiada) será de 77, número de lotes totales electrificados será de 19, número de abonados de uso general será de 4. Sobre los requerimientos de energía para esta proyección considerando alumbrado público y pedidas es de 10.34 MWh, en términos de potencia será 7.64 kW.
3. Se determinó el caudal constante del canal y la altura neta de caída de agua, a partir de mediciones de campo y se halló que el caudal promedio es de 14.28 m³/s y el requerido, de acuerdo al cálculo de la turbina es de 0.127 m³/s con ello se cubre la demanda de energía por el centro poblado, respecto a la altura útil se obtiene una altura neta de 11.50 m.
4. Se determinó el diseño y los parámetros geométricos de la turbina Michel – Banki, donde los principales son una potencia de freno de 11.31 kW, caudal de diseño de 0.127 m³/s, diámetro del rotor de la turbina de 0.2 m, número de revoluciones del generador de 675.6 rpm. Para el rodete de la turbina: diámetro interior de 0.132 m, radio de la curvatura de los álabes 0.0326 m, posición del álabe de 0.138 m y número de álabes en 22.

5. Se analizó la factibilidad económica de la propuesta mediante un estudio económico financiero, se obtuvo un VAN en soles de 26 881 valor positivo el proyecto es viable desde el punto de vista económico, Tasa Interna de Retorno mayor a la tasa de interés, lo que confirma que existe rentabilidad del proyecto respecto a la TIR es de 25.3 % anual, lo que significa que, anualmente, existe un considerable porcentaje de rentabilidad cuando realmente el mínimo fue de 10 %, valor que se utilizó para la evaluación, teniendo adicionalmente un ahorro promedio anual para la comunidad de 8 637 soles y un periodo de recuperación (payback) de 3.46 años.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar una evaluación de los materiales requeridos para la etapa de fabricación que ofrezcan propiedades de resistencia con aleaciones de galvanizado para evitar la corrosión. Así como investigar sobre los nuevos materiales que sean compatibles con el medio ambiente para la construcción de la minicentral de generación de turbinas hidráulicas, materiales avanzados que sean ligeros, duraderos y resistentes a la corrosión. Esto puede mejorar la eficiencia y prolongar la vida útil de las turbinas.

Se recomienda implementar tecnologías de monitoreo y sensores adecuados, que recopilen datos relevantes del estado de los equipos con la finalidad de para garantizar el mantenimiento predictivo. Esto ayudará a prevenir fallos inesperados y a maximizar la vida útil de la turbina al realizar intervenciones de mantenimiento en el momento adecuado, además de utilizar algoritmos y modelos de análisis de datos para interpretar la información recopilada por los sensores. Desarrollar o utilizar algoritmos de aprendizaje automático para prever posibles fallas.

Se recomienda realizar una evaluación del impacto ambiental que traería consigo la construcción e implementación de la minicentral hidráulica con tecnología Michell – Banki, evaluando la topografía del lugar, la instalación de la tubería forzada por ejemplo se puede realizar por encima o debajo de la tierra. Además, en reducir al máximo los impactos ambientales asociados con la instalación de turbinas hidráulicas como la interrupción de los ecosistemas acuáticos y la afectación de la biodiversidad.

Los operarios deben asistir a charlas informativas, con la finalidad de abastecerse de mayores conocimientos ante cualquier emergencia, deben estar con sus equipos de protección de seguridad (EPPS), evitando que suceda algún accidente.

REFERENCIAS

- Aguirre Cruz, F. M., & Idrogo Vidarte, N. J. (2020). Estudio técnico y económico de una mini central hidroeléctrica para suministrar energía eléctrica al sector la arena, Distrito de Conchán, Chota, Cajamarca. En *Repositorio Institucional—UCV*. Universidad César Vallejo.
- Andia Valencia, W. (2011). Indicador de Rentabilidad de Proyectos: El Valor Actual Neto (VAN) o el Valor Económico Agregado (EVA). *Industrial Data*, 14(1), 15-18.
- Arias Gómez, J., Villasís Keever, M. A., & Miranda Novales, M. G. (2016). El protocolo de investigación III: la población de estudio. *Revista Alergia México ISSN:*, 63(2), 201-206.
- Arias, J. L. (2020). *Técnicas e instrumentos de investigación científica* (Enfoques Consulting EIRL, Ed.; Primera ed). 2020.
- Belalcazar, J. manuel. (2022). *Diseño y contrucción de un banco de pruebas con sistema de control de velocidad para una turbina Michell Banki*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Breslin, W. R. (2008). *Small Michell (Banki) Turbine: A construccion manual* (VITA publication, Ed.; Primera Ed, Vol. 1). Volunteers in Technical Assistance.
- Calvo Solís, F. de L. (2018). Diseño de una planta hidráulica con fines de bombeo y generación eléctrica, utilizando una turbomáquina reversible de 20 kw de potencia en el distrito de Yucay. En *Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco*. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- CEPLAN. (2022). *Observatorio Nacional de Prospectiva*. Incremento de la cobertura de electrificación. <https://observatorio.ceplan.gob.pe/inicio>
- Chandran, T. A., Surendran, P., & Chandapillai, J. (2017). Design Methodology and Structural analysis of Cross flow Turbine. *Innovative Solutions in Flow Measurement and Control - Oil, Water and Gas*, 28(30), 1-10.
- Delgado Bermeo, V. H. (2007). *Guía para el diseño de pequeñas Cenrales Hidroelectricas*.
- Diaz Vargas, J. D. (2022). Diseño de una minicentral hidroeléctrica para electrificar l localidad de Miraflores del centro poblado la Cascarilla Jaén.2022. En *Universidad César Vallejo*. Universidad Cesar Vallejo.
- Erinle, T. J., Ejiko, S. O., & Oladebeye, D. H. (2020). Design of Micro Hydro Turbine

- for Domestic Energy Generation. *Iarjset*, 7(4), 85-93.
<https://doi.org/10.17148/iarjset.2020.7414>
- Fidas G., A. (2021). El proyecto de la investigación, introducción a la metodología científica. En F. Arias (Ed.), *EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN* (6.ª ed., Vol. 6, Número 6). Ediciones El Pasillo 2011, C.A.
<https://doi.org/10.29327/527957>
- Gamarra Miranda, A., Mejia Vazques, O., & Parraguez de la Cruz, L. (2016). *Diseño de una turbina Michell Banki para el distrito La Peca*.
- García Cotrina, B. (2019). Determinación del potencial hidroenergético aprovechable en la Micro Central Hidrocascajal Chimbote—Perú. En *Repositorio Institucional—UNS*. Universidad Nacional del Santa.
- Gomez Aguirre, V. D. (2010). Diseño eléctrico de la micro central hidroeléctrica Pucuno, Red de transmisión y distribución para la población de Wuamani. En *Universidad Politécnica Salesiana*. Universidad Politécnica Salesiana.
- Guevara, G. P., Verdesoto, A. E., & Castro, N. E. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *RECIMUNDO: Revista Científica de la Investigación y el Conocimiento*, 4(3), 163-173.
[https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(3\).julio.2020.163-173](https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173)
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. (2018). Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. En *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Editorial Mc Graw Hill Education.
- Ibañez Solís, L. E. (2019). *Diseño y construcción de una mini-turbina hidráulica tipo MICHELL – BANKI para ser instalada en canales primarios abiertos y generar energía mecánica*. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica.
- INEI. (2018). Instituto Nacional de Estadística e Informática. En *Directorio Nacional de Centros Poblados 2017*.
- ITDG. (1995). *Manual de mini y micro centrales hidráulicas: Una guía para el desarrollo de proyectos* (ITDG, Ed.; Primera ed). Programa de Energía de ITDG-Peru.
- Macas Jácome, H. A., & Maza Gutiérrez, S. D. (2018). *Diseño y simulación de una*

- turbina Michell Banki para una hidroeléctrica con capacidad de 3000 Watts.*
Universidad Politécnica Salesiana.
- Mahesh, K., Karthik, M., & Ashwin, B. (2017). HYDROELECTRIC GENERATING SET FABRICATION AND IMPLEMENTATION WITH BANKI TURBINE. *International Journal of Engineering Sciences and Management*, VII(1), 55-61.
- Manzardo, A., Mazzi, A., Rettore, L., & Scipioni, A. (2014). Water use performance of water technologies: The Cumulative Water Demand and Water Payback Time indicators. *Journal of Cleaner Production*, 70, 251-258. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.075>
- Milla, J. (2015). Diseño de una turbina Michell Banki para su implementación en el banco de ensayos de Turbinas del Laboratorio de Energía. En *Pontificia Universidad Católica Del Perú* (Vol. 1).
- MINEM. (2023). *Ministerio de Energía y Minas*. MINEM: Cartera de proyectos de electrificación rural hasta el 2023. <https://www.gob.pe/institucion/minem/noticias>
- Ossberger. (2023). *Ossberger Hydro*. Ossberger Cross Flow Turbines. <https://www.ossbergerhydro.com/cross-flow-turbines.html>
- Paris, L. S., Peláez Restrepo, J. D., & Mira Hernández, C. (2018). Construction and Performance Evaluation of a Michell-Banki Turbine Prototype. *The First LACCEI International Symposium on Mega and Micro Sustainable Energy Projects*, 1-9.
- Peña Urquiza, L. S., Rebollar Rebollar, S., Callejas Juárez, N., Hernández Martínez, J., & Gómez Tenorio, G. (2015). Análisis de viabilidad económica para la producción comercial de Aguacate Hass. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 19(36), 1325-1338.
- Perillo, G. (2013). Small hydroelectric plants: The hydraulic auger. En *WIT Transactions on Ecology and the Environment* (Vol. 173). <https://doi.org/10.2495/SDP130461>
- Reyna, T., Reyna, S., Lábaque, M., Riha, C., & Groso, F. (2019). Applications of Small Scale Renewable Energy. *Journal of Business and Economics, USA. Academic Star Publishing Company*. ISSN, 7(2), 258-266. [https://doi.org/10.15341/jbe\(2155-7950\)/02.07.2016/008](https://doi.org/10.15341/jbe(2155-7950)/02.07.2016/008)

- Romero, F., Velásquez, L., & Chica, E. (2020). Consideraciones de diseño de una turbina Michell-Banki. *Revista UIS Ingenierías*, 20(1), 23-46. <https://doi.org/10.18273/revuin.v20n1-2021003>
- Sammartano, V., Aricò, C., Carravetta, A., Fecarotta, O., & Tucciarelli, T. (2013). Banki-Michell optimal design by computational fluid dynamics testing and hydrodynamic analysis. *Energies*, 6(5), 2362-2385. <https://doi.org/10.3390/en6052362>
- Santoshkumar, M., Hunachal, M., Kumar, M. M., Sarvesh Oak, M., Anant Burate, M., Rasik Kanekar, M., & Shirke, M. P. (2019). Design and Development of Pico Hydro Power System By Irrigation Water. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 3(8), 1904-1910.
- Toapanta, M. (2019). Plan de control y aseguramiento de la calidad para la recuperación de un rodete de turbina Francis de una central hidroeléctrica. *Revista técnica energía (En Línea)*, 15(2). <https://doi.org/10.37116/revistaenergia.v15.n2.2019.377>
- Trujillo Rodriguez, C. M., De la Rosa Jiménez, Y., & Vázquez Rodríguez, H. (2021). Farm machinery for the “Mores Food Program ”. Financial Economic Evaluation of an Investment Project. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 30(2), 95-103.
- Ventura, D. K. (2018). *Diseño de una turbina hidrocinetica sumergible para la generacion de energia electrica en el caserio Pampa Bernilla, distrito de Salas, provincia Lambayeque*. Universidad Señor de Sipan.

IX. ANEXOS

Anexo 1. Tabla de operacionalización de variables

Variables de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de Medición
INDEPENDIENTE: Diseño de turbina Michell - Banki	<p>La turbina de impulso Michell Banki u Ossberger es de flujo cruzado, donde se denota como una máquina de acción, que se clasifica en el grupo de admisión parcial y de flujo transversal debido a la única entrada de fluido que posee, además es de doble efecto, optimizada para trabajar con caudales entre 0,2 y 10 m³/s y saltos entre 5 y 150 m. (Romero et al., 2020).</p>	<p>El diseño de la turbina Michel – Banki requiere de potencial hídrico constante (caudal) así como geografía que proporcione la altura neta necesaria para el aprovechamiento del principio de transformación de la energía potencial, en energía cinética, estos parámetros son necesarios para el dimensionamiento del diseño de la turbina hidráulica.</p>	Potencial Hídrico	Caudal máximo, mínimo y promedio del recurso hídrico (m ³ /s)	<p>Razón proporcional</p>
			Potencial Geográfico	Niveles de altura bruta y neta aprovechable (m)	
			Dimensiones del diseño	<p>Geometría del rodete: diámetro interno y externo, número de alabes, curvatura.</p> <p>Geometría de la carcasa.</p> <p>Geometría del inyector.</p>	
DEPENDIENTE: Generación de energía eléctrica	<p>Consiste en transformar alguna clase de energía (química, cinética, térmica, etc.), en energía eléctrica. La generación de energía eléctrica se realiza, básicamente, mediante un generador; estos no difieren entre sí en cuanto a</p>	<p>Es la cantidad de energía eléctrica que requiere la población de un centro poblado en función a la cualidad de consumo proyectado de población y vivienda. Esta generación eléctrica entregada por un generador, sea del tipo que sea, debe tener la capacidad de cubrir la</p>	Proyección de Población y viviendas	<p>Número de habitantes y viviendas:</p> $Poblacion_{año\ n} = Poblacion_{año-1} \times (1 + r)^{año_n - año_1}$ $Vivienda_{año\ n} = Vivienda_{año-1} \times (1 + r)^{año_n - año_1}$ <p><i>r</i>: Tasa de crecimiento poblacional</p>	<p>Razón proporcional</p>

	<p>su principio de funcionamiento, sin embargo, varían en función a la forma en que se accionan (Ventura, 2018).</p>	<p>demanda de energía eléctrica requerida en el mercado eléctrico proyectado del centro poblado.</p>	<p>Proyección de la demanda de energía eléctrica</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Calificación eléctrica del centro poblado: Tipo I o Tipo II. • Perdida de energía eléctrica (kWh). • Hora de utilización de la energía eléctrica (hu). • Factor de simultaneidad de consumo de energía eléctrica. • Consumo de energía eléctrica de alumbrado público (kWh). 	
--	--	--	--	--	--

Anexo 2. Instrumento de recolección de datos

- Anexo 2.1. Encuesta de Población, vivienda y consumo de energía eléctrica

FORMATO DE ENCUESTA DE POBLACION, VIVIENDA Y CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA						
Localidad:						
Ubicación:						
Responsable:						
Proyecto:						
Nombre del Usuario:						
Ubicación (dirección):						
Fecha y hora:						
1. Población						
ITEM	Cantidad	Sexo		Edad de la población		
		Hombre	Mujer	Menor de 10 años	Entre 10 a 18 años	Mayor a 18 años
HABITANTES						
2. Vivienda						
Tienda		Taller (especifique)				
Restaurante		Ferretería				
Taller		Otro (especifique)				

ARTEFACTOS	Cantidad	Horas de utilización	Potencia (W)	Total (W)
FOCOS				
RADIO				
TELEVISOR				
BOMBA DE AGUA				
PLANCHA				
LICUADORA				
OTROS				
			CONSUMO TOTAL (W)	

3. Usos Generales	Colegio	Posta medica	Iglesia	Centro comunal	Otro

- Anexo 2.2. Proyección de población, vivienda y demanda de energía eléctrica

FORMATO DE PROYECCIÓN DE POBLACIÓN, VIVIENDA Y DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA	
Localidad:	
Ubicación:	
Responsable:	
Proyecto:	

AÑO	2023	2024	2025	2026	2027	2044
------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	------------	------------	------------	-------------

Habitantes electrificados (Población Beneficiada)									
Número de lotes totales electrificados									
Número de abonados domésticos									
Número de abonados comerciales									
Número de abonados pequeñas Industrias									
Número de abonados de Uso General									

Consumo anual por abonado doméstico	kWh								
Consumo anual por abonados comerciales	kWh								
Consumo anual por abonados pequeñas industrias	kWh								
Consumo anual por abonados uso general	kWh								

Consumo anual de abonados domésticos	MWh								
Consumo anual de abonados comerciales	MWh								
Consumo anual de abonados pequeñas industrias	MWh								
Consumo anual de abonados uso general	MWh								
Consumo anual de alumbrado público	MWh								
Pérdidas de energía	MWh								

Energía al ingreso del sistema	MWh								
--------------------------------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--

Potencia al ingreso del sistema	kW								
---------------------------------	----	--	--	--	--	--	--	--	--

Anexo 2.3. Evaluación del Recurso Hídrico “Canal IRCHIM”

FORMATO DE EVALUACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO “CANAL IRCHIM”	
Localidad:	
Ubicación:	
Responsable:	
Proyecto:	

Mes	Caudal (m3/s)			Volumen (m3)			Caudal Instantáneo (m3/s)	
	Aportad o Rio Santa	Aportad o canal IRCHIM	Salid a Rio Sant a	Aportad o Rio Santa	Aportad o canal IRCHIM	Salid a Rio Sant a	Max.	Min.
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
Promedio								
Volumen (m3)								
Volumen (mmc)								
Porcentaje								
Máximo								
Mínimo								
Observaciones:								

Anexo 3. Modelo del consentimiento o asentimiento informado UCV.

Consentimiento Informado

Título de la investigación: Diseño de una turbina Michell – Banki para generar energía eléctrica al centro poblado La cantera de Vinzos – Santa, 2023.

Investigadores: Capristano Rodríguez Santiago Miguel
Euribe Blas Cesar Abel

Propósito del estudio

Le invitamos a participar en la investigación titulada “**Diseño de una turbina Michell – Banki para generar energía eléctrica al centro poblado La cantera de Vinzos – Santa, 2023**”, cuyo objetivo es generar energía eléctrica para la población del centro poblado La cantera de Vinzos a partir de recurso hidrico limpio y renovable. Esta investigación es desarrollada por estudiantes pre grado, de la carrera profesional de Ingeniería mecánica eléctrica o programa, de la Universidad Cesar Vallejo del campus Chimbote, aprobado por la autoridad correspondiente de la Universidad y con el permiso de presidente de la comunidad del Centro poblado La Cantera ubicada en el distrito de Vinzos.

Procedimiento

Si usted decide participar en la investigación se realizará lo siguiente:

1. Se realizará una encuesta o entrevista donde se recogerán datos personales y algunas preguntas sobre la investigación titulada:
2. Esta encuesta o entrevista tendrá un tiempo aproximado de 10 minutos y se realizará en el

Las respuestas al cuestionario o guía de entrevista serán codificadas usando un número de identificación y, por lo tanto, serán anónimas.

* Obligatorio a partir de los 18 años

Participación voluntaria (principio de autonomía):

Puede hacer todas las preguntas para aclarar sus dudas antes de decidir si desea participo no, y su decisión será respetada. Posterior a la aceptación no desea continuar puede hacerlo sin ningún problema.

Riesgo (principio de No maleficencia):

Indicar al participante la existencia que NO existe riesgo o daño al participar en la



investigación. Sin embargo, en el caso que existan preguntas que le puedan generar incomodidad. Usted tiene la libertad de responderlas o no.

Beneficios (principio de beneficencia):

Se le informará que los resultados de la investigación se le alcanzará a la institución al término de la investigación. No recibirá ningún beneficio económico ni de ninguna otra índole. El estudio no va a aportar a la salud individual de la persona, sin embargo, los resultados del estudio podrán convertirse en beneficio de la salud pública.

Confidencialidad (principio de justicia):

Los datos recolectados deben ser anónimos y no tener ninguna forma de identificar al participante. Garantizamos que la información que usted nos brinde es totalmente Confidencial y no será usada para ningún otro propósito fuera de la investigación. Los datos permanecerán bajo custodia del investigador principal y pasado un tiempo determinado serán eliminados convenientemente.

Problemas o preguntas:

Si tiene preguntas sobre la investigación puede contactar con los Investigadores:

Capristano Rodríguez Santiago Miguel. Email:

Euribe Blas Cesar Abel. Email:

Docente asesor:

Mg. Cuadros Camposano, Edwin Huber. Email: ecuaadros@pucp.pe

Consentimiento

Después de haber leído los propósitos de la investigación autorizo participar en la investigación antes mencionada.

Nombre y apellidos:

Anexo 4. Matriz de evaluación por juicio de experto



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, EDWIN HUBER CUADROS CAMPOSANO con DNI N° 09599387, MAGISTER EN ADMINISTRACIÓN ESTRATÉGICA DE NEGOCIOS CIP N° 208704 de profesión INGENIERO MECÁNICO, desempeñándome como DOCENTE UNIVERSITARIO en LA UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos:

ENCUESTA DE POBLACIÓN, VIVIENDA Y CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Del trabajo de PLAN DE TESIS titulado: "Diseño de una turbina Michell – Banki para generar energía eléctrica al centro poblado La cantera de Vinzos – Santa, 2023".

Elaborado y presentado por los estudiantes:

- CAPRISTANO RODRIGUEZ, SANTIAGO MIGUEL
- EURIBE BLAS, CESAR ABEL

INDICADORES	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad			X		
2. Objetividad			X		
3. Actualidad			X		
4. Organización			X		
5. Suficiencia			X		
6. Intencionalidad			X		
7. Consistencia			X		
8. Coherencia			X		
9. Metodología			X		

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Trujillo el día 6 del mes de agosto del año 2023

Mg. : EDWIN HUBER CUADROS CAMPOSANO
DNI : 09599387
Especialidad : INGENIERÍA MECÁNICA
E-mail : ecuadros@puvp.pe



Edwin Huber Cuadros Camposano
ING. MECANICO
R. CIP. N° 208704

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, EDWIN HUBER CUADROS CAMPOSANO con DNI N° 09599387, MAGISTER EN ADMINISTRACIÓN ESTRATÉGICA DE NEGOCIOS CIP N° 208704 de profesión INGENIERO MECÁNICO, desempeñándome como DOCENTE UNIVERSITARIO en LA UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos:

PROYECCIÓN DE POBLACIÓN, VIVIENDA Y DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Del trabajo de PLAN DE TESIS titulado: "Diseño de una turbina Michell – Banki para generar energía eléctrica al centro poblado La cantera de Vinzos – Santa, 2023".

Elaborado y presentado por los estudiantes:

- CAPRISTANO RODRIGUEZ, SANTIAGO MIGUEL
- EURIBE BLAS, CESAR ABEL

INDICADORES	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad			X		
2. Objetividad			X		
3. Actualidad			X		
4. Organización			X		
5. Suficiencia			X		
6. Intencionalidad			X		
7. Consistencia			X		
8. Coherencia			X		
9. Metodología			X		

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Trujillo el día 6 del mes de agosto del año 2023

Mg. : EDWIN HUBER CUADROS CAMPOSANO

DNI : 09599387

Especialidad : INGENIERÍA MECÁNICA

E-mail : ecuadros@pucp.pe



Edwin Huber Cuadros Camposano
ING. MECANICO
R. CIP. N° 208704



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, EDWIN HUBER CUADROS CAMPOSANO con DNI N° 09599387, MAGISTER EN ADMINISTRACIÓN ESTRATÉGICA DE NEGOCIOS CIP N° 208704 de profesión INGENIERO MECÁNICO, desempeñándome como DOCENTE UNIVERSITARIO en LA UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos:

EVALUACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO “CANAL IRCHIM”

Del trabajo de PLAN DE TESIS titulado: “Diseño de una turbina Michell – Banki para generar energía eléctrica al centro poblado La cantera de Vinzos – Santa, 2023”.

Elaborado y presentado por los estudiantes:

- CAPRISTANO RODRIGUEZ, SANTIAGO MIGUEL
- EURIBE BLAS, CESAR ABEL

INDICADORES	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad			X		
2. Objetividad			X		
3. Actualidad			X		
4. Organización			X		
5. Suficiencia			X		
6. Intencionalidad			X		
7. Consistencia			X		
8. Coherencia			X		
9. Metodología			X		

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Trujillo el día 6 del mes de agosto del año 2023

Mg. : EDWIN HUBER CUADROS CAMPOSANO
DNI : 09599387
Especialidad : INGENIERÍA MECÁNICA
E-mail : ecuadros@pucp.pe



Edwin Huber Cuadros Camposano
ING. MECANICO
R. CIP. N° 208704



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, CHUCUYA HUALLPACHOQUE ROBERTO CARLOS con DNI N° 40149444, MAGISTER EN LA ESPECIALIDAD DE TERMOCiencias, con código de colegiatura CIP N° 124348 de profesión INGENIERO EN ENERGIA, desempeñándome como DOCENTE UNIVERSITARIO en LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos:

ENCUESTA DE POBLACIÓN, VIVIENDA Y CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Del trabajo de PLAN DE TESIS titulado: “Diseño de una turbina Michell – Banki para generar energía eléctrica al centro poblado La cantera de Vinzos – Santa, 2023”.

Elaborado y presentado por los estudiantes:

- CAPRISTANO RODRIGUEZ, SANTIAGO MIGUEL
- EURIBE BLAS, CESAR ABEL

INDICADORES	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				X	
2. Objetividad				X	
3. Actualidad				X	
4. Organización				X	
5. Suficiencia			X		
6. Intencionalidad			X		
7. Consistencia					X
8. Coherencia					X
9. Metodología					X

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Chimbote el día 11 del mes de agosto del año 2023

Mg. : CHUCUYA HUALLPACHOQUE ROBERTO CARLOS

DNI : 40149444

Especialidad : INGENIERÍA EN ENERGIA

E-mail : rchucuya@uns.edu.pe

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, CHUCUYA HUALLPACHOQUE ROBERTO CARLOS con DNI N° 40149444, MAGISTER EN LA ESPECIALIDAD DE TERMOCiencias, con código de colegiatura CIP N° 124348 de profesión INGENIERO EN ENERGIA, desempeñándome como DOCENTE UNIVERSITARIO en LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos:

PROYECCIÓN DE POBLACIÓN, VIVIENDA Y DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Del trabajo de PLAN DE TESIS titulado: “Diseño de una turbina Michell – Banki para generar energía eléctrica al centro poblado La cantera de Vinzos – Santa, 2023”.

Elaborado y presentado por los estudiantes:

- CAPRISTANO RODRIGUEZ, SANTIAGO MIGUEL
- EURIBE BLAS, CESAR ABEL

INDICADORES	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				X	
2. Objetividad				X	
3. Actualidad				X	
4. Organización				X	
5. Suficiencia			X		
6. Intencionalidad			X		
7. Consistencia					X
8. Coherencia					X
9. Metodología					X

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Chimbote el día 11 del mes de agosto del año 2023



Mg. : CHUCUYA HUALLPACHOQUE ROBERTO CARLOS

DNI : 40149444

Especialidad : INGENIERÍA EN ENERGIA

E-mail : rchucuya@uns.edu.pe

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, CHUCUYA HUALLPACHOQUE ROBERTO CARLOS con DNI N° 40149444, MAGISTER EN LA ESPECIALIDAD DE TERMOCiencias, con código de colegiatura CIP N° 124348 de profesión INGENIERO EN ENERGIA, desempeñándome como DOCENTE UNIVERSITARIO en LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos:

EVALUACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO “CANAL IRCHIM”

Del trabajo de PLAN DE TESIS titulado: “Diseño de una turbina Michell – Banki para generar energía eléctrica al centro poblado La cantera de Vinzos – Santa, 2023”.

Elaborado y presentado por los estudiantes:

- CAPRISTANO RODRIGUEZ, SANTIAGO MIGUEL
- EURIBE BLAS, CESAR ABEL

INDICADORES	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				X	
2. Objetividad				X	
3. Actualidad				X	
4. Organización				X	
5. Suficiencia			X		
6. Intencionalidad			X		
7. Consistencia					X
8. Coherencia					X
9. Metodología					X

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Chimbote el día 11 del mes de agosto del año 2023

Mg. : CHUCUYA HUALLPACHOQUE ROBERTO CARLOS

DNI : 40149444

Especialidad : INGENIERIA EN ENERGIA

E-mail : rchucuya@uns.edu.pe



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, GUEVARA CHINCHAYAN ROBERT FABIAN con DNI N° 40149444, MAGISTER en CIENCIAS ENERGETICAS, con código de colegiatura CIP N° 72486 de profesión INGENIERO EN ENERGIA, desempeñándome como DIRECTOR DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN ENERGIA Y CATEDRATICO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos:

ENCUESTA DE POBLACIÓN, VIVIENDA Y CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Del trabajo de PLAN DE TESIS titulado: "Diseño de una turbina Michell – Banki para generar energía eléctrica al centro poblado La cantera de Vinzos – Santa, 2023".

Elaborado y presentado por los estudiantes:

- CAPRISTANO RODRIGUEZ, SANTIAGO MIGUEL
- EURIBE BLAS, CESAR ABEL

INDICADORES	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad					X
2. Objetividad					X
3. Actualidad					X
4. Organización					X
5. Suficiencia					X
6. Intencionalidad					X
7. Consistencia					X
8. Coherencia					X
9. Metodología					X

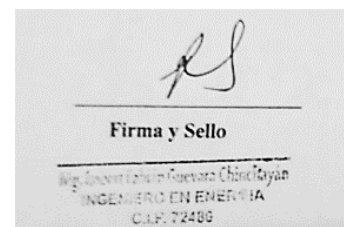
En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Chimbote el día 11 del mes de agosto del año 2023

Mg. : Robert Fabian Guevara Chinchayan

DNI : 32788460

Especialidad : Ingeniería en Energía

E-mail : rguevara@uns.edu.pe





CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, GUEVARA CHINCHAYAN ROBERT FABIAN con DNI N° 40149444, MAGISTER en CIENCIAS ENERGETICAS, con código de colegiatura CIP N° 72486 de profesión INGENIERO EN ENERGIA, desempeñándome como DIRECTOR DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN ENERGIA Y CATEDRATICO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos:

PROYECCIÓN DE POBLACIÓN, VIVIENDA Y DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Del trabajo de PLAN DE TESIS titulado: “Diseño de una turbina Michell – Banki para generar energía eléctrica al centro poblado La cantera de Vinzos – Santa, 2023”.

Elaborado y presentado por los estudiantes:

- CAPRISTANO RODRIGUEZ, SANTIAGO MIGUEL
- EURIBE BLAS, CESAR ABEL

INDICADORES	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad			X		
2. Objetividad			X		
3. Actualidad			X		
4. Organización			X		
5. Suficiencia			X		
6. Intencionalidad			X		
7. Consistencia			X		
8. Coherencia			X		
9. Metodología			X		

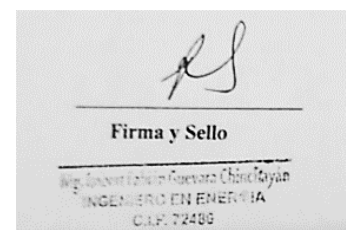
En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Chimbote el día 11 del mes de agosto del año 2023

Mg. : Robert Fabian Guevara Chinchayan

DNI : 32788460

Especialidad : Ingeniería en Energía

E-mail : rguevara@uns.edu.pe



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, GUEVARA CHINCHAYAN ROBERT FABIAN con DNI N° 40149444, MAGISTER en CIENCIAS ENERGETICAS, con código de colegiatura CIP N° 72486 de profesión INGENIERO EN ENERGIA, desempeñándome como DIRECTOR DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN ENERGIA Y CATEDRATICO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos:

EVALUACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO “CANAL IRCHIM”

Del trabajo de PLAN DE TESIS titulado: “Diseño de una turbina Michell – Banki para generar energía eléctrica al centro poblado La cantera de Vinzos – Santa, 2023”.

Elaborado y presentado por los estudiantes:

- CAPRISTANO RODRIGUEZ, SANTIAGO MIGUEL
- EURIBE BLAS, CESAR ABEL

INDICADORES	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				X	
2. Objetividad				X	
3. Actualidad				X	
4. Organización				X	
5. Suficiencia				X	
6. Intencionalidad				X	
7. Consistencia				X	
8. Coherencia				X	
9. Metodología				X	

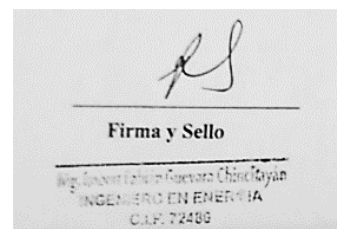
En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Chimbote el día 11 del mes de agosto del año 2023

Mg. : Robert Fabian Guevara Chinchayan

DNI : 32788460

Especialidad : Ingeniería en Energía

E-mail : rguevara@uns.edu.pe



Anexo 6. Evidencia de envío para la publicación del artículo

Revista Investigación y Desarrollo

[Sobre la revista | Investigación & Desarrollo \(uninorte.edu.co\)](http://uninorte.edu.co)

The screenshot shows the 'Envíos' (Submissions) section of a web application. At the top, there are tabs for 'Mi lista' (with a count of 1) and 'Archivos'. A search bar with the text 'Buscar' and a 'Nuevo envío' button are visible. Below this is a section titled 'Mis envíos asignados' with a search icon and a 'Nuevo envío' button. A list of submissions is shown, with one entry: '16254 CAPRISTANO RODRIGUEZ' with a status of 'Incompleto'. A sidebar on the left contains a 'Filtros' section with options: 'Vencido', 'Incompleto', 'Fases', 'Envío' (selected), 'Revisión', 'Corrección de originales', and 'Producción'. An 'Ayuda' button is located in the top right corner.

The screenshot shows the 'Enviar un artículo' (Submit an article) section of a web application. It features a progress bar with five steps: '1. Inicio', '2. Cargar el envío' (active), '3. Introducir los metadatos', '4. Confirmación', and '5. Sigüientes pasos'. Below the progress bar is a section titled 'Archivos de envío' with a search bar and a 'Subir archivo' button. A table lists the submitted files, with one entry: '214421470081-1 capristanor, ARTÍCULO Turbina Michell Banki.docx' with a date of 'diciembre 18, 2023' and the text 'Texto del artículo'. At the bottom, there are buttons for 'Guardar y continuar' and 'Cancelar'.

Anexo 7: Autorización de la empresa donde realiza la tesis

Asunto: Solicitud de Autorización para Realizar una Investigación

Estimado Jorge Espinoza Campos
Gerente Desarrollo Agropecuario
Gobierno Regional de Ancash Proyecto Especial Chinecas

Reciba un cordial saludo

Me dirijo a usted en calidad de estudiante del Programa de Titulación de la UCV, donde actualmente desarrollo mi proyecto de investigación como parte de los requisitos necesarios para obtener mi título profesional en Ingeniería Mecánica eléctrica.

El propósito de mi comunicación es solicitar su autorización de las aguas del canal Irchim. Mi investigación tiene como objetivo Diseñar una turbina Michell Banki.

En este sentido, la colaboración de su organización sería de gran valor para mi proyecto, ya que sería un recurso invaluable para la obtención de datos y perspectivas relevantes para este estudio. Estoy comprometido a minimizar cualquier inconveniente y a garantizar que la investigación no interfiera con las actividades regulares de su organización. Además, cualquier dato o información confidencial que pueda surgir durante la investigación será tratado con la debida confidencialidad y no será divulgado sin su consentimiento explícito.

Aprecio sinceramente su consideración de esta solicitud y estoy a su disposición para discutir cualquier aspecto de la investigación en detalle. Espero con interés la posibilidad de colaborar con su organización y de contribuir al avance del conocimiento científico en este campo.

Agradezco de antemano su atención y respuesta a esta solicitud.

Atentamente,



Euribe Blas Cesar Abel

Capristano Rodriguez
Santiago Miguel

Anexo 8: Descripción del Centro Poblado Cantera de Vinzos, según INEI.

Descripción	Total
DEPARTAMENTO	ANCASH
PROVINCIA	SANTA
DISTRITO	CHIMBOTE
CENTRO POBLADO	CANTERA DE VINZOS
CATEGORIA	-
CODIGO DE UBIGEO Y CENTRO POBLADO	0218010071
LONGITUD	-78.5336723120
LATITUD	-8.76769582400
ALTITUD	202.5
POBLACION	30
VIVIENDA	13
AGUA POR RED PUBLICA	no
ENERGIA ELECTRICA EN LA VIVIENDA	no
DESAGUE POR RED PUBLICA	no
VIA DE MAYOR USO	carretera asfaltada
TRANSPORTE DE MAYOR USO	automóvil
FRECUENCIA	diario
TIEMPO EN MINUTOS HACIA LA CAPITAL DEL DISTRITO	40
DISTANCIA DEL CENTRO POBLADO HACIA LA CAPITAL DEL DISTRITO(KM)	51.2
DISTANCIA DEL CENTRO POBLADO HACIA EL CENTRO POBLADO EDUCATIVO	1.66
DISTANCIA DEL CENTRO POBLADO HACIA EL CENTRO DE SALUD MAS CERCA	4.9
ALUMBRADO PUBLICO	no
TELEFONO PUBLICO	no
LOCAL COMUNAL	no
HOSTAL / ALBERGUE	no
ESTACION DE RADIO	no
INSTITUCION EDUCATIVA PRIMARIA	no
INSTITUCION EDUCATIVA SECUNDARIA	no
ESTABLECIMIENTO/ PUESTO DE SALUD	no
PUESTO POLICIAL	no
OFICINA DE CORREO	no
CABINA DE INTERNET	no
HELADAS /NEVADAS	no
GRANIZADAS	no
LLUVIAS	no

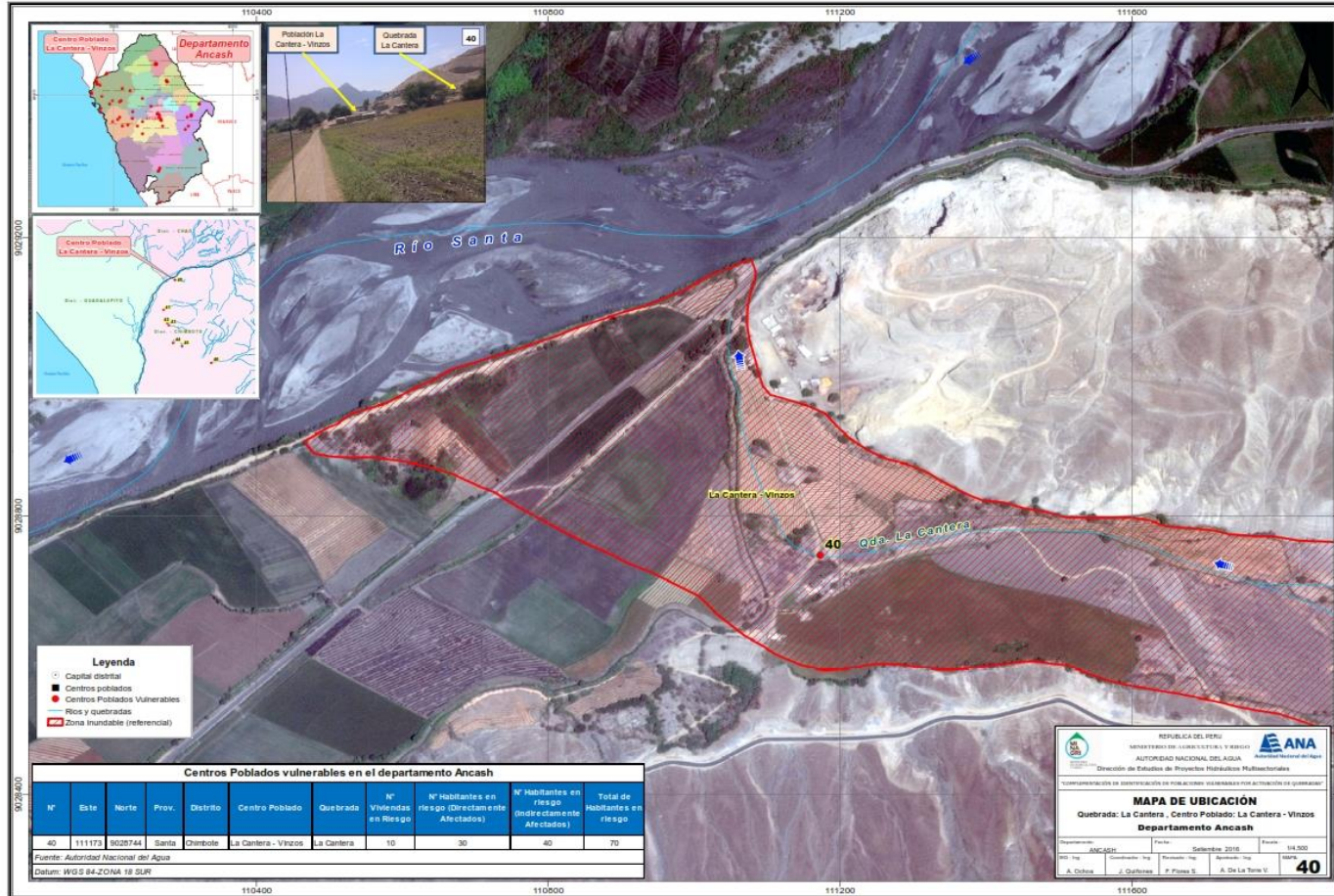
Descripción	Total
SEQUIAS	sí
VENDA VALES (VIENTOS FUERTES)	no
INUNDACIONES	no
DERRUMBES/DESLIZAMIENTOS	no
HUAYCOS / ALUDES/ALUVIONES	no
DESERTIFICACIONES	sí
SALINIZACION DE LOS SUELOS	no
ACTIVIDAD VOLCANICA	no
SISMOS	no
TSUNAMI U OLEADAS ANOMALOS	no
OTROS FENOMENOS NAT.	no
DERRAME DE SUSTANCIAS O DESECHOS TOXICOS	no
FUGAS DE GASES TOXICOS	no
EXPLOSIONES	no
INCENDIOS Y QUEMAS	no
CRIANZA DE ANIMALES EN ZONAS URBANAS	no
INCREMENTO DE ZONAS INDUS. NO AUTORIZADAS	no
ZONAS AEREOPORTUARIAS	no
RELLENOS SANITARIOS	no
SUBVERSIONES Y/O CONFLICTOS SOCIALES	no
OTROS PELIGROS	no
UN LECHO DE RIO O QUEBRADA	no
UN CUARTEL MILITAR O POLICIAL	no
UNA VIA FERREA	no
LA EROSION DE RIOS EN LADERAS DE CERROS	no
BARRANCOS O PRECIPICIOS	no
OTROS	no
PISTAS Y VEREDAS EN LA MAYORI DE SUS CALLES Y/O MANZANAS	no
CANALES DE DRENAJE EN LAS CALLES PARA LA EVACUACION DE LAS AGUA	no
IDIOMA O LENGUA QUE SE HABLA CON MAYOR FRECUENCIA	castellano

**Anexo 9. Ficha de conteo de personas, vivienda y usos generales
(Trabajo de Campo)**

FICHA PARA DETERMINAR LA DEMANDA DEL CENTRO POBLADO			
TESIS	Diseño de una turbina Michell – Banki para generar energía eléctrica al centro poblado La cantera – Vinzos - Santa		
AUTOR	Capristano Rodriguez Santiago Miguel Euribe Blas Cesar Abel		
UNIVERSIDAD	Universidad Cesar Vallejo		
LUGAR	La Cantera -Vinzos - Santa	FECHA	08/09/2023
		HORA	10:00 a.m.
Nº	PERSONAS	60	
Nº	VIVIENDAS	15	
Nº	COLEGIO	1	
Nº	POSTA MÉDICA	1	
Nº	CAMPO DEPORTIVO	1	
Nº	IGLESIA	0	
Nº	CENTRO COMUNAL	0	

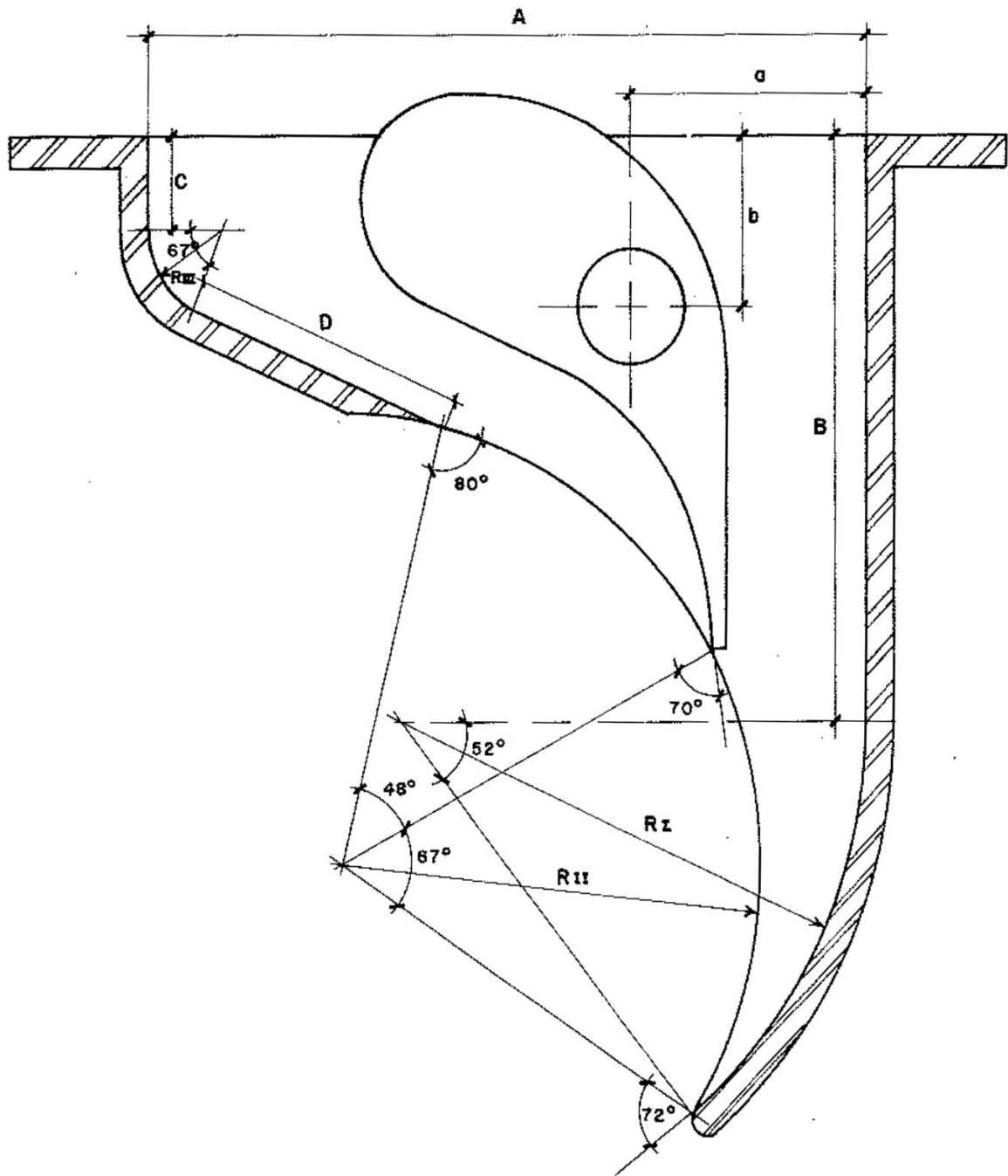
FICHA PARA ESTIMAR EL CONSUMO DOMÉSTICO POR VIVIENDA			
NOMBRE DE USUARIO	Juan Miguel Suárez Guevara		
LUGAR - MZ	La Cantera - A	LOTE	1
ARTEFACTOS	CANTIDAD	P (W)	Total (W)
FOCOS	4	60	240
RADIO	1	30	30
TELEVISOR	1	200	200
BOMBA DE AGUA	0	0	0
PLANCHA	0	0	0
LICUADORA	0	0	0
CONSUMO TOTAL (W)			470

Anexo 10. Mapa de ubicación del Centro Poblado La Cantera - Vinzos



Fuente: MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO: Autoridad Nacional del Agua (ANA)

Anexo 11. Dimensiones para la carcasa según el diámetro del rotor



DIMENSIONES DEL PERFIL DEL RODETE

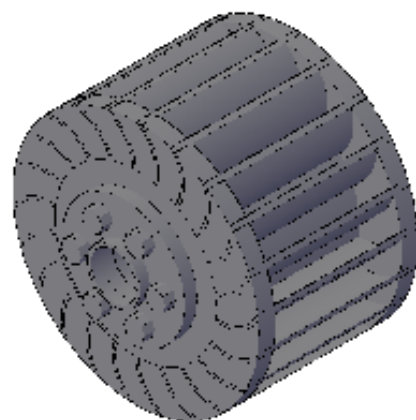
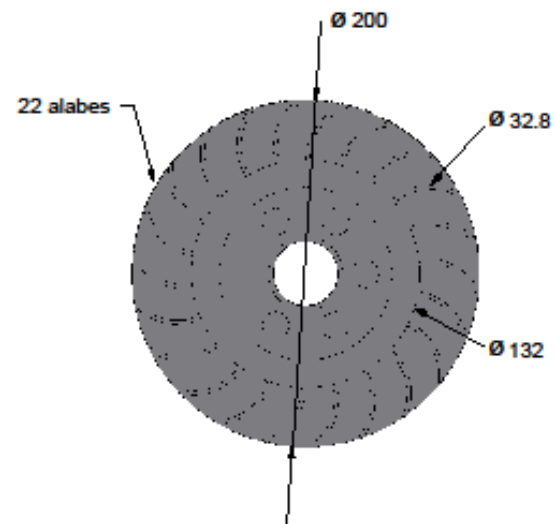
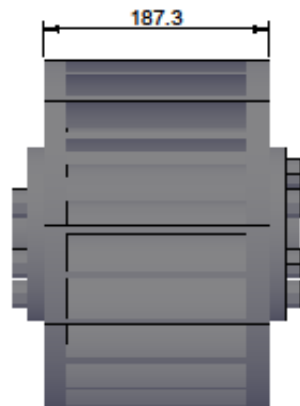
C O T A (m m)	DIAMETRO DE RODETE - D_e (m m)			
	300	400	500	600
Di	100	133	167	200
Rc	110	147	183	220
r	49	65	82	98

DIMENSIONES DEL PERFIL DEL INYECTOR

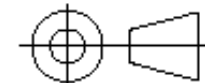
C O T A (m m)	DIAMETRO DE RODETE - D_e (m m)			
	300	400	500	600
A	261	348	435	522
B	195	260	325	390
C	31	41	52	62
D	102	136	170	204
a	85	113	142	170
b	55	73	92	110
R _I	168	224	280	336
R _{II}	151	201	252	302
R _{III}	28	37	47	56
R ₁	94	125	157	188
R ₂	39	52	65	78
R ₃	31	41	52	62
R ₄	60	80	100	120
R ₅	100	133	167	200
R ₆	70	93	117	140
R ₇	133	177	222	266
x	35	47	58	70
y	116	155	193	232
l_1	51	68	85	102
l_2	98	131	163	196
l_3	20	27	33	40

Anexo 12. Plano del sistema de la Turbina MICHELL – BANKI

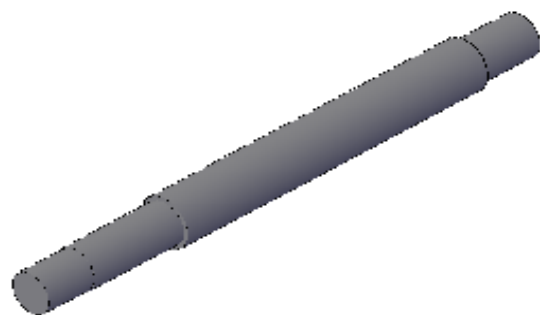
Plano 01	PLANO ROTOR – INYECTOR
Plano 02.	PLANO EJE
Plano 03	DISEÑO DEL ALABE
Plano 04	DISEÑO DE LA CARCASA
Plano 05	ENSAMBLE DEL SISTEMA



Cotas en m




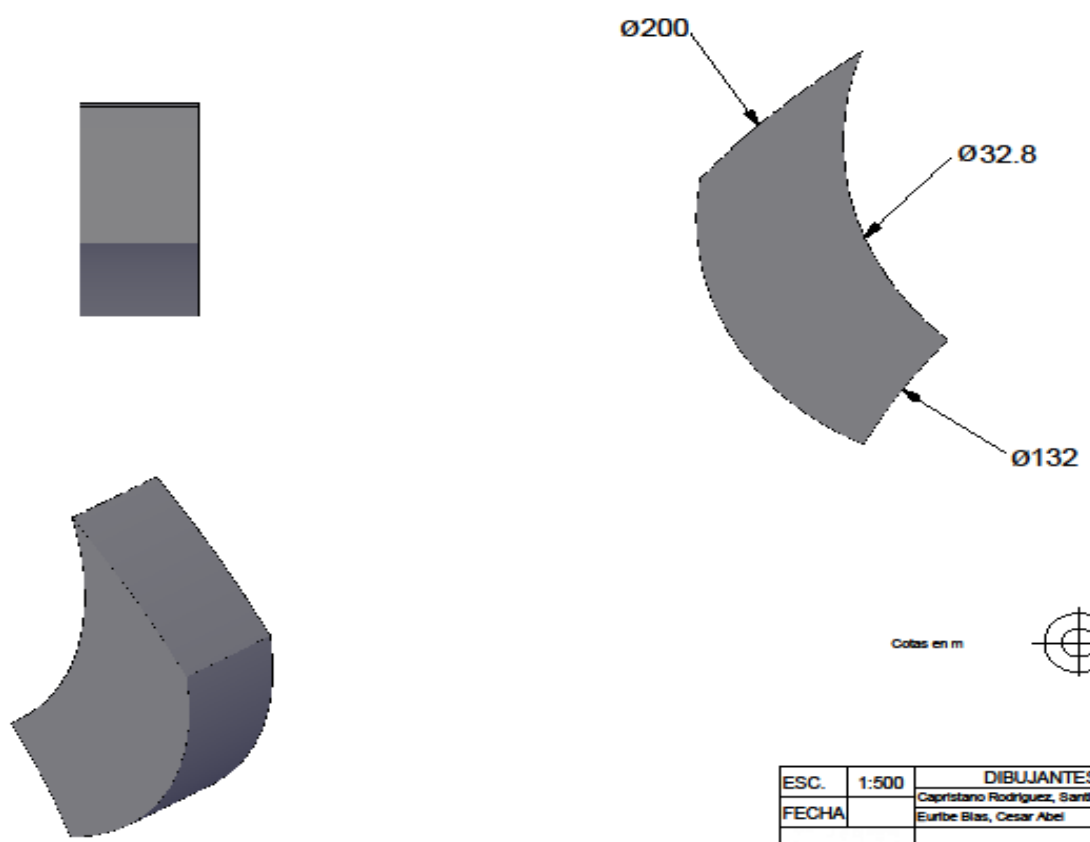
ESC.	3:8	DIBUJANTES	Universidad Cesar Vallejo
		Capristano Rodriguez, Santiago Miguel	
FECHA		Euribe Blas, Cesar Abel	
		PLANO ROTOR - INYECTOR	Diseño de una turbina Michell - Banki para generar energía eléctrica al centro poblado La Cantera de Virazos - Santa, 2023.
		PLANO	01




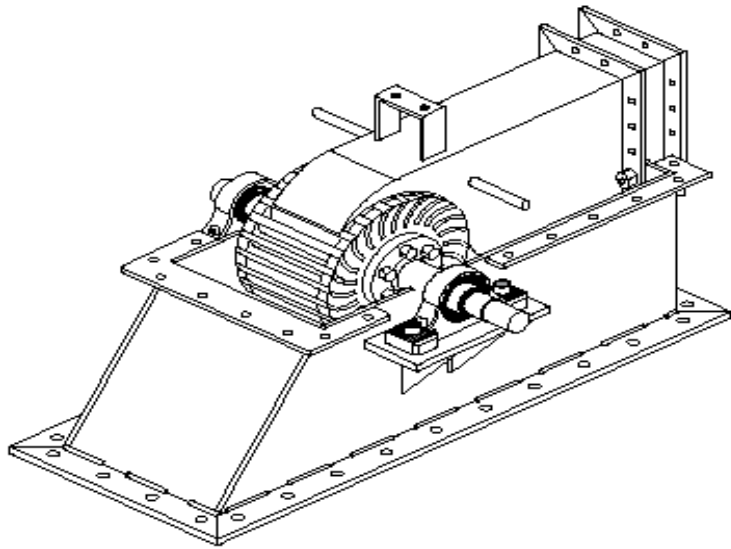
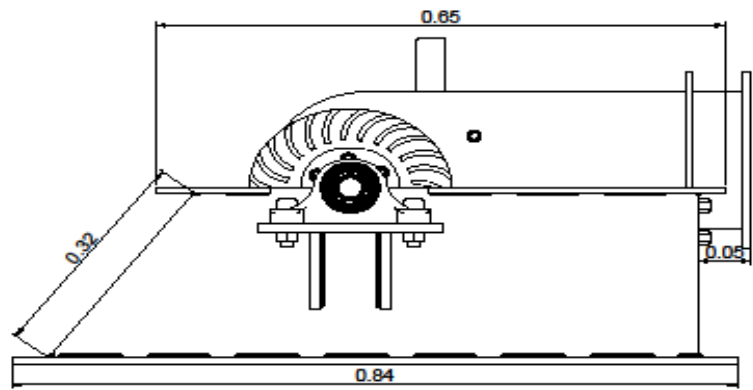
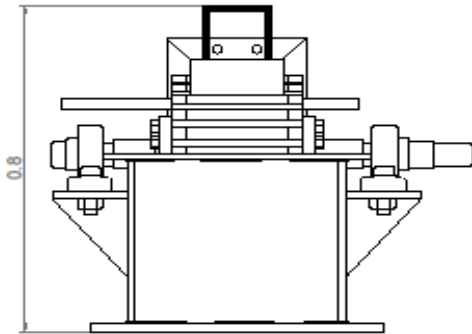
Cotas en m



ESC.	3:8	DIBUJANTES	Universidad Cesar Vallejo
FECHA		Capristano Rodriguez, Santiago Miguel Eunibe Blas, Cesar Abel	
		 PLANO ROTOR - INYECTOR	Diseño de una turbina Michell - Banki para generar energía eléctrica al centro poblado La Cantera de Vinzos - Santa, 2023.
			PLANO 02



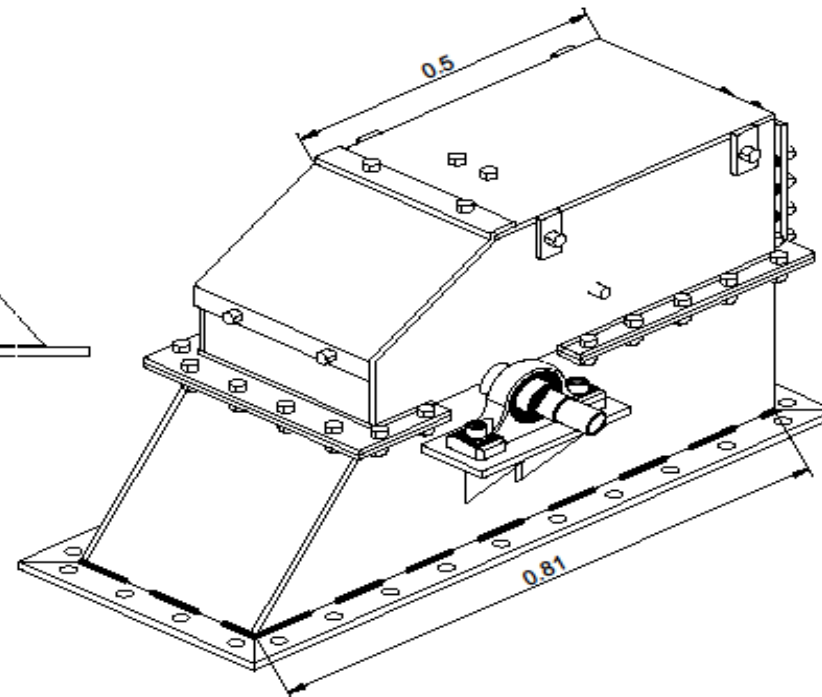
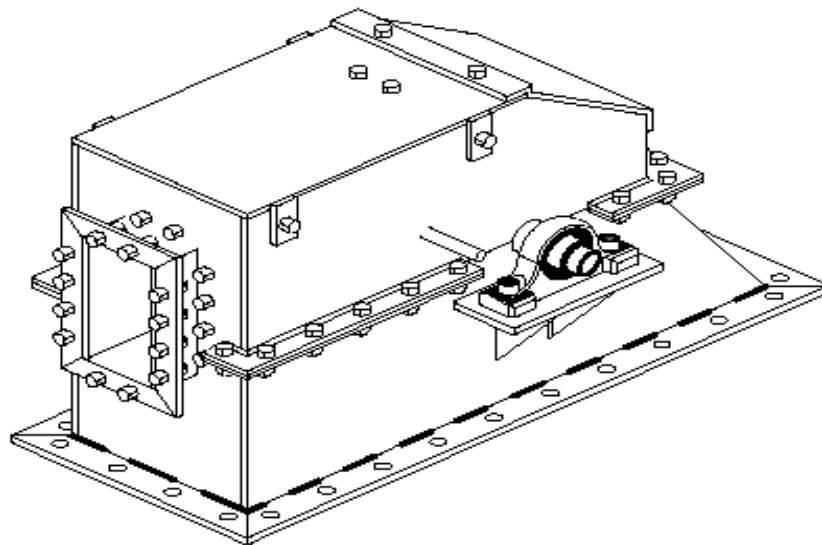
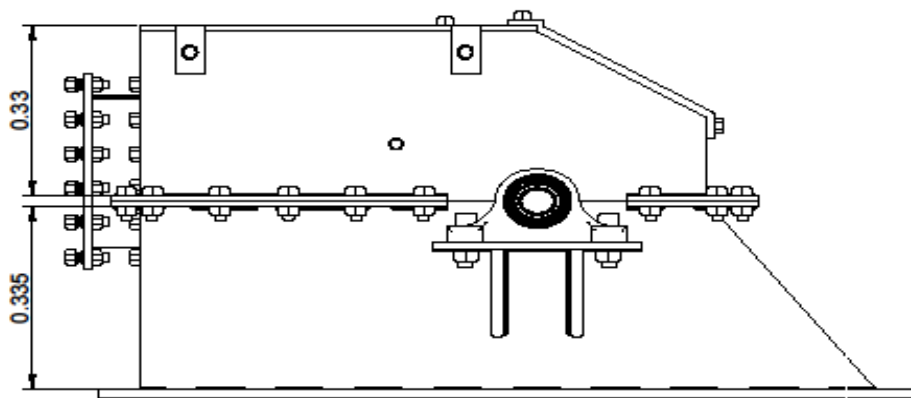
ESC.	1:500	DIBUJANTES	Universidad Cesar Vallejo
FECHA		Capristano Rodriguez, Santiago Miguel Eurlbe Blas, Cesar Abel	
		PLANO ROTOR - INYECTOR	Diseño de una turbina Michel - Bantú para generar energía eléctrica al centro poblado La Cantera de Virzoz - Santa, 2023.
			PLANO 03



Cotas en m


ESC.	1:1	DIBUJANTES	Universidad Cesar Vallejo
FECHA		Capristano Rodriguez, Santiago Miguel Euribe Blas, Cesar Abel	
		PLANO ROTOR - INYECTOR	Diseño de una turbina Michel - Banki para generar energía eléctrica al centro poblado La Cartera de Virzoz - Santa, 2023.
			PLANO 04





Cotas en m



ESC.	1:1	DIBUJANTES	Universidad Cesar Vallejo
FECHA		Capitabano Rodriguez, Santiago Miguel Eurlbe Blas, Cesar Abel	
		PLANO CARCASA ARMADA	Diseño de una turbina Michell - Banki para generar energía eléctrica al centro poblado La Cantera de Vinzos - Santa, 2023.
		PLANO	05

Anexo 13. Evaluación Económica del Proyecto

Estructuración de costos

Los costos se estructuran de acuerdo con los materiales y recursos requeridos para su instalación, los materiales que permiten la instalación de los componentes principales han sido agrupados en armadas principales. Los costos de recursos comprenden el costo unitario y el porcentaje del contratista (gastos generales y utilidades). Asimismo, los costos de instalación consideran los costos de stock y costos indirectos de la empresa modelo.

Tabla 20.

Costos de materiales y servicios integrales de la minicentral hidroeléctrica

DESCRIPCION	MONTO
Turbina	S/ 12,000.00
Sub Estación	S/ 11,400.00
Conexión	S/ 2,300.00
Tendido de tuberías	S/ 20,000.00
TOTAL	S/ 45,700.00

Entonces en la Tabla 20 se presentan los gastos totales por materiales y servicios requeridos para la implementación de la minicentral hidroeléctrica el cual asciende a 45 700 soles, en función de este valor se determinarán los costos directos del proyecto.

En la Tabla 21 se proyecta los beneficios económicos incrementales para el año inicial y final del proyecto, tenemos para el año 1 y 20:

Tabla 22.

Beneficios económicos del uso de electricidad en área rural

Beneficios (S./anual)	Año 1	Año 20
Por Iluminación	12245.2	22116.1
Por radio y televisión	5479.3	9896.2
Por otros usos	16.7	30.2
Beneficios incrementales	17741.2	32042.6

Los beneficios incrementales para estos dos años iniciales corresponden a 17,742 y 18,629 Soles anuales, respectivamente.

Finalmente, en la Tabla 22 se muestra los indicadores económicos del proyecto.

Tabla 23.

Indicadores económicos del proyecto

VAN (Soles)	26 881
TIR anual	25.3 %

Podemos observar que el Valor Actual Neto (VAN) nos indica un valor positivo, el cual se interpreta que el proyecto es viable desde el punto de vista económico, además con una Tasa Interna de Retorno mayor a la tasa de interés, lo que confirma que existe rentabilidad del proyecto. Lo que respecta a la TIR es de 25.3 % anual, lo que significa que, anualmente, existe un considerable porcentaje de rentabilidad cuando realmente el mínimo fue de 10 %, valor que se utilizó para la evaluación.

En la Tabla 23 se presenta el resumen de flujo de caja evaluado para el cálculo económico de los indicadores VAN y TIR, en los cuales se muestra el análisis financiero detallado en la tabla 23.

Tabla 24.

Análisis Financiero del proyecto.

EGP	unit	0	1	2	3	4	5	6	7
Ahorro	S/año		17,742	18,629	19,560	20,538	21,565	22,643	23,775
Utilidad	S/año		-812	-854	-898	-945	-994	-1,045	-1,099
Mtto	S/año		-1,500	-1,545	-1,591	-1,639	-1,688	-1,739	-1,791
ventas	S/año		-	-	-	-	-	-	-
EBITDA	S/año		15,429	16,229	17,070	17,954	18,883	19,859	20,885
Depreciación	S/año		-6,528.57	-6,528.57	-6,528.57	-6,528.57	-6,528.57	-6,528.57	-6,528.57
EBT	S/año		8,901	9,701	10,542	11,425	12,354	13,330	14,356
Impuestos	S/año		-2,225	-2,425	-2,635	-2,856	-3,089	-3,333	-3,589

Utilidad Neta	S/año		6,676	7,276	7,906	8,569	9,266	9,998	10,767
Investment (FCI)	S/año	-45,700							
Flujo de caja	S/año		13,204	13,804	14,435	15,098	15,794	16,526	17,296
FCF	S/año	-45,700	13,204	13,804	14,435	15,098	15,794	16,526	17,296

TD	%	10.0%
TIR	%	25.3%
VAN	S/año	26,881
Ahorro promedio	S/año	8,637
Pay back	Año	3.46

Anexo 14. Recibo de plan tarifario en la ciudad de Chimbote.

Y CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE UNA POTENCIA 1E1P		
Cargo Fijo Mensual	S//mes	10.75
Cargo por Energía Activa	ctm. S//kW.h	29.70
Cargo por Potencia Activa de generación para Usuarios:		
Presentes en Punta	S//KW-mes	47.75
Presentes Fuera de Punta	S//KW-mes	44.29
Cargo por Potencia Activa de redes de distribución para Usuarios:		
Presentes en Punta	S//KW-mes	66.94
Presentes Fuera de Punta	S//KW-mes	64.50
Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa	ctm. S//kVach	4.85
TARIFA BT5A TARIFA CON DOBLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 2E		
a) Usuarios con demanda máxima mensual de hasta 20kW en HP y HFP		
Cargo Fijo Mensual	S//mes	10.75
Cargo por Energía Activa en Punta	ctm. S//kW.h	181.85
Cargo por Energía Activa Fuera de Punta	ctm. S//kW.h	28.43
Cargo por Exceso de Potencia en Horas Fuera de Punta	S//KW-mes	63.66
b) Usuarios con demanda máxima mensual de hasta 20kW en HP y 50kW en HFP		
Cargo Fijo Mensual	S//mes	10.75
Cargo por Energía Activa en Punta	ctm. S//kW.h	214.56
Cargo por Energía Activa Fuera de Punta	ctm. S//kW.h	28.43
Cargo por Exceso de Potencia en Horas Fuera de Punta	S//KW-mes	63.66
TARIFA BT5B TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 1E		
No Residencial Cargo Fijo Mensual	S//mes	3.49
Cargo por Energía Activa	ctm. S//kW.h	74.11
TARIFA BT5B TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 1E		
Residencial a) Para usuarios con consumos menores o iguales a 140 kW.h por mes		
0 - 30 kW.h		
Cargo Fijo Mensual	S//mes	3.38
Cargo por Energía Activa	ctm. S//kW.h	50.27
31 - 140 kW.h		
Cargo Fijo Mensual	S//mes	3.38
Cargo por Energía Activa - Primeros 30 kW.h	S//mes	15.08
Cargo por Energía Activa - Exceso de 30 kW.h	ctm. S//kW.h	71.81
b) Para usuarios con consumos mayores a 140 kW.h por mes – No afecto a descuento por FOSE		
Cargo Fijo Mensual	S//mes	3.49
Cargo por Energía Activa	ctm. S//kW.h	74.11
TARIFA BT5D TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 1E		
No Residencial Cargo Fijo Mensual	S//mes	3.49
Cargo por Energía Activa	ctm. S//kW.h	56.31
TARIFA BT5D TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 1E		
Residencial a) Para usuarios con consumos menores o iguales a 140 kW.h por mes		
0 - 30 kW.h		
Cargo Fijo Mensual	S//mes	3.38
Cargo por Energía Activa	ctm. S//kW.h	38.19
31 - 140 kW.h		
Cargo Fijo Mensual	S//mes	3.38
Cargo por Energía Activa - Primeros 30 kW.h	S//mes	11.46
Cargo por Energía Activa - Exceso de 30 kW.h	ctm. S//kW.h	54.56
b) Para usuarios con consumos mayores a 140 kW.h por mes – No afecto a descuento por FOSE		
Cargo Fijo Mensual	S//mes	3.49
Cargo por Energía Activa	ctm. S//kW.h	56.31
TARIFA BT5E TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 1E		
No Residencial Cargo Fijo Mensual	S//mes	2.83
Cargo por Energía Activa	ctm. S//kW.h	73.89
TARIFA BT5E TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 1E		
Residencial a) Para usuarios con consumos menores o iguales a 140 kW.h por mes		
0 - 30 kW.h		
Cargo Fijo Mensual	S//mes	2.74
Cargo por Energía Activa	ctm. S//kW.h	50.12
31 - 140 kW.h		
Cargo Fijo Mensual	S//mes	2.74
Cargo por Energía Activa - Primeros 30 kW.h	S//mes	15.04
Cargo por Energía Activa - Exceso de 30 kW.h	ctm. S//kW.h	71.60
b) Para usuarios con consumos mayores a 140 kW.h por mes – No afecto a descuento por FOSE		
Cargo Fijo Mensual	S//mes	2.83
Cargo por Energía Activa	ctm. S//kW.h	73.89
TARIFA BT5F TARIFA CON DOBLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 2E		
No Residencial Cargo Fijo Mensual	S//mes	10.75
Cargo por Energía Activa en Punta	ctm. S//kW.h	114.26
Cargo por Energía Activa Fuera de Punta	ctm. S//kW.h	51.02