



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

**ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
MECÁNICA ELÉCTRICA**

TESIS

**DISEÑO DE UNA MICRO CENTRAL
HIDROELÉCTRICA UTILIZANDO UNA TURBINA
VÓRTICE PARA SUMINISTRAR ENERGIA
ELÉCTRICA EN LA REPRESA LA PUNTILLA-
PAMPA GRANDE**

**PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO ELECTRICISTA**

Autores:

Bach. Fernandez Ortiz, Erick Joao

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9491-5687>

Bach. Santamaria Ramos, Carlos Henry

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2907-2377>

Asesor:

MSc. Villalobos Cabrera, Jony

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3643-5498>

Línea de Investigación

Infraestructura, Tecnología y Medio Ambiente

Pimentel – Perú

2023

**Diseño de una Micro Central Hidroeléctrica utilizando una Turbina Vórtice para
suministrar Energía Eléctrica en La Represa La Puntilla – Pampa Grande**

APROBACIÓN DEL JURADO

Dra. GASTIABURÚ MORALES SILVIA YVONE
Presidente del Jurado de Tesis

Mtro. VIVES GARNIQUE JUAN CARLOS
Secretario del jurado de tesis

MSc. VILLALOBOS CABRERA JONY
Vocal del jurado de tesis

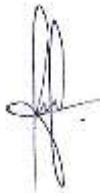
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quienes suscriben la DECLARACIÓN JURADA, somos bachilleres del Programa de Estudios de **Ingeniería Mecánica Eléctrica** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaramos bajo juramento que somos autores del trabajo titulado:

DISEÑO DE UNA MICRO CENTRAL HIDROELÉCTRICA UTILIZANDO UNA TURBINA VÓRTICE PARA SUMINISTRAR ENERGIA ELÉCTRICA EN LA REPRESA LA PUNTILLA – PAMPA GRANDE

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán, conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación con las citas y referencias bibliográficas, respetando el derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y autentico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Fernandez Ortiz, Erick Joao	DNI: 71985621	
Santamaria Ramos, Carlos Henry	DNI: 73130847	

Pimentel, 26 de diciembre de 2023.

Dedicatoria

Este trabajo se lo dedico a mi madre quien siempre estuvo ahí donde más la necesitaba, a mi hija quien es mi motivo más grande por salir cada día adelante, a mi padre por brindarme su apoyo y sus consejos, a mi hermano y a mi tío quienes siempre me dieron aliento para seguir avanzando y no abandonar lo que un día lo comencé

Erick Joao Fernandez Ortiz

A mis padres, Nery y Irma quienes me han acompañado y apoyado a lo largo de mi vida académica.

A mis hermanos, Rosa, Milagros y Frank, quienes me apoyaron en momentos difíciles con palabras de motivación y me brindaron su ayuda.

Carlos Henry Santamaria Ramos

Agradecimiento

A nuestro asesor, el MSc. Jony Villalobos Cabrera por su apoyo, brindándonos su conocimiento y motivándonos para concluir nuestra investigación.

A nuestros docentes, que cada día nos han brindado sus conocimientos para un óptimo desarrollo profesional de nuestra carrera y que nos preparan para los desafíos que tendremos en el camino de nuestra profesión.

Y a las personas que nos brindaron la información requerida, se agradece su apoyo incondicional.

ÍNDICE

Dedicatoria	4
Agradecimiento	5
Resumen	9
Abstract.....	10
I. INTRODUCCIÓN	11
1.1. Realidad problemática	11
1.2. Formulación del problema	13
1.3. Hipótesis	13
1.4. Objetivos	13
1.5. Teorías relacionadas al tema	14
II. MATERIAL Y MÉTODO.....	24
2.1. Tipo y diseño de investigación.....	24
2.2. Variables, Operacionalización	24
2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección.....	26
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	26
2.5. Procedimientos de análisis de datos	27
2.6. Criterios éticos.....	27
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
3.1. Resultados	29
3.2. Discusión de resultados.....	42
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	43
4.1. Conclusiones	43
4.2. Recomendaciones	44
REFERENCIAS.....	45
ANEXOS	48

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables	25
Tabla 2. Datos de ubicación del sector.....	29
Tabla 3. Datos de población y viviendas para el año 2021 en la represa La Puntilla	29
Tabla 4. Consumo de energía de la Casa de Fuerza.....	30
Tabla 5. Consumo de energía de la Casa de Tomero	30
Tabla 6. Consumo de energía externa de la Represa La Puntilla	30
Tabla 7. Máxima demanda y Energía requerida por la represa La Puntilla	30
Tabla 8. Especificaciones técnicas de turbina vórtice	34
Tabla 9. Potencia Hidráulica de las turbinas vórtice según caudal	35
Tabla 10. Potencia Mecánica de las turbinas vórtice según caudal	35
Tabla 11. Especificaciones técnicas de un generador eléctrico	39
Tabla 12. Parámetros eléctricos del tablero general de baja capacidad	40
Tabla 13. Parámetros eléctricos del tablero general de mediana capacidad.....	40
Tabla 14. Especificaciones técnicas del transformador eléctrico.....	40
Tabla 15. Presupuesto estimado de la casa de máquinas	41
Tabla 16. Presupuesto estimado de la parte electromecánica	41
Tabla 17. Datos para evaluación de LCOE.....	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Centrales hidroeléctricas	16
Figura 2. Turbina Pelton.....	17
Figura 3. Turbina Francis	18
Figura 4. Turbina Kaplan.....	19
Figura 5. Turbina Vórtice.....	20
Figura 6. Generador Eléctrico	22
Figura 7. Transformador eléctrico.....	22
Figura 8. Diagrama de flujo.....	27
Figura 9. Promedio de los caudales del Río Taymi del año 2021	31
Figura 10. Caudales máximos del Río Taymi del año 2021.....	32
Figura 11. Caudales mínimos del Río Taymi del año 2021	32
Figura 12. Represa La Puntilla.....	36
Figura 13. Taludes de la Represa La Puntilla	36
Figura 14. Zona de evacuación de la Represa La Puntilla.....	37
Figura 15. Plano propuesto para implementación de la turbina vórtice.....	38

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Energía Hidráulica.....	14
Ecuación 2. Energía Mecánica	15

Ecuación 3. Caudal	20
Ecuación 4. Máxima Demanda	21
Ecuación 5. Energía Consumida	21
Ecuación 6. LCOE	23

Resumen

En la presente investigación se tiene como objetivo diseñar una micro central hidroeléctrica en la represa La Puntilla – Pampa Grande mediante una turbina vórtice. Mediante las fuentes bibliográficas obtuvimos datos como, el modelo de turbina podemos utilizar en la represa a su vez las visitas en campo para poder determinar el consumo de energía y sus artefactos que utilizan.

Se tuvo que recopilar y analizar la información dada en las diversas fuentes como por el mismo personal de la represa para poder obtener resultados como:

Determinar la máxima demanda es 29 877,75 W y la energía requerida es 29 922,64 W-h. para poder seleccionar el modelo de turbina, también tenemos que ver su caudal y la ubicación de donde debería estar posicionada a turbina y la micro central ya haber tenido el caudal mínimo que es de $2 m^3/s$ y así podemos obtener un modelo de 30 kW. Por último, pasamos a seleccionar los equipos electromecánicos como es el generador eléctrico, tablero general, transformador eléctrico.

Finalmente, se pudo concluir que los pequeños proyectos hidroeléctricos son una opción para el desarrollo de la población en las zonas rurales porque les facilitan y les ayuda en la parte económica y además estamos ayudando en el medio ambiente porque es una energía renovable.

Palabras clave: Micro central hidroeléctrica, turbina vórtice, energía eléctrica.

Abstract

The objective of this research is to design a micro hydroelectric power plant in the La Puntilla - Pampa Grande dam using a vortex turbine. Through bibliographic sources we obtained data such as the model of turbine we can use in the dam as well as field visits to determine the energy consumption and the devices they use.

It was necessary to compile and analyze the information given in the different sources as well as by the same personnel of the dam to obtain results such as:

Determine the maximum demand is 29 877.75W and the energy required is 29 922.64W-h. to be able to select the turbine model, we also have to see its flow and the location of where it should be positioned to turbine and micro central already having had the minimum flow which is 2 m³/s and thus we can obtain a model of 30 Kw. Finally, we went on to select the electromechanical equipment such as the electric generator, general board, electric transformer.

Finally, it could be concluded that small hydroelectric projects are an option for the development of the population in rural areas because they facilitate and help them in the economic part and we are also helping the environment because it is a renewable energy.

Keywords: Micro hydro power plant, vortex turbine, electric power.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La utilización exhaustiva de la energía en distintas ocupaciones económicas y sociales ha promovido el aumento y la concentración poblacional.

Las sociedades han respaldado su crecimiento en un sistema energético basado en combustibles fósiles, pero su rápido agotamiento junto con la contaminación generada de los mismos afectará progresivamente el estilo de vida de la humanidad. Las crecientes demandas de energía han aumentado, por lo cual, existe la necesidad de obtener otras fuentes de energía [1].

Las fuentes de energía se pueden clasificar según varios criterios, renovables o no renovables, y dependiendo de su disponibilidad, convencionales o no convencionales. Las fuentes de energía renovable son potencialmente inagotables, ya que provienen de la energía transmitida a la Tierra a través de la radiación solar o de la atracción gravitatoria de otros planetas y lunas en el sistema solar de Dios. Las principales fuentes son la solar, eólica, hidroeléctrica, mareomotriz, geotérmica y de biomasa. Las fuentes de energía no renovables son aquellas fuentes de energía de carácter limitado, como el petróleo (efecto invernadero, contaminación del suelo, agotamiento de la capa de ozono, cambio climático, etc.) y el uranio. [2]

Dependiendo de la disponibilidad, las fuentes de energía convencionales son las que representan una parte importante del balance energético de los países desarrollados. Tales como el carbón, el petróleo, el gas natural, la energía hidroeléctrica y la energía nuclear. Las fuentes de energía no convencionales, por otro lado, son aquellas que no contribuyen significativamente a la demanda de energía debido a su bajo potencial comercial. Esto se aplica a la energía eólica, mareomotriz, solar, de biomasa y pequeña hidroeléctrica.

En los últimos tiempos se están realizando el uso de energías renovables, para producir energía eléctrica e integrar a la modernidad y al desarrollo humano, además de obtener una energía limpia e inagotable.

Las energías renovables, son cada vez más necesarias y esenciales por los efectos formados por el uso de los derivados del petróleo. Además, se puede decir que las energías renovables son energías que ayudan con la conservación de la vida humana.

Existen muchas alternativas para producir energía a partir de fuentes renovables no convencionales; uno de ellos es el aprovechamiento de la energía del agua. La energía hidroeléctrica es capaz de responder rápidamente a la demanda, lo que la convierte en la fuente más flexible disponible.

A gran escala, la energía hidroeléctrica tiene un alcance limitado para la expansión. La mayoría de los ríos principales en los países desarrollados tienen una o más centrales hidroeléctricas, por el contrario, los países subdesarrollados, la mayoría de los grandes proyectos tropiezan con obstáculos económicos, ambientales y sociales. A menor escala, la generación de electricidad en pequeñas centrales hidroeléctricas, proyectos que generan 10 MW o menos de potencia, sí ofrece posibilidades de crecimiento.

Las pequeñas centrales hidroeléctricas pueden aprovechar los flujos relativamente bajos de los afluentes sin necesidad de crear grandes embalses, conservando los flujos ecológicos y limitando los impactos ambientales de la ingeniería civil. También proporcionan electricidad a áreas remotas y mejoran a la población rural.

Entre las nuevas tecnologías para producir electricidad en pequeñas centrales hidroeléctricas se encuentran las turbinas hidráulicas de vórtice de agua gravitacional.

Las turbinas hidráulicas de vórtice de agua gravitacional (GWWHT), también llamada turbina Zotlöterer es un sistema hidroeléctrico que aprovecha la energía cinética y potencial de un vórtice inducido, el cual es creado debido a la depresión de agua. Su eficiencia oscila

entre 17 al 85%, las GWVHT aún tienen eficiencias más bajas que las reportadas por las turbinas convencionales, las cuales tienen valores que superan el 95%.

Este estudio tiene como objetivo proponer el diseño de una micro central hidroeléctrica utilizando una turbina vórtice para suministrar energía eléctrica en la represa la puntilla, este tipo de turbina forma parte del GWVHT numerando cada uno de sus componentes principales: Captación, canal de entrada, balsa, canal y descarga. La captación no solo permite capturar agua del río, sino que también controla el flujo y el nivel de los sedimentos en suspensión.

1.2. Formulación del problema

¿Cómo aprovechar la energía hidráulica de la represa La Puntilla para suministrar energía eléctrica a las instalaciones de la misma?

1.3. Hipótesis

No aplica.

1.4. Objetivos

Objetivo general

Diseñar una micro central hidroeléctrica utilizando una turbina vórtice para suministrar energía eléctrica en la represa La Puntilla – Pampa Grande.

Objetivos específicos

- Determinar la máxima demanda y la energía requerida por las instalaciones de la represa La Puntilla.
- Definir el caudal mínimo de la compuerta y la ubicación de la micro central hidroeléctrica utilizando una turbina de vórtice.
- Calcular y seleccionar el equipo electromecánico de la micro central hidroeléctrica.
- Analizar técnico-económicamente el proyecto propuesto.

1.5. Teorías relacionadas al tema

a. Energía Eléctrica:

La energía eléctrica se distribuye a través de un sistema de CA trifásico, es decir pasan por tres voltajes sinusoidales de 120° desfasados. Los parámetros que caracterizan estas ondas de tensión y cuya pureza se pueden medir son (frecuencia, amplitud, forma, simetría). La planta de energía produce una onda sinusoidal de 50 Hz casi perfecta, aunque en realidad el voltaje producido por el generador síncrono no es una onda sinusoidal perfecta y tiene cierta distorsión general. [3]

b. Energía Hidráulica:

La energía hidráulica se refiere al uso del poder del agua para encontrar cascadas desde una cierta altura a una altura más baja, y luego convertirla en energía mecánica (a través de la rotación del eje) usando una rueda hidráulica o turbina. Esta energía se puede utilizar de manera directa para alimentar un pequeño aserradero, molino o molinillo de café. Además, es posible conectar una turbina a un generador y modificar la energía mecánica en energía eléctrica tal, con la ventaja de que la energía puede transferirse más fácilmente al punto de consumo y utilizarse en diferentes equipos y aplicaciones de producción. [4]

Para determinar la energía hidráulica se usa la siguiente ecuación:

$$EH = 9.8 * Q * H * Ec$$

Ecuación 1. Energía Hidráulica

Donde:

EH: Máxima demanda (*W*)

Q: Caudal (m^3/s)

H: Salto de agua (*m*)

Ec: Eficiencia del canal (*und*)

c. Energía Mecánica

La energía mecánica es una parte de la física que estudia las fuerzas, la materia y el movimiento y es denominada como geometría del movimiento. Asimismo, es la adición de la energía cinética esta agrupada al movimiento y la energía potencial esta agrupada a la fuerza de la gravedad. [4]

Para determinar la energía mecánica se usa la siguiente ecuación:

$$EM = EH * Et$$

Ecuación 2. Energía Mecánica

Donde:

EM: Energía mecánica (W)

EH: Energía hidráulica (W)

Et: Eficiencia de la turbina (und)

d. Centrales hidroeléctricas

Estas centrales suelen estar alejadas de los principales centros de consumo y su ubicación está dominada por las características topográficas.

Las turbinas de agua funcionan con agua debido a la presión que ha desarrollado a medida que desciende. En el pasado, el agua se almacenaba, canalizaba y controlaba.

Los modelos más adecuados de estos actuadores son Pelton, Francis, Kaplan y turbina vórtex. [5]



Figura 1. Centrales hidroeléctricas

Fuente: [6]

e. Clasificación de las centrales hidroeléctricas

|

Picocentrales

Equipado con potencia entre 0,5-5 kW, operación fluvial, apto en áreas no conectadas o casos aislados en áreas conectadas. [7]

Microcentrales

Equipado con potencia entre 5-50kW, operación fluvial, apto en áreas no conectadas o casos aislados en áreas conectadas. [7]

Minicentrales

Equipado con potencia entre 50-500 kW, operación fluvial, apto en áreas no conectadas o casos aislados en áreas conectadas. [7]

Hidroeléctricas (PCH)

Equipado con potencia entre 500-20.000 kW, operación fluvial, apto en áreas no conectadas y en áreas conectadas. [7]

Centrales hidroeléctricas (CH)

La potencia de los equipos es superior a 20 MW, correspondiente al área de la red, y participación obligatoria en el transporte de energía eléctrica. [7]

Turbina hidráulica

La turbina hidráulica es un tipo de máquina que convierte la energía del río a energía mecánica, por medio de un sistema de palas giratorias. Esta energía mecánica se podría utilizar para sustentar otra máquina o cualquier generador eléctrico. [8]

Tipos de turbina hidráulica

Según su diseño, pueden ser:

Turbina Pelton

La turbina Pelton fue desarrollada por el ingeniero estadounidense Lester Allen Pelton (1829-1908) y patentada en 1889. Desde entonces, ha seguido evolucionando en términos de desarrollo y aplicación. Él fue quien ideó una rueda con una cuchara periférica que aprovecha la energía cinética de un chorro de agua que sale de un tubo de presión. Cuenta con una turbina pulsada, lo que significa que tiene una eficiencia de reacción cero. Funciona bien en aplicaciones hidráulicas donde es importante ponderar la carga en términos de costo o flujo. [9]

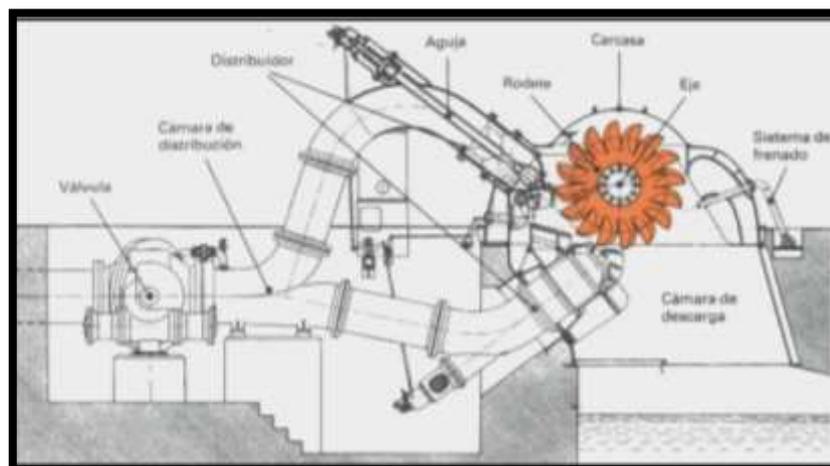


Figura 2. Turbina Pelton

Fuente: [9]

Turbina Francis

Las turbinas Francis pertenecen a la categoría de turbinas de reacción radial porque existe una diferencia de presión entre su entrada y su salida. Las turbinas

Francis se pueden encontrar a 30 m y 550 m de altura con caudales de hasta 200 m³/s, otras tan bajas como 10 m³/s. Esta versatilidad hace que las turbinas Francis sean, con mucho, las turbinas más utilizadas en el mundo. [10]

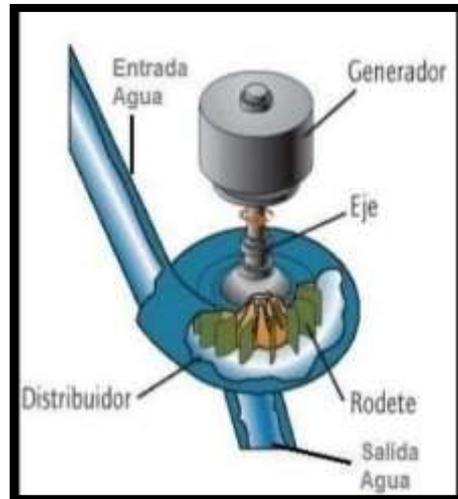


Figura 3. Turbina Francis

Fuente: [9]

Turbina Kaplan

Es una turbina de hélice con álabes ajustables para que el efecto del agua en el extremo de ataque de los álabes logre producirse en condiciones de mayor impacto, independientemente de las condiciones de caudal o carga. Por lo tanto, se puede mantener un alto rendimiento a diferentes niveles de potencia; una característica importante de los rotores de hélice, ya que es uno de los defectos más notables en las turbomáquinas de hélice fija, donde el agua golpea el borde de ataque en un ángulo inapropiado, causando separación o impacto. sobre el rendimiento del dispositivo. Actualmente se utiliza para saltos de bajo nivel, y en el otro extremo, para saltos relativamente altos hasta 50m en todos los niveles de rendimiento, y hasta más de 70m en niveles de rendimiento medio. Además de mantener un buen desempeño en términos de regulación de flujo o cambios de carga debido a cambios en el nivel del agua del embalse, las turbinas Kaplan también permiten un aumento

en el flujo por unidad en una carga dada, aumentando así el número de unidades de potencia bajo ciertas aplicaciones hidráulicas. reduciendo así el costo de instalación inicial. [10]

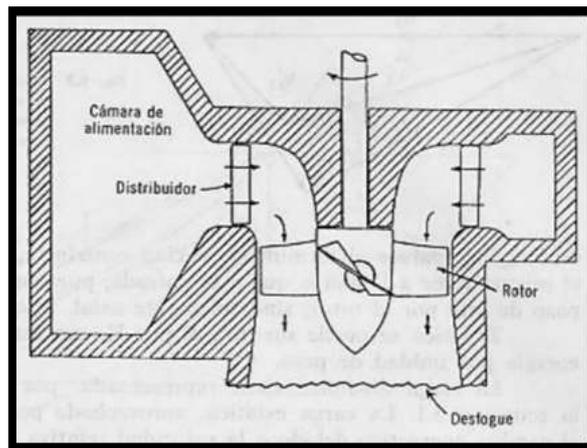


Figura 4. Turbina Kaplan

Fuente: [10]

Turbina vórtice

Es una nueva tecnología de turbinas que ha surgido en los últimos años y se espera que sea una tecnología candidata para competir con los sistemas tradición. Según Turbulent nos menciona que; la profundidad de agua requerida del canal de entrada tendría como mínimo a 1.3m y como máximo a 2.3m, teniendo en cuenta su eficiencia hidráulica la cual se define entre mínima eficiencia de 0.65 y su máxima eficiencia es de 0.75. Es una hidroeléctrica de vórtice de gravedad desarrollada por Franz Zotlöterer en 2006. Esta tecnología permite un mantenimiento eficiente a caudales bajos y medios, lo que lo hace adecuado para la electrificación fuera de la red en áreas rurales. [8]



Figura 5. Turbina Vórtice

Fuente: [11]

Caudal

El caudal de un flujo de agua, tiene relación con la proporción de agua que pasa por medio de una parte transversal, expresada como volumen entre unidad de tiempo. El caudal en un rato dado se puede medir por diferentes procedimientos diversos, y la votación del método es dependiente del caso de cada sitio. [12]

Para determinar el caudal se usa la siguiente ecuación:

$$Q = A * \bar{v}$$

Ecuación 3. Caudal

Donde:

Q: Caudal (m^3/s)

A: Área de la sección (m^2)

\bar{v} : Velocidad (m/s)

Máxima Demanda

La máxima demanda es la demanda más alta registrada en un determinado periodo y puede ser un componente apreciable de la factura eléctrica. [13]

Para determinar la máxima demanda se usa la siguiente ecuación:

$$MD = PI * FD$$

Ecuación 4. Máxima Demanda

Donde:

MD: Máxima demanda (W)

PI: Potencia instalada (W)

FD: Factor de demanda (und)

Energía Consumida

La energía consumida es la suma que cada aparato eléctrico consume cuando está activo y también depende del tiempo de uso de cada artefacto. [13]

Para determinar la energía consumida se usa la siguiente ecuación:

$$EC = MD * t$$

Ecuación 5. Energía Consumida

Donde:

EC: Energía consumida ($W - h$)

MD: Máxima demanda (W)

t: Tiempo (h)

Generador Eléctrico

Un generador eléctrico funciona principalmente proporcionando un campo magnético en un bucle e induciendo un voltaje que conduce la corriente. Hay diferentes tipos de pérdidas dentro de un generador: pérdidas mecánicas, pérdidas de cobre y pérdidas de núcleo. Estas pérdidas afectan la eficiencia del generador. [14]

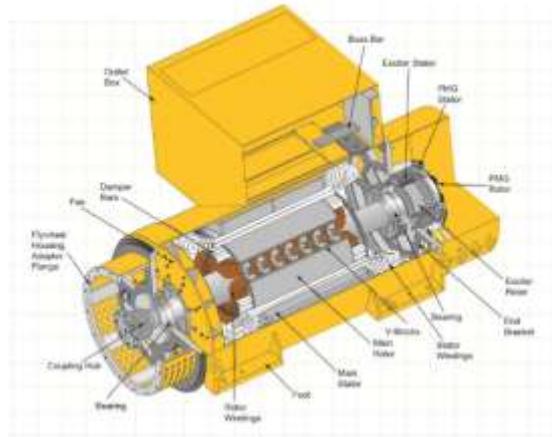


Figura 6. Generador Eléctrico

Fuente: [15]

Transformador eléctrico

El transformador eléctrico es una máquina estática que consta de devanados primario y secundario, donde la electricidad suele ir en voltajes altos y bajos, y la relación de voltaje se define por el número de bobinas en cada extremo. [16]



Figura 7. Transformador eléctrico

Fuente: [16]

Costo teórico de generar energía eléctrica (LCOE)

El LCOE es el costo que permite mostrar a partir de qué valor es rentable vender la energía del proyecto de forma tal de que el mismo sea rentable teniendo en cuenta los costos incurridos, la generación esperada y la vida útil del mismo. [17]

Para determinar el LCOE se usa la siguiente ecuación:

$$LCOE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{i + Mt}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E}{(1+r)^t}}$$

Ecuación 6. LCOE

Donde:

t: Vida estimada de la instalación (años)

i: Inversión inicial

Mt: Costes de operación y mantenimiento

E: Energía generada durante la vida del sistema (*kWh al año*)

r: Tasa de descuento

II. MATERIAL Y MÉTODO

2.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de esta investigación es experimental, ya que se calculó la máxima demanda y la energía requerida por las instalaciones de la represa La Puntilla, también se hizo un cálculo para la selección de equipos electromecánicos.

Según, [18] el diseño experimental es un proceso cuyas principales características son verificar cuantitativamente la relación causal entre una variable y otra variable, Esto significa la manipulación o control de la variable independiente, esto requiere un plan de acción gradualmente, como plan de intervención o paso a paso estableciendo parámetros de rango. En el diseño experimental, las variables independientes representan tratamientos, factores, condiciones. o una intervención que es manipulada y/o controlada por el investigador para probar el efecto sobre la variable dependiente.

También es una investigación cuantitativa ya que se centra en recopilar y analizar datos que se obtiene a través de diversas fuentes.

El diseño de esta investigación es aplicada tecnológica debido a que sirve para producir conocimientos que se apliquen en el sector productivo, con la finalidad de promover el desarrollo a la sociedad y que posteriormente tenga un impacto positivo en la vida diaria.

2.2. Variables, Operacionalización

Variables independientes

Diseño de una micro central hidroeléctrica utilizando una turbina vórtice

Variables dependientes

Suministro de energía eléctrica

Operacionalización de variables

Tabla 1. Operacionalización de variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADOR	SUB-INDICADOR	INDICE	TECNICA EN RECOLECCIÓN DE DATOS	INSTRUMENTO DE RECOPIACIÓN DE DATOS	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
Micro Central Hidroeléctrica	Caudal de agua	Flujo Masico		Kg/s	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis documental • Observación 	Ficha documental	Caudalímetro
		Medición de velocidad		m/s			
Suministro de energía eléctrica	Potencia Generada	Energía Generada	Energía consumida (W-h)	KW-h	Recopilación de información	Guía de análisis de documentos	Analizador de redes

Fuente: Elaboración propia

2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección

No aplica.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Técnicas de recolección de datos

- **Observación**

Mediante esta técnica se realizará la recopilación de datos técnicos y experimentales durante las visitas de campo, variables que servirán para la elaboración de la problemática y los requerimientos que se necesita satisfacer para la solución del problema.

- **Análisis documental**

Se analizarán documentos teniendo en consideración información de distintas publicaciones oficiales como revistas, libros, tesis, artículos científicos, etc.

- **Entrevista**

Una entrevista es un diálogo, la cual se desarrolla entre 2 o más personas, donde el entrevistador formula las cuestiones y el entrevistado las responde. Esta técnica se utiliza por una diversidad de motivos, así sea por averiguación, temas de interés o divulgación científica.

Instrumentos de recolección de datos

- **Guía de observación**

La guía de observación es el instrumento para recopilar y recopilar datos e datos acerca de un acontecimiento o fenómeno.

- **Ficha documental**

La ficha documental es un predecesor de los registros bibliográficos, pero se refieren a documentos e incluyen información como las ideas principales y dónde se guardan.

- **Guía de entrevista**

La guía de entrevista se define como un documento que cubre temas, preguntas motivadoras y aspectos que se analizarán en una entrevista.

2.5. Procedimientos de análisis de datos

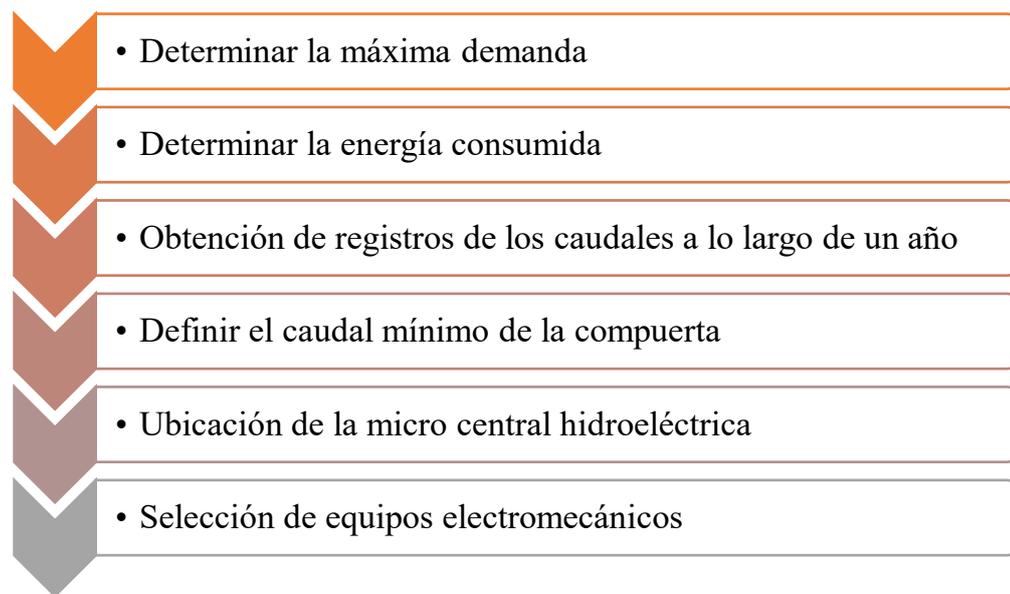


Figura 8. Diagrama de flujo

Fuente: Elaboración propia

2.6. Criterios éticos

En este proyecto de tesis afirmamos que el desarrollo de la investigación, se realizará cuidando los recursos económicos, humanos, materiales y naturales, de una manera racional y adecuada, evitando el abuso de estos recursos.

Código de ética del CIP (Colegio de Ingenieros del Perú) Aprobado en la III Sesión Ordinaria del Congreso Nacional de Consejos departamentales del Periodo 1998 – 1999 en la ciudad de Tacna 22, 23 y 24 de abril de 1999

Título I, Disposiciones Generales

Capítulo III, Principios Fundamentales

Según el artículo 15 del código de ética del CIP.

Los ingenieros tienen que suscitar y defender la totalidad, la fama y la dignidad de su profesión, contribuir con su comportamiento a la formación del acuerdo público y conservar el pleno respeto con ella y sus miembros, basado en la honestidad y la honradez con que la práctica. Por consiguiente, tienen que ser honestos e imparciales. Servir lealmente al público, a los empleadores y a sus consumidores; además tienen que empeñarse por mejorar el prestigio, la calidad y la competencia de la ingeniería y tienen que contribuir con sus instituciones expertas y académicas.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados

Determinar la máxima demanda y la energía requerida por las instalaciones de la represa La Puntilla

En el presente trabajo se evaluó la máxima demanda y la energía requerida por las instalaciones de la represa La Puntilla, donde está distribuido en 1 casa y 1 caseta de vigilante, que se busca alimentar con el suministro eléctrico que se va a proveer mediante el presente proyecto. Los usuarios que la habitan es un ingeniero y un vigilante respectivamente.

El presente método se aplicó para la represa La Puntilla, basándonos en los datos expuestos a continuación:

Tabla 2. Datos de ubicación del sector

DATOS DE UBICACIÓN DEL SECTOR	
Localidad	La Puntilla
Distrito	Patapo
Provincia	Chiclayo
Departamento	Lambayeque

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Datos de población y viviendas para el año 2021 en la represa La Puntilla

DATOS AL AÑO	2021
Población	2
Viviendas	1

Fuente: Elaboración propia

Las tablas a continuación, es el resultado de la ecuación 2 y 3, donde la máxima demanda es igual a la potencia instalada multiplicado por el factor de demanda, la potencia instalada es la potencia medida en watts que indica el artefacto en las especificaciones y el factor de demanda es el número de artefactos encontrados en el inmueble.

Por consiguiente, la energía consumida es igual al producto de la máxima demanda y el tiempo usado del artefacto en horas.

Tabla 4. Consumo de energía de la Casa de Fuerza

ARTEFACTO	POTENCIA INSTALADA (W)	CANTIDAD	MÁXIMA DEMANDA (W)	TIEMPO (HORAS)	ENERGÍA (W-H)
Luz Led	18	1	18	4	72
Fluorescente	36	6	216	4	864
Cargador de celular	18	1	18	1.5	27
Total			252		961

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Consumo de energía de la Casa de Tomero

ARTEFACTO	POTENCIA INSTALADA (W)	CANTIDAD	MÁXIMA DEMANDA (W)	TIEMPO (HORAS)	ENERGÍA (W-H)
Televisor 43"	140	1	140	3	420
Luz Led	18	10	180	4	720
Cargador de celular	18	1	18	1.5	27
Cargador de laptop	135	1	135	1	135
Total			473		1302

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. Consumo de energía externa de la Represa La Puntilla

ARTEFACTO	POTENCIA INSTALADA (W)	CANTIDAD	MÁXIMA DEMANDA (W)	TIEMPO (HORAS)	ENERGÍA (W-H)
Reflectores	400	5	2 000	11	22 000
Motor de Accionamiento Hidráulico	5 592,75	1	5 592,75	0.05	279,64
Motor De Accionamiento de Compuerta Rio Taymi	1 200	6	7 200	0.05	360
Motor de Accionamiento de Compuerta Rio Reque	3 500	4	14 000	0.05	700
Poste de Luz	120	3	360	12	4 320
Total			29 152,75		27 659,64

Fuente: Elaboración propia

Después de reconocer los máquinas y artefactos que se encontraban en la casa de fuerza, casa de tomero y en las instalaciones de la Represa La Puntilla, se procedió a identificar la potencia instalada y el tiempo de uso de cada uno de ellos, determinando así la máxima demanda y la energía requerida de cada casa. A continuación, tenemos la máxima demanda y energía de la represa La Puntilla.

Tabla 7. Máxima demanda y Energía requerida por la represa La Puntilla

Descripción	Valor	Unidades
Máxima Demanda	29 877,75	W

Energía Requerida	29 922,64	W-h
-------------------	-----------	-----

Fuente: Elaboración propia Definir el caudal mínimo de la compuerta y la ubicación de la micro central hidroeléctrica utilizando una turbina de vórtice

En el diseño de la micro central hidroeléctrica, designamos usar una de las 7 compuertas, las cuales dirigen el agua hacia el Río Taymi para la instalación de la turbina de vórtice.

Para definir el caudal mínimo de la compuerta, primero se debe analizar los datos de los caudales que nos brinda el Área de Operaciones del Proyecto Especial Olmos-Tinajones (PEOT), teniendo en cuenta los caudales mínimos por mes. También debemos tener en cuenta que la información brindada por el Área de Operaciones-PEOT nos da los caudales sin importar el número de compuertas abiertas.

Cabe mencionar que en el anexo 01 se encuentra la tabla de los caudales del río Taymi del año 2021, los cuales usamos para graficar las siguientes figuras:

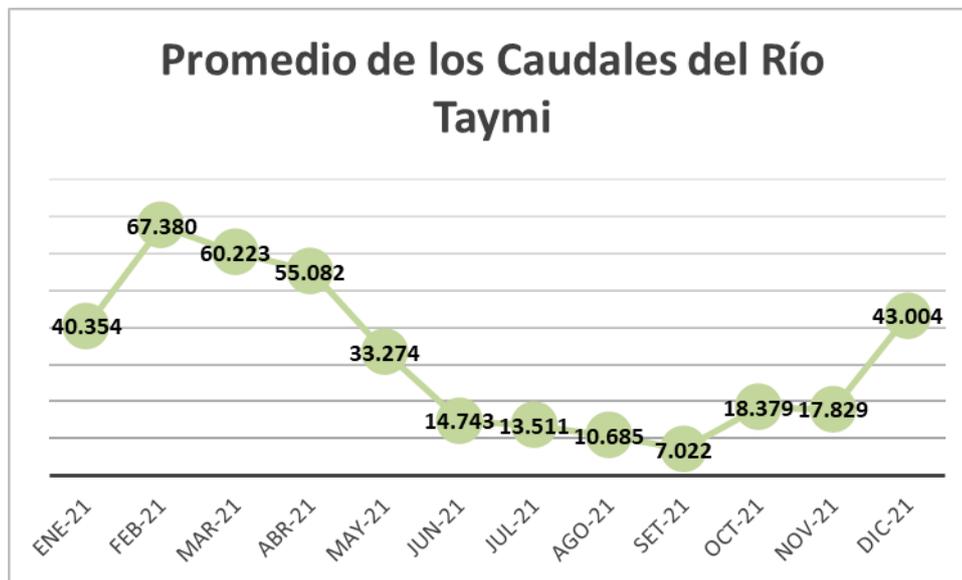


Figura 9. Promedio de los caudales del Río Taymi del año 2021

Fuente: Elaboración propia

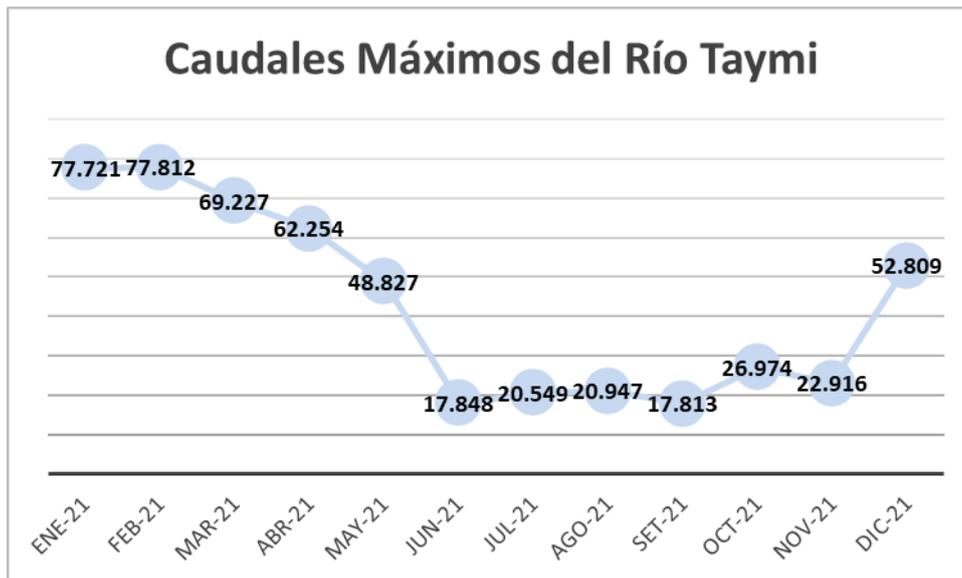


Figura 10. Caudales máximos del Río Taymi del año 2021

Fuente: Elaboración propia

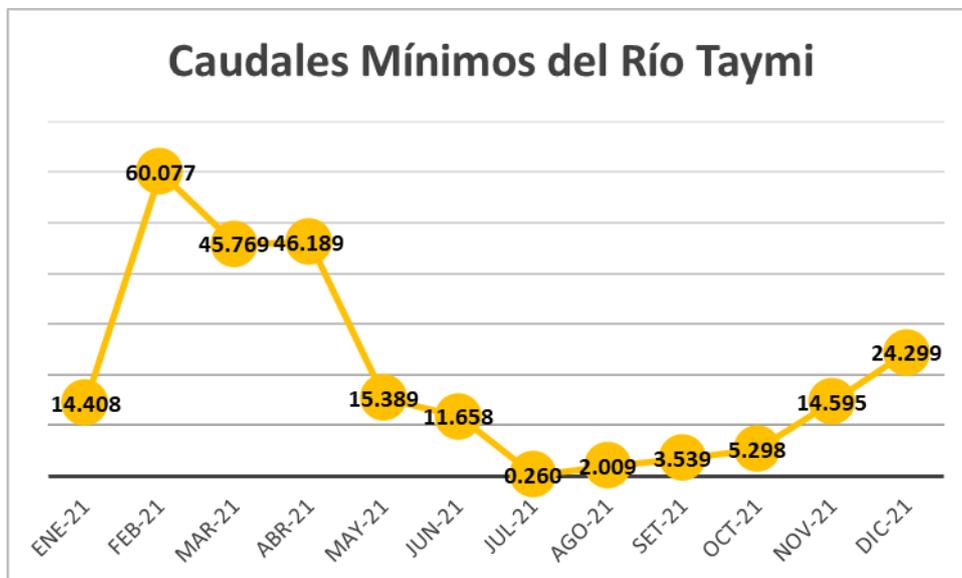


Figura 11. Caudales mínimos del Río Taymi del año 2021

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta que el mes de Julio del año 2021, tiene el caudal más bajo del año de $0,26 \text{ m}^3/\text{s}$. Se debe considerar que este es un dato atípico, ya que, según personal a cargo, esto sucede por alguna filtración, ocurrido durante el mantenimiento. Otro dato a tener en consideración, es que las compuertas estuvieron cerradas, por el motivo de que la represa La Puntilla siempre cuenta con reserva de agua.

Procedemos a determinar el caudal mínimo que necesita tener la turbina de vórtice para que genere energía a la represa La Puntilla, teniendo en cuenta el caudal mínimo diario por compuerta, el cual es de $0,26 \text{ m}^3/\text{s}$, pero este es un dato atípico, para lo cual se considerará el siguiente dato en la gráfica, siendo $2 \text{ m}^3/\text{s}$ el caudal mínimo que se necesita para hacer funcionar la microcentral. Luego analizamos la siguiente tabla:

Tabla 8. Especificaciones técnicas de turbina vórtice

	Modelo – 75 kW	Modelo – 60 kW	Modelo – 45 kW	Modelo – 30 kW	Modelo – 15 kW
Cabeza (<i>m</i>)	2 – 3,5	2 – 3	1,5 - 3	1,5 – 3	1,5 – 2
Caudal (m^3/s)	4 - 7	3,7 – 5,6	2,8 – 5,6	1,85 – 3,7	1,4 – 1,85
Generador eléctrico de potencia (<i>kVA</i>)	75	60	45	30	15
Anchura del pozo de la turbina (<i>a</i>)	2.5	2.25	2.25	2.15	1.5
Forma de cuenca	Espiral semicircular				
Diámetro min. de la cuenca Db2 (<i>m</i>)
Diámetro máx. de la cuenca Db1 (<i>m</i>)	7	6,5	6	5,5	3,8
Altura de la cuenca Hb (<i>m</i>)	Cabeza - 1	Cabeza – 0,9	Cabeza – 0,8	Cabeza – 0,7	Cabeza – 0,6
Altura de salida Hc (<i>m</i>)	1,3	1	0,9	0,7	0,7
Dimensiones de la unidad central	2,5x2,5x1,8	2,25x2,25x1,5	2,25x2,25x,4	2,15x2,15x1.2	1,5x1,5x1
Tipo de generador	Generador de inducción refrigerado por agua trifásico o generador PM		Generador de inducción sumergible trifásico refrigerado por agua		
Relación de transmisión	16,2 o Disco directo			16,2 (o personalizable)	
Generador de voltaje nominal	380V Y ± 5%(IEC 60034-1)				
Generador de frecuencia nominal	50Hz ± 2%(IEC 60034-1)				
Tipo de control	Control de velocidad, seguimiento del punto de máxima potencia				
Wi (<i>m</i>)	2,2	2,5	2,5	2,3	1,5
Wo (<i>m</i>)	5,2	6,0	5,8	5,5	3,6

Fuente: [11]

Después de haber analizado la tabla 8, determinamos que la opción más óptima para usar la turbina vórtice en la represa La Puntilla es el modelo de 30 kW, debido a que el caudal mínimo diario por compuerta es de $2 \text{ m}^3/\text{s}$ y la máxima demanda es de 29 877,75 W, por lo tanto, se eligió este modelo, ya que cuenta con una potencia ligeramente superior a la máxima demanda y se encuentra dentro del intervalo de caudal del modelo mencionado.

Luego evaluamos la potencia hidráulica y mecánica considerando los límites de cada modelo, teniendo en cuenta el salto de agua mínima y máxima, siendo 1,3 m y 2,3 m respectivamente:

Tabla 9. Potencia Hidráulica de las turbinas vórtice según caudal

		Potencia Hidráulica							
Caudal	1,4	1,85	2	2,8	3,7	4	5,6	7	
H Min	17,30092	22,86193	24,7156	34,60184	45,72386	49,4312	69,20368	86,5046	
H Max	30,60932	40,44803	43,7276	61,21864	80,89606	87,4552	122,43728	153,0466	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. Potencia Mecánica de las turbinas vórtice según caudal

		Potencia Mecánica							
Caudal	1,4	1,85	2	2,8	3,7	4	5,6	7	
H Min	12,97569	17,1464475	18,5367	25,95138	34,292895	37,0734	51,90276	64,87845	
H Max	22,95699	30,3360225	32,7957	45,91398	60,672045	65,5914	91,82796	114,78495	

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, determinamos la ubicación de la micro central hidroeléctrica utilizando la turbina de vórtice, donde:

Nos dirigimos a la represa La Puntilla, dónde inspeccionamos el lugar para posteriormente seleccionar el posicionamiento adecuado donde se irá la turbina de vórtice.



Figura 12. Represa La Puntilla

Fuente: Propia

Nos dirigimos a las compuertas, donde logramos observar una rejilla (trampa), la cual filtra los residuos y pasaría el agua limpia para ser distribuida.

En esta zona se evaluó colocar la turbina de vórtice, ya que se formaban remolinos de agua, pero no fue posible, debido a que no cuenta con el caudal necesario para mover dichos álabes.



Figura 13. Taludes de la Represa La Puntilla

Fuente: Propia

Se observa que en la zona de evacuación es la mejor zona en dónde se puede posicionar la turbina de vórtice, ya que cuenta con 7 compuertas, tienen un caudal aceptable para mover los álabes y también cuenta con descargas de agua constantes para mantener en funcionamiento la micro central.

Por lo tanto, designamos usar la compuerta N° 1, ya que es la compuerta que la mayoría de veces está en funcionamiento y las compuertas se abren de manera ordenada, a excepción de que el automatismo falle.



Figura 14. Zona de evacuación de la Represa La Puntilla

Fuente: Propia

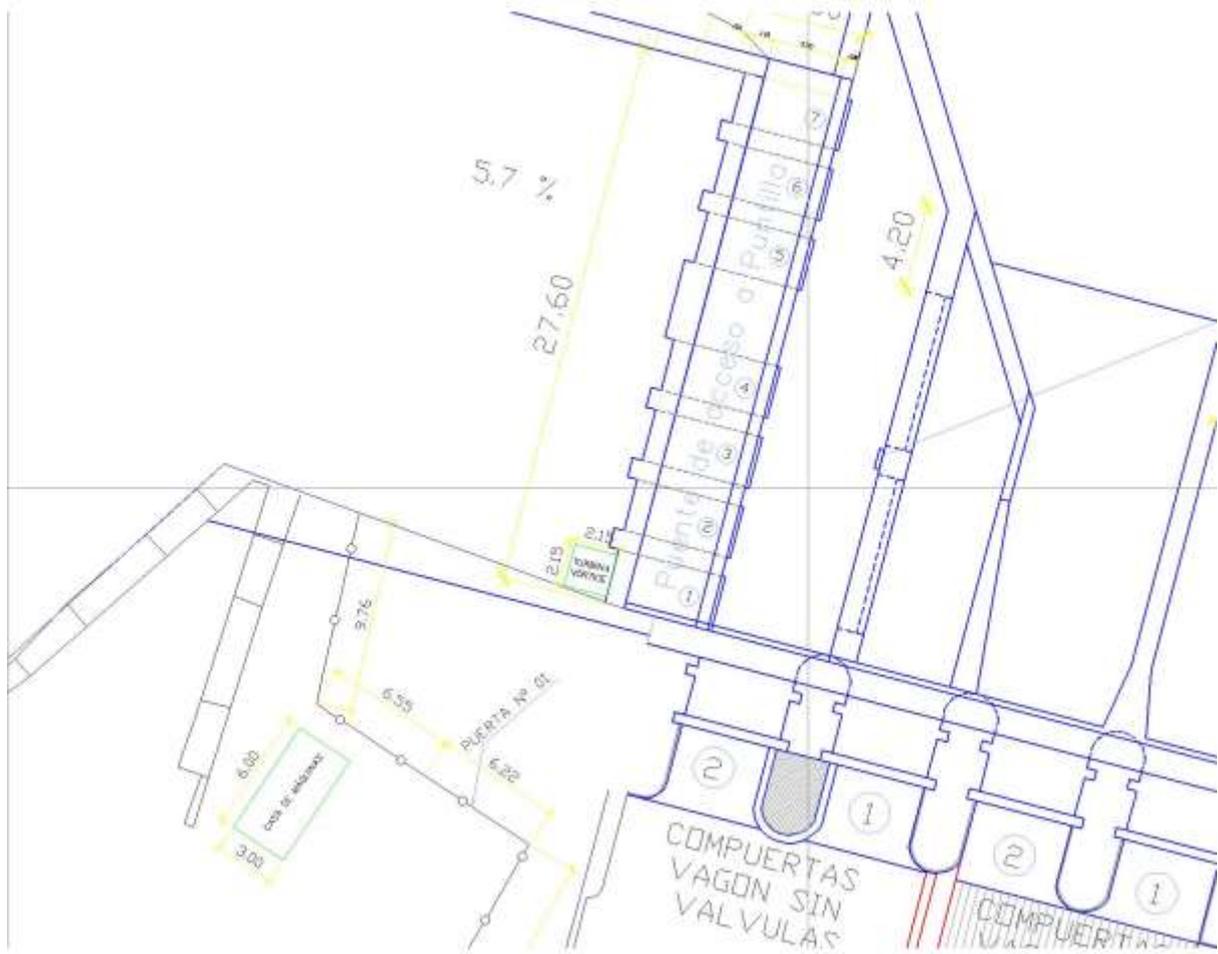


Figura 15. Plano propuesto para implementación de la turbina vórtice

Fuente: Área de Operaciones-PEOT

En la Figura 15 se puede apreciar el plano que ha sido propuesto para la implementación de la turbina vórtice junto con la ubicación de la casa de máquinas. Donde hemos ubicado la turbina en la compuerta N° 1 que va en dirección al Río Taymi, esto es debido a la frecuencia de uso, la cual es mayor a las otras compuertas. También se consideró una zona cercana, libre y segura para la casa de máquinas.

Calcular y seleccionar el equipo electromecánico de la micro central hidroeléctrica

Se seleccionó los siguientes equipos electromecánicos según a lo calculado anteriormente, dónde nos definen los resultados necesarios para proceder a buscar los equipos con las especificaciones técnicas que la turbina requiere.

Generador eléctrico

Un generador eléctrico es cualquier dispositivo capaz de mantener la diferencia de potencial entre sus dos puntos y convertir la energía mecánica en energía eléctrica. Esta conversión se logra por la acción del campo magnético sobre los conductores eléctricos dispuestos en la armadura (también llamada estator). Una fuerza electromotriz (F.E.M.) se crea cuando hay un movimiento mecánico relativo entre un conductor y un campo magnético.

Tabla 11. Especificaciones técnicas de un generador eléctrico

Modelo	ARPMG
Potencia nominal (kW)	30 kW
Potencia máxima (kW)	38 kW
Tensión nominal (V)	380 V/420 V (Se puede ajustar según sus necesidades)
Velocidad nominal rotatoria (rpm)	170 rpm (se puede ajustar al tamaño solicitado)
Peso neto superior (kg)	350 kg
Salida de corriente	AC
Par nominal (N * m):	1774 N*m
Tipo de generador	Generador síncrono de imán permanente de 3 fases
Clase de aislamiento	F
Vida útil	Más de 25 años
Rodamiento	HRB o para su pedido
Material del eje	De hierro
Material de la carcasa	De acero al carbono
Material del imán permanente	De la tierra rara NdFeB
Tipo de protección	IP54
Lubricación	Lubricación de grasa
Temperatura de trabajo	-40°C a 80 °C

Fuente: [19]

Tablero eléctrico general

Un tablero eléctrico es una caja o gabinete que contiene dispositivos de conexión, manipulación, alarma, comando, medida, señalización y protección, con cubiertas y montajes apropiados, para realizar una función característica, aptos para su uso en una instalación eléctrica.

En general, los dispositivos de protección y control, como los dispositivos de medida se instalan en cuadros de distribución y por tanto deben fabricarse o montarse de acuerdo con las normas y reglamentos de diseño para garantizar su correcto funcionamiento en el momento del encendido y garantizar la seguridad de los operarios y de sus instalaciones.

Tabla 12. Parámetros eléctricos del tablero general de baja capacidad

Parámetros Eléctricos	Capacidad Baja
Capacidad de Corriente (A)	63 – 100 – 160 – 200 – 250
Tensión (V)	220 – 380 – 440
Capacidad de Ruptura (kA)	85 – 50 – 42

Fuente: [20]

Tabla 13. Parámetros eléctricos del tablero general de mediana capacidad

Parámetros Eléctricos	Capacidad Media
Capacidad de Corriente (A)	400 – 630 – 800 – 1000 – 1250
Tensión (V)	220 – 380 – 440
Capacidad de Ruptura (kA)	85 – 50 – 42

Fuente: [20]

Transformador eléctrico

El transformador eléctrico se seleccionó teniendo en cuenta la potencia del generador eléctrico, lo encontramos en el mercado internacional, teniendo las siguientes especificaciones técnicas.

Tabla 14. Especificaciones técnicas del transformador eléctrico

Marca	Dinghong
Potencia	35 kVA
Fases	3
Entrada	660V/400V/380V/220V
Salida	380V/220V/200V/110V
Tipo	Seco
Grado de aislamiento	Clase F, resistencia hasta 150°C

Fuente: [21]

Analizar técnico-económicamente el proyecto propuesto

Tabla 15. Presupuesto estimado de la casa de máquinas

Ítem	Descripción	Unidades	Cantidad	Precio unitario	Precio total
1	Ladrillo king Kong estándar	und	484	S/ 0,40	S/ 193,60
2	Ladrillo techo 15	und	150	S/ 2,10	S/ 315,00
3	Cemento 42.5 kg	und	74	S/ 34,00	S/ 2 516,00
4	Varillas de fierro 1/2"	und	41	S/ 37,50	S/ 1 537,50
5	Varillas de fierro 1/4"	und	37	S/ 8,80	S/ 325,60
6	Arena	m ³	10	S/ 45,00	S/ 450,00
7	Piedra chancada 1/2"	m ³	8	S/ 65,00	S/ 520,00
8	Piedra base	m ³	2	S/ 45,00	S/ 90,00
9	Volumen excavación	m ³	5.4	S/ 22,01	S/ 118,85
10	Puerta 2 x 3 m	und	1	S/ 800,00	S/ 800,00
11	Rejilla	und	1	S/ 300,00	S/ 300,00
Costo total					S/ 7 166,55

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. Presupuesto estimado de la parte electromecánica

Ítem	Descripción	Unidades	Cantidad	Precio unitario	Precio total
1	Turbina vórtice	und	1	S/ 34 875,00	S/ 34 875,00
2	Generador ARPMG	und	1	S/ 10 000,00	S/ 10 000,00
3	Tablero eléctrico general	und	1	S/ 4 950,00	S/ 4 950,00
4	Transformador 35 kVA	und	1	S/ 1 937,50	S/ 5 010,00
Costo total					S/ 51 762,50

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17. Datos para evaluación de LCOE

Descripción	Valor	Unidades
Inversión inicial	S/ 58 929,05	Divisa
Mantenimiento	S/ 589,29	Divisa
Energía generada al año	262 800	kWh

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta que la vida estimada de las instalaciones es de 20 años y la tasa de descuento es del 12%, se obtuvo como resultado:

$$LCOE = 0,22 \text{ S/ kWh}$$

Luego de evaluar el LCOE, agregamos S/ 0,10 para que exista una ganancia a la posible empresa que implemente el sistema. Por lo tanto, tendríamos un coste de energía de S/ 0,32 por kWh, procedemos a comparar con el coste de energía provista actualmente, el cual es de S/ 0,27 por kWh, dando como resultado que tendríamos un coste de energía más cara que la actual. Por consiguiente, no sería económicamente rentable para la represa.

3.2. Discusión de resultados

En relación al objetivo general de esta investigación, se analizó el diseño de la micro central hidroeléctrica propuesta por Requejo Contreras & Cortéz Contreras (2019), analizando los cálculos propuestos, los cuales no cuentan con similitudes con respecto a los usados en nuestro proyecto.

En el primer objetivo se obtuvo como resultado para este proyecto tendría una cierta parte parecido a la tesis de Madrigal Castillo (2018), por lo que se determinaría la máxima demanda en este caso para la represa “La Puntilla”.

Como diferencia es de que la máxima demanda no son los mismos valores, pero si el procedimiento para obtener dicha demanda además la energía requerida para la represa “La Puntilla” es muy diferente a otras micro centrales.

En el resultado que se consiguió para el tercer objetivo de este proyecto tiene un parecido en los resultados a la tesis de Requejo Contreras & Cortéz Contreras (2019), luego de analizar o proponer un generador eléctrico seleccionado es ARPMG, el cual tiene una potencia eléctrica de 30 kW, una turbina de vórtice puede ser una alternativa adecuada ya que trabajaría con bajas revoluciones y tiene más tiempo de vida útil.

En relación con la validez de todos los resultados, mediante el recojo de información para poder lograr nuestros objetivos sean válidos, quiere decir, el instrumento de recolección de datos nos permitió cumplir con los objetivos planteados en el presente proyecto, lográndose determinar, definir, ubicar y seleccionar adecuadamente.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- En el diseño de la micro central hidroeléctrica se debe tener en cuenta de los artefactos utilizados en cada casa para poder determinar la potencia instalada (W), el factor de demanda, máxima demanda, el tiempo que se utilizan y la energía sabiendo el total del consumo de energía de las casas se tiene en cuenta que la máxima demanda de las casas es de 29 877,75 W y la energía requerida es de 29 922,64 W-h.
- Los pequeños proyectos hidroeléctricos son una opción para el desarrollo de la población en las zonas rurales. Nuestra investigación tiene como objetivo facilitar la implementación de la infraestructura existente construida en áreas urbanas para la instalación de pequeños proyectos hidroeléctricos, con el objetivo de reutilizar la infraestructura, reduciendo así los precios y la probabilidad de realización del proyecto.
- El equipo electromecánico estará conformado por la turbina vórtice de una potencia de 30kW, un modelo ARPMG al generador eléctrico de 30kW.
- La generación de energía a través de la micro central hidroeléctrica es una óptima opción, debido a que su construcción es económica y su inversión inicial es de S/ 58 929,05, cabe resaltar que su mantenimiento es asequible para los beneficiados.

4.2. Recomendaciones

- Examinar otras energías alternativas para proponer un sistema híbrido que logre sustituir la integridad de la demanda de energía eléctrica.
- Promover la investigación y cimentación de turbinas hidroeléctricas en el territorio pues debido a la topología nacional, tenemos un enorme potencial cinético para crear energía hidroeléctrica.
- La empresa representante debe tomar en cuenta de hacer el análisis y realización del proyecto, se le sugiere que para la instalación de los grupos electromecánicos debe contar con personal calificado, con vivencia en esta clase de trabajos.
- Incentivar en la investigación para la instalación de micro centrales en nuevos proyectos de tratamiento de agua corriente.

REFERENCIAS

- [1] V. L., C. E. y P. J., «Advances in the Development of Gravitational Water Vortex Hydraulic Turbines,» *Journal of Engineering Science and Technology Review*, 2021.
- [2] L. Velásquez, A. Posada y E. Chica, «Optimization of the basin and inlet channel of a gravitational water vortex hydraulic turbine using the response surface methodology,» *Renewable Energy*, 2022.
- [3] R. E. Pinto, *Calidad de energía eléctrica*, Argentina-Cordoba: Jorge Sarmiento Editor - Universitas, 2020.
- [4] J. E. M. Rendón, *Sistemas alternativos de energía*, Cordoba: El Cid Editor, 2020.
- [5] ARIAE, «Centrales Eléctricas,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.ariae.org/sites/default/files/2017-05/Centrales%20Electricas%20.pdf>.
- [6] ANDINA, «Centrales Hidroeléctricas,» 2014. [En línea]. Available: <https://andina.pe/agencia/noticia-peru-es-segundo-pais-de-regionmas-centrales-hidroelectricas-504324.aspx>.
- [7] UPME, «Energía Eléctrica,» 2017. [En línea]. Available: https://www1.upme.gov.co/Energia_electrica/Atlas/Atlas_p25-36.pdf.
- [8] R. J. A. Jiménez, «Diseño de la etapa de acondicionamiento eléctrico para el prototipo de vórtice,» Ecuador, 2019.
- [9] María Victoria Petrazzini, «ENERGÍA RENOVABLE CON MICRO TURBINA PELTON,» 2018. [En línea]. Available: [https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/8934/PS-Micro%20Turbina%20Pelton%20\(2018\)%20Final.pdf?sequence=1](https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/8934/PS-Micro%20Turbina%20Pelton%20(2018)%20Final.pdf?sequence=1).
- [10] M. V. Petrazzini, «ENERGÍA RENOVABLE CON MICRO TURBINA PELTON,» 1, Argentina, 2018.
- [11] Turbulent, «The Vortex Turbine,» [En línea]. Available: <https://www.turbulent.be/>.
- [12] IDEAM, «MEDICIÓN DEL CAUDAL,» 2017. [En línea]. Available: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/012406/Cap11.pdf>.
- [13] D. Borges, P. Puch y G. Frías, «Control de demanda eléctrica aplicando algoritmos genéticos,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-33052017000300389>.
- [14] M. G. R. P. I. F. d. M. F. Sánchez, «Generador eléctrico con bobinas superconductoras,» 2019. [En línea]. Available: http://nthe.mx/NTHE_v2/pdfArticulos/PDF_Articulo20200721215351.pdf.
- [15] INEL, «Generador Eléctrico,» 2021. [En línea]. Available: <http://www.inelinc.com/>.
- [16] A. S.-H. G. C.-V. J. Yarin-Achachagua, «Control de armónicos en transformador eléctrico de potencia de planta de manufactura mediante filtro pasivo incorporado

optimizado con algoritmo de forraje bacterial,» 2021. [En línea]. Available: <http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2309-04132021000200061>.

- [17] C. Spagnoletta, «Universidad Torcuato Di Tella,» 2021. [En línea]. Available: <https://repositorio.utdt.edu/handle/20.500.13098/11261>.
- [18] J. L. Arias Gonzáles y G. Mitsuo Covinos, DISEÑO Y METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN, Perú: ENFOQUES CONSULTING EIRL, 2021.
- [19] Alibaba, «Motor generador de imán permanente, alternador, 30kW, precio al por mayor,» 2022. [En línea]. Available: <https://spanish.alibaba.com/p-detail/Wholesale-1600193314411.html>.
- [20] E. G. Requejo Contreras y K. Cortéz Contreras, Diseño y simulación de micro central hidroeléctrica utilizando turbina de vórtice para el centro poblado El Huaco – Distrito Huabal – Jaén – Perú, Jaén: Universidad Nacional de Jaén, 2019.
- [21] Alibaba, «Transformador de aislamiento trifásico de refrigeración por aire, suministro de energía Industrial, 35 Kva 30kva, CA, SG, 3 años, 480, precio de fábrica con descuento,» 2021. [En línea]. Available: <https://spanish.alibaba.com/p-detail/Factory-1600530314139.html>.
- [22] Colegio de Ingenieros del Perú, Código de Etica del Colegio de Ingenieros del Perú, Tacna, 1999.
- [23] R. Irwansyah, Warjito, Budiarso, C. C. Rusli y S. B. Nasution, «Analysing Hydraulic Efficiency of Water Vortex Pico-Hydro Turbine using Numerical Method,» *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, 2020.
- [24] S. G. Skripkin, D. A. Suslov, I. V. Litvinov, E. U. Gorelikov, M. A. Tsoy y S. I. Shtork, «Comparative analysis of air and water flows in simplified hydraulic turbine models,» *Journal of Physics: Conference Series*, 2022.
- [25] S.-J. Kim, J.-W. Suh, Y.-S. Choi, J. Park, N.-H. Park y J.-H. Kim, «Inter-Blade Vortex and Vortex Rope Characteristics of a Pump-Turbine in Turbine Mode under Low Flow Rate Conditions,» *Water (Switzerland)*, 2019.
- [26] A. Yu, Y. Wang, Q. Tang, R. Lv y Z. Yang, «Investigation of the vortex evolution and hydraulic excitation in a pump-turbine operating at different conditions,» *Renewable Energy*, 2021.
- [27] D. Ünsalan, K. Izet-Ünsalan y K. T. Gürsel, «Parametric analysis of gravity Vortex turbines as a low cost renewable energy alternative from low head hydraulic resources,» *Scientific Bulletin of Naval Academy*, 2020.
- [28] T. A. Cheema, R. Ullah y A. S. Saleem, «Performance analysis of a two-stage gravitational water vortex turbine,» *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2019.
- [29] T. Irie, W. Takahashi, M. Shinji, K. Miyagawa, T. Sugimoto, T. Naganuma y R. Waku, «Proposal of a new hydraulic turbine capable of high efficiency operation over a wide

range of flow rate and effective head,» *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2019.

- [30] B. Nennemann, M. Melot, C. Monette, M. Gauthier, S. Afara, J. Chamberland-Lauzon y T. Jurvansuu, «Shear and vortex instabilities at deep part load of hydraulic turbines and their numerical prediction,» *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021.
- [31] A. V. Sentyabov, D. V. Platonov, A. V. Minakov y A. S. Lobasov, «Numerical study of the vortex breakdown and vortex reconnection in the flow path of high-pressure water turbine,» *Journal of Physics: Conference Series*, 2021.
- [32] A. Olivares, R. Guerra, M. Alfaro, E. Notte-Cuello y L. Puentes, «Evaluación experimental de correlaciones para el cálculo del factor de fricción para flujo turbulento en tuberías cilíndricas,» *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería*, 2019.
- [33] I. R. Calero Freire, «Protección de generadores eléctricos mediante relés microprocesados multifuncionales,» 2008. [En línea]. Available: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/710>.
- [34] R. O. Flores, «Hidráulica: generación de energía,» 2017. [En línea]. Available: <https://elibro.net/es/lc/bibsipan/titulos/70964>.
- [35] J. E. M. Rendón, *Sistemas alternativos de energía*, Argentina- Córdoba: El Cid Editor, 2020.

ANEXOS

Anexo 1. Caudales Río Taymi del año 2021

PROYECTO ESPECIAL OLMOS TINAJONES OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO SISTEMA MAYOR - TINAJONES												
CAUDALES RIO TAYMI - PUNILLA m ³ /s.												
	Ene-21	Feb-21	Mar-21	Abr-21	May-21	Jun-21	Jul-21	Ago-21	Set-21	Oct-21	Nov-21	Dic-21
1	33.189	77.812	45.998	61.010	46.943	14.124	14.237	16.040	17.113	5.544	19.887	24.299
2	33.699	68.326	45.769	62.162	46.650	14.535	15.260	3.483	16.734	6.730	17.022	24.452
3	32.564	63.178	47.655	62.254	47.755	15.753	15.613	2.824	17.551	5.298	17.139	24.707
4	32.184	63.007	54.905	57.178	48.256	16.234	15.317	2.945	17.813	6.096	18.496	25.100
5	31.733	64.279	55.183	54.303	47.733	14.648	0.260	2.301	15.909	7.093	17.281	26.186
6	31.347	64.685	60.342	54.794	48.827	12.598	0.503	2.267	3.747	7.329	16.178	40.500
7	31.343	66.109	54.509	56.480	48.364	11.764	1.455	2.570	3.539	9.101	15.547	40.219
8	31.405	74.010	89.227	58.252	47.094	11.858	5.610	2.995	3.786	14.564	16.136	41.134
9	31.695	72.689	67.341	61.015	43.477	13.096	5.599	3.020	3.942	21.750	17.189	41.365
10	30.404	72.005	65.259	59.356	41.473	14.643	5.963	3.025	3.759	21.728	17.589	41.646
11	30.955	72.364	65.420	58.032	40.605	14.191	7.010	3.694	3.786	26.974	17.706	40.632
12	31.553	70.460	63.518	59.107	40.913	13.459	18.445	2.921	4.235	26.140	18.115	41.057
13	31.295	71.474	64.721	60.070	38.049	13.121	20.549	2.695	5.719	25.057	18.156	47.984
14	31.931	70.459	68.781	59.851	37.965	12.923	18.698	3.202	5.194	25.071	16.893	49.107
15	30.699	68.700	66.529	57.547	37.016	13.043	18.682	2.009	4.611	25.314	15.188	49.545
16	30.139	68.334	64.313	56.941	33.649	13.633	18.388	3.702	4.666	23.174	15.530	49.000
17	31.968	68.240	63.296	55.595	32.641	15.719	17.496	3.468	4.726	22.661	16.111	47.280
18	42.175	69.503	60.250	56.441	31.558	17.848	16.456	4.678	5.132	22.125	15.673	46.213
19	43.984	70.294	63.060	56.363	28.377	16.385	16.816	20.391	4.923	21.934	15.061	44.343
20	45.041	67.264	64.571	52.263	29.292	15.230	17.636	20.947	5.537	20.611	14.595	46.225
21	47.438	66.516	61.612	50.626	25.075	15.798	17.111	20.357	5.919	20.060	16.089	48.358
22	45.985	62.063	58.744	52.185	21.721	15.099	17.508	19.341	5.362	21.135	20.194	48.653
23	42.567	62.952	58.023	47.807	19.943	16.272	16.963	20.781	5.516	20.672	20.599	47.392
24	14.408	63.844	57.657	49.603	19.908	16.871	15.425	20.821	5.865	20.092	20.190	47.181
25	46.424	62.669	57.754	52.791	18.652	16.820	14.336	20.164	5.954	20.103	19.882	47.347
26	74.015	63.019	56.654	52.403	19.483	16.533	14.570	20.353	6.001	20.723	18.906	46.985
27	72.608	62.311	56.399	48.625	19.588	16.523	14.370	20.776	6.364	20.364	18.854	50.521
28	70.082	60.077	58.238	48.169	19.508	15.114	14.459	20.731	5.496	21.682	19.584	51.940
29	25.491		60.714	46.508	18.270	14.583	14.141	20.467	5.733	21.625	22.173	50.800
30	64.906		56.797	46.486	17.105	14.059	15.120	19.392	6.066	20.367	22.916	50.142
31	77.721		60.690		15.389		15.736	18.659		18.599		52.808
SUMA	1,250.968	1,886.645	1,866.925	1,652.451	1,031.499	442.277	418.832	331.237	210.658	569.736	534.879	1,333.122
PRO	40.354	67.380	60.223	55.082	33.274	14.743	13.511	10.685	7.022	18.379	17.629	43.004
MAX	77.721	77.812	69.227	62.254	48.827	17.848	20.549	20.947	17.613	26.974	22.916	52.809
MIN	14.408	60.077	45.769	48.189	15.389	11.658	0.260	2.009	3.539	5.298	14.595	24.299
MASA	108,083.635	163,008.128	161,303.320	142,771.786	89,121.514	38,212.733	36,187.085	28,618.877	18,200.851	49,225.190	46,213.546	115,181.741

Fuente: Área de Operaciones-PEOT



Fuente: Área de Operaciones-PEOT

Anexo 2. Plano Original de la Represa La Puntilla



Fuente: Área de Operaciones-PEOT

Anexo 3. Ficha de observación

		FICHA DE OBSERVACION	
TITULO DE TESIS		Diseño de una Micro Central Hidroeléctrica utilizando una Turbina Vórtice para suministrar Energía Eléctrica en La Represa La Puntilla – Pampa Grande	
DATOS GENERALES		Suministro de energía eléctrica en la represa La Puntilla	
CARACTERISTICAS GENERALES DE LA MICRO CENTRAL HIDROELECTRICA.			
DESCRIPCION	CANTIDAD	POTENCIA INSTALADA	Time Min/Hora
Televisor 45"	1	140	3
Luz Led	11	18	4
Cargador de Celular	2	18	1.5
Cargador de Laptop	1	135	1
Kalderas	5	400	11
Motor de Accionamiento Hidraulico	1	5592.5	0.05
Motor de Accionamiento de Corp. Rio Teyari	6	1200	0.05
Motor de Accionamiento de Corp. Rio Requena	4	3500	0.05
Pasta de Luz	3	120	12

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4. Formato de encuesta

FORMATO DE ENCUESTA

LOCALIDAD: Cabocayque.....

1. Ubicacion

1.1. Departamento: La Libertad..... Provincia: Chilisaque.....

Distrito: Cabocayque..... Región: La Libertad.....

2. Preguntas:

A. ¿En que orden se abren las compuertas?

Las compuertas en la Represa de Pustillo por el Rio Taymi en donde hay 12 compuertas.

B. ¿Cuál es el caudal mínimo que ingresa al rio taymi?

El caudal mínimo del año 2021 es de 0.26 m³/s.....

C. ¿Cuántas compuertas existen en el rio requé?

Para el Rio Requé existen 4 Compuertas.....

D. ¿Cuántas compuertas existen hay en el rio taymi?

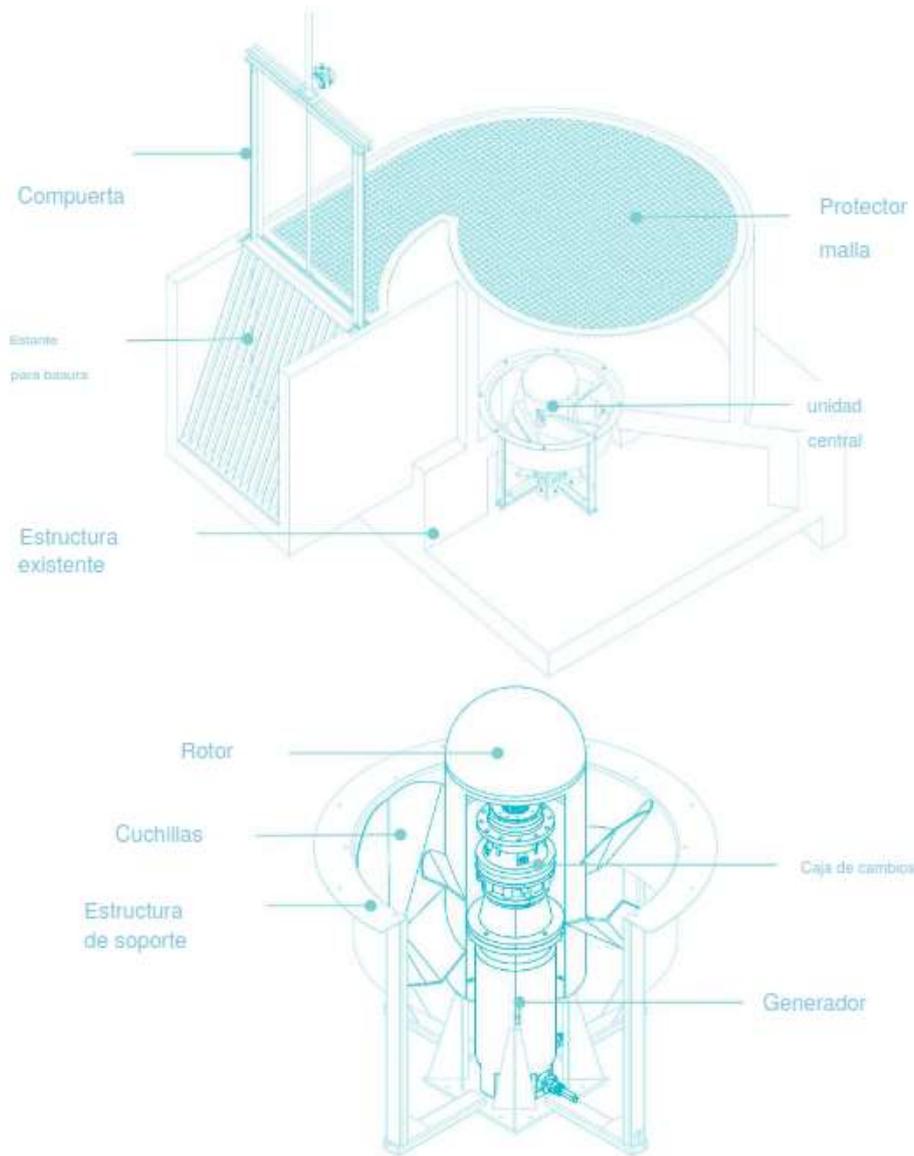
Para el Rio Taymi existen 7 Compuertas.....

E. ¿Cuáles son las potencias de los motores de accionamiento?

Son 3 tipos de motores 5500 S, 1200 y 3500.....

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5. Modelo de las turbinas vórtice Turbulent



Fuente: [11]

Anexo 6. Casa de máquinas de Cerámicos Galca



Fuente: Propia

Anexo 7. Transformador de Cerámicos Galca



Fuente: Propia

Anexo 8. Tablero eléctrico de Cerámicos Galca



Fuente: Propia

Anexo 9. Recibo de luz de la zona

RECIBO N° S258-96586762
 Patapo / Chiclayo / Lambayeque/
 Para consultar su código es: **37006590**
ROJAS URIARTE, ZAIDA BELISA
 Mz. "2" Lote S/N Sec.Rural DESAGUADERO

Setiembre-2023
 3106 - 53722 - 2730

Ensa
 EMPRESA REGIONAL DE SERVICIO PÚBLICO
 DE ELECTRICIDAD DEL NORTE S.A.
 San Martín N° 200 - Chiclayo
 R.U.C. 2045117560

DATOS DEL SUMINISTRO DE CONSUMO		IMPORTES FACTURADOS	
Tensión y SED	220 V - BT / D-276966	Recibo por Consumo del 29/08/2023 al 27/09/2023	
Sist. Eléctrico	R221 Chiclayo Baj (SER)	Cargo Fijo	4.17
Tipo de Conexión	Monofásica-Aérea(C1.1)	Ene.Activa(S/ 0.2747 x 2.0000 kWh)	0.55
Opción Tarifaria	BT5B - Residencial	Alumbrado Público (Alcudia : S/ 0.5250)	0.53
Medidor N°	000000607929074 - Electrón.	Interés Compensatorio	0.02
Hilos	2	SUB TOTAL	5.27
Leitura Anterior	3,284.00 (28/08/2023)	Imp. Cról. a las Ventas	0.95
Leitura Actual	3,286.00 (27/09/2023)	Sabto por redondeo	0.03
Diferencia de Lectura	2.00	Diferencia de redondeo	0.03
Factor	1.0000	Aporte Ley No. 28749	0.0099
Consumo	2.00 kWh	TOTAL RECIBO DE SETIEMBRE-2023	6.30
Cons. Prom.(6 meses)	29.50 kWh	Descuento FOSE(Ley N° 27610) S/ 0.82	
Potencia Contratada	1.00 kW.		
Inicio Contrato	08/01/2016		
Término Contrato	07/01/2024		
Fecha Emisión	29/09/2023		

Consumo Facturado (kWh) — Importe Total (S.)

Año 2023

Importe 2 Últimos Meses Facturados

Jul - 2023 S/ 7.90	ago - 2023 S/ 24.00
--------------------	---------------------

FECHA DE VENCIMIENTO
20/10/2023

TOTAL A PAGAR S/ ***6.30**

¡Felicitaciones! Eres un potencial Beneficiario FISE. Comunícate a través de los canales digitales u oficinas de atención al cliente. Si tu evaluación es conforme podrás ser un beneficiario FISE.

RECIBO N° S258-96586762 **Setiembre-2023**
 Suministro: 37006590 ROJAS URIARTE, ZAIDA BELISA
 Patapo / Chiclayo / Lambayeque/
 3106 - 53722 - 2730 / 29/09/2023 / 20/10/2023
TOTAL A PAGAR S/ ***6.30**

130

Ensa R.U.C. 20103117560

Fuente: Propia

NOMBRE DEL TRABAJO

DISEÑO DE UNA MICRO CENTRAL HIDROELÉCTRICA UTILIZANDO UNA TURBINA A VÓRTICE PARA SUMINISTRAR ENERGÍA E

AUTOR

Erick Joao y Carlos Henry Fernandez Ortiz y Santamaria Ramos

RECUENTO DE PALABRAS

5855 Words

RECUENTO DE CARACTERES

30984 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

34 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

4.5MB

FECHA DE ENTREGA

Mar 12, 2024 12:19 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Mar 12, 2024 12:20 PM GMT-5

● 23% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 19% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 12% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)
- Material citado

ACTA DE ORIGINALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, **Silvia Yvone Gastiaburú Morales**, Coordinador de Investigación y Responsabilidad Social de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecánica Eléctrica** y revisor de la investigación aprobada mediante **Resolución N° 0804-2022/FIAU-USS** de(l) los Bachiller(es):

FERNANDEZ ORTIZ ERICK JOAO
SANTAMARIA RAMOS CARLOS HENRY,

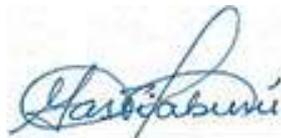
Titulada:

**“DISEÑO DE UNA MICRO CENTRAL HIDROELÉCTRICA
UTILIZANDO UNA TURBINA VÓRTICE PARA SUMINISTRAR
ENERGIA ELÉCTRICA EN LA REPRESA LA PUNTILLA - PAMPA
GRANDE”**

Se deja constancia que la investigación antes indicada tiene un índice de similitud del **23%** verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el software de similitud TURNITIN.

Por lo que concluye que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con lo establecido en la Directiva de Similitud aprobada mediante Resolución de Directorio N° 015-2022/PD-USS de la Universidad Señor de Sipán.

Pimentel, 12 de marzo de 2024



Dra. Silvia Yvone Gastiaburú Morales
DNI N° 16481433