



**FACULTAD DE INGENIERÍA ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
MECÁNICA ELÉCTRICA**

TESIS
**CÁLCULO DEL POTENCIAL ELÉCTRICO DE UNA
MICROTURBINA HIDRÁULICA TIPO PELTON
IMPRESA EN 3D CON PLA PARA DIFERENTES
CONFIGURACIONES DE RELLENO**
**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO ELECTRICISTA**

Autores:

Bach. Salazar Ortiz Luis Alfredo
Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3015-0213>
Bach. Vargas Aguilar Julian Andres
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1922-7462>

Asesor:

MSc, Rojas Coronel Angel Marcelo
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2720-9707>

Línea de Investigación
Infraestructura, tecnología y medio ambiente

Pimentel – Perú

2023

**CÁLCULO DEL POTENCIAL ELÉCTRICO DE UNA MICROTURBINA
HIDRÁULICA TIPO PELTON IMPRESA EN 3D CON PLA PARA DIFERENTES
CONFIGURACIONES DE RELLENO**

Aprobación del Jurado

Dra. GASTIABURÚ MORALES SILVIA YVONE

Presidente del Jurado de Tesis

Mtro. VIVES GARNIQUE JUAN CARLOS

Secretario(a) del Jurado de Tesis

MSc. ROJAS CORONEL ANGEL MARCELO

Vocal del Jurado de Tesis


DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quienes suscribimos 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:

CALCULO DEL POTENCIAL ELECTRICO DE UNA MICROTURBINA HIDRAULICA TIPO PELTON IMPRESA EN 3D CON PLA PARA DIFERENTES CONFIGURACIONES DE RELLENO

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 (CIEI USS) conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación a las citas y referencias bibliográficas, respetando al 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:

Salazar Ortiz Luis Alfredo	DNI: 71419883	
Vargas Aguilar Julian Andres	DNI: 49079956	Julian Vargas

Pimentel, 10 de octubre de 2023.

Dedicatoria

A DIOS

Quien ha sido mi guía,
fortaleza y su mano fiel y
amorosa ha estado conmigo
hasta el día de hoy.

A MIS PADRES

Luis Salazar y Elva Ortiz, por
su apoyo y cariño, paciencia,
por inculcarme buenos valores
e infundir el ejemplo de trabajo
duro, porque me apoyan
incondicionalmente y me
aconsejan siempre.

A MIS HERMANAS

Abigail y Keyla por su amor
incondicional que siempre me
brindan; gracias por sus
consejos y por brindarme su
apoyo cada día.

Salazar Ortiz Luis Alfredo

Agradecimiento

A mis padres, que siempre me apoyan, quienes estuvieron siempre a mi lado en las buenas y las malas, han sido los mejores guías de vida.

A mis hermanas, por ser quienes me apoyan diariamente, que con sus palabras de aliento me levantaban cada vez y me motivaban a ser mejor.

A mi tutor, el Msc. Rojas Coronel Ángel Marcelo, por brindarme su apoyo en todo momento, sus consejos fueron siempre lucrativos.

Salazar Ortiz Luis Alfredo

Dedicatoria

A LA CONCIENCIA CREADORA

Quien me lleno de fortaleza, sabiduría y energía positiva para poder culminar mi carrera profesional, y así cumplir mis objetivos propuestos.

A MI ESPOSA

Jannyna Solano, por ser mi motor, mi motivación e inspiración diaria, quien fue testigo de mis logros, frustraciones y miedos en este proceso educativo, me apoyo incondicionalmente, me aconsejó y brindó la fortaleza para seguir luchando por mis metas.

A MI HIJO

Julián Santiago quien me llena de fortaleza, vitalidad y felicidad con su sonrisa y ocurrencias.

Es mi mayor motivación para alcanzar mis objetivos y metas propuestas, por quien lucho día a día por brindarle la felicidad que se merece.

Vargas Aguilar Julian Andres

Agradecimiento

A mi esposa, por ser quien me apoya diariamente, cuando me siento caer me levanta con palabras de aliento, y me motiva para seguir luchando; por lo que, me propongo.

A mi hijo, por ser mi motivación y por quien lucho a diario.

A mis padres por darme la vida y enseñarme los valores de la responsabilidad, honestidad y puntualidad, a mis hermanos por servir como ejemplo de superación ante las adversidades.

Al Msc. Rojas Coronel, Angel Marcelo quien me asesoró, y absolvió mis dudas, en este proceso de investigación.

Vargas Aguilar Julian Andres

Índice

Dedicatoria.....	4
Agradecimiento.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento.....	7
Índice de Tablas.....	10
Índice de Figuras.....	11
Resumen.....	13
Abstract.....	14
I. INTRODUCCION.....	15
1.1. Realidad Problemática.....	15
1.2. Formulación del Problema.....	18
1.3. Hipótesis.....	19
1.4. Objetivos.....	19
1.5. Teorías Relacionadas al Tema.....	20
II. MATERIALES Y METODO.....	33
2.1. Tipo y Diseño de Investigación.....	33
2.2. Variables, Operacionalización.....	34
2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección.....	36
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad....	37
2.5. Procedimiento de análisis de datos.....	39
2.6. Criterios éticos.....	41
III. RESULTADOS Y DISCUSION.....	42
3.1. Resultados.....	42
3.2. Discusión.....	77
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	79
4.1. Conclusiones.....	79
4.2. Recomendaciones.....	80
REFERENCIAS.....	81

Índice de Tablas

Tabla 1 Operacionalización de variables	35
Tabla 2. Datos principales	42
Tabla 3. Resumen del análisis de los triángulos de velocidades.....	45
Tabla 4. Dimensiones del cangilón Pelton.....	46
Tabla 5. Propiedades físicas Microturbina Pelton	53
Tabla 6. <i>Propiedades físicas Microturbina tipo Pelton</i>	53
Tabla 7. <i>Propiedades físicas turbina tipo Pelton</i>	54
Tabla 8 Propiedades físicas turbina tipo Pelton	54
Tabla 9. Resultados teóricos del banco de pruebas para micro turbina tipo Pelton	55
Tabla 10. Resultados experimentales del banco de pruebas para micro turbina tipo Pelton	59
Tabla 11. Resultados experimentales del banco de pruebas para micro turbina tipo Pelton	61
Tabla 12. Resultados experimentales del banco de pruebas para micro turbina tipo Pelton	63
Tabla 13. Resultados experimentales del banco de pruebas para micro turbina tipo Pelton	65
Tabla 14. Comparación resultados Teóricos y Experimentales.....	72
Tabla 15. Costo de materiales utilizados para la implementación del módulo de pruebas para micro turbinas tipo Pelton.....	73
Tabla 16. Datos para la obtención de la TIR Y EL VAN	74
Tabla 17. TIR Y EL VAN.....	75

Índice de Figuras

Figura 1. Patrón de relleno de cuadrícula con densidad de relleno del 20 % (izquierda) al 100 % (derecha)	18
Figura 2. Componentes de una turbina Pelton	21
Figura 3. Turbina tipo Pelton de eje horizontal	22
Figura 4. Izquierda Eje Horizontal - Derecha Eje Vertical.....	23
Figura 5. Eficiencia de la Turbina Pelton	27
Figura 6. Turbina Pelton eficiencia en relación al caudal.....	27
Figura 7 Impresora 3D Sindoh, modelo 3DWOX 1.....	28
Figura 8 Foto a con 60% - b con 40% - c con 80% y d con 70% de relleno.	29
Figura 9. Alabes de las microturbinas tipo Pelton con sus respectivas configuraciones de relleno	30
Figura 10. Rotores de las microturbinas tipo Pelton con sus respectivas configuraciones de relleno.....	31
Figura 11. Relación entre caudal y potencia generados para los cubos 1 y 2.....	32
Figura 12. Diagrama de Flujo de Procesos	39
Figura 13. <i>Velocidades de entrada y salida en el cangilón</i>	43
Figura 14. Cálculos para los triángulos de velocidades de salida y entrada.....	44
Figura 15 <i>Construcción geométrica del cangilón Pelton</i>	46
Figura 16. Rotor microturbina tipo Pelton.....	47
Figura 17. Cangilón de la microturbina tipo Pelton.....	47
Figura 18. Micro Turbina tipo Pelton ensamblada en software CAD	48
Figura 19. Cangilón para cálculo de factor de seguridad.....	49
Figura 20. Factor de concentración de esfuerzos K para barras planas con agujeros circulares.....	52
Figura 21. Curva de la potencia Mecánica en relación a los RPM.....	56
Figura 22. Curva de la potencia hidráulica en relación con el caudal.....	57
Figura 23. <i>Curva de la eficiencia en relación a la Potencia Hidráulica y Potencia Mecánica en el módulo de pruebas para micro turbinas tipo Pelton</i>	58
Figura 24. Curva de la potencia mecánica producida en el módulo de pruebas para microturbinas tipo Pelton.....	60
Figura 25. Eficiencia en cuanto a potencia hidráulica y Potencia mecánica en microturbina Impresa en 3D.	60
Figura 26. Curva del Potencial eléctrico en relación al Caudal	60
Figura 27. Curva de la potencia mecánica producida en el módulo de pruebas para microturbinas tipo Pelton.....	62
Figura 28. <i>Eficiencia en cuanto a potencia hidráulica y Potencia mecánica en microturbina Impresa en 3D.</i>	62
Figura 29 Curva del Potencial eléctrico en relación al Caudal	62
Figura. 30. Curva de la potencia mecánica producida en el módulo de pruebas para microturbinas tipo Pelton.....	64
Figura 31. <i>Eficiencia en cuanto a potencia hidráulica y Potencia mecánica en microturbina Impresa en 3D.</i>	64
Figura 32. Curva del Potencial eléctrico en relación al Caudal	64
Figura 33. <i>Curva de la potencia mecánica producida en el módulo de pruebas para microturbinas tipo Pelton</i>	66
Figura 34 Eficiencia en cuanto a potencia hidráulica y Potencia mecánica en microturbina Impresa en 3D.	66

Figura 35. Curva del Potencial eléctrico en relación al Caudal	66
Figura 36 Potencia mecánica obtenida de las diferentes microturbinas impresas en 3D con sus respectivas configuraciones de relleno.....	67
Figura 37. Transportador de ángulos 360°	68
Figura 38. Potencia hidráulica en relación al caudal proporcionado por la bomba hidráulica	69
Figura 39 <i>Eficiencia de las microturbinas tipo Pelton impresas en 3D en los ensayos realizados en el módulo para microturbinas.....</i>	70
Figura 40. Microturbina tipo Pelton con mayor eficiencia en cuanto a la generación de potencial eléctrico	71

Resumen

En la presente investigación, la generación del potencial eléctrico con la aplicación de diferentes configuraciones de relleno, para la impresión de la microturbina hidráulica tipo Pelton, se trabajó en base a una incógnita, según la revisión efectuada por los investigadores, se conoció que, los diferentes tipos de relleno en la impresión 3D no son tomados en cuenta, arribándose a que, las causas principales oscilaban en, desconocimiento, dificultades en la inversión, en cuanto a tiempo y material utilizado en mencionada tecnología. En virtud a lo expuesto, se planteó como objetivo Calcular el Potencial Eléctrico de una microturbina hidráulica tipo Pelton impresa en 3D con PLA para diferentes Configuraciones de Relleno, mediante el uso de una guía de análisis de documentos y la observación.

Se realizó un diseño propio en un software CAD, a fin de implementarlo en un banco de ensayo para microturbinas, y se identificó la potencia eléctrica generada, por ser un tipo de investigación experimental, se llevó a cabo de manera práctica, dentro de las instalaciones de la Universidad Señor de Sipán, para lograrlo se tuvieron en cuenta 4 microturbinas hidráulicas con configuraciones de relleno del 25, 50, 75 y 100 %.

Las diferentes configuraciones de relleno, nos permitieron ver cuál de ellas es la más eficiente, en cuanto a la generación del potencial eléctrico, siendo así, los resultados obtenidos experimentalmente, donde el potencial eléctrico, asciende a 0.28 V. Con un caudal máximo entregado por la bomba hidráulica de 82 l/min a una presión de 1.6 bar.

Palabras claves: Microturbina Pelton, configuración de relleno, potencial eléctrico, impresión 3D, PLA, potencia mecánica.

Abstract

In the present research, the generation of the electric potential with the application of different filler configurations for the printing of the Pelton-type hydraulic microturbine, was worked based on an unknown, according to the review made by the researchers, it was known that the different types of fillers in 3D printing are not taken into account, arriving to the fact that the main causes ranged in, ignorance, difficulties in investment, in terms of time and material used in this technology. By virtue of the above, the objective was to calculate the Electrical Potential of a Pelton type hydraulic microturbine 3D printed with PLA for different Filling Configurations, by using a document analysis guide and observation.

An own design was made in CAD software, in order to implement it in a test bench for microturbines, and the generated electric power was identified, for being a type of experimental research, it was carried out in a practical way, within the facilities of the Universidad Señor de Sipán, to achieve this, 4 hydraulic microturbines with filling configurations of 25, 50, 75 and 100 % were taken into account.

The different filling configurations allowed us to see which of them is the most efficient, in terms of the generation of the electrical potential, thus being the results obtained experimentally, where the electrical potential amounts to 0.28 V. With a maximum flow delivered by the hydraulic pump of 82 l/min at a pressure of 1.6 bar.

Keywords: Pelton microturbine, infill configuration, electrical potential, 3D printing, PLA, mechanical power.

I. INTRODUCCION

1.1. Realidad Problemática

Las turbinas hidráulicas son turbomáquinas utilizadas para la generación de energía eléctrica, instaladas en hidroeléctricas de diferentes lugares del mundo, las cuales aprovechan la energía de un fluido que las recorre para así convertir esta energía en energía eléctrica por medio de la rotación.

El potencial eléctrico según, [1] es una base por cada una de sus cargas; como el caso del campo eléctrico que describe a la fuerza por su unidad de carga, sobre quien transporta la carga en un determinado espacio. Estos sucesos nos trasladan al significado de potencial eléctrico, que habitualmente se le llama potencial.

El potencial es lo mismo que la energía potencial por cada carga de unidad. Se conoce el potencial V en un determinado punto de un campo eléctrico como la energía potencial U por su unidad de carga coligada con una carga de prueba q_0 en el mismo punto, lo mencionado anteriormente se expresa en la siguiente ecuación:

$$V = \frac{U}{q_0} \text{ o bien, } U = q_0 V$$

Ecuación 1. (potencial Eléctrico)

Son escalares la energía potencial y la carga, esto quiere decir que el potencial es una magnitud escalar.

Las unidades que le corresponden se definen en la ecuación (1). En el SI la unidad para potencial eléctrico es el volt (1 V) es lo mismo que 1 joule por coulomb.

Según, [2] exponen que las turbinas hidráulicas son máquinas que utilizan las variaciones del movimiento de un fluido que pasa por estos dispositivos, para desarrollar par y potencia en un eje. Este tipo de energía es utilizable para la producción de energía eléctrica o para la realización de trabajo al acoplarse al eje de salida de un generador eléctrico.

Con la ayuda de la tecnología de impresión 3D se realizó la impresión de cuatro Microturbinas Hidráulicas tipo Pelton a las cuales se les aplicaron diferentes configuraciones de relleno, para realizar un cálculo del potencial eléctrico y así ver cuál configuración aplicada es la más recomendable.

Según, [3] afirman que la impresión 3D tiene sus inicios en los años 70 con el avance exponencial de la tecnología, la cual fue iniciada por Steve Jobs con su marca Apple, de igual manera Charles W. Hull quien fue el inventor del método de estereolitografía (SLA) el cual era utilizado para la producción de maquetas, este método es el prefacio para la producción de impresoras 3D.

Para, [4] la impresión 3D es una de las modernas técnicas de fabricación que facilita enormemente la evaluación y validación de diseños de productos.

Las impresoras 3D cuentan con la facilidad de imprimir objetos con diferentes configuraciones de relleno, esto según el modelo y marca de la impresora. No obstante, estas configuraciones no son del todo aprovechadas ya que se busca realizar impresiones en el menor tiempo posible y haciendo uso del menor material posible, aplicando un 0% de relleno obviando la resistencia a la tracción de la pieza impresa. En algunos casos, se realizan impresiones de relleno al 100 %, anulando la configuración de relleno. Para saber qué porcentaje de relleno es el adecuado se fabrican probetas teniendo en cuenta la norma ASTM D638 para aplicarles pruebas y así conocer su máxima resistencia a la rotura, análisis de varianza y diseño de bloques al azar con múltiples tratamientos (cinco) y repeticiones (tres); en este método no tiene en consideración el factor desconocido y no controlado como lo es el estado del clima el periodo en que la prueba es realizada, [3].

La impresión 3D está tomando relevancia; porque, se logra obtener piezas ya culminadas o cerca de estar culminadas, gracias a esto el tiempo de manufactura es más reducido en cuanto a la fabricación de partes y/o piezas lo que permite tomar atajos en cuanto a los postprocesos utilizados convencionalmente para la obtención de la pieza terminada.

No siendo esta la única ventaja de la tecnología mencionada, también cuenta con grandes beneficios como la multiplicidad de materiales que se pueden utilizar y los diseños de piezas complejos que se lleguen a manufacturar.

[5] P.5 Exponen que el porcentaje de relleno del polímero impreso, definido también como densidad, se conoce como el espacio total en las paredes dentro de la pieza, una impresión al 100 % no contiene espacios entre los hilos de impresión.

[6] investigaron que la impresión 3D se ha incorporado en gran magnitud en múltiples aplicaciones de la industria como lo son: la aeroespacial, biomédica o automotriz, están haciendo uso de esta tecnología para la representación de prototipos gracias a su flexibilidad la cual es incomparable.

El espesor de relleno es considerado el factor más eficiente entre otros parámetros para mejorar las propiedades mecánicas. No obstante, además de la densidad de relleno para ahorro de material y tiempo de impresión de los componentes requeridos, se deben tener en cuenta diferentes perspectivas para la mejora del material que se desea imprimir en cuanto a sus propiedades mecánicas.

Según, [7] afirman que mayormente, el principal objetivo de la configuración de relleno de cualquier material impreso es emular o hasta mejorar las propiedades mecánicas de determinada pieza tales como su dureza y rigidez, a la vez se ahorra material, tiempo que lleva fabricar una pieza y hasta dinero, además mencionan que no se ha encontrado alguna explicación del por qué al usar una configuración del 100% de relleno la pieza no se llena completamente es su interior.

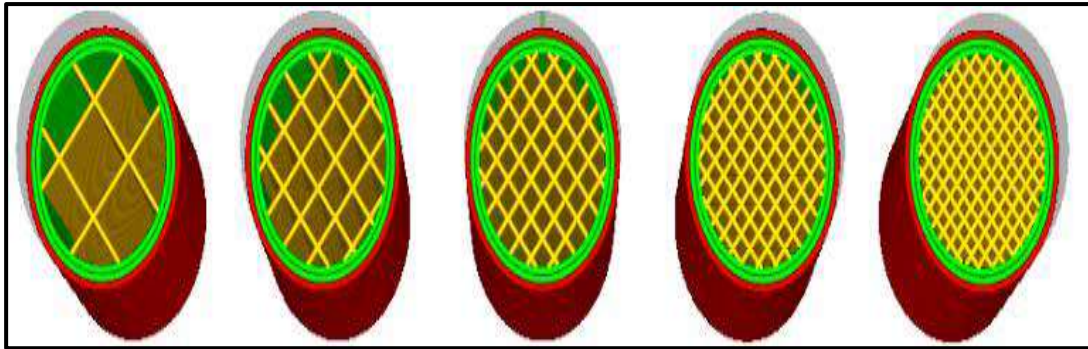


Figura 1. Patrón de relleno de cuadrícula con densidad de relleno del 20 % (izquierda) al 100 % (derecha)

Fuente: [7].

La resistencia – peso es un factor fundamental lo cual afecta la elección de que configuración de relleno utilizar. Al imprimir objetos livianos conlleva a hacer uso de menos material y ocupar menos tiempo de impresión, [7].

En la presente investigación, la generación del potencial eléctrico con la aplicación de diferentes configuraciones de relleno para la impresión de la microturbina hidráulica Tipo Pelton es una incógnita, lo que se buscó fue realizar un cálculo del potencial eléctrico y descubrir qué tipo de configuración es la óptima en cuanto al rendimiento de dicha microturbina hidráulica, ya que como lo dice la teoría anteriormente expuesta, en muchas oportunidades los diferentes tipos de relleno en la impresión 3D no son tomados en cuenta, ya sea por desconocimiento, o por la inversión en cuanto a tiempo y material utilizado en mencionada tecnología.

1.2. Formulación del Problema

¿Qué configuración de relleno es la más óptima para el cálculo del potencial eléctrico en la impresión 3D con PLA de una Microturbina Hidráulica tipo Pelton?

1.3. Hipótesis

La ejecución de la propuesta ingenieril para el CÁLCULO DEL POTENCIAL ELÉCTRICO DE UNA MICROTURBINA HIDRÁULICA TIPO PELTON IMPRESA EN 3D CON PLA PARA DIFERENTES CONFIGURACIONES DE RELLENO, dio a conocer que porcentaje de relleno utilizado es el adecuado, en cuanto a desempeño y generación del potencial eléctrico.

1.4. Objetivos

Objetivo general

Calcular el potencial eléctrico de una Microturbina Hidráulica tipo Pelton impresa en 3D con PLA para diferentes configuraciones de relleno.

Objetivos específicos

- Determinar las propiedades físicas, peso y densidad, de las Microturbinas Tipo Pelton impresas en 3D con PLA para las configuraciones de relleno de 25% 50% 75% y 100%.
- Comparar los resultados del potencial mecánico y potencial eléctrico alcanzados mediante el análisis teórico y experimental según las configuraciones de relleno, de las Microturbinas Tipo Pelton.
- Analizar la viabilidad técnica y económica entre las Microturbinas Tipo Pelton impresas con configuraciones de relleno del 25, 50, 75 y 100 %.

1.5. Teorías Relacionadas al Tema

Potencial Eléctrico (I)

a) Energía Potencial Eléctrica

[1], Expone que primero, cuando sobre una partícula en movimiento actúa una fuerza \vec{F} del punto a al b ; donde \vec{F} realiza un trabajo y está representado de la siguiente manera:

$$W_{a \rightarrow b} = \int_a^b \vec{F} \cdot \vec{dl} = \int_a^b F \cos\phi dl$$

Ecuación 2. (Trabajo que realiza una fuerza)

Donde:

\vec{dl} : Es un desplazamiento que se realiza a lo largo de la trayectoria de la partícula y es infinitesimal

ϕ : El ángulo \vec{F} y \vec{dl} entre en la trayectoria de cada punto.

Como segundo punto tenemos que, el trabajo realizado puede expresarse como energía potencial U si la fuerza es conservativa.

Cuando una partícula es desplazada desde un punto U_a a otro como U_b conociéndose así a la energía potencial, este cambio de puntos de dicha energía es $\Delta U = U_b - U_a$ y su trabajo $W_{a \rightarrow b}$ ejecutado por una fuerza se define mediante la siguiente ecuación:

$$W_{a \rightarrow b} = U_a - U_b - (U_b - U_a) = -\Delta U$$

Ecuación 3. (Trabajo realizado por una fuerza conservativa)

Si $W_{a \rightarrow b}$ es positivo, U_a es mayor que U_b , ΔU es negativo, de esta manera disminuye la energía potencial.

Lo mismo sucede al dejar caer una pelota desde cierta altura (a) a una más baja (b) donde actúa la fuerza de gravedad del planeta; la fuerza gravitacional efectúa un trabajo positivo, por ende, disminuye la fuerza gravitatoria.

Lo contrario sucede cuando la pelota se lanza hacia lo alto, la fuerza de la gravedad efectúa un trabajo negativo cuando está subiendo, y aumenta su energía potencial.

En tercer lugar, el cambio en la energía cinética $\Delta K = K_b - K_a$ en cualquier desplazamiento es igual al trabajo que se realiza sobre la partícula, esto lo determina el teorema del trabajo. La ecuación (2) nos da el trabajo total, y $K_b - K_a = -(U_b - U_a)$ si el único trabajo realizado sobre la partícula es realizado por fuerzas conservativas.

Lo que por lo general se expresa de la siguiente manera:

$$K_a + U_a = K_b + U_b$$

Ecuación 4. (Energía Cinética más energía potencial se conservan)

Turbina Pelton

Según, [8] afirma que la turbina Pelton fue patentada en 1890 por Lester A. Pelton (1829 – 1908). Conocida también como “Rueda Pelton” posee una alta eficiencia estable. A esta turbina la componen los siguientes elementos: Impulsor, rotor y álabes.

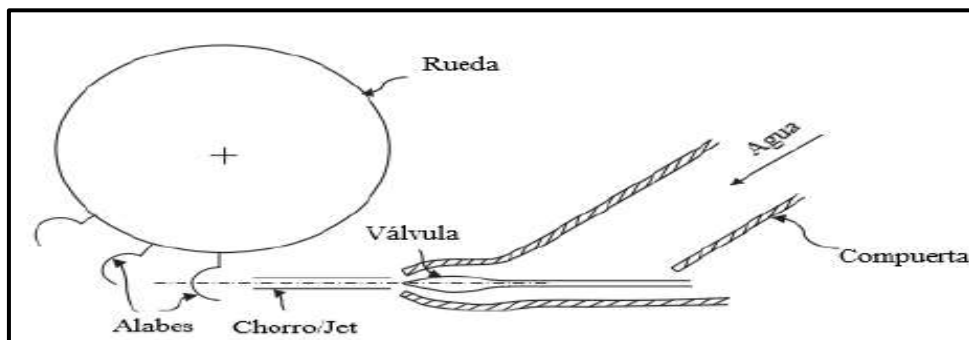


Figura 2. Componentes de una turbina Pelton

Fuente: [8]

El impulsor cuenta con una forma de lanza, este se encarga de controlar el fluido que ingresa al sistema en cantidades específicas. Por otra parte, se encuentra el rotor el cual es el encargado de impartir el movimiento rotatorio al eje de la turbina.

La turbina Pelton, explicado por, [9] conforma una turbomáquina motora con flujo tangencial, admisión parcial y de acción, es también conocida como turbina de presión o rueda hidráulica tangencial. Esta turbomáquina convierte el chorro de agua en energía gracias a que se constituye por un rodete con cucharas a su alrededor.



Figura 3. Turbina tipo Pelton de eje horizontal

Fuente: [9]

La energía cinética contenida en el agua se encarga de hacer girar la turbina. Al final de la galería de presión (Tubería larga), una o más válvulas de aguja se encargan de inyectar el agua a la turbina, conocidas también como inyector, con forma de boquilla para hacer más rápida la circulación del flujo que desciende por el conducto, [9].

a) Usos de la turbina Pelton

[10] afirma que una turbina es un tipo de turbomáquina que se usa más comúnmente en cascadas con importantes saltos de agua con cantidades pequeñas de la misma.

Las turbinas Pelton se utilizan en centrales eléctricas pequeñas, centrales hidroeléctricas y centrales minihidráulicas pequeñas.

Las turbinas Pelton son el tipo de turbina elegido para cascadas de alto y bajo volumen.

son utilizadas en pequeñas centrales hidroeléctricas, en pequeñas centrales eléctricas, y en centrales hidroeléctricas y en su mayoría son turbinas Pelton.

b) Tipos de Turbinas Pelton

Las turbinas Pelton están clasificadas por la posición de su eje en el que se mueven, por lo que se clasifican en turbinas Pelton de eje horizontal y eje vertical, [9].

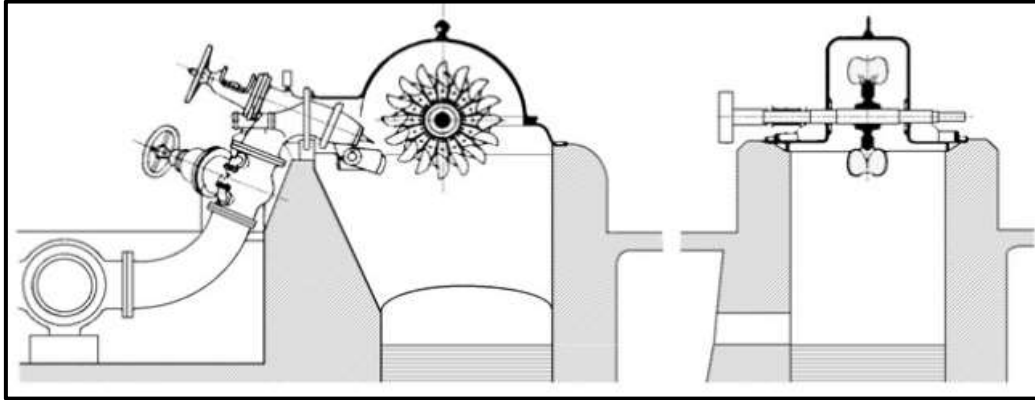


Figura 4. Izquierda Eje Horizontal - Derecha Eje Vertical

Fuente: [9]

c) Alturas útiles de la Turbina Pelton

Para, [9] La mayoría de las plantas hidroeléctricas equipadas con este tipo de turbina tienen una tubería larga conocida como galería de presión para transportar desde grandes alturas a los fluidos, en altitudes que van desde los 300 metros hasta los 700 metros, a veces incluso más.

Diámetro del Chorro

Con el diámetro del chorro se puede obtener la mayor parte de la geometría que constituye la turbina, se considera diámetro del chorro al flujo de agua al momento del impacto con el alabe.

En una instalación con un solo inyector, el caudal de estudio es el caudal del chorro, sin tener en cuenta las pérdidas, [11] P. 35.

Altura Neta

Según, [12] la altura neta o cabeza y el caudal, son las principales condiciones de operación de las turbinas tipo Pelton, a continuación, se describen:

a) Altura Neta: La altura neta depende de la geografía donde la turbomáquina se va a ubicar, esta se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$H_n = H_g - H_{tl}$$

Ecuación 5. (Altura Neta)

Donde:

H_g es la altura o cabeza bruta siendo la distancia vertical entre la admisión en la turbina y la superficie del nivel de agua.

H_{tl} está definido como el total de pérdidas que existen (compuerta, salida, entrada, por canal abierto, etc.).

Eficiencia

Para, [13] El redireccionar el agua en el alabe a unos 180° , la turbina Pelton puede aprovechar en su mayoría la energía del agua en su rodete. Lo cual le garantiza tener una eficiencia de un 92%. Además, se sabe que; este modelo de turbina tiene una curva de eficacia muy alta en lo que engloba a todo su funcionamiento.

Caudal

Es la cantidad de fluido circulante a través de una sección de un ducto por unidad de tiempo. Esta variable se puede calcular al conocerse la velocidad V_t y el área de la sección de estudio A_T .

$$Q = V_t * A_T$$

Ecuación 6. (Caudal)

Cuando se definen las condiciones de funcionamiento, se deben calcular las variables cinéticas que hacen parte del diseño de la turbomáquina. Para ello es que se hace uso de hipótesis útiles y ecuaciones esenciales [12] P.19.

Freno de Prony

Es utilizado para la medición de par mecánico, el cual usa el efecto de freno mediante la fricción, se compone por un brazo, sobre el cual se ensambla un dinamómetro, una abrazadera y una rueda. La rueda es la que se une al eje de la turbina ya que de este es del que se desea medir su respectiva potencia.

El ajuste de la abrazadera es variable, esta se puede regular para así poder controlar el torque que se aplica al motor, [14] P.63.

Par Mecánico:

Para un banco de prueba de turbina Pelton, el par es medido por el freno de Prony, el cual mide la fuerza de giro de la polea; para hallarlo se necesita la siguiente formula:

$$T = FR$$

Ecuación 7. (Par mecánico)

Donde:

T= par mecánico (Nm)

F= fuerza total (N)

R= radio de la polea (m)

Potencia Hidráulica:

Expresada de la siguiente formula:

$$P_h = \gamma QH$$

Ecuación 8. (Potencia Hidráulica)

Donde:

P_h = potencia hidráulica (W)

γ = peso específico del fluido (agua)

Q = caudal (m^3/s)

H = altura disponible (m)

Potencia Mecánica:

Expresada de la siguiente formula:

$$P = \omega T$$

Ecuación 9. Potencia mecánica

Donde:

P= potencia mecánica (W)

T= par mecánico (Nm)

ω = velocidad angular (rad/s)

Para ω esta relacionada con la velocidad de rotación donde se usa la siguiente ecuación:

$$\omega = \frac{2\pi N}{60}$$

Ecuación 10. Velocidad angular

Donde:

N = velocidad de rotación del rodete Pelton (rpm)

Rendimiento:

Expresada de la siguiente formula:

$$n = \frac{P}{P_h} \times 100$$

Ecuación 11 Rendimiento Micro turbina Pelton

Donde:

n = eficiencia (%)

P = potencia mecánica (W)

P_h = potencia hidráulica (W)

Viabilidad Técnica y Económica de la Microturbina Tipo Pelton

Para [15] el valor de la viabilidad económica se tiene en consideración el flujo de capital de inversión, en su investigación se apoyaron en hojas de cálculo Excel donde planificaron un horizonte de 20 años, donde evaluaron los siguientes indicadores:

Valor Actual Neto (VAN), Periodo de recuperación de la Inversión (PRI), Tasa de Rendimiento Interno (TIR), y por ultimo y siendo lo principal el Costo Nivelado de la Electricidad (CNE).

Según [16] exponen que los gastos en un proyecto son valores negativos ya que muestran un efecto negativo en el LCOE, la TIR y el VAN ya que los gastos disminuyen los ingresos y el tiempo de recuperación de la inversión se ve en aumento.

Además [16] dicen que la eficacia de las turbinas no se mantiene constante en función al tiempo. En la siguiente imagen se observa la variación que hay entre la eficiencia en relación de la división del caudal y caudal de diseño.

$Q/Q_{\text{DISEÑO}}$	η
0.05	0
0.07	0.09
0.08	0.095
0.1	0.2
0.11	0.3
0.125	0.4
0.15	0.5
0.16	0.6
0.17	0.7
0.2	0.8
0.3	0.83
0.4	0.85
0.45	0.87
0.5	0.88
0.6	0.89
0.7	0.9
0.8	0.9
0.9	0.9
1	0.87

Figura 5. Eficiencia de la Turbina Pelton

Fuente: [16]

También en la siguiente imagen se observa de manera grafica la eficiencia de la turbina Pelton en relación al caudal. [16]

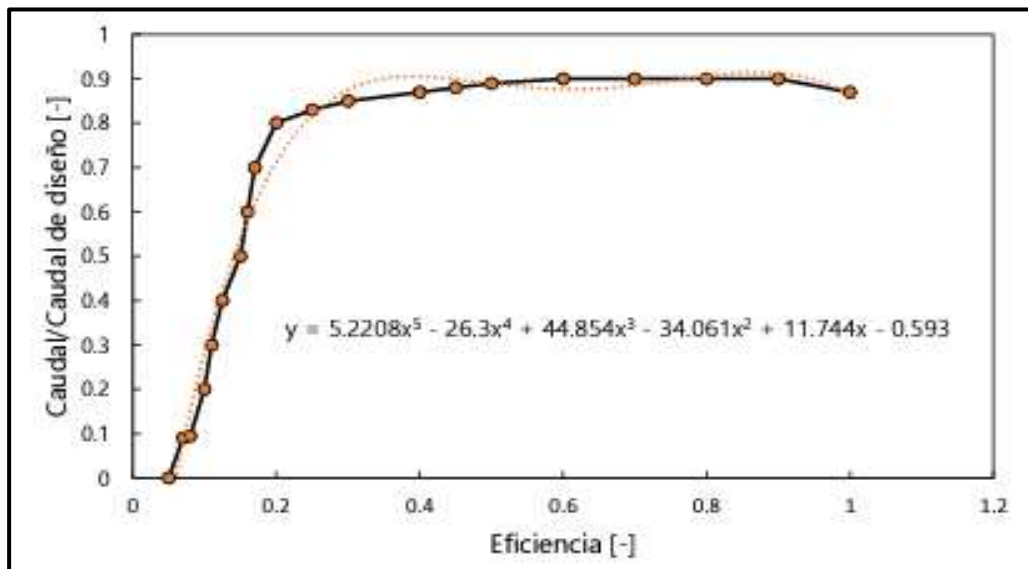


Figura 6. Turbina Pelton eficiencia en relación al caudal

Fuente: [16]

Configuraciones de Relleno (D)

Cómo funciona la impresora 3D

Una impresora 3D según, [3] nos dicen que, fabrica piezas con diferentes configuraciones de relleno, esto dependiendo el modelo y serie de la impresora.

Las impresoras 3D funcionan a través del diseño asistido por computadora, primero se diseña en un software de diseño 3D (AutoCAD, SolidWorks, etc.) para luego pasarlo a un software de impresión como es el Ultimaker Cura, dicho programa es el más usado en la impresión 3D. Los materiales utilizados en la impresión para esta tecnología son (PLA, PET, ABS). Luego de esto podemos manipular la configuración de relleno a la pieza que se quiere imprimir, el tipo de configuración de relleno afecta el tiempo de impresión, puede durar más o menos tiempo en imprimir el objeto deseado.

La impresora 3D según, [4] mencionan que, la boquilla de suministro de la impresora 3D se mueve en el plano de forma horizontal, en cambio donde es depositado el material puede moverse de forma vertical, de este modo cada sección de la pieza se fabrica una sobre otra.



Figura 7 Impresora 3D Sindoh, modelo 3DWOX 1

Fuente: Elaboración Propia

Configuraciones de relleno

Las impresoras 3D según, [3] indican que cuentan con la capacidad de fabricar piezas con diferentes configuraciones de relleno, esto dependiendo del modelo y fabricante de la impresora 3D. Estas funciones en las impresoras rara vez son utilizadas por que a veces solo se dedican a imprimir piezas con la menor cantidad de materia prima ya sea (PLA, ABS o PET) y en el tiempo más corto posible, configurando la impresora para un relleno del 0%, sin tener en cuenta la resistencia, tracción de la pieza a imprimir.

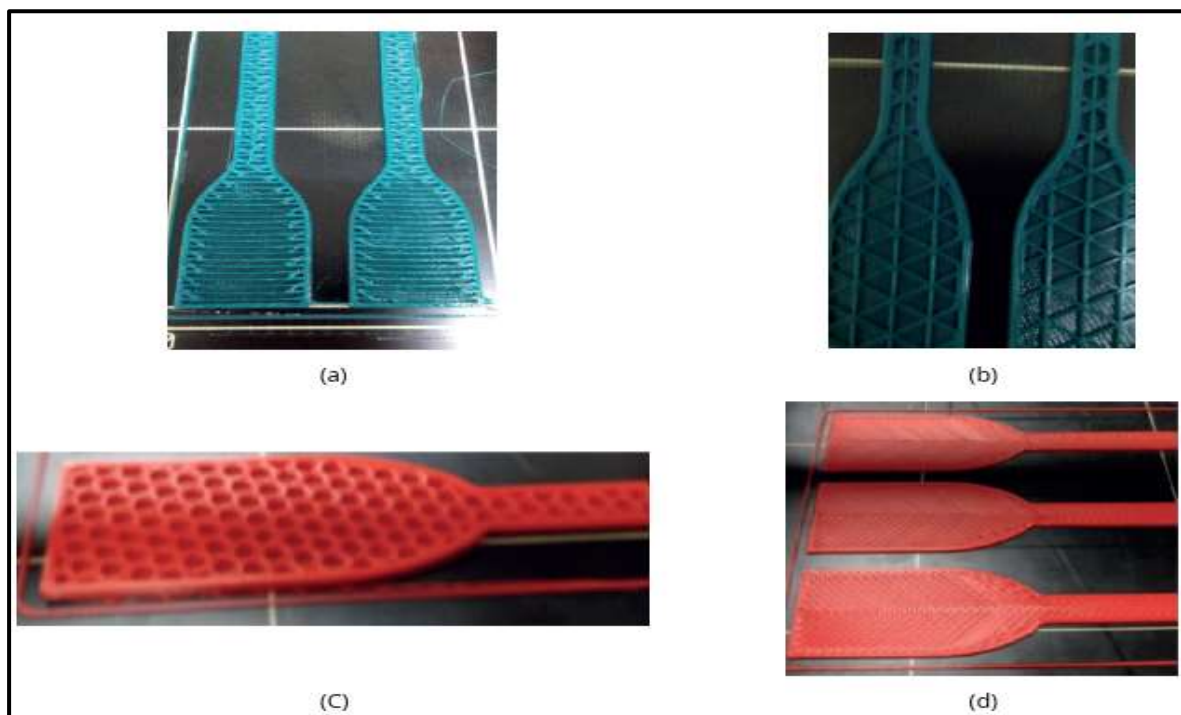


Figura 8 Foto a con 60% - b con 40% - c con 80% y d con 70% de relleno.

Fuente: [3]

A continuación, se representan los alabes y los rotores de las microturbinas tipo Pelton, con sus respectivas configuraciones de relleno aplicadas en la presente investigación.

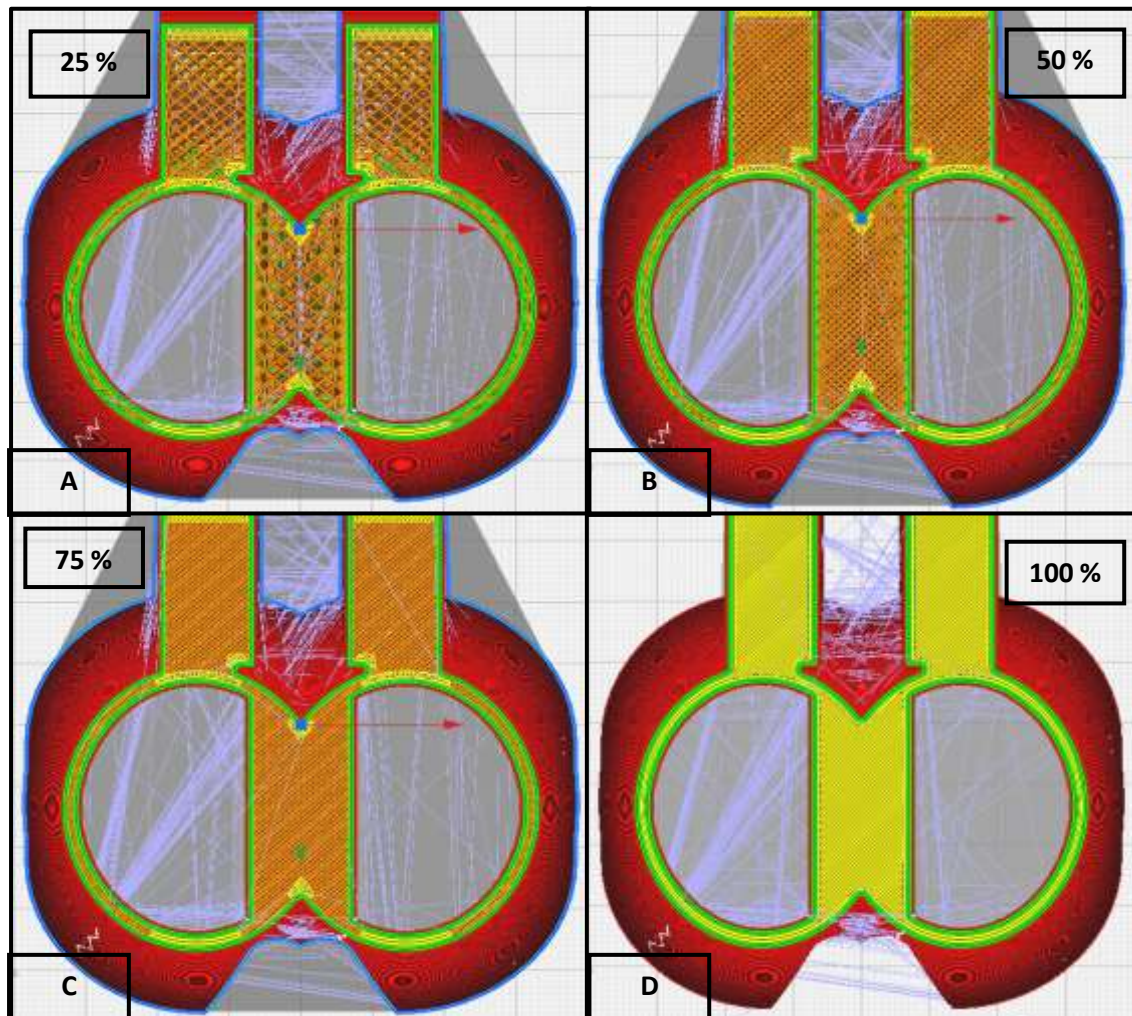


Figura 9. Alabes de las microturbinas tipo Pelton con sus respectivas configuraciones de relleno

Fuente: Elaboración propia

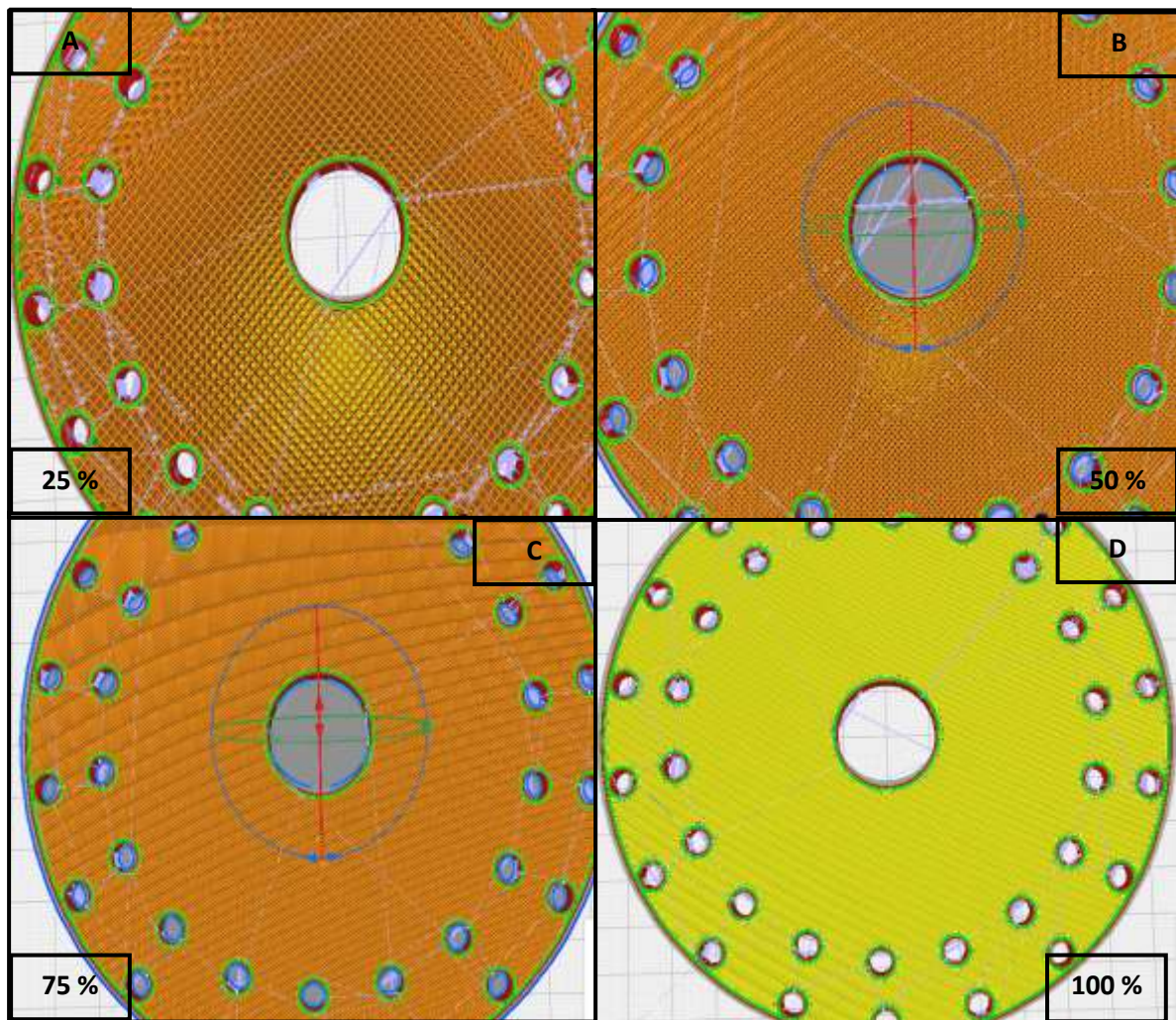


Figura 10. Rotores de las microturbinas tipo Pelton con sus respectivas configuraciones de relleno.

Fuente: Elaboración propia

Fabricación Aditiva

[17] mencionan que la fabricación aditiva es utilizada para fabricar objetos en tercera dimensión (3D), se hace uniendo capa por capa de un material. Las capas son combinadas en una sola dirección de fabricación para poder crear el objeto 3D.

[18] Afirman que, en su experimento, aumentaron el caudal de manera gradual hasta un tope máximo de 10 l/s, y observaron que la turbina Pelton impresa en 3D se conservó intacta en el transcurso de la prueba.

También [18] exponen que, la potencia máxima que generó cada turbina fue de 257 W y 260 W aproximadamente, para las turbinas de prueba denominadas 1 y 2. Lo que en su

investigación demostró que si es posible diseñar turbinas Pelton que posean una eficiencia en cuanto a la generación de energía que se puede comparar con una turbina que se adquiriera comprada.

Las curvas para cada turbina en cuanto a generación para cada turbina son iguales aproximadamente. La potencia muestra un aumento continuo a medida que el caudal presente acrecentamientos, tal como se observa en la siguiente imagen.

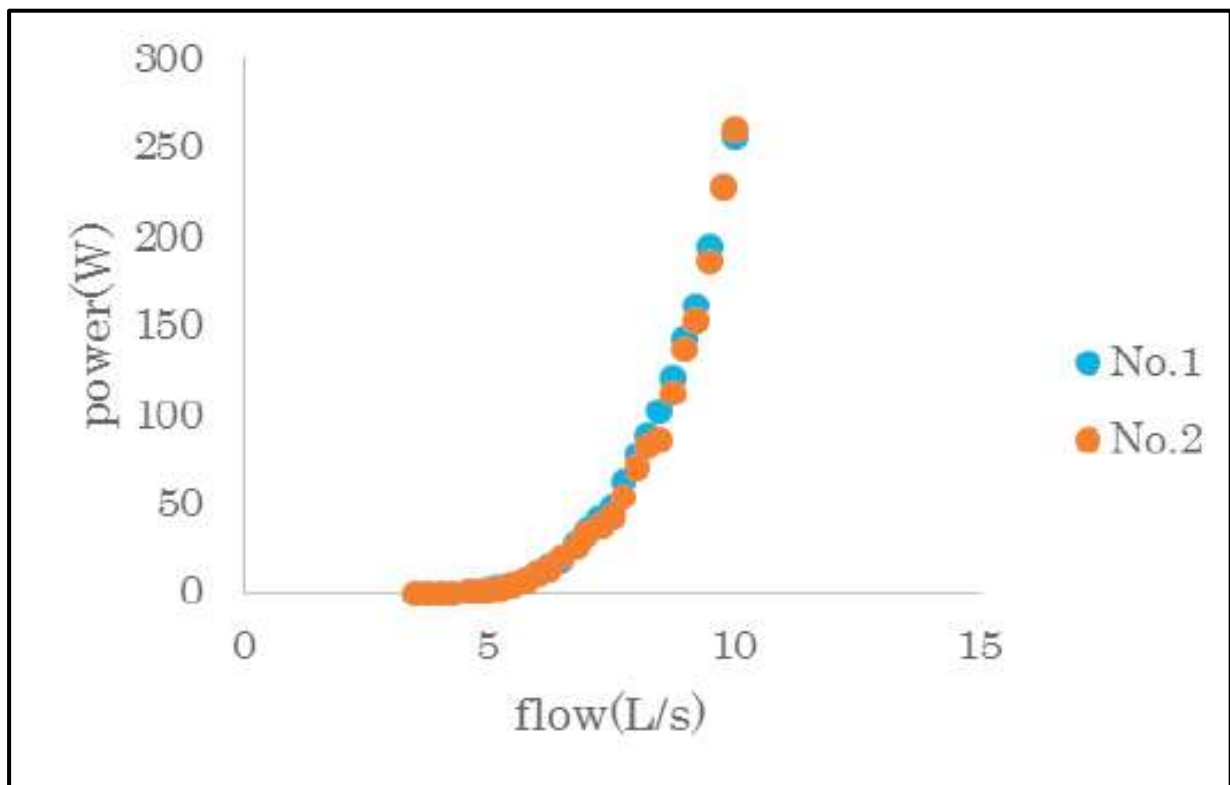


Figura 11. Relación entre caudal y potencia generados para los cubos 1 y 2

Fuente. [18]

II. MATERIALES Y METODO

2.1. Tipo y Diseño de Investigación

El tipo de investigación es experimental, ya que se calculó el potencial eléctrico de una Microturbina Hidráulica tipo Pelton impresa en 3D con PLA para diferentes configuraciones de relleno.

Según, [19] afirman que este tipo de diseño de investigación es un proceso que se caracteriza en verificar la causalidad cuantitativamente en una de las variables sobre la otra, lo que implica manipular o controlar a la variable independiente, contar con un plan de trabajo es necesario ya que se puede crear por períodos, de manera estructurada definiendo medidas de categorías. En una investigación de tipo experimental la variable independiente simboliza las condiciones que el investigador va a manipular para ver los efectos causados en la variable dependiente.

El propósito de la investigación es aplicado, se buscó mediante teoría llegar a la solución del problema planteado, en este caso llegar al resultado del potencial eléctrico mediante el uso de microturbinas impresas en 3D con PLA para diferentes configuraciones de relleno, esto se llevó a cabo de manera practica dentro de las instalaciones de la Universidad Señor de Sipán.

Para, [19] P. 68. la investigación aplicada se abastece por el tipo básico o puro, ya que mediante, la teoría se encarga de resolver problemas prácticos, se basa en los hallazgos, descubrimientos y soluciones que se planteó en el objetivo del estudio, normalmente este tipo de investigación se utiliza en la medicina o ingenierías. Los alcances que se pueden plantear aquí son explicativos o predictivos

2.2. Variables, Operacionalización

a) Variable Dependiente

b) Potencial Eléctrico.

Según, [1] explican que cuando los átomos cargados se mueven en un campo eléctrico, los átomos en el campo eléctrico experimentan una fuerza. Este trabajo se suele expresar en potencial eléctrico. Asimismo, de la altura de la masa sobre el plano de la tierra depende la energía potencial gravitatoria, y de la posición de los portadores de carga en el campo eléctrico depende el potencial eléctrico. La energía potencial cuenta con un nuevo concepto llamado potencial eléctrico.

a) Variable Independiente

b) Configuraciones de relleno

Para, [7] la configuración de relleno hace referencia a la estructura interna de una pieza impresa en 3D. Existen múltiples patrones de relleno, cada uno de ellos es utilizado para diferentes propósitos y poseen propiedades mecánicas diferentes tales como la resistencia y rigidez. Estas variadas configuraciones de relleno existentes pueden generar dificultades para que los diseñadores de cualquier producto y los ingenieros se decidan por la más óptima.

Tabla 1 Operacionalización de variables

	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADOR	UNIDADES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Dependiente	Potencial Eléctrico	Energía potencial eléctrica	Generación de Voltaje	V	Guía de análisis de documentos Observación
		Trabajo realizado	Fuerza	F*d	Ficha de registro documental Ficha de Observación
		Campo eléctrico	Cargas Eléctricas	V/m	
Independiente	Configuraciones de relleno	Llenar completamente las piezas	Porcentaje de relleno	%	Guía de análisis de documentos Observación Ficha de registro documental
		Impresión 3D	Tiempo y material	d, h, min –	
		Implementar patrones de relleno (IP)	Optimizar resistencia Rígidez	kg, m MPa	Ficha de Observación

Fuente: Elaboración propia.

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

Según, [19] afirman que en cuanto a población tenemos la población finita donde se conoce el número de sujetos que la componen y la población infinita en la cual no existe un dato conocido de la cantidad de sujetos que la componen, además de esto la población infinita también se considera de esta manera cuando la componen más de cien mil sujetos los cuales conforman dicha población.

En virtud a lo expuesto anteriormente, la población está conformada por las microturbinas hidráulicas tipo Pelton impresas en 3D con PLA.

La muestra se formalizo en función a las 4 microturbinas hidráulicas tipo Pelton impresas con PLA con configuraciones de relleno del 25, 50, 75 y 100 %.

Para, [20] las investigaciones cuantitativas, la muestra es un grupo de la población estudiada, de donde se realiza la recolección de datos, y debe ser característica de la población, de una forma probabilística, para así poder popularizar los resultados encontrados en la muestra a la población.

Teniendo en cuenta que la muestra fue, las microturbinas impresas en 3D con PLA con diferentes configuraciones de relleno, se sometieron a pruebas en el módulo para micro turbinas, de las cuales se obtuvo el potencial eléctrico generado por cada micro turbina impresa.

Este tipo de investigación es realizado en un ambiente controlado, el cual indica que quien investiga debe manipular la variable independiente para así poder obtener los resultados o el efecto causado sobre la variable dependiente. Para este tipo de investigación, de acuerdo a los resultados que se obtengan se pondrá a prueba la hipótesis planteada en el inicio del estudio, [19] P.67.

La presente investigación fue de laboratorio, ya que se efectuaron pruebas en un ambiente controlado, donde se hizo uso de los laboratorios de ciencias térmicas y el taller de Ingeniería Mecánica Eléctrica, ubicados en los ambientes de la universidad Señor de Sipán donde se llevó a cabo la realización del presente estudio.

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

Para, [21] las técnicas son un conjunto de procedimientos y reglas que rigen procesos y logran objetivos específicos. Estas reglas rigen cada etapa del proceso investigativo de principio a fin, desde encontrar un problema hasta probar una hipótesis e incorporar a la teoría actual.

De la misma manera para, [21] los instrumentos son herramientas, materiales o conceptuales a través de las cuales recolecta información y datos, a través de elementos y preguntas de respuesta que necesitan ser explorados. Dependiendo de las técnicas que le sirven de base toman diferentes formas.

Técnicas de recolección de datos

➤ Observación.

Con esta técnica se ejecutó la recopilación de datos de medición y comportamiento de las microturbinas impresas con PLA, en los laboratorios de la Universidad Señor de Sipán (USS).

Con la visita a la USS, se hizo la debida experimentación con las microturbinas tipo Pelton impresas con diferentes configuraciones de relleno.

➤ Análisis Documental

Proceso de revisión donde se desarrolló el análisis de documentos para la obtención de datos del contenido de un documento, los documentos en este caso cuentan con contenidos referentes a la tesis como lo son: potencial eléctrico, tipos de Configuración de relleno para impresoras 3D, teorías relacionadas a turbinas Pelton, estas fuentes nos permitieron obtener datos los cuales nos facilitaron mostrar resultados para así poder concluir nuestra tesis.

Instrumentos de recolección de datos

➤ **Ficha de Observación**

Nos permitió tomar apuntes de los comportamientos o eventos que observamos durante el proceso de investigación.

➤ **Ficha de Registro Documental**

Nos sirvió para la recolección de datos e información de fuentes consultadas, las fichas se diseñaron teniendo en consideración la información sustraída para la realización de la presente investigación.

Valides y confiabilidad

Según, [21] la valides brinda al instrumento de medición la congruencia para que este mida lo que se quiere medir.

Los instrumentos que se han utilizado para la presente investigación nos permitieron mediante la observación y el registro documental, obtener los datos exactos y oportunos requeridos en la presente investigación.

Para, [21] La confiabilidad de un instrumento se da cuando las mediciones realizadas no tienen variaciones significativas.

Para la presente investigación se realizaron mediciones una y otra vez del mismo proceso y se evidenciaron cambios no tan variados entere una medición y otra, lo que hace que las mediciones realizadas durante el proceso investigativo sean confiables.

2.5. Procedimiento de análisis de datos

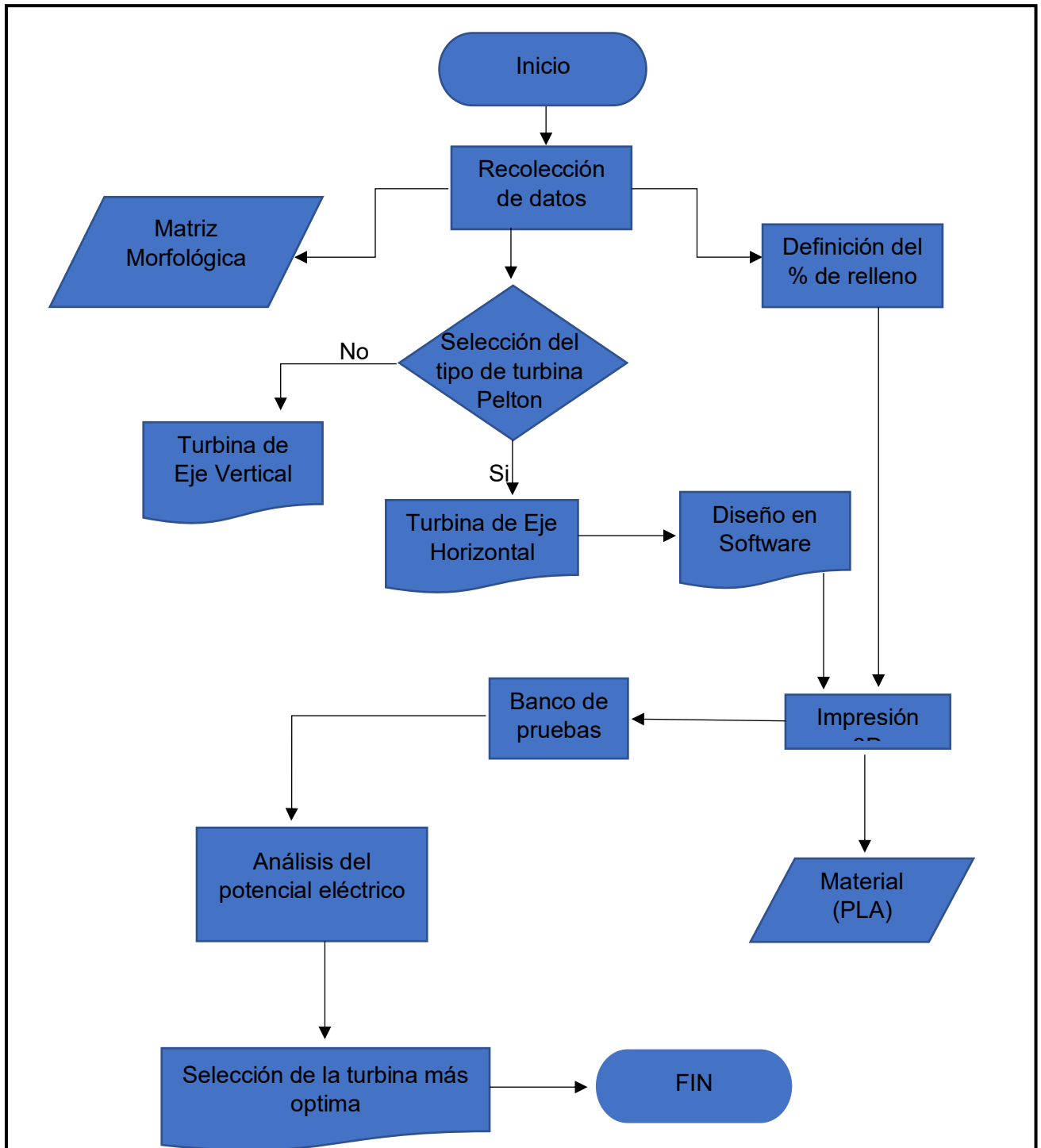


Figura 12. Diagrama de Flujo de Procesos

Fuente: Elaboración Propia

Fueron empleados para explicar la secuencia de los procesos a seguir para la realización del presente proyecto, donde a continuación se explica un paso a paso de la secuencia que se tuvo en cuenta.

- **Recolección de datos:** Se realizó una búsqueda exhaustiva de información correspondiente a las variables identificadas en nuestro título de tesis, lo cual nos permitió conocer más a fondo acerca del potencial eléctrico, configuraciones de relleno, turbinas Pelton etc.
- **Selección de Softwares:** Se hizo uso de programas de diseño CAD y software de impresión, los cuales nos permitieron realizar de una manera óptima el diseño e impresión de la micro turbina tipo Pelton.
- **Aplicación de los softwares Seleccionados:** El programa de diseño CAD nos sirvió para poder realizar los planos de la Micro Turbina Hidráulica tipo Pelton, el Software de impresión es el programa que se integró con el software CAD para así poder realizar la impresión en 3D de la microturbina hidráulica tipo Pelton.
- **Aplicación de la Impresora 3D:** En este paso, imprimimos microturbinas tipo Pelton, con diferentes configuraciones de relleno.
- **Aplicación de las microturbinas Tipo Pelton:** Se pusieron a ensayo en un banco de pruebas para microturbinas y así se logró analizar el potencial eléctrico generado.

2.6. Criterios éticos

Art. 2.- Los ingenieros deben originar y proteger el honor, la dignidad y la integridad de su profesión, fomentar el consenso público a través de su conducta y mantener el pleno respeto por ella y sus miembros con base en la honestidad e integridad de su trabajo. Por lo tanto, deben ser imparciales y honestos. Para servir fielmente al público, a sus empleadores y a sus clientes, deben esforzarse por realzar la calidad, las habilidades de la ingeniería y el prestigio y apoyar a sus instituciones profesionales y académicas.

Art. 2º: Finalidad

El Código de Ética en Investigación de la Universidad de Sipán (USS) tiene por objeto proteger la vida, los derechos, la intimidad, la salud, la dignidad y el bienestar de quienes participan en actividades de investigación tecnológica, innovadora y científica. Cumplir con los principios éticos reconocidos por la normativa nacional e internacional y los convenios que nuestro país ha suscrito en esta materia.

Art. 3º: Alcance

Este Código de Ética en Investigación es vinculante para todos los mandos académicos, estudiantiles, docentes, graduados y administrativos de la Universidad de Sipán.

III. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. Resultados

Diseño Microturbina Tipo Pelton en Software CAD

Para que la impresión de la micro turbina tipo Pelton fuera posible se tuvo que realizar un diseño en un software CAD, no sin antes haber realizado los respectivos cálculos de dimensionamiento.

Para el cálculo de las dimensiones de la turbina Pelton se consultó la literatura referente de los autores [22], [23], [24], [25], [26], [27] y [28].

a) Parámetros iniciales para el cálculo.

Según la literatura, [24] para el cálculo de las dimensiones de una rueda Pelton, se requieren los datos principales que son: Del caudal Q , salto o altura neta H y las revoluciones del rodete, cuyos valores se pueden observar en la tabla.

Tabla 2. Datos principales

PARÁMETROS PRINCIPALES			
Caudal	Q	118	L/min
Salto	H	32	m
Revoluciones	n	1100	rpm
Aceleración de la gravedad	g	9.81	m/s ²
Densidad del agua	ρ	977	kg/m ³

Fuente: Elaboración propia

Con los valores de la tabla 2. se procede a calcular la velocidad de salida en el inyector, para la cual se utiliza la ecuación de Torricelli, que se expresa mediante la ecuación:

$$C_{inyector} = \phi \sqrt{2gH}$$

Donde:

H : es la altura o salto en m.

g : es la aceleración de la gravedad en m/s^2 .

ϕ : es el coeficiente de velocidad.

Para el coeficiente de velocidad ϕ , la literatura recomienda utilizar valores comprendidos entre 0.95 y 0.98. Para lo cual se consideró un valor de $\phi = 0.97$. Reemplazando los valores en la ecuación se tiene que la velocidad en la salida del inyector es:

$$C_{inyector} = 0.97 \times \sqrt{2 \times 9.81 \times 32}$$

$$C_{inyector} = 24.29 \text{ m/s}$$

b) Análisis del triángulo de velocidades.

Para el análisis de las velocidades de entrada y salida, se analizarán los triángulos de velocidades como se observa más adelante en la ilustración 9.

Para el triángulo de velocidades en la entrada del rodete, la literatura indica que los valores de los ángulos α y β son 0° y 180° respectivamente.

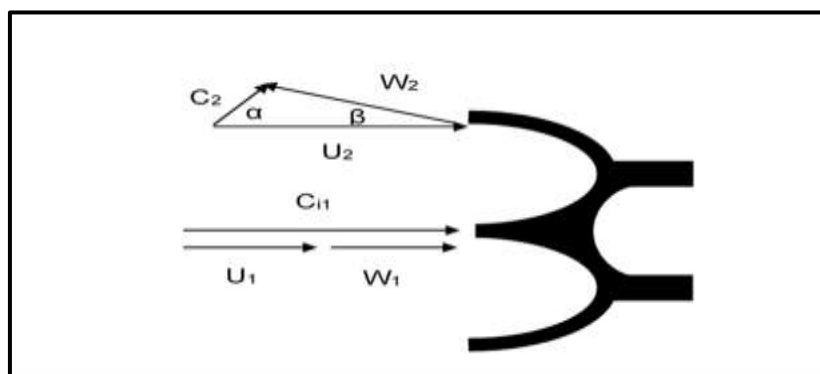


Figura 13. Velocidades de entrada y salida en el cangilón

Fuente: Elaboración propia

De la imagen, podemos obtener los datos de las velocidades en la entrada, para el cual los valores de los ángulos son $\alpha = 0^\circ$ y $\beta = 180^\circ$, y la velocidad C_1 es igual a la suma de las velocidades $U_1 + W_1$, la literatura indica que la velocidad U_1 es igual a $0.46 \times C_1$:

$$C_1 = U_1 + w_1$$

$$U_1 = 0.45 \times C_1$$

Reemplazando C_1 , se tiene que:

$$U_1 = 0.45 \times 24.29 = 10.93 \text{ m/s}$$

$$W_1 = 13.36 \text{ m/s}$$

Para la resolución del triángulo de salida se tiene que U_1 es igual que U_2 , debido a que el rodete no cambia su diámetro. La velocidad W_2 se supone, es igual a W_1 , el ángulo β_2 se optó por 15° .

Entonces se desarrolla el triángulo de salida:

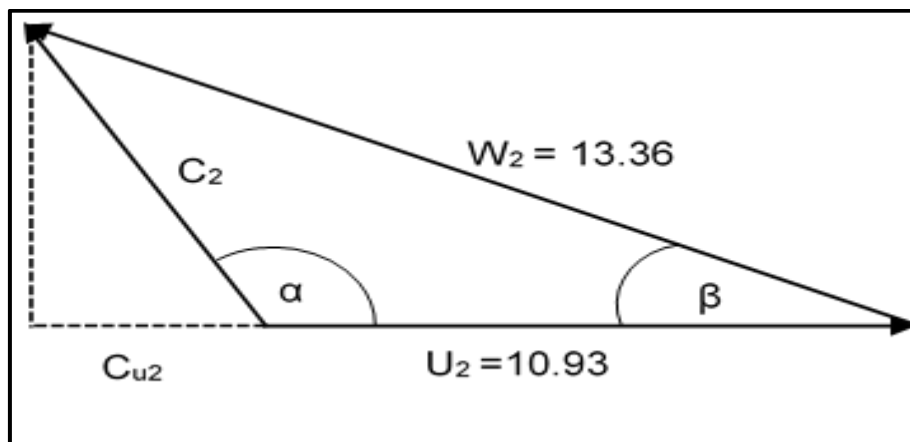


Figura 14. Cálculos para los triángulos de velocidades de salida y entrada

Fuente: Elaboracion propia

$$C_{u2} = U - (C_1 - U) \cos \beta_2$$

$$C_{u2} = 10.93 - (24.29 - 10.93) \times \cos (15^\circ)$$

$$C_{u2} = -2.00$$

Tabla 3. Resumen del análisis de los triángulos de velocidades

ANÁLISIS DEL TRIÁNGULO DE VELOCIDADES			
Parámetros	Entrada (1)	Salida (2)	Unidad
C	24.29	3.98	m/s
U	10.93	10.93	m/s
W	13.36	13.36	m/s
α	0	119.7	°
β	180	15	°

Fuente: Elaboración propia

c) Cálculo del diámetro del chorro d .

Según [25], [26] mencionan que para el cálculo del diámetro del inyector se utiliza la ecuación siguiente:

$$A = \frac{Q}{C_1}$$

Se despeja el diámetro de la ecuación anterior:

$$\pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 = \frac{Q}{\sqrt{2gH}}$$

$$d = \sqrt{\frac{4}{\pi} \frac{Q}{\sqrt{2gH}}}$$

Reemplazando las variables de la ecuación se obtiene el diámetro del chorro:

$$d = \sqrt{\frac{4}{\pi} \times \frac{118}{\sqrt{2 \times 9.81 \times 32}}}$$

$$d = 10 \text{ mm}$$

d) Cálculo del diámetro nominal D .

El diámetro del rodete se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$D = \frac{60 \cdot U}{\pi \cdot n}$$

Reemplazando los valores se tiene:

$$D = \frac{60 \times 10.93}{\pi \times 1100}$$

$$D = 0.2 \text{ m}$$

e) Cálculo de las dimensiones del cangilón.

Para el cálculo de las dimensiones del cangilón se utilizaron las fórmulas empíricas dadas por, [27] y [28], donde las dimensiones del cangilón se expresan en proporciones del diámetro del rodete o diámetro primitivo, además se calculó el número de cangilones de la rueda Pelton. Los resultados de los cálculos de las dimensiones se observan en la tabla siguiente.

Tabla 4. Dimensiones del cangilón Pelton

Parámetros	Símbolo	calculo	resultado	Unidad
Altura del cangilón	h	$0.34 \cdot D$	64.53	mm
Longitud de la cavidad	h1	$5.6\% \cdot D$	10.63	mm
Longitud hasta el punto de impacto	h2	$0.114 \cdot D$	21.64	mm
Ancho de la apertura del cangilón	a	$0.14 \cdot D$	26.57	mm
Grosor del cangilón	t1	$0.002 \cdot D$	0.38	mm
Número de cangilones	2	$15 + D/d$	18.00	
Profundidad del cangilón	t	$0.121 \cdot D$	0.02	mm
Ancho del cangilón	b	$0.38 \cdot D$	72.12	mm

Fuente: Elaboración propia

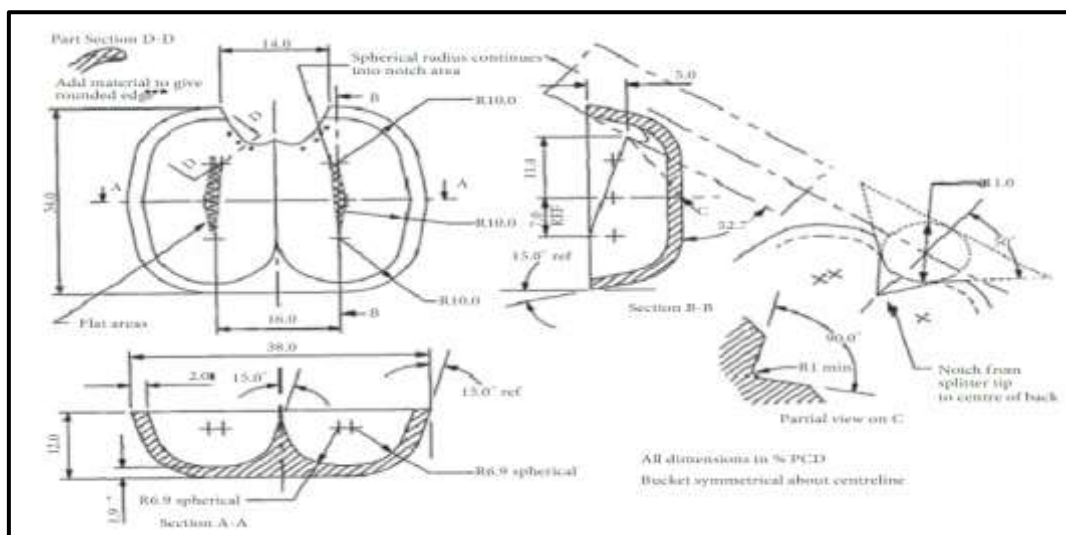


Figura 15 Construcción geométrica del cangilón Pelton

Fuente: [28]

Una vez culminados los cálculos referentes al rotor y cangilón de la microturbina tipo Pelton, se procedió a realizar el respectivo diseño en un software CAD, quedando del siguiente modo.

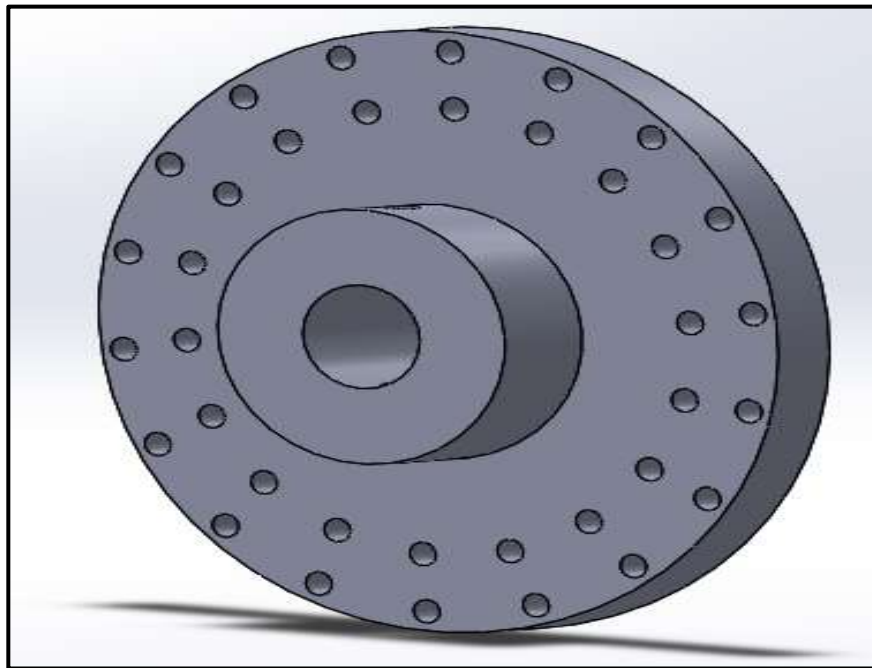


Figura 16. Rotor microturbina tipo Pelton

Fuente: Elaboración propia

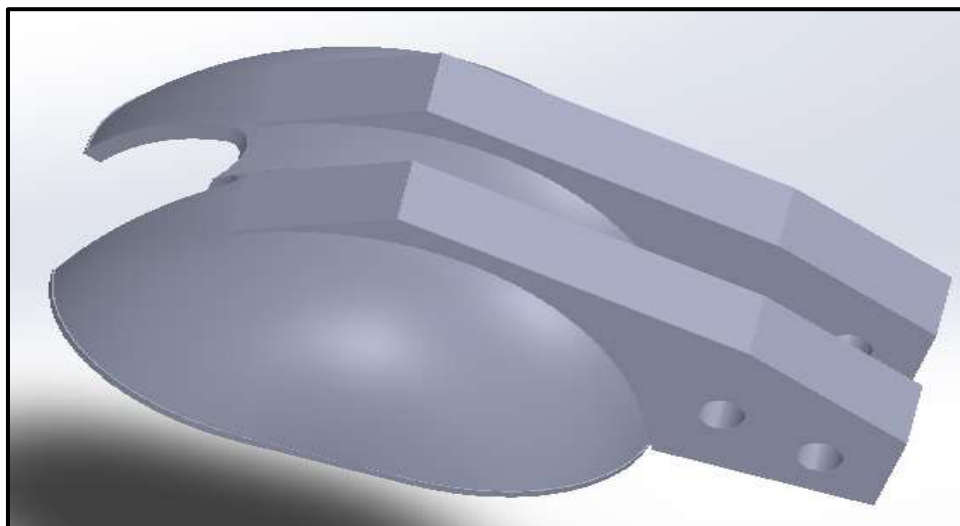


Figura 17. Cangilón de la microturbina tipo Pelton

Fuente: Elaboración propia

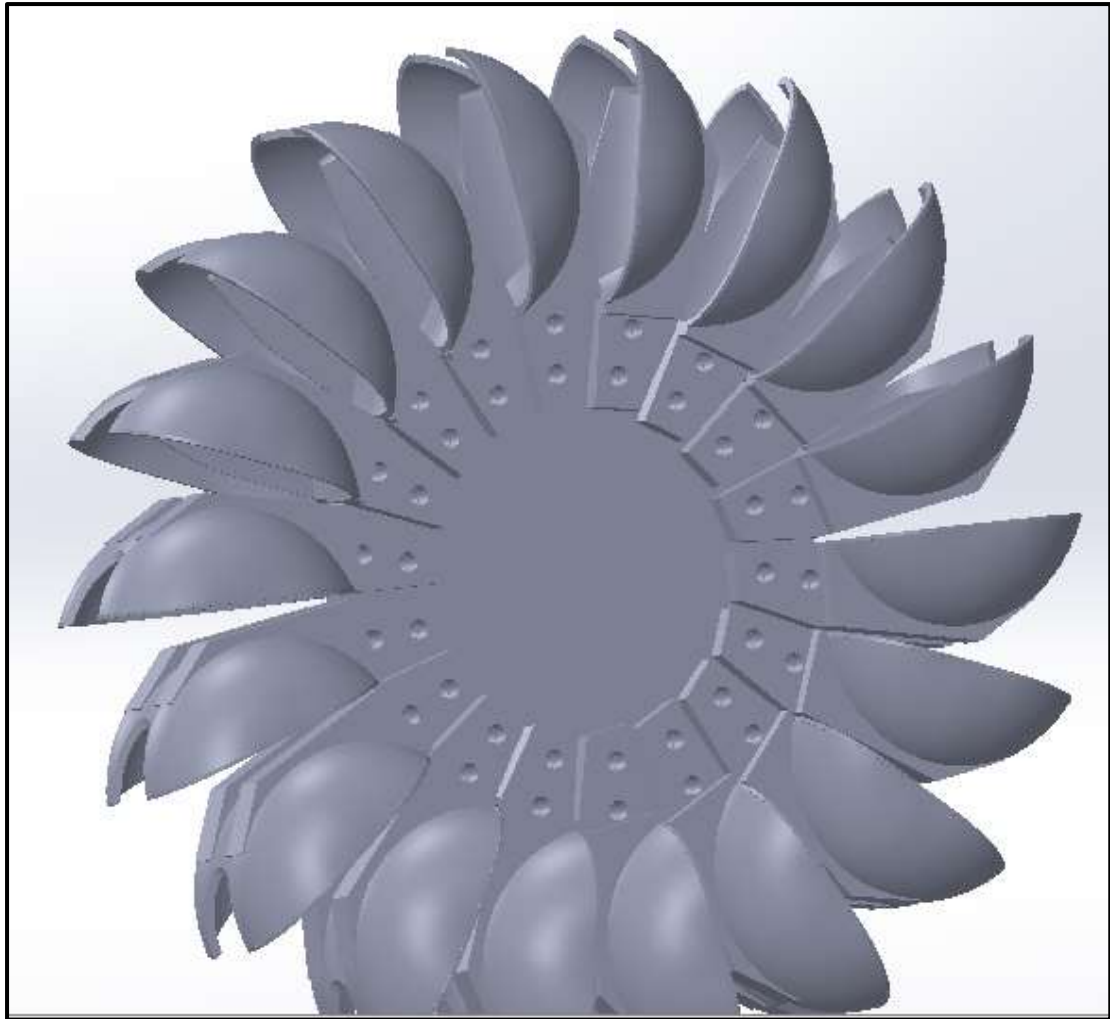


Figura 18. *Micro Turbina tipo Pelton ensamblada en software CAD*

Fuente: *Elaboración propia*

Calculo para la obtención del factor de seguridad.

Se realizó dicho cálculo para determinar el factor de seguridad de los sujetadores del cangilón, el cual se realizó a través de un prediseño, para determinar el espesor adecuado de dicha pieza.

El cálculo se llevó a cabo suponiendo que el cangilón sería una viga en voladizo y a su vez con concentradores de esfuerzo.

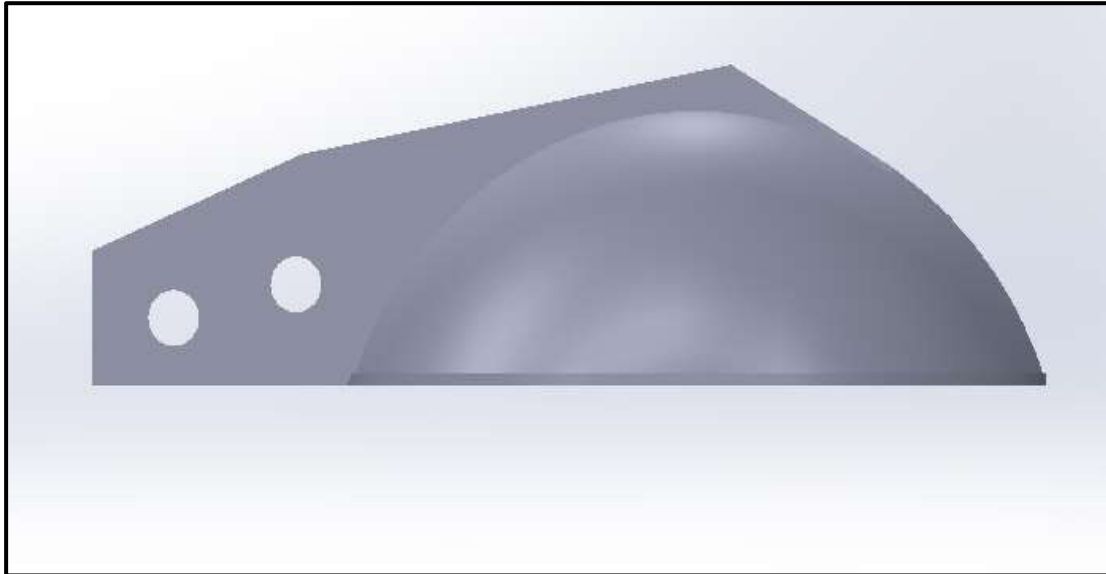
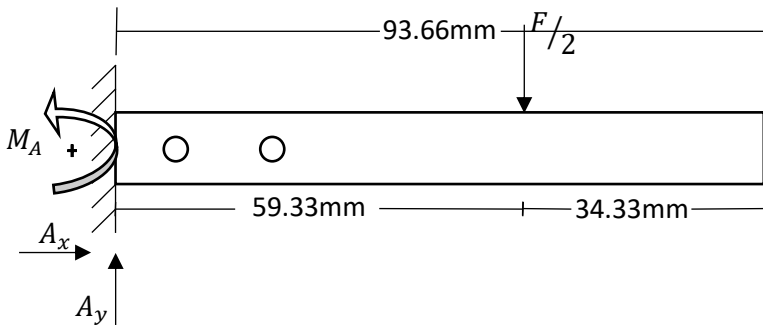


Figura 19. Cangilón para cálculo de factor de seguridad

Fuente: Elaboración propia

a) Diagrama de cuerpo libre



Para hallar la fuerza F es la siguiente formula: $F = P * A$

Donde:

- P; es la presión con respecto a la bomba = 313804 Pa
- A; es el área del inyector = πR^2

Siendo así;

$$F = 313804(\pi(0.005)^2)$$

$$F = 24.65N$$

b) Calculamos la sumatoria de fuerzas y el momento en A.

$$- \rightarrow \sum F_x = 0$$

$$A_x = 0$$

$$- \uparrow \sum F_y = 0$$

$$A_y - \frac{F}{2} = 0$$

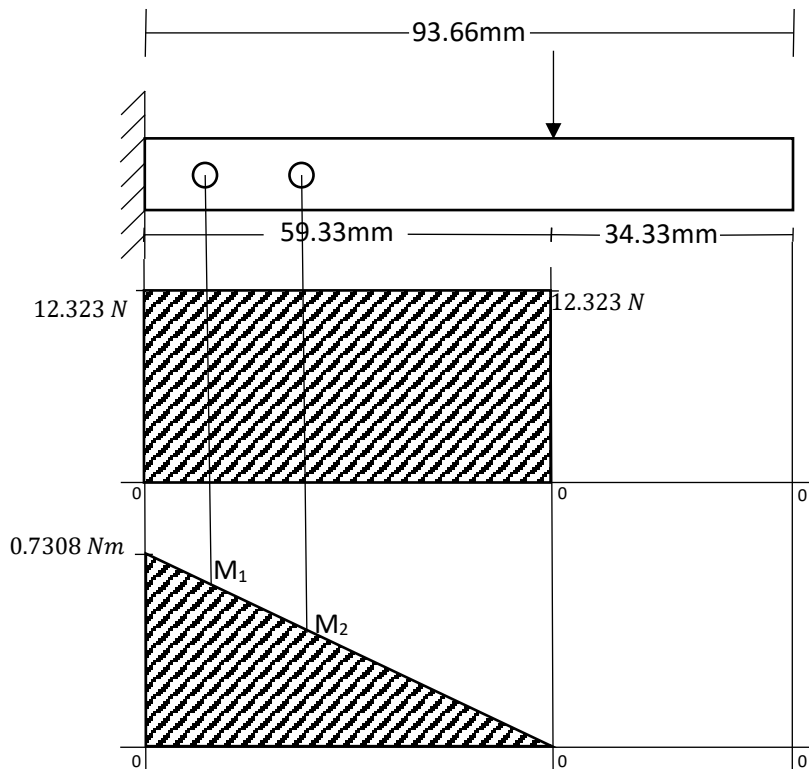
$$A_y = 12.323 N$$

$$- \curvearrowright \sum M_A = 0$$

$$M_A - \frac{F}{2}(0.0593) = 0$$

$$M_A = 0.7308 Nm$$

c) Diagrama de fuerza cortante y momento flector

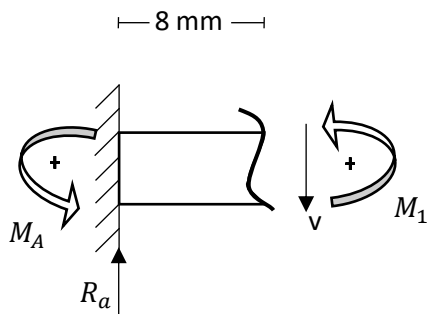


$$A = b \cdot h$$

$$A = (0.0593)(12.323)$$

$$A = 0.7308 Nm$$

d) Análisis el M1, para eso seccionamos:



$$\rightarrow \sum F_y = 0$$

$$R_a - V = 0$$

$$V = 12.323 N$$

$$\rightarrow \sum M = 0$$

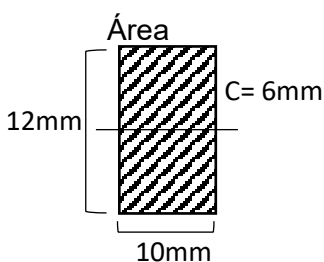
$$M_1 + M_A - R_a(0.008) = 0$$

$$M_1 = 12.323(0.008) - 0.7308$$

$$M_1 = -0.6322 Nm$$

e) Calcular del factor de seguridad analizándolo como un concentrador de fuerza

Primero debemos calcular su inercia para luego pasar a analizar su esfuerzo nominal con la siguiente formula;



$$\triangleright I = \frac{bh^3}{12}$$

$$I = \frac{(0.01)(0.012)^3}{12}$$

$$I = 1.44 \times 10^{-9}$$

$$\triangleright \sigma_1 = \frac{M_1 C}{I}$$

$$\sigma_1 = \frac{(0.6322)(0.006)}{1.44 \times 10^{-9}}$$

$$\sigma_1 = 2.63 MPa$$

f) Cálculo del esfuerzo máximo.

$$\sigma_{max} = K\sigma_1$$

Ahora para calcular el factor de concentración de esfuerzos K nos guiaremos de la siguiente gráfica.

Para el diámetro del agujero (d) el valor es de 5 mm y la altura que en este caso es (b) de 12 mm, por lo tanto; $\frac{d}{b} = 0.4$ y según la imagen 15 obtenemos lo siguiente:

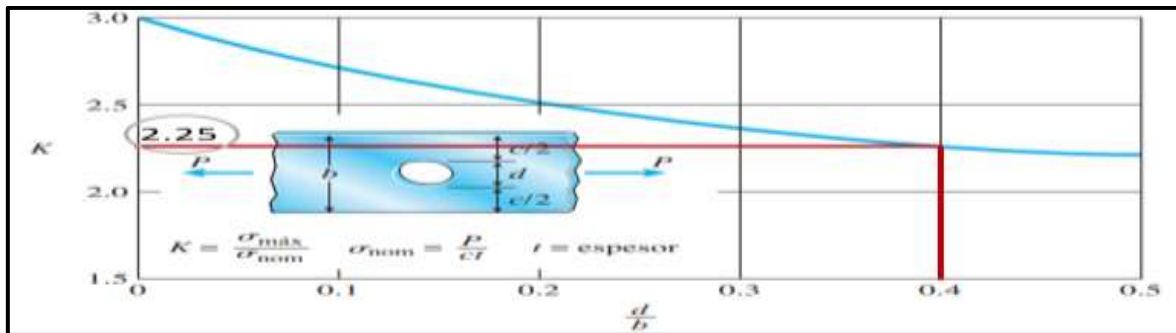


Figura 20. Factor de concentración de esfuerzos K para barras planas con agujeros circulares.

Fuente: [31]

Teniendo un factor K de 2.25; ahora pasando a reemplazar en la ecuación inicial tendremos un esfuerzo máximo de:

$$\sigma_{max} = 2.25 \times 2.63$$

$$\sigma_{max} = 5.9269 \text{ MPa}$$

g) Cálculo del factor de seguridad.

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{max}} ; \quad n > 1$$

Donde S_y es el límite de fluencia del material en este caso PLA siendo así, 3300 MPa, reemplazando obtenemos:

$$n = \frac{3300}{5.9269}$$

$$n = 556.8$$

Teniendo un factor de seguridad confiable por ser mayor a 1.

Resultados en Tablas y Figuras

Propiedades físicas, peso y densidad de las microturbinas tipo Pelton impresas en 3D con PLA para las configuraciones de relleno del 25% 50% 75% y 100%.

Para la obtención del peso de la microturbina se multiplico su masa (m) total por la gravedad (g); asimismo, para la densidad se dividió su masa por el volumen, con lo cual se obtuvieron los siguientes datos.

Tabla 5. Propiedades físicas Microturbina Pelton

Propiedades Físicas Microturbina tipo Pelton		
% Relleno	25	Unidades
Masa	0.764045	Kg
Peso	7.49528145	kg.m/s ²
Volumen	0.00074	m ³
Densidad	1032.493243	kg/m ³

Fuente: Elaboración Propia

Se obtuvieron las propiedades físicas (peso y densidad) de la turbina tipo Pelton impresa en 3D con PLA con una configuración de relleno del 25 % de la cual se recolectaron los datos anteriormente expuestos en la tabla 5.

Tabla 6. Propiedades físicas Microturbina tipo Pelton

Propiedades Físicas Microturbina tipo Pelton		
% Relleno	50	Unidades
Masa	0.895189	Kg
Peso	8.78180409	kg.m/s ²
Volumen	0.00079	m ³
Densidad	1133.150633	kg/m ³

Fuente: Elaboración Propia

Para un relleno del 50% los datos obtenidos aumentaron en una mínima cantidad.

Tabla 7. Propiedades físicas turbina tipo Pelton

Propiedades Físicas Microturbina tipo Pelton		
% Relleno	75	Unidades
Masa	1.035218	Kg
Peso	10.15548858	kg.m/s ²
Volumen	0.00087	m ³
Densidad	1189.905747	kg/m ³

Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 8 Propiedades físicas turbina tipo Pelton

Propiedades Físicas Microturbina tipo Pelton		
% Relleno	100	Unidades
Masa	1.099618	Kg
Peso	10.78725258	kg.m/s ²
Volumen	0.00091	m ³
Densidad	1208.371429	kg/m ³

Fuente: *Elaboración Propia*

La diferencia de las propiedades físicas entre las configuraciones del 100% y el 25% fueron de 9.14126702 kg.m/s² en cuanto al peso y la diferencia entre densidades fue de - 175.878185 kg/m³.

Comparación de los resultados del potencial mecánico y potencial eléctrico alcanzados mediante el análisis teórico y experimental según las configuraciones de relleno, de la microturbina Pelton.

a. Resultados teóricos

Tabla 9. Resultados teóricos del banco de pruebas para micro turbina tipo Pelton

Ítem	Q(m ³ /s)	Q (l/m)	P1 (kg/cm ²)	Par Mec. (N/m)	RPM	Pot. Hidr (W)	Pot. Mec (W)	Eficiencia %
1	0.001833333	110	0.11889	2.4917	1100	198.653	182.7610	0.92
2	0.001666667	100	0.10807	2.1927	1075	180.594	166.1463	0.92
3	0.0015	90	0.09726	1.9934	1050	162.534	149.5317	0.92
4	0.001333333	80	0.08644	1.6944	1025	144.475	132.9171	0.92
5	0.001166667	70	0.07563	1.3954	1000	126.416	116.3024	0.92
6	0.001	60	0.06481	1.1960	975	108.356	99.6878	0.92
7	0.000833333	50	0.05399	0.9967	950	90.297	83.0732	0.92
8	0.000666667	40	0.04318	0.5980	925	72.238	66.4585	0.92

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se obtuvieron datos realizando cálculos teóricos, de los cuales obtuvimos resultados del caudal, la presión, par mecánico, potencia hidráulica, potencia mecánica, RPM y la eficiencia, de los cuales se realizaron algunos gráficos con ayuda del software de hojas de cálculo Excel, los que a continuación se presentan.

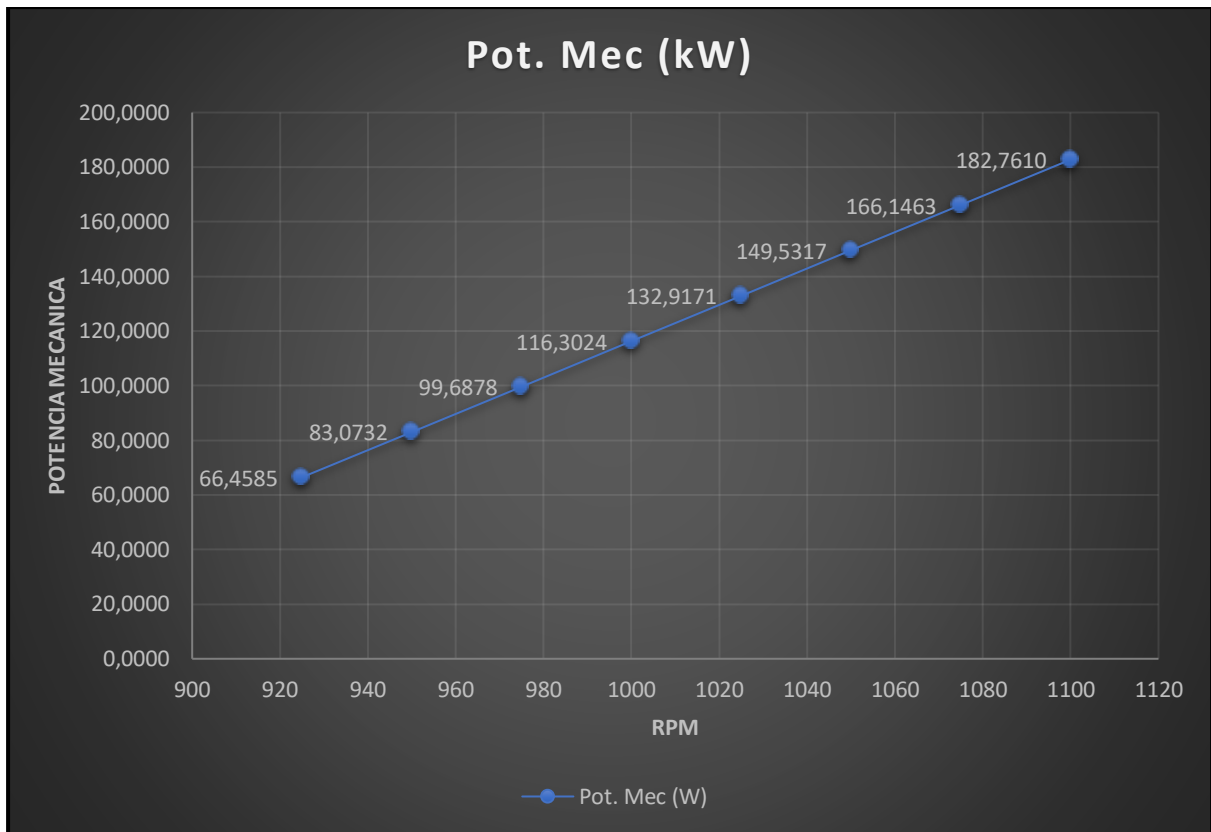


Figura 21. Curva de la potencia Mecánica en relación a los RPM

Fuente: Elaboración propia

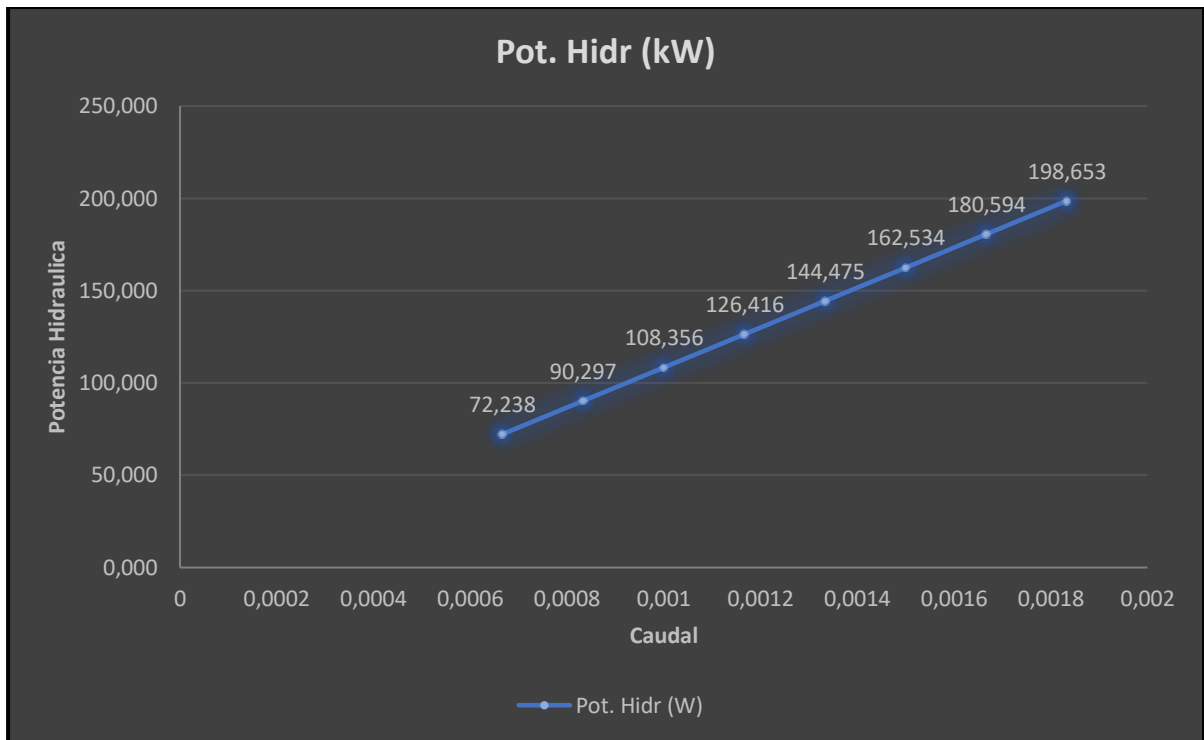


Figura 22. Curva de la potencia hidráulica en relación con el caudal

Fuente: Elaboración propia

En el grafico se evidencia que, al realizar un incremento en el caudal, la potencia hidráulica aumenta, el caudal se fue reduciendo desde un máximo de 0.001833333 m³/s o 110 l/min hasta llegar a un caudal mínimo de 0.000666667 m³/s o 40 l/min, lo que se concluyo fue que, al reducir, mantener o aumentar el caudal, la potencia hidráulica disminuye, aumenta o se conserva.

-

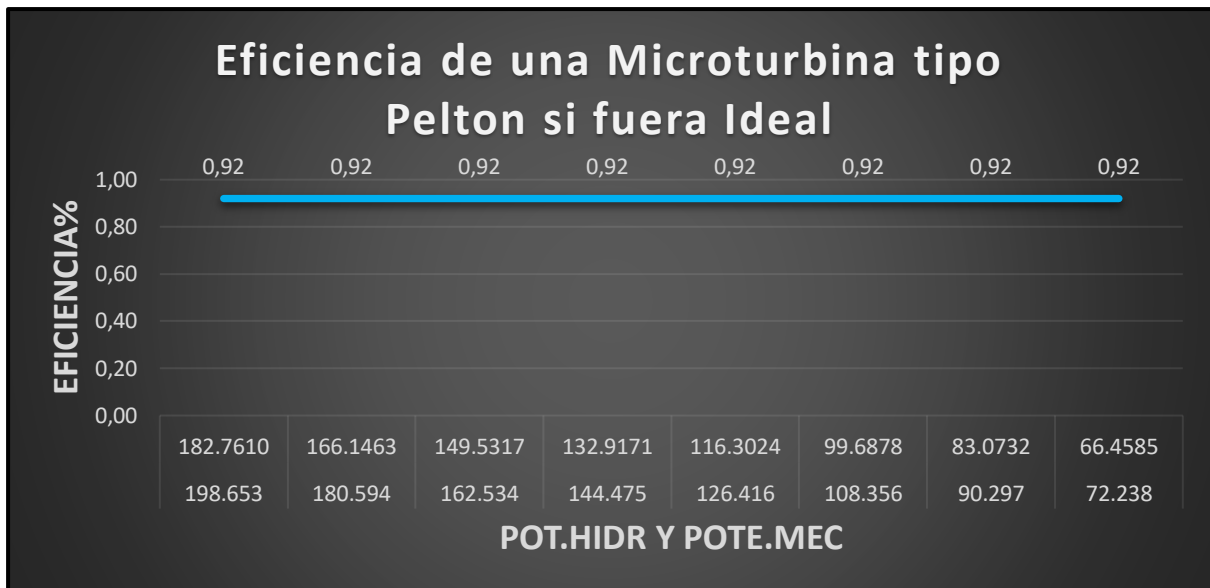


Figura 23. Curva de la eficiencia en relación a la Potencia Hidráulica y Potencia Mecánica en el módulo de pruebas para micro turbinas tipo Pelton

Fuente: Elaboración propia

Se observa en el grafico cómo se comporta la eficiencia de una microturbina idealmente, dando como resultado una eficiencia sobresaliente; ya que, para micro turbinas la eficiencia oscila entre el 60-92%.

b. Resultados experimentales

A continuación, se exponen las tablas y gráficos de los resultados obtenidos experimentalmente en el módulo de pruebas de la microturbina tipo Pelton impresa en 3D con diferentes configuraciones de relleno.

Tabla 10. Resultados experimentales del banco de pruebas para micro turbina tipo Pelton

MICROTURBINA TIPO PELTON CON 25% DE RELLENO															
Ítem	Cierre de válvula	Q(m ³ /s)	Q (l/min)	P (bar)	Hb	v	Freno (Kg)	Fuerza Total(N)	Radio de polea (m)	Par Mec. (N/m)	RPM	Pot. Hidr (W)	Pot. Mec (W)	Potencial Eléctrico (V)	Eficiencia %
1	0°	0.00136667	82	1.6	16.32	9800	2	19.620	0.1	1.962	871	218.579	178.951	10.20	82
2	10°	0.00134833	80.9	1.55	15.81	9800	1.75	17.168	0.1	1.717	866	208.908	155.683	10.12	75
3	20°	0.00131833	79.1	1.5	15.3	9800	1	9.810	0.1	0.981	846	197.671	86.907	10.04	44
4	30°	0.00126833	76.1	1.4	14.28	9800	0.6	5.886	0.1	0.589	825	177.496	50.850	9.95	29
5	40°	0.00113	67.8	1	10.2	9800	0.4	3.924	0.1	0.392	650	112.955	26.709	5.76	24
6	50°	0.00087833	52.7	0.5	5.1	9800	0.2	1.962	0.1	0.196	287	43.899	5.897	2.50	13
7	60°	0.000675	40.5	0.3	3.06	9800	0	0	0.1	0	0	20.242	0.000	0.00	0

Fuente. Elaboración propia

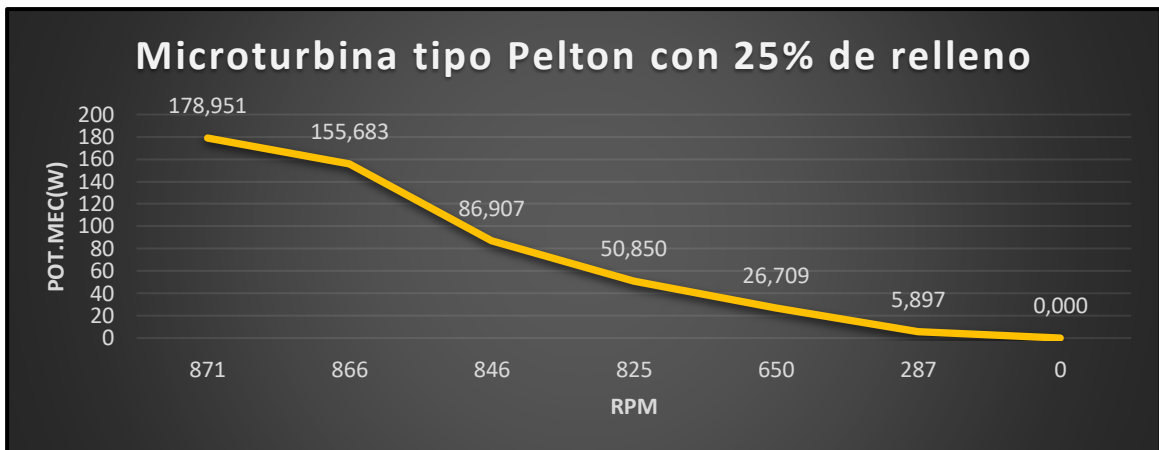


Figura 24. Curva de la potencia mecánica producida en el módulo de pruebas para microturbinas tipo Pelton

Fuente. Elaboración propia

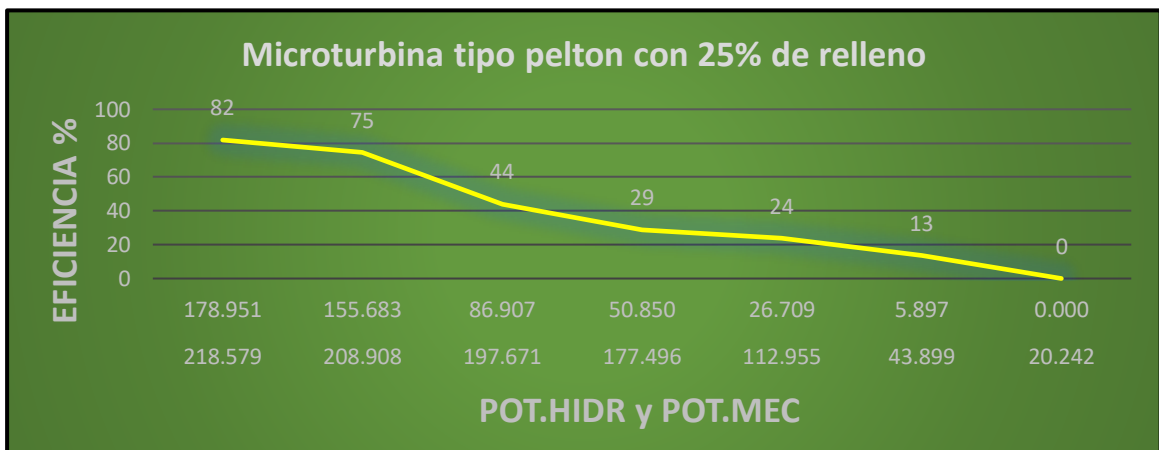


Figura 25. Eficiencia en cuanto a potencia hidráulica y Potencia mecánica en microturbina Impresa en 3D.

Fuente. Elaboración propia

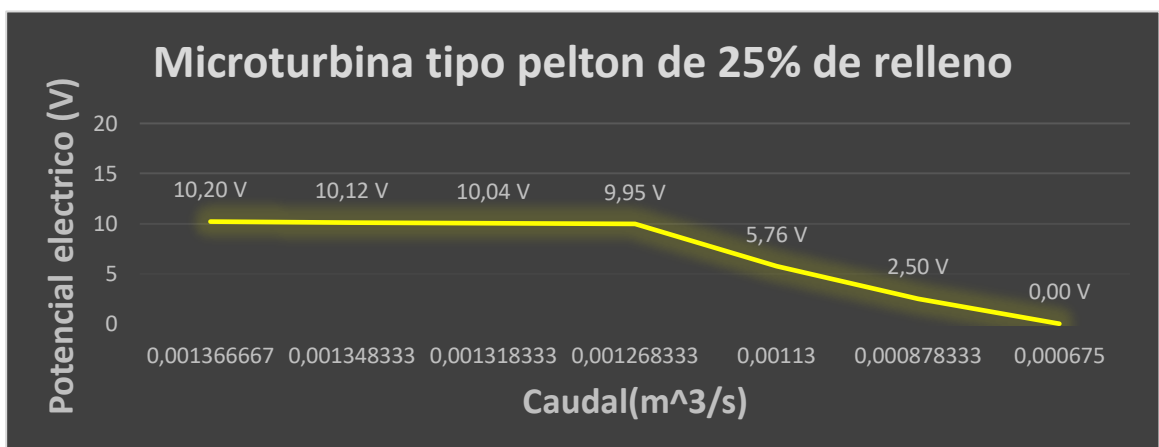


Figura 26. Curva del Potencial eléctrico en relación al Caudal

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 11. Resultados experimentales del banco de pruebas para micro turbina tipo Pelton

MICROTURBINA TIPO PELTON CON 50% DE RELLENO															
Ítem	Cierre de válvula	Q(m ³ /s)	Q (l/min)	P (bar)	Hb	γ	Freno (Kg)	Fuerza Total(N)	Radio de polea (m)	Par Mec. (N/m)	RPM	Pot. Hidr (W)	Pot. Mec (W)	Potencial Eléctrico (V)	Eficiencia %
1	0°	0.00136667	82	1.6	16.32	9800	1.95	19.130	0.1	1.913	883	218.579	176.881	10.47	81
2	10°	0.00134833	80.9	1.55	15.81	9800	1.7	16.677	0.1	1.668	876	208.908	152.981	10.32	73
3	20°	0.00131833	79.1	1.5	15.3	9800	0.95	9.320	0.1	0.932	849	197.671	82.855	10.22	42
4	30°	0.00126833	76.1	1.4	14.28	9800	0.55	5.396	0.1	0.540	818	177.496	46.217	10.09	26
5	40°	0.00113	67.8	1	10.2	9800	0.35	3.434	0.1	0.343	681	112.955	24.485	5.88	22
6	50°	0.00087833	52.7	0.5	5.1	9800	0.15	1.472	0.1	0.147	348	43.899	5.362	2.89	12
7	60°	0.000675	40.5	0.3	3.06	9800	0	0	0.1	0	0	20.242	0.000	0.00	0

Fuente. Elaboración Propia

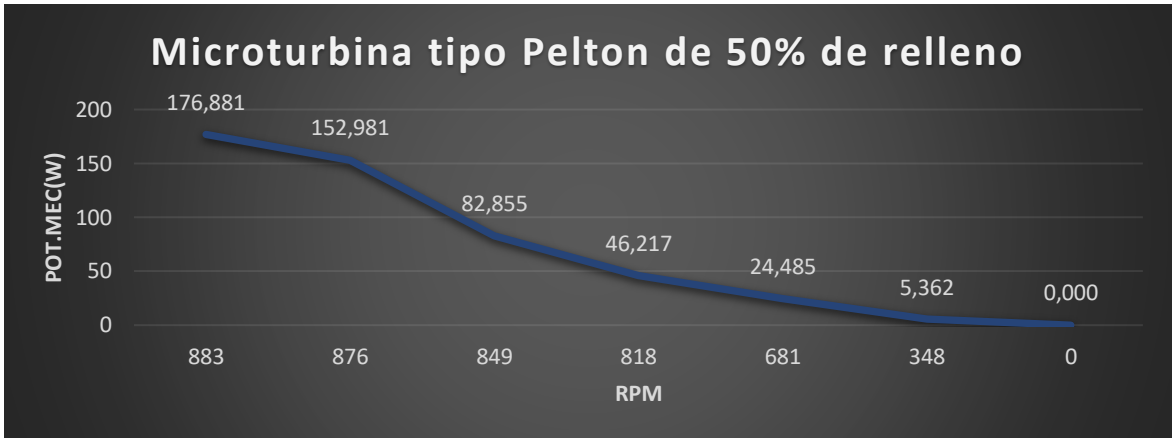


Figura 27. Curva de la potencia mecánica producida en el módulo de pruebas para microturbinas tipo Pelton

Fuente. Elaboración propia

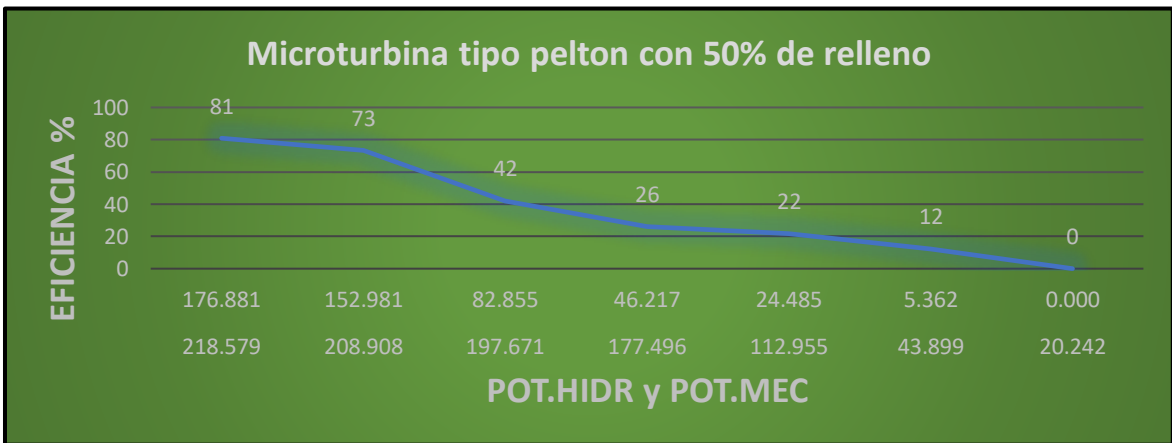


Figura 28. Eficiencia en cuanto a potencia hidráulica y Potencia mecánica en microturbina Impresa en 3D.

Fuente. Elaboración propia

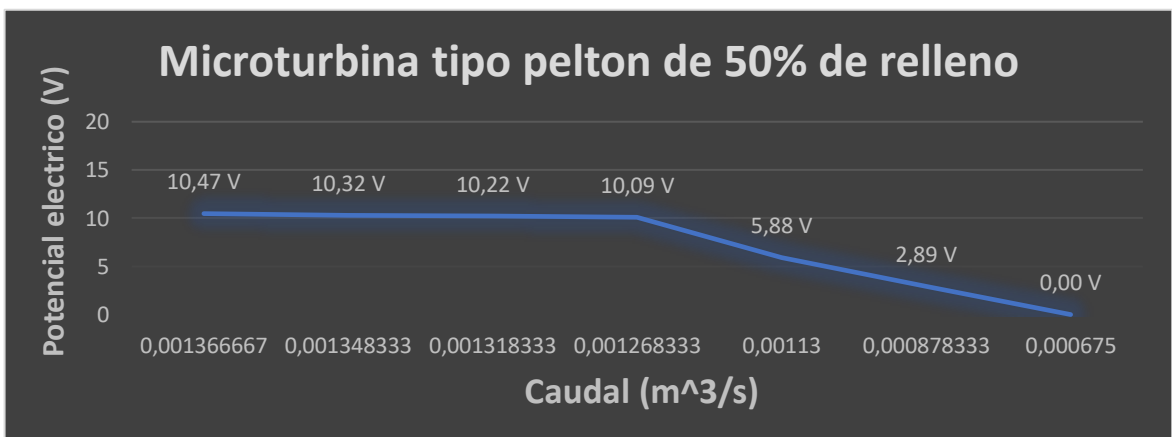


Figura 29 Curva del Potencial eléctrico en relación al Caudal

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 12. Resultados experimentales del banco de pruebas para micro turbina tipo Pelton

MICROTURBINA TIPO PELTON CON 75% DE RELLENO															
Ítem	Cierre de válvula	Q(m ³ /s)	Q (l/min)	P (bar)	Hb	γ	Freno (Kg)	Fuerza Total(N)	Radio de polea (m)	Par Mec. (N/m)	RPM	Pot. Hidr (W)	Pot. Mec (W)	Potencial Eléctrico (V)	Eficiencia %
1	0°	0.00136667	82	1.6	16.32	9800	2	19.620	0.1	1.962	889	218.579	182.649	10.67	84
2	10°	0.00134833	80.9	1.55	15.81	9800	1.85	18.149	0.1	1.815	883	208.908	167.810	10.65	80
3	20°	0.00131833	79.1	1.5	15.3	9800	1.4	13.734	0.1	1.373	857	197.671	123.252	10.51	62
4	30°	0.00126833	76.1	1.4	14.28	9800	1.15	11.282	0.1	1.128	798	177.496	94.273	10.40	53
5	40°	0.00113	67.8	1	10.2	9800	0.6	5.886	0.1	0.589	657	112.955	40.495	6.00	36
6	50°	0.00087833	52.7	0.5	5.1	9800	0.4	3.924	0.1	0.392	300	43.899	12.327	3.00	28
7	60°	0.000675	40.5	0.3	3.06	9800	0	0	0.1	0	0	20.242	0.000	0.00	0

Fuente. Elaboración propia

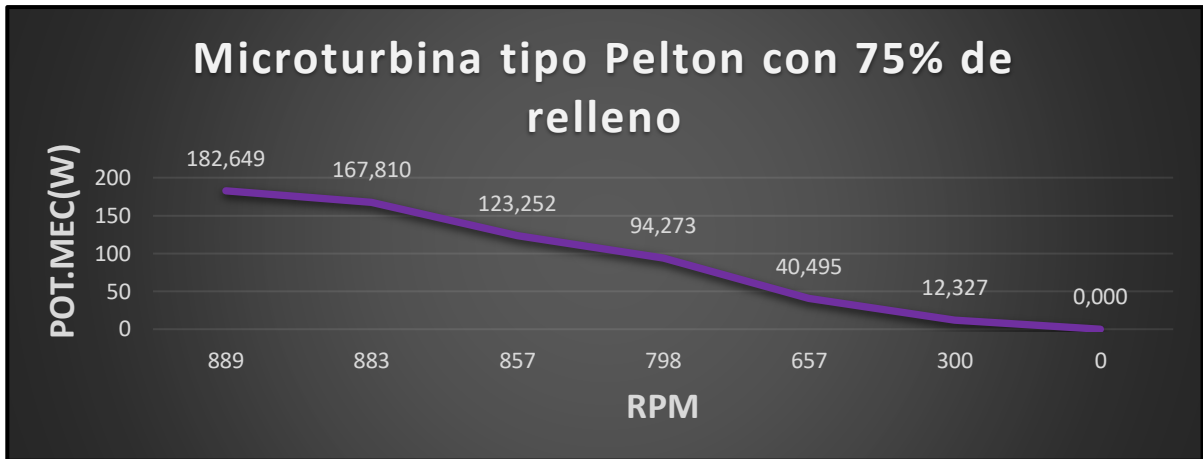


Figura. 30. Curva de la potencia mecánica producida en el módulo de pruebas para microturbinas tipo Pelton
Fuente. Elaboración propia

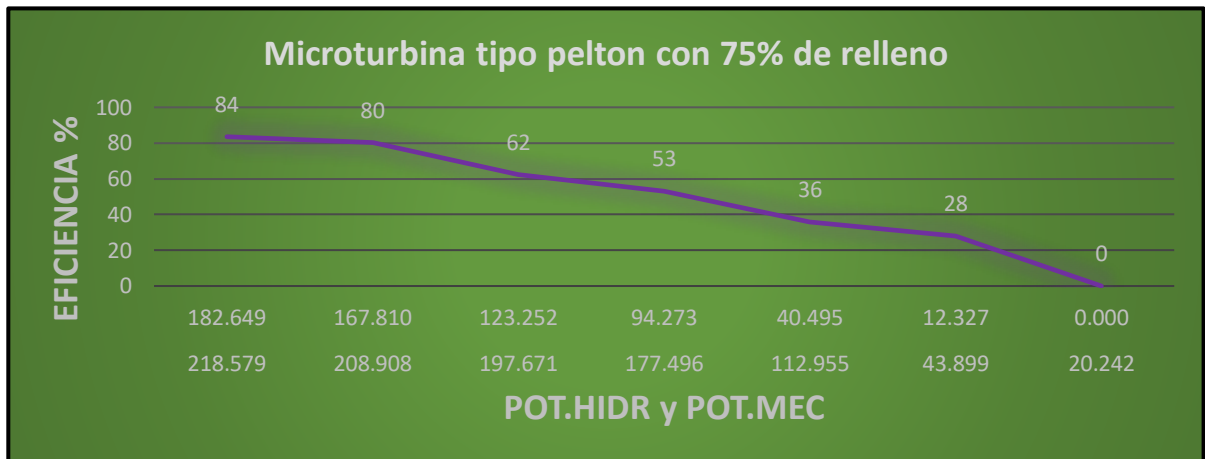


Figura 31. Eficiencia en cuanto a potencia hidráulica y Potencia mecánica en microturbina Impresa en 3D.
Fuente. Elaboración propia

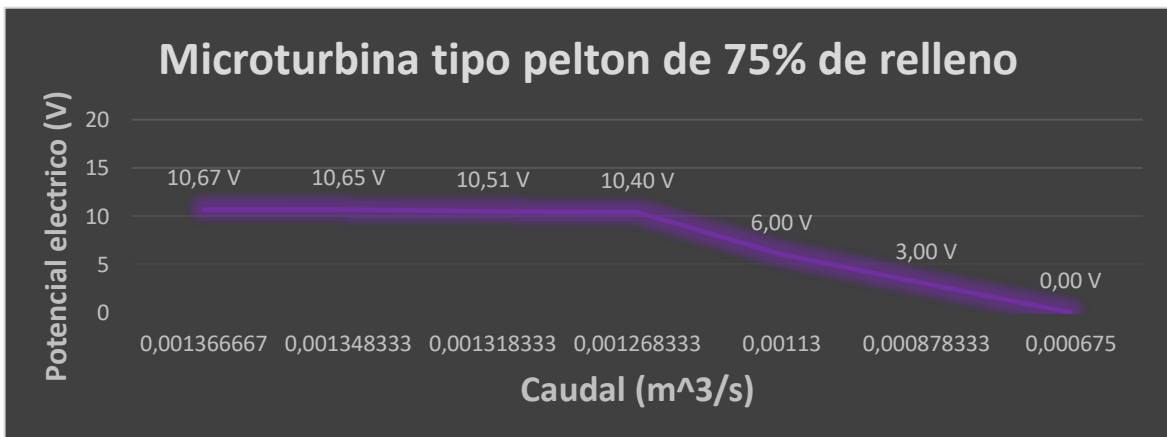


Figura 32. Curva del Potencial eléctrico en relación al Caudal
Fuente. Elaboración Propia

Tabla 13. Resultados experimentales del banco de pruebas para micro turbina tipo Pelton

MICROTURBINA TIPO PELTON DE 100% DE RELLENO															
Ítem	Cierre de válvula	Q(m ³ /s)	Q (l/min)	P (bar)	Hb	γ	Freno (Kg)	Fuerza Total(N)	Radio de polea (m)	Par Mec. (N/m)	RPM	Pot. Hidr (W)	Pot. Mec (W)	Potencial Eléctrico (V)	Eficiencia %
1	0°	0.00136667	82	1.6	16.32	9800	1.95	19.130	0.1	1.913	886	218.579	177.482	10.50	81
2	10°	0.00134833	80.9	1.55	15.81	9800	1.8	17.658	0.1	1.766	872	208.908	161.240	10.44	77
3	20°	0.00131833	79.1	1.5	15.3	9800	1.4	13.734	0.1	1.373	856	197.671	123.108	10.36	62
4	30°	0.00126833	76.1	1.4	14.28	9800	1	9.810	0.1	0.981	783	177.496	80.435	10.25	45
5	40°	0.00113	67.8	1	10.2	9800	0.55	5.396	0.1	0.540	637	112.955	35.990	5.90	32
6	50°	0.00087833	52.7	0.5	5.1	9800	0.45	4.415	0.1	0.441	206	43.899	9.523	2.93	22
7	60°	0.000675	40.5	0.3	3.06	9800	0	0	0.1	0	0	20.242	0.000	0.00	0

Fuente. Elaboración propia

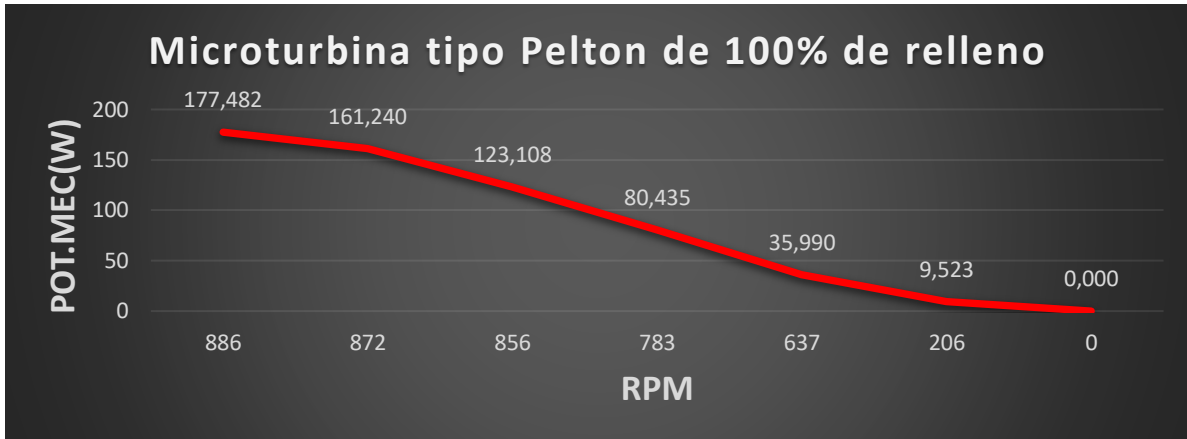


Figura 33. Curva de la potencia mecánica producida en el módulo de pruebas para microturbinas tipo Pelton

Fuente. Elaboración propia

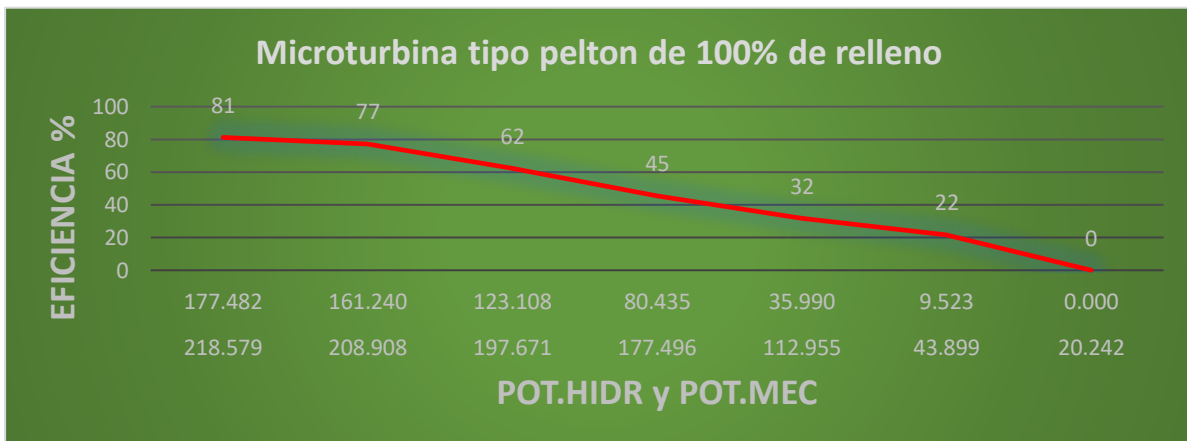


Figura 34 Eficiencia en cuanto a potencia hidráulica y Potencia mecánica en microturbina Impresa en 3D.

Fuente. Elaboración propia

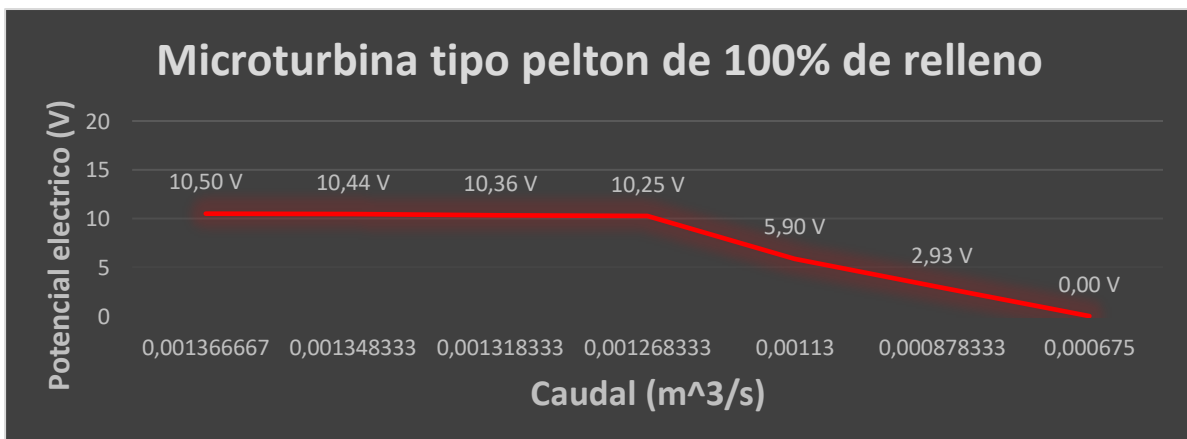


Figura 35. Curva del Potencial eléctrico en relación al Caudal

Fuente. Elaboración Propia

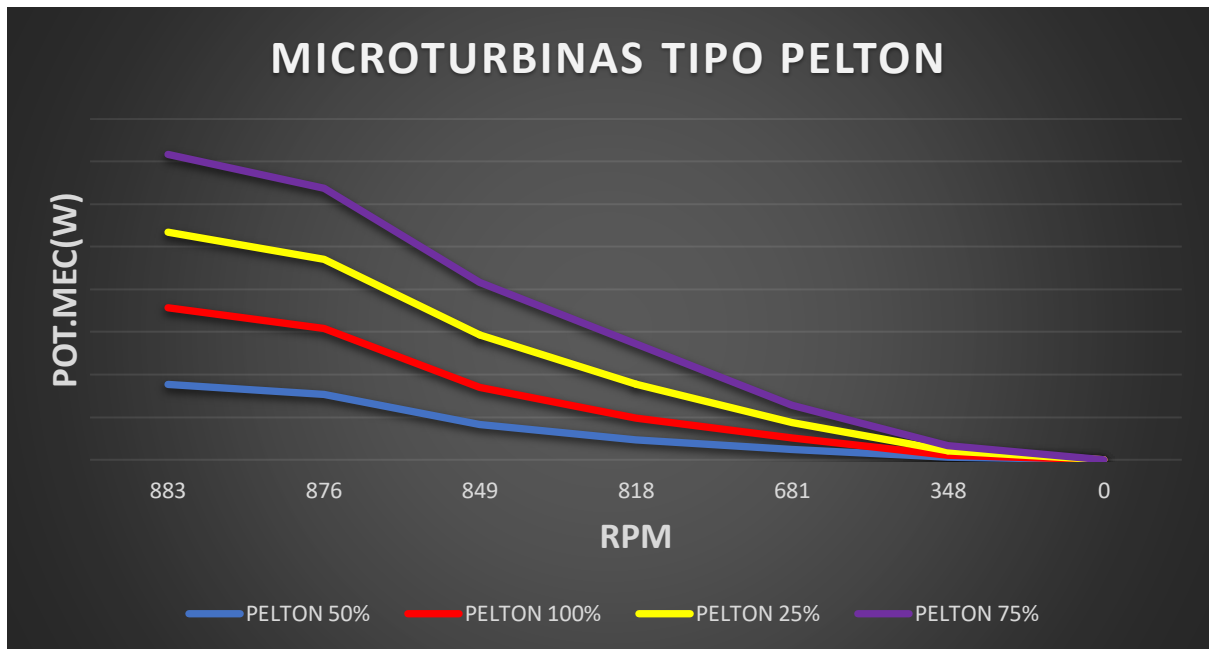


Figura 36 Potencia mecánica obtenida de las diferentes microturbinas impresas en 3D con sus respectivas configuraciones de relleno

Fuente. Elaboración propia

En las tablas y graficas señaladas anteriormente, se describen los resultados experimentales realizados en el módulo de pruebas para cada microturbina tipo Pelton impresa en 3D, con su respectiva configuración de relleno.

Cabe resaltar que, la microturbina impresa en 3D con un 75% de relleno, mostró mayor rendimiento en los ensayos ejecutados en el módulo para microturbinas al momento de realizar las mediciones con los instrumentos requeridos para dichas pruebas tales como: Tacómetro, multímetro, manómetro y caudalímetro. Al realizar la medición con el tacómetro arrojó un total de 889 RPM y las mediciones con el multímetro a dicha microturbina, se obtuvo un valor de 10.67 V, a una apertura de la llave de paso del 100%, para la medición de la apertura de la llave se tomó como referencia un transportador de ángulos de 360° como se aprecia en la siguiente imagen.

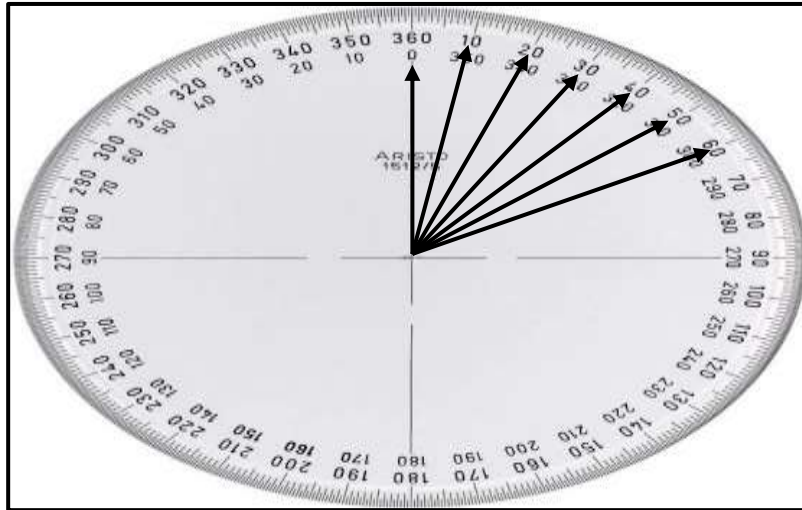


Figura 37. Transportador de ángulos 360°

Fuente. [32]

Siendo 0 la apertura de la válvula al 100%, y 60° la apertura mínima, recalcando que la apertura a 60° no genero ningún movimiento en ninguna de las microturbinas.

En los gráficos presentados, se evidenció que, la microturbina impresa en 3D con mayor generación; en cuanto, a la potencia mecánica, es la microturbina impresa con un 75% de relleno ya que las mediciones con el tacómetro arrojaron un total de 889 RPM con un caudal máximo de 82 l/m y una presión de 1.6 bar.

Siendo de la misma manera la microturbina con menos valores a un mismo caudal y presión la microturbina impresa con un 25% de relleno ya que se obtuvieron 871 rpm, y un voltaje de 10.20 V.

Además, en los gráficos realizados para la eficiencia de cada microturbina impresa en 3D con PLA, la microturbina con un relleno del 75% muestra mayor eficacia en comparación a las demás, lo que avala lo anteriormente dicho.

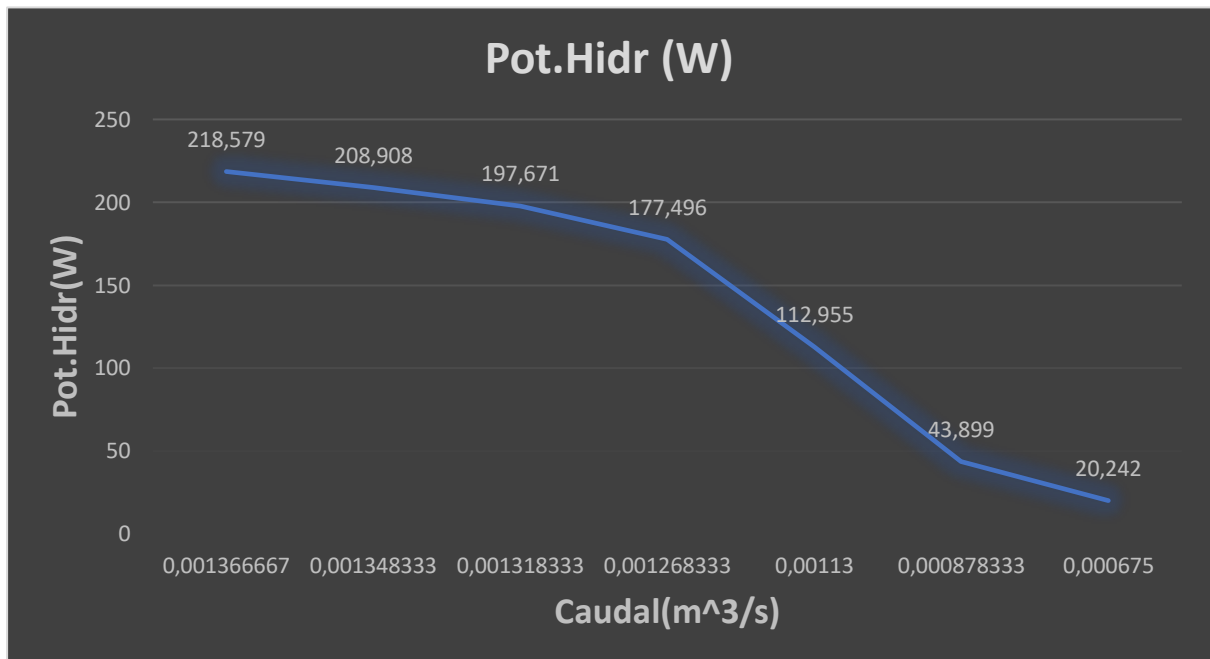


Figura 38. Potencia hidráulica en relación al caudal proporcionado por la bomba hidráulica

Fuente. Elaboración propia

También, la microturbina con una apertura de llave de 50° con mejor rendimiento fue la de 75 % de relleno con un caudal de 52.7 l/m a una presión de 0.5 bar, haciendo girar a la polea de transmisión conectada mediante una faja a una velocidad de 348 RPM y arrojando un voltaje de 3.00 V.

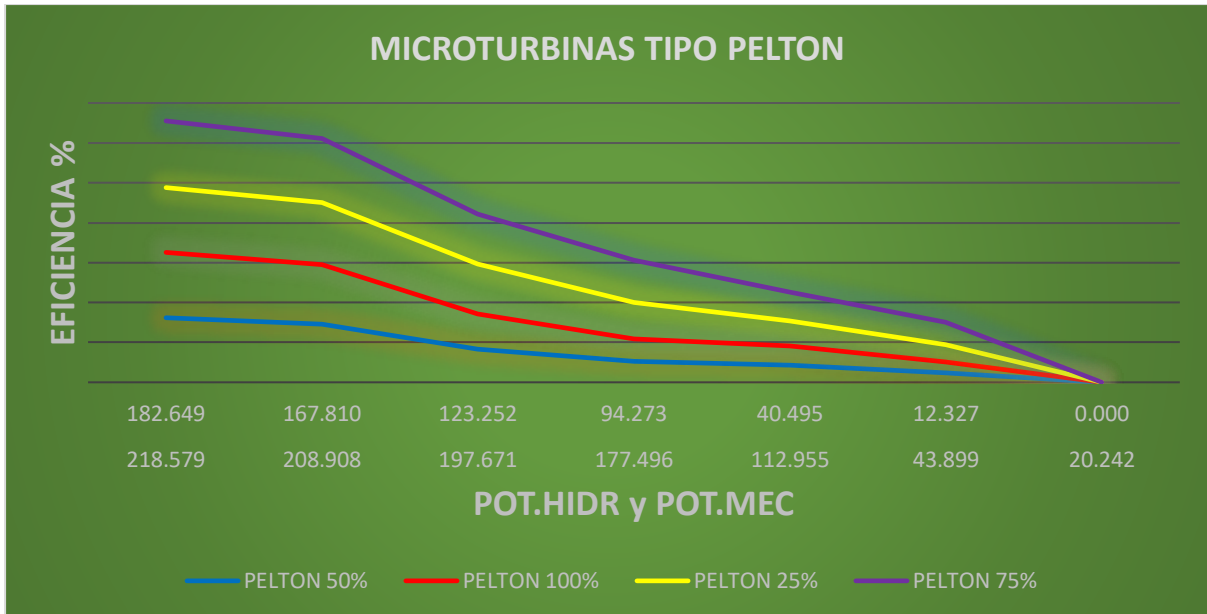


Figura 39 Eficiencia de las microturbinas tipo Pelton impresas en 3D en los ensayos realizados en el módulo para microturbinas

Fuente. Elaboración propia

Para la obtención de la potencia hidráulica se tuvo en cuenta la presión y el caudal obtenido en las pruebas experimentales, por lo que se evidenció que en cada uno de los grados de apertura en la válvula de paso de flujo para las 4 microturbinas tipo Pelton, los valores arrojados por los instrumentos de medición no variaban siendo los datos, por lo cual se consideraron constantes los valores a aperturas del máximo al mínimo, siendo 82 l/m el máximo caudal y 40.5 l/m, el mínimo con una presión de 1.6 bar a 0.3 bar.

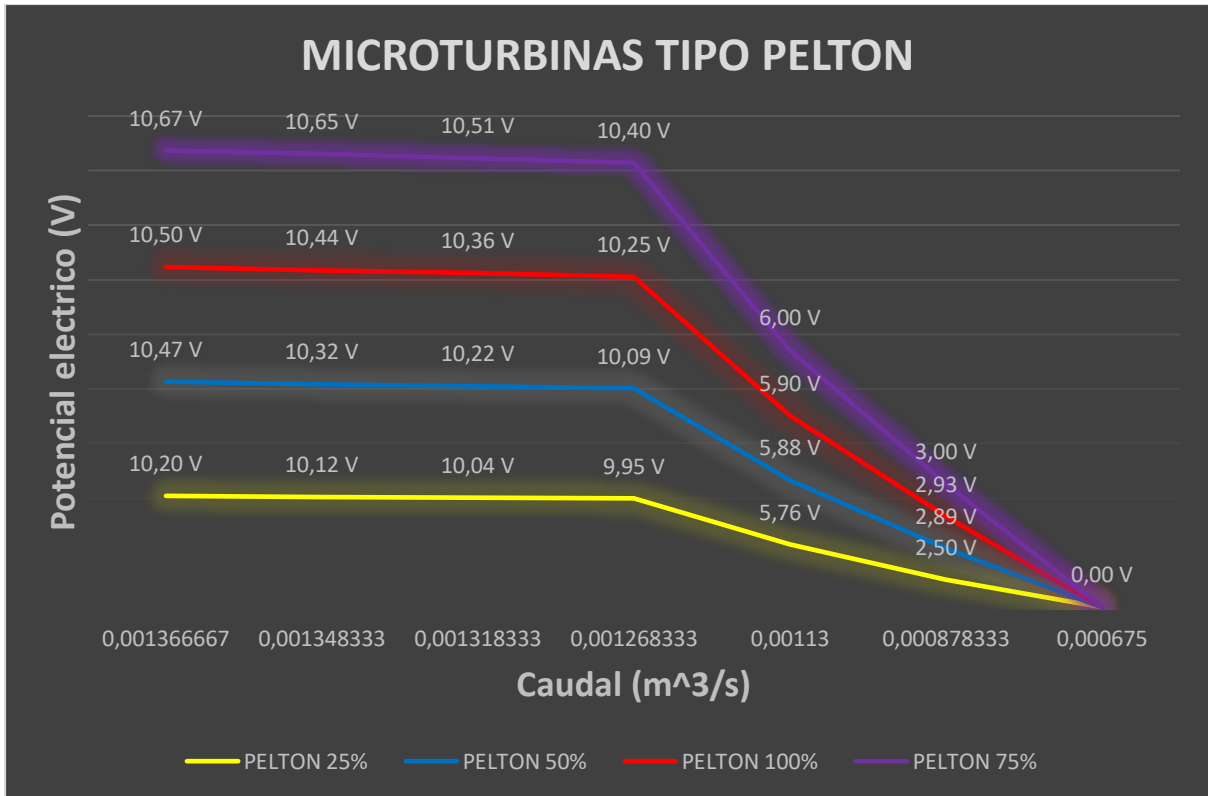


Figura 40. Microturbina tipo Pelton con mayor eficiencia en cuanto a la generación de potencial eléctrico

Fuente. Elaboración propia

Tabla 14. Comparación resultados Teóricos y Experimentales

RESULTADOS TEORICOS		UNIDADES	RESULTADOS EXPERIMENTALES		UNIDADES
Potencia Mecánica	182.7610	w	Potencia Mecánica	182.649	w
Potencial Eléctrico	-	-	Potencial Eléctrico	10.67	V
Potencia Hidráulica	198.653	w	Potencia Hidráulica	218.579	w
Eficiencia	0.92	%	Eficiencia	84	%
CAUDAL	110	l/min	CAUDAL	82	l/min
VELOCIDAD ANGULAR	1100	RPM	VELOCIDAD ANGULAR	889	RPM

Fuente. Elaboración propia

Según la bibliografía revisada los resultados del potencial eléctrico teóricamente, no se pueden obtener sin ciertos datos como la potencia mecánica, el par mecánico y la velocidad angular.

Viabilidad técnica y económica entre las microturbinas Pelton impresas con configuraciones de relleno del 25, 50, 75 y 100 %.

Tabla 15. Costo de materiales utilizados para la implementación del módulo de pruebas para micro turbinas tipo Pelton

INVERSION PARA PUESTA EN MARCHA DE UNA MICROTURBINA HIDRAULICA TIPO PELTON IMPRESA EN 3D CON PLA PARA UN MODULO DE PRUEBAS			
Materiales y Equipos	Cantida d	Precio Unitario	Precio Total
Eje	1	S/. 60.00	S/. 60.00
Válvula Esférica 1"	3	S/. 10.50	S/. 31.50
Turbina Impresa	4	S/. 200.00	S/. 800.00
Material para impresión (PLA)	6	S/. 110.00	S/. 660.00
Electrobomba Cattini	1	S/. 280.00	S/. 280.00
Tacómetro Digital	1	S/. 78.90	S/. 78.90
Tubo Cuad. 1 1/2"*1.20 esp. * 6 mts	3	S/. 46.60	S/. 139.80
Depósito de plástico para agua 128 lit.	1	S/. 84.90	S/. 84.90
Tubo PVC 1"*5 mts - PAVCO	1	S/. 22.30	S/. 22.30
Unión Universal PVC 1" C/Rosca PAVCO	3	S/. 5.50	S/. 16.50
Unión Universal PVC 1" SP-PLAST	2	S/. 3.80	S/. 7.60
Codo PVC C10 SP 1"*90-PAVCO	4	S/. 4.00	S/. 20.00
TE PVC C10 SP 1"-PAVCO	3	S/. 7.00	S/. 21.00
UPR PVC C10 1"-PAVCO	3	S/. 2.60	S/. 5.20
Cinta Teflón 12 MT.	2	S/. 2.30	S/. 4.60
Pegamento PVC 1/32 Regular Dorado 4 OZ-PAVCO	1	S/. 8.50	S/. 8.50
Carcasa Acrílica de 6 mm de espesor	1	S/. 220.00	S/. 220.00
Chumacera de pared 1" Interno Translink	1	S/. 33.00	S/. 33.00
Chumacera de piso 1"Interno Translink	2	S/. 33.00	S/. 66.00
Contratuerca Bronce 1" FADIM	1	S/. 2.50	S/. 2.50
Empaquetaduras de jebe de 1"	2	S/. 5.00	S/. 10.00
Caudalímetro	1	S/. 152.10	S/. 152.10
Alternador	1	S/. 250.00	S/. 250.00
Poleas de transmisión	2	S/. 32.50	S/. 65.00
Faja para la transmisión	1	S/. 15.00	S/. 15.00
Pernos de fijación	130	S/. 0.37	S/. 44.00
Manómetro de presión	1	S/. 30.00	S/. 30.00
Costo de Instalacion		15%	S/. 428.76
TOTAL, INVERSION			S/. 3,497.16

Fuente: Elaboración propia.

Para la implementación de esta tecnología fue necesario agenciarnos de los materiales anteriormente expuestos en la tabla 14.

Nuestra microturbina tipo Pelton impresa en 3D con una configuración del 75% de relleno genero 10.67 V. lo que demostró ser la microturbina más óptima en comparación a las demás. Por ello se realizó un análisis de la TIR y VAN para ver si la ejecución del proyecto es viable.

A continuación, se expone en la tabla los datos correspondientes al análisis de la TIR y el VAN, los cuales tenemos: Cantidad de PLA utilizado en la impresión, pernos para el ensamble de la microturbina y el consumo de energía eléctrica utilizado por la impresora.

Cada uno de estos costos están sujetos a los precios que fueron tenidos en cuenta por cada uno de los materiales necesarios para dicho proyecto, el costo del consumo de energía eléctrica, se tuvo en cuenta el tiempo de impresión que duro para el acabado de dicha microturbina, este tiempo se multiplico a los amperios consumidos por la impresora en condiciones normales de trabajo, seguido de esto se obtuvo un valor de consumo en KWh/mes, multiplicando este valor por el costo de venta de un KWh en el Perú.

Tabla 16. Datos para la obtención de la TIR Y EL VAN

COSTO FABRICACION MICROTURBINA TIPO PELTON IMPRESA EN 3D CON RELLENO DEL 75%			Costos
PLA CONSUMIDO EN ROTOR Y ALABES	1.035218	Kg	S/ 120.00
PERNOS PARA ENSAMBLAJE	36	Unidades	S/ 30.00
CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA EN IMPRESIÓN	155.25	KWh/mes	S/ 3.60
TOTAL, EGRESOS MICROTURBINA TIPO PELTON			S/ 153.60

Fuente. Elaboración propia

Análisis del TIR y el VAN

Tabla 17. TIR Y EL VAN

AÑOS	0	1
Inversión inicial	<i>S/.</i> -153.60	0
Costos para Fabricación de Turbina al 75%		<i>S/.</i> 153.60
Costos de operación y mantenimiento		<i>S/.</i> -3.1
TOTAL, EGRESOS		<i>S/.</i> 150.5
Venta microturbina Impresa al 75% de relleno		<i>S/.</i> 400.00
TOTAL, INGRESOS		<i>S/.</i> 400.00
BENEFICIOS NETOS		<i>S/.</i> 249.47
<i>S/.</i>	-183.37	<i>S/.</i> 249.47
Valor Actual Neto	VAN	<i>S/.</i> 83.99
Tasa Interna de Retorno	TIR	27.32 %

Fuente: *Elaboración propia*

Tener un VAN de monto S/. 83.99 significa que el proyecto luego de haber cubierto todos los egresos además de pagar la tasa mínima requerida (COK) genera la ganancia de S/. 249.47, este resultado es la actualización del dinero al cierre de la operación.

Tener una TIR de 27.32 % significa que el proyecto es capaz de generar un rendimiento aceptable, debido a que, esta tasa es mayor a la de mi costo de oportunidad, (COK 5%) que es el rendimiento total de proyecto.

Se considero el 5% de tasa debido a la tasa máxima que puede pagar una entidad financiera por ahorrar la cantidad de dinero que se consideró como inversión.

3.2. Discusión.

En los gráficos presentados, se evidenció que, la microturbina impresa en 3D con mayor generación; en cuanto, a la potencia mecánica (182.649 W) y la potencia hidráulica (218.579 W), fue la microturbina impresa con un 75% de relleno ya que las mediciones con el tacómetro arrojó un total de 889 RPM con un caudal máximo de 82 l/m y una presión de 1.6 bar, y en cuanto a potencial eléctrico arrojó 10.67 V. Mientras que para [18] afirman que, la potencia máxima que generó cada turbina fue de 257 W y 260 W aproximadamente, para las turbinas de prueba denominadas 1 y 2, lo que en su investigación demostró que, si es posible diseñar turbinas Pelton, que posean una eficiencia en cuanto a la generación de energía que se puede comparar con una turbina que se adquiere en el mercado.

Para la obtención de las propiedades físicas (peso y densidad) de las Microturbinas tipo Pelton se tuvo en cuenta los valores de su peso con unidades $\text{Kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$ y su densidad con las siguientes unidades Kg/m^3 para cada una de ellas; mientras que, [29] tuvieron en consideración las siguientes propiedades físicas con sus respectivas unidades: Masa: 0.557665 kg, Área: 277509 mm^2 y Volumen: 422474 mm^3 .

Por otro lado, se evidenció que, al realizar un cambio; en la apertura de la llave de paso, los valores de caudal, presión y potencias, tanto mecánica como hidráulica, varían por este sistema de control. Sin embargo, para [30] P. 152. La apertura o cierre de los dispositivos de control; tales como, las válvulas, alabes directrices o compuertas permiten que, la potencia de salida o el caudal que, atraviesa la turbina se mantengan constantes; no obstante, para [14] P. 117. El funcionamiento habitual de las turbinas es dotar de potencia al alternador en cada instante, haciendo que, la frecuencia sea constante, al igual que las revoluciones. Esto permite el estudio del rendimiento al existir variaciones de potencia o caudal, conservando constante el salto y la velocidad.

Para la obtención de la potencia hidráulica se tuvo en cuenta la presión y el caudal obtenido en las pruebas experimentales, por lo que se evidenció que en cada uno de los grados de apertura en la válvula de paso deflujo para las 4 microturbinas tipo Pelton, los

valores arrojados por los instrumentos de medición no variaban siendo los datos, por lo cual se consideraron constantes los valores a aperturas del máximo al mínimo, siendo 82 l/m el máximo caudal y 40.5 l/m, el mínimo con una presión de 1.6 bar a 0.3 bar. Además, [18] afirman que, en su experimento, aumentaron el caudal de manera gradual hasta un tope máximo de 10 l/s, y observaron que la turbina Pelton impresa en 3D se conservó intacta en el transcurso de la prueba.

Las curvas para cada turbina en cuanto a generación para cada turbina son iguales aproximadamente. La potencia muestra un aumento continuo a medida que el caudal presente acrecentamientos, tal como se observa en la siguiente imagen. [18]

Los valores obtenidos de la viabilidad técnica y económica nos permitieron determinar la conveniencia de ejecutar el proyecto, ya que la TIR y el VAN representan si es o no recomendable ejecutar este tipo de proyecto, de esta manera [16] determinaron realizar un análisis financiero para comprobar el costo total del capital y, la inversión para iniciar el proyecto, también exponen que los gastos en un proyecto son valores negativos ya que muestran un efecto negativo en el LCOE, la TIR y el VAN ya que los gastos disminuyen los ingresos y el tiempo de recuperación de la inversión se ve en aumento.

En la presente investigación, se evaluaron los indicadores del VAN y la TIR siendo el proyecto rentable por obtener un VAN de 83.99 y una TIR de 27.32 %; no obstante para [15] el valor de la viabilidad económica se tiene en consideración el flujo de capital de inversión, en su investigación se apoyaron en hojas de cálculo Excel donde planificaron un horizonte de 20 años, donde evaluaron los siguientes indicadores: Valor Actual Neto (VAN), Periodo de recuperación de la Inversión (PRI), Tasa de Rendimiento Interno (TIR), y por último y siendo lo principal el Costo Nivelado de la Electricidad (CNE).

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

Se observó que, al cambiar la configuración de relleno en la microturbina Pelton, varía no solo el tiempo de impresión, sino también su peso y densidad.

Los resultados obtenidos mediante el análisis teórico, nos permitieron tener un alcance de cuáles serían los valores a adquirir al momento de realizar los ensayos experimentales en el módulo para Microturbinas.

La microturbina tipo Pelton impresa en 3D con PLA que presentó mayor rendimiento; en cuanto, a generación del potencial eléctrico fue la turbina impresa con un relleno del 75%, dándonos un valor de 10.67 Voltios, a una velocidad angular de 889 RPM, con un caudal de 82 l/min y a una presión de 1.6 bar.

Con los resultados obtenidos en el VAN y el TIR, concluimos que, la realización de nuestro proyecto fue factible, ya que se logró una ganancia de S/. 249.47, además el proyecto generó un rendimiento aceptable, debido a que esta tasa es mayor a la de mi costo de oportunidad (COK 5%) siendo de 27.32 %, que es el rendimiento total del proyecto.

4.2. Recomendaciones

Para la impresión 3D se recomienda tener en cuenta la posición y soportes de la pieza a imprimir, para así obtener mejores resultados en cuanto a acabados, tiempo de impresión y resistencia a la fractura.

Es recomendable realizar los ensayos en el banco de pruebas, con una bomba hidráulica de potencia mayor a 1 HP y poder observar el desempeño de las microturbinas tipo Pelton impresas en 3D.

Verificar los equipos que conforman el banco de pruebas y brindarles un mantenimiento adecuado y que estos se encuentren en óptimas condiciones, para que la obtención de datos sea más precisa.

Como otra alternativa, para aumentar las RPM se recomienda usar una polea de menor diámetro a la que se utilizó, siendo esta de 8".

Para mejores resultados en cuanto a la generación de potencial eléctrico es recomendable hacer uso de un generador eléctrico en reemplazo al alternador que fue utilizado en el módulo de pruebas de microturbinas.

Realizar un balanceo de masa para cada microturbina, y así, poder obtener los datos correspondientes.

REFERENCIAS

- [1 H. D. Young y R. A. Freedman, Física Universitaria, Decimosegunda Edición ed., vol. Volumen 2, Mexico, 2022, p. 780.
- [2 R. Fredys, V. Laura y C. Edwin, «<https://www.redalyc.org/>», 13 10 2020. [En línea]. Available: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=553768365003>.
- [3 J. C. Parra Mena, E. R. Gallardo Vizuete y E. D. Torres Peñaloza, «ingenieria.ute.edu.ec», 2 12 2019. [En línea]. Available: <https://doi.org/10.29019/enfoque.v10n4.503>.
- [4 R. D. G. Alonso, R. U. Rivera Landaverde, G. Orrantia Daniel, M. d. J. Tellez Moyoroqui y A. A. Valenzuela Martinez, «<journal/944/94459796005/94459796005.pdf>», 5 3 2019. [En línea]. Available: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94459796005>.
- [5 M. J. Carvajal Loaiza, P. González Díaz, C. A. Mejía Blandón, L. M. Bustamante Góez y J. A. Villarraga Ossa, «ScienceDirect», 2022. [En línea]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827122001159?via%3Dihub>.
- [6 . Sanglae, A. Alberto, K. Insup, J.-H. Kim, L. Jiho y Y.-J. Yoon, «<https://www.sciencedirect.com/>», 19 3 2022. [En línea]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2022.02.133>.
- [7 B. Pernet, J. Kay Nagel y H. Zhang, «<https://www.sciencedirect.com/>», 2022. [En línea]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827122001159#cebibsec1>.
- [8 D. A. Peñaloza Mayorga, «Modelamiento de una turbina de Pelton en CFD e impresión 3D», 14 Enero 2019. [En línea]. Available: <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/39267/u821168.pdf?sequence=1>.
- [9 V. Yepes Piqueras, «Turbina Pelton», 15 Julio 2019. [En línea]. Available: <https://victoryepes.blogs.upv.es/tag/turbina-pelton/>.
- [1 P. Oriol, «Energía Solar», 11 Junio 2021. [En línea]. Available: <https://solar-energia.net/energias-0/renovables/energia-hidraulica/turbinas-hidraulicas/turbina-pelton>.
- [1 J. C. Niño Caballero, «<https://repository.unab.edu.co/>», 2019. [En línea]. Available: https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/7124/2019_Tesis_Javier_Camillo_Ni%C3%B1o_Caballero.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- [1 J. A. Sarmiento Rojas, «<https://bibdigital.epn.edu.ec/>», Marzo 2020. [En línea]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/20949/1/CD%2010472.pdf>.
- [1 WWS Wasserkraft, «TURBINA PELTON WWS», 15 Junio 2020. [En línea]. Available: <https://www.wws-wasserkraft.at/es/productos/turbina-pelton>. [Último acceso: 3 octubre 2023].
- [1 J. T. Canaza Choqueluque y H. Chara Surco, «Alicia Concytec», 2018. [En línea]. Available: https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCSM_6ee39173c795f80948a77a71f33e4b1e.

- [1 Y. Sánchez Torres y P. A. Rodríguez Ramos, «Evaluación técnico-económica de pequeñas 5] turbinas eólicas en localidades de poco potencial eólico,» *Revista Ingeniería Agrícola*, vol. 11, nº 3, pp. 16 - 26, 2021.
- [1 A. A. Ysaguirre Jerezano y B. R. Ramos Zelaya, «<https://repositorio.unitec.edu/xmlui/>,» Junio 6] 2021. [En línea]. Available: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://repositorio.unitec.edu/xmlui/bitstream/handle/123456789/11444/21741371-JUNIO2021-L55-PG.pdf.pdf?sequence=1>. [Último acceso: 5 Septiembre 2023].
- [1 I. Ismayuzri Bin y L. Pierre, «MotoMaker: una plataforma robótica FDM para la impresión 7] multiplano y de estructuras reticulares 3D,» 23 Mayo 2019. [En línea]. Available: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15397734.2019.1615943?scroll=top&needAccess=true>.
- [1 M. Takagi, Y. Watanabe, S. Ikematzu, T. Hayashi, T. Fujimoto y Y. Shimatani, «TURBINA PELTON 8] IMPRESA EN 3D: CÓMO PRODUCIRLA GLOBAL CONOCIMIENTO,» *Energy Procedia*, vol. 61, pp. 1593 - 1596, 2014.
- [1 J. L. Arias Gonzales y M. Covinos Gallardo, «DISEÑO Y METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION,» 9] de *DISEÑO Y METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION*, Arequipa-Peru, ENFOQUES CONSULTING EIRL, 2021, p. 73.
- [2 R. Hernandez Sampieri y C. P. Mendoza Torres, «Metodología de la Investigacion Las rutas 0] Cuantitativa, Cualitativa y Mixta,» de *Metodologia de la Investigacion Las rutas Cuantitativa, Cualitativa y Mixta*, Mexico, Mc Graw Hill Education , 2018, p. 196.
- [2 H. Ñaupas Paitán, M. R. Valdivia Dueñas, J. J. Palacios Vilela y R. D. H. Eusebio, «Técnicas e 1] instrumentos de investigación para la recolección,» de *Metodologia de la investigacion Cuantittiva Cualitativa y Redaccion de la Tesis*, Quinta Edicion ed., Bogota, Ediciones de la U, 2018, p. 273.
- [2 M. Eisenring, *Micro Pelton Turbines*, vol. 1, 1991. 2]
- [2 Z. Zhang, *Pelton Turbines*, Zurich, Suiza: Springer, 2016. 3]
- [2 F. Coz, T. Sánchez, B. Viani, J. Segura, L. Rodríguez, H. Miranda, E. Castromonte, J. Guerra, L. 4] Quiroz, J. Gaitán, L. Moreno y I. Muñoz, *Manual de mini y microcentrales hidráulicas: una guía para el desarrollo de proyectos*, Lima, 1995.
- [2 C. Mataix, *Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas*, Madrid: Ediciones del Castillo S.A., 1986. 5]
- [2 U. Sánchez, *Máquinas hidráulicas*, San Vicente: Editorial Club Universitario, 2018. 6]
- [2 T. Z. Oo, N. Nyi y C. C. Khaing, «Design Calculation of Pelton Turbine for 220 kW,» *International 7] Journal*, 2019.

- [2 T. Nigussie, A. Engeda y E. Dribssa, «Design, Modeling, and CFD Analysis of a Micro Hydro Pelton
8] Turbine Runner: For the Case of Selected Site in Ethiopia,» *International Journal of Rotating
Machinery*, 2017.
- [2 F. A. Isholaa, J. Azetaa, J. Agbia, O. O. O. Olatunjib y F. Oyawalea, «ScienceDirect,» 14 Agosto
9] 2019. [En línea]. Available:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978919307991>.
- [3 L. Peña Pupo, E. Faeriñas Wong, H. Dominguez Abreu y J. Fong Barrio, «Redalyc,» 2020. [En
0] línea]. Available: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445562743011>.
- [3 G. B. j. Gere James M., «Mecanica de materiales,» de *Mecanica de materiales* , Mexico DF,
1] Cengage Learning, 2009, p. 167.
- [3 PIERA, «Transportador De Ángulos 360º,» 2020.
2]
- [3 M. Takagi, Y. Watanabe, S. Ikematsu, T. Hayashi, T. Fujimoto y Y. Shimatani, «Elsevier,» 2014. [En
3] línea]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610214032081>.

ANEXOS

Anexo 1. Certificado de calibración balanza no automática

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN	
N° LMMA - 2611 - 2019	
Fecha de Emisión: 2019-11-20 Página: 1 de 4	
1. Solicitante:	UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN S.A.C.
2. Dirección:	Carretera Pimentel km 5
3. Instrumento calibrado:	BALANZA NO AUTOMÁTICA
4. Marca:	AND
5. Modelo:	FX-200i
6. Serie:	15603227
7. Código de identificación:	NO INDICA
8. Capacidad máxima:	220.000 g
9. Divis. de escala (d) :	0.0010 g
10. Divis. de verificación (e):	0.010 g
11. Capacidad mínima:	1.00 g
12. Clase:	II
13. Tipo:	Digital
14. Coef. deriva temperatura:	0.000005 1/°C
15. Fecha de Calibración:	2019-11-20

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de Medifarma.
Certificados sin firma y sellos carecen de validez.
El equipo se encuentra dentro de las tolerancias establecidas.

 STCM PERU SAC	Jefe de Laboratorio  Efraín Dorca	 Efraín Ernesto Dorca Huaman	Director Técnico  Teresa Gorzalez	 Teresa Evelyn Gorzalez Amaya
---	--	---	--	---

☎ 934 506 732 📍 Jr. San Juan Bautista 268 lima 31 ✉ stcmperusac@outlook.com

**Servicios Tecnológicos y
Consultoría multisectorial Perú S.A.C**



N° LMMA - 2611 - 2019

Fecha de Emisión: 2019-11-20
Página: 2 de 4

1. Método de Calibración

La calibración se ha realizado siguiendo el procedimiento de calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase III y Clase IIII - PC-001 - Servicio Nacional de Metrología (INDECOPI) - Cuarta edición - abril 2010.

2. Lugar de Calibración

Laboratorio de Química
Escuela de Ingeniería Agroindustrial y Comercio Exterior

3. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia del INACAL	Medidor de condiciones ambientales	LH-243-2018
Patrones de referencia del INACAL	Juego de pesas de 1 mg a 1 kg Serie: 167492	LM-240-2018

4. Inspección visual

Ajuste de cero:	Conforme
Oscilación libre:	Conforme
Plataformas:	Conforme

Display:	Conforme
Nivelación:	Conforme
Estabilidad:	Conforme

5. Observaciones

La balanza se encuentra dentro de sus errores máximos permitidos.

Servicios Tecnológicos y Consultoría multisectorial Perú S.A.C
R.U.C. 20605172173

  934 506 732  Jr. San Juan Bautista 268 lima 31  stemperusac@outlook.com



N° LMMA - 2611 - 2019

Fecha de Emisión: 2019-11-20
Página: 3 de 4

6. Resultados de Medición

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Temperatura.:	Inicial	Final	H.R.:	Inicial	Final	Presión:	Inicial	Final
	18.8 °C	18.5 °C		51.1% HR	51.1% HR		998.6 mbar	998.6 mbar

N° de Mediciones	50%Cap Máx (g): 99.999990			Cap. Máxima (g): 199.999840		
	Indicación (g)	ΔL (mg)	E(mg)	Indicación (g)	ΔL (mg)	E(mg)
1	100.000	0	0.0	200.000	0	0.16
2	99.999	0	-1.0	200.000	0	0.16
3	100.000	0	0.0	200.001	0	1.16
4	99.999	0	-1.0	200.001	0	1.16
5	99.999	0	-1.0	200.000	0	0.16
6	99.999	0	-1.0	200.000	0	0.16
7	99.999	0	-1.0	200.001	0	1.16
8	100.000	0	0.0	200.000	0	0.16
9	99.999	0	-1.0	200.000	0	0.16
10	99.999	0	-1.0	200.000	0	0.16

Carga (g)	Diferencia Máxima (mg)	e.m.p. (mg)
99.999990	1	20

Carga (g)	Diferencia Máxima (mg)	e.m.p. (mg)
199.999840	1	20

ENSAYO DE EXCENRICIDAD

Temperatura.:	Inicial	Final	H.R.:	Inicial	Final	Presión:	Inicial	Final
	18.5 °C	11 °C		51.1% HR	51.1% HR		998.6 mbar	998.4 mbar

Posición de la Carga	Error en Cero				Error Corregido				
	Carga Mínima (g)	Indicación (g)	ΔL (mg)	Eo(mg)	(Capacidad Máxima)/3	Indicación (g)	ΔL (mg)	E(mg)	Ec(mg)
Centro	0.010004	0.010	0	-0.004	50.000020	49.999	0	-1.02	-1.016
I		0.010	0	-0.004		49.999	0	-1.02	-1.016
II		0.010	0	-0.004		49.999	0	-1.02	-1.016
III		0.010	0	-0.004		50.001	0	0.98	0.984
IV		0.010	0	-0.004		50.000	0	-0.02	-0.016

Posiciones	Diferencia de posiciones	ΔEc(mg)	e.m.p. (mg)
I-centro		0	20
II-centro		0	20
III-centro		2	20
IV-centro		1	20

Servicios Tecnológicos y Consultoría multisectorial Perú S.A.C
R.U.C. 20605172173

☎ 934 506 732 📍 Jr. San Juan Bautista 268 lima 31 ✉ stemperusac@outlook.com



N° LMMA - 2611 - 2019

Fecha de Emisión: 2019-11-20
Página: 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

Temperatura:	Inicial	Final	H.R.:	Inicial	Final	Presión:	Inicial	Final
	18.2 °C	18.5 °C		51.1% HR	50% HR		998.4 mbar	998 mbar

N° de Mediciones	Carga Aplicada (g)	Creciente				Decreciente				u(Ec) (mg)	e.m.p. (mg)
		Indicación (g)	ΔL (mg)	E(mg)	Ec(mg)	Indicación (g)	ΔL (mg)	E(mg)	Ec(mg)		
0	0.010004	0.010	0	0.00	0.00	-	-	-	-	-	-
1	1.000048	0.999	0	-1.01	-1.00	1.006	0	5.99	6.00	0.63	10
2	5.999955	10.600	0	0.00	0.01	10.005	0	5.01	5.01	0.63	10
3	19.999993	20.600	0	0.01	0.01	20.004	0	4.01	4.01	0.63	10
4	39.999982	40.000	0	0.02	0.02	40.005	0	3.02	3.02	0.63	10
5	49.999977	50.001	0	1.02	1.03	50.004	0	4.02	4.03	0.63	10
6	80.000048	80.000	0	-0.01	0.00	80.004	0	3.99	4.00	0.63	20
7	99.999997	100.000	0	0.00	0.01	100.004	0	4.00	4.01	0.64	20
8	119.999983	120.001	0	1.02	1.02	120.003	0	3.02	3.02	0.63	20
9	149.999967	150.002	0	2.03	2.04	150.003	0	3.03	3.04	0.64	20
10	179.999998	180.002	0	2.00	2.01	180.003	0	3.00	3.01	0.64	20
11	219.999833	220.003	0	3.17	3.17	220.003	0	3.17	3.17	0.64	20

Donde:

0: Carga mínima
Indicación: Lectura del equipo
E: Error calculado
Eo: Error en cero (carga mínima)

l: Capacidad mínima
Ec: Error corregido
u(Ec): Incertidumbre Combinada del Error Corregido
e.m.p.: error máximo permisible

ΔL: Punto de cambio

Lectura Corregida $R_{\text{corregida}} = R + (-1.125E-05) R$

Incertidumbre Expandida $U_R(k=2) = 2 \cdot \text{Raiz} (4.483E-06 + 1.384E-10) R^2$

7. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre combinada por el factor de cobertura k = 2, para una distribución normal correspondiente a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la medición, segunda edición, julio del 2001. La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración.

8. Recalibración

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una calibración, la cual esta en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

FIN DE CERTIFICADO

Servicios Tecnológicos y Consultoría multisectorial Perú S.A.C
R.U.C. 20605172173

934 506 732 Jr. San Juan Bautista 268 lima 31 stcmperusac@outlook.com



INACAL
 Instituto Nacional
 de Calidad
 Metrología

Laboratorio de Masa

Certificado de Calibración

LM - 240 - 2018

Página 1 de 4

Expediente	100273
Solicitante	INGENIERIA DE CALIDAD Y METROLOGÍA S.A.C.
Dirección	Av. Brasil 3774 - Magdalena del Mar
Patrón de Medición	PESAS
Valor Nominal	1 mg a 1 kg
Clase de Exactitud	E2
Material	ACERO INOXIDABLE
Marca	METTLER TOLEDO
Procedencia	NO INDICA
Número de Serie	167492
Cantidad	25
Fecha de Calibración	2018-04-25 al 2018-04-27

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

La Dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metrologías a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el país y contribuye a la difusión del Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú. (SLUMP).

La Dirección de Metrología es miembro del Sistema Interamericano de Metrología (SIM) y participa activamente en las intercomparaciones que éste realiza en la región.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL. Certificados sin firma y sello carecen de validez.

Fecha	Area de Mecánica	Laboratorio de Masa
2018-04-27	ALDO QUIROGA ROJAS	LUZ MARINA CORI ALMONTE
	Dirección de Metrología	Dirección de Metrología

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
 Dirección de Metrología
 Calle Las Camelias Nº 817, San Isidro, Lima - Perú
 Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501
 Email: metrologia@inacal.gob.pe
 Web: www.inacal.gob.pe



INACAL

Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Masa

Certificado de Calibración LM – 240 – 2018

Página 2 de 4

Método de Calibración

Norma Metroológica Peruana NMP 004:2007 *Pesas de las Clases E1, E2, F1, F2, M1, M1-2, M2, M2-3, M3

Lugar de Calibración

Laboratorio de Masas
Calle De la Prosa N° 150, San Borja - Lima

Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura	20,61 °C	20,62 °C
Humedad Relativa	51,5 %	51,5 %
Presión Atmosférica	992 mbar	993 mbar

Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia de la Dirección de Metrología	PESAS (Clase de exactitud E1)	Dirección de Metrología LM-060-2018

Observaciones

Manipular la pesa con cuidado y mantenerla limpia para evitar la alteración de su masa.

Se ha considerado para la determinación de la masa una densidad : 7 950 kg/m³

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde INACAL - DM a la caja que contiene a las pesas.



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología
Laboratorio de Masa

Certificado de Calibración LM – 240 – 2018

Página 3 de 4

Resultados de Medición

VALOR NOMINAL	IDENTIF.	MASA CONVENCIONAL	INCERTIDUMBRE	FORMA	MATERIAL	ERROR MAXIMO PERMITIDO
1 mg	--	1 mg + 0,001 mg	0,002 mg	HILO	ACERO INOXIDABLE	0,006 mg
2 mg	--	2 mg + 0,002 mg	0,002 mg	HILO	ACERO INOXIDABLE	0,006 mg
2 mg	(-)	2 mg + 0,002 mg	0,002 mg	HILO	ACERO INOXIDABLE	0,006 mg
5 mg	--	5 mg + 0,002 mg	0,002 mg	HILO	ACERO INOXIDABLE	0,006 mg
10 mg	--	10 mg + 0,006 mg	0,003 mg	HILO	ACERO INOXIDABLE	0,008 mg
20 mg	--	20 mg + 0,003 mg	0,003 mg	HILO	ACERO INOXIDABLE	0,010 mg
20 mg	(-)	20 mg + 0,003 mg	0,003 mg	HILO	ACERO INOXIDABLE	0,010 mg
50 mg	--	50 mg + 0,004 mg	0,004 mg	HILO	ACERO INOXIDABLE	0,012 mg
100 mg	--	100 mg + 0,004 mg	0,006 mg	HILO	ACERO INOXIDABLE	0,016 mg
200 mg	--	200 mg + 0,014 mg	0,006 mg	HILO	ACERO INOXIDABLE	0,020 mg
200 mg	(-)	200 mg + 0,008 mg	0,006 mg	HILO	ACERO INOXIDABLE	0,020 mg
500 mg	--	500 mg + 0,008 mg	0,008 mg	HILO	ACERO INOXIDABLE	0,025 mg
1 g	--	1 g + 0,008 mg	0,010 mg	CLINDRICA CON BOTON	ACERO INOXIDABLE	0,03 mg
2 g	--	2 g + 0,007 mg	0,012 mg	CLINDRICA CON BOTON	ACERO INOXIDABLE	0,04 mg
2 g	(.)	2 g + 0,008 mg	0,012 mg	CLINDRICA CON BOTON	ACERO INOXIDABLE	0,04 mg
5 g	--	5 g + 0,008 mg	0,016 mg	CLINDRICA CON BOTON	ACERO INOXIDABLE	0,05 mg
10 g	--	10 g + 0,001 mg	0,020 mg	CLINDRICA CON BOTON	ACERO INOXIDABLE	0,06 mg
20 g	--	20 g + 0,016 mg	0,025 mg	CLINDRICA CON BOTON	ACERO INOXIDABLE	0,08 mg
20 g	(.)	20 g + 0,016 mg	0,025 mg	CLINDRICA CON BOTON	ACERO INOXIDABLE	0,08 mg
50 g	--	50 g + 0,00 mg	0,03 mg	CLINDRICA CON BOTON	ACERO INOXIDABLE	0,10 mg
100 g	--	100 g - 0,03 mg	0,05 mg	CLINDRICA CON BOTON	ACERO INOXIDABLE	0,16 mg
200 g	--	200 g + 0,03 mg	0,10 mg	CLINDRICA CON BOTON	ACERO INOXIDABLE	0,3 mg
200 g	(.)	200 g + 0,06 mg	0,10 mg	CLINDRICA CON BOTON	ACERO INOXIDABLE	0,3 mg
500 g	--	500 g - 0,01 mg	0,25 mg	CLINDRICA CON BOTON	ACERO INOXIDABLE	0,8 mg
1 kg	--	1 kg + 0,2 mg	0,5 mg	CLINDRICA CON BOTON	ACERO INOXIDABLE	1,8 mg

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Dirección de Metrología
Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima - Perú
Tel: (01) 640-8820 Anexo 1501
email: metrologia@inacal.gob.pe
WEB: www.inacal.gob.pe



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Masa

Certificado de Calibración LM – 240 – 2018

Página 4 de 4

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición", segunda edición, julio del 2001 (Traducción al castellano efectuada por Indecopi, con autorización de ISO, de la GUM, "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", corrected and reprinted in 1995, equivalente a la publicación del BIPM JCGM:100 2008, GUM 1995 with minor corrections "Evaluation of Measurement Data - Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement").

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Recalibración

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

DIRECCION DE METROLOGIA

El Servicio Nacional de Metrología (actualmente la Dirección de Metrología del INACAL), fue creado mediante Ley N° 23560 el 6 enero de 1983 y fue encomendado al INDECOPI mediante Decreto Supremo DS-024-93 ITINCI.

El 11 de julio 2014 fue aprobada la Ley N° 30224 la cual crea el Sistema Nacional de Calidad, y tiene como objetivo promover y garantizar el cumplimiento de la Política Nacional de Calidad para el desarrollo y la competitividad de las actividades económicas y la protección del consumidor.

El Instituto Nacional de Calidad (INACAL) es un organismo público técnico especializado adscrito al Ministerio de Producción, es el cuerpo rector y autoridad técnica máxima en la normativa del Sistema Nacional de la Calidad y el responsable de la operación del sistema bajo las disposiciones de la ley, y tiene en el ámbito de sus competencias: Metrología, Normalización y Acreditación.

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con diversos Laboratorios Metrológicos debidamente acondicionados, instrumentos de medición de alta exactitud y personal calificado. Cuenta con un Sistema de Gestión de la Calidad basado en las Normas Guía ISO 34 e ISO/IEC 17025 con lo cual se constituye en una entidad capaz de brindar un servicio integral, confiable y eficaz de aseguramiento metrológico para la industria, la ciencia y el comercio.

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con la cooperación técnica de organismos metrológicos internacionales de alto prestigio tales como: el Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) de Alemania; el Centro Nacional de Metrología (CENAM) de México; el National Institute of Standards and Technology (NIST) de USA; el Centro Español de Metrología (CEM) de España; el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) de Argentina; el Instituto Nacional de Metrología (INMETRO) de Brasil; entre otros.

SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGIA- SIM


El Sistema Interamericano de Metrología (SIM) es una organización regional auspiciado por la Organización de Estados Americanos (OEA), cuya finalidad es promover y fomentar el desarrollo de la metrología en los países americanos. La Dirección de Metrología del INACAL es miembro del SIM a través de la subregión ANDIMET (Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela) y participa activamente en las Intercomparaciones realizadas por el SIM.

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Dirección de Metrología
Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima – Perú
Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501
email: metrologia@inacal.gob.pe
WEB: www.inacal.gob.pe


Anexo 2. Módulo de prueba para microturbinas




Anexo 3. Ficha de observación datos obtenidos en el módulo de pruebas para microturbinas, Microturbina tipo Pelton impresa al 25% de relleno.

 Transforma tu mundo		FICHA DE OBSERVACION					
Titulo Tesis		CÁLCULO DEL POTENCIAL ELÉCTRICO DE UNA MICROTURBINA HIDRÁULICA TIPO PELTON IMPRESA EN 3D CON PLA PARA DIFERENTES CONFIGURACIONES DE RELLENO					
Datos generales		Impresión 3D Microturbina Tipo Pelton con Configuración de Relleno al 25%					
Datos reales obtenidos de la microturbina tipo Pelton							
Numero de Alabes		18					
Espesor del rotor		10 mm					
DATOS	Grados de cierre de la válvula						
	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°
P_H (W)	218.57	208.9	197.67	177.49	112.95	43.89	20.24
Caudal(L/min)	82	80.9	79.1	76.1	67.8	52.7	40.5
Presión(bar)	1.6	1.55	1.5	1.4	1	0.5	0.3
P_{mec} (W)	178.95	155.6	86.907	50.85	26.70	5.89	0
Torque(N/m)	1.962	1.717	0.981	0.589	0.392	0.196	0
RPM	871	866	846	825	650	287	0
$P_{Eléctrico}$ (V)	10.2	10.12	10.04	9.95	5.76	2.50	0


Anexo 4. Ficha de observación datos obtenidos en el módulo de pruebas para microturbinas, Microturbina tipo Pelton impresa al 50% de relleno.

 Transforma tu mundo		FICHA DE OBSERVACION					
Titulo Tesis		CÁLCULO DEL POTENCIAL ELÉCTRICO DE UNA MICROTURBINA HIDRÁULICA TIPO PELTON IMPRESA EN 3D CON PLA PARA DIFERENTES CONFIGURACIONES DE RELLENO					
Datos generales		Impresión 3D Microturbina Tipo Pelton con Configuración de Relleno al 50%					
Datos reales obtenidos de la microturbina tipo Pelton							
Numero de Alabas		18					
Espesor del rotor		10mm					
DATOS	Grados de cierre de la válvula						
	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°
$P_H(W)$	218.57	208.9	197.67	177.49	112.95	43.89	20.24
Caudal(L/min)	82	80.9	79.1	76.1	67.8	52.7	40.5
Presión(bar)	1.6	1.55	1.5	1.4	1	0.5	0.3
$P_{mec}(W)$	176.88	152.98	82.85	46.21	24.48	5.36	0
Torque(N/m)	1.913	1.668	0.932	0.540	0.343	0.147	0
RPM	883	876	849	818	681	348	0
$P_{Eléctrico}(V)$	10.47	10.32	10.22	10.09	5.88	2.89	0

Anexo 5. Ficha de observación datos obtenidos en el módulo de pruebas para microturbinas, Microturbina tipo Pelton impresa al 75% de relleno.


 Transforma tu mundo		FICHA DE OBSERVACION					
Titulo Tesis		CÁLCULO DEL POTENCIAL ELÉCTRICO DE UNA MICROTURBINA HIDRÁULICA TIPO PELTON IMPRESA EN 3D CON PLA PARA DIFERENTES CONFIGURACIONES DE RELLENO					
Datos generales		Impresión 3D Microturbina Tipo Pelton con Configuración de Relleno al 75%					
Datos reales obtenidos de la microturbina tipo Pelton							
Numero de Alabes		18					
Espesor del rotor		10mm					
DATOS	Grados de cierre de la válvula						
	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°
$P_H(W)$	218.57	208.9	197.67	177.49	112.95	43.89	20.24
Caudal(L/min)	82	80.9	79.1	76.1	67.8	52.7	40.5
Presión(bar)	1.6	1.55	1.5	1.4	1	0.5	0.3
$P_{mec}(W)$	182.64	167.81	123.25	94.27	40.49	12.32	0
Torque(N/m)	1.962	1.815	1.373	1.128	0.589	0.392	0
RPM	889	883	857	798	657	300	0
$P_{Eléctrico}(V)$	10.67	10.65	10.51	10.40	6.00	3.00	0

Anexo 5. Ficha de observación datos obtenidos en el módulo de pruebas para microturbinas, Microturbina tipo Pelton impresa al 100% de relleno.


 Transforma tu mundo		FICHA DE OBSERVACION					
Titulo Tesis		CÁLCULO DEL POTENCIAL ELÉCTRICO DE UNA MICROTURBINA HIDRÁULICA TIPO PELTON IMPRESA EN 3D CON PLA PARA DIFERENTES CONFIGURACIONES DE RELLENO					
Datos generales		Impresión 3D Microturbina Tipo Pelton con Configuración de Relleno al 100%					
Datos reales obtenidos de la microturbina tipo Pelton							
Numero de Alabes		18					
Espesor del rotor		10mm					
DATOS	Grados de cierre de la válvula						
	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°
$P_H(W)$	218.57	208.9	197.67	177.49	112.95	43.89	20.24
Caudal(L/min)	82	80.9	79.1	76.1	67.8	52.7	40.5
Presión(bar)	1.6	1.55	1.5	1.4	1	0.5	0.3
$P_{mec}(W)$	177.48	161.24	123.10	80.43	35.99	9.52	0
Torque(N/m)	1.913	1.766	1.373	0.981	0.540	0.441	0
RPM	886	872	856	783	637	206	0
$P_{Eléctrico}(V)$	10.50	10.44	10.36	10.25	5.90	2.93	0


Anexo 6. Ficha de observación de las propiedades físicas de la Microturbina tipo Pelton impresa al 25% y 50% de relleno.

 Transforma tu mundo		FICHA DE OBSERVACION	
Titulo Tesis		CÁLCULO DEL POTENCIAL ELÉCTRICO DE UNA MICROTURBINA HIDRÁULICA TIPO PELTON IMPRESA EN 3D CON PLA PARA DIFERENTES CONFIGURACIONES DE RELLENO	
Datos generales		Impresión 3D Microturbina Tipo Pelton con Configuración de Relleno al 25%	
Características Generales de la Microturbina Tipo Pelton			
Numero de Alabes		18	
Espesor del rotor		10 mm	
Propiedades Físicas Microturbina Tipo Pelton			
Relleno	25%	Unidades	
Peso	7.50	kg.m/s ²	
Densidad	1032.4	kg/m ³	


 Transforma tu mundo		FICHA DE OBSERVACION	
Titulo Tesis		CÁLCULO DEL POTENCIAL ELÉCTRICO DE UNA MICROTURBINA HIDRÁULICA TIPO PELTON IMPRESA EN 3D CON PLA PARA DIFERENTES CONFIGURACIONES DE RELLENO	
Datos generales		Impresión 3D Microturbina Tipo Pelton con Configuración de Relleno al 50%	
Características Generales de la Microturbina Tipo Pelton			
Numero de Alabes		18	
Espesor del rotor		10 mm	
Propiedades Físicas Microturbina Tipo Pelton			
Relleno	50%	Unidades	
Peso	8.78	kg.m/s ²	
Densidad	1133.15	kg/m ³	

Anexo 7. Ficha de observación de las propiedades físicas de la Microturbina tipo Pelton impresa al 75% y 100% de relleno.


 Transforma tu mundo		FICHA DE OBSERVACION	
Titulo Tesis		CÁLCULO DEL POTENCIAL ELÉCTRICO DE UNA MICROTURBINA HIDRÁULICA TIPO PELTON IMPRESA EN 3D CON PLA PARA DIFERENTES CONFIGURACIONES DE RELLENO	
Datos generales		Impresión 3D Microturbina Tipo Pelton con Configuración de Relleno al 75%	
Características Generales de la Microturbina Tipo Pelton			
Numero de Alabes		18	
Espesor del rotor		10 mm	
Propiedades Físicas Microturbina Tipo Pelton			
Relleno	75%	Unidades	
Peso	10.15	kg.m/s ²	
Densidad	1189.90	kg/m ³	

 Transforma tu mundo		FICHA DE OBSERVACION	
Titulo Tesis		CÁLCULO DEL POTENCIAL ELÉCTRICO DE UNA MICROTURBINA HIDRÁULICA TIPO PELTON IMPRESA EN 3D CON PLA PARA DIFERENTES CONFIGURACIONES DE RELLENO	
Datos generales		Impresión 3D Microturbina Tipo Pelton con Configuración de Relleno al 100 %	
Características Generales de la Microturbina Tipo Pelton			
Numero de Alabes		18	
Espesor del rotor		10 mm	
Propiedades Físicas Microturbina Tipo Pelton			
Relleno	100%	Unidades	
Peso	10.79	kg.m/s ²	
Densidad	1208.3	kg/m ³	


Anexo 8. Tiempos en la impresión de la microturbina tipo Pelton impresa en 3D con PLA con configuración de relleno del 25%

 Transforma tu mundo		FICHA DE OBSERVACION	
Titulo Tesis		CÁLCULO DEL POTENCIAL ELÉCTRICO DE UNA MICROTURBINA HIDRÁULICA TIPO PELTON IMPRESA EN 3D CON PLA PARA DIFERENTES CONFIGURACIONES DE RELLENO	
Datos generales		Impresión 3D Microturbina Tipo Pelton con Configuración de Relleno al 25%	
Características Generales de la Microturbina Tipo Pelton			
Numero de Alabes		18	
Espesor del rotor		10 mm	
Rotor de Microturbina		Tiempo de impresión	
Cantidad por impresión	Días	Horas	Minutos
1	00	09	10
Alabes de Microturbina		Tiempo de impresión	
Cantidad por impresión	Días	Horas	Minutos
3	00	17	41


Anexo 9. Tiempos en la impresión de la microturbina tipo Pelton impresa en 3D con PLA con configuración de relleno del 50%

 Transforma tu mundo		FICHA DE OBSERVACION	
Titulo Tesis		CÁLCULO DEL POTENCIAL ELÉCTRICO DE UNA MICROTURBINA HIDRÁULICA TIPO PELTON IMPRESA EN 3D CON PLA PARA DIFERENTES CONFIGURACIONES DE RELLENO	
Datos generales		Impresión 3D Microturbina Tipo Pelton con Configuración de Relleno al 50%	
Características Generales de la Microturbina Tipo Pelton			
Numero de Alabes		18	
Espesor del rotor		10 mm	
Rotor de Microturbina		Tiempo de impresión	
Cantidad por impresión	Días	Horas	Minutos
1	00	11	37
Alabes de Microturbina		Tiempo de impresión	
Cantidad por impresión	Días	Horas	Minutos
3	00	19	05

Anexo 9. Tiempos en la impresión de la microturbina tipo Pelton impresa en 3D con PLA con configuración de relleno del 75%

 Transforma tu mundo		FICHA DE OBSERVACION	
Titulo Tesis		CÁLCULO DEL POTENCIAL ELÉCTRICO DE UNA MICROTURBINA HIDRÁULICA TIPO PELTON IMPRESA EN 3D CON PLA PARA DIFERENTES CONFIGURACIONES DE RELLENO	
Datos generales		Impresión 3D Microturbina Tipo Pelton con Configuración de Relleno al 75%	
Características Generales de la Microturbina Tipo Pelton			
Numero de Alabes		18	
Espesor del rotor		10 mm	
Rotor de Microturbina		Tiempo de impresión	
Cantidad por impresión	Días	Horas	Minutos
1	00	14	05
Alabes de Microturbina		Tiempo de impresión	
Cantidad por impresión	Días	Horas	Minutos
3	00	20	31

Anexo 9. Tiempos en la impresión de la microturbina tipo Pelton impresa en 3D con PLA con configuración de relleno del 100%

 Transforma tu mundo		FICHA DE OBSERVACION	
Titulo Tesis		CÁLCULO DEL POTENCIAL ELÉCTRICO DE UNA MICROTURBINA HIDRÁULICA TIPO PELTON IMPRESA EN 3D CON PLA PARA DIFERENTES CONFIGURACIONES DE RELLENO	
Datos generales		Impresión 3D Microturbina Tipo Pelton con Configuración de Relleno al 100%	
Características Generales de la Microturbina Tipo Pelton			
Numero de Alabes		18	
Espesor del rotor		10 mm	
Rotor de Microturbina		Tiempo de impresión	
Cantidad por impresión	Días	Horas	Minutos
1	01	00	09
Alabes de Microturbina		Tiempo de impresión	
Cantidad por impresión	Días	Horas	Minutos
3	00	21	41

Anexo 10. Peso de las microturbinas tipo Pelton impresas en 3D con PLA para la microturbina del 25 % de relleno



Anexo 11. Peso de las microturbinas tipo Pelton impresas en 3D con PLA para la microturbina del 50 % de relleno.



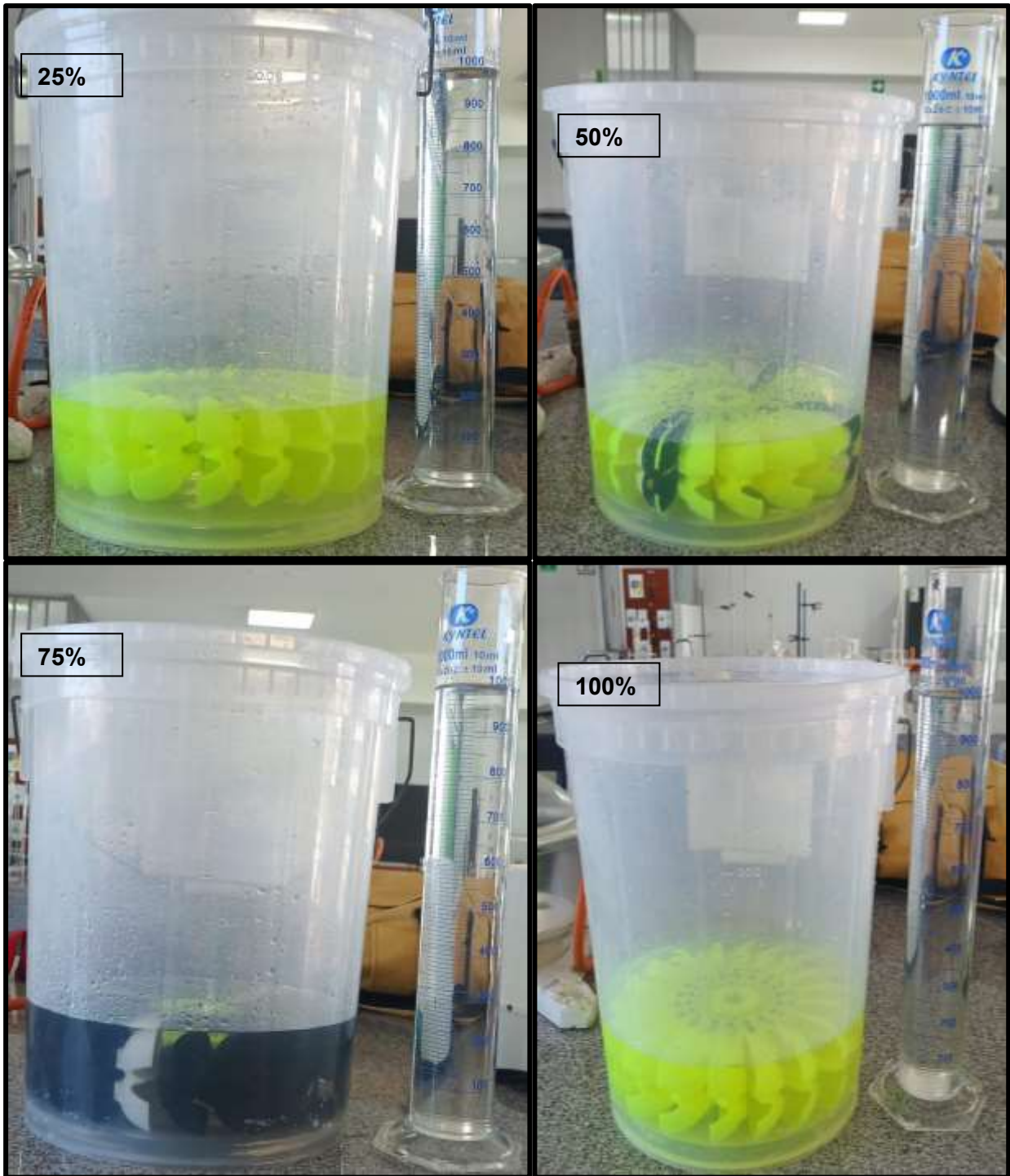
Anexo 12. Peso de las microturbinas tipo Pelton impresas en 3D con PLA para la microturbina del 75 % de relleno.



Anexo 13. Peso de las microturbinas tipo Pelton impresas en 3D con PLA para la microturbina del 100 % de relleno



Anexo 14. Medición del volumen ocupado por las microturbinas impresas en 3D del 25, 50, 75 y 100% de relleno para la obtención de la densidad.



Anexo 15. Mediciones realizadas y datos obtenidos en los ensayos realizados en el módulo de ensayos para microturbinas.



NOMBRE DEL TRABAJO

Cálculo del Potencial Eléctrico de una Microturbina Hidráulica Tipo Pelton Impresa en 3D con PLA par

AUTOR

LUIS ALFREDO Y JULIAN ANDRES SALAZAR ORTIZ Y VARGAS AGUILAR

RECUENTO DE PALABRAS

9684 Words

RECUENTO DE CARACTERES

49006 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

66 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

12.6MB

FECHA DE ENTREGA

Nov 1, 2023 11:39 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Nov 1, 2023 11:40 PM GMT-5

● 8% de similitud general

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

- 7% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 3% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

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