



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

TESIS

**DISEÑO MECANICO Y MODELADO DE UN SISTEMA
DE APROVECHAMIENTO DE ENERGIA
UNDIMOTRIZ PARA GENERAR ENERGIA
ELECTRICA, DISTRITO DE PIMENTEL
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO ELECTRICISTA**

Autor:

**Bach. Chilcon Sanchez Heber Alexander
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2407-7630>**

Asesor:

**Mtro. Vives Garnique Juan Carlos
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0988-9881>**

Línea de investigación:

**Tecnología e innovación en desarrollo de la construcción y la
industria en un contexto de sostenibilidad**

Sublínea de investigación:

**Innovación y tecnificación en ciencia de los materiales, diseño e
infraestructura**

Pimentel – Perú

2024

**DISEÑO MECÁNICO Y MODELADO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO
DE ENERGÍA UNDIMOTRIZ PARA GENERAR ENERGÍA ELÉCTRICA, DISTRITO
DE PIMENTEL**

Aprobación del jurado

Dra. GASTIABURU MORALES SILVIA YVONE
presidente del Jurado de Tesis

Mtro. UBILLUS VERONA JOHNNY ANDRE
secretario del Jurado de Tesis

Mtro. VIVES GARNIQUE JUAN CARLOS
Vocal del Jurado de Tesis

HEBER ALEXANDER CHILCON SANCHEZ

DISEÑO MECÁNICO Y MODELADO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA UNDIMOTRIZ PARA GENE...

 My Files

 My Files

 Universidad Señor de Sipan

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::26396:427229962

Fecha de entrega

6 feb 2025, 9:56 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

6 feb 2025, 10:02 a.m. GMT-5

Nombre de archivo

TESIS_CHILCON SANCHEZ_TURNITIN.docx

Tamaño de archivo

17.7 MB

96 Páginas

15,808 Palabras

78,679 Caracteres

12% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

Fuentes principales

- 10%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 7%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

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

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

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

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quien suscribe la DECLARACIÓN JURADA, soy egresado (s) del Programa de Estudios de **Ingeniería Mecánica Eléctrica** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro bajo juramento que soy autor del trabajo titulado:

DISEÑO MECÁNICO Y MODELADO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA UNDIMOTRIZ PARA GENERAR ENERGÍA ELÉCTRICA, DISTRITO DE PIMENTEL

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

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Chilcon Sanchez Heber Alexander	DNI: 75983792	
---------------------------------	---------------	---

Pimentel, 30 de diciembre de 2024.

Dedicatoria

A mis seres queridos padres, Carlos Chilcón Guerrero y Rosa Juana Sánchez Guevara, que gracias a su firmeza constante han sido la raíz fundamental para lograr estos años académicos y los pilares invaluable en mi camino de cumplir mis metas.

También va dedicado a mis queridas hermanas, Yojany Raquel Chilcón Sánchez y Flor Janet Chilcón Sánchez su dedicación y aliento han sido mi inspiración de cada día que son cómplices de cada desafío y sus buenos consejos han sido fuente de desarrollo para seguir adelante.

Con profundo agradecimiento, dedico este informe de tesis a ustedes, mi familia, por

Por confianza y motivación de cumplir mis objetivos. Este logro es también suyo, reflejo de la unidad que nos define.

Con cariño **Heber Alexander Chilcón Sánchez**

Agradecimientos

En oportunidad me agradezco a Dios por ser fuente y guía para impulsarme y cumplir mis metas profesionalmente, también agradezco a mis compañeros de estudio y docentes que compartieron conmigo sus dotes de enseñanza para lograr la ejecución de este proyecto.

Un agradecimiento especial a los seres queridos que siempre están en los buenos momentos y malos momentos, que compartieron conmigo día a día como son mis padres que me inculcaron valores para sobresalir a cualquier adversidad.

A mis abuelos que siempre me dieron buenos consejos para cumplir mis metas, y por último a mis hermanos que siempre están conmigo impulsándome para salir adelante.

Heber Alexander Chilcón Sánchez.

Índice

Dedicatoria	6
Agradecimientos	7
Índice de figuras.....	9
Resumen	13
Abstract.....	14
I. INTRODUCCIÓN	15
1.1. Realidad Problemática	15
1.2. Formulación del problema	19
1.3. Hipótesis	19
1.4. Objetivos	20
1.5. Teorías relacionadas al tema	21
II. MATERIAL Y MÉTODO.....	34
2.1. Tipo y diseño de la investigación.....	34
2.2. Variable, operacionalización	35
2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección.....	38
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	38
2.5. Procedimiento de análisis de datos	39
2.6. Criterios éticos.....	40
III. RESULTADOS Y DISCUSION	41
3.1. Resultados	41
3.2. Discusión	106
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	108
4.1. Conclusiones	108
4.2. Recomendaciones	110
REFERENCIAS.....	111
ANEXOS	114

Índice de figuras

Figura 1: Tipo de ondas marinas [16].....	21
Figura 2: Modelo mecánico agua [15].	22
Figura 3: Modelo mecánico Oyster [15].	23
Figura 4: Modelo mecánico Pelamis [15].	23
Figura 5: Tipos de acumuladores [19].....	25
Figura 6: Esquema de una bomba de pistón [21].	25
Figura 7: Variación de la presión durante el movimiento del pistón en el cilindro [21].	26
Figura 8: Variación real de la presión en el interior del cilindro [21].....	26
Figura 9: Pistón accionado por un mecanismo de biela, manivela y Variación de la velocidad del pistón durante las carreras de admisión y descarga [22].	28
Figura 10: Grafico de variación del gasto entregado por una bomba de pistón [22].	29
Figura 11: Bomba de doble efecto [22].	29
Figura 12: Grafico de variación del gasto entregado por una bomba de doble efecto [22]. ..	29
Figura 13: Gráfico de variación del gasto entregado por una bomba de dos pistones con doble efecto [22].	30
Figura 14: Gráfico de variación del gasto entregado por una bomba de tres pistones de simple efecto [22].	30
Figura 15: Pistón de disco con zapatilla de cuero enteriza [15].	31
Figura 16: Pistón de disco con dos zapatillas en forma de L [15].	31
Figura 17: Pistón de disco con aros metálicos [15].	31
Figura 18: Bomba de Émbolo buzo [15].....	31
Figura 19: Tipo de investigación.....	34
Figura 20: Caja negra.....	41
Figura 21: Requerimientos del sistema.....	43
Figura 22: Concepto de solución 01.....	49
Figura 23: Concepto de solución 02.....	49
Figura 24: Concepto de solución 03.....	50
Figura 25: Resultados de conceptos de solución.	51
Figura 26: Pronostico de oleaje Pimentel [23].	54
Figura 27: Propiedades físicas de la boya.....	57
Figura 28: Determinación del diámetro del pistón [24].	60
Figura 29: Área del pistón.....	61
Figura 30: Carrera del pistón.....	62

Figura 31: Área del vástago.....	64
Figura 32: Área retraída.....	65
Figura 33: Propiedades mecánicas.....	67
Figura 34: Datos para el cálculo de factor de superficie [25].....	69
Figura 35: Factor de temperatura [25].....	70
Figura 36: Forma del vástago al ensamblé de la boya.....	71
Figura 37: Barra circular sometido a tensión [25].	72
Figura 38: Diagrama de factor de seguridad.....	74
Figura 39: Propiedades mecánicas de materiales [26].....	75
Figura 40: Sistema de aprovechamiento undimotriz para generar energía eléctrica.	76
Figura 41: Sistema de aprovechamiento undimotriz para generar energía eléctrica.	77
Figura 42: Propiedades de fluidos.....	79
Figura 43: Diagrama de Moody.....	80
Figura 44: Coeficiente de pérdidas en tuberías.....	81
Figura 45: Triángulo de velocidades entrada y salida del fluido.....	82
Figura 46: Triángulo de velocidades salida del fluido.....	82
Figura 47: Sistema de aprovechamiento undimotriz para generar energía undimotriz.	91
Figura 48: Configuración de análisis estático “sistema de bombeo”.....	91
Figura 49: Análisis tensión nodal “sistema de bombeo”.....	92
Figura 50: Estudio de resistencia y elasticidad de materiales URES.....	92
Figura 51: Turbina Pelton.....	93
Figura 52: Análisis tensión nodal “turbina Pelton”.	93
Figura 53: Estudio de resistencia y elasticidad de materiales URES.....	94
Figura 54: Modelo fluidodinámico del sistema de bombeo.....	95
Figura 55: Modelo fluidodinámico en el sistema de bombeo.....	95
Figura 56: Configuración en la turbina Pelton.....	96
Figura 57: Distribución de velocidades del fluido.....	96
Figura 58: Distribución de velocidades del fluido.....	97
Figura 59: Presión en la turbina Pelton.....	97
Figura 60: Presión en la turbina Pelton.....	98
Figura 61: Partes de una ola de mar.....	101
Figura 62: Sistema modificado con mayor sostenibilidad.....	102
Figura 63: Distancia de los periodos del sistema.....	102

Índice de tabla

Tabla 1: Tabla comparativa $n(r/min)$ y $\psi = S/D$. bombas que trabajan con agua [15].	32
Tabla 2: Operacionalización variable dependiente.	36
Tabla 3: Operacionalización Variable independiente.	37
Tabla 4: Tabla Exigencias.	44
Tabla 5: Tabla de deseos.	45
Tabla 6: Matriz morfológica.	46
Tabla 7: Asignación de calificativos.	47
Tabla 8: Matriz de evaluación.	48
Tabla 9: Velocidad del fluido.	52
Tabla 10: Celeridad de fase de la ola.	55
Tabla 11: Velocidad del agua del mar.	56
Tabla 12: Fuerza que ejercerá la bomba de agua.	58
Tabla 13: Parámetros generales.	59
Tabla 14: Caudal de la bomba de agua.	63
Tabla 15: Velocidad del fluido entrada y salida.	78
Tabla 16: Altura neta.	82
Tabla 17: Velocidad del alabe a la entrada del fluido.	83
Tabla 18: Velocidad absoluta " C_x ".	84
Tabla 19: Velocidad absoluta " W_1 ".	85
Tabla 20: Velocidad salida del fluido.	86
Tabla 21: Datos recolectados.	87
Tabla 22: Fuerza ejercida del chorro.	89
Tabla 23: Demanda máxima.	90
Tabla 24: Resultados de la simulación.	98
Tabla 25: Costo de materiales.	102
Tabla 26: Costo de accesorios complementarios.	103
Tabla 27: Costo de fabricación.	104
Tabla 28: Costo de ensamble.	104
Tabla 29: Costo de diseño.	105
Tabla 30: Costo total.	105

Índice de Ecuaciones

Tabla 1: Tabla comparativa $n(r/min)$ y $\psi = S/D$. bombas que trabajan con agua [15].....	32
Tabla 2: Operacionalización variable dependiente.....	36
Tabla 3: Operacionalización Variable independiente.....	37
Tabla 4: Tabla Exigencias.....	44
Tabla 5: Tabla de deseos.....	45
Tabla 6: Matriz morfológica.....	46
Tabla 7: Asignación de calificativos.....	47
Tabla 8: Matriz de evaluación.....	48
Tabla 9: Velocidad del fluido.....	52
Tabla 10: Celeridad de fase de la ola.....	55
Tabla 11: Velocidad del agua del mar.....	56
Tabla 12: Fuerza que ejercerá la bomba de agua.....	58
Tabla 13: Parámetros generales.....	59
Tabla 14: Caudal de la bomba de agua.....	63
Tabla 15: Velocidad del fluido entrada y salida.....	78
Tabla 16: Altura neta.....	82
Tabla 17: Velocidad del alabe a la entrada del fluido.....	83
Tabla 18: Velocidad absoluta " C_x ".....	84
Tabla 19: Velocidad absoluta " W_1 ".....	85
Tabla 20: Velocidad salida del fluido.....	86
Tabla 21: Datos recolectados.....	87
Tabla 22: Fuerza ejercida del chorro.....	89
Tabla 23: Demanda máxima.....	90
Tabla 24: Resultados de la simulación.....	98
Tabla 25: Costo de materiales.....	102
Tabla 26: Costo de accesorios complementarios.....	103
Tabla 27: Costo de fabricación.....	104
Tabla 28: Costo de ensamble.....	104
Tabla 29: Costo de diseño.....	105
Tabla 30: Costo total.....	105

Resumen

La presente investigación se centra en diseñar un sistema mecánico para aprovechar la energía undimotriz para generar energía eléctrica en el distrito de Pimentel, la metodología utilizada es un tipo de investigación aplicada en un enfoque cuantitativo y un diseño preexperimental. El método utilizado en el proyecto se basa en matriz morfológica, conceptos de solución óptima, cálculos, dimensionamiento, simulaciones y evaluación económica,

Los resultados obtenidos en el diseño del sistema son los siguientes, la fuerza de la bomba de agua 600 N, presión 131.22 KPa, diámetro de pistón 170 mm, fuerza ejercida 2.68 KN y volumen interno del cilindro 544.75 cm³. El análisis estructural y fluidodinámico de la bomba de agua con SolidWorks respaldó la integridad del sistema, mostrando tensiones nodales de 8.267e-03N/mm² MPa y desplazamientos de 5.886e+02 mm, indicando robustez estructural, Asimismo, se detectaron áreas con deformaciones mínimas de 0.649113 mm, subrayando la solidez del diseño. Sin embargo, se identificaron zonas críticas, como los alabes de la turbina Pelton, con deformaciones de 0.0557393 mm, sugiriendo posibles problemas ante el impacto del fluido.

Teniendo los datos preliminares con sus respectivos cálculos se propuso la implementación de una mejora duplicando el sistema de inyección de agua para mantener una velocidad constante, así como un flujo más estable garantizando una continuidad de energía generada por el sistema sin modificar los cálculos ya establecidos ni los parámetros que se consideraron en su primera etapa de diseño

La evaluación económica reveló un costo total de S/ 43,947.00, incluyendo costos de elementos y materiales S/ 18,697.00, accesorios complementarios S/ 3,890.00, fabricación S/ 3,360.00, ensamblaje S/ 6,000.00 y diseño S/ 12,000.00. A pesar de la inversión, se espera que los beneficios a largo plazo, como la generación sostenible de energía eléctrica con una potencia de 6.598 kW, compensen la inversión.

Palabras claves: Bomba, vástago, fluido, válvulas.

Abstract

The present research focuses on the mechanical design and modeling of the wave energy utilization system to generate electrical energy, the method used in the project is based on morphological matrix, optimal solution concepts, calculations, sizing, simulations and economic evaluation, developing an efficient and robust system capable of taking advantage of the movement of waves to generate electricity, thus contributing to the diversification of renewable energy sources. The results obtained in the design of the system are the following, the force of the water pump 600 N, pressure 131.22 KPa, piston diameter 170 mm, force exerted 2.68 KN and internal volume of the cylinder 544.75 cm³. The structural and fluid dynamic analysis of the water pump with SolidWorks supported the integrity of the system, showing nodal stresses of 8.267e-03N/mm² and displacements of 5.886e+02 mm, indicating structural robustness. Likewise, areas with minimum deformations of 0.649113 mm were detected, underlining the solidity of the design. However, critical areas were identified, such as the blades of the Pelton turbine, with deformations of 0.0557393 mm, suggesting possible problems due to the impact of the fluid.

Having the preliminary data with their respective calculations, the implementation of an improvement was proposed by doubling the water injection system to maintain a constant speed, as well as a more stable flow, guaranteeing continuity of energy generated by the system without modifying the calculations already established or the parameters that were considered in its first design stage

The economic evaluation revealed a total cost of S/ 43,947.00, including costs of elements and materials S/ 18,697.00, complementary accessories S/ 3,890.00, manufacturing S/ 3,360.00, assembly S/ 6,000.00 and design S/ 12,000.00. Despite the investment, long-term benefits, such as the sustainable generation of electrical energy with a power of 6.598 kW, are expected to offset the investment.

Keywords: Piston pump, rod, fluid, valves.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

Pimentel, una ciudad costera con un acceso privilegiado al océano Pacífico, enfrenta varios desafíos significativos debido a la ausencia de un sistema de energía undimotriz para aprovechar el potencial de sus olas para la generación de electricidad. Estos desafíos incluyen problemas de suministro energético, impacto ambiental y desarrollo económico, entre otros.

La ciudad de Pimentel depende de fuentes de energía de concesionarias que en oportunidades el suministro energético inestable y en fluctuaciones de precios altos que afectan tanto a residencias como a empresas, en consecuencia, afecta a la economía de la población de Pimentel, por estas razones se está optando en esta investigación de un Diseño Mecánico y Modelado de un Sistema de Aprovechamiento de Energía Undimotriz para generar energía eléctrica.

La energía de las olas WECs (Wave Energy Converter) es uno de los temas más relevantes hoy en día que se utiliza para convertir la energía de las olas en energía eléctrica. Esta máquina es una de las alternativas para utilizar las fuerzas de olas para transformarla en energía útil para la alimentación de una planta o una zona industrial. La máquina tiene una de sus características principales son las siguientes: la dinámica de fluidos, la cual es un elemento mecánico que tiene como finalidad obtener energía cinética para realizar un movimiento al PTO y por ende al subsistema de reacción que se mantiene en el mar para adquirir fuerzas y ejercer un desplazamiento al hidrodinámico. [1].

Para encontrar una máxima cantidad de energía de las olas, es necesario que el PTO se tome los datos reales y así diagnosticar los diferentes estados del mar, la cual nos permite realizar unos parámetros de diseño. Para la realización de su potencia es necesario la fuerza de excitación y la velocidad que se encuentran las olas para tener más consideraciones cuando el mar se maximice en mares pequeños y evitar daños a futuro. El WEC es un recurso

renovable donde se encuentra energía para ser transformada en energía eléctrica, así mismo tiene una dinámica inherente la cual tiene una relación con su frecuencia de excitación central la cual varia con el tiempo de los estados de las olas. El control de un WEC es uno de los principales accesos para el desarrollo de la energía la cual busca distribuir a los diferentes establecimientos de la planta y diagnosticar posibles fallas en el sistema. [2].

En un convertidor de energía undimotriz es aquel componente que tiene como finalidad de ejercer movimiento de las olas en un circuito cerrado para convertirse en energía eléctrica mediante las turbinas. Este movimiento es conocido como el sistema bombeo que son establecida por el contacto del pistón-cilindro que se conectan con las boyas en los pistones para generar energía eléctrica. [3].

[3] Se ha presentado el diseño mecánico, la cual tiene un diseño con un solo pistón la cual es muy rentable y eficiente en su funcionamiento. Además, dentro de la posibilidad de su diseño es muy accesible, se realizó la fabricación de un modelo tribológico, se utilizan EHL en su interfaz de pistón-cilindro, lo cual se recomienda que tiene un funcionamiento óptimo y eficiencia en los fluidos hidráulicos la cual ayudara a que el lubricante sea apropiado para su diseño al 99%. Se realizó un prototipo para los pistones de la bomba con sus respectivos parámetros de diseño la cual fue favorables y económica en sus cálculos la cual tiene una eficiencia mecánica de 99%.

En los motores diésel, la potencia y la presiones que se obtienen son esenciales para que el cilindro pueda realizar un trabajo. Estos motores son utilizados para la realización de mares para tener energía eléctrica, cada uno de sus componentes son eficaces para la mejorar la eficiencia mecánica. Estos principales casos en que se realizan para la obtención de diversas actividades industriales. Estos modelos marinos tienen cuatro tiempos y así su velocidad del motor comparado con otros modelos semiempiricos. Los detalles son muy prácticos y ayuda a tener conocimientos importantes en los trabajadores. [4].

El movimiento secundario del pistón es un componente principal para la obtención de la energía eléctrica, donde su parámetro de diseño se deberá realizar en la utilización de fatiga y la dinámica del pistón la cual es la ayuda para mejorar su energía cinética que se ejerce de las olas la cual es ventajoso para dicho sistema. [5].

La absorción de energía de las olas es captada por la energía que se obtienen de las olas la cual se considera uno de la principal energía renovables del planeta, la cual es eficaz y tiene una amplia rama para la obtención de energía eléctrica. Un WEC tiene una capacidad alrededor de 0.3 MW en la ola de alta mar. [6].

La energía de las olas tiene un amplio recurso de rentabilidad y amplia distribución en energía eléctrica la cual es aliviar la crisis energética y la contaminación ambiental ya que ahora es necesario investigar algunas alternativas para mejorar el estado del planeta. este recurso es uno de los principales más buscado y eficaces para encontrar energía cinética para ser derivada en energía eléctrica. [7].

[7] En la investigación se realizara un tipo de energía undimotriz 3-SPS dispositivo de conversión donde se basa con un modelo hidrodinámico que se establecen en ondas lineales donde se da la dinámica de fluidos y el cuerpo rígido dinámico la cual se basa en las olas del mar para transformar esos movimientos en energía cinética para transformarla en energía eléctrica mediante los diferentes sistemas donde capta la energía cinética rotacional para ser captura por las boyas que son piezas para rotación de energía eléctrica en la turbina. La tasa de energía llegaría un 18.76 % la cual es una oportunidad, rendimiento en el sistema y una mejorar la economía.

Los esquemas de control son aplicados para la conversión de energía de las olas la cual es esencial para tener energía eléctrica, el método es del tipo Bang-Bang la cual es incorporar lo movimiento de la amortiguación lineal para ser llevado a las turbinas. Así mismo su componente son de bajos recurso y accesibles. [8].

El eje de pistón de la bomba es la principal parte del fluido en el sistema. Este componente es muy utilizado en las zonas industriales entre otras por su bajo costo, lubricación y fuerza ejercida para realizar un trabajo. Una de sus causas son las fugas entre otras debido a su desgaste o falta de mantenimiento variando la presión y la ondulación de flujo aumentado su fuga por el desgaste. [9].

Con el fin de adquirir una mejora a la energía de las olas se realizará una mejora en su sistema ampliando su velocidad y su control operativo. Estos sistemas se basan en sistema de Toma de Fuerza Hidráulica y Mecánica (TDF). Estos sistemas son de gran ventaja y eficacia en el desarrollo y fácil de mantener su economía mantenimiento al generador funcionando correctamente con la variedad de desplazamiento de las olas. [10].

[10] Este artículo busca transformar la energía de las olas del mar en energía eléctrica la cual tiene como prioridad el sistema PTO para la generación de energía la cual tiene el estudio de interpretar la amplitud de oscilación que se ejerce de las olas la cual es muy didáctico en sus resultados y el periodo de transformar la energía eléctrica mediante la energía undimotriz. los resultados se muestran dando la mejor opción del mecanismo mecánico para la realización de su funcionamiento y mejorar su rendimiento energético dando estabilidad a la energía eléctrica.

El uso de pistones axiales es una de las principales demandas en la transmisión de fluidos la cual es estudiar las pérdidas de volumen y sus parámetros de diseño de los componentes mecánicos la cual causan en la bomba de los pistones y que se deberá tener en cuenta en su diseño. [11].

La fuerza hidráulica busca mejorar la energía de las olas para encontrar una energía cinética la cual es llevada para almacenar fuerza para ser distribuida a las turbinas para obtener energía eléctrica. Además, es una estrategia para el mejoramiento del sistema que se encuentra en el motor hidráulico y la resistencia de carga del generador para que ejerce una buena eficiencia energética con las olas variables. Se realizará un análisis de simulación

para la verificación de su diseño y verificar su durabilidad y rendimiento de funcionamiento de cada uno de los componentes. [12].

[13] Este trabajo tiene un modelo dinámico y resultados experimentales basados en la fuerza que ejerce el pistón en la bomba la cual genera corriente eléctrica la cual es muy ventajoso en comparación con otros experimentos la cual es muy aceptable para su diseño la cual se realizó por medio de elementos finitos en su simulación dando como resultado el 73% de eficiencia en su rendimiento y el material es aceptable demostrando que tiene una densidad de 0.7 w/cc en sus parámetros de diseño mejorando la rigidez de los componentes y la selección de materiales.

[14] En este estudio se desarrolló un modelo digital en múltiples pistones y bombas de despegues la cual dio inicio a un tema muy relevante y mejorar su eficiencia energética de menor costo en su componente, se utilizó un software de ingeniería para la demostración de sus parámetros dando resultados comparándolo con los datos reales. Sus resultados fueron los más aceptables demostrando la adaptabilidad WEC y su control estable con los requerimientos de repuesto y diseño de fabricación la cual será utilizada a futuro utilizando la configuración del sistema diseñado.

1.2. Formulación del problema

¿Cuáles serán los parámetros óptimos del diseño mecánico para generar energía eléctrica mediante energía undimotriz en el distrito de Pimentel?

1.3. Hipótesis

Se plantea que, mediante el diseño mecánico y modelado, específicamente diseñada para generar energía eléctrica mediante energía undimotriz en el distrito de Pimentel, la selección de materiales y la aplicación de convertidor de energía de las olas que contribuyan significativamente a maximizar la captura y transformación de la energía undimotriz en una forma utilizable, propiciando así un avance en la viabilidad y la sostenibilidad de la generación de energía eléctrica a partir de fuentes oceánicas.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Diseñar y modelar un sistema electromecánico para generar energía eléctrica mediante el aprovechamiento de energía undimotriz para el distrito de Pimentel.

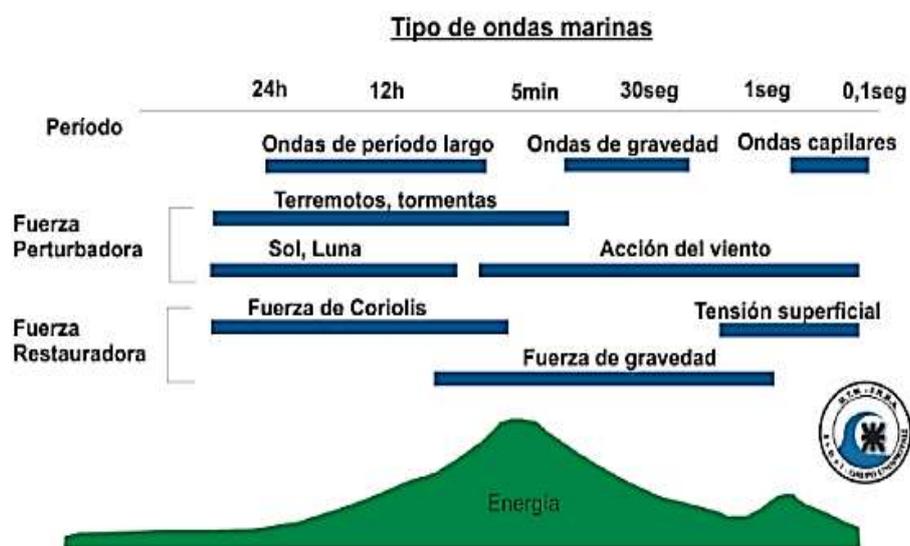
1.4.2. Objetivos específicos

- Seleccionar el sistema de aprovechamiento de energía undimotriz mediante una matriz morfológica para definir estéticamente el diseño mecánico.
- Realizar los cálculos específicos para el dimensionamiento del sistema y sus componentes.
- Evaluar mediante un análisis CFD y estático, los mecanismos del sistema de aprovechamiento de energía undimotriz y componentes.
- Realizar una evaluación económica del diseño propuesto.

1.5. Teorías relacionadas al tema

Las ondas marinas se forman a partir de la fuerza que ejercen los vientos las cuales se encuentran en la superficie del agua. estas energías son capturadas para realizar una investigación científica la cual es favorable para el ser humano la cual es ejercida por las fuerzas gravitatorias y por el movimiento de las placas tectónicas. Esta energía es la principal favorable de un recurso renovable la cual es muy sencilla y eficaz para el funcionamiento de un sistema. Se muestra a continuación la figura 1. [16].

Figura 1: Tipo de ondas marinas [16].

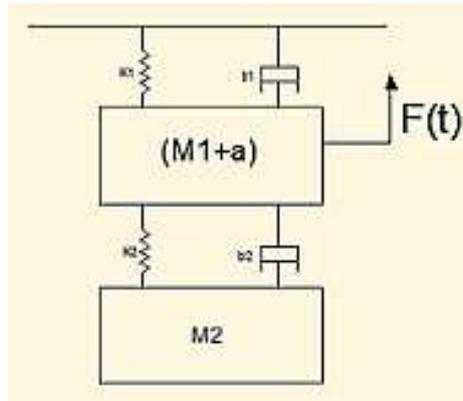


1.5.1. Modelos matemáticos de los sistemas de conversión de energía

a. Tipo de boya

[17] Es un componente principal la cual tiene como función transformar la energía cinética rotatoria en energía eléctrica. Se tendrá en cuenta el documento base al AQUA BOUY (ocean power technologies, 2014), se muestra a continuación en la Figura 2.

Figura 2: Modelo mecánico agua [15].



Se calculará teniendo en cuenta la ley de Newton, teniendo en cuenta los siguientes criterios:

Para la masa 1, $(M1+a)$;

Aplicando la segunda ley de Newton se obtiene la siguiente ecuación para la masa 1:

$$F(t) = (M1 + a)\ddot{Z}_1 + b_1\dot{Z}_1 + b_2(\dot{Z}_1 - \dot{Z}_2) + k_2(Z1 - Z2) \quad (1)$$

Y para la masa 2:

$$M2\ddot{Z}_2 = b_1(\dot{Z}_1 - \dot{Z}_2) + k_2(Z1 - Z2) \quad (2)$$

Donde:

$M1$: Masa del flotador, (Kg).

a : Masa agregada al flotador, (Kg).

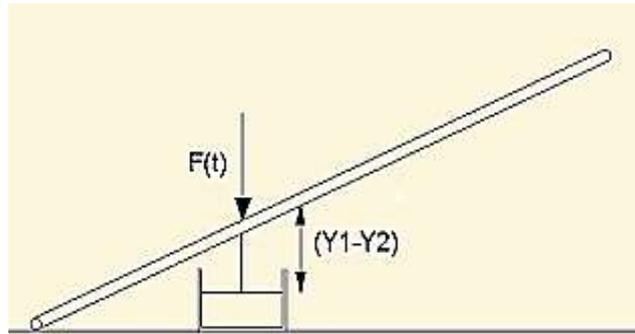
k : Coeficiente de elasticidad

b : Coeficiente de viscosidad, (η mPa.s).

b. OYSTER

Este es un modelo que está diseñado para el movimiento del pistón la cual es ejercida por las olas del mar, en la Figura 3:

Figura 3: Modelo mecánico Oyster [15].



Se calculará el desplazamiento del pistón que actúa en un sistema lineal:

$$F(t) = \rho \delta_{H_2O} \gamma_1 + B \dot{Y}_1 + M \ddot{Y}_1 \quad (3)$$

Donde:

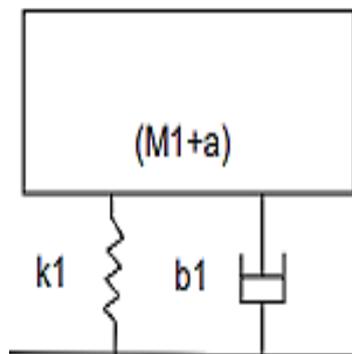
$\rho \delta_{H_2O}$: Volumen desplazado del flotador, (m³).

ρ : Densidad del agua, (Kg/m³).

c. PELAMIS

[17] Se verifica la masa de los brazos en constante movimiento de las olas la cual se encarga de calcular las potencias con la cantidad de masa de los brazos del diseño en la figura 4.

Figura 4: Modelo mecánico Pelamis [15].



Se calcula de la siguiente manera con la ley de Newton:

$$F(t) = (M1 + a)\ddot{x}_1 + b_1\dot{x}_1 + kx_1 \quad (4)$$

1.5.2. Toma de poder (Power take of)

a. Cilindro hidráulico

Un cilindro hidráulico es un dispositivo que tiene un objetivo ejercer un movimiento vertical y la cual es transmitida por un pistón la cual tiene como dirección aplicar la fuerza axial al cilindro, en este caso se realizará un sistema hidráulico PTO la cual es de utiliza para este diseño dando la seguridad de un rendimiento eficaz y una trayectoria correcta mediante el movimiento del pistón por ellos se considera en esta investigación. [18].

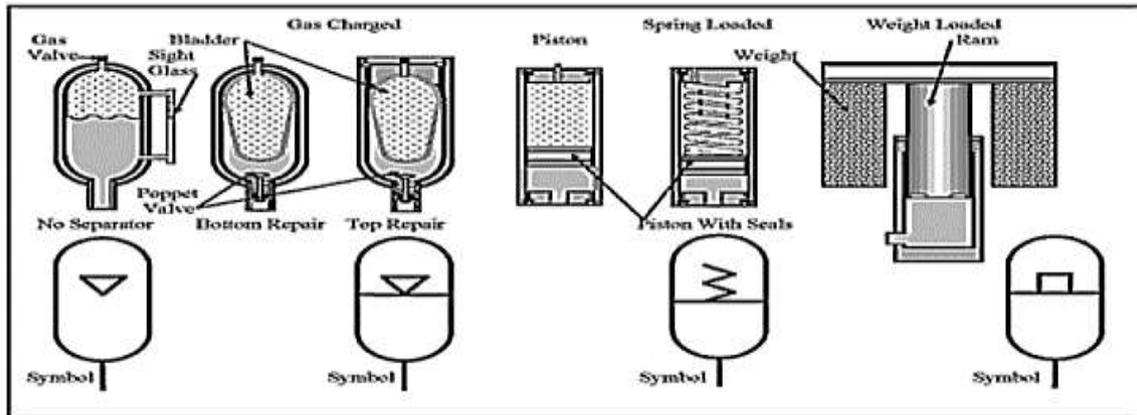
b. Acumulador

El acumulador hidráulico tiene su funcionamiento principal de conservar y dejar la presión del fluido la cual es la mejorar del sistema esto hará que el sistema detecte las posibles fallas de fugas la cual es favorable y buen funcionamiento en el sistema. [18]

- **Tipo membrana o vejiga:** Es un componente que utiliza gas inerte la cual tiene como ventajas altas velocidades frecuencia en altas cargas y descargas esto ayudara a realizar un mantenimiento sencillo cuando se emplea.
- **Tipo muelle-pistón:** Este componente es muy utilizados hoy en día debido a que no se encuentra fugas de gas en su componente dando altas presiones y grandes volúmenes la cual el sistema es más sencillo y fácil de acceso.
- **Tipo gas-pistón:** Este componente tiene como prioridad separar el gas del fluido del trabajo donde tiene como bienestar el buen trayecto del componente y la mejor conservación de fallas, este tiene un parecido al tipo de membrana.
- **Tipo peso:** Este componente tiene una gran ventaja ya que no se encuentra no existe la caída de voltaje durante su trabajo porque se da una satisfacción favorable en su diseño y su desventaja es su tamaño y peso del componente.
- **Sin separador:** este componente no es muy utilizado hoy en día ya que hay muchos problemas en su diseño.

A continuación, se muestra cada uno de los componentes del acumulador y su simbología según la norma ISO.

Figura 5: Tipos de acumuladores [19].



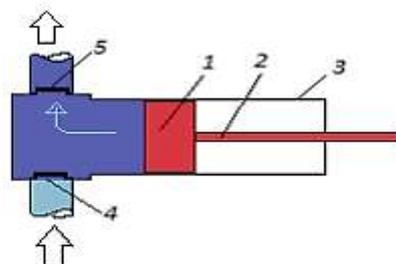
Bomba de pistón

Este componente ha sido utilizado en muchos trabajos durante siglos. La bomba de pistón es una de las mejoras que se realizó para el comercio la cual ayuda a solucionar muchos de los problemas de los pobladores ya sea para uso personal o de uso industrial o centrales termoeléctricas entre otros la cual tiene un funcionamiento óptimo y un mantenimiento muy productivo. [20].

1.5.3. Funcionamiento

Este componente es muy práctico y sencillo como se detalla en la figura 6.

Figura 6: Esquema de una bomba de pistón [21].

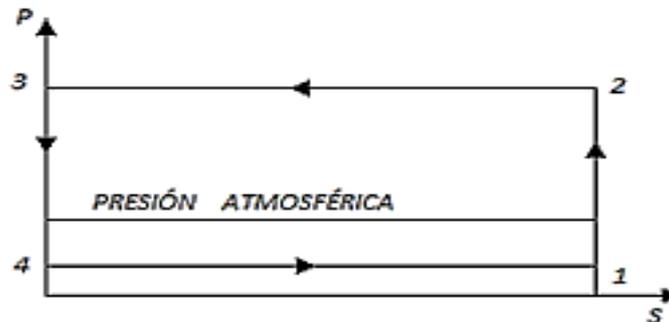


1. Pistón
2. Vástagos
3. Cilindro
4. Válvula de admisión
5. Válvula de descarga

En la figura 7 se muestra que el pistón ejerce un movimiento en la válvula de admisión la cual se realizó un movimiento de posición inicial la cual su presión se encuentra bajo y cuando va subiendo se observa que aumentará su presión donde se muestra en el diagrama

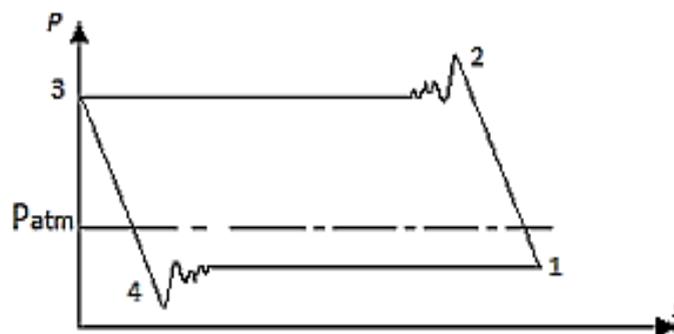
p-s mostrando la resistencia de sus válvulas de entrada y salida la cual se llama la carrera del pistón dando el distanciamiento entre dos puntos indicándose con la letra "s".

Figura 7: Variación de la presión durante el movimiento del pistón en el cilindro [21].



Su proceso real se demuestra en la figura N. °8 dando una variación de presión en el interior del cilindro la cual es ejercida por el pistón que emite una fuerza para el cual se demuestra el comportamiento del pistón y los diferentes procesos de aceleración que se da en un determinado tiempo.

Figura 8: Variación real de la presión en el interior del cilindro [21].



1.5.4. Cálculo del gasto

Se calcula de la siguiente manera:

$$Q = \frac{\pi * D^2 * S * n}{4(60)} * \eta_v \quad (5)$$

Dónde:

Q: Gasto, m³.

D: Diámetro del cilindro, m.

S: Carrera del pistón, m.

n: Velocidad de rotación del cigüeñal, o carreras dobles por minuto del pistón, 1/min.

v: Rendimiento volumétrico de la bomba

La eficiencia volumétrica es aquella que se encuentra en el pistón y la válvula dando la velocidad de cierre en relación volúmenes reales y teóricos que debería entregar la bomba.

En general es una orden de 07 a 097.

$$\eta_v = \frac{Q_{Real}}{Q_{teorico}} = \frac{4 * 60 * Q_{Real}}{\pi * D^2 * S * n} \quad (6)$$

Se calcula si la bomba tiene doble efecto de la siguiente manera

$$Q = \left[\frac{\pi D^2}{4} S - \frac{\pi}{4} d^2 S \right] + \frac{\pi * D^2 * S}{4} * \frac{n * \eta_v}{60} \quad (7)$$

Reemplazando la ecuación

$$Q = \frac{\pi * S * n * \eta_v}{4 * 60} [2D^2 - d^2] \quad (8)$$

Dónde:

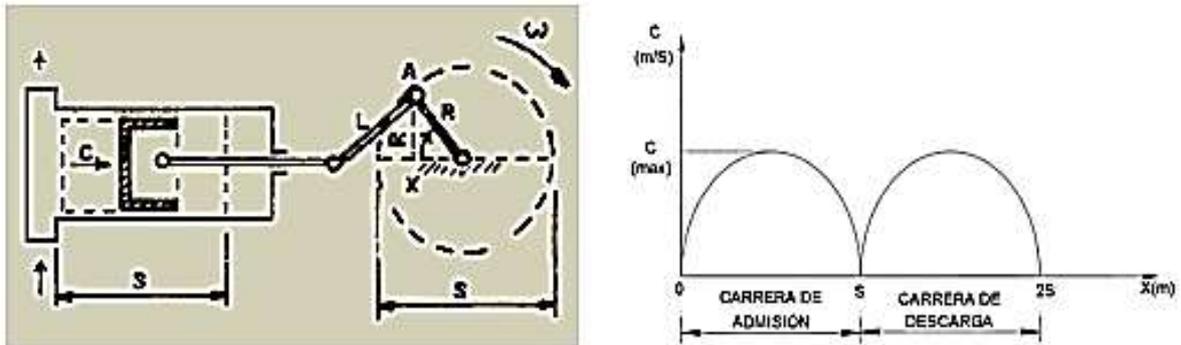
d: Diámetro del vástago, m.

Las bombas de émbolo se construyen generalmente para relaciones S/D = (0,8-2,0).

1.5.5. Irregularidad del trabajo

Esto se debe al trabajo de realiza el pistón en un determinado tiempo la cual es accionado por la biela se observa a continuación en la figura N° 09.

Figura 9: Pistón accionado por un mecanismo de biela, manivela y Variación de la velocidad del pistón durante las carreras de admisión y descarga [22].



Al analizar el movimiento se tendrá un desplazamiento en x la cual tiene una relación R/L se cuenta lo siguiente

$$X = R - R \cos \alpha \quad (9)$$

Dónde:

α : Angulo formado por la manivela y la horizontal, figura 9.

La velocidad se calculará en basa a su derivada:

$$X = \frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt}(R - R \cos \alpha) = R \sin \alpha \frac{d\alpha}{dt} \quad (10)$$

Siendo $\frac{d\alpha}{dt}$, por lo tanto:

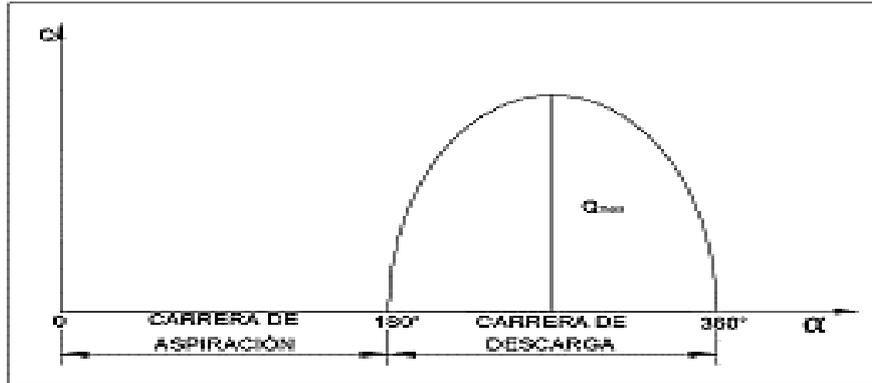
$$C = R\omega \sin \alpha \quad (11)$$

Para un volumen embolo se obtendrá la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} C = \frac{\pi D^2}{4} R\omega \sin \alpha \quad (12)$$

En la figura 10, se da conocer el proceso del pistón cuando se encuentra en la carrera de aspiración y de descarga

Figura 10: Grafico de variación del gasto entregado por una bomba de pistón [22].



En la figura 11 y 12, se da a entender el doble efecto en la descarga del pistón la cual es uno de los parámetros más utilizados.

Figura 11: Bomba de doble efecto [22].

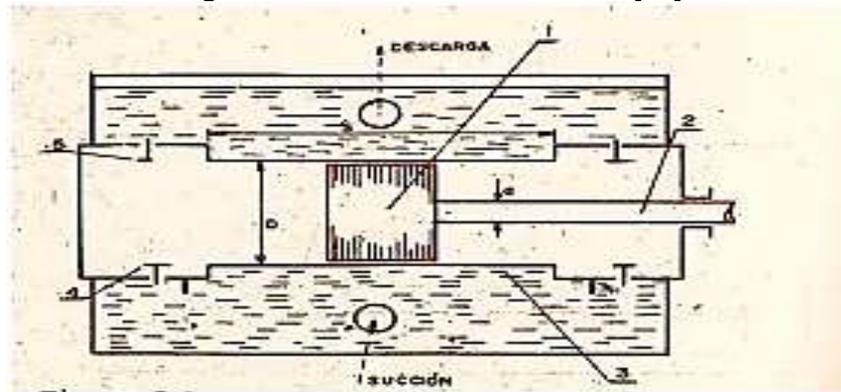
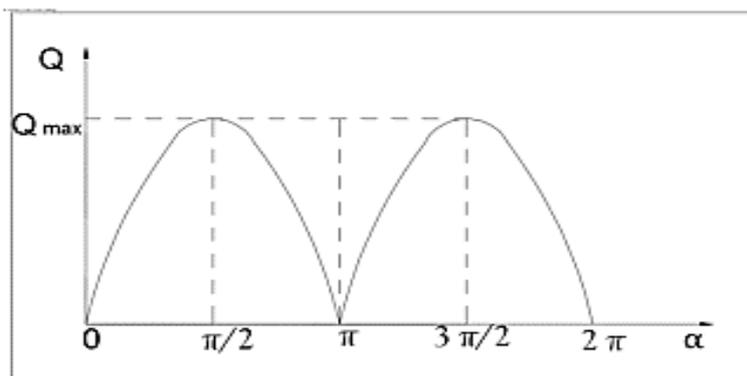
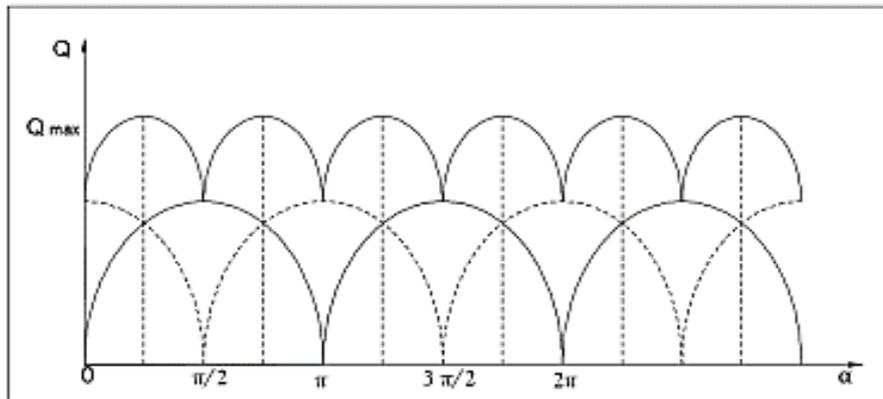


Figura 12: Grafico de variación del gasto entregado por una bomba de doble efecto [22].



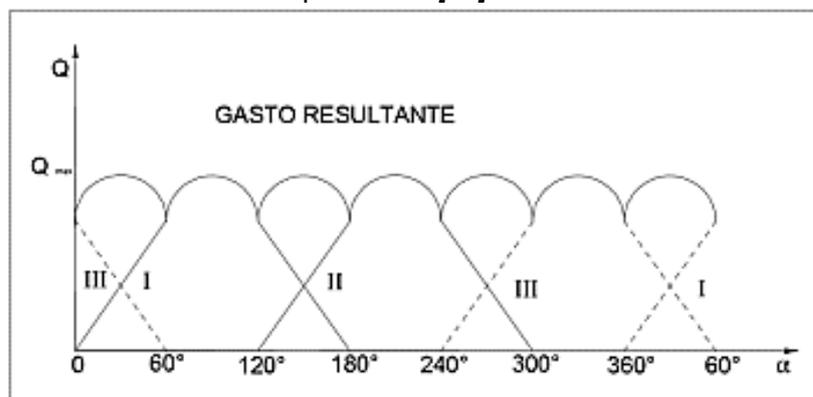
En la figura 13, se muestra varios valores establecidos de bombas de dos cilindros dando una variedad de caudal la cual es entregado por la bomba y demostrando algunos parámetros.

Figura 13: Gráfico de variación del gasto entregado por una bomba de dos pistones con doble efecto [22].



El uso de una bomba de tres pistones de acción simple es muy utilizado ya que ejerce un buen funcionamiento y la gran variedad de Angulo que tiene mostrándose a continuación en la figura 14.

Figura 14: Gráfico de variación del gasto entregado por una bomba de tres pistones de simple efecto [22].



Se hará una comparación en relación entre el flujo máximo (Q_{max}) y el gasto medio (Q_{med}) proporcionado por la bomba,

$$Q_{max}/Q_{med} \tag{13}$$

$\pi=3.14$ Un pistón de simple efecto

$\pi/2=1.57$ Un pistón de doble efecto

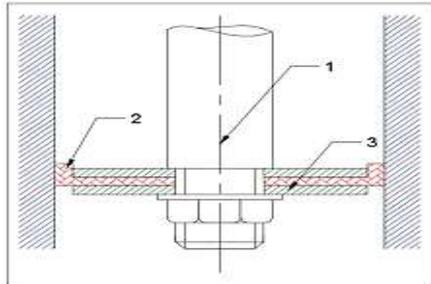
$1.41 \pi/4=1.107$ Dos pistones de doble efecto

$\pi/3=1.047$ Tres pistones de simple efecto

1.5.6. Tipos de pistones

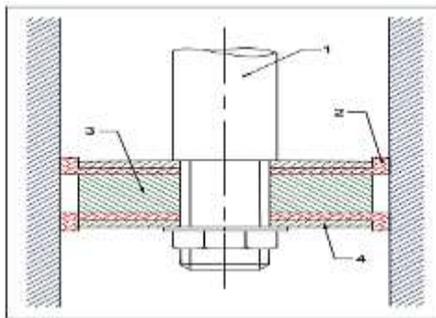
Se caracteriza por tener dos tipos de pistones de tipo disco y émbolos buzo, las cuales tiene un buen funcionamiento y rendimiento y fáciles de su construcción y además son más utilizados en los diferentes usos. (Ver Figuras 15, 16, 17 y 18).

Figura 15: Pistón de disco con zapatilla de cuero enteriza [15].



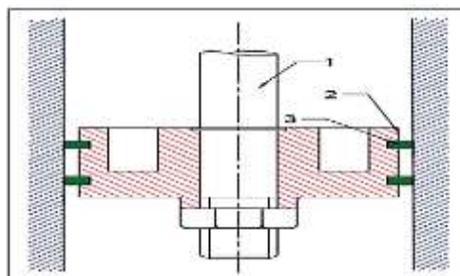
1. Vástago
2. Zapatilla de cuero
3. Arandelas metálicas

Figura 16: Pistón de disco con dos zapatillas en forma de L [15].



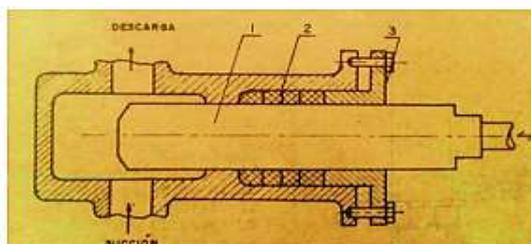
1. Vástago
2. Zapatillas de acero en forma L.
3. Anillo separador
4. Arandelas metálicas

Figura 17: Pistón de disco con aros metálicos [15].



1. Vástago
2. Pistón de disco
3. Aros metálicos

Figura 18: Bomba de Émbolo buzo [15].



1. Embolo buzo
2. Empaquetadura
3. Prensaestopas

1.5.7. Determinación de los parámetros principales de las bombas de pistones

Las ecuaciones 14 y 15 se da a conocer los diferentes parámetros de la bomba

$$Q = \frac{KA_p S \alpha \eta_v}{60} \quad (14)$$

Dónde:

K: Numero de efectos

A_p : Área del pistón

$$\alpha = 1 - \frac{A_v}{2A_p} \quad (15)$$

α : Coeficiente que tiene en cuenta la presencia del vástago, en el caso de las bombas de doble efecto

A_v : Área del vástago

Se recomienda que la velocidad media del pistón C_{med} , en m/s, sea:

$$C_{med} = \frac{2S}{60} = 0.3 - 2 \quad (16)$$

Se muestra en tabla1 se muestra unos datos la bomba que se ejerce en un periodo de tiempo.

Tabla 1: Tabla comparativa n(r/min) y $\psi = S/D$. bombas que trabajan con agua [15].

n(r/min)	40-80	80-150	150-350
	2.5-2.0	2.0-1.2	1.2-2.5

Se obtiene una ecuación

$$D = \sqrt[3]{\frac{60(4Q)}{\pi \eta_v K_a \psi n}} \quad (17)$$

Y la carrera del pistón como:

$$S = \psi * D \quad (18)$$

1.5.8. Potencia y rendimiento

Se calculará la potencia como:

$$Li = P_i A_p S \quad (19)$$

Dónde:

P_i : Potencia medida indicada ($P_i = P_1 + P_2$).

A_p : Área del pistón

S: Carrera del pistón

La potencia indicada será:

$$N_i = \frac{P_i A_p S n}{60 * 1000} \quad (20)$$

Y el rendimiento interno se expresa como:

$$n_i = \frac{N_u}{N_i} \quad (21)$$

El rendimiento total de la bomba será:

$$n = n_h n_v n_{mec} \quad (22)$$

Este rendimiento tiene valores de 0,65-0,85

II. MATERIAL Y MÉTODO

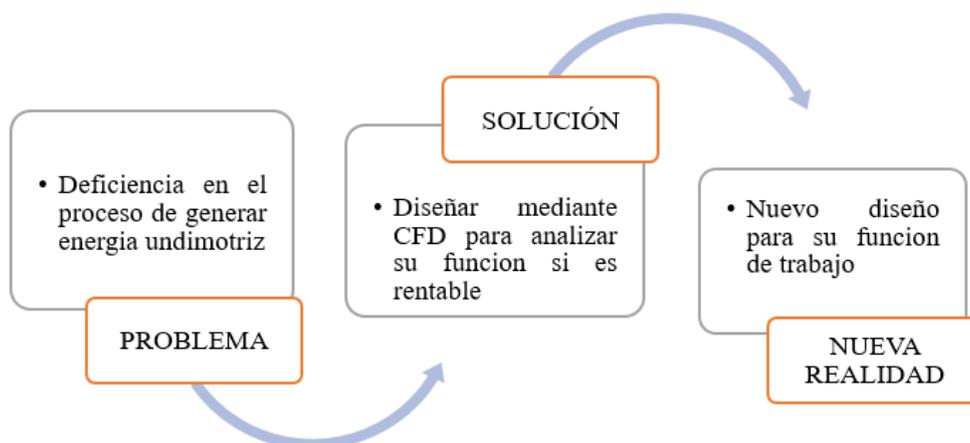
2.1. Tipo y diseño de la investigación

2.1.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación de la investigación es básica ya que se enfocará en comprender los fundamentos teóricos y experimentales relacionados con el diseño mecánico y modelado de un sistema de aprovechamiento de energía undimotriz. El objetivo principal es obtener nuevos conocimientos en esta área sin necesariamente buscar una aplicación práctica inmediata.

En el proyecto de investigación, será aplicada la tecnología puesta a que se obtendrá energía undimotriz, la cual es innovador y un recurso renovable la cual se generará la cual sustituirá otras fuentes perjudiciales al medio ambiente.

Figura 19: Tipo de investigación.



Fuente: Elaboración propia.

2.1.2. Diseño de la investigación

- **Experimental:** Se tomará trabajos experimentales para diseñar el sistema de aprovechamiento de energía undimotriz para generar energía eléctrica en distrito de pimentel. Se manipularán variables clave para lograr un rendimiento óptimo y eficiente.

- **Longitudinal:** La investigación será longitudinal, ya que implica la medición y evaluación continua del diseño y rendimiento del sistema de aprovechamiento de energía undimotriz en diferentes momentos. Esto permitirá observar cambios, mejoras y posibles ajustes a lo largo del tiempo.
- **Prospectivo:** La recolección de datos será prospectiva, ya que se obtendrán con base en los objetivos propuestos de la investigación. La información se recogerá conforme avance el estudio y permitirá ajustes dinámicos en el diseño del sistema de aprovechamiento de energía undimotriz.
- **Analítico:** Dada la complejidad del tema, la investigación será analítica, ya que involucra la consideración de múltiples variables. Se explorarán relaciones entre diferentes componentes del diseño mecánico y del sistema de fuerza para obtener una comprensión profunda y analítica del fenómeno estudiado.

2.2. Variable, operacionalización

Variables

Variables independientes

- Potencia undimotriz
- Demanda eléctrica

Variables dependientes

- Sistema de bombeo
- Sistema de generación

Operacionalización

En la tabla 2 y 3 se detallarán las variables correspondientes:

Tabla 2: Operacionalización variable dependiente.

Variable dependiente	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Instrumento	Valores Finales	Tipo de Variable	Escala de Medición
Sistema de bombeo	Dispositivo mecánico diseñado para generar movimiento y presión en el sistema de fuerza del convertidor undimotriz	Eficiencia, Potencia y Resistencia de la bomba medida en porcentaje, vatios y newtons	Eficiencia	$E = E_{turbina} \times E_{gen.}$	%	Medidores de eficiencia	Porcentaje	Categórica	Nominal
			Potencia Generada	Potencia=tensión x Intensidad	W	Vatímetro	Vatios	Numérica	Numérica
			Resistencia	-	-	medidores de resistencia	Newtons	Categórica	Numérica
Sistema de generación	Producción de energía eléctrica como resultado del funcionamiento del sistema de convertidor undimotriz	Cantidad de energía eléctrica generada medida en kilovatios-hora	Energía	$E = P \times T$	Kw/h	Medidores de energía eléctrica	Datos numéricos medidos en kilovatios-hora	Numérica	Numérica

Fuente: Elaboración propio.

Tabla 3: Operacionalización Variable independiente.

Variables independientes	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Instrumento	Valores Finales	Tipo de Variable	Escala de Medición
Demanda eléctrica	La demanda eléctrica de la ciudad de Pimentel	Consumo, potencia, cargas especiales.	Potencia	$P=V*I$	W	Multímetro	Datos numéricos y descriptivos	Numérica	Intervalo
	ayudara a definir parámetros del diseño mecánico para configurar el aprovechamiento de energía undimotriz			$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi$	W	Multímetro	Datos numéricos y descriptivos	Numérica	Intervalo
				Energía eléctrica	$E = \frac{P}{I}$	W/h	Calculo	Datos numéricos y descriptivos	Categórica
Potencia undimotriz	Característica de las ondas marinas que incide en el sistema undimotriz	Altura, frecuencia y amplitud de las olas marinas medidas en metros y hertz	Altura de la ola	H	m	Páginas web	m	Numérica	Nominal
			Frecuencia de las olas	$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{2\pi g}{\lambda} Th \left(\frac{2\pi h}{\lambda}\right)}}$	Hz	Páginas web	hertz	Numérica	Numérica

Fuente: Elaboración propio.

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

Población

Mar peruano: se realizará en el mar peruano la cual es favorable para esta realización de investigación la cual tiene como prioridad generar energía eléctrica mediante un diseño de aprovechamiento de energía undimotriz la cual es muy rentable.

Muestra

Mar lambayecano: se realizará como inicio en la playa Pimentel la cual ayudara a tener un mayor crecimiento económico y desarrollo de tecnología la cual es la prioridad de esta tesis para obtener energía eléctrica de un recurso hídrico.

Muestreo

El muestreo se refiere al proceso de selección de la muestra de la población. En este escenario, se utilizará un muestreo no probabilístico, específicamente el muestreo por conveniencia, para seleccionar expertos que estén fácilmente disponibles y tengan la experiencia necesaria en el tema de investigación.

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

Técnica de recolección de datos

- Encuestas: Esta técnica recopila datos dando lugar a establecer interacción con las unidades observadas con ciertas características especiales mediante un conjunto de preguntas que se aplica por modalidades como teléfono, correo, personal, internet, con el fin de establecer opiniones para una validación de la investigación.
- Análisis documental: este proceso se da para buscar información relevante en los diversos anexos de publicación o entre otras para una mejor investigación y tener los parámetros necesarios para la realización de esta investigación.

- Revisión de datos bibliográficos: este proceso ayudará a tener más conocimiento acerca del trabajo de investigación que se tendrá por la cual es una gran ventaja y tener en cuenta en el diseño.

Instrumentos de recolección de datos

- Guía de análisis bibliográficos: este proceso ayudará a tener un mejor registro de lo que se requiere para el diseño dando prioridad a los parámetros establecidos y norma establecidas mediante los diferentes accesos de investigación.
- Guía del registro del caudal: en este proceso se realizará los cálculos necesarios para desarrollar este diseño

Validez y confiabilidad

Se resume lo siguiente:

- La evaluación de datos se trata de corroborar investigaciones o la tecnología apropiada para dicho diseño mediante la recolección de datos y teniendo en cuenta al especialista de la rama.
- Este proyecto tiene la finalidad de una investigación novedosa con la ayuda de los profesionales la cual el proyecto se realizará de manera eficaz y transparente la cual involucran en esta tesis.
- En esta investigación se hará mediante la elaboración y recolección de datos para el diseño y la elaboración de los diferentes parámetros calculados la cual es respaldada por los especialistas y la importancia de generar energía eléctrica.

2.5. Procedimiento de análisis de datos

Determinar las condiciones hidráulicas

Se analizará mediante un análisis mensual dando los datos reales la cual se observará la potencia para generar la energía eléctrica la cual es una gran ayuda para el diseño y así mismo encontrar los diferentes factores que se realizaran en esta tesis.

Diseñar el sistema de aprovechamiento de energía undimotriz

Para este diseño se tendrá en cuenta los diferentes cálculos y componentes del sistema la cual es eficiente y de buen rendimiento obteniendo resultados favorables en el diseño.

Establecer los parámetros y optimización del diseño a través del software

Se diseñará mediante un software para diagnosticar las posibles fallas o averías que se tendrá cuando se realice, además realizar una mejora la cual ayudará a un buen funcionamiento y rendimiento de la máquina que se obtendrá de los parámetros calculados en esta tesis.

Realizar la evaluación económica del diseño

Se realizará una evaluación económica de cada uno de los elementos de la máquina para comparar con otras maquinas la cual es favorecer y reducir los gastos en su mantenimiento y repuestos de la maquina

2.6. Criterios éticos

El Código de Ética de la CIP (Colegio de Ingenieros del Perú) busca que el profesional sea eficaz y tengan una investigación favorable para su crecimiento profesional dando muchas de las oportunidades y a realización de proyecto a favor de la humanidad, la cual busca una prioridad y mejorar las condiciones ambientales.

III. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. Resultados

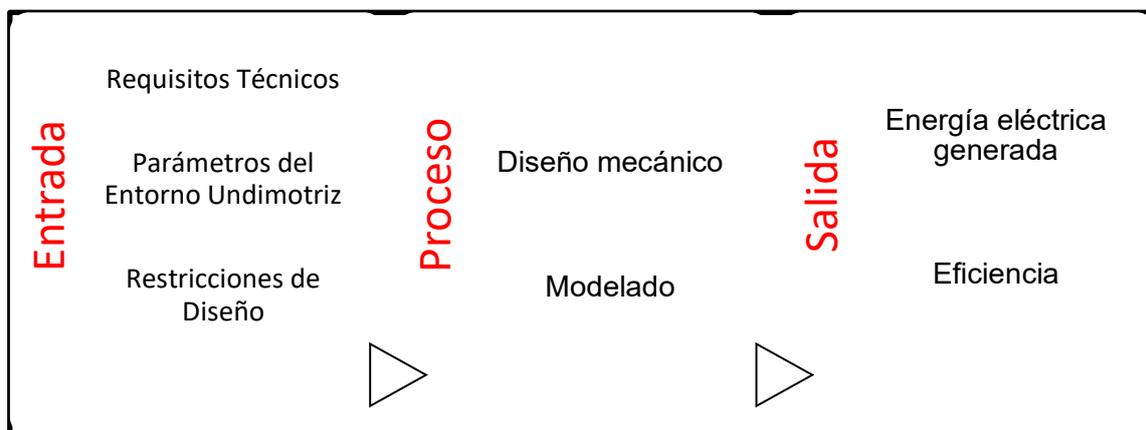
Seleccionar el sistema de aprovechamiento de energía undimotriz mediante la matriz morfológica.

En el contexto del diseño mecánico y modelado de un sistema de aprovechamiento de energía undimotriz para generar energía eléctrica, la selección de la bomba adquiere una importancia crucial. Para abordar esta tarea compleja, se empleará una matriz morfológica como herramienta sistemática de evaluación. Antes de entrar a detallar la matriz morfológica se tendrá en cuenta parámetros del sistema:

Parámetros del sistema

Esta caja negra conceptualiza el proceso de diseño y modelado como una entidad que transforma las entradas en un diseño finalizado y recomendaciones para la implementación. La entrada, el proceso y la salida son componentes esenciales para comprender y gestionar este complejo proceso de ingeniería.

Figura 20: Caja negra.



Fuente: Elaboración propio.

Entrada:

- **Requisitos técnicos:** Especificaciones técnicas necesarias para el sistema de bombeo, como capacidad de carga, velocidad de operación y resistencia a las

condiciones undimotrices.

- **Parámetros del entorno undimotriz:** Datos relativos a las olas del mar, incluyendo altura, frecuencia y amplitud, que impactarán directamente en el rendimiento de la bomba.
- **Restricciones de diseño:** Limitaciones específicas, como espacio disponible, materiales permitidos y requisitos de eficiencia, que influirán en el diseño mecánico.

Proceso:

- **Diseño mecánico:** Desarrollo de la estructura física del sistema de aprovechamiento de energía eléctrica, considerando dimensiones, forma, materiales y componentes internos. Incluye la aplicación de principios de ingeniería mecánica y diseño para cumplir con los requisitos especificados.
- **Modelado:** Creación de modelos matemáticos y simulaciones para prever el comportamiento de la bomba bajo diferentes condiciones undimotrices. El modelado puede incluir análisis de esfuerzos, simulaciones de flujo y evaluación de eficiencia.

Salida:

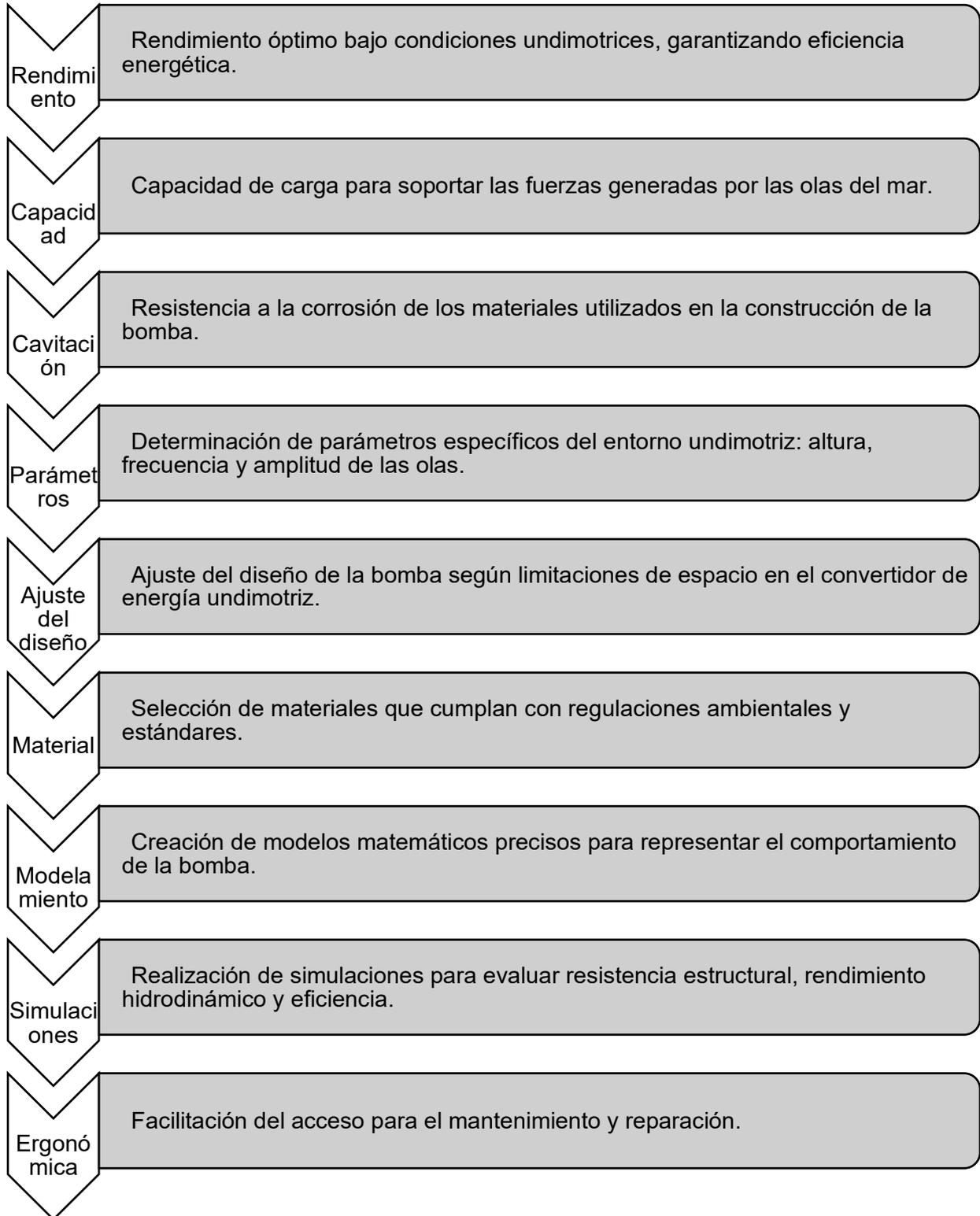
- **Energía eléctrica generada:** Representa la producción resultante de energía eléctrica proveniente del proceso de captación y conversión de la energía undimotriz.
- **Eficiencia del absorbedor puntual:** Mide la efectividad del dispositivo para convertir la energía de las olas en energía eléctrica y eficiencia del sistema.

Requerimientos del sistema

Los requerimientos proporcionan una base integral para el diseño mecánico y modelado del sistema, asegurando que el sistema cumpla con los estándares de rendimiento,

sostenibilidad y durabilidad necesarios para su aplicación en un convertidor de energía undimotriz.

Figura 21: Requerimientos del sistema.



Fuente: Elaboración propio.

Lista de exigencias y deseos

Para este diseño se hará mención de las siguientes características como exigencias (E) y deseos (D) de acuerdo a la prioridad asignada, en la tabla 4 y 5, se presentan detalladamente dichas funciones consideradas para el presente diseño.

Tabla 4: Tabla Exigencias.

Tabla de exigencias	
Función principal	
E	Diseñar un sistema de aprovechamiento para generar energía undimotriz.
E	Generar energía eléctrica para la satisfacción de 10 casas establecidas para comienzo de esta tesis.
Geometría y mantenimiento	
E	Este diseño tendrá como objetivo reducir su mantenimiento y el costo del repuesto de los componentes la cual es favorable y sus piezas será de manera rentable para su realización, así mismo las olas del mar Lambayeque son eficiente para este diseño.
Material, fabricación y ensamblaje	
E	Los materiales empleados deben ser adecuados para el uso en el cual se desempeñará. Estos componentes son fáciles de buscar en los diferentes establecimientos y fáciles de diseñar y ensamblar cada uno de los componentes la cual es muy ventajoso.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 5: Tabla de deseos.

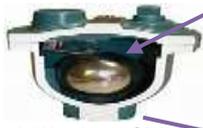
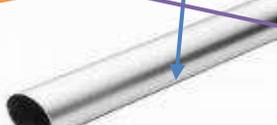
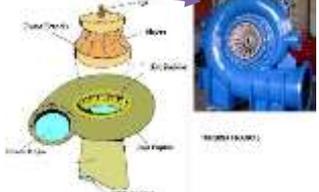
Tabla de deseos	
	Seguridad
D	La seguridad de cada uno de los componentes del sistema será eficiente la cual será vigilado por los especialistas del caso y así tener una mayor rentabilidad en la economía.
	Costos
D	El presupuesto es de menor costo y rentable para su diseño la cual tiene acceso a los diferentes repuestos y la calidad de su funcionamiento con el control de su plan de mantenimiento que se realizó en esta investigación.
	Ergonomía
D	Sus componentes deberán ser de manera optimas y con un diseño muy accesible las cual busca que el operado pueda realizar y que sea de manera adecuado en su fabricación.

Fuente: Elaboración Propia.

Matriz morfológica

Esta matriz morfológica busca alternativas favorables para la realización de su diseño y mejorar su rendimiento y funcionamiento de la maquina buscando varias alternativas de solución, tiene la finalidad de obtener la mejor solución para su diseño y empezar a realizar su diseño basándose en los diferentes parámetros de diseño y dar una investigación más entendible y ayudar al operario a tener más conocimientos y realizar los diferentes trabajos. Esta investigación se realizará la metodología de diseño del sistema de aprovechamiento de energía undimotriz identificando las posibles alternativas, se muestra en la tabla 6.

Tabla 6: Matriz morfológica.

	Funciones básicas		
Estética del mecanismo de Bombeo			
Válvulas			
Componente del interior del cilindro			
Proceso de manufactura			
Ensamble			
Rendimiento			
Generación			
Tecnología De Generación			
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3

Fuente: Elaboración propio.

Determinación del concepto óptimo

Se tomaron algunas recomendaciones de las tablas 4 e 5 para evaluar a los conceptos óptimos. La cual tienen como objetivo realizar los diferentes parámetros de diseño en esta tesis la cual es una de las alternativas de solución.

- Asignación de calificativos

Este estudio tiene la función de diagnosticar los diferentes procesos en el momento de su diseño y los parámetros que se deberá tener en cuenta buscando las informaciones relevantes y de manera científica. Estos criterios se deberá dar solución la cual es tener un mejor entendimiento y reducir el tiempo de trabajo y reducir los gastos económicos cuando se realice en la tabla. Para finalmente obtener un diseño óptimo, de los conceptos alternativos mencionados. Se considera las siguientes puntuaciones:

1: Insatisfecho

2: Poco satisfecho

3: Satisfecho

4: Muy satisfecho

Tabla 7: Asignación de calificativos

CRITERIO	PORCENTAJE
Geometría	25%
Mantenimiento	20%
Costo	15%
Renovable para la vida marítima	10%
Ergonomía	10%
Estética	10%
Eficiencia	10%

Fuente: Elaboración propio.

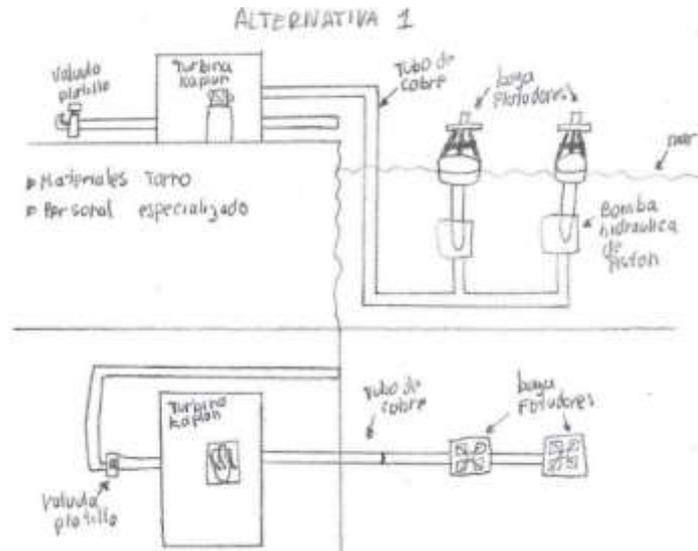
Tabla 8: Matriz de evaluación.

Matriz de evaluación								
CRITERIO	PORCENTAJE	CONCEPTO DE SOLUCIÓN 1		CONCEPTO DE SOLUCIÓN 2		CONCEPTO DE SOLUCIÓN 3		
		VAL	CAL	VAL	CAL	VAL	CAL	
Geometría	25%	3	0.75	4	1	2	0.5	
Mantenimiento	20%	3	0.6	4	0.8	4	0.8	
Costo de materiales	15%	3	0.45	4	0.6	4	0.6	
Renovable para la vida marítima	10%	2	0.2	4	0.4	4	0.4	
Ergonomía	10%	4	0.4	4	0.4	4	0.4	
Estética	10%	2	0.2	4	0.4	4	0.4	
Eficiencia	10%	3	0.3	4	0.4	4	0.4	
TOTAL	100%		2.9		4		3.5	

Fuente: Elaboración propio.

CONCEPTO DE SOLUCIÓN 1

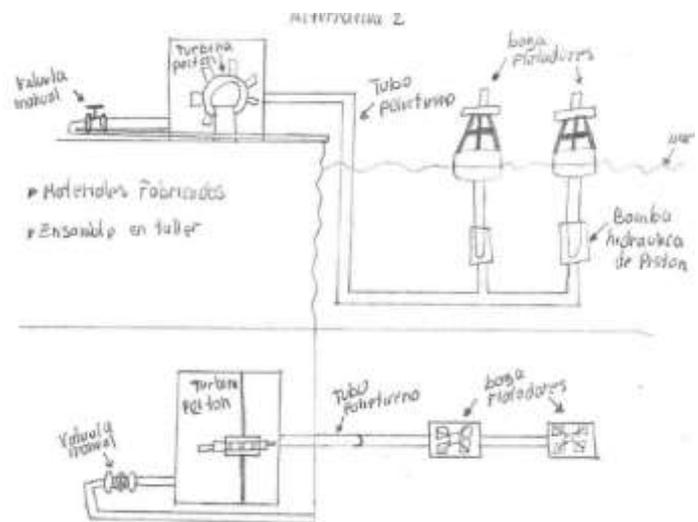
Figura 22: Concepto de solución 01.



Los flotadores o boya están conectaos a una bomba hidráulica de pistón, cuando la marea sube esta impulsara a las boyas y así accionando el pistón de la bomba con el ingreso del agua, al bajar el agua del mar el peso de la boya impulsa el agua que ingreso a la bomba y así impulsan un flujo de agua mediante un chorro el cual acciona la turbina Kaplan generando energía eléctrica, teniendo una válvula de platillo para la salida del agua retornando al mar.

CONCEPTO DE SOLUCIÓN 2

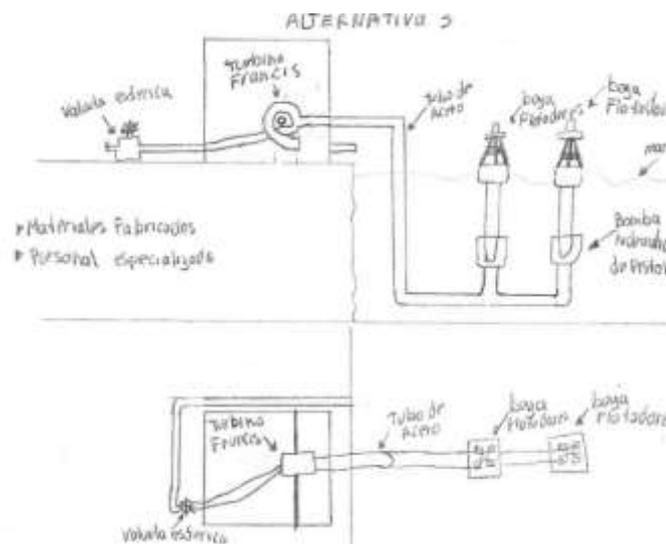
Figura 23: Concepto de solución 02.



Los flotadores o boya están conectaos a una bomba hidráulica de pistón, cuando la marea sube esta impulsara a las boyas y así accionando el pistón de la bomba con el ingreso del agua, al bajar el agua del mar el peso de la boya impulsa el agua que ingreso a la bomba y así impulsan un flujo de agua mediante un chorro de una tubería Polietileno De Alta Densidad el cual acciona la turbina Pelton generando energía eléctrica, teniendo una válvula manual para la salida del agua retornando al mar.

CONCEPTO DE SOLUCIÓN 3

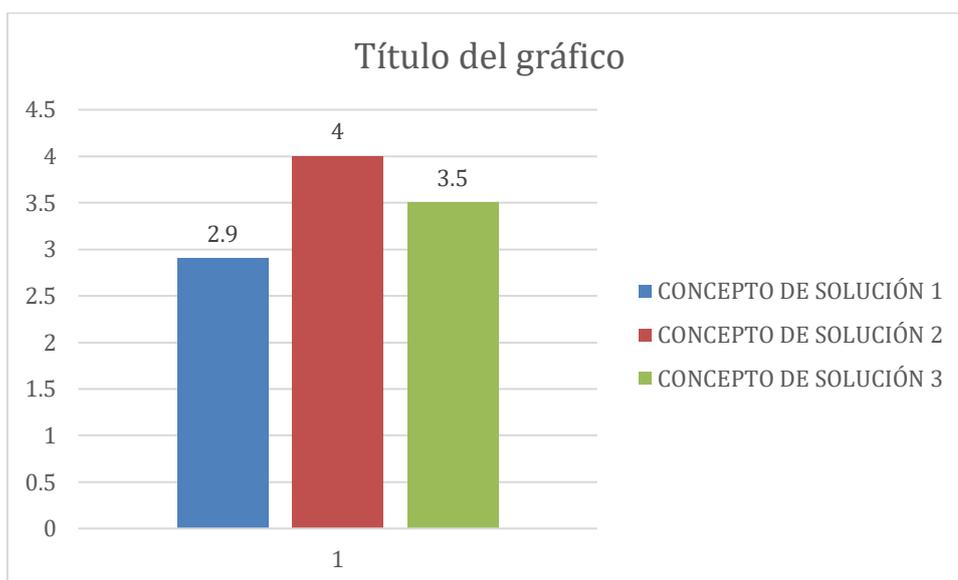
Figura 24: Concepto de solución 03.



Los flotadores o boya están conectaos a una bomba hidráulica de pistón, cuando la marea sube esta impulsara a las boyas y así accionando el pistón de la bomba con el ingreso del agua, al bajar el agua del mar el peso de la boya impulsa el agua que ingreso a la bomba y así impulsan un flujo de agua mediante un chorro el cual acciona la turbina Francis generando energía eléctrica, teniendo una válvula esférica para la salida del agua retornando al mar.

A través de un análisis exhaustivo utilizando la matriz de evaluación presentada en la Tabla 7, se logró identificar el concepto de solución óptima, destacando la preferencia por el Concepto 2, como se muestra en la figura 25.

Figura 25: Resultados de conceptos de solución.



Fuente: Elaboración propio.

Este proceso de evaluación consideró meticulosamente parámetros cruciales del sistema, así como los parámetros del sistema, los requerimientos específicos, lista detallada de exigencias y deseos. La culminación de este análisis se realizó en la elaboración de una matriz morfológica, donde se procedió a evaluar cada opción con base en los criterios establecidos previamente. De esta manera, el Concepto 2 se destacó como la elección más adecuada, consolidando así un enfoque fundamentado y meticuloso en la selección de la solución óptima para el diseño mecánico y modelado del sistema de aprovechamiento de energía undimotriz en el distrito de Pimentel.

Cálculos y dimensionamiento de los componentes del sistema

Para el dimensionamiento del sistema de bombeo mediante la bomba hidráulica de pistón como fue seleccionado por las características del diseño, se procederá a la recolección de datos de la figura 26, como se muestra en la tabla 9 donde se muestran los datos del periodo de las olas y su altura en el transcurso promedio de 1 día en un lapso de 11 días los cuales son de 1 semana y media de un mes los cuales tiene gran posibilidad de repetirse en el periodo del mes:

Tabla 9: Velocidad del fluido.

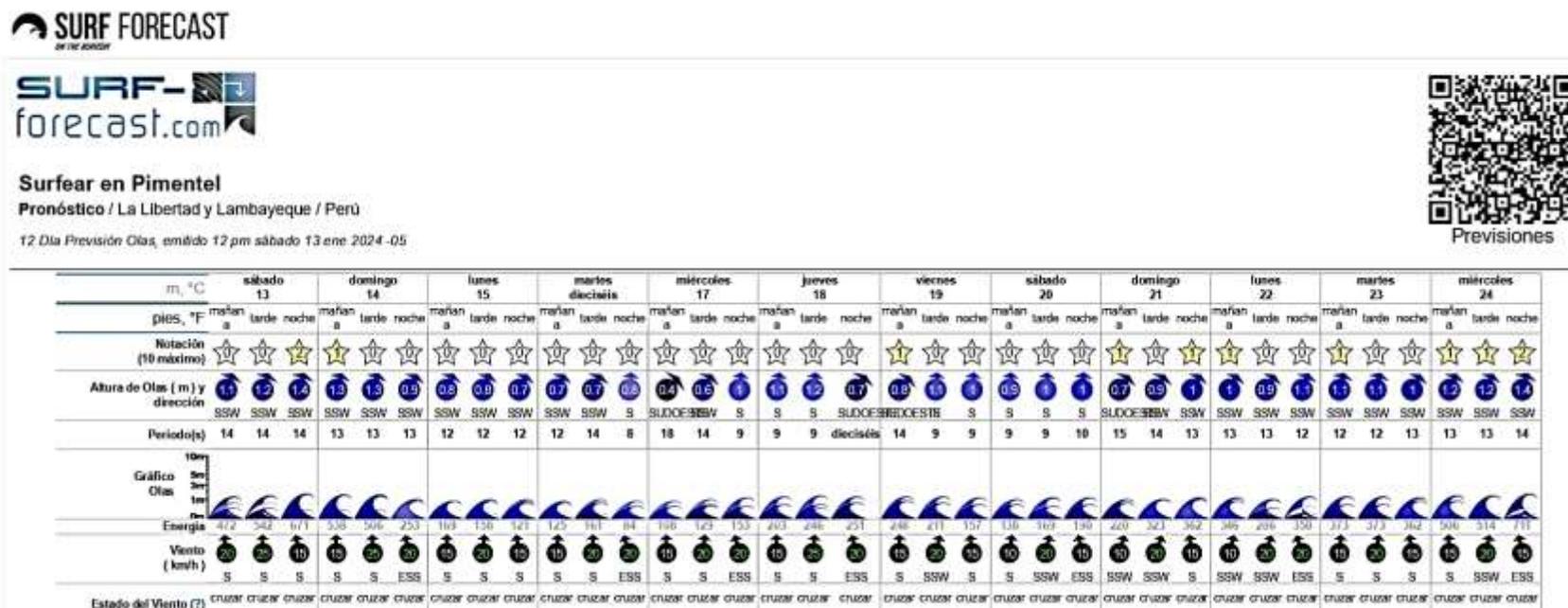
Fechas	13-Ene		14-Ene		15-Ene		16-Ene		17-Ene		18-Ene		19-Ene		20-Ene		21-Ene		22-Ene		23-Ene		24-Ene																											
Periodo de las olas (s)	14		13		12		12		14		8		18		14		9		9		14		9		9		10		15		14		13		13		13		12		12		14		13		14			
Altura de la ola (m)	1.1	1.2	1.4	1.3	0.9	0.8	0.7	0.7	0.8	0.8	0.4	0.6	1	1.1.	0.7	1.2	0.8	1.1	1	0.9	1	0.7	0.9	1	1	0.9	1.1	13	14	12	14	1.2	1.4																	
Fechas	1-Feb		2-Feb		3-Feb		4-Feb		5-Feb		6-Feb		7-Feb		8-Feb		9-Feb		10-Feb		11-Feb		12-Feb																											
Periodo de las olas (s)	16		15		14		14		16		10		18		16		11		11		16		11		11		11		12		17		16		15		15		15		14		14		16		15		16	
Altura de la ola (m)	0.7	0.8	0.8	0.9	1	1.3	0.9	1.1	1.2	1.4	1.1.	0.7	1.2	0.7	0.9	1	0.8	1.1	1	1.1.	0.7	1.2	13	14	1.2	1.4	0.8	1.1	1	0.4	0.6																			
Fechas	15-Mar		16-Mar		17-Mar		18-Mar		19-Mar		20-Mar		21-Mar		22-Mar		23-Mar		24-Mar		25-Mar		26-Mar																											
Periodo de las olas (s)	14		13		12		12		14		8		18		14		9		9		14		9		9		9		10		15		14		13		13		13		12		12		14		13		14	
Altura de la ola (m)	1.2	0.7	0.9	1	1.1	1.2	1.4	1.1.	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	1	1.4	0.8	1.1	1	0.4	0.6	1.1.	0.7	1.2	13	14	1.2	0.9	1	0.8	1.1	1.2																			
Fechas	18-Abr		19-Abr		20-Abr		21-Abr		22-Abr		23-Abr		24-Abr		25-Abr		26-Abr		27-Abr		28-Abr		29-Abr																											
Periodo de las olas (s)	12		11		10		10		12		6		16		12		7		7		12		7		7		7		8		13		12		11		11		11		10		10		12		11		12	
Altura de la ola (m)	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	1	1.4	0.8	1.2	0.7	0.9	1	1.1	1.2	1.4	1.1.	0.7	1.2	13	14	1.2	0.9	1	1.4	0.8	1.1	1	0.4	0.6	1.1.	0.9																			
Fechas	7-May		8-May		9-May		10-May		11-May		12-May		13-May		14-May		15-May		16-May		17-May		18-May																											
Periodo de las olas (s)	16		15		14		14		16		10		18		16		11		11		16		11		11		11		12		17		16		15		15		15		14		14		16		15		16	
Altura de la ola (m)	0.7	0.8	0.8	0.9	1	1.3	0.9	1.1	1.2	1.4	1.1.	0.7	1.2	0.7	0.9	1	0.8	1.1	1	1.1.	0.7	1.2	13	14	1.2	1.4	0.8	1.1	1	0.4	0.6																			
Fechas	12-Jun		13-Jun		14-Jun		15-Jun		16-Jun		17-Jun		18-Jun		19-Jun		20-Jun		21-Jun		22-Jun		23-Jun																											

Periodo de las olas (s)	14	13	12	12	14	8	18	14	9	9	14	9	9	9	10	15	14	13	13	13	12	12	14	13	14						
Altura de la ola (m)	1.1	1.2	1.4	1.3	0.9	0.8	0.7	0.7	0.8	0.8	0.4	0.6	1	1.1.	0.7	1.2	0.8	1.1	1	0.9	1	0.7	0.9	1	1	0.9	1.1	13	14	1.2	1.4
Fechas	11-Jul	12-Jul	13-Jul	14-Jul	15-Jul	16-Jul	17-Jul	18-Jul	19-Jul	20-Jul	21-Jul	22-Jul																			
Periodo de las olas (s)	12	11	10	10	12	6	16	12	7	7	12	7	7	7	8	13	12	11	11	11	11	10	10	12	11	12					
Altura de la ola (m)	1.3	0.9	0.8	0.7	0.7	0.8	0.8	1	1.1.	0.7	1.2	0.8	1.1	1	1.1	1.2	1.4	1.3	0.9	0.8	0.8	0.4	0.6	1	1.1.	0.7	1.2	0.7	0.9	1	1
Fechas	20-Ago	21-Ago	22-Ago	23-Ago	24-Ago	25-Ago	26-Ago	27-Ago	28-Ago	29-Ago	30-Ago	31-Ago																			
Periodo de las olas (s)	16	15	14	14	16	10	18	16	11	11	16	11	11	11	12	17	16	15	15	15	14	14	16	15	16						
Altura de la ola (m)	0.7	0.8	0.8	0.9	1	1.3	0.9	1.1	1.2	1.4	1.1.	0.7	1.2	0.7	0.9	1	0.8	1.1	1	1.1.	0.7	1.2	13	14	1.2	1.4	0.8	1.1	1	0.4	0.6
Fechas	5-Set	6-Set	7-Set	8-Set	9-Set	10-Set	11-Set	12-Set	13-Set	14-Set	15-Set	16-Set																			
Periodo de las olas (s)	14	13	12	12	14	8	18	14	9	9	14	9	9	9	10	15	14	13	13	13	12	12	14	13	14						
Altura de la ola (m)	1.1	1.2	1.4	1.3	0.9	0.8	0.7	0.7	0.8	0.8	0.4	0.6	1	1.1.	0.7	1.2	0.8	1.1	1	0.9	1	0.7	0.9	1	1	0.9	1.1	13	14	1.2	1.4
Fechas	17-Oct	18-Oct	19-Oct	20-Oct	21-Oct	22-Oct	23-Oct	24-Oct	25-Oct	26-Oct	27-Oct	28-Oct																			
Periodo de las olas (s)	12	11	10	10	12	6	16	12	7	7	12	7	7	7	8	13	12	11	11	11	11	10	10	12	11	12					
Altura de la ola (m)	0.7	0.8	0.8	0.9	1	1.3	0.9	1.1	1.2	1.4	1.1.	0.7	1.2	0.7	0.9	1	0.8	1.1	1	1.1.	0.7	1.2	13	14	1.2	1.4	0.8	1.1	1	0.4	0.6
Fechas	9-Nov	10-Nov	11-Nov	12-Nov	13-Nov	14-Nov	15-Nov	16-Nov	17-Nov	18-Nov	19-Nov	20-Nov																			
Periodo de las olas (s)	16	15	14	14	16	10	18	16	11	11	16	11	11	11	12	17	16	15	15	15	14	14	16	15	16						
Altura de la ola (m)	1	1.3	0.9	1.1	1.2	0.7	0.8	0.8	0.9	0.8	1.1	1	1.1.	0.7	1.2	13	1.1	1.2	1.4	1.1.	0.7	1.2	0.7	0.8	1.1	1	0.4	0.6	0.7	1.2	13

Fechas	10-Dic	11-Dic	12-Dic	13-Dic		14-Dic		15-Dic		16-Dic		17-Dic		18-Dic		19-Dic		20-Dic		21-Dic												
Periodo de las olas (s)	14	13	12	12	14	8	18	14	9	9	14	9	9	9	10	15	14	13	13	13	12	12	14	13	14							
Altura de la ola (m)	1.1	1.2	1.4	1.3	0.9	0.8	0.7	0.7	0.8	0.8	0.4	0.6	1	1.1	0.7	1.2	0.8	1.1	1	0.9	1	0.7	0.9	1	1	0.9	1.1	13	14	14	1.2	1.4

Fuente: Elaboración propio.

Figura 26: Pronostico de oleaje Pimentel [23].



En la figura 26 se tiene datos del oleaje que presenta la playa Pimentel, de acuerdo a ello se procede a calcular la celeridad del agua del mar:

$$C = \sqrt{g \times L} \quad (23)$$

Se utiliza la fórmula 23 para calcular la celeridad de cada fase de las olas o de cada periodo de esta y hacia poder hallar la velocidad.

Donde:

C : Celeridad de fase de la ola, [s].

g : Aceleración debida a la gravedad, [9.81 m/s²].

L_x : Longitud de la ola, [m].

Tabla 10: Celeridad de fase de la ola.

Celeridad de fase de la ola									
Descripción	L ₁ (m)	L ₂ (m)	L ₃ (m)	L ₄ (m)	L ₅ (m)	L ₆ (m)	L ₇ (m)	L ₈ (m)	L ₉ (m)
Longitud de la ola (m)	0.4	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.1	1.2	1.4
Celeridad fase de la ola (s) <small>"$C = \sqrt{g \times L}$"</small>	1.98	2.4	2.6	2.8	2.9	3.1	3.2	3.4	3.7

Fuente: Elaboración propio.

La velocidad del agua (V) se relaciona con la velocidad de fase de la ola mediante la siguiente relación:

$$V = \frac{C}{2\pi} \quad (24)$$

Al aplicar la fórmula 24 y con los datos de la celeridad de los periodos de las olas encontramos la velocidad con la que se mueve las olas y así encontrar las demás variables

Donde:

V : Velocidad del agua del mar, [m/s].

C_x : Celeridad de fase de la ola "tabla 10", [s].

Tabla 11: Velocidad del agua del mar.

Velocidad del agua del mar									
Celeridad fase de la ola "C _x "	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉
Celeridad de fase de la ola (s)	1.98	2.4	2.6	2.8	2.9	3.1	3.2	3.4	3.7
Velocidad del agua del mar (m/s)	0.31	0.38	0.41	0.44	0.46	0.49	0.50	0.54	0.58

Fuente: Elaboración propio.

Con los datos obtenidos se procede a calcular la densidad de la boya para saber si la marea es capaz de hacerla flotar y con eso saber cuánta altura puede ganar el cual le dará la fuerza de la bomba de agua, el cual será funcionado:

Densidad de los Flotadores Boya

Sabiendo que el agua de mar es más salada que el agua dulce la cual tiene como densidad 1000 Kg/m³ entonces el agua salada de mar tiene como densidad 1.025 g/ml o 1.025 g/cm³.

$$D_B = m/v \quad (25)$$

$$D_B = \frac{83889.25}{83889.2504}$$

$$D_B = 1 \text{ g/cm}^3$$

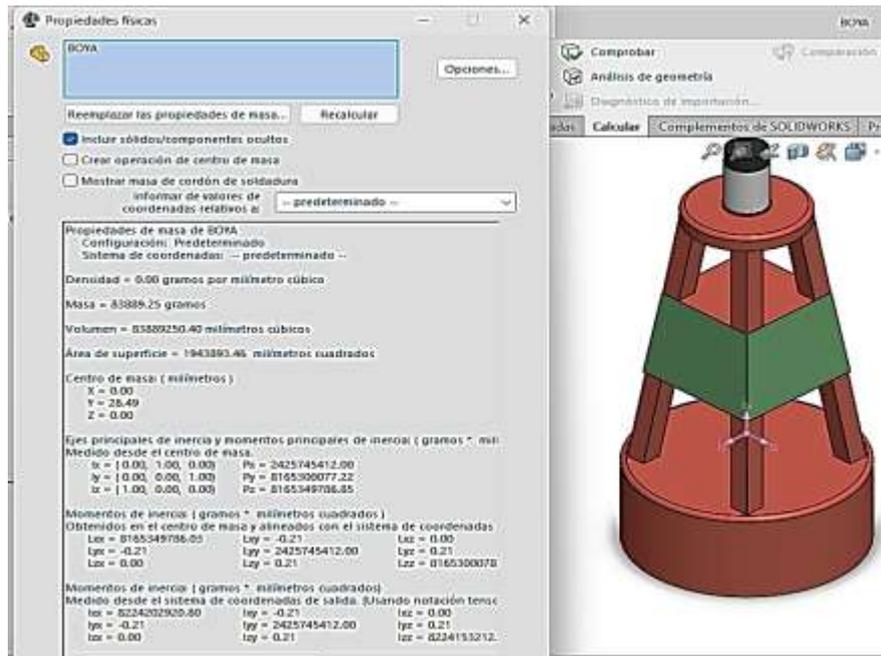
Donde:

v : Volumen, [83889.2504 cm³].

m : Masa, [83889.25 Kg].

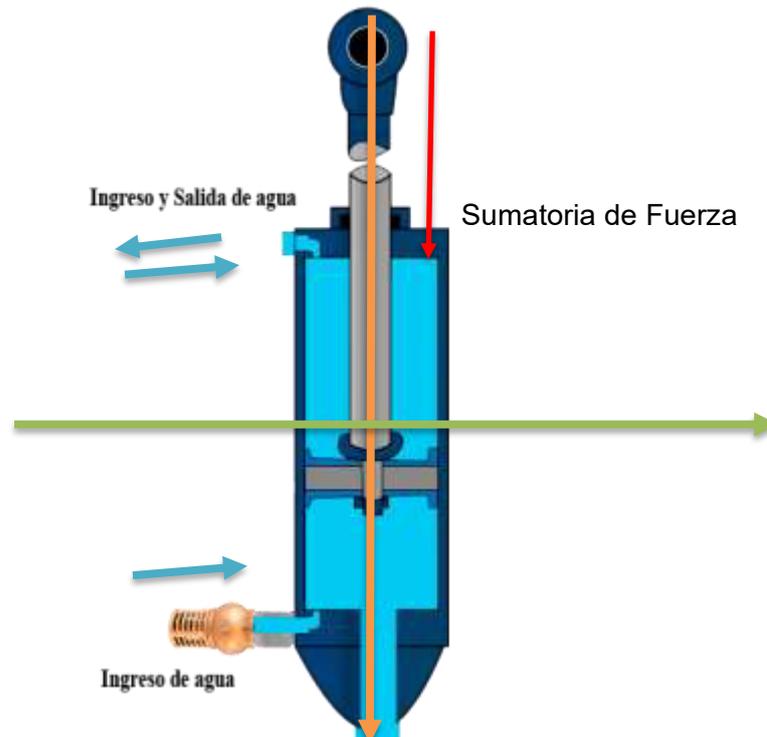
Por lo tanto, la densidad de la boya es menor a la del agua de mar 1.025 g/cm³ > 1 g/cm³ esta flotara hasta una altura de 1.4 m

Figura 27: Propiedades físicas de la boya.



Fuente: Elaboración propio.

- Diagrama de cuerpo libre



Con la aplicación de la ecuación 26 se puede remplazar en función a las velocidades, así como se muestra en la ecuación 27 para encontrar la fuerza con la que se empuja o se genera

$$F = m \times a \quad (26)$$

$$F = m \times \frac{V_f - V_i}{t} \quad (27)$$

Donde:

F : Fuerza, [N].

m : Masa, [83.88 Kg].

a : Aceleración, [m/s²].

V_f : Velocidad final, “**tabla 11**”, [m/s].

V_i : Velocidad inicial, [0 m/s].

t : Tiempo “**tabla 11**”, [s].

$$F = 83.88 \times \frac{1.98 - 0}{0.31}$$

$$F = 535.75 \text{ N} \cong 536 \text{ N}$$

Tabla 12: Fuerza que ejercerá la bomba de agua.

Fuerza ejercida del flotador a la bomba de agua									
Descripción	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉
Celeridad de fase de la ola (s)	1.98	2.4	2.6	2.8	2.9	3.1	3.2	3.4	3.7
Velocidad del agua del mar (m/s)	0.31	0.38	0.41	0.44	0.46	0.49	0.50	0.54	0.58
Fuerza (N) “ $F = m \times \frac{V_f - V_i}{t}$ ”	535.75	529.77	531.92	533.78	528.81	530.67	536.83	528.13	535.10

Fuente: Elaboración propio.

Determinación de la presión:

$$P = d \times g \times h + P_{atm} \quad (28)$$

Con la ecuación 28 se hallará la presión mediante la densidad y presiones atmosférica del agua del mar

Donde:

P : Presión, [Kpa].

d : Densidad del agua del mar, [1027 Kg/m³].

g : Aceleración de la gravedad, [9.81 m/s²].

h : Altura del cilindro con las boyas, [5 m, Teniendo en cuenta que la bomba tiene un recorrido de alimentar con agua a la turbina Pelton, por ende, mientras más sumergible la bomba la boya será menos eficiente para su funcionamiento boya / bomba].

P_{atm} : Presión atmosférica, [1.01x10⁵ Pa].

$$P = 1027 \times 9.81 \times 5 + 1.01 \times 10^5$$

$$P = 13122.00 \text{ Pa}$$

$$P = 131.22 \text{ Kpa}$$

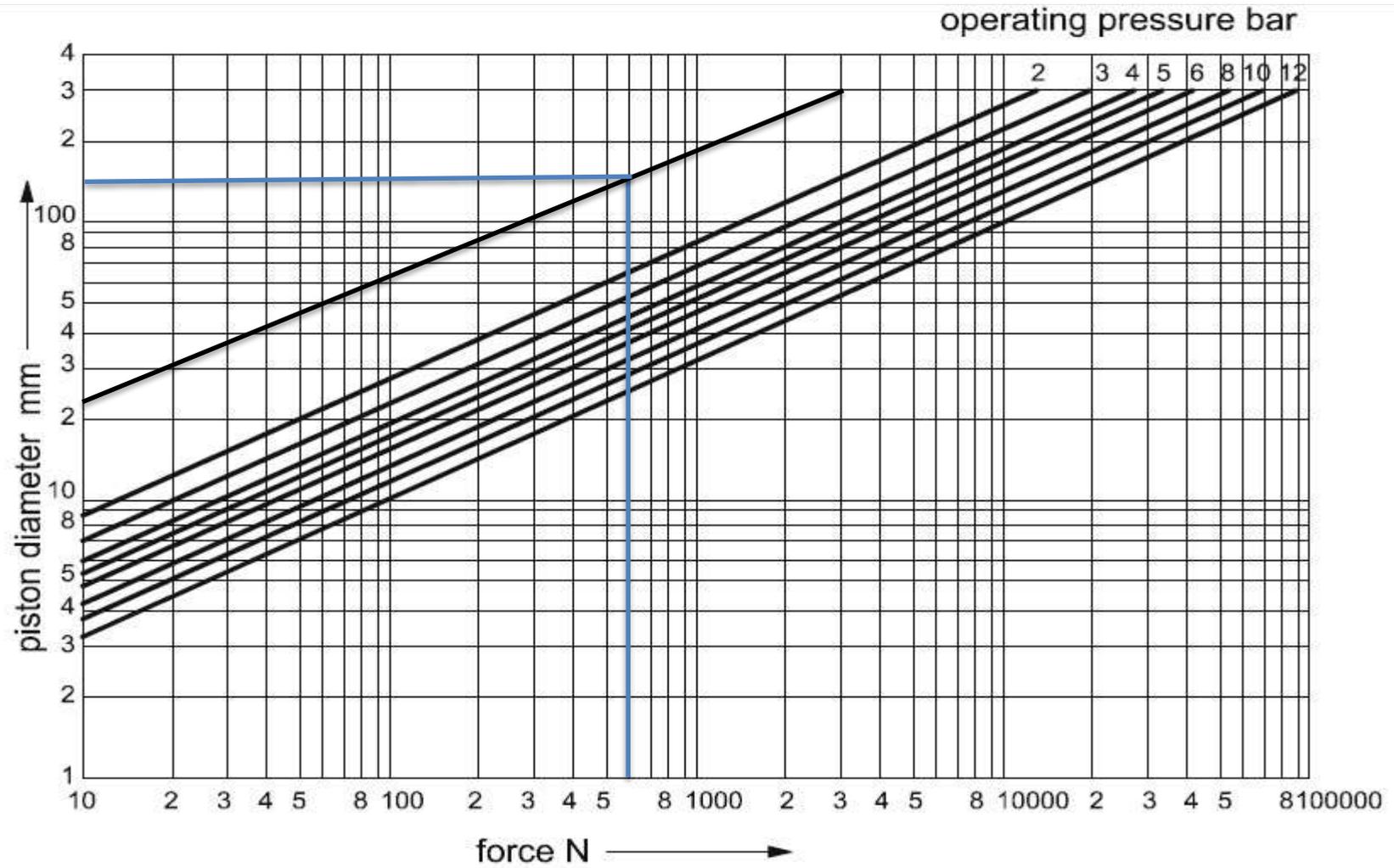
Ya teniendo las fuerzas distribuidas con diferentes velocidades y tiempo, la mayor fuerza resulta 536.83 N, aproximadamente 600 N y una presión de 131.22 Kpa. Estos datos para ayudar seleccionar un diámetro del pistón mediante la figura 25.

Tabla 13: Parámetros generales.

PARÁMETROS	MAGNITUDES
Fuerza	600 N
Presión	131.22 Kpa
Diámetro del pistón	160 mm

Fuente: Elaboración propio.

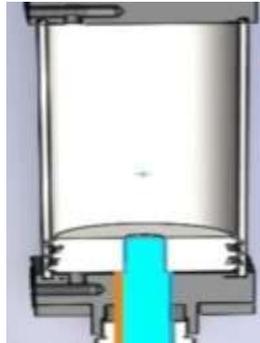
Figura 28: Determinación del diámetro del pistón [24].



Área del pistón

En la figura 29 es la forma el cuál se puede determinar el área del pistón, solamente se necesita el valor del diámetro y así poder aplicar la ecuación 29 y encontrar el área del pistón.

Figura 29: Área del pistón.



Fuente: Elaboración propio.

$$A_p = \frac{D^2 \times \pi}{4} \quad (29)$$

Dónde:

A_p : Área del pistón, [cm²].

D: Diámetro del pistón, [150mm=15cm].

$$A_p = \frac{15^2 \times \pi}{4}$$

$$A_p = 176.7 \text{ cm}^2$$

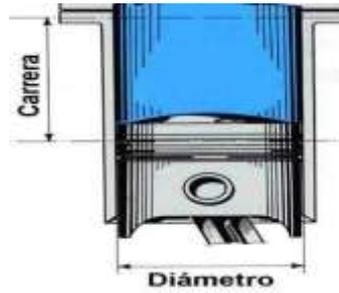
$$A_p = 27.3885 \text{ in}^2$$

Carrera del pistón

Para determinar la distancia de carrera para este diseño de bomba de agua va circular de manera lineal – vertical como en la figura 30 sin hacer giro o ángulos de inclinación para ello en la tabla n°1 ayuda determinar el factor ψ para bombas que trabajan por ende se seleccionó un valor de 1.2 y así aplicamos la ecuación 30 para encontrar la carrera del pistón.

$$S = \psi \times D \quad (30)$$

Figura 30: Carrera del pistón.



Fuente: Elaboración propio.

Dónde:

S: Carrera del pistón

ψ : Factor de Bombas funcionando con agua que se especifica en la tabla 1, [1.2].

D: Diámetro del pistón, teniendo como referencia los parameros principales de bomba en la tabla 1 [150mm -15 cm].

$$S = 1.2 \times 15$$

$$S = 18 \text{ cm}$$

Caudal

Se determinará el caudal de la bomba de agua mediante los parámetros siguientes y aplicando la ecuación 31 y así encontrar la velocidad:

$$V = \frac{Q}{0.166 \times A} \quad (31)$$

Dónde:

Q: Caudal de la bomba, [l/min].

V: Velocidad, [m/s].

A: Área del pistón, [176.7 cm² = 0.01767m²].

$$Q = 0.31 \times 0.166 \times 0.01767 \quad (32)$$

$$Q = 0.00909 \frac{m^3}{s}$$

$$Q = 9.09 \frac{l}{s}$$

Tabla 14: Caudal de la bomba de agua.

Descripción	Caudal								
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9
Velocidad del agua del mar (m/s)	0.31	0.38	0.41	0.44	0.46	0.49	0.5	0.54	0.58
Caudal (m3/s)	0.0091	0.0111	0.0120	0.0129	0.0135	0.0144	0.0147	0.0158	0.0170
Caudal (L/s)	9.09	11.15	12.03	12.91	13.49	14.37	14.67	15.84	17.01

Fuente: Elaboración propio.

Área del vástago

Para garantizar que el vástago pueda soportar la fuerza generada por el sistema hidráulico, se procede usar la siguiente ecuación 33 que relaciona la fuerza (F), la presión (P) y el área del vástago (A_v):

$$F = P \times (A_c - A_v) \quad (33)$$

Donde:

F: Fuerza, [N].

P: Presión del sistema, [13122.00 Pa].

A_c : Área del cilindro, [m].

A_v : Área del vástago, [m].

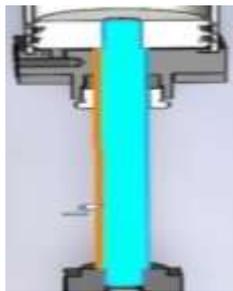
$$F = 13122.00 \times ((2\pi r(r + h)) - (2\pi r(r + h))) \quad (34)$$

$$F = 13122.00 \times ((2\pi \times 0.075(0.075 + 0.50)) - (2\pi 0.050(0.050 + 0.45)))$$

$$F = 17238.92 \text{ N}$$

Para calcular el área del vástago, es necesario conocer su diámetro. En este caso, el diámetro del cilindro es de 15 cm y se ha determinado que un valor adecuado para el diámetro del vástago es 6 cm. Con base en este valor, se ha calculado que el vástago puede soportar una fuerza de aproximadamente 17,238.32 N, lo cual demuestra que tiene una capacidad de resistencia significativamente superior a la fuerza máxima que ejercerá la bomba o boya, que es de 600 N. Con la aplicación de la ecuación 35 Esto confirma que el vástago está dimensionado adecuadamente para las condiciones de operación del sistema.

Figura 31: Área del vástago.



Fuente: Elaboración propio.

$$A_v = \frac{D^2 \times \pi}{4} \quad (35)$$

Hallar el área del vástago es una variable importante para seguir calculando los demás parámetros.

Dónde:

A_v : Área del vástago, [cm²].

D: Diámetro del vástago tiene que ser menor al diámetro del cilindro y mayor a 1/3 por lo cual se calculara con, [6 cm].

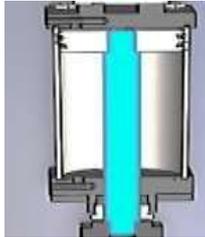
$$A_v = \frac{6^2 \times \pi}{4}$$

$$A_v = 28.27 \text{ cm}^2$$

Área retraída

En la figura 32 se puede observar cómo es un área retraída por ende teniendo en cuenta los valores del área del pistón y el área del vástago mediante la ecuación 36 ahora de calcula el área retraída de la siguiente manera:

Figura 32: Área retraída.



Fuente: Elaboración propio.

$$A_r = A_p - A_v \quad (36)$$

Dónde:

A_r : Área retraída, [cm²].

A_p : Área del pistón, [226.98 cm²].

A_v : Área del vástago, [28.27 cm²].

$$A_r = 226.98 - 28.27$$

$$A_r = 198.71 \text{ cm}^2$$

Fuerza ejercida

Esta fuerza es accionada desde el bastón del pistón la cual se calculará mediante la ecuación 37 mediante la presión de diseño are y coeficiente:

$$F_e = P \times A \times 0.9 \quad (37)$$

Dónde:

F_e : Fuerza ejercida, [Kn].

A: Área del pistón, [226.98 cm²=0.022698 m²].

P: Presión de diseño, [131.22 Kpa = 131220 Pa = 131220 N/m²].

0.9: Coeficiente de rozamiento de juntas móviles del cilindro.

$$F_e = 131220 \times 0.022698 \times 0.9$$

$$F_e = 2680.588 \text{ N} = 2.68 \text{ Kn}$$

Volumen interno de la bomba

Se calcula el volumen interno de un cilindro mediante la ecuación 38 la cual nos ayudara a encontrar el caudal:

$$V = \pi \times r \times c \quad (38)$$

Dónde:

V: Volumen interno de la bomba de agua, [cm³].

r: Radio del pistón, [8.5 cm].

C: Carrera del cilindro, [20.4 cm].

$$V = \pi \times 8.5 \times 20.4$$

$$V = 544.75 \text{ cm}^3$$

Espesor del cilindro

Para calcular el gruesor del cilindro se debe saber el tipo de material el cual se va diseñar la bomba de agua, para ello en la figura 28 se tiene las componentes del acero seleccionado que pueden trabajar bajo el agua salina del mar "ASTM A36", por ende, tiene un límite elástico a la tensión de 250000000 N/m² o 250 Mpa y la resistencia máxima a la tensión con 400000000 o 400 Mpa.

Figura 33: Propiedades mecánicas.

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	2e+11	N/m ²
Coefficiente de Poisson	0.26	N/D
Módulo cortante	7.93e+10	N/m ²
Densidad de masa	7850	kg/m ³
Límite de tracción	400000000	N/m ²
Límite de compresión		N/m ²
Límite elástico	250000000	N/m ²
Coefficiente de expansión térmica		/K
Conductividad térmica		W/(m·K)
Calor específico		J/(kg·K)
Cociente de amortiguamiento del material		N/D

Fuente: Configuración SolidWorks.

$$m = \sqrt{\frac{\sigma_E}{\sigma_E - 2F_S P}} \quad (39)$$

La ecuación 39 es la fórmula general de espesor del cilindro que nos ayudara a encontrar el factor de seguridad.

Dónde:

m : Relación del diámetro exterior del cilindro/diámetro interno del cilindro, [m²].

σ_E : Tensión de fluencia o limite elástico, [250 Mpa].

F_S : Factor de seguridad.

P : Presión inicial o presión de trabajo, [131.22 Kpa = 131220 Pa = 131220 N/m² = 0.13122 Mpa].

- Para encontrar el espesor del cilindro, falta calcular el factor de seguridad lo cual se hará con la ecuación 40:

$$F_S = \frac{\sigma_{ultimo,E}}{\sigma_{trabajo}} \quad (40)$$

Dónde el esfuerzo de trabajo se calcula de la siguiente manera aplicando la ecuación

41:

$$\sigma_T = \frac{F}{A} \quad (41)$$

Dónde:

σ_T : Esfuerzo de trabajo, [Mpa].

F : Fuerza ejercida, [2680.588 N = 2.68 Kn].

A : Área del pistón, [226.98 cm² = 0.02698].

$$\sigma_T = \frac{2.68}{A}$$

$$\sigma_T = 99.33 \text{ Mpa}$$

Ahora teniendo el esfuerzo de trabajo se puede calcular el factor de seguridad:

$$F_s = \frac{250}{99.33}$$

$$F_s = 2.51$$

- Teniendo el resultado del factor de seguridad, se determina el espesor del cilindro resolviendo la ecuación 42:

$$m = \sqrt{\frac{250}{99.33 - 2(2.51)(0.13122)}} \quad (42)$$

$$m = 1.001 \text{ cm}$$

$$m = 0.3940 \text{ in}$$

Límite de resistencia a la fatiga S_e

Los factores que se utilizan para este diseño se realizan con la siguiente ecuación 43 y reemplazando los valores encontrados:

$$S_e = K_a k_b K_c K_d K_e K_f S'_e \quad (43)$$

Dónde:

S_e : Limite de resistencia a la fatiga

K_a : Factor de superficie

k_b : Factor de tamaño

K_c : Factor de carga

K_d : Factor de temperatura

K_e : Factor de efectos diversos

K_f : Factor de concentración tensiones a la fatiga

S'_e : Limite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria

- **Factor de superficie K_a :**

Este factor da a conocer el acabado superficial que tendrá el material con respecto a los diferentes cálculos mediante la ecuación 44 ya establecidos la cual se reemplazará para encontrar este factor la cual depende de su resistencia mínima de rotura y de su superficie.

$$K_a = aS_{ut}^b \quad (44)$$

Figura 34: Datos para el cálculo de factor de superficie [25].

Acabado superficial	$k_a = aS_{ut}^b, \text{LN}(1, C)$		b	Coeficiente de variación, C
	kpsi	MPa		
Esmerilado*	1.34	1.58	-0.086	0.120
Maquinado o laminado en frío	2.67	4.45	-0.265	0.058
Laminado en caliente	14.5	56.1	-0.719	0.110
Como sale de forja	39.8	271	-0.995	0.145

*Debido a la amplia dispersión en los datos de superficie esmerilada, una función alterna es $k_a = 0.878\text{LN}(1, 0.120)$. Nota: S_{ut} en kpsi o MPa.

En la figura 34 se puede observar los acabados superficiales según es procesado el material, para ello se tomó laminado en frío el cual el valor de "a" es 4.45 Mpa y "b" -0.265. Para terminar el cálculo nos falta la resistencia a la tensión del material acero AISI A36 laminado en frío, el cual muestra en la figura 28, da un valor de 400 Mpa.

$$K_a = 4.45 \times 400^{-0.265}$$

$$K_a = 0.909$$

- **Factor de tamaño K_b :**

Este factor está configurado en su manufactura del material la cual es un requisito indispensable para su diseño y así mismo el tipo de carga y a la que se aplicara a la bomba son cargas axiales por el movimiento del vástago con la ecuación 45. Por ende, el factor de tamaño es 1.

$$K_b = 1 \quad (45)$$

- **Factor de carga Kc:**

Para el factor de carga hay tres tipos el cual son por flexión, torsión y axial. En la bomba de agua se destacó por la forma de su trabajo mediante la ecuación 46 y es una carga axial, para ello se obtiene un valor de 0.85.

$$K_c = 0.85 \quad (46)$$

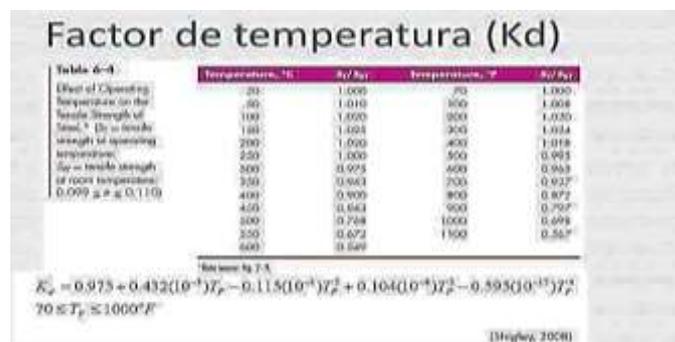
- **Factor de temperatura Kd:**

Para determinar el factor de temperatura K_d se realiza mediante la figura 35 el cual se desarrolla mediante la siguiente ecuación 47:

$$K_d = S_T / S_{RT} \quad (47)$$

$$K_d = 1.000$$

Figura 35: Factor de temperatura [25].



Ya analizando la figura 30, el vástago de la bomba de agua trabajara a temperatura ambiente de 20 °C el cual da un resultado de 1.000.

- **Factor de sensibilidad a la entalla Ke:**

Desde un punto de vista físico, el factor de concentración de tensiones elástico (K_e), donde se presentará un comportamiento debido al material la cual se hará reducir la resistencia de fatiga en el diseño y de los componentes de la maquina la cual es establecida para una vida útil la cual se menciona a continuación en la ecuación 48.

$$K_f = \frac{\text{Resistencia a la fatiga entallado}}{\text{Resistencia a la fatiga entallado}} \quad (48)$$

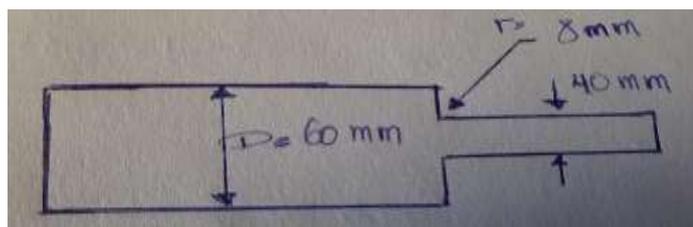
El factor de sensibilidad (K_e) tiene relación con el factor de concentración de tensiones por fatiga (K_f) de la siguiente ecuación 49:

$$K_e = \frac{1}{K_f} \quad (49)$$

Por otro lado, la relación entre el coeficiente de concentración de tensiones elástico lineal (K_t) y el coeficiente de concentración de tensiones a la fatiga (K_f), viene dada a través del llamado factor de sensibilidad a la entalla (q) con la ecuación 50:

$$q = \frac{K_f - 1}{K_t - 1} = \frac{1}{1 + \frac{a}{r}} \quad (50)$$

Figura 36: Forma del vástago al ensamblé de la boya.



Fuente: Elaboración propio

Dónde:

a : Dimensión característico del material, 60 mm.

r : Radio entallado, 8 mm.

$$q = \frac{1}{1 + \frac{60}{8}}$$

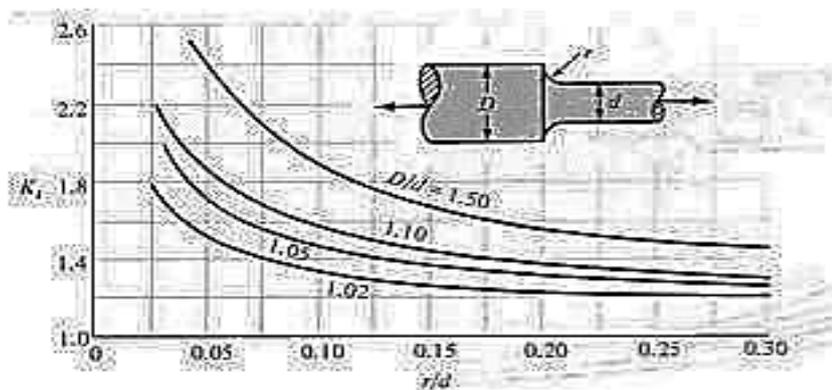
$$q = 0.117$$

Para encontrar el factor de concentraciones de tensiones a la fatiga (K_t y K_{ts}), se tiene datos como los esfuerzos máximos y esfuerzos normales mediante las siguientes ecuaciones 51:

$$K_f = 1 + q(k_t - 1) \quad (51)$$

$$\frac{D}{d} = \frac{60}{40} = 1.34 \quad \frac{r}{d} = \frac{8}{40} = 0.2 \quad K_t = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_o} = 1.6 \quad (52)$$

Figura 37: Barra circular sometido a tensión [25].



Mediante la figura 32 se puede encontrar el factor de concentraciones de tensiones a la fatiga (K_t), para eso se tiene datos como: Diámetro del vástago de 60 mm y el diámetro que estará accionando al vástago-pistón mediante el fluido que es de 40 mm. En la figura resulta un K_t de 1.6.

Para finalizar, el factor de sensibilidad a la entalla (K_e) se calcula como:

$$K_f = 1 + q(k_t - 1)$$

$$K_f = 1 + 0.117(1.6 - 1)$$

$$K_f = 1.0702$$

$$K_e = \frac{1}{K_f}$$

$$K_e = \frac{1}{1.0702}$$

$$K_e = 0.934$$

- **Límite de resistencia a la fatiga en viga rotatorio S'_e :**

Para calcular la resistencia a la fatiga teórica del material ASTM A36 se tiene datos mediante la figura 33, el cual tenemos una resistencia máxima a la tensión de 400 Mpa mediante la ecuación 53:

$$S'_e = 0.5 \times S_u \quad (53)$$

$$S'_e = 0.5 \times 400$$

$$S'_e = 200 \text{ Mpa}$$

Por lo tanto, obteniendo todos los factores anteriores, se puede obtener el resultado de la resistencia a la fatiga (S_e):

$$S_e = K_a k_b K_c K_d K_e K_f S'_e$$

$$S'_e = 0.909 \times 1 \times 0.85 \times 1.000 \times 0.934 \times 1.0702 \times 200$$

$$S'_e = 154.46 \text{ Mpa}$$

- **Factor de seguridad por fatiga con el método de soderberg nf:**

Teniendo análisis el DCL podemos deducir que las únicas fuerzas que afectan al pistón son fuerzas del peso de la boya, así como la presión del mar teniendo como referencia la fuerza del vástago que tiene un total como 17.23892 kN y diámetro de 0.06m aplicando las ecuaciones 54, 55, 56 y 57, un área de 0.002826m², con 250 Mpa por material y un $S'_e = 154.46 \text{ Mpa}$

$$\sigma_a = \frac{F}{A} \quad (54)$$

$$\sigma_a = \frac{17\,238.92}{0.002826}$$

$$\sigma_a = 6100113.23 \text{ PA}$$

$$\sigma_a = 6100.11323 \text{ MPA}$$

$$\tau_a = 0 \quad (55)$$

$$\tau' = \sqrt{6100.11323 + 3(0)} \quad (56)$$

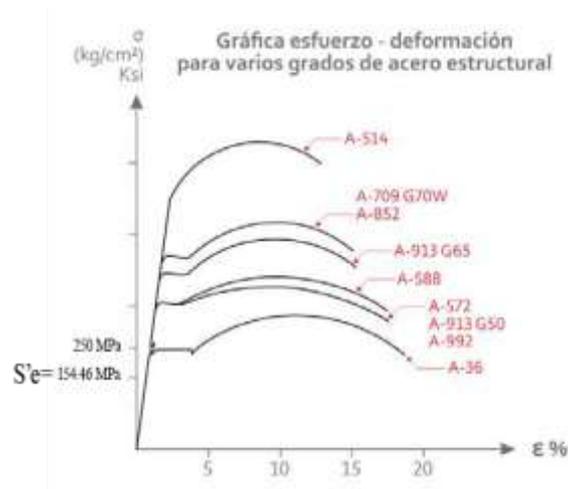
$$\tau' = 78.1032$$

$$nf = \frac{1}{\frac{\tau'}{S_{e\tau}} + \frac{\sigma_m}{S_y}} \quad (57)$$

$$nf = \frac{1}{\frac{78.1032}{154.46} + \frac{0}{250}}$$

$$nf = 1.9776$$

Figura 38: Diagrama de factor de seguridad.



El diagrama de esfuerzos y deformación de los aceros y en este caso el A-36 no sirve para identificar la zona elástica, plástica y ruptura lo cual nos ayuda ver que el esfuerzo de diseño no pase a la zona plástica como se muestra en la figura 38.

Pandeo

El pandeo es un fenómeno que ocurre en elementos estructurales, como cilindros, cuando están sometidos a cargas de compresión lateral. Este fenómeno puede ocurrir cuando la carga aplicada supera cierto umbral crítico y lleva a una pérdida de estabilidad, resultando en una deformación lateral incontrolada. La teoría de Euler es una aproximación clásica utilizada para analizar el pandeo de columnas delgadas sometidas a cargas axiales de

compresión. Según la teoría de Euler, la carga crítica de pandeo, para una columna mediante la siguiente ecuación 58:

$$F_k = \frac{\pi^2 I E}{L_i^2 S} \quad (58)$$

Dónde:

F_k : Carga total que se someterá a rotura, [N].

I : Momento de inercia mínimo para secciones transversales circulares, [cm⁴].

E : Módulo de elasticidad del material empleado acero ASTM A36 de la figura 33, [2e + 11 N/m²].

L_i : Longitud virtual sometida a pandeo, carrera [20.4 cm].

S : Factor de seguridad el cual se encontró en la fórmula 40, [2.51].

Figura 39: Propiedades mecánicas de materiales [26].

MATERIAL	Modulo elasticid. E (Gpa)	Modulo Rigidez G (GPa)	relación de Poisson
Aluminio	71	26.2	0.334
Cobre al berilo	124	48.3	0.285
Latón	106	40.1	0.324
Acero común	207	79.3	0.292
Hierro colado (gris)	100	41.4	0.211
Cobre	119	44.7	0.326
madera (abeto)	11	4.1	0.33
vidrio	46.2	18.6	0.245
Inconel	214	75.8	0.29
plomo	36.5	13.1	0.425
acero al niquel	207	79.3	0.291
bronce fosforado	111	41.4	0.349
acero inoxidable	190	73.1	0.305
Acero para resortes	207		

1 GPa = 1000 MPa = 145 000 psi = 10 200 Kg/cm²

Para comenzar a calcular el pandeo de vástago y la varilla que irá afuera de la bomba de agua, se necesita saber el diámetro para calcular ello y es 40 mm o 4 cm, para determinar el momento de inercia del mismo eje con la ecuación 59:

$$I = \frac{d^2 \pi}{64} \quad (59)$$

$$I = \frac{0.4^2 \pi}{64}$$

$$I = 0.196 \text{ cm}^4$$

Ahora se puede calcular el pandeo el cual indica cuanta fuerza puede soportar o no pasar dicho límite:

$$F_k = \frac{\pi^2 \times 0.196 \times (1.9 \times 10^6)}{20.4 \times 2.51}$$

$$F_k = 71780.34 \text{ N} = 71.78 \text{ KN}$$

Cálculos para la turbina Pelton

Para comenzar con el cálculo en la turbina se debe tener en cuenta los caudales que maneja la bomba de agua, se muestra en la tabla 13 y 14, y la altura el cuál va ser la caída del fluido mediante un tubo/inyector para ello se muestra en la figura 40.

Figura 40: Sistema de aprovechamiento undimotriz para generar energía eléctrica.

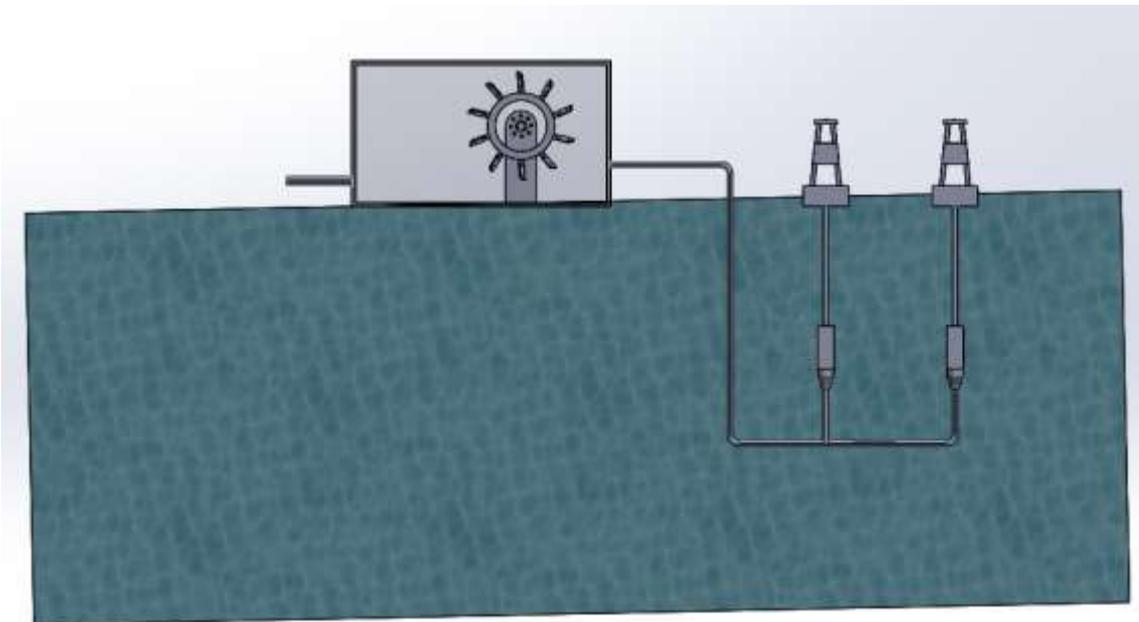
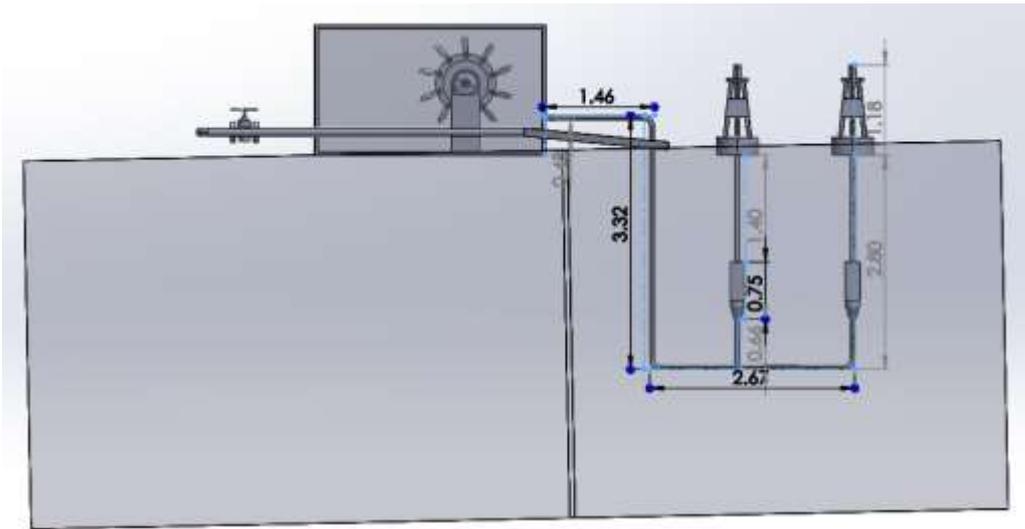


Figura 41: Sistema de aprovechamiento undimotriz para generar energía eléctrica.



Fuente: Elaboración propio.

- **Cálculo de la altura neta**

$$\frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{V_1}{2 \cdot g} + h_1 = \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{V_2}{2 \cdot g} + h_2 + h_s + h_p \quad (60)$$

Despejando "H₂"

$$h_2 = \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{V_1}{2 \cdot g} + h_1 + \left(\frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{V_2}{2 \cdot g} \right) + h_s + h_p \quad (61)$$

Mediante la ecuación 60 que es la ecuación modificada de Bernoulli y en la ecuación 61 se despeja el h₂ que es la altura que se necesita para realizar el choro.

Donde:

H₂: Altura neta, [m].

P₁: Presión a la entrada del fluido, [0 Pa].

P₂: Presión a la salida del fluido, [131220 Pa].

ρ: Densidad del fluido, [1027 Kg/m³]

g: Gravedad, [9.81 m/s²].

h₁: Altura de la boquilla de la salida del fluido a la turbina, [0.5 m].

V_1 : Velocidad del fluido a la entrada de la bomba de agua, [0 m/s²].

Para el cálculo de la velocidad del fluido, utilizaremos el dato conocido que se proporciona en la tabla 14 mediante la ecuación 62, que es el caudal.

$$V = \frac{Q}{A} \quad (62)$$

Donde:

V_2 : Velocidad del fluido a la salida de la bomba de agua, [m/s²].

Q : Caudal, [m³/s]

A : Área de la tubería, [$\pi \times r^2 = \pi \times 0.0127^2 = 0.00050 \text{ m}^2$].

$$V = \frac{0.01168}{0.00050}$$

$$V = 23.29 \text{ m/s}$$

Tabla 15: Velocidad del fluido entrada y salida.

Velocidad del fluido entrada y salida.									
Caudal (m ³ /s)	0.01168	0.01431	0.01544	0.01657	0.01733	0.01846	0.01883	0.02034	0.02185
Velocidad del fluido (m/s)	23.29	28.62	30.88	33.14	34.66	36.92	37.66	40.68	43.7

Fuente: Elaboración propio.

Teniendo la velocidad del fluido con la que sale el agua del mar de la bomba mediante los diferentes caudales pronosticados y el área de la tubería que es de 1" que traslado hacia el otro punto de salida obtenemos las diferentes velocidades, la cual se escoge la menor de 23.36 para cálculos.

- Calculamos el número de Reynolds

Teniendo el número de Reynolds podemos identificar el tipo de fluido si es laminar transición o turbulento mediante los siguientes parámetros Laminar $Nr < 2000$, Transición $2000 < Nr < 4000$ y Turbulento $Nr > 4000$ mediante la ecuación 63.

Figura 42: Propiedades de fluidos.

Tabla B.1: Unidades del SI [101 kPa (abs) y 25 °C].

	Gravedad específica γ	Peso específico γ (kN/m ³)	Densidad ρ (kg/m ³)	Viscosidad dinámica η (Pa·s)	Viscosidad cinemática ν (m ² /s)
Acetona	0.787	7.72	787	3.16×10^{-4}	4.02×10^{-7}
Alcohol, etílico	0.787	7.72	787	1.00×10^{-3}	1.27×10^{-6}
Alcohol, metílico	0.789	7.74	789	5.60×10^{-4}	7.10×10^{-7}
Alcohol, propílico	0.802	7.87	802	1.92×10^{-3}	2.39×10^{-6}
Amoniaco hidratado (25%)	0.910	8.93	910	—	—
Benceno	0.876	8.59	876	6.03×10^{-4}	6.88×10^{-7}
Tetracloruro de carbono	1.590	15.60	1 590	9.10×10^{-4}	5.72×10^{-7}
Acete de ricino	0.960	9.42	960	6.51×10^{-1}	6.78×10^{-4}
Etilenglicol	1.100	10.79	1 100	1.62×10^{-2}	1.47×10^{-5}
Gasolina	0.68	6.67	680	2.87×10^{-4}	4.22×10^{-7}
Glicerina	1.258	12.34	1 258	9.60×10^{-1}	7.63×10^{-4}
Queroseno	0.823	8.07	823	1.64×10^{-3}	1.99×10^{-6}
Acete de linaza	0.930	9.12	930	3.31×10^{-2}	3.56×10^{-5}
Mercurio	13.54	132.8	13 540	1.53×10^{-1}	1.13×10^{-7}
Propano	0.495	4.86	495	1.10×10^{-4}	2.22×10^{-7}
Agu de mar	1.030	10.10	1 030	1.03×10^{-3}	1.00×10^{-6}
Agua	0.870	8.53	870	1.37×10^{-3}	1.57×10^{-6}
Combustible, medio	0.852	8.36	852	2.99×10^{-3}	3.51×10^{-6}
Combustible, pesado	0.906	8.89	906	1.07×10^{-1}	1.18×10^{-4}

$$N_R = \frac{\tilde{v} x D x \rho}{\mu} \tag{63}$$

\tilde{v} : velocidad (23.29 m/s)

D : Diámetro de tubería (0.0254 m)

ρ : Densidad (1030 kg/m³)

μ : Viscosidad (1.03×10^{-3} kg/m*s)

$$N_R = \frac{23.36 \frac{m}{s} x 0.0254m x 1030 \frac{kg}{m^3}}{1.03x10^{-3} \frac{kg}{m.s}}$$

$$N_R = 593344$$

Numero de reinos Turbulento $Nr > 4000$

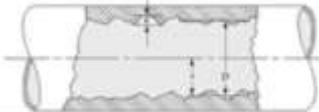
➤ Hallamos H_p

hallamos el coeficiente de fricción mediante la ecuación 64 para después encontrar h_p que es las pérdidas de altura mayores en la ecuación 65.

Figura 43: Diagrama de Moody.

Richard Trujano

DIAGRAMA DE MOODY



VALORES DE DISEÑO DE RUGOSIDAD DE TUBOS "E"

Material	Rugosidad ϵ (m)	Rugosidad ϵ (pie)
Vidrio	Liso	Liso
Plástico	3.0×10^{-7}	1.0×10^{-6}
Tubo extruido; cobre, latón y acero	1.5×10^{-6}	5.0×10^{-6}
Acero, comercial o soldado	4.6×10^{-5}	1.5×10^{-4}
Hierro galvanizado	1.5×10^{-4}	5.0×10^{-4}
Hierro dúctil, recubierto	1.2×10^{-4}	4.0×10^{-4}
Hierro dúctil, no recubierto	2.4×10^{-4}	8.0×10^{-4}
Concreto, bien fabricado	1.2×10^{-4}	4.0×10^{-4}
Acero remachado	1.8×10^{-3}	6.0×10^{-3}

Rugosidad Relativa $e = \frac{D}{\epsilon}$

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{1}{3.7 \times \frac{D}{\epsilon}} + \frac{5.74}{NR^{0.9}} \right) \right]^2} \quad (64)$$

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{1}{3.7 \times \frac{0.0254}{3.0 \times 10^{-7}}} + \frac{5.74}{593344^{0.9}} \right) \right]^2}$$

$$f = 0.012909$$

$$h_p = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} \quad (65)$$

$$h_p = 0.012909 \times \frac{9}{0.0254} \times \frac{23.36^2}{2 \times 9.8}$$

$$h_p = 127.217$$

L : Longitud de tubería (9 m)

➤ Hallamos H_s

Para las pérdidas menores contamos con 3 codos de 90° y una T para ello se utilizará la siguiente ecuación 66 con el siguiente cuadro para hallar el coeficiente KI, para después sumarlos en la ecuación 67.

Figura 44: Coeficiente de pérdidas en tuberías.

Coeficientes de pérdida para componentes de tubería $(h_L = K_L \frac{V^2}{2g})$

Component	K_L	
a. TUBOS ACODADOS		
Regular de 90°, embridado	0.3	
Regular de 90°, roscado	1.5	
De 90° con gran radio, embridado	0.2	
De 90° con gran radio, roscado	0.7	
De 45° con gran radio, embridado	0.2	
Regular de 45°, roscado	0.4	
b. CODOS DE 180°		
Codo de 180°, embridado	0.2	
Codo de 180°, roscado	1.5	
c. CONEXIONES EN T		
Flujo de línea, embridado	0.2	
Flujo de línea, roscado	0.9	
Flujo derivado, embridado	1.0	
Flujo derivado, roscado	2.0	
d. UNION ROSCADA		
	0.08	
e. VALVULAS		
De globo, completamente abierta	18	
De ángulo, completamente abierta	2	
De compuerta, completamente abierta	0,15	
De compuerta, 1/4 cerrada	0,26	
De compuerta, 1/2 cerrada	2,1	
De compuerta, 3/4 cerrada	17	
De retención a bisagra, flujo hacia adelante	2	
De retención a bisagra, flujo hacia atrás	infinito	
De bola, completamene abierta	0,05	
De bola, 1/3 cerrada	5,5	
De bola, 2/3 cerrada	2,15	

Calculamos las pérdidas en los codos de 90°

$$h_{sc} = k x \frac{v_p^2}{2g} \quad (66)$$

$$h_{sc} = 0.3 x \frac{23.36^2}{2x9.81}$$

$$h_{sc} = 8.3438$$

Calculamos las pérdidas en T

$$h_{st} = 0.2 x \frac{23.36^2}{2x9.81}$$

$$h_{st} = 5.5625$$

$$h_s = 3h_{sc} + h_{st} \quad (67)$$

$$h_s = 3 \times 8.3438 + 5.5625$$

$$h_s = 30.5939$$

Ahora teniendo los datos necesarios se procede a reemplazar en la siguiente formula:

$$h_2 = 0 + 0 + 0.5 + \left(\frac{131220}{1027 \times 9.81} + \frac{23.36}{2 \times 9.81} \right) + 127.217 + 30.5939$$

$$h_2 = 172.53 \text{ m}$$

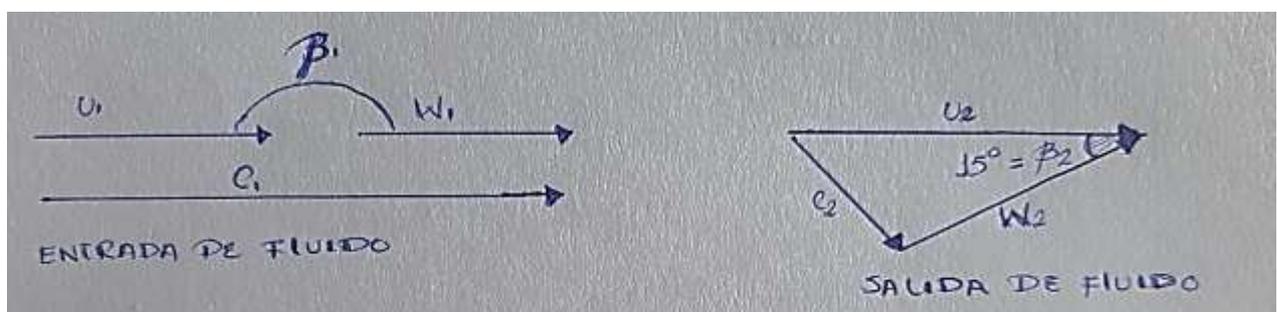
Tabla 16: Altura neta.

	Altura neta								
Velocidad del fluido (m/s)	23.29	28.62	30.88	33.14	34.66	36.92	37.66	40.68	43.7
Altura neta (m)	172.53	172.79	172.91	173.02	173.10	173.22	173.25	173.41	173.56

Fuente: Elaboración propio.

Con las diferentes velocidades se halló las alturas con el que el sistema puede funcionar y para efecto de cálculo se tomara la altura menor que es 172.53 y un máximo de 173.56.

Figura 45: Triángulo de velocidades entrada y salida del fluido.



Fuente: Elaboración propio.

- **Velocidad del álabe en la entrada**

$$u_1 = 0.45\sqrt{2gH} \quad (68)$$

En la ecuación 68 es la velocidad de alabe de la entrada del fluido mediante la gravedad y la altura.

Donde:

u_1 : Velocidad del alabe a la entrada del fluido, [m/s].

g : Gravedad, [9.81 m/s²].

H : Altura neta, [m].

$$u_1 = 0.45\sqrt{2 \times 9.81 \times 172.53}$$

$$u_1 = 26.18 \text{ m/s}$$

Tabla 17: Velocidad del alabe a la entrada del fluido.

Velocidad del alabe a la entrada del fluido U_x									
Descripción	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Altura neta (m)	172.53	172.71	172.91	173.02	173.10	173.20	173.25	173.41	173.56
Velocidad del alabe a la entrada(m/s)	26.18	26.20	26.21	26.22	26.22	26.23	26.24	26.25	26.26

Fuente: Elaboración propio.

Con las diferentes alturas del sistema se consigue las diferentes velocidades del alabe al ingresar, por factores de cálculo se escogerá la menor de ellas de 26.18 y un mayor de 26.26.

- **Velocidad del álabe Pelton**

$$u_1 = u_2 = u = 26.18 \text{ m/s} \quad (69)$$

- **Velocidad absoluta del fluido en la entrada**

$$c_1 = 0.97\sqrt{2gH} \quad (70)$$

La ecuación 69 es el resultado de la velocidad de alabe, mientras que la ecuación 70 es la velocidad absoluta de entrada del fluido.

Donde:

c_1 : Velocidad absoluta del fluido a la entrada, [m/s].

g : Gravedad, [9.81 m/s²].

H : Altura neta, [m].

$$c_1 = 0.97\sqrt{2 \times 9.81 \times 172.53}$$

$$c_1 = 56.43 \text{ m/s}$$

Tabla 18: Velocidad absoluta "C_x".

Descripción	Velocidad absoluta C _x								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Altura neta (m)	172.53	172.79	172.91	173.02	173.10	173.22	173.25	173.41	173.56
Velocidad absoluta de la entrada (m/s)	56.43	56.48	56.50	56.52	56.53	56.55	56.55	56.58	56.60

Fuente: Elaboración propio.

Con las diferentes alturas del sistema se consigue las diferentes velocidades absolutas de la entrada, por factores de cálculo se escogerá la menor de ellas que es de 56.43 y un máximo de 56.60.

- **Velocidad absoluta del fluido w_1**

$$w_1 = c_1 - u \tag{71}$$

En la ecuación 71 es la velocidad absoluta del fluido mediante la velocidad de entrada y velocidad de alabe.

Donde:

w_1 : Velocidad absoluta del fluido, [m/s].

c_1 : Velocidad absoluta del fluido de la entrada, [m/s].

u_1 : Velocidad del alabe a la entrada del fluido, [m/s].

$$w_1 = 56.43 - 26.18$$

$$w_1 = 30.25$$

Tabla 19: Velocidad absoluta “ W_1 ”.

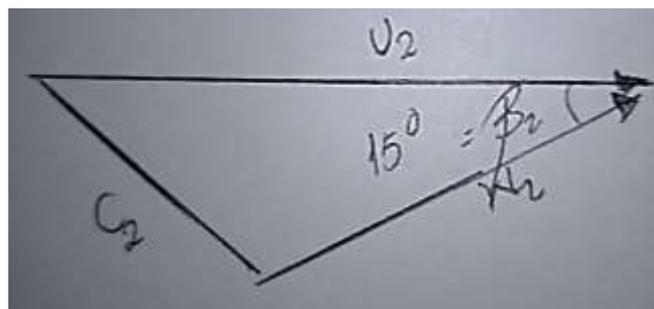
Descripción	Velocidad absoluta W_1								
	1	1	1	1	1	1	1	1	1
C_x Velocidad absoluta de la entrada (m/s)	56.43	56.48	56.50	56.52	56.53	56.55	56.55	56.58	56.60
U_x Velocidad del alabe a la entrada (m/s)	26.18	26.20	26.21	26.22	26.22	26.23	26.24	26.25	26.26
W_1 Velocidad absoluta (m/s)	30.25	30.28	30.29	30.30	30.30	30.31	30.32	30.33	30.34

Fuente: Elaboración propio.

Hallamos la velocidad absoluta, por factores de cálculo se escogerá la menor de ellas que es 30.25 y un máximo de 30.34.

- c_2 y w_2

Figura 46: Triángulo de Velocidad salida del fluido.



Fuente: Elaboración propio.

Con las siguientes ecuaciones 72 las cuales son necesarias para encontrar las velocidades de salida del fluido

$$\begin{aligned} \tan \beta_2 &= \frac{c_2}{u} & \sin \beta_2 &= \frac{c_2}{w} \\ c_2 &= \tan \beta_2 \times u & w_2 &= \frac{c_2}{\sin \beta_2} \\ c_2 &= \tan 15 \times 26.18 & & \\ c_2 &= 7.02 \text{ m/s} & w_2 &= \frac{7.02}{\sin 15} \\ & & w_2 &= 27.10 \text{ m/s} \end{aligned} \quad (72)$$

Tabla 20: Velocidad salida del fluido.

Descripción	Velocidad salida del fluido								
	2	2	2	2	2	2	2	2	2
$U_1=U_2$ Velocidad del alabe a la entrada (m/s)	26.18	26.20	26.21	26.22	26.22	26.23	26.24	26.25	26.26
C_2 Velocidad absoluta de la entrada (m/s)	7.02	7.02	7.02	7.03	7.03	7.03	7.03	7.03	7.04
W_2 Velocidad absoluta (m/s)	27.10	27.13	27.13	27.14	27.15	27.16	27.16	27.17	27.19

Fuente: Elaboración propio.

Con las diferentes velocidades del alabe de entrada hallamos la velocidad absoluta de entrada y con eso la velocidad absoluta, por factores de cálculo se escogerá la menor de ellas que es de 27.10 y un máximo de 27.19.

- **Fuerza ejercida por el chorro**

$$F = Qd(w_{1u} - w_{2u}) \quad (73)$$

Con la ecuación 73 que es para encontrar la fuerza del chorro mediante el caudal

Dónde:

F : Fuerza ejercida por el chorro, [N].

Q : Caudal que será impulsada en el rodete, [Tabla 15 m^3/s].

d : Densidad del agua mar, [$1027 \text{ kg}/m^3$].

$w_{1u} = w_1$: Velocidad absoluta, [Tabla 20 m/s].

Para el calculo w_{2u} se toma datos de la tabla 19 y se calcula de la siguiente manera:

$$w_{2u} = w_2 \times \cos B_2$$

$$w_{2u} = 27.10 \times \cos 15$$

$$w_{2u} = 26.18 \text{ m/s}$$

Tabla 21: Datos recolectados.

Datos recolectados									
Q Caudal (m^3/s)	0.0116 8	0.0143 1	0.0154 4	0.0165 7	0.0173 3	0.0184 6	0.0188 3	0.0203 4	0.0218 5
$W_1=W_{1u}$ Velocidad absoluta (m/s)	30.25	30.28	30.29	30.30	30.30	30.31	30.32	30.33	30.34
W_2 Velocidad absoluta (m/s)	27.10	27.13	27.13	27.14	27.15	27.16	27.16	27.17	27.19
W_{2u} (m/s)	26.18	26.20	26.21	26.22	26.22	26.23	26.24	26.25	26.26

Fuente: Elaboración propio.

Con las velocidades y caudal se calcula la Velocidad absoluta modifica, por medios de cálculos se tomará la menor medida que es de 26.18 y un máximo de 26.26.

Ya teniendo todos los datos en la tabla 20, se puede calcular la fuerza ejercida por el chorro de la siguiente forma:

$$F = Qd(w_{1u} - w_{2u})$$

$$F = 0.01168 \times 1027(30.25 - 26.18)$$

$$F = 48.85 \text{ N}$$

- **Potencia mecánica**

Con la fuerza de chorro y su velocidad de salida podemos hallar la potencia mecánica que puede generar ese chorro de agua mediante la siguiente ecuación 74.

$$P = F \times V \quad (74)$$

$$P = 48.85 \times 23.29$$

$$P = 1141.20 \text{ W}$$

- **Velocidad de rotación**

Para hallar la velocidad de rotación que provoca la fuerza del chorro de agua lo expresaremos en velocidad angular ω y el radio de giro que es de 0.40, con la siguiente ecuación 75.

$$\omega = \frac{V}{r} \quad (75)$$

$$\omega = \frac{23.29}{0.40}$$

$$\omega = 58.40 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

- **Torque**

Teniendo la fuerza de chorro y el radio de giro que lo provoca podemos encontrar el torque que se genera con la fuerza del giro multiplicado con el seno del Angulo con el cual impacta el chorro a los alabes que en este caso es de 90° , mediante la siguiente ecuación 76.

$$T = F \times r \times \sin \alpha \quad (76)$$

$$T = 48.85 \times 0.40 \times \sin 90$$

$$T = 19.54 Nm$$

Tabla 22: Fuerza ejercida del chorro.

Datos recolectados									
Fuerza ejercida (N)	48.85	59.90	64.65	69.41	72.61	77.37	78.92	85.29	91.66
Potencia Mecánica (W)	1141.20	1714.32	1996.42	2300.10	2516.50	2856.32	2972.29	3469.65	4005.71
Velocidad de Rotación (rad/s)	58.40	71.55	77.20	82.85	86.65	92.30	94.15	101.70	109.25
Torque (Nm)	19.54	23.96	25.86	27.76	29.04	30.95	31.57	34.12	36.67

Fuente: Elaboración propio.

Con las velocidades absolutas y la modificada en conjunto con el caudal y densidad hallamos la fuerza ejercida por el chorro con un valor menor de 48.85 y un máximo de 91.66, así mismo hallamos la potencia mecánica con valor mínimo de 1141.2W y máximo de 4005.7W velocidad de giro con valor mínimo de 58.40 rad/s y máximo de 109.25 rad/s y el torque que genera con valor mínimo de 19.54 Nm y máximo de 36.67 Nm

- **Máxima de Manda de la comunidad**

Cerca del lugar donde se instalará el sistema mencionado se encuentra alrededor de 10 familias de bajos recursos los cuales se detalla su demanda de las 10 familias

Tabla 23: Demanda máxima.

N° Familia :	10
--------------	----

CUADRO DE CARGAS TG			
DESCRIPCION	POTENCIA INSTALADA (W)	FACTOR DE DEMANDA (F.D)	MAXIMA DEMANDA (W)
(i) ALUMBRADO			2000
Familia promedio (10)	2000	1	2000
(ii) TOMACORRIENTES			800
Familia promedio (10)	1000	0.8	800
(iii) CARGAS ADICIONALES			1500
Iluminacion Exterior	500	0.8	400
TV w (10)	500	0.8	400
Frigobar (10)	700	1	700
TOTAL	4700		4300

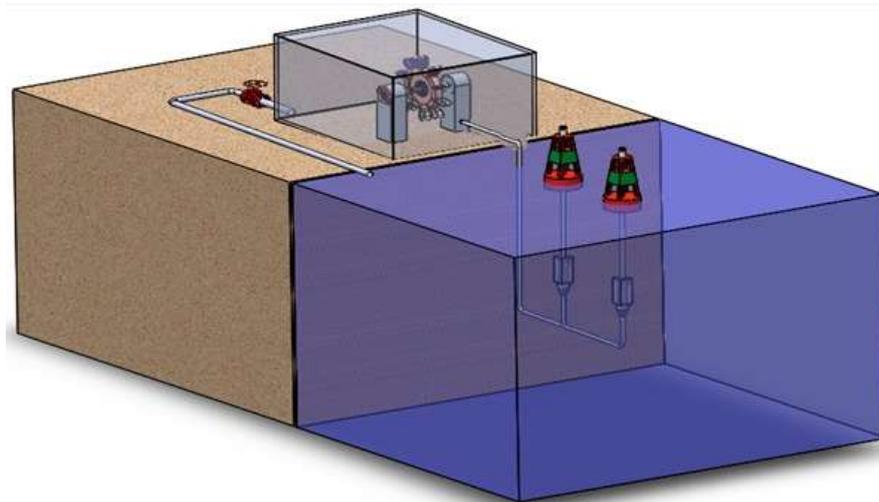
MAXIMA DEMANDA	FACTOR DE SIMULTANIEDAD (F.S)	POTENCIA A CONTRATAR (KW)
4300	0.8	3.44

Fuente: Elaboración propio.

Evaluar mediante un análisis CFD y estático, los mecanismos del sistema de aprovechamiento de energía undimotriz y componentes

La figura 47 muestra el diseño mecánico de un sistema de aprovechamiento de energía undimotriz que será sometida a la simulación mediante el software SolidWorks. Este análisis está dirigido a evaluar el comportamiento de la estructura bajo cargas externas. El proceso incluye modelado en 3D, asignación de propiedades de material, aplicación de restricciones y cargas, ejecución del análisis estático, revisión de resultados para garantizar un rendimiento seguro y eficiente. Este enfoque proporciona información valiosa sobre la integridad estructural, permitiendo iterar en el diseño según sea necesario.

Figura 47: Sistema de aprovechamiento undimotriz para generar energía undimotriz.

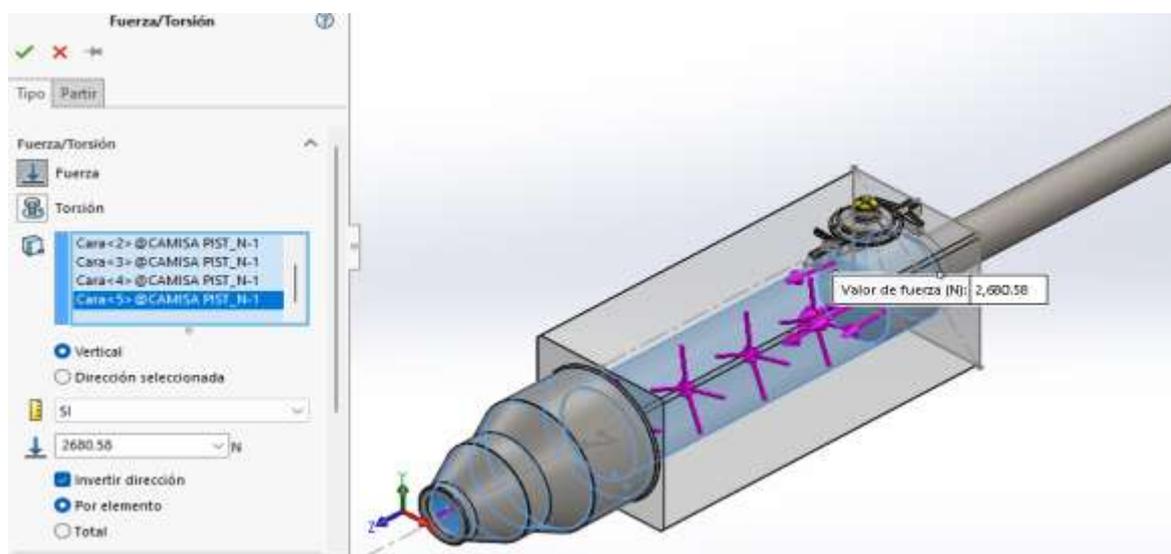


Fuente: Elaboración propio.

Análisis estático estructural del sistema de bombeo

Para comenzar con el análisis estático se debe tener en cuenta el tipo de material el cual será aplicado el sistema de bombeo, el cual es acero “ASTM A36”. También la fuerza ejercida del pistón en la bomba es de 2680.58 N o 2.68 Kn, tal como se muestra en la figura 48.

Figura 48: Configuración de análisis estático “sistema de bombeo”.

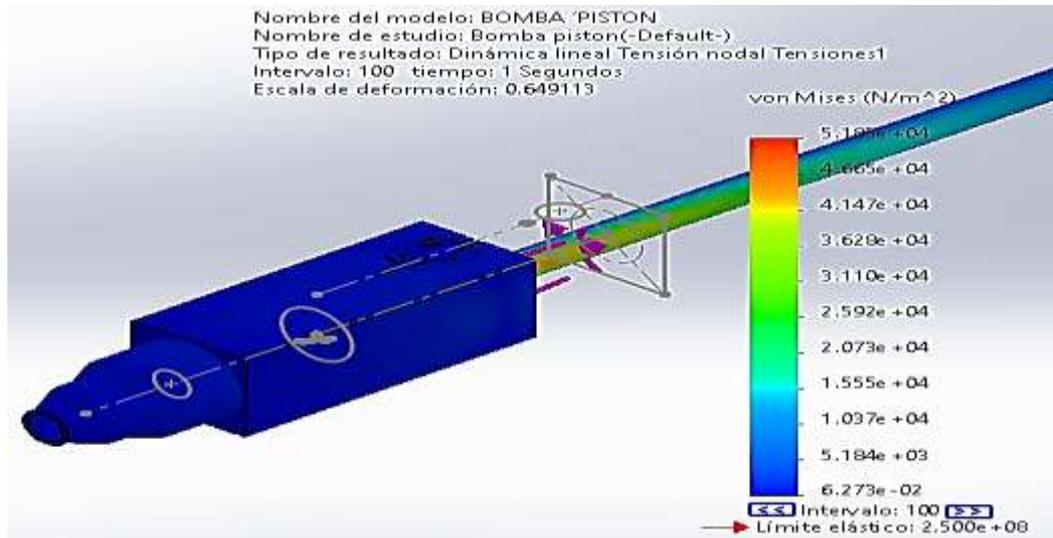


Fuente: Elaboración propio.

La figura 49 muestra la simulación del análisis estático de tensión por nodos en el sistema de bombeo. Esto se realiza por medio Von Mises que incluye el software

SOLIDWORKS y comprende valores desde $6.273 \times 10^{-02} \text{ N/m}^2$ hasta $5.193 \times 10^{04} \text{ N/m}^2$, en la verificación de datos se puede observar el vástago que hay mayor presión generada por la fuerza del vástago/cilindro – pistón.4

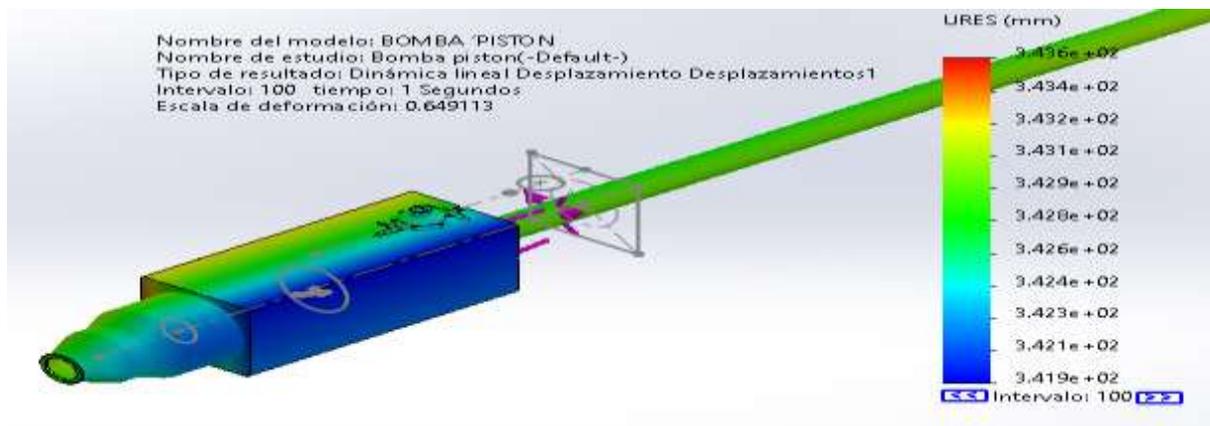
Figura 49: Análisis tensión nodal “sistema de bombeo”.



Fuente: Elaboración propio.

En la figura 50, el área de mayor desplazamiento (URES, estudio de resistencia y elasticidad de materiales) es $3.429 \times 10^{02} \text{ mm}$ se muestra en la figura el cual indica poco problema con el diseño. Para ello es según el material la cual será sometida, el cual es acero ASTM36.

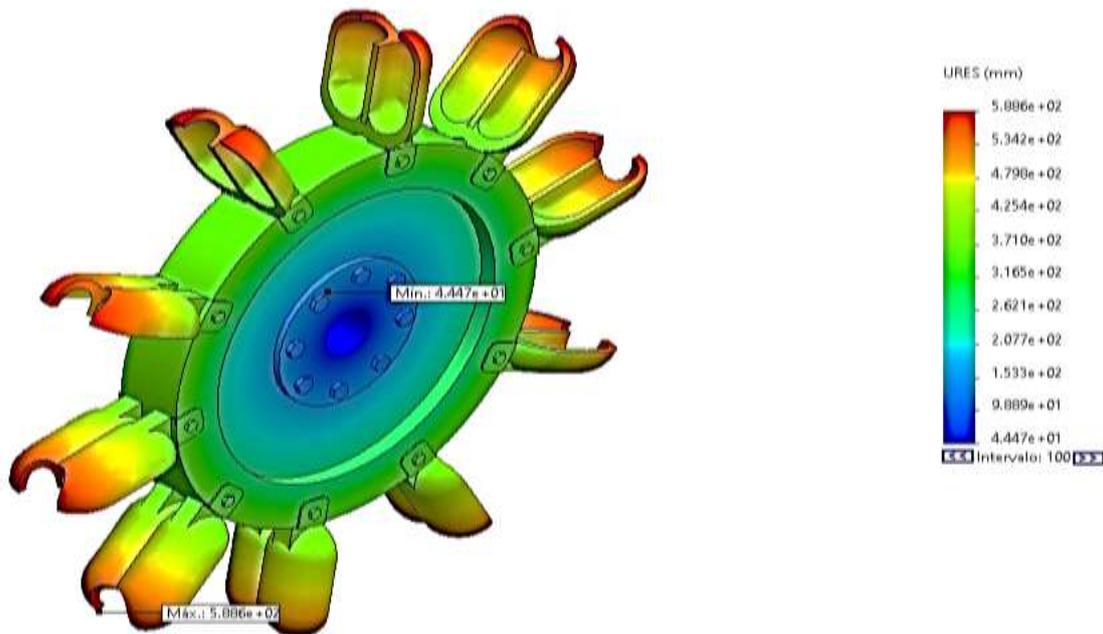
Figura 50: Estudio de resistencia y elasticidad de materiales URES.



Fuente: Elaboración propio.

En la figura 53, el área de mayor desplazamiento (URES, estudio de resistencia y elasticidad de materiales) con valores mínimo de $4.447e+01$ mm y máximo de $5.886e+02$ mm, se muestra en la figura el cual indica problema en los alabes con el impacto del fluido. Para ello es según el material la cual será sometida, el cual es acero ASTMA36.

Figura 53: Estudio de resistencia y elasticidad de materiales URES.

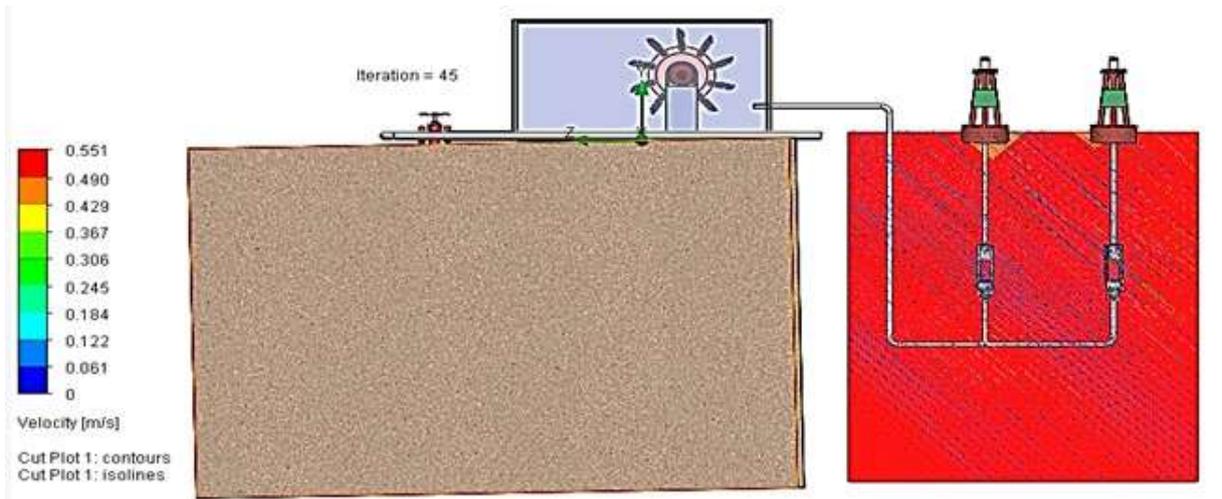


Fuente: Elaboración propio.

Análisis del estado fluidodinámico

Tomando el dato de la velocidad del agua del mar tabla 11 donde nos menciona que la velocidad mínima es de 0.31 m/s y máxima de 0.58 m/s, se realizó la simulación en el Software en el punto de la bomba hidráulica que se encuentra sumergido en el mar, se tiene en cuenta solamente el sistema de bombeo tal y cual se muestra la figura 54. Y se puede apreciar que las velocidades se aproximan a los datos de la tabla 11.

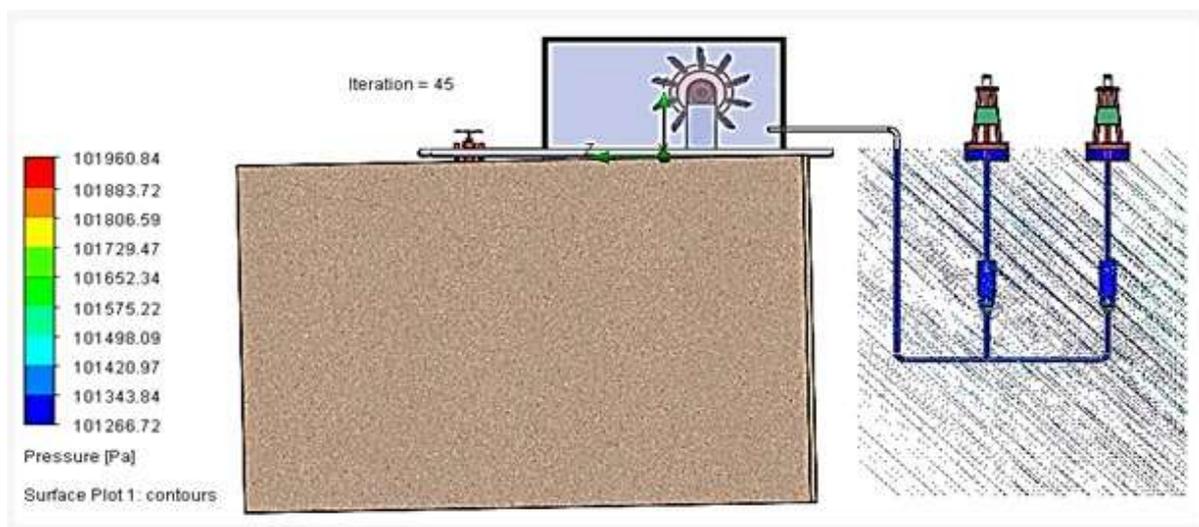
Figura 54: Modelo fluidodinámico del sistema de bombeo.



Fuente: Elaboración propio.

La figura 55 muestra las presiones generadas por el fluido al interactuar con el sistema de bombeo. Es importante destacar que las presiones ejercidas sobre el mecanismo son bastante bajas. Como resultado promedio de estas presiones, se obtiene un valor de 101266.72 Pa. Donde el punto más bajo se encuentra en debajo de la boya o flotador y la presión más alta se encuentra en el punto más profundo del sistema de tuberías. Con los datos de la tabla 13 nos menciona una presión de 131.22 KPa de los parámetros generales siendo esta mayor a 101.26 KPa lo que nos indica que el sistema resistiría a las condiciones establecidas.

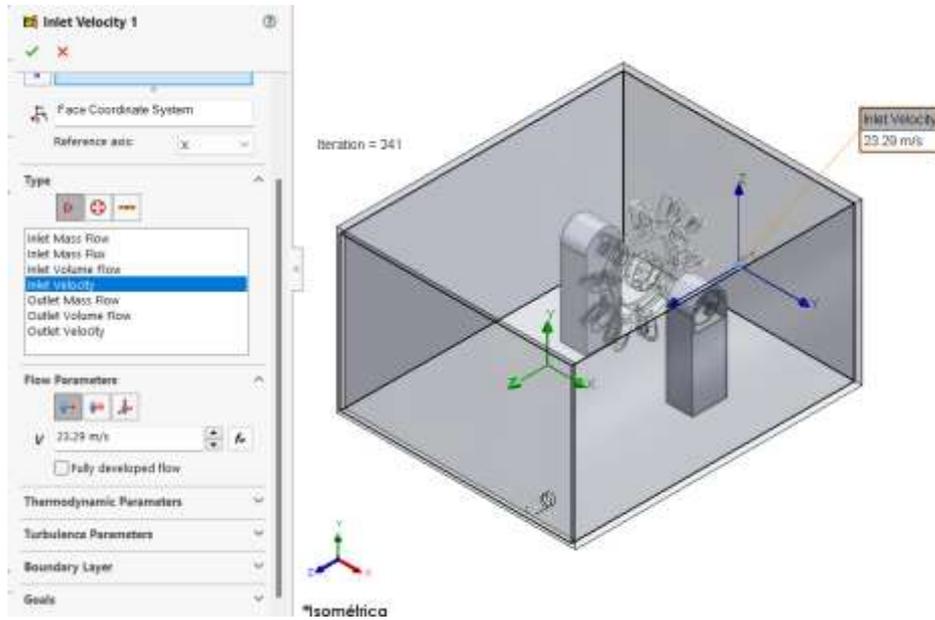
Figura 55: Modelo fluidodinámico en el sistema de bombeo.



Fuente: Elaboración propio.

De acuerdo a la tabla 15 se tiene valores de la velocidad del agua en la salida de la tobera de 23.29 m/s. De los cuales son útiles para la simulación de la turbina y encontrar la potencia necesaria del mismo, para ello se muestra en la figura 56 la configuración.

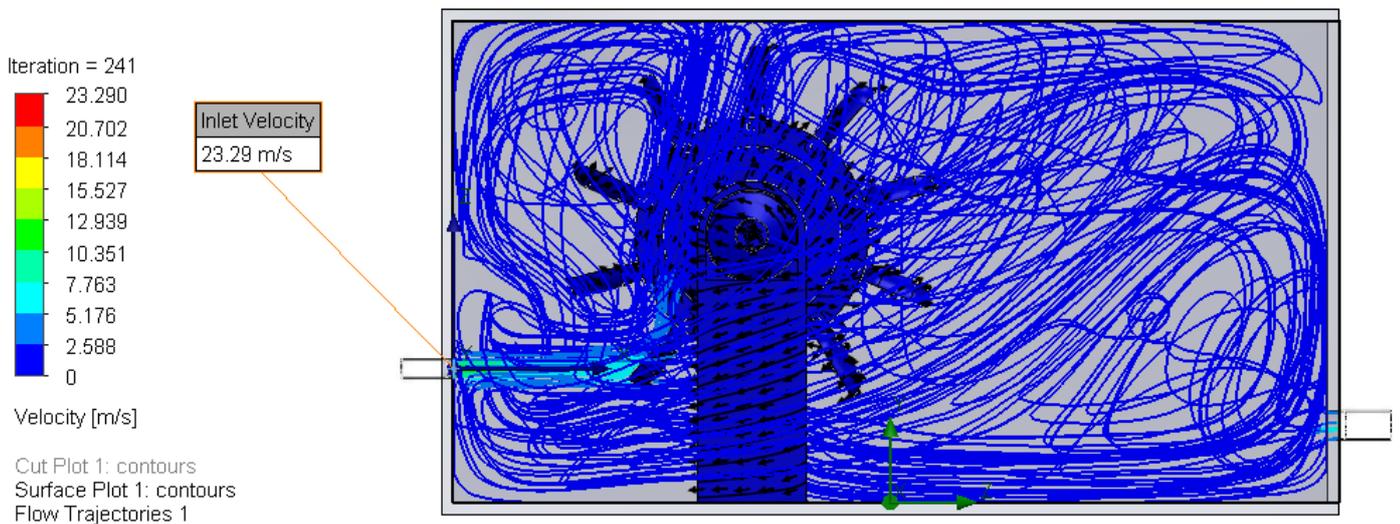
Figura 56: Configuración en la turbina Pelton.



Fuente: Elaboración propio.

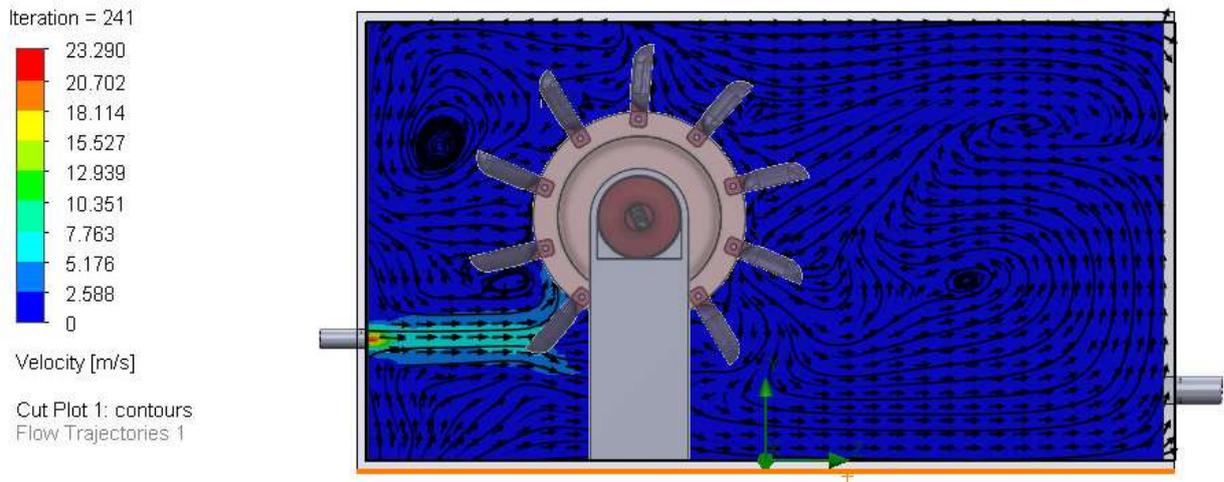
En la figura 57 y 58 se observa la distribución de velocidades al ingresar el fluido, al momento de impactar con el alabe de la turbina, se puede observar un valor de 7.763 m/s aproximadamente al impactar el fluido con el álabe.

Figura 57: Distribución de velocidades del fluido.



Fuente: Elaboración propio.

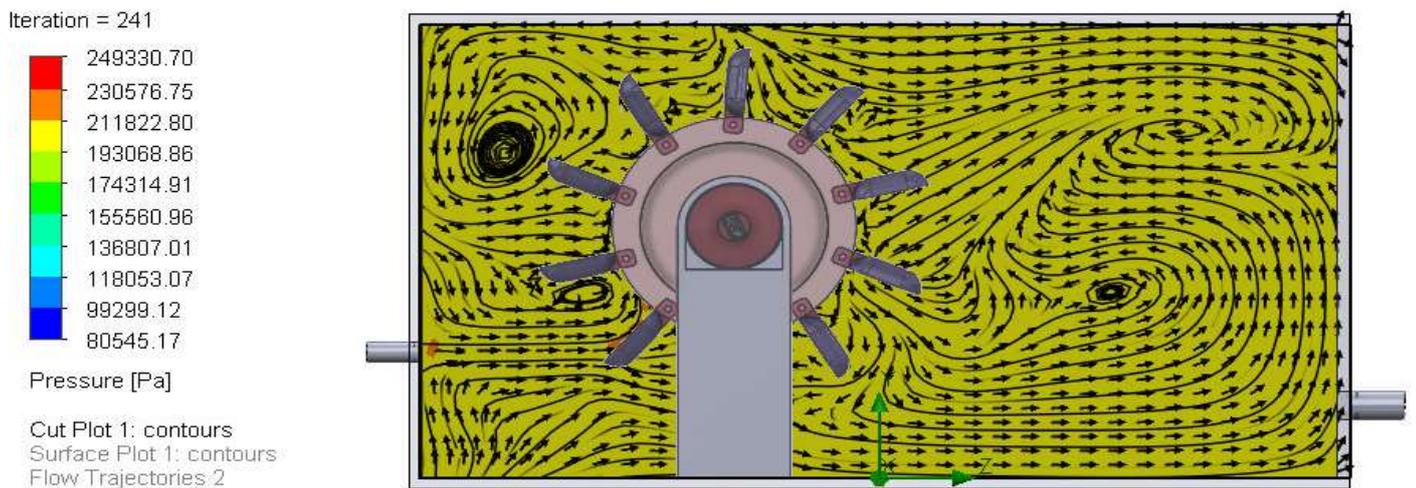
Figura 58: Distribución de velocidades del fluido.



Fuente: Elaboración propio.

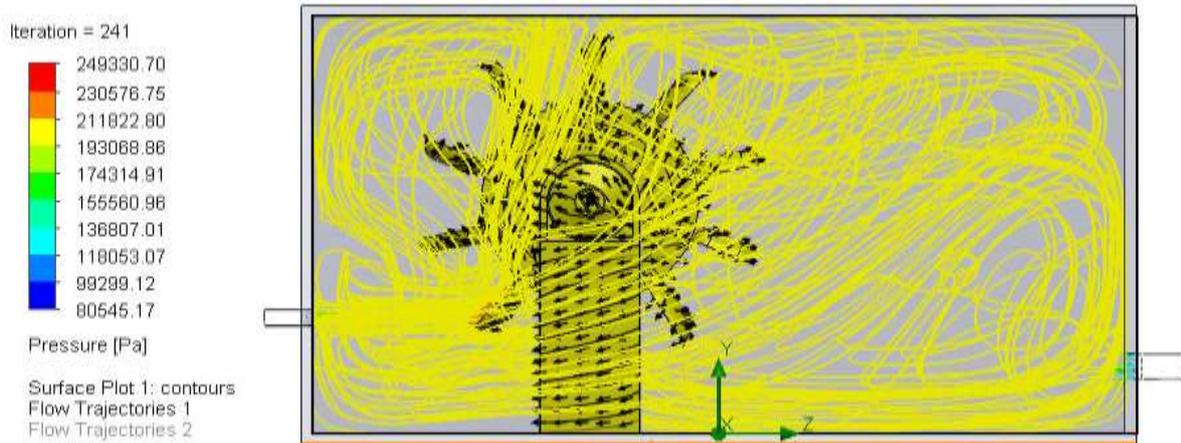
En las figuras 59 y 60 se puede observar un valor de 193068.86 Pa que actúa la turbina Pelton, llegando visualizar a la turbina no afectada por el fluido y presión. Para verificar los datos de las simulaciones se analiza los datos de la figura 30. Es un resultado aproximado de las simulaciones.

Figura 59: Presión en la turbina Pelton.



Fuente: Elaboración propio.

Figura 60: Presión en la turbina Pelton.



Fuente: Elaboración propio.

Tabla 24: Resultados de la simulación.

Name	Unit	Value	Progress	Criteria	Delta	Use in convergence
GG Maximum Total Pressure 1	Pa	481169.43	100	2947.08078	351.735465	On
GG Average Velocity 2	m/s	0.302	100	0.00814863609	0.00673037733	On
GG Force (X) 3	N	-16.474	53	3.25608715	6.09124618	On
GG Force (Y) 4	N	-43.743	100	7.49426994	5.00814913	On
GG Force (Z) 5	N	850.023	100	24.4813768	2.60973813	On
GG Torque (X) 6	N*m	533.770	82	17.4167061	21.3284661	On
GG Torque (Y) 7	N*m	233.009	100	19.8335688	14.5829946	On
GG Torque (Z) 8	N*m	-15.827	100	4.63318539	1.19285288	On

Fuente: Elaboración propio.

Teniendo los datos de la simulación, la mayor fuerza ejercida es de 850.023N de los 3 ejes es en el eje Z, así mismo del mayor torque generado es en el eje X de 533.770 Nm

- **Potencia transmitida por el agua en el rodete**

$$P = F \times u \quad (77)$$

Con la ecuación 77 encontramos la potencia mecánica con la fuerza y la velocidad del alabe.

Dónde:

F : Fuerza ejercida por el chorro en la cuchara, [tabla 23, 850.023 N].

u : Velocidad del álabe, [figura 58, 7.763 m/s].

$$P = 850.023 \times 7.763$$

$$P = 6598.728 \text{ W}$$

$$P = 6.598 \text{ kW}$$

- **Potencia Eléctrica**

En relación entre la potencia mecánica y la potencia eléctrica de acuerdo a sus unidades son las mismas es decir para 1.34 caballos de fuerza se requiere un kW, teniendo eso como referencia se realizará el cálculo de la potencia eléctrica con una eficiencia del 80% mediante la ecuación 78.

$$P = 6.598 \times 0.8 \tag{78}$$

$$P = 5.2754 \text{ kW}$$

De acuerdo con la máxima demanda de 10 familias que viven alrededor de donde se implementaran el sistema se calculó una potencia a contratar de 3.44 Kw aproximadamente y nuestro sistema genera 5.2754 kW por lo cual el proyecto supera la necesidad de la demanda eléctrica.

Sostenibilidad del sistema

Los parámetros de diseño que se tomaron en consideración para los cálculos fueron los menos favorables así el sistema asegura tener la sostenibilidad necesaria en el peor caso que es tener una longitud de olas de 0.4 metros con periodos de 18 segundos de oscilación teniendo una velocidad de agua de mar de 0.31 m/s obteniendo una velocidad de fluido bombeado de 23.35 m/s.

Como las olas del mar son muy variables dependiendo de muchos factores se ubicarán las boyas o flotadores en sectores diferentes del periodo de la ola así tendremos un

flotador impulsando el agua (abajo) y el otro flotador se encontrará absorbiendo el agua (arriba) de esa forma se garantiza un flujo más constante como se muestra en la figura 61.

Para llegar a una velocidad de 23.35 m/s se tomó en consideración a dos flotadores impulsando para ello se considerará implementar dos flotadores más en otro periodo de las olas del mar así se garantiza una mejor y constante impulso.

Por criterios de diseño y sostenibilidad se tomo el periodo de la menor y mayor altura de longitud de ola así tendremos mayor posibilidad de cubrir todos los casos y asegurar una mayor continuidad para el sistema.

Figura 61: Partes de una ola de mar.



- **Calcular separación de las boyas y flotadores**

Con los datos recopilados tenemos la menor de 0.4 m de altura con 18 s de periodo con velocidad de 0.31 m/s y el mayor de 1.4 m de altura con 14 s de periodo con velocidad de 0.58 m/s.

$$D = V \times T \tag{79}$$

$$D = 0.31 \frac{m}{s} \times 18 s$$

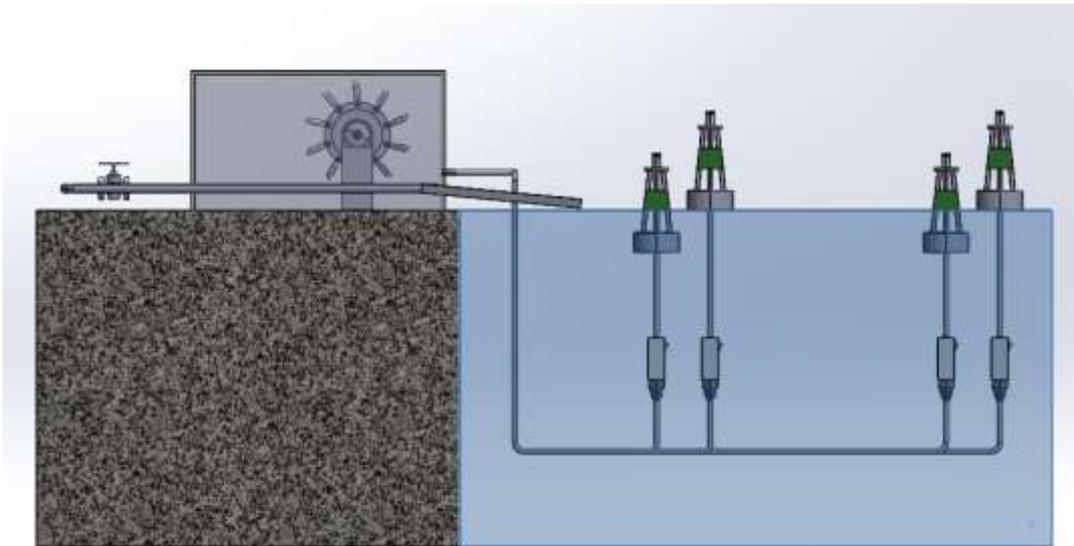
$$D = 5.58 m$$

$$D = 0.58 \frac{m}{s} \times 14 s$$

$$D = 8.12 m$$

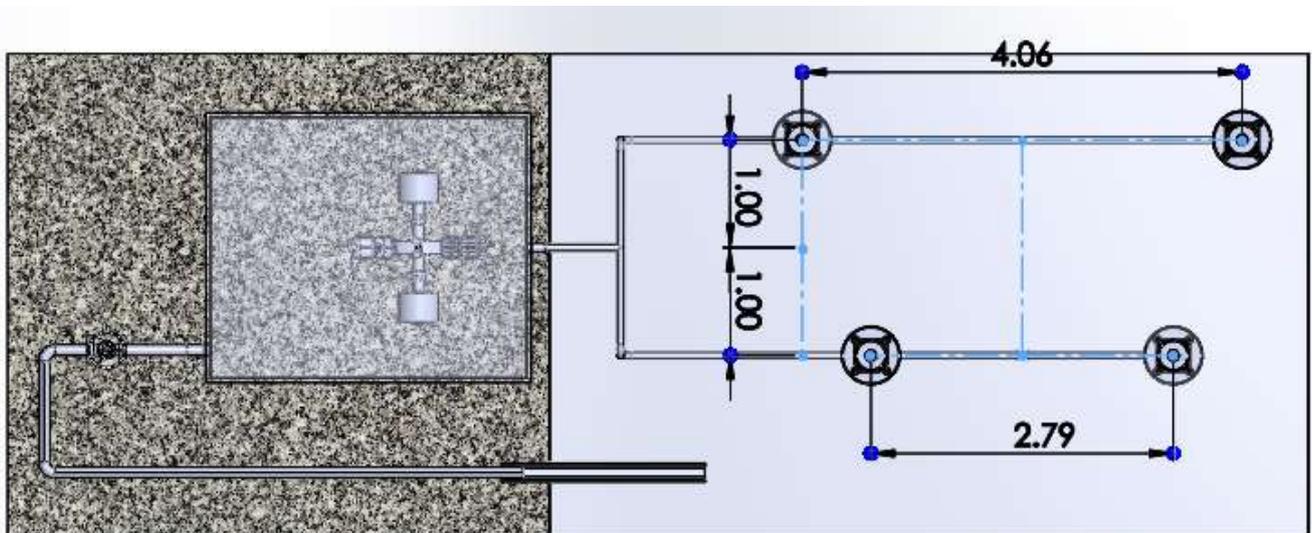
La primera boya se encontrará al principio y la segunda en medio de la longitud de ola como se muestra en la figura 62.

Figura 62: Sistema modificado con mayor sostenibilidad.



Teniendo eso en cuenta las distancias de separación del primer periodo son de 2.79 y del segundo es de 4.06

Figura 63: Distancias de los periodos del sistema.



Realizar una evaluación económica del diseño propuesto

Teniendo el diseño del sistema de aprovechamiento de energía undimotriz, con sus componentes principales para generar energía eléctrica. La mayor parte del diseño se pueden conseguir en el mercado y algunos componentes. Así mismo, los planos elaborados se muestran del anexo 1.

Costo de elementos y materiales

Se muestra una lista de los precios para este diseño la cual será de menor costo y factible para su diseño y se puede encontrar en los diferentes establecimientos de materiales. En la tabla 25 se muestran los elementos de compra local y sus precios, los cuales fueron encontrados en páginas de internet el cual venden los materiales que se necesita.

En la tabla 25 indica costo total cuyo valor es S/. 6,016.70, se considerará todos los costos de los materiales que se necesitan para el diseño y fabricación del sistema de aprovechamiento de energía undimotriz.

Tabla 25: Costo de materiales.

COSTO DE ELEMENTOS Y MATERIALES				
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unit (S/)	Sub total (S/)
Acero galvanizado 1.5m	4	und	300	1200
Tubo de acero para pistón 12 cm x 1.5 mm x 200 cm	4	und	110	440
Barra de acero cilindro 12 cm diámetro x 8.5 cm/vástago 6 cm diámetro x 150 cm	8	und	257	2056
Plancha de acero 1020 para la bomba de agua	4	und	1317	5268
Tubo de Polietileno de 1"	18	m	150	2700
Codo de 90° Polietileno de 1"	6	und	40	240
T Polietileno de 1"	3	und	45	135
Material para la turbina	1	und	500	500
Soldadura para acero	10	kg	70	700

Pegamento de Polietileno de 1kg	3	unf	80	240
Material para el cuarto de la turbina	1	und	700	700
Remaches de acero galvanizado de 1" x 10cm para el piso	100	und	10	1000
Pernos galvanizados de 1"	2	kg	150	300
Válvula Manual	1	und	54	54
Boya	4	und	416	1664
Valvula Check	4	und	150	600
Tubo de Polietileno de 1" para salida	6	m	150	900
Costo total				18,697.00

Fuente: Elaboración propio.

Costo de accesorios complementario

El objetivo principal es suministrar energía eléctrica obteniendo mediante energía undimotriz mediante el sistema de aprovechamiento, para lo cual se requiere accesorios complementarios para tener energía eléctrica útil.

Tabla 26: Costo de accesorios complementarios.

COSTO DE ACCESORIOS COMPLEMENTARIOS				
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unit (S/)	Sub total (S/)
Generador / controlador de diámetro de 0.60m	1	Kit	450	450
Turbina Pelton maquinada CNC	1	und	2500	2500
Inyectores	4	und	50	200
Filtro aspiración	2	und	285	570
O-ring	1	und	20	20
Adaptadores de tubería de 1"	10	und	15	150
Costo total				3,890.00

Fuente: Elaboración propio.

Costo de fabricación

Este costo representa la cantidad de los precios que se debe de conseguir en varios lugares y que su diseño sea optimo y dar un menor costo en su mantenimiento, los cuales fueron referenciados por los precios aproximados que se manejan en cualquier taller de

Lambayeque. El costo de fabricación del diseño se considera los costos de adquisición del material y los costos de fabricación de cada uno de los componentes en la tabla 27 el cual el costo total de fabricación asciende a S/. 3,360.00 soles.

Tabla 27: Costo de fabricación.

COSTO DE FABRICACIÓN				
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unit (S/)	Sub total (S/)
Cuarto de la turbina	1	und	2000.00	2000.00
Vástago - maquinado (torno)	2	und	300.00	600.00
Eje de acero exterior rosca para boya - Maquinado (Torneado)	2	und	100.00	200.00
Eje de acero interior cilindro/ vástago – rosca Maquinado (Torneado)	2	und	100.00	200.00
Adicional	2	und	180.00	360.00
Total				3,360.00

Fuente: Elaboración propio.

Costo de ensamble

El costo de ensamble se realizará con los especialistas para su construcción y tener en cuenta los parámetros de diseño la cual tiene la finalidad de generar energía eléctrica para el bienestar de los ciudadanos. Se realizará lo la siguiente ecuación 79:

$$C_{h/d} = S/4,000.00 \times \frac{1 \text{ mes}}{25 \text{ día}} \times \frac{1 \text{ día}}{8 \text{ horas}} = S/ 20.00 \quad (80)$$

Tabla 28: Costo de ensamble.

COSTO DE ENSAMBLE				
Descripción	Horas	Precio por hora (S/)	Costo unit (S/)	Sub total (S/)
Ensamble del sistema de aprovechamiento	300	20.00	20.00	6000.00
Total				6000.00

Fuente: Elaboración propio.

El costo de diseño

Se considera las personas que ejecutaran este diseño la cuales se mencionan a continuación:

$$C_{h/d} = S/5,000.00 \times \frac{1 \text{ mes}}{25 \text{ dia}} \times \frac{1 \text{ dia}}{8 \text{ horas}} = S/ 25.00$$

Se dará un costo de 8000 de sueldo al ingeniero supervisor:

$$C_{h/d} = S/8,000.00 \times \frac{1 \text{ mes}}{25 \text{ dia}} \times \frac{1 \text{ dia}}{8 \text{ horas}} = S/ 40.00$$

Se muestra la tabla con las consideraciones siguientes:

Tabla 29: Costo de diseño.

COSTO DE DISEÑO				
Descripción	Horas	Precio por hora (S/)	Costo unit (S/)	Sub total (S/)
Ingeniería / Diseño	80	25.00	25.00	2,000.00
Simulación	40	25.00	25.00	1,000.00
Diseño de planos / dibujo	40	25.00	25.00	1,000.00
Supervisor	200	40.00	40.00	8,000.00
Total				12,000.00

Fuente: Elaboración propio.

Costo total

El presupuesto para el diseño de un sistema de aprovechamiento de energía undimotriz para generar energía eléctrica, se muestra en la tabla 30.

Tabla 30: Costo total.

Descripción	Sub total (S/)
Costo de elementos y materiales	18,697.00
Costo de accesorios complementarios	3,890.00
Costo de fabricación	3,360.00
Costo de ensamble	6,000.00
Costo de diseño	12,000.00
Costo total (S/)	43,947.00

Fuente: Elaboración propio.

3.2. Discusión

Se observa que los materiales y componentes utilizados en el sistema de aprovechamiento undimotriz facilitan una adquisición más rápida y un mantenimiento más sencillo, ya sea preventivo o correctivo. Sin embargo, aunque el sistema de bombeo se utiliza para transportar agua hacia la turbina para generar energía eléctrica, se reconoce que su eficiencia energética no es óptima. Este diseño se presenta como un área de investigación para futuros proyectos, con el objetivo de mejorar tanto el diseño de la bomba como el sistema general para la generación de energía eléctrica.

Si se considera la posibilidad de introducir este diseño en el mercado o en la industria, es esencial trabajar en la eficiencia del sistema y en la creación de un diseño exclusivo que pueda destacar en términos de rendimiento. Este enfoque no solo garantizará una mayor eficiencia energética, sino que también podría contribuir a la competitividad y aceptación del producto en el sector.

Para la fabricación de del sistema de aprovechamiento de energía undimotriz, se plantea la posibilidad de modificar los materiales utilizados con el fin de mejorar tanto sus propiedades estáticas. Esto permitiría lograr un rendimiento más eficaz y facilitaría la detección de posibles fallos. En la fase de diseño del sistema, se llevó a cabo una simulación utilizando acero ASTM A36.

La generación de energía eléctrica a través del sistema de aprovechamiento de energía undimotriz requiere un estudio con el software adecuado. Este análisis abarca aspectos cruciales, sometiéndose a evaluaciones en las áreas de la industria electrónica y el diseño mecánico eléctrico. El objetivo es establecer un sistema eficiente que pueda producir electricidad de manera efectiva en la salida del generador. Este proceso podría integrarse, por ejemplo, en una subestación de elevación eléctrica. La combinación de conocimientos en electrónica y diseño mecánico eléctrico es esencial para garantizar un rendimiento óptimo en la generación y distribución de energía eléctrica.

El presente trabajo de investigación se centra en el diseño de aprovechamiento para la generación de energía eléctrica a partir de las olas del mar. Aunque existen investigaciones previas sobre generación eléctrica, se destaca la escasez de estudios específicos en este ámbito undimotriz. Por lo tanto, la mejora del sistema de aprovechamiento de energía undimotriz no debe limitarse solo a aspectos individuales, sino que debe abordar integralmente todo el sistema. Este enfoque integral busca ampliar las fronteras de la investigación y contribuir al desarrollo sostenible de fuentes renovables, destacando la importancia de explorar y perfeccionar la generación de energía eléctrica a partir de las olas del mar.

La estabilidad del sistema de bombeo se logra de manera efectiva al operar con una velocidad de fluido específica de 0.31 m/s. Para garantizar su funcionamiento estable, del sistema de bombeo requiere un estudio dando un centro de gravedad y operar sin experimentar desestabilización. La elección de esta velocidad óptima y el centro de gravitación son esenciales para asegurar el rendimiento constante y sin problemas del sistema de aprovechamiento durante su operación.

Sin embargo el sistema depende del comportamiento de las olas del mar y estas cambian dependiendo de muchos factores oceánicos por ellos esta investigación propuso una sostenibilidad en la cual se observo que para que el sistema tenga una sostenibilidad el flujo de agua bombeada tendría que ser constante por ello se propuso tener una boya en el punto mas alto del periodo de la ola y la otra boya en el punto mas bajo del mismo periodo asi se garantiza una fluidez mas constante, no obstante los cálculos realizados fueron hechos con dos pistones inyectando agua por lo tanto se implemento dos pares mas de inyectores los cuales cada grupo estarán distanciados por dos periodos distintos con la menor y mayor altura posible asi se garantiza cubrir la mayor cantidad de casos posibles.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

En el proceso de diseño y modelado de un sistema de aprovechamiento de energía undimotriz, se ha llevado a cabo una meticulosa evaluación mediante una matriz morfológica y la consideración detallada de parámetros del sistema, requisitos y criterios específicos. La aplicación de una matriz de evaluación ha permitido identificar el Concepto 2 como la solución óptima, destacando su preferencia en aspectos clave como geometría, mantenimiento, costo, seguridad, ergonomía, estética y eficiencia. Este enfoque sistemático no solo ha respaldado la selección de un diseño robusto, sino que también ha sentado las bases para la implementación efectiva del sistema de aprovechamiento de energía undimotriz. La integración de estos métodos ha contribuido a un entendimiento más profundo y a una toma de decisiones informada, estableciendo así un sólido marco para el desarrollo exitoso.

Al realizar el dimensionamiento del sistema de aprovechamiento de energía undimotriz basado en los datos del oleaje de la playa Pimentel con una velocidad del agua de la mar mínima de 0.31 m/s. Se determinó la fuerza de la bomba de agua 600 N y una 131.22 Kpa presión. Con estos datos, se seleccionó un diámetro de pistón de 176.7 cm². Se determinó el área, carrera y caudal de la bomba de agua, así como las áreas del vástago y retraída. Además, se calcularon la fuerza ejercida 17.238 KN y el volumen interno del cilindro 544.75 cm³. El espesor del cilindro 1.001 cm, se determinó según las propiedades mecánicas del acero ASTM A36, y se evaluó el límite de resistencia a la fatiga 154.46 Mpa. También se analizó el pandeo del vástago resultando 71.78 KN. Finalmente, se realizaron cálculos para una turbina Pelton, considerando la altura neta y las velocidades del fluido. La fuerza ejercida varía desde 48.85 N hasta 91.66 N, una potencia mecánica de 1141.2 W hasta 4005.7W, una velocidad de rotación de 58.40 rad/s hasta 109.25 rad/s y un torque de 19.54 Nm hasta 36.67 Nm

El análisis estático estructural del sistema de bombeo y la turbina Pelton utilizando el software SolidWorks. Para el sistema de bombeo, se evaluaron tensiones nodales con un valor de 5.193×10^4 N/m² y desplazamientos 3.429×10^2 mm, considerando el acero ASTM A36 como material. Los resultados indicaron una presión generada por el pistón dentro de rangos seguros, con mínimos desplazamientos y deformaciones 0.649113 mm, que sugieren un diseño estructural robusto. Sin embargo, se identificaron áreas de mayor deformación 0.0557393 mm en los alabes de la turbina Pelton, indicando posibles problemas con el impacto del fluido. El análisis fluidodinámico reveló presiones de 8.267×10^{-3} N/mm² MPa relativamente bajas en el sistema de bombeo y proporcionó datos cruciales para la simulación de la turbina, donde se obtuvo una potencia de 5.2754 kW. En general, estos resultados respaldan la integridad estructural del diseño del sistema de bombeo, pero sugieren ajustes necesarios en la turbina Pelton para mejorar su rendimiento bajo las condiciones del fluido.

La implementación de dos boyas con sus respectivas bombas hidráulicas mejora la fluides y sostenibilidad del sistema sin alterar considerablemente los cálculos iniciales puestos esos criterios se calcularon con dos bombas impulsando el agua para llegar a una velocidad de 23 m/s y ese criterio sea mantenido.

La evaluación económica para el presente trabajo de investigación revela un costo total de S/ 43, 947.00, desglosado en elementos y materiales (S/ 18, 697.00), accesorios complementarios (S/ 3,890.00), fabricación (S/ 3,360.00), ensamblaje (S/ 6,000.00) y diseño (S/ 12,000.00). Aunque el desembolso inicial es significativo, abarcando aspectos como selección de materiales, disponibilidad local y procesos de fabricación y ensamblaje, se espera que los beneficios a largo plazo, como la generación sostenible de energía eléctrica, compensen la inversión. Esta evaluación económica proporciona una base sólida para la toma de decisiones, permitiendo ajustes en el diseño para lograr la eficiencia y rentabilidad deseadas.

4.2. Recomendaciones

Se plantea la validación experimental del sistema de aprovechamiento de energía undimotriz ya analizado, además del estudio computacional que dio resultados muy buenos en los aspectos estructural enfocados en la determinación de la incidencia en el desempeño del modelo.

Utilizando esta metodología en el diseño, analizando los cálculos y haciendo la simulación resalta buenas expectativas que da pie a futuros trabajos para estudiar el desempeño y comportamiento del sistema de aprovechamiento de energía undimotriz, para el diseño de la de la misma se recomienda el estudio bajo aspectos técnicos.

Para la elaboración de este tipo de diseño tiene la finalidad de estar incorporado al agua junto con sus componentes con la fuerza de las olas de mar captando por las boyas para ser transformada en energía eléctrica y como sugerencia se tendría que pintar los componentes con pintura anticorrosiva.

REFERENCIAS

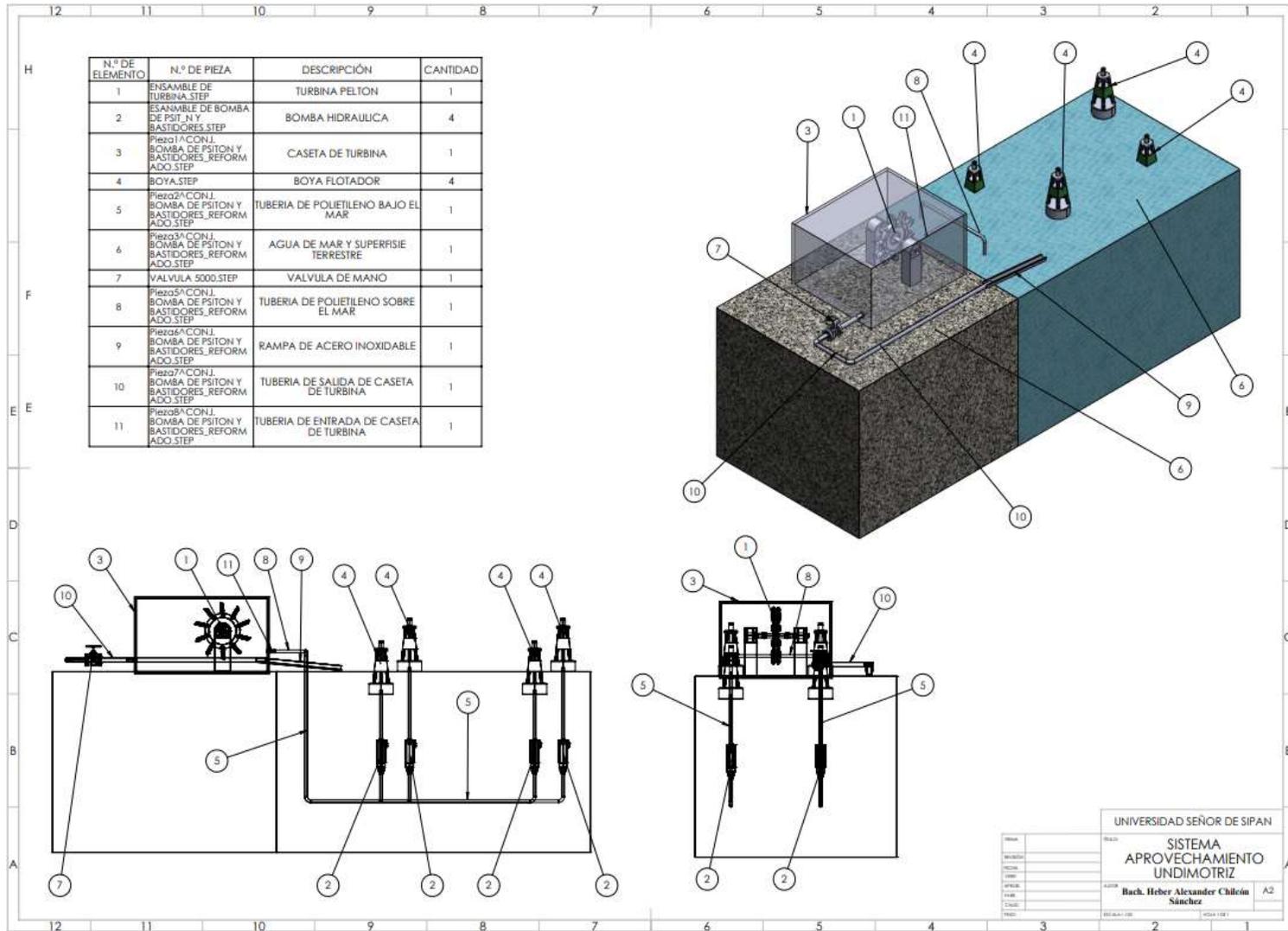
- [1] A. Escalona Corral, Artist, *Estudio de los diseños y procesos fluidodinámicos que se encuentran en la generación de energía eléctrica proveniente de las olas: Absorbedores puntuales*. [Art]. Universidad del País Vasco, 2018.
- [2] H. Ross, «Design, simulation, and testing of a novel hydraulic power take-off system for the pelamis wave energy convertir,» *ScienceDirect*, pp. 271-283, 2016.
- [3] A. I. Vakis y J. S. Anagnostopoulos, «Mechanical desing and modeling of a single-piston pump for the novel power take-off system of a wave energy converter,» *ScienceDirect*, pp. 531-547, 2016.
- [4] G. A. Livanos y N. P. Kyrtatos , «Friction model of a marine diesel engine piston assembly,» *Tribology*, pp. 1441-1453, 2017.
- [5] J. R. Cho y S. J. Moon, «A numerical analysis of the interaction between the piston oil film and the component deformation in a reciprocating compressor,» *Tribology*, pp. 459-468, 2014.
- [6] J. Falmes y J. Hals, «Heaving buoys, point absorbers and arrays,» *SCOPUS*, pp. 246-277, 2012.
- [7] J. Zhifei, Y. Xiaodong, L. Min y F. Jianyu, «Hydrodynamic Analysis of 3-SPS Wave Energy Conversion Device,» *SpringerLink*, pp. 1-5, 2021.
- [8] E. Abraham y E. Kerrigan, «Optimal active control and optimization of a wave energy converter,» *SCOPUS*, pp. 324-332, 2013.
- [9] N. Kumar, B. K. Sarkar y S. Maity, «Leakage based condition monitoring and pressure control of the swashplate axial piston pump,» *SCOPUS*, pp. 105-136, 2019.
- [10] . J. Yichen, P. Yuhao, S. Yuan, Z. Zhi y S. Lei , «Design and Testing of a Mechanical Power Take-of System for Rolling-type Wave Energy Converter,» *SpringerLink*, pp. 1487-1499, 2020.
- [11] X. Bing , Z. Junhui, L. Ying y C. Qun , «Modeling and analysis of the churning losses characteristics of swash plate axial piston pump,» *ScienceDirect*, pp. 22-26, 2015.

- [12] D. Tri Cuong, D. Tri Dung y A. Kyoung Kwan, «Efficiency Improvement of a Hydraulic Power Take-off of Wave Energy Converter Using Variable Displacement Motor,» *SpringerLink*, pp. 458-509, 2021.
- [13] P. H. Hogan y J. Van de Ven, «Dynamic modeling of a linear electromagnetic piston pump,» *SCOPUS*, pp. 1-10, 2017.
- [14] J. Barradas Berglind, Y. Wei, M. Van Rooij, W. Prins, B. Jayawardhana y A. I. Vakis, «Investigating the adaptability of the multi-pump multi-piston power take-off system for a novel wave energy converter,» *ScienceDirect*, pp. 598-610, 2017.
- [15] N. A. Ariza Castillo y C. E. Salas Bernal, Artists, *Análisis técnico para la implementación de un sistema undimotriz*. [Art]. Universidad de la Salle, 2016.
- [16] P. Fernández Díez, «UTN.BA,» [En línea]. Available: <https://undimotriz.frba.utn.edu.ar/energia-undimotriz/grupo-de-trabajo-idi-tipo-de-onda/>. [Último acceso: 11 01 2024].
- [17] Y. Wei, J. Barradas Berglind, M. Van Rooij, W. Prins, B. Jayawardhana y A. Vakis, «Investigating the adaptability of the multi-pump multi-piston power take-off system for a novel wave energy converter,» *SCOPUS*, pp. 1-25, 2017.
- [18] T. Francisco Díaz , Artist, *Generación undimotriz mediante absorbedores puntuales con sistemas hidráulicos de conversión de potencia*. [Art]. Universidad de Sevilla, 2015.
- [19] «Civil Engineering,» Hydraulic Accumulators Theory and Use, [En línea]. Available: <https://civilengineering.softecks.in/1218/>. [Último acceso: 11 01 2024].
- [20] B. K. Medhat kamel y B. Rama B., «Modeling of Swash Plate Axial Piston Pumps With Conical Cylinder Blocks,» *ResearchGate*, pp. 1-6, 2014.
- [21] J. S. Anagnostopoulos y D. E. Papantonis, «Pumping station design for a pumped-storage wind-hydro power plant,» *Energy conversion & management*, pp. 3009-3017, 2017.
- [22] Y. Zhu, L. Guangpeng, W. Rui, T. Shengnan, S. Hong y C. Kai, «Intelligent fault diagnosis of hydraulic piston pump combining improved LeNet-5 and PSO hyperparameter optimization,» *ScienceDirect*, pp. 60-85, 2021.

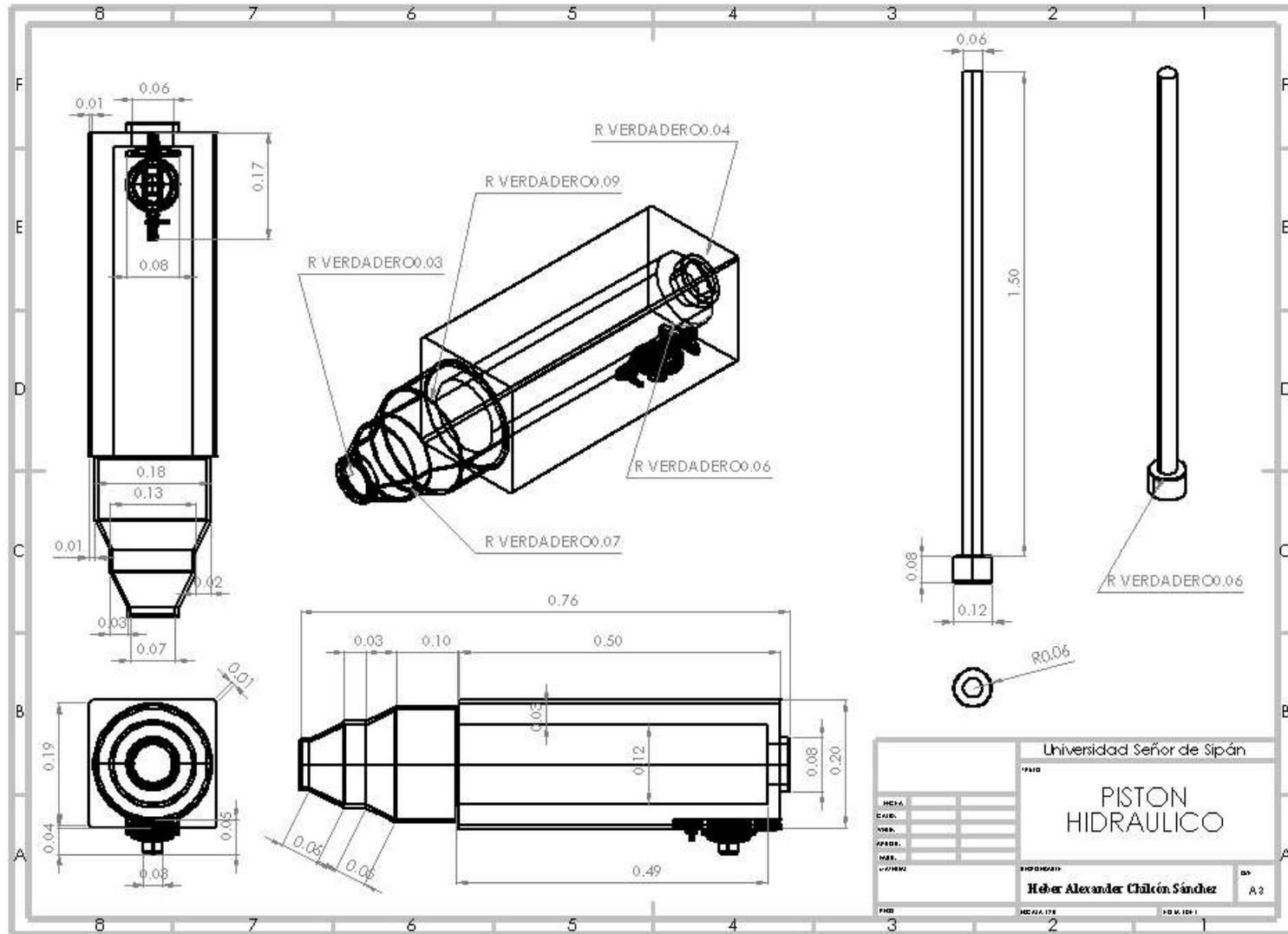
- [23] J. Kim, J. H. y Y. Hong, «Constant pressure control of a swash plate type axial piston pump by varying both volumetric displacement and shaft speed,» *Springer Link*, pp. 2395-2401, 2015.
- [24] P. Hao, W. Defa, D. Yipan , C. Qian y L. Yinshui, «Effect of working medium on the noise and vibration characteristics of water hydraulic axial piston pump,» *Applied Acoustics*, pp. 1-12, 2021.
- [25] L. Man Djun, K. F. Ellis Ling y L. Pui San , «Small scale low heigh wave energy seawater pump for achieving environmental and economic sustainability,» *Universal Journal of Mechanical Engineering*, pp. 14-20, 2020.
- [26] D. Clemente, P. Rosa-Santos, F. Taveira-Pinto y P. Martins, «Influence of platform design and power take-off characteristics on the performance of the E-Motions wave energy converter,» *SCOPUS*, pp. 1-15, 2021.

ANEXOS

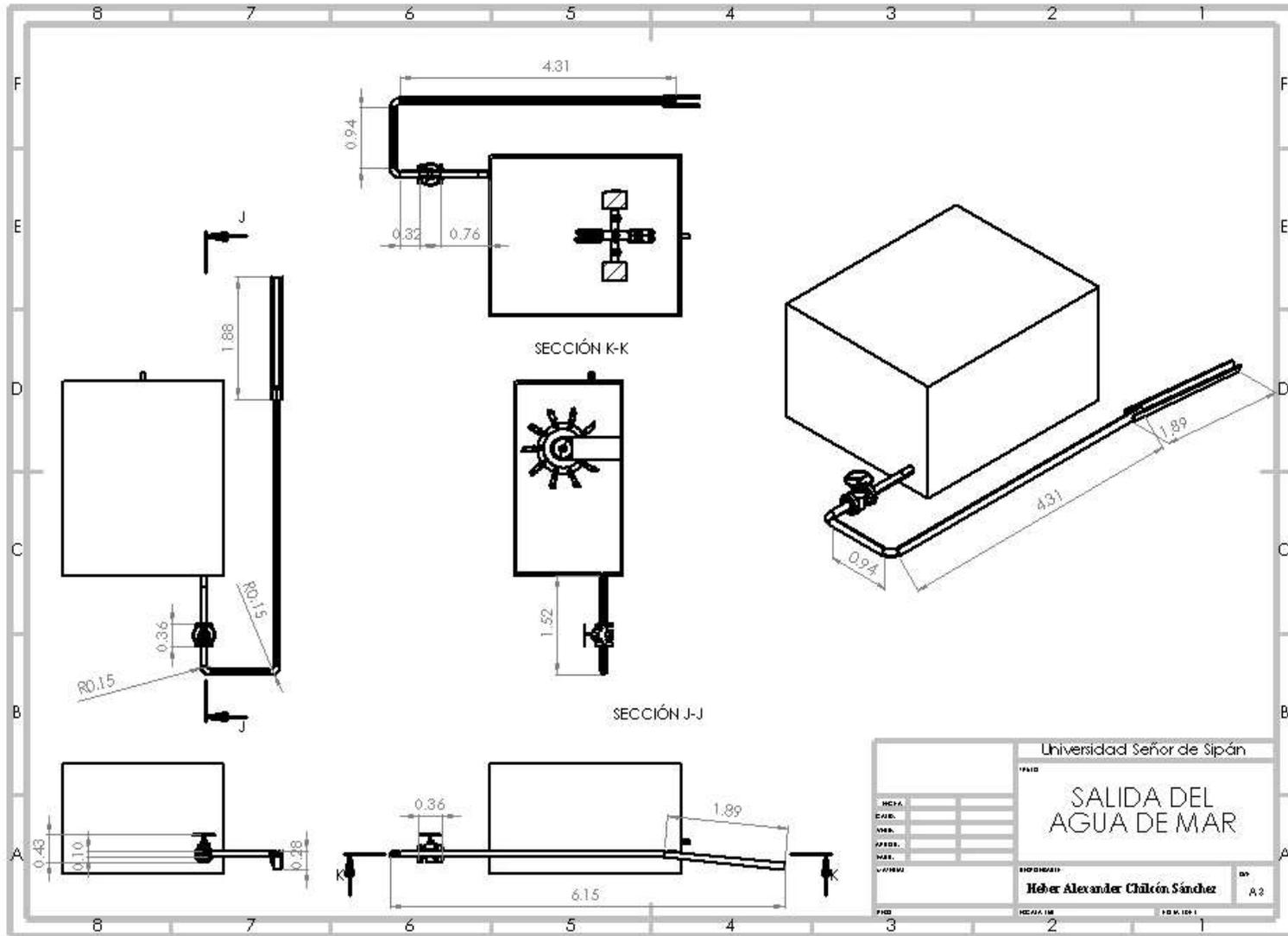
Anexo 1. Planos del sistema de aprovechamiento undimotriz.



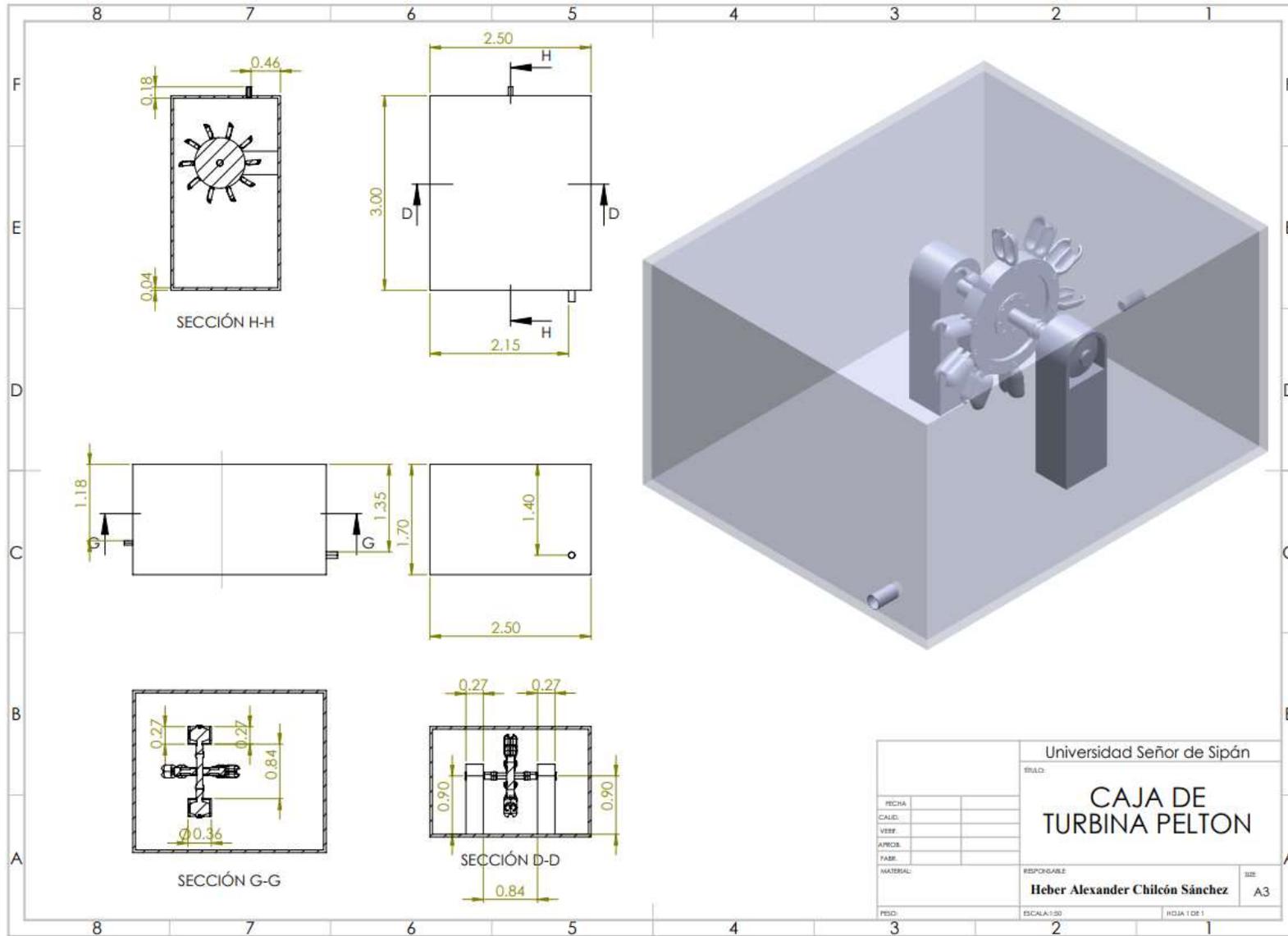
- Pistón Hidráulico



- Sistema de salida de Mar



- Carcasa de la turbina



Anexo 2: Guía del registro del caudal en observación



Previsiones

Surfear en Pimentel

Pronóstico / La Libertad y Lambayeque / Perú

12 Día Previsión Olas, emitido 12 pm sábado 13 ene 2024 -05

m, °C	sábado 13			domingo 14			lunes 15			martes dieciséis			miércoles 17			jueves 18			viernes 19			sábado 20			domingo 21			lunes 22			martes 23			miércoles 24					
pies, °F	mañan a	tarde	noche	mañan a	tarde	noche	mañan a	tarde	noche	mañan a	tarde	noche	mañan a	tarde	noche	mañan a	tarde	noche	mañan a	tarde	noche	mañan a	tarde	noche	mañan a	tarde	noche	mañan a	tarde	noche	mañan a	tarde	noche						
Notación (10 máximo)	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆			
Altura de Olas (m) y dirección	1.1 SSW	1.2 SSW	1.4 SSW	1.3 SSW	1.3 SSW	0.9 SSW	0.8 SSW	0.8 SSW	0.7 SSW	0.7 SSW	0.7 SSW	0.8 S	0.4 SUDOE	0.6 SSW	1 S	1.3 S	1.2 S	0.7 S	0.8 SUDOE	1.3 SUDOE	1 S	0.8 S	1 S	1 S	0.7 SUDOE	0.9 SSW	1 SSW	1 SSW	0.9 SSW	1.1 SSW	1.1 SSW	1.1 SSW	1 SSW	1.2 SSW	1.2 SSW	1.4 SSW			
Periodo(s)	14	14	14	13	13	13	12	12	12	12	14	8	18	14	9	9	9	dieciséis	14	9	9	9	9	10	15	14	13	13	13	12	12	12	13	13	13	14			
Gráfico Olas																																							
Energía	47.2	54.2	67.1	53.8	50.6	25.3	16.9	15.0	12.1	12.5	16.1	84	168	12.9	15.3	20.3	24.6	25.1	24.9	21.1	15.7	13.8	16.9	15.0	22.0	32.3	36.2	34.6	26.6	35.0	37.3	37.3	36.2	50.6	51.4	71.1			
Viento (km/h)	20 S	25 S	15 S	15 S	25 S	20 ESS	15 S	20 S	15 S	15 S	20 S	20 ESS	15 S	20 S	20 ESS	15 S	25 S	20 ESS	15 S	20 S	15 S	10 S	20 SSW	15 ESS	10 SSW	20 SSW	15 S	10 SSW	20 SSW	15 ESS	15 S	20 S	15 S	15 S	20 S	15 ESS			
Estado del Viento (?)	cruzar	cruzar	cruzar	cruzar	cruzar	cruzar	cruzar	cruzar	cruzar	cruzar	cruzar	cruzar	cruzar	cruzar	cruzar	cruzar	cruzar	cruzar	cruzar	cruzar	cruzar	cruzar	cruzar	cruzar	cruzar	cruzar	cruzar	cruzar	cruzar	cruzar	cruzar	cruzar	cruzar	cruzar	cruzar	cruzar			
Marea alta /altura (m)	6:10 PM 1.84			8:05 a.m. 1.33	7:00 PM 1.86		8:50 a.m. 1.30	10:45 1.91		7:56 a.m. 1.26	20:55 1.83	8:01 a.m. 1.20	21:24 1.43		10:16 1.16	22:21 1.32		11:27 1.30	23:24 1.32		12:58 1.19	12:31 1.16		14:04 1.28	1:39 a.m. 1.13		14:46 1.39	2:30 a.m. 1.54		19:46 1.56	3:17 a.m. 1.17		16:23 1.40	3:59 a.m. 1.30					
Marea baja /altura (m)	11:37 a.m. -0.82	12:50 p.m. 0.36		12:23 a.m. 0.03	11:0 a.m. 0.34		13:10 a.m. 0.12	20:4 a.m. 0.34		13:06 a.m. 0.28	1:03 a.m. 0.36	14:06 a.m. 0.40	2:01 a.m. 0.34	19:01 p.m. 0.54	6:01 a.m. 0.36	19:01 p.m. 0.54		6:06 a.m. 0.36	17:24 p.m. 0.84		8:59 a.m. 0.36	6:57 p.m. 0.67		7:21 a.m. 0.31	20:56 p.m. 0.64	2:18 a.m. 0.26	21:12 p.m. 0.58	9:06 a.m. 0.21	21:57 p.m. 0.64	9:48 a.m. 0.17	22:38 p.m. 0.50								
Amanecer	6:13			6:13			6:13			6:15			6:15			6:16			6:16			6:16			6:16			6:16			6:16			6:16					
Puesta del Sol		6:42			6:43			6:43			6:43			6:43			6:44			6:44			6:44			6:44			6:44			6:44			6:44			6:44	
Lluvia (mm)																											1												
Temperatura. °C	24	23	23	24	23	23	24	24	23	23	23	23	24	24	23	24	24	23	24	24	23	24	24	23	24	24	23	25	24	23	24	24	23	24	24	23	24	24	24
Se siente °C	23	22	23	24	22	23	24	23	23	24	23	23	24	24	23	24	23	23	24	24	24	26	24	23	26	24	24	26	24	23	25	24	23	25	24	23	25	24	24
Pronóstico Corto Plazo: Mayormente seco. Cálido (max 24°C el sábado por la mañana, min 22°C el sábado por la noche). El viento será generalmente ligero.									Resumen del Tiempo Días 3-6 Mayormente seco. Cálido (max 24°C el miércoles por la mañana, min 22°C el martes por la noche). El viento será generalmente ligero.									Resumen del Tiempo Días 6-9 Algo de lluvia, más pesado durante la noche de domingo. Cálido (max 24°C el viernes por la mañana, min 22°C el viernes por la noche). El viento será generalmente ligero.									Pronóstico Largo Plazo: Mayormente seco. Cálido (max 25°C el lunes por la mañana, min 22°C el lunes por la noche). El viento será generalmente ligero.												

Anexo 3 : Análisis documental y revisión de datos bibliográficos

The screenshot shows a web browser window displaying a search results page on ScienceDirect. The search query is "MECHANICAL DESIGN OF WAVE GENERATION". The page shows 133,960 results, sorted by relevance. On the left, there are filters for "Refine by:" including "Years" (2025: 355, 2024: 15,417, 2023: 13,607) and "Article type" (Review articles: 19,409, Research articles: 81,237, Encyclopedia: 2,705, Book chapters: 19,437). The main content area displays two research articles. The first article is titled "Modeling dynamic power generation from ocean waves in the Kingdom of Tonga: A comprehensive analysis using integrated mechanical and electrical framework", published in Energy Conversion and Management: X, April 2024, by Latu Uliafu Bloomfield and Hooman Farzaneh. The second article is titled "Control-inspired design and power optimization of an active mechanical motion rectifier based power takeoff for wave energy converters", published in Renewable Energy, July 2024, by Lisheng Yang, Jianuo Huang, and Lei Zuo. At the bottom of the page, there is a Windows taskbar showing the date as 14/09/2024 and the time as 18:23.

scienceirect.com/search?q=MECHANICAL%20DESIGN%20OF%20WAVE%20GENERATION

ScienceDirect Journals & Books Help My account Sign in

Find articles with these terms

MECHANICAL DESIGN OF WAVE GENERATION

Advanced search

133,960 results sorted by relevance | date

Refine by:

Years

2025 (355)

2024 (15,417)

2023 (13,607)

Show more

Article type

Review articles (19,409)

Research articles (81,237)

Encyclopedia (2,705)

Book chapters (19,437)

Show more

Publication title

Research article Open access

Modeling dynamic power generation from ocean waves in the Kingdom of Tonga: A comprehensive analysis using integrated mechanical and electrical framework

Energy Conversion and Management: X, April 2024

Latu Uliafu Bloomfield, Hooman Farzaneh

View PDF

Research article

Control-inspired design and power optimization of an active mechanical motion rectifier based power takeoff for wave energy converters

Renewable Energy, July 2024

Lisheng Yang, Jianuo Huang, ... Lei Zuo

Want a richer search experience?

Sign in for article previews, additional search fields & filters, and multiple article download & export options.

Sign in

Research article | meet.google.com está compartiendo tu pantalla. Dejar de compartir Ocultar

Seismic isolation systems for next-generation installation of wave detectors

FEEDBACK

19°C Ventoso

Búsqueda

ESP LAA

18:23 14/09/2024

scholar.google.com/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C58iq=MECHANICAL+DESIGN+OF+WAVE+GENERATION&btrnG=

Google Académico MECHANICAL DESIGN OF WAVE GENERATION

Artículos Aproximadamente 4.150.000 resultados (0,14 s)

Cualquier momento Desde 2024 Desde 2023 Desde 2020 Intervalo específico...

Ordenar por relevancia Ordenar por fecha

Cualquier idioma Buscar solo páginas en español

Cualquier tipo Artículos de revisión

Incluir patentes Incluir citas

Crear alerta

Mechanical design and simulation of an onshore four-bar **wave** energy converter [PDF] xara.hosting
 A Albert, G Berselli, L Ruzzone, P Fanghella - Renewable Energy, 2017 - Elsevier
 ... **generation**, two alternative layouts of the **mechanical** transmission between link a and the **generator** G ... positive rotation of the **generator** input shaft, power is transmitted to the electrical ...
 ☆ Guardar Citar Citado por 44 Artículos relacionados Las 7 versiones

Power **generation** using **Mechanical wave** energy converter [PDF] sagepub.com
 S Chandrasekaran, Harinder - The International Journal of ..., 2012 - journals.sagepub.com
 ... to harness heave motion of floating buoy to **generate** power. Focus is on the conceptual ... its capability to **generate** power at higher efficiency in regular **wave** fields. **Design** Failure Mode ...
 ☆ Guardar Citar Citado por 19 Artículos relacionados Las 3 versiones

Design, fabrication, simulation and testing of an ocean **wave** energy converter with **mechanical** motion rectifier
 C Liang, J Ai, L Zuo - Ocean Engineering, 2017 - Elsevier
 ... This power takeoff system can convert the bidirectional **wave** motion into unidirectional rotation of **generator** by integrating two one-way bearings into a rack pinion system. A ...
 ☆ Guardar Citar Citado por 155 Artículos relacionados Las 6 versiones

A bistable X-structured electromagnetic **wave** energy converter with a novel **mechanical**-motion-rectifier: **Design**, analysis, and experimental tests
 M Li, X Jing - Energy Conversion and Management, 2021 - Elsevier
 ... This is a very helpful benefit for ocean **wave** power **generation**, as ocean **wave** is generally with large height and ultra-low frequency. (4a) $P_{ins} = c e L \sin \theta \sin \theta + y^2 n^2 n^2 L^2 - L \sin \theta$...
 ☆ Guardar Citar Citado por 67 Artículos relacionados Las 5 versiones

New **wave** generation [PDF] hal.science
 https://scholar.google.com/scholar?cluster=21334691147152390688&hl=es&as_sdt=0,5 ... - Journal of Fluid ... 2010 - cambridge.org

19°C Ventoso Búsqueda ESP LAA 18:38 14/09/2024

Anexo 4: Encuesta en la ciudad de Pimentel

DIA: 18/09/2024	HORA: 17:00 PM
LUGAR: Pimentel	ENTREVISTADO: Jorge Luis Diaz Rodriguez DNI: 7475585
TEMA: "DISEÑO MECANICO Y MODELADO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE ENERGIA UNDIMOTRIZ PARA GENERAR ENERGIA ELECTRICA, DISTRITO DE PIMENTEL"	
PREGUNTA 1: ¿Qué condiciones meteorológicas predominan en la zona y cómo afectan a las olas?	RESPUESTA: En la zona costera del distrito de Pimentel predominan las fuertes vientos provenientes de las que pueden ser aprovechada para generar energía.
PREGUNTA 2: ¿Qué tipo de sistemas de aprovechamiento de energía undimotriz existen?	RESPUESTA: - La marea es favorable - Marea eólica - Sistema de Rebramiento
PREGUNTA 3: ¿Qué materiales serían los más adecuados para construir el dispositivo mecánico, considerando la resistencia a la corrosión y la durabilidad?	RESPUESTA: - Latón - Acero galvanizado
PREGUNTA 4: ¿Qué efectos podría tener la instalación del sistema en el ecosistema marino local?	RESPUESTA: La migración de animales marinos, y aves que viven en la zona.
PREGUNTA 5: ¿Qué le parece el aprovechamiento de la energía undimotriz en la ciudad de Pimentel?	RESPUESTA: Es una buena alternativa de energía renovable

JORGE LUIS DIAZ RODRIGUEZ
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
REG. C.M.P. N° 259093

DIA: 18/09/2024	HORA: 9:00 AM
LUGAR: Pimentel	ENTREVISTADO: JORGE LUIS POLO VALLEJOS DNI: 47211926
TEMA: "DISEÑO MECANICO Y MODELADO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE ENERGIA UNDIMOTRIZ PARA GENERAR ENERGIA ELECTRICA, DISTRITO DE PIMENTEL"	
PREGUNTA 1: ¿Qué condiciones meteorológicas predominan en la zona y cómo afectan a las olas?	RESPUESTA: En la ciudad de pimentel tiene presencia de fuertes vientos, Lo que favorece al oleaje en la playa de pimentel.
PREGUNTA 2: ¿Qué tipo de sistemas de aprovechamiento de energía undimotriz existen?	RESPUESTA: - Mosa giratorio - sistema Reboamiento - Amortiguador de punto
PREGUNTA 3: ¿Qué materiales serían los más adecuados para construir el dispositivo mecánico, considerando la resistencia a la corrosión y la durabilidad?	RESPUESTA: - Cobre - Titanio - Acero aleado de alta densidad
PREGUNTA 4: ¿Qué efectos podría tener la instalación del sistema en el ecosistema marino local?	RESPUESTA: - Impactos en Los ecosistema en el mar.
PREGUNTA 5: ¿Qué le parece el aprovechamiento de la energía undimotriz en la ciudad de pimentel?	RESPUESTA: - Es una buena alternativa para generar energía eléctrica limpia, y tendrá un impacto positivo a la economía y educación del distrito de pimentel


 JORGE LUIS POLO VALLEJOS
 INGENIERO EN CABLEO ELECTRICO
 REG. CIP. 246413

DIA: 10/09/2024	HORA: 13:05 PM
LUGAR: PIMENTEL	ENTREVISTADO: JOSE GONZALEZ BRITO DNI: 41916224
TEMA: "DISEÑO MECANICO Y MODELADO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE ENERGIA UNDIMOTRIZ PARA GENERAR ENERGIA ELECTRICA, DISTRITO DE PIMENTEL"	
PREGUNTA 1: ¿Qué condiciones meteorológicas predominan en la zona y cómo afectan a las olas?	RESPUESTA: EN LA ZONA COSTERA DE PIMENTEL PREDOMINAN LAS FUERTES VIENTOS FRECUENCIENDO A LA OLAS QUE PUEDEN SER APROVECHADAS PARA GENERAR ENERGIA.
PREGUNTA 2: ¿Qué tipo de sistemas de aprovechamiento de energia undimotriz existen?	RESPUESTA: - CONVERTIDOR DE OLAS - MASA GIRATORIA - SISTEMA DE REBROSPAMIENTO
PREGUNTA 3: ¿Qué materiales serian los más adecuados para construir el dispositivo mecánico, considerando la resistencia a la corrosión y la durabilidad?	RESPUESTA: - ACERO ALEADO DE ALTA PENSIDAD - TITANIO - COBRE
PREGUNTA 4: ¿Qué efectos podría tener la instalación del sistema en el ecosistema marino local?	RESPUESTA: ES UNA BUENA ALTERNATIVA PARA BRINDAR ENERGIA ELECTRICA A LAS FAMILIAS QUE SE ENCUENTRAN CERCA A LA BORDA DEL MAR
PREGUNTA 5: ¿Qué le parece el aprovechamiento de la energia undimotriz en la ciudad de pimentel?	RESPUESTA: PODRIA OCACIONAR LA MIGRACION DE ANIMALES MARINOS, ESTO POR LOS EQUIPOS INSTALADOS EN EL MAR.


 JOSE LUIS GONZALEZ BRITO
 INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
 REG. CP N° 111528



**ACTA DE CONTROL DE REVISIÓN DE
SIMILITUD DE LA INVESTIGACIÓN**

Código:	F3.PP2-PR.02
Versión:	02
Fecha:	18/04/2024
Hoja:	1 de 1

Yo, **Silvia Yvone Gastiaturú Morales**, coordinador de investigación del Programa de Estudios de Ingeniería Mecánica Eléctrica, he realizado el control de originalidad de la investigación, el mismo que está dentro de los porcentajes establecidos para el nivel de Pregrado, según la Directiva de similitud vigente en USS; además certifico que la versión que hace entrega es la versión final de la Tesis titulado: **DISEÑO MECÁNICO Y MODELADO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA UNDIMOTRIZ PARA GENERAR ENERGÍA ELÉCTRICA, DISTRITO DE PIMENTEL**, elaborado por el (los) Bachiller(es):

CHILCON SANCHEZ HEBER ALEXANDER

Se deja constancia que la investigación antes indicada tiene un índice de similitud del **12%**, verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el software de similitud TURNITIN.

Por lo que se concluye que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con lo establecido en la Directiva sobre índice de similitud de los productos académicos y de investigación vigente.

Pimentel, 6 de febrero de 2025

Dra. Gastiaturú Morales Silvia Yvone

Coordinador de Investigación

DNI N° 16481433