



# **UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”**



## **FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA TESIS**

**Para obtener el título profesional de:**

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**“Determinar el potencial energético undimotriz para la  
generación eléctrica en el norte del Perú”**

**Autor:**

**Bach. Rojas Llaguento Santos Braulio**

**Asesor:**

**Dr. Ing. James Skinner Celada Padilla**

**Lambayeque – Perú**

**2024**



# **UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”**



**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA**

## **TESIS**

**Para obtener el título profesional de:  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**“Determinar el potencial energético undimotriz para la generación eléctrica en el norte del Perú”**

**Autor:**

**Bach. Rojas Llaguento Santos Braulio**

**Aprobado por el jurado Examinador:**

**PRESIDENTE : M.Sc. Ing. Carlos Yupanqui Rodríguez**

**SECRETARIO : M.Sc. Lic Egberto Serafín Gutiérrez Atoche**

**MIEMBRO : ING. Teobaldo Edgar Julca Orozco**

**ASESOR : Dr. Ing. James Skinner Celada Padilla**

**Lambayeque – Perú**

**2024**



# UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”



## FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA TESIS

TITULO:

**“Determinar el potencial energético undimotriz para la generación eléctrica en el norte del Perú”**

### CONTENIDOS:

- Capítulo I : Problema de la Investigación.  
Capítulo II : Marco Teórico.  
Capítulo III : Marco Metodológico.  
Capítulo IV : Análisis e interpretación de los resultados.  
Capítulo V : Conclusiones y Recomendaciones.  
Capítulo VI : Referencias Bibliográficas Anexos.

**Autor: Bach. Rojas Llaguento Santos Braulio**

M.Sc. Ing. CARLOS YUPANQUI RODRIGUEZ  
PRESIDENTE

M.Sc. Lic. EGBERTO SERAFIN GUTIERREZ ATOCHE  
SECRETARIO

ING. TEOBALDO EDGAR JULCA OROZCO  
MIEMBRO

Dr. Ing. JAMES SKINNER CELADA PADILLA  
ASESOR

Lambayeque – Perú

2024

## Índice de contenido

Índice de tablas .....	v
Índice de figuras .....	vii
Resumen .....	ix
Abstract .....	x
I     INTRODUCCIÓN.....	1
II    MARCO TEÓRICO.....	4
III   METODOLOGÍA.....	30
3.1   Tipo y diseño de investigación.....	30
3.2   Variables y Operacionalización .....	30
3.3   Operacionalización de variables.....	32
3.4   Población, muestra y muestreo. ....	33
3.5   Procedimientos.....	35
3.6   Método de análisis de datos.....	35
3.7   Aspectos Éticos .....	37
IV    RESULTADOS. ....	37
V     DISCUSIÓN.....	74
VI    CONCLUSIONES.....	79
VII   RECOMENDACIONES. ....	80
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS. ....	81
ANEXOS .....	84

## Índice de tablas

Tabla 1: <i>Resumen de factores económicos e incentivos</i> .....	7
Tabla 2: <i>Clasificación de los incentivos para renovables - I</i> .....	8
Tabla 3: <i>Clasificación de los incentivos para renovables - II</i> .....	8
Tabla 4: <i>Tabla de técnicas e instrumentos</i> .....	34
Tabla 5: <i>Valores Medios de la altura significativa, periodo medio, potencia y dirección de propagación de olas</i> .....	44
Tabla 6: <i>Generación Bruta anual por tipo de Combustible</i> .....	44
Tabla 7: <i>Ventas a clientes libres y regulados</i> .....	45
Tabla 8: <i>Longitud de Onda Anual</i> .....	47
Tabla 9: <i>Celeridad Energética de las Olas</i> .....	48
Tabla 10: <i>Celeridad de Ola y celeridad de grupo</i> .....	49
Tabla 11: <i>Flujo de Energía 2019</i> .....	49
Tabla 12: <i>Valores de energía total</i> .....	50
Tabla 13: <i>Longitud de onda Anual</i> .....	50
Tabla 14: <i>Celeridad energética de las Olas</i> .....	51
Tabla 15: <i>Celeridad de Ola y celeridad de grupo</i> .....	52
Tabla 16: <i>Flujo de energía 2020</i> .....	52
Tabla 17: <i>Valores de energía total</i> .....	53
Tabla 18: <i>Longitud de Onda Anual</i> .....	53
Tabla 19: <i>Celeridad energética de las Olas</i> .....	54
Tabla 20: <i>Celeridad de Ola y celeridad de grupo</i> .....	55
Tabla 21: <i>Flujo de energía 2021</i> .....	55

Tabla 22: <i>Valores de energía total.</i> .....	56
Tabla 23: <i>Información general Año 2019, 2020, 2021.</i> .....	56
Tabla 24: <i>Demanda eléctrica promedio abastecer.</i> .....	58
Tabla 25: <i>Periodos de resonancia.</i> .....	59
Tabla 26: <i>Dimensiones de la boya oscilante.</i> .....	60

## Índice de figuras

<i>Figura 1:</i> Generación eléctrica por fuente de ALC - 2020 .....	1
<i>Figura 2:</i> Balance energético del Perú - 2020. ....	2
<i>Figura 3:</i> Principales medidas del Wavedragon .....	10
<i>Figura 4:</i> Dispositivo tipo Aqua-Buoy - Undimotriz .....	11
<i>Figura 5:</i> Boya Aqua-Buoy - Anatomía.....	11
<i>Figura 6:</i> Diagrama del sistema Pelamis.....	12
<i>Figura 7:</i> Dispositivo Undimotriz SDE .....	14
<i>Figura 8:</i> Ejemplos de tecnologías Undimotriz en el mundo. ....	14
<i>Figura 9:</i> Parámetros de una onda.....	15
<i>Figura 10:</i> Potenciales de energía undimotriz en el mundo Oleaje .....	17
<i>Figura 11:</i> Variación de la ola para diferentes profundidades. ....	20
<i>Figura 12:</i> Ubicaciones de convertidores. ....	21
<i>Figura 13:</i> Sistema Atenuador - Potencia nominal Rango 0.75 MW .....	22
<i>Figura 14:</i> Generador desbordante, Case Cone, Rango 1 MW.....	23
<i>Figura 15:</i> Generador Wave Dragon, Rango 11 MW. ....	23
<i>Figura 16:</i> Absorbedor puntual, Potencia nominal 150 kW. ....	24
<i>Figura 17:</i> Generador Undimotriz Oscilante Pot. nominal 800 kW. ....	25
<i>Figura 18:</i> Clasificación de los convertidores - Tamaño y orientación.....	26
<i>Figura 19:</i> Maquina síncrona.....	27
<i>Figura 20:</i> Diagrama de cajas de la investigación.....	29
<i>Figura 21:</i> Esquema de localización de dispositivos según distancia de la costa. ....	39
<i>Figura 22:</i> Dispositivo atenuador.....	40
<i>Figura 24:</i> Dispositivo terminador.....	41

<i>Figura 25:</i> Dispositivo SPD.....	42
<i>Figura 26:</i> Dispositivo OWSC.....	43
<i>Figura 27:</i> Dispositivo OWC .....	44
<i>Figura 28:</i> Dispositivo de desbordamiento. ....	45
<i>Figura 29:</i> Distribución porcentual del oleaje en la zona. ....	46
<i>Figura 30:</i> Porcentaje de oleaje característico de la zona. ....	49
<i>Figura 31:</i> Distribución de presiones según dimensiones en .....	51
<i>Figura 32:</i> Periodo de resonancia según las dimensiones de la boya.....	52
<i>Figura 33:</i> Dimensiones de la boya para entrar en resonancia. ....	54



## Resumen

El campo de la energía de las olas es una nueva alternativa energética sostenible y no convencional con un futuro brillante, a partir de la presencia de las olas, la regularidad del día y la noche, la intensidad de las olas y los elementos vegetales de mayor tamaño debido a la energía. Esta es una novedad sostenible. Una alternativa energética no convencional y de gran futuro, tanto en ciclo simple como combinado, que brinda alternativas a formas alternativas de generación de energía como el diésel térmico, el carbón térmico y el gas natural térmico, haciéndolas más sostenibles en el sistema interconectado del país con eficiencias muy superiores a los de las lámparas eléctricas. Energía eólica alternativa, incluida la energía solar.

Para fines específicos, estamos en la tecnología Perú y actual, y estamos en costas de Perú y Pigura, costas de Firura, costas de Fiura y otras tecnologías, Somos "lucotrólisis", el número, restricción, límite, oportunidad y tecnología en la región y la región de Fiura. Tenemos un sistema de viabilidad del sistema, es decir, el sistema de viabilidad del sistema, el sistema de viabilidad del sistema, la red, el vapor flotante, el ingreso energético, el ingreso energético, el potencial de supervivencia del sistema, que es, la supervivencia del sistema, es decir, la supervivencia del sistema ". Diseña características importantes del sistema de cooperación regional y Piura. Mecanismo de transición y productores comerciales.

**Palabras clave:** Generación undimotriz, boyas, energía por onda, eficiencia, potencial energético.

## **Abstract**

The field of wave energy is a new sustainable and unconventional energy alternative with a bright future, based on the presence of waves, the regularity of day and night, the intensity of the waves and the highest plant elements. size due to energy. This is a sustainable novelty. A non-conventional energy alternative with a great future, both in simple and combined cycle, that provides alternatives to alternative forms of energy generation such as thermal diesel, thermal coal and thermal natural gas, making them more sustainable in the country's interconnected system. with efficiencies much higher than those of electric lamps Alternative wind energy, including solar energy.

For specific purposes, we are in Peru and current technology, and we are in Peru and Piura coasts, Piura coasts, Piura coasts and other technologies. , We are "lucotrolysis", the number, restriction, restriction, restriction, limit, opportunity and technology in the region and the Piura region. We have a system feasibility system, that is, the system feasibility system, the system feasibility system, the network, the floating steam, the energy income, the energy income, the system survival potential, which is, the survival of the system, that is, the survival of the system. "Designs important characteristics of the regional cooperation system and Piura. Transition mechanism and commercial producers.

**Keywords:** Wave power generation, buoys, wave energy, efficiency

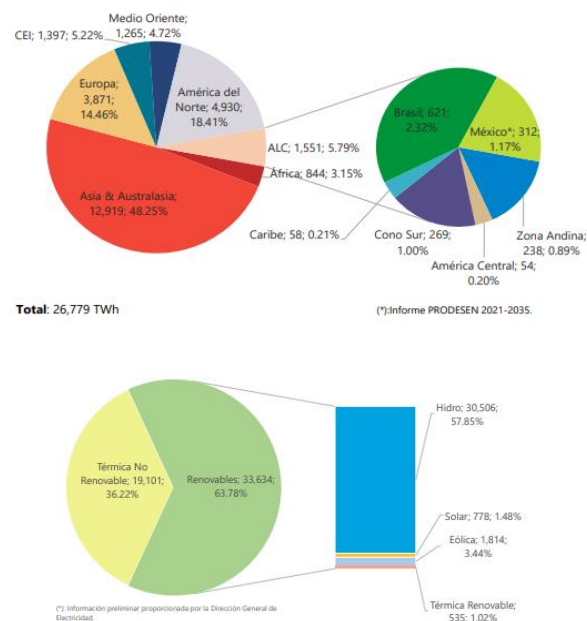
## I INTRODUCCIÓN.

Actualmente, el mundo está atravesando una transición energética desde el uso de productos derivados del petróleo (a base de carbón) hacia fuentes de energía renovables para reducir la contaminación por CO<sub>2</sub>. Todos los países del mundo se han convertido en uno a través de acuerdos y programas como el Acuerdo de París de 2015. La energía disruptiva (fuentes de energía renovables no convencionales) y el almacenamiento de energía son dos aspectos importantes de la transición energética mediante la generación distribuida. El problema, sin embargo, reside en los recursos utilizados para los sistemas eléctricos, de calefacción y de transporte, (TWENERGY, 2019).

Dentro de la matriz energética mundial, América Latina y El Caribe (ALC) representa solo un 5.79% de generación total de energía. El balance energético por fuente del ALC, indica que el 36.22% de la energía generada es térmica no renovable. Esto se presenta en la figura siguiente, (OLADE, 2020):

**Figura 1:**

Generación eléctrica por fuente de ALC - 2020

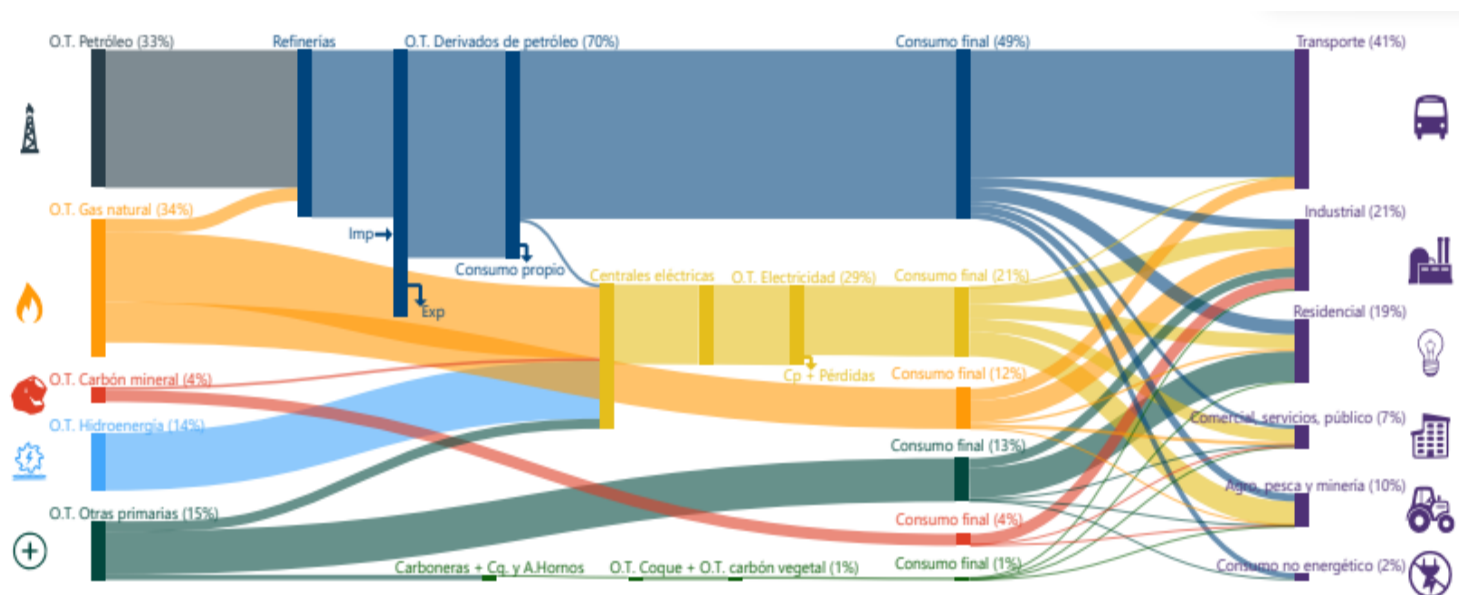


**Fuente:** SIELAC – OLADE (2020).

## Realidad Nacional.

Analizando la matriz energética del Perú en el año 2019 (figura 2), la mayor cantidad de consumo energético proviene de las energías por derivados del petróleo, la que se usa para refinería, productos, importación, transporte y generación eléctrica. La generación hidroeléctrica solo representa el 13% del consumo energético del país, y este es dentro de la matriz eléctrica más del 50%. (SIELAC - OLADE, 2019).

**Figura 2:** Generación eléctrica por fuente de ALC - 2020



**Fuente:** SIELAC – OLADE (2020)

Por otro lado, otro problema es la distribución de electricidad. La calidad de los servicios públicos en el ámbito de la distribución de energía en las regiones de Piura y Tumbes fue valorada como mala por el 47,3% de los consumidores, mientras que el 14,5% se quejó de interrupciones en la red de baja tensión. En comparación, en la red de media presión se registraron un 0,2% de defectos de calidad y un 27% de defectos. Esto contribuyó al aumento de la demanda máxima anual y a un aumento del 14,25% en las pérdidas de distribución y transmisión. (ENOSA, 2021), debido a estas causas se realiza la formulación del problema central ¿Existirá Potencial de Generación de Energía Undimotriz en las Regiones de Tumbes y Piura, para alimentar al Sistema Interconectado, que tecnologías podrán ser utilizadas?. Teniendo como justificación que este proyecto de investigación es útil porque implica la búsqueda de un cambio en el consumo de energía eléctrica que sea limpia y que no contamine el ambiente. Este tipo de energía no implica la combustión de combustibles, tampoco contamina el ambiente con ruido y no emite gases de efecto invernadero. En base a las estadísticas, este informe busca dar una solución a los problemas eléctricos dados por el servicio público de energía, cómo aumentar la calidad del servicio y reducir las pérdidas de la transmisión, analizando el potencial de las olas en las playas de Tumbes y Piura para generar electricidad. Asimismo, este trabajo de investigación tiene trascendencia social debido al beneficio que obtendrán los pobladores de donde se va a realizar el estudio y si en algún momento dado se invierte en una central, pues la población y las ciudades portuarias cercanas y en constante crecimiento se beneficiarían de este proyecto utilizando la energía eléctrica que se genere, tratándose de una energía limpia (mar) e inagotable lo cual no presenta contaminación a la perspectiva ni al medio ambiente que sea significativa para la población.. Además, servirá para próximas investigaciones relacionadas al estudio del potencial energético de las olas. Nuestro objetivo general es analizar el potencial energético Undimotriz para generación eléctrica en las Regiones de Tumbes y Piura, para alimentar al Sistema Interconectado y que tecnologías podrían ser utilizadas y como objetivos específicos tenemos que

Determinar cuáles son las tecnologías vigentes de generación undimotriz y su posibilidad de aplicarlas a las Regiones Tumbes –Piura,

Potencial undimotriz, de las Regiones Tumbes – Piura y sus restricciones aplicando los conocimientos adquiridos sobre la zona y las tecnologías vigentes en generación undimotriz.

Principales características del sistema de generación undimotriz para las Regiones Tumbes – Piura de tal manera que se permita

Evaluar la factibilidad técnica y económica de los sistemas de generación undimotriz señalados.

Como hipótesis de la presente investigación ¿Existe Potencial de Generación de Energía Undimotriz en las Regiones de Tumbes y Piura, para instalar y operar Plantas Generadores que alimenten al Sistema Interconectado, que tecnologías podrán ser utilizadas?

## **II MARCO TEÓRICO.**

### **Antecedentes Internacionales**

(Roy, 2021) En su trabajo, la generación de energía de olas profundas se considera seriamente como una opción viable en entornos marinos donde las diferencias estacionales en la potencia media, así como las fluctuaciones de potencia a corto plazo con respecto a la ubicación y el contexto, son importantes. Ubicación. La elección de la tecnología. Las experiencias anteriores con instalaciones de energía de las olas en tierra no han sido del todo alentadoras y han causado considerable preocupación en ambas partes. Este artículo tiene como objetivo formular una expresión analítica de forma cerrada para la producción de energía promedio a corto plazo y la volatilidad asociada que pueda usarse fácilmente para pronósticos bidimensionales con referencia a futuras instalaciones y tecnologías de conversión de energía de las olas (WEC). Se concluye que la fórmula desarrollada puede ser un apoyo útil no sólo en las etapas de planificación de proyectos y evaluación de recursos, sino también en el análisis general de la viabilidad de la producción de energía marina.

(Garcia-Teruek, 2021) en su artículo, indica que reducir el costo total financiero de la **energía Eléctrica** de los convertidores de energía de las olas es clave para el

avance de la tecnología. Los costos asociados con la estructura del dispositivo muestran el mayor potencial para lograr esta reducción. Por esta razón, se han realizado muchos estudios de optimización de la geometría del casco en los últimos 20 años, con el objetivo de encontrar formas mejoradas del casco, que maximicen la generación de energía y minimicen los costos. Estos estudios se han realizado para diferentes tipos de dispositivos, aplicando una serie de algoritmos de optimización y representando la generación de energía y los costos con diversas estrategias. La definición del problema de optimización y el uso de las estrategias más adecuadas es clave para un proceso de optimización exitoso, que proporcionará resultados significativos y apoyará el diseño del dispositivo en las primeras etapas de desarrollo. Este documento tiene como objetivo examinar enfoques diferentes, con miras a destilar las principales conclusiones y las mejores prácticas; formular recomendaciones basadas en ellas. El trabajo está siempre destinado a servir como referencia para cualquier desarrollador de tecnología que desee realizar la optimización del convertidor de energía undimotriz y para cualquier organismo de financiación que desee evaluar diferentes diseños de dispositivos.

(Subekti, Parjiman, Hanifah, 2020), En su artículo lleva a cabo el diseño de plantas de energía híbridas de olas marinas combinando la energía de las olas con la energía eólica. Vertical La energía de las olas del océano se convierte en la energía hidráulica a presión para rotar turbinas conectadas a generadores de corriente continua, mientras que la energía eólica utiliza turbinas eólicas conectadas a generadores de corriente continua, las energías producidas por ambos mejorarán las fluctuaciones en la energía eléctrica. utilizando métodos de investigación y desarrollo, la unidad de generación de energía undimotriz consta de un amortiguador, un pistón y válvulas de cilindro, entrada y salida, depósitos, turbinas y generadores de corriente continua, mientras que la energía eólica consiste en unidades de aerogeneradores, engranajes y generadores de corriente continua. La energía eléctrica generada por las dos unidades se combina en el módulo de control. Esta investigación produce energía que es bastante estable y es muy adecuada para ser utilizada como suministro de eléctrico.

(Jafari, 2018), en su tesis nos indica que «muchos investigadores están interesados en la investigación de la conversión de energía de las olas oceánicas (OWEC),

porque la generación con este dispositivo se considera energía renovable y limpia. Un nuevo convertidor de energía undimotriz llamado "Searaser" fue inventado con nueva tecnología en 2013. El objetivo es estudiar la capacidad del software comercial Flow-3D en la simulación de este convertidor de energía. Con el fin de validar los resultados, se realizó una comparación entre la investigación numérica y experimental, que mostró una buena concordancia en el movimiento de la boya. En esta investigación, el convertidor de energía de las olas se simuló dentro de un tanque de olas que incluye agua. Además, las ecuaciones de Reynolds Averaged Navier-Stokes se combinaron con el modelo de volumen de fluido (VOF) para generar ondas de propagación con trayectoria lineal numéricas tridimensionales, así como para resolver el flujo de fluidos. Los contornos de presión y velocidad se mostraron cuando la ola paso por la boya. Aunque se utilizan diferentes métodos para la generación de malla de dominios sólidos y fluidos en este software, concluyendo que la capacidad del software Flow-3D para modelar los problemas de interacción de la estructura fluida (FSI), incluidos los movimientos de onda. Sin embargo, se necesitan más estudios paramétricos para ilustrar más detalles sobre la generación de energía de este convertidor de energía.

(Chen, 2017), En su tesis, manifiesta que la energía total giga eólica, la energía de las olas y la energía solar se pueden utilizar para satisfacer la demanda de suministro de energía. Sin embargo, la densidad de energía de estas fuentes de energía renovables es baja y la estabilidad es pobre, lo que puede causar inestabilidad en el suministro de energía. Para hacer frente a este problema, tiene como objetivo introducir un sistema de energía híbrida multiejetiva basado en la energía undimotriz y eólica para mejorar la estabilidad y calidad de la energía. Basado en la energía de las olas y la energía eólica, en este documento se establece un sistema de energía híbrida multiejetiva, y se analizan y deducen todo el modelo del sistema y la estrategia de control del generador eólico y el generador de olas de accionamiento directo y la estrategia de control del inversor del lado de la red. Los resultados muestran que la energía eólica y las energías de las olas se pueden utilizar para generar electricidad, la potencia de salida es estable y se logra un seguimiento de la energía.



En cuanto a los incentivos por políticas macroeconómicas de los gobiernos, debemos de tener en cuenta, en el caso de Colombia:

Los sistemas de conversión de energía oceánica han recibido mucha atención mundial últimamente, debido a la creciente demanda de energía. Además de la existencia de varios sistemas de producción, es necesario emprender nuevas formas de obtención de energía, sin un modelo económico claro. En Colombia, existe la Ley 1715 de 2014, que regula la inserción de energías no convencionales a la matriz nacional.

Para el caso de Estados Unidos, los factores económicos que influyen en el uso de la energía undimotriz para producir electricidad son diferentes, uno de los cuales es el tipo de incentivos que tienen el cual se muestra en la Figura 3 a continuación, junto con una breve descripción:

**Tabla 1:**

Resumen de factores económicos e incentivos

CATEGORIA INCENTIVO	INCENTIVO	BREVE DESCRIPCIÓN
INCENTIVOS ELECCIÓN DEL CLIENTE	Normas de cartera de renovables (RPS) - Créditos Comerciales de Energía Renovable (TREC)	TRECs se asignan a las energías renovables proveedores de energía por cada kWh generan y se puede usar para cumplir con el RPS.
	Utilidad programa de precios verde	Un programa de precios especiales para las energías renovables establecidos gestionado por los servicios públicos
INCENTIVOS MONETARIOS INDIRECTOS	Tarifas fijas	Proveedores de servicios públicos están obligados a comprar energía renovable a precios fijos, establecidos por alguna agencia reguladora.
	Incentivo a la producción directa	Generadores renovables reciben pagos en efectivo en base a la cantidad de electricidad generada por la instalación.
	Incentivo a la inversión directa	Un generador recibe dinero en efectivo para invertir en energía renovable al igual que su subvención.
INCENTIVOS MONETARIOS DIRECTOS	Crédito fiscal a la producción	El desarrollador recibe un crédito fiscal anual vinculado a la cantidad de electricidad producida
	Crédito fiscal a la inversión	El desarrollador recibe un crédito de impuesto por única vez para las inversiones en energías renovables
	Las ventas estatales y locales de reducción de impuestos	Reducción del impuesto sobre las ventas en los componentes de una instalación de energía renovable reduce la instalación y el costo nivelado general del proyecto.
	Reducción de impuestos a la propiedad	Esto reduce el coste global de la tierra para una instalación de energía renovable.
	Programa de depreciación acelerada	Esto permite a las empresas afirman que la pérdida de valor de activos como un gasto no en efectivo que podrá deducirse de la base imponible y por lo tanto disminuyen impuesto sobre la renta anual.
FINANCIACIÓN DE LA DEUDA DE BAJO COSTE	Préstamos subsidiados por el gobierno	Las menores tasas de interés de estos préstamos ayudan a los desarrolladores de proyectos a financiar sus proyectos.
	Garantías de préstamos Proyecto	El gobierno garantiza que un préstamo será pagado a la entidad crediticia, por consiguiente, lo que facilita la obtención de la financiación de proyectos

**Fuente:** (Kobanoski, 2019) , Elaboración propia

En cualquier caso, las agencias gubernamentales parecen estar detrás de estos incentivos. Esto se debe a que es importante que ambos países encuentren formas de satisfacer sus necesidades energéticas actuales. Sin embargo, si vamos a hablar de introducir electricidad basada en las olas, debemos considerar cómo crear tales incentivos en Colombia.

En un artículo del IEEE, (Wave, 2019) notamos cómo se aborda este tipo de producción desde un punto de vista económico y cómo se compara con otros tipos de producción de **energía eléctrica**, donde antes de la prioridad hay una clasificación de incentivos bidireccional (Figuras 4 y 5) que se pueden ver a continuación:

**Tabla 2:**

Clasificación de los incentivos para renovables - I

Incentivo energía renovable	Oferta mercado	Demanda mercado
Taza de Crédito de Producción		X
Precio, utilidad programa verde	X	
Taza de reducción de venta	X	
Taza de reducción de propiedad		X
Subsidio préstamos gubernamental		X
Proyecto de préstamos y garantías		X
Tazas de inversión de crédito		X
Portafolio estándar de renovables - vía créditos de energías renovables	X	
Tarifa fija (Geman)		X
Incentivo directo de producción		X
Incentivo directo de inversión		X
Programa de depreciación acelerada		X

**Fuente:** (Kobanoski, 2019) Elaboración propia.

**Tabla 3:**

Clasificación de los incentivos para renovables - II

incentivo energía renovable	Incentivo directo de efectivo	Incentivo indirecto de efectivo	Financiamiento debito de bajo costo	Elección del cliente
Taza de Crédito de Producción		X		
Precio, utilidad programa verde				X
Taza de reducción de venta		X		
Taza de reducción de propiedad		X		

Subsidio préstamos gubernamental		X	
Proyecto de préstamos y garantías		X	
Tazas de inversión de crédito	X		
Portafolio estándar de renovables - vía créditos de energía renovable			X

**Fuente:** (Kobanoski, 2019) Elaboración propia.

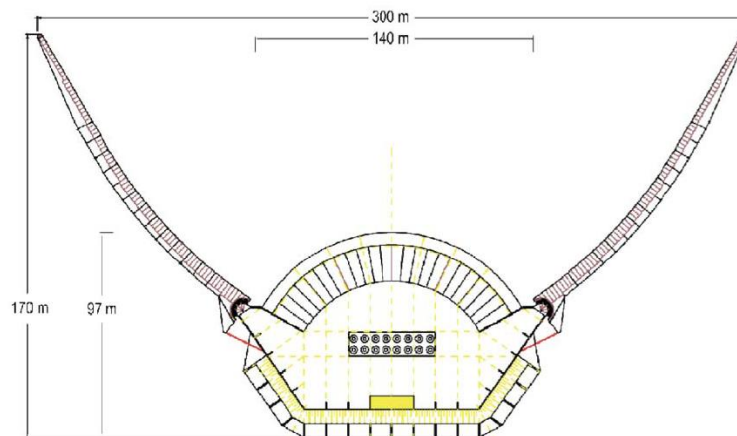
Principales tecnologías undimotriz, utilizadas en la actualidad en el Mundo, donde debemos de destacar:

### Wave Dragón.

Este mecanismo de desbordamiento consta de una rampa de flujo curva y dos brazos reflectores que se utilizan para dirigir la energía al depósito de desbordamiento. Muchas turbinas Kaplan modificadas conectadas directamente a generadores de imanes permanentes se utilizan para desviar el agua durante la marea baja. La potencia generada depende del clima de mareas y varía entre 4 y 11 MW. Es el dispositivo más grande en desarrollo. El dispositivo se fija con una cuerda floja y se puede girar para que siempre mire en la dirección de las olas. (Medel , 2018).

#### **Figura 3:**

*Principales medidas del Wavedragon*



Fuente : (Garson, 2018) , elaboración propia

Otra alternativa moderna es el Aqua-Buoy, un dispositivo que utiliza el principio de absorción puntual mediante la interacción de flotación libre con la columna de agua que se encuentra debajo. Este cigüeñal impulsa un conjunto de pistones que accionan una bomba de agua de acero reforzado, aumentando la presión del agua. El uso de un acumulador de alta presión proporciona mejor potencia y flujo a la turbina. Las líneas se sincronizan mediante variadores de velocidad y transformadores elevadores para garantizar el nivel de tensión correcto. La Figura 7 muestra la anatomía del escudo, lo que permite evaluar sus componentes principales. El flotador actúa como boya. La turbina se coloca sobre un flotador. Un tubo de aceleración que mueve el agua hacia adelante y hacia atrás en ambos

extremos para mover el pistón; A medida que el pistón se mueve a través del agua en circulación, la bomba peristáltica y el cable de tierra se comprimen y expanden, transfiriendo energía eléctrica.

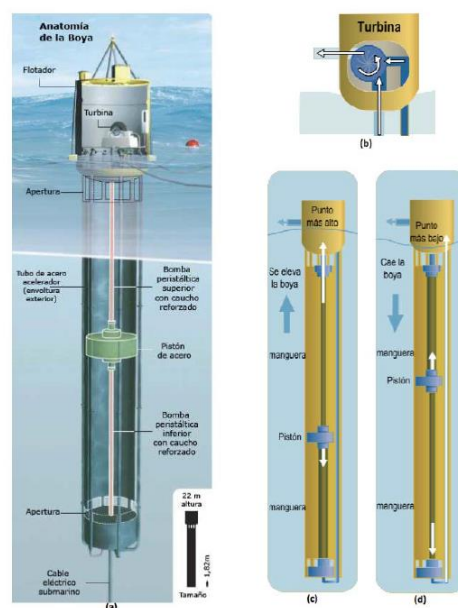
**Figura 4:**

Dispositivo tipo Aqua-Buoy - Undimotriz



Fuente: (Garson, 2018) , elaboración propia

**Figura 5: Boya Aqua-Buoy - Anatomía**



Fuente : (Garson, 2018) , elaboración propia

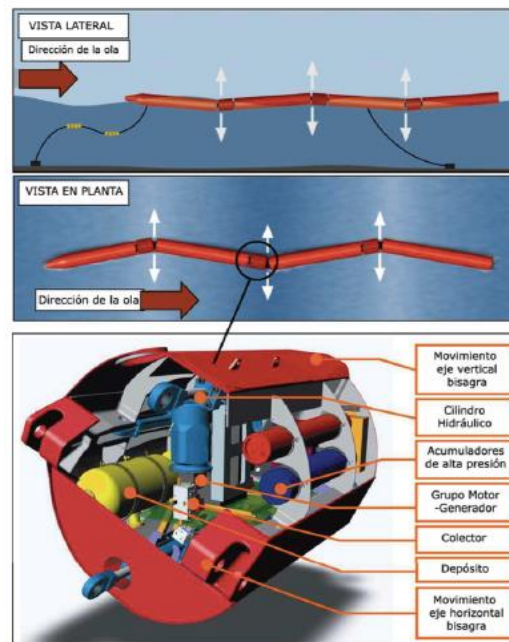
El diseño del colector de energía puede ser un sistema de circuito cerrado o abierto. Una de sus limitaciones es el desgaste que tiene a medida que pasa la ola, lo que reduce su rendimiento. Los cascos de apoyo son estructuras de acero que se pueden construir localmente utilizando técnicas de construcción comunes disponibles en la mayoría de los astilleros. Esta estructura se extiende unos 30 metros bajo el agua, por lo que se requiere una profundidad mínima del agua de unos 50 metros, (Previsic, 2017).

### **Pelamis.**

Consiste en un dispositivo semi-sumergible semi-flotante que consta de cuatro secciones cilíndricas conectadas por bisagras para permitir la maniobrabilidad. El movimiento provocado por la onda en las articulaciones de la unidad Pelamis es contrarrestado por cilindros hidráulicos, que bombean aceite a alta presión a los actuadores hidráulicos a través de acumuladores. Este motor hidráulico es responsable de hacer girar el generador de inducción para producir electricidad, la potencia total de un dispositivo es de 750 kW. La energía para todo el complejo se lleva al fondo del mar mediante un solo cable, lo que permite conectar varios dispositivos, utilizando un solo cable submarino a la orilla. (RBI Enginners, 2017)

Figura 6:

Diagrama del sistema Pelamis



Fuente : (Garson, 2018) , elaboración propia

«La Figura 9 Demuestra el equipo Pelamis tanto en el frente como en el suelo, así como el diseño físico del sistema de cambio utilizado. El chasis tiene 150 metros de largo, 3,5 metros de diámetro y tiene tres unidades de conversión independientes. Operando a presiones que van de 100 a 350 bar, cada unidad contiene dos generadores trifásicos de 125 kW 415/690 V 50/60 Hz. Se utiliza una configuración especial en las articulaciones para inducir una respuesta resonante que permite el aumento de potencia obtenido en mares pequeños. El sistema de control de suspensión aplicado a las juntas permite aumentar esta respuesta resonante en mares pequeños donde la eficiencia del receptor debe aprovecharse al máximo, o permite reducir la carga y el transporte en las condiciones actuales. Por lo tanto, el equipo se puede diseñar para que coincida con la respuesta de resonancia y la frecuencia de onda fundamental del sitio en el que está instalado, reduciendo así la potencia reactiva requerida.», (Bravo, 2008)

El método SDE utiliza balsas que flotan en las olas del océano para mover los pistones y crear presión hidráulica, que se acumula y se dirige a un motor hidráulico que impulsa un generador de inducción. El sistema puede presurizar el movimiento en ambas direcciones. Este sistema aprovecha las corrientes de velocidad, altitud, profundidad, subida, bajada y retorno de las olas, produciendo energía de forma más eficiente y económica que otras tecnologías convencionales que requieren grandes superficies. Se corrió un modelo a escala en Israel, produciendo a una tasa de 40 kWh durante 8 meses.

Esta tecnología fue desarrollada para proteger áreas ribereñas expuestas a grandes olas, así como para utilizar la energía de las olas. Para ello, el área debe tener al menos 5 metros de profundidad, con oleaje moderado y una playa disponible a menos de 300 metros de distancia.

La balsa tiene unos 4 metros de ancho y 5 metros de largo, con la ola activa más alta que varía de 0,8 a 4 metros y un límite de ola de 8 metros. Tiene un sistema de protección sumergiendo el pozo y las placas colectoras, evitando así olas que superen el límite especificado, (Enermark Ltda, 2017)


Figura 7:  
Dispositivo Undimotriz SDE



Fuente : (Garson, 2018) , elaboración propia

Si bien los dispositivos anteriores son sólo los dispositivos más comunes que existen en la actualidad, no debemos olvidar que la energía de las olas nos ofrece varias alternativas para aprovechar todo el potencial del mar. Luego se agregó un resumen con más proyectos alrededor del mundo, clasificados según su ubicación, cómo reciben energía y su tamaño. Ver Figura 8

Figura 8:  
Ejemplos de tecnologías Undimotriz en el mundo.

	OWC	Efecto Arquimedes	Cuerpo boyante individual	Cuerpo boyante múltiple	Rebosamiento	Impacto
Offshore	 OE Buoy Ocean Energy (IRL)	 AWS AWS Ocean (UK)	 PowerBuoy OPT (USA)	 Pelamis PWP (UK)	 Wave Dragon Wave Dragon (DK)	
Nearshore	 OWC Oceanlinx (AU)	 Ceto I REH (UK)	 Ceto II REH (UK)	 WaveStar Wave Star (DK)		 Oyster Aquamarine (UK)
Onshore	 Limpet WaveGen (UK)				 SSG WAVEenergy (NO)	
	Terminador	Abs. puntual	Atenuador			

Fuente: : (Garson, 2018) , elaboración propia

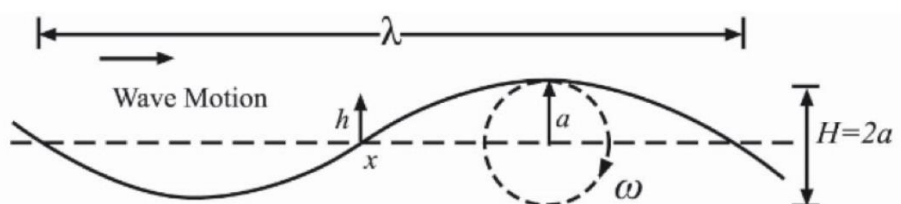


## Nacional

(Neira,Roque , 2020) En su tesis, pretende diseñar un modelo de olas para mejorar el suministro de **energía eléctrica** de la playa Costanera-Huanchaco desde un enfoque de aplicación de transformación descriptiva que implica aplicar una encuesta estrechamente relacionada a la población de ese lugar para ver el modelo de visualización, análisis del comportamiento de las olas de Huanchaco y sus parámetros como altura y período de ola Se determina el presupuesto de instalación y evaluación Asimismo, se encuentra la demanda energética generada por el prototipo y la capacidad requerida para las instalaciones consideradas en esta tesis y como resultado 80% de la población han expresado su aceptación de esta fuente de energía renovable y se ha demostrado que el flujo de energía y la energía total son adecuados debido a la altura de ola en Huanchaco y la altura de ola en Argentina, según este estudio, varía de 1 m a 2 m. El modelo entrega una generación de 30 kW por boya. Finalmente, se concluye que la energía de las olas en este estudio puede generar energía eléctrica y que el proyecto es factible. En cuanto a teorías, relacionadas debemos de tener en cuenta: Características de las olas en la costa de Piura y Tumbes, con base en la teoría de estudios previos.

Figura 9:

Parámetros de una onda.



Fuente: (Mozart, 2017)

La diferencia de altura entre la cresta y el valle es la altura de la onda  $H$  y la amplitud la mitad de la altura; La longitud de onda  $\lambda$  es la distancia entre dos picos sucesivos y es la frecuencia angular expresada en la ecuación (Brooke, 2017).

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad (1)$$

Donde:

$\pi = 3.1416$

$T$  = Periodo de la onda.

Otro parámetro de las ondas es su velocidad, también conocida como tasa de fase, que es la velocidad a la que viajan las olas.

$$c = \frac{\lambda}{T} \quad (2)$$

La velocidad de fase varía según la profundidad del mar por la que pasa la ola, para aguas profundas (donde la profundidad es mayor que la mitad de la longitud de onda la velocidad de fase es:

$$c = \frac{g}{2\pi * T} \quad (3)$$

Para aguas poco profundas, donde la profundidad del agua de mar es inferior a 1/20 de la longitud de onda (o longitud de onda multiplicada por 0,05), la velocidad de fase es:

$$c = \frac{\lambda}{T} \quad (4)$$

donde  $g$  es la gravedad ( $9.80665 \frac{m}{s^2}$ ) y  $H$  es la altura de la ola, y cuando la profundidad del mar es más de la mitad de la longitud de onda y menos de 0.05 veces la longitud de onda, el área del agua la ola es la fórmula intermedia, la ecuación para la velocidad de fase de las olas en estas aguas (McCormick, Ertekin C, 2018) »

$$c = \sqrt{\frac{g}{k} \tanh H (kH)} \quad (5)$$

Donde:

$H$  = Altura de la ola.

$g$  = Gravedad.

$k$  = Número de olas.

Cuantificación de la energía potencial de las olas en las costas de Piura y Tumbes.

El potencial relativo de las fuentes de energía disponibles en las olas del océano en todo el mundo es aproximadamente 2700 GW (Engstrom, J, 2019) y la energía total disponible para su uso es de aproximadamente 500 GW. La energía total de las olas que afectan las costas del mundo en la superficie del océano se estima en alrededor de 2.11 TW, (Gunn K & Stock\_Williams, 2017) según estudios, en el océano pacifico cerca de la costa de Perú en Piura, el promedio anual el nivel de energía de las olas varia de 10 a 20 kW/m, como se puede ver en la figura:

Figura 10:

Potenciales de energía undimotriz en el mundo Oleaje



Fuente : (Mozart, 2017)

Las ecuaciones que se presentan a continuación se eligieron en base a una aproximación del comportamiento del oleaje en el área de demarcación de las costas de la región Piura - Tumbes, tomando en cuenta variables como su gran altura y duración. Estas fórmulas también se pueden utilizar para determinar el potencial al menos en las orillas del río Mar de Grau.

En una ola ideal, donde la altura y la duración de la ola son constantes, la energía de la ola se puede calcular mediante la siguiente ecuación (Duckers, 2017).

$$P = \frac{\rho g^2 H^2 T}{32\pi} \quad (6)$$

Dónde:

P = Potencia (W).

$\rho$  = Densidad del agua (en este caso agua salada de mar): 1.025 kg/m<sup>3</sup>.

G = Gravedad (9.8m/s<sup>2</sup>).

T = Periodo de la ola (s).

H = Altura promedio de la ola.

Sin embargo, una condición típica del mar generalmente consiste en olas de diferentes alturas, duraciones y direcciones. Para mares agitados, se calcula la energía total promedio de las olas,, (Muñoz, 2018).

$$P = kH_s^2T_e \quad (7)$$

Donde  $k$  es una constante que viene dada por la siguiente ecuación:

$$k = \frac{\rho g^2}{64\pi} \quad (8)$$

Donde:

$\rho$  = Densidad del agua de mar (1025 kg/m<sup>3</sup>).

g = Gravedad (9.80665 m/s<sup>2</sup>).

$\pi$  = Pi cuyo valor aproximado es igual a 3.1416.

$k$  = Constante.

Conociendo las variables, basta con hallar el valor de  $k$  y reemplazarlo para que la ecuación de la energía undimotriz sea:

$$P = 490.27 H_s^2T_e \approx 0.49H_s^2T_e \quad (9)$$

Donde:

$P$  = Es el flujo de energía de la ola expresado en kW/m.

$H_s$  = Es la altura significativa de la ola.

$T_e$  = Es el período en segundos.

$H_s$ : Altura promedio de un tercio de las olas más altas en el conjunto de olas en consideración.

Este valor está cerca de la altura que un observador de barco reportaría al examinar la condición a simple vista, ya que este observador tiende a pasar por alto olas más pequeñas y menos visibles. El período de energía  $T_e$ , es el período promedio de la

onda con respecto al espectro de distribución de la transmisión de energía de las olas.,» (Williams , 2015).

El mar real contiene olas de alturas, duraciones y direcciones aleatorias. Durante un corto período de tiempo, las propiedades del mar real no cambian, formando así el estado del mar. Obtenido mediante instrumentos que miden las características de las olas como las boyas oceanográficas o las llamadas boyas de olas (Cooper, 2017).

En cuanto a las tendencias tecnológicas del aprovechamiento de la energía undimotriz en la actualidad, debemos de mencionar:

todo el planeta, lo que crea vientos que soplan sobre la superficie del océano y, por lo tanto, provocan olas. Las olas pueden viajar cientos de kilómetros con una mínima pérdida de energía y con una mayor densidad energética que la fuerza del viento o la fuerza del sol. Estas olas de aguas profundas no deben confundirse con las olas que vemos rompiendo en la playa o en la orilla.

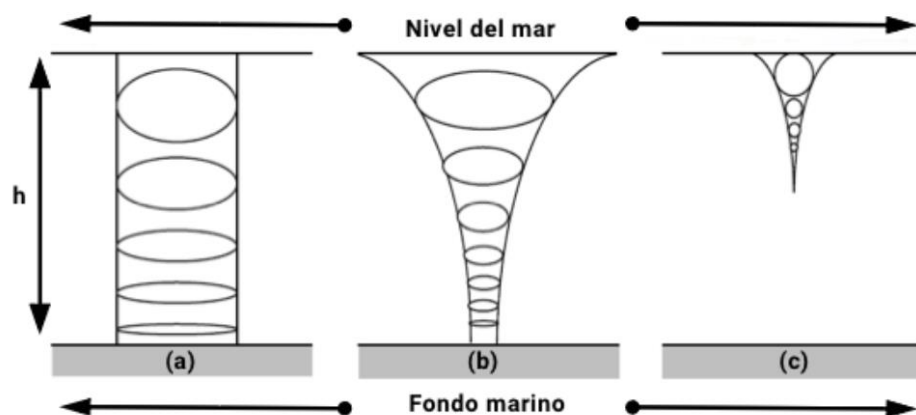
Hay más de 1000 sistemas patentados para capturar y aprovechar la energía de las olas, el más común de los cuales es la tecnología mediante la cual se instalan turbinas en el lecho marino unidas a boyas que transmiten el movimiento de las olas a las turbinas, para generar electricidad. Otro sistema de uso común que consiste en máquinas de flotación articulada que consume la energía del movimiento relativo entre estas partes se conoce como "anguilas marinas". También hay dispositivos instalados en el fondo del mar, que oscilan bajo la influencia de las olas entrantes., (Morales, 2016).

En cuanto al análisis cinemático y dinámico del movimiento de las olas, hay que tener en cuenta: cuando la ola se acerca a la orilla, pierde velocidad y longitud de onda, pero crece con la altura. La mayor parte de la energía se pierde debido a la fricción del fondo marino, por lo que solo una pequeña parte llega a la costa. Las ondas se mueven, pero las moléculas de agua no se mueven, sino que se mueven en una trayectoria elíptica o circular. Si no hay suficiente profundidad, el fondo que puede afectar el desplazamiento vertical de las órbitas será elíptico y si la profundidad es demasiado pequeña, el movimiento vertical está completamente impedido y las trayectorias de las partículas serán las líneas horizontales. Este

movimiento oscilante es más significativo en la superficie y disminuye exponencialmente con la profundidad (donde  $h$  es la profundidad), (Wave Energy AS, 2018)

Figura 11:

Variación de la ola para diferentes profundidades



Fuente: (Mozart, 2017)

### Clasificación de las Tecnologías Utilizadas

El movimiento de las olas se puede convertir en energía mecánica y luego en energía eléctrica utilizando sistemas apropiados. Los transductores de ondas en la literatura se denominan a menudo dispositivos WEC, abreviatura de transductores de ondas. Los transductores de olas ya instalados en la costa, cerca del mar o en el mar, también se instalan individualmente o en el orden de varios dispositivos. La elección de la tecnología está determinada por la topografía del área, los recursos disponibles y/o las necesidades energéticas. Las tecnologías existentes se pueden clasificar en diferentes categorías, que pueden ser:

Una de las más utilizadas es la clasificación que identifica la distancia a la orilla donde se encuentra el dispositivo. Para ellos, tenemos tres posibilidades.

#### Onshore.

Estos equipos están en la costa y pueden utilizar los rompientes de surf como fuente de generación. A menudo están amarrados en la orilla, lo que los hace más fáciles de mantener y menos costosos de instalar. Sin embargo, son los que más sufren el desgaste por exposición al viento y las olas. El potencial energético también es ligeramente inferior al potencial marino.

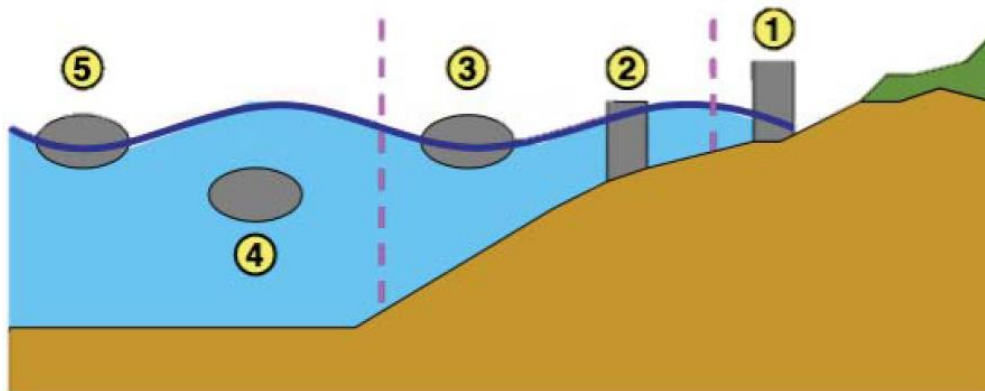
### **Nearshore.**

Se encuentra cerca de la costa, a 500 metros de la costa, con una profundidad de 20-30 metros. En este punto, lo que se utiliza es la velocidad de la onda. **Offshore.**

Estos dispositivos están ubicados en mar abierto, a mayores profundidades. La mayor ventaja de este dispositivo es su alta ganancia de potencia y las desventajas de que su mantenimiento es más caro; Transmisión más costosa y pérdida significativa de energía durante el transporte, que debe realizarse mediante cables subterráneos, lo que también genera interferencia con el tráfico de agua y la flora y fauna existente.

Figura 12:

Ubicaciones de convertidores



Fuente: : (Mozart, 2017)

En donde se tiene que para:

- (1) se utilizarán equipos Onshore.
- (2) Nearshore.
- (3) Nearshore, flotante.
- (4) Offshore, sumergido.
- (5) Offshore, flotante.

Otra de las formas de clasificar, es de acuerdo a la forma de obtener energía de las olas:

### **Sistema Atenuador.**

El atenuador es un dispositivo flotante capaz de operar en paralelo a la dirección de la onda y adaptarse efectivamente a ella. Estos dispositivos capturan la energía

del movimiento relativo a través de dos estructuras mecánicas estrechamente espaciadas, como el dispositivo Pelamis en la Figura 9, que descansa sobre una estructura articulada con un sistema hidráulico entre sus uniones que actúa sobre el generador”. Se estima que la energía obtenida de 30 de estos sistemas puede alimentar a unas 20.000 viviendas con un consumo medio europeo. Es una tecnología bien establecida comercialmente disponible . ,(Gabrielli, 2018)

Figura 13:

Sistema Atenuador - Potencia nominal Rango 0.75 MW



Fuente: (Patron, 2019) , Elaboracion Propia

### **Dispositivos desbordantes.**

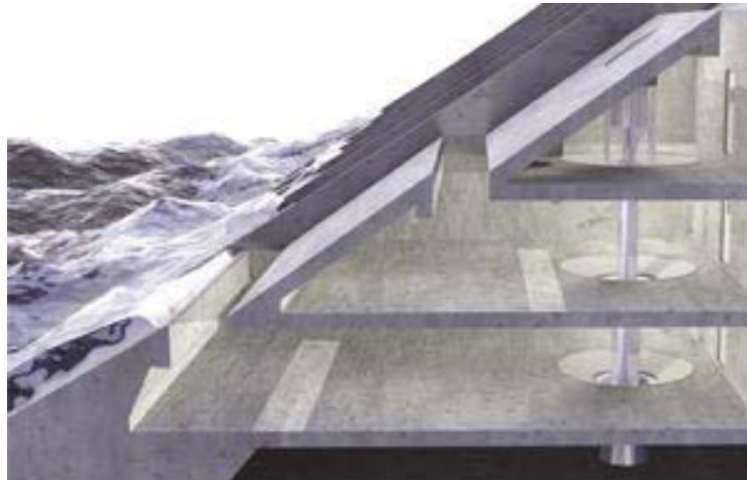
Estos dispositivos capturan energía del frente de onda mediante el uso de un sintonizador para impulsar una o más turbinas hidráulicas de cabezal bajo, llamadas turbinas Kaplan, que aprovechan la energía potencial de las ondas. Hay dos tipos de transductores: aquellos con un casco o estructura costera y aquellos con casco flotante. Lejos de él. En equipos de casco estacionario, el proceso es similar a las centrales hidroeléctricas. La ola incidente ingresa a un tanque sobre el nivel del mar por una rampa, luego el agua pasa a través de turbinas acopladas con generadores antes de regresar al mar. Podemos distinguir entre: SSG (Seawave Slot-Cone Generator), que almacena agua en diferentes dispositivos ubicados a diferentes alturas y utiliza turbinas multietapa. Entre los transductores de estructura



flotante, que operan de manera similar a los anteriores, podemos mencionar el transductor danés Wavedragon, que se muestra en la Figura 6, que presenta un espejo de reflexión de la dirección de las olas a lo largo de una pendiente sobre un tanque ubicado a popa sobre el nivel del mar. (Carpena, 2017).

Figura 14:

Generador desbordante, Case Cone, Rango 1 MW



Fuente: (Patron, 2019) , Elaboracion Propia

Figura 15:

Generador Wave Dragon, Rango 11 MW.



Fuente: (Patron, 2019) , Elaboracion Propia

### **Absorbedores puntuales.**

Los amortiguadores puntuales son básicamente flotadores alternativos, como un flotador eléctrico, obtienen su energía del movimiento relativo entre el flotador y el

mástil a través de un sistema hidráulico, la fuerza motriz del generador. La generación de energía se convierte de baja tensión a media tensión en la subestación submarina, desde donde se transmite por líneas eléctricas submarinas a la subestación en tierra. Entre nuestros otros absorbedores de puntos, los primeros absorbedores de puntos de banda ancha del mundo, llamados IPS Buoy, Aqua-Buoy, Wavebob. (Romero, 2017).

Figura 16:

Absorbedor puntual, Potencia nominal 150 kW



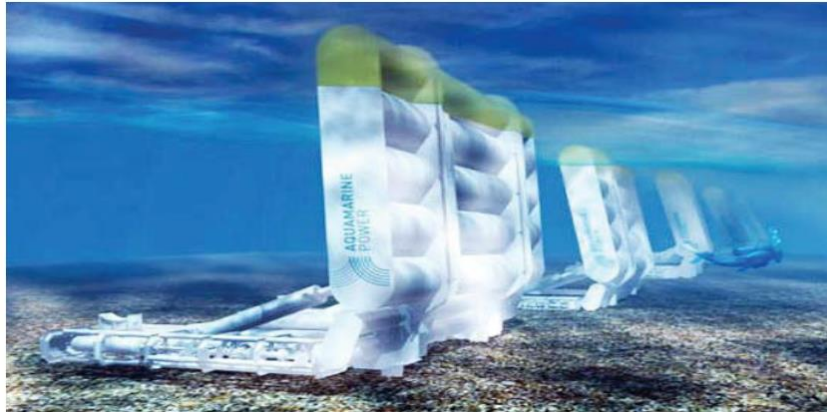
Fuente: (Patron, 2019) , Elaboracion Propia

### **Generador undimotriz oscilante (OSWEC).**

Estos dispositivos suelen tener un extremo unido al casco o al fondo del mar, mientras que el otro extremo puede moverse libremente. La energía se recoge de los amortiguadores de las ondas generadas por el movimiento de las moléculas de agua. El eje de la pala oscila como un péndulo montado sobre una bisagra que oscila con el movimiento de la ola. Suelen presentarse en forma de flotadores, aletas o membranas.

Figura 17:

Generador Undimotriz Oscilante Pot. nominal 800 kW



Fuente : (Patron, 2019) , Elaboracion Propia

La clasificación según su tamaño y orientación será la siguiente:

**Absorbedores puntuales.**

Se trata de estructuras pequeñas en comparación con la onda incidente, suelen tener forma cilíndrica y, por tanto, no les importa la dirección de la onda, normalmente un número agrupado para formar una línea.

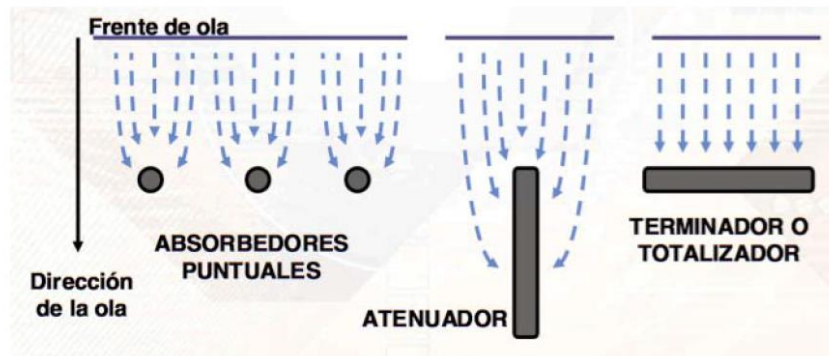
**Atenuadores.**

Se colocan paralelos a la dirección de avance de la onda y son estructuras largas que toman energía gradualmente; Menos propenso a estropearse y requiere menos fuerza de anclaje que los repelentes de termitas

Terminación: se encuentra perpendicular a la dirección de avance de la ola y está destinado a capturar energía de una vez.

Figura 18:

Clasificación de los convertidores - Tamaño y orientación



Fuente: (Patron, 2019) , Elaboracion Propia

Se han llevado a cabo varios estudios en diferentes lugares del mundo debido a las necesidades energéticas y uno de estos países es China donde las boyas se transforman para aplicar ondas con tamaños pequeños y ondas cortas; Como resultado, se hizo un estudio sobre el comportamiento del mar chino.

Equipo de recolección de energía Se beneficia de la agitación de las olas girándola a un sistema hidráulico y, por lo tanto, transfiriendo a la energía eléctrica, toma la fuerza (pelada) vinculada al sistema hidráulico de resistencia del sistema. Uno de los principales problemas de este aparato es el amortiguador hidráulico en el movimiento de las boyas que se ignorarán y la investigación se implementa puede ser un poco desfavorable, en la que se ha logrado un análisis teórico para dar el sistema más común que permite optimizar el Sistemas de este estilo. (Parra, C, E, 2018)

Otro estudio importante se realizó en Irán, un lugar importante para determinar la mejor posición para convertir la energía del mar. Primero, se han probado diferentes tecnologías para aplicarse de acuerdo con los parámetros de estas aguas y obtener el resultado que muestre la resistencia de 15.8 mm con una presa de marea de 3.75 km khowr-e Doragh; En el caso de la absorción de energía de las olas, se pueden especificar tres sitios web (Vining, 2019).

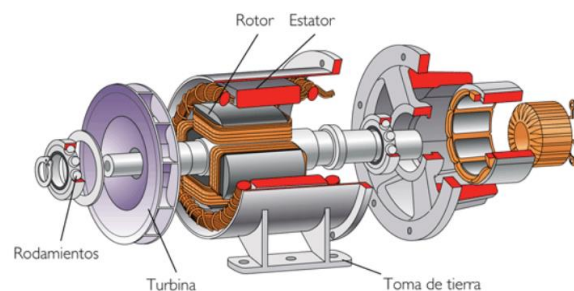
Uno de los otros criterios técnicos se tiene en cuenta, como generador de energía, como transmisor síncrono, dos máquinas asíncronas síncronas y asíncronas con corrientes directas en las que no necesitan corriente continua para funcionar o no producen energía aquí. El nombre de la máquina síncrona se debe a que está sincronizada con la red. Cuando se conecta en la forma del motor en el sistema, su

velocidad del eje depende de la frecuencia de electricidad y también el número de poste y viceversa en el caso de la operación en el transmisor, ya que la frecuencia de las variables eléctricas creadas dependerá directamente de la velocidad donde el árbol giratorio. En estas máquinas, el estator es proporcionado por una corriente alterna cuando actúa como un motor, por otro lado, el rotor tiene una capacidad continua a través de un desplazamiento o un imán permanente para crear flujo magnético de distribución de línea .

Tecnología UNDIMOTRIZ, Investigación peruana: actualmente, Perú tiene la oportunidad de convertirse en un actor relacionado en los problemas de energía estadounidenses en la energía de los mares. Condiciones para el desarrollo de la energía El mar es una de las condiciones más favorables de todo el mundo, con un alto nivel. de valores estimados de ondas y mareas en Côte du Perú, y la dinámica de la economía local. La energía desconocida a lo largo de la costa de Perú aumentó de norte a sur y se encuentra a 15 kW / m en el norte a aproximadamente 50 kW / m, los elementos del sur y la fábrica de los proyectos de energía Undimotriz en Perú se encuentran entre los más altos del mundo (50%), debido a la consistencia de las ondas altas. Hay diferentes empresas interesadas en la energía de Perú de Undimotriz.

Figura 19:

Maquina síncrona



Fuente: (Patron, 2019) , Elaboracion Propia

No hay duda de que la idea de desarrollar una matriz energética de bajo consumo de energía con el medio ambiente se vuelve extremadamente atractiva y difícil. Después de eso, se desarrollaron algunos proyectos en la costa de Perú descritos. "Es importante destacar la investigación en la playa de Huanchaco, en la provincia de Trujillo, Libertad, donde, en la cual (Hernández, Fernández, Baptista, 2018) se considera un software de monitoreo que permite" verificación de artículos en las

ubicaciones remotas. Para analizar la ola del mar Huánuco. y obtenga el promedio de sus ondas diarias, el dato de la página de pronósticos de surf ha mostrado datos de la prevención de las ondas, los informes, los informes, desde las ondas y las velocidades y velocidades y velocidades de aproximación y velocidades de aproximadamente 7,000 playas en todo el mundo en unos 15 km, La información proporcionada por este programa es semanal.

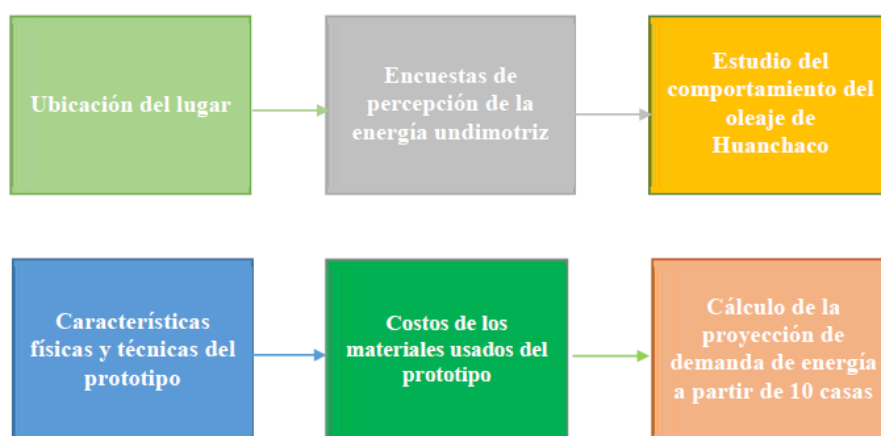
Es importante mencionar que se utilizará el índice de ganancias, que muestreemos que, si el ingreso es mayor que el gasto en un proyecto de inversión, estos indicadores son necesarios para conocer su investigación. Soy factible en este tema, cuatro de ellos se han hecho, utilizó la mayoría de las válvulas (valor neto), disparo (tasa de interés a distancia), b/c (costos de beneficio) y PB (fase de recuperación). Si la válvula es positiva, muestra que el proyecto se beneficiará. Por lo tanto, decimos que el proyecto es económicamente factible. Por otro lado, la disposición es la tasa de descuento que les permite invertir 0. Cuando la tasa de descuento sea menor, asegúrese de que el beneficio sea positivo para el proyecto. Además, si B/C es mayor que 1, será rentable si B/C es igual a o menor que 1, lo que significa que los beneficios serán iguales o más pequeños que las inversiones. Finalmente, el indicador PB muestra que se revocará una determinada inversión., (Chirinos, 2018).

En cuanto al proceso, luego de exponernos a los conceptos teóricos en las técnicas y herramientas de recolección y análisis de datos, continuamos utilizando estas herramientas de investigación para obtener los resultados deseados.

A continuación, el proceso ejecutado se representa como un gráfico cuadrado.

Figura 20:

Diagrama de cajas de la investigación



Fuente: (Patron, 2019) , Elaboracion Propia

En cuanto a la normativa que promueve la energía undimotriz en el Perú, se pueden citar los siguientes factores:

**Ley 23230** - Decreto Legislativo del Instituto Marítimo Peruano IMARPE (26 de mayo de 201981), esta ley es una ley que contiene disposiciones que regulan todo lo relacionado con las actividades relacionadas con el Mar Peruano.

**Artículo N° 40** - Investigación científica sobre recursos de aguas marinas y continentales, factores de interacción ambiental y factores beneficiosos para el desarrollo de la acuicultura.

Fomentar el desarrollo de la investigación científica y tecnológica, así como la formación, desarrollo y especialización de investigadores científicos y técnicos.

Difundir los resultados de sus estudios e investigaciones a la comunidad científica y al público en general.

**Decreto Legislativo No. 1002** sobre incentivo a la inversión para generar electricidad utilizando energías renovables.

Este Decreto-Ley tiene por objeto promover el uso de Fuentes de Energía Renovable (RER) para mejorar la calidad de vida de las personas y proteger el medio ambiente, fomentando la inversión en generación eléctrica.

Este Decreto Ley se aplica a la generación de energía eléctrica por RER que entre en operación comercial a partir de la vigencia de este Decreto Ley. La obtención de los derechos de uso de la energía eléctrica debe cumplir con lo establecido en el



**Decreto N ° 25844** y la Ley de Transmisión de Energía y los reglamentos y normas adicionales de este Decreto.

### **III METODOLOGÍA.**

#### **3.1 Tipo y diseño de investigación**

El tipo de investigación del proyecto será aplicada porque consiste en determinar el potencial energético de las olas para aprovechamiento en generación Undimotriz en la costa de Tumbes - Piura mediante indicadores económicos como la altura de ola significativa,  $H_s$  (m), el período de energía,  $T_E$  (s) y la dirección media de la ola,  $\theta_m$  (°). En el caso del diseño, se dispone de un no experimental – transversal, porque se analizará la revisión sistemática de fuentes confiables revisadas por expertos en la materia, así como la radiación solar, los factores climáticos de la zona de estudio y su relación para dimensionar y evaluar la generación de energía. Estos datos solo se recopilaban una única vez, en el caso de la radiación y los factores en un periodo de 10 años a más, los cuales serán analizados con las fórmulas empíricas analizadas en el marco teórico.

#### **3.2 Variables y Operacionalización**

La definición de las variables se encuentra en la tabla de Operacionalización, se procede a identificar la variable independiente y dependiente:

##### **3.2.1. Variable Independiente**

Potencial energético expresado en la altura de ola significativa,  $H_s$  (m), el período de energía,  $T_E$  (s) y la dirección media de la ola,  $\theta_m$  (°).

##### **3.2.2. Variable dependiente**

Aprovechamiento en generación Eléctrica Undimotriz en Tumbes – Piura, expresado en Potencia (kW) y Energía Generada (kWh).

Para la realización del presente trabajo de investigación, es necesario conceptualizar las variables independientes y dependientes a nivel conceptual y a nivel operacional, con el detalle de la definición de las dimensiones y sus respectivos indicadores que las describen y muestran la relación causa efecto existente entre las variables



Es decir, se trata, de crear un modelo que permita derivar la relación lógica empírica entre las definiciones de las variables dependientes e independientes y la data que se trabajara entre las dimensiones y sus respectivos indicadores

### 3.3 Operacionalización de variables.

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
<b>Variable independiente</b>  Potencial energético Undimotriz	La energía contenida en el movimiento de los mares, tanto en mar abierto, como en las cercanías de las costas, constituye un recurso energético renovable no convencional, pues los movimientos de las olas obedecen a las mareas. (Santiago, 2010)	Esta energía será analizada mediante el análisis de documentos recopilados de distintas investigaciones experimentales con resultados fiables.	Energía del mar contenida en la ola.	La altura de la ola significativa, Hs (m),  El periodo de energía, TE (s).  La dirección media de la ola, hm (°).	Razón.  Intervalo.
<b>Variable dependiente</b>  Generación Eléctrica en el Norte del Pais	Energía que aprovecha la fuerza de las olas para generar energía eléctrica, mediante diversos sistemas (Saltos, 2017).	La energía útil que se obtiene del movimiento del mar será tomada mediante el análisis de documentos que determinan la potencia.		Potencia (kW).  Energía generada (kWh) en los medidores del COES	Razón.

### 3.4 Población, muestra y muestreo.

#### Población

Si se considera a la población, como la fuente, de donde obtenemos los datos secundarios, para este proyecto de investigación se revisó la literatura y se obtuvieron 40 documentos (Tesis y artículos), nacionales e internacionales referentes a la generación undimotriz con antigüedad no mayor a 7 años los cuales serán objeto de análisis para este trabajo de investigación, obtenidos de fuentes como ScienceDirect, MDPI, Scielo e IEEE Xplore, Scopus, google académico, entre otros.

#### Muestra

Se utiliza el siguiente procedimiento estadístico, la muestra serán 3 documentos o fuentes de datos secundarios, escogidos de manera no aleatoria

$$n = \frac{z^2 * p * q * N}{e^2(N - 1) + z^2 * p * q}$$

Donde:

N = Tamaño de la población (40)

P = Probabilidad de que ocurra el evento estudiado. 80%

q = Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado. 20%

z = Nivel de confianza de estudio (2.05)

e = Margen de error de muestra. 3%

$$n = \frac{(2.05)^2(0.8)(0.2)(40)}{(0.3)^2(40 - 1) + (2.05)^2(0.8)(0.2)}$$

$$n = 2.62$$

$$n = 3$$

#### Muestreo

El muestreo de este proyecto es no aleatorio, porque se realizarán procedimientos, que no utilizan la ley del azar, ni el cálculo de análisis de

funciones de probabilidad, en procesos de incertidumbre, con altas posibilidades que se obtengan muestras por criterio con sesgos o distorsiones, lo cual pone en aprietos el nivel de confiabilidad de los resultados del presente trabajo de investigación, el muestreo no probabilístico se da de varias formas, donde predomina el juicio o criterio del investigador y el muestreo será tomados según los siguientes aspectos de la documentación.

- Investigaciones que realizan el análisis de las olas para determinar el potencial energético.
- Investigaciones que aplican diferentes tecnologías de generación undimotriz.

### **Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

**Tabla 4:** *Tabla de técnicas e instrumentos*

TÉCNICA	USO	HERRAMIENTAS
Análisis documentaria	La recolección de datos será secundaria, porque se analizarán documentos con coincidencia de las características del recurso material a utilizar, la cantidad de energía que es posible aprovechar, está directamente relacionada con la amplitud de la marea.	Guía de análisis documental

**Fuente:** Elaboracion propia

Se recolectarán datos de:

- La altura de ola significativa,  $H_s$  (m)
- El período de energía,  $T_E$  (s)
- La dirección media de la ola,  $hm$  (°).

Estos datos se tomarán de simulaciones previas y serán obtenidas de SENAMHI.

### **Guía de análisis de datos:**

Se adjunta ficha (Anexo 02), para este análisis también se podrán usar gestores de base de datos, tales como es: Zotero, Mendeley y Atlas bi.

### 3.5 Procedimientos.

La energía potencial puede ser estimada con un modelo paramétrico, conociendo las características de la marea como: altura o las principales componentes armónicas, además de algunos coeficientes que en muchos casos contienen mucha incertidumbre (Charlier, 2003).

Los instrumentos de recolección de datos aplicados, planteados inicialmente serán las evaluaciones preliminares de documentos recopilados, los cuales consistirán en la selección y dimensión de su diseño y su potencia instalada, mediante una gráfica matemática que se pueda estimar la cantidad de energía producida.

Para encontrar la energía potencial de la marea conocemos que es directamente proporcional al rango de marea. En el caso particular de una mareomotriz, es la diferencia entre la elevación del nivel del mar y el nivel del embalse, aplicaremos una ecuación (1) empírica estudiada en los casos investigados con la cual es posible calcular la potencia de una instalación.

$$P = gQH \quad (\text{ecuación 1})$$

donde:

H = Es la diferencia entre el embalse y el mar, expresada en metros.

Q = Gasto que pasa a través de las turbinas en m<sup>3</sup>/s.

g = El peso específico igual a la densidad por la gravedad por m<sup>3</sup>.

### 3.6 Método de análisis de datos

Uno de los modelos físicos matemáticos a utilizar para los cálculos en Excel, podría ser un modelo de flujo numérico de arrastre de forma que representa las turbinas de marea. Este es un modelo de cuadrícula no estructurado con un tratamiento implícito que ha demostrado ser robusto, preciso y eficiente para ambientes oceánicos costeros altamente irregulares y es muy adecuado para este problema final, solo una fracción del potencial de potencia máximo teórico se puede realizar en la práctica debido a las limitaciones.

**Primera etapa:**

- La recopilación de información.

**Segunda etapa:**

- La manera como será calculado el potencial undimotriz (Tablas numéricas, Excel, modelo matemático para resolver variables).

### **Tercera etapa:**

- Diseñar las características del sistema.

### **Cuarta etapa:**

- Evaluar la factibilidad.

## **3.7 Aspectos Éticos**

El proyecto de investigación será de autoría propia, no se ha manipulado la información obtenida, por lo tanto, se han citado y referenciado correctamente a los autores que aporten en la investigación según la norma ISO, del mismo modo, se respetará la información brindada en tablas y figuras, esta información es absolutamente confidencial.

El presente proyecto será procesado, analizado en páginas de autoplagio como Turnitin y demás, dando veracidad de la investigación

## **IV RESULTADOS.**

### **4.1. Determinar cuáles son las tecnologías vigentes de generación undimotriz y su posibilidad de aplicarlas a las Regiones Tumbes y Piura.**

En la actualidad las principales alternativas vigentes de tecnologías de aprovechamiento de la energía cinética, contenida en las olas del mar, en cuanto a la amplitud de la ola, su frecuencia de onda y el horario de actuación, debemos de mencionar:

Beneficios: Utilizar las olas como un recurso energético renovable el cual ofrece importantes ventajas en los métodos de generación de energía, donde las olas del mar ofrecen abundante energía y de alta densidad, siendo un recurso predecible conociendo las variables atmosféricas y climáticas.

Ventajas sobre las energías eólicas y solares: El leve impacto ambiental negativo en comparación con otras fuentes de energías convencionales, bajan la huella de carbono, variabilidad estacional natural de la energía undimotriz, que presenta una tendencia similar a la demanda de electricidad en climas templados, ya que en periodos donde se consume más

electricidad, como en invierno, se presentan olas con mayor potencial energético, el cual se podría utilizar para fines de calentamiento de hogares.

La energía undimotriz es mayor que 5 kW/m al menos el 95% del tiempo y existen referencias sobre dispositivos de energía undimotriz generando electricidad sobre 90% del tiempo, en comparación al 20-30% de los dispositivos eólicos y solares

Para las instalaciones off shore, existen técnicas de construcción de plataformas marinas (petroleras, gasíferas, eólicas), que son homólogas a los requerimientos de construcción de dispositivos undimotrices, no requiriendo, necesariamente, las investigaciones de nuevos métodos de construcción, entregan seguridad al suministro energético a zonas de aislamiento geográfico a costos reducidos dentro de una lógica de libre mercado, amortigua el oleaje reduciendo su intensidad y fuerza de choque, lo que permitiría la transformación de regiones litorales en playas aptas para el baño (fomentando el turismo interno, como externo), así como también en zonas portuarias y erosionables.

Permite el uso alternativo de la energía obtenida, como procesos de producción de hidrógeno verde, potabilización y desalinización del agua, entre otros.

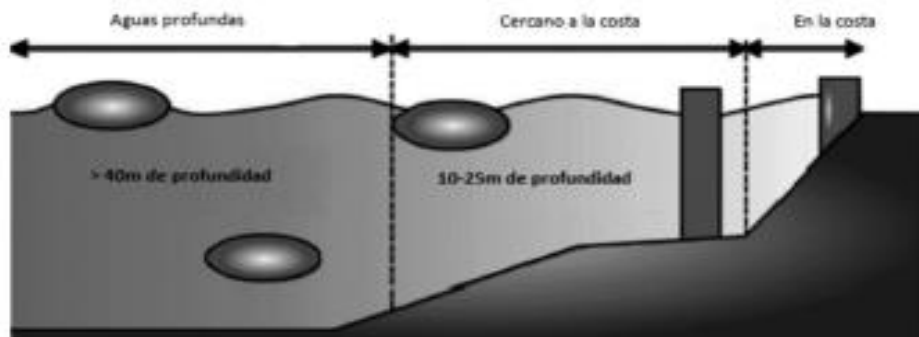
Pero su utilización plantea enormes desafíos a la ingeniería peruana en general y Lambayecana en Particular, en donde la Escuela de Ingeniería Mecánica eléctrica, debe tener un rol fundamental en su difusión y masificación de su uso.

Presentan particulares características de acuerdo a su ubicación y localización de dispositivos y los dispositivos se clasifican según su localización, indicados en la Figura 21.



Figura 21:

Esquema de localización de dispositivos según distancia de la costa.



Fuente: (Patron, 2019) , Elaboracion Propia

Como se aprecia en la figura 22, a la dirección que predomina del oleaje y del monta olas, siendo tomado como ejemplo un WEC o atenuadores tipo WEC, DE Ocean Power Delivery Ltd.

Figura 22:

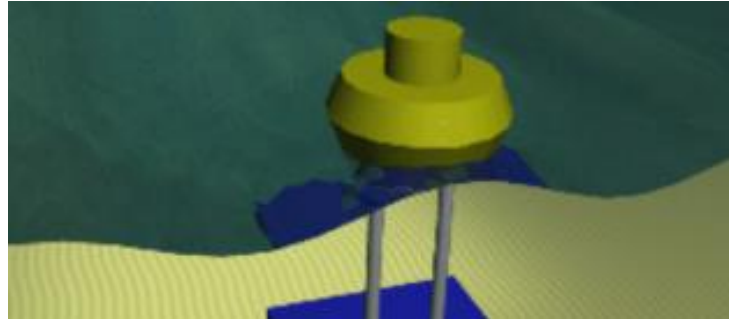
Dispositivo atenuador



Fuente: (Patron, 2019) , Elaboracion Propia

El dispositivo de la figura 23 posee pequeñas dimensiones en escala de la longitud de incidente ola y el absorbedor puntual es un dispositivo que utiliza el principio de absorción puntual por interacción de flotación libre con una columna de agua debajo de él

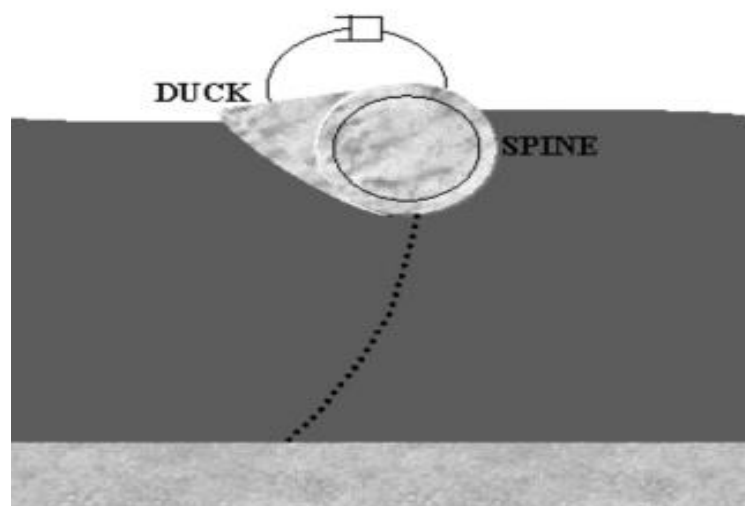
Figura 23:  
Dispositivo Absorbedor



Fuente: (Patron, 2019) , Elaboracion Propia

El dispositivo de la figura 24 posee un eje mayor paralelo al frente de las olas, y que es un terminador perpendicular a la dirección de la ola predominante. Un ejemplo de WEC de tipo Terminador es Salter's Duck

Figura 24:  
Dispositivo terminador.

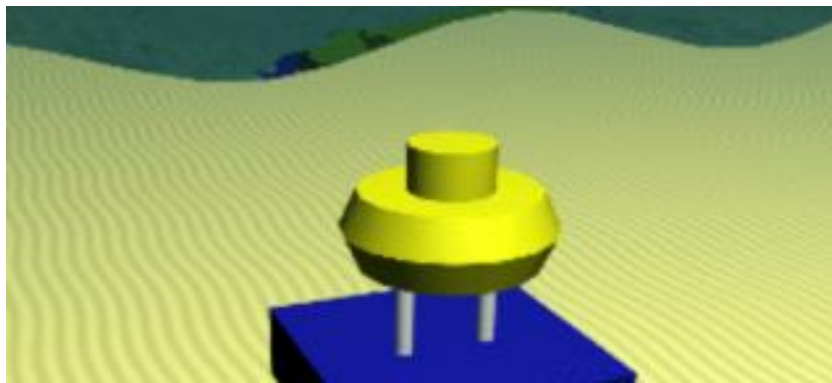


Fuente: (Patron, 2019) , Elaboracion Propia

Modos de operación Dentro de las categorías anteriores hay un nivel adicional de clasificación de los dispositivos, determinada por su modo de funcionamiento. A continuación, se dan algunos ejemplos significativos:

Sumergido por diferencial de presión (SPD) El dispositivo SPD, indicado en la Figura 25.

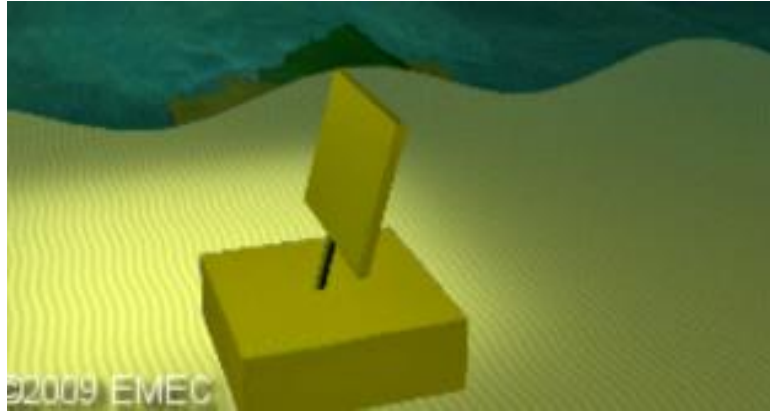
Figura 25:  
Dispositivo SPD.



Fuente: (Patron, 2019) , Elaboracion Propia

Convertidor de ola oscilante (OWSC), Un OWSC esta generalmente compuesto de un deflector de bisagras, como se ve en la Figura 26, posicionado perpendicular a la dirección de las olas (un terminador), que se mueve hacia adelante y hacia atrás aprovechando la velocidad horizontal de la ola. Columna de agua oscilante (OWC) Un OWC consta de una cámara con dos aperturas.

Figura 26:  
Dispositivo OWSC.



Fuente: (Patron, 2019) , Elaboracion Propia

La masa de aire, movilizada, permite la ubicación bajo el nivel del mar que hace posible el ingreso de la masa de agua desplazadas por la presión de las olas a la cámara, y expulsando el aire hacia la atmosfera a través de una turbina., como se muestra en la Figura 27.

**Figura 27:**  
Dispositivo OWC

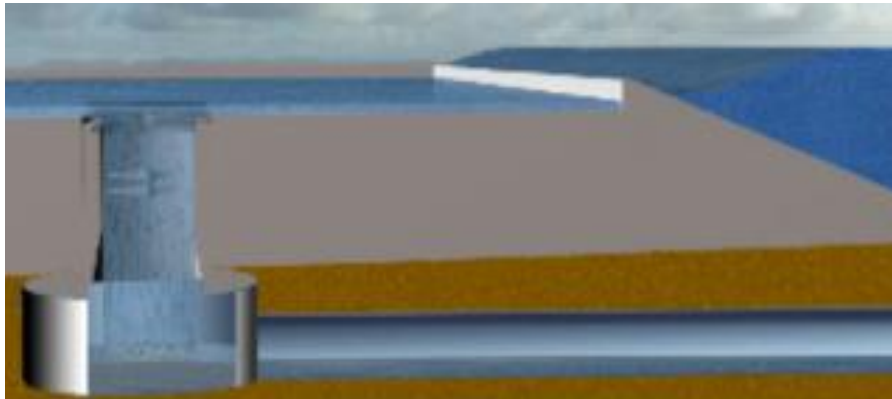


Fuente: (Patron, 2019) , Elaboracion Propia

Se propone un desarrollo undimotriz, de origen australiano, como un mecanismo anclado cercano a la playa, este concepto de OWC ha sido propuesto por Oceanlinx, un desarrollador undimotriz australiano, expuesto en la Figura 28. Un ejemplo de este es el Wave Dragon.

Figura 28:

Dispositivo de desbordamiento.



Fuente: (Patron, 2019) , Elaboracion Propia

Se presenta una proporción, del 87% de las olas más altas a los 2 metros, que nos determinan rangos de potencia, superiores a los 2 metros, que dan como resultado potencias superiores a los 25 kW/m, y con un factor de estacionalidad que hace que este pueda incrementar hasta los 61,94 kW/m, como indica la Tabla 5. Teniendo en cuenta, que la fuente mínima de energía undimotriz para generar es de 5 kW/m.

Situación geográfica y logística privilegiada: existencia de recursos naturales valorados en el mercado internacional.

**Tabla 5:** Valores Medios de la altura significativa, periodo medio, potencia y dirección de propagación de olas

Mes	Altura Significativa	Período medio	Potencia
	(m)	(s)	(kW/m)
Enero	2.28	10.83	30.88
Febrero	2.17	10.95	26.59
Marzo	2.28	11.45	32.55
Abril	2.67	11.7	43.12
Mayo	2.72	12.02	47.75
Junio	2.99	11.53	56.45
Julio	3.14	11.69	61.91
Agosto	2.98	12.03	59.11
Setiembre	2.64	10.8	39.26
Octubre	2.9	11.78	53.46
Noviembre	2.43	11	33.41
Diciembre	2.31	10.68	30.64

**Fuente:** García 2019, Elaboración Propia

Además, como muestra la Tabla 7, el 88,80% de la venta de energía del SING ha sido a clientes libres, quienes son afectados por los altos precios debido la producción de electricidad basada en diésel, lo que establece un costo marginal más alto a 85,4 USD/MWh a junio de 2020, según la consultora del sector energético SYSTEP.

**Tabla 6:** Generación Bruta anual por tipo de Combustible.

[%] Generación Bruta Anual por tipo Combustible desde el 01-01-2016 al 07-09-2016	
Tipo Combustible	%
Carbón	58.3
Cogeneración	0.5%
Diésel	4.8%
Eólico	0.9
Fuel Oil N° 6	0.4
Gas Natural	7.6
Hidro	0.3
Solar	2.8
Total Anual	75.60%

**Fuente:** García 2019, Elaboración Propia.

**Tabla 7:** *Ventas a clientes libres y regulados*

Ventas de clientes Libres y Regulados		
Enero a Julio 2016	[GWh]	[%]
Regulado	1121.35	11.2
Libre	8891.49	88.8

**Fuente:** García 2019, Elaboración Propia.

#### 4.2. Analizar el potencial undimotriz, de las Regiones Tumbes – Piura y sus restricciones.

La Región Norte del Perú, en general y las regiones Tumbes y Piura en particular, gozan de fuerte oleaje en cuanto la altura de las ondas u olas marinas, su frecuencia, su duración durante todo el día y por lo tanto gozan de un potencial energético en sus zonas alejadas de las redes de alta tensión, por lo que su uso ha de ser básicamente la de la generación distribuida conectándose en baja tensión, con los problemas de regulación y estabilidad que esto representa, vamos a analizar los criterios que determinan el potencial energético de las olas de mar (Energía Generada y Potencia entregada), identificar características adicionales como ubicación y demás características de operación

A partir del análisis de la altura y tiempo promedio de las olas durante los años 2019– 2021 logrando determinar el flujo energético.

Parámetro de las olas para cálculo del flujo energético del CP Caleta Islilla, distrito de Paita, Región Piura, coordenadas UTM **478932** Este, **9425380** Norte

Los parámetros más relevantes, que caracterizan en el año 2019, para la determinación del potencial energético son:

Longitud de onda ( $\lambda$ ):  $\lambda = \frac{gT^2}{2\pi}$ , es decir la longitud de onda, es una función del tiempo o frecuencia de venida de la onda, con la cual podemos elaborar la tabla de potenciales de onda, de todo los años del presente estudio.



**Tabla 8:** Longitud de Onda Anual – Valores Promedio Mensual

Año 2019/mes	Acel. Gravedad (g)	Periodo (Seg)	Constante $\pi$	Long ( $\lambda$ )
ENERO	9.81	17	31,416	451
FEBRERO	9.81	16	31,416	400
MARZO	9.81	16	31,416	400
ABRIL	9,81	17	31,416	451
MAYO	9.81	16	31,416	400
JUNIO	9.81	16	31,416	400
JULIO	9.81	16	31,416	400
AGOSTO	9.81	17	31,416	451
SETIEMBRE	9,81	17	31,416	451
OCTUBRE	9,81	16	31,416	400
NOVIEMBRE	9,81	16	31,416	400
DICIEMBRE	9,81	17	31,416	451

**Fuente:** García 2020, Elaboración propia

En la tabla N° 8, de acuerdo a la fórmula de longitud de onda, que para el año 2019, fue de 421 metros de promedio aritmético anual.

También es un dato muy importante para determinar la capacidad energética, de las olas el calcular, la velocidad o energía cinética o de velocidad, que estas tienen consigo y que serán las que transmitirán a los mecánicos undimotrices a diseñar, construir y operar.

Para lo cual se utilizará la siguiente ecuación:

Velocidad de traslación (C):

$$C = \lambda T$$

De donde :

$\lambda$  = Longitud de Onda

T = Tiempo

C = Velocidad de Traslación

Y obtenemos la siguiente tabla de datos de la celeridad.

**Tabla 9:** Celeridad Energética de las Olas –Valores Promedio Mensual

Año 2019/Mes	Celeridad Ola (m/s)	Periodo ( Seg )	Long ( λ )
ENERO	26.53	17	451
FEBRERO	25	16	400
MARZO	25	16	400
ABRIL	26.53	17	451
MAYO	25	16	400
JUNIO	25	16	400
JULIO	25	16	400
AGOSTO	26.53	17	451
SETIEMBRE	26.53	17	451
OCTUBRE	25	16	400
NOVIEMBRE	25	16	400
DICIEMBRE	26.53	17	451

**Fuente:** García 2019, Elaboración propia

De la tabla N° 9, podemos determinar que la celeridad energética promedio detectada el año 2019 y que utilizaremos para, el cálculo del potencial energético, materia del presente trabajo de investigación, será de 25,63 m/s de celeridad promedio.

En cuanto al concepto de celeridad de grupo o celeridad promedio, debemos de trabajar con la siguiente **formula de la celeridad**

$$C_g = \frac{C}{2}$$

De donde para el transcurso del año 2019, los valores mensuales serán expresados en la tabla N° 10:

**Tabla 10:** Celeridad de Ola y celeridad de grupo

Año 2019/Mes	Celeridad Ola (m/s)	Celeridad de Grupo (m/s)
ENERO	26.53	13.27
FEBRERO	25	12.5
MARZO	25	12.5
ABRIL	26.53	13.27
MAYO	25	12.5
JUNIO	25	12.5
JULIO	25	12.5
AGOSTO	26.53	13.27
SETIEMBRE	26.53	13.27
OCTUBRE	25	12.5
NOVIEMBRE	25	12.5
DICIEMBRE	26.53	13.27

**Fuente:** García 2020, Elaboración Propia.

Como una expresión de la capacidad energética, Mareomotriz del lugar de ubicación del presente trabajo de investigación, debemos de anotar el concepto de flujo de energía (kW/m) , definida por la formula siguiente :

$$\frac{\rho * g * H^2}{8 * C_g}, \text{ donde su unidad es .Kw/m}$$

Este concepto de flujo de energía lo detallamos mes a mes durante el año 2019, en la tabla N° 11

**Tabla 11:** Flujo de Energía 2019

Año 2019/Mes	Gravedad	Ola (m)	Densidad	Celeridad	Flujo Energia
ENERO	9.81	1.6	1,027	13.27	42,78
FEBRERO	9.81	1.7	1,027	12.5	45,49
MARZO	9.81	2	1,027	12.5	62,97
ABRIL	9,81	1.9	1,027	13.27	60,33
MAYO	9.81	1.8	1,027	12.5	51,00
JUNIO	9.81	2.1	1,027	12.5	69,42
JULIO	9.81	1.9	1,027	12.5	56,83
AGOSTO	9.81	1.8	1,027	13.27	54,15
SETIEMBRE	9,81	1.7	1,027	13.27	48,30
OCTUBRE	9,81	1.9	1,027	12.5	56,83
NOVIEMBRE	9,81	2.1	1,027	12.5	69,42
DICIEMBRE	9,81	1.9	1,027	13.27	60,33

**Fuente:** García 2020, Elaboración propia.

Siendo el flujo de energía potencial de esta localización de, 56.49 .kW/m  
En cuanto a la energía potencialmente producible, debemos de indicar, que con la aplicación de la formula empírica.

Energía Total (kJ/m2):

$$\frac{1}{2} * \rho * g * H^2 * \lambda$$

Valores desarrollados en la tabla N° 12.

**Tabla 12:** *Valores de energía total en Kj/m*

Año 2019/Mes	Gravedad	Ola (m)	Densidad	Long Onda	Energia (Kj/m)
ENERO	9.81	1.6	1,027	451	5.816,02
FEBRERO	9.81	1.7	1,027	400	5.823,27
MARZO	9.81	2	1,027	400	8.059,90
ABRIL	9,81	1.9	1,027	451	8.201,50
MAYO	9.81	1.8	1,027	400	6.528,52
JUNIO	9.81	2.1	1,027	400	8.886,04
JULIO	9.81	1.9	1,027	400	7.274,06
AGOSTO	9.81	1.8	1,027	451	7.360,90
SETIEMBRE	9,81	1.7	1,027	451	6.565,74
OCTUBRE	9,81	1.9	1,027	400	7.274,06
NOVIEMBRE	9,81	2.1	1,027	400	8.886,04
DICIEMBRE	9,81	1.9	1,027	451	8.201,50

**Fuente:** García 2020, Elaboración propia.

Para el año 2020, los parámetros característicos serán:

**Tabla 13:** *Longitud de onda Anual*

Año 2020/Mes	Acel. Gravedad (g)	Periodo (Seg)	Constante $\pi$	Long ( $\lambda$ )
ENERO	9.81	16	31,416	400
FEBRERO	9.81	16	31,416	400
MARZO	9.81	17	31,416	451
ABRIL	9,81	17	31,416	451
MAYO	9.81	16	31,416	400
JUNIO	9.81	16	31,416	400
JULIO	9.81	16	31,416	400
AGOSTO	9.81	16	31,416	451
SETIEMBRE	9,81	17	31,416	451
OCTUBRE	9,81	17	31,416	451
NOVIEMBRE	9,81	17	31,416	451
DICIEMBRE	9,81	17	31,416	451

**Fuente:** García 2020, Elaboración propia.

En la tabla N° 13, de acuerdo a la fórmula de longitud de onda, que para el año 2020, fue de 430 metros de promedio aritmético anual ( Valor de naturaleza promedio de resultados de una distribución probabilística, aleatoria )

También es un dato muy importante para determinar la capacidad energética, de las olas el calcular, la velocidad o energía cinética o de velocidad, que estas tienen consigo y que serán las que transmitirán a los mecánicos undimotrices a diseñar, construir y operar.

Para lo cual se utilizará la siguiente ecuación:

Velocidad de traslación (C):

$$C = \lambda T$$

Y obtenemos la siguiente tabla de datos de la Celeridad

**Tabla 14:** *Celeridad energética de las Olas.*

Año 2020/Mes	Celeridad Ola (m/s)	Periodo ( Seg )	Long ( λ )
ENERO	23.53	17	400
FEBRERO	25	16	400
MARZO	28.2	16	451
ABRIL	26.53	17	451
MAYO	25	16	400
JUNIO	25	16	400
JULIO	25	16	400
AGOSTO	26.53	17	451
SETIEMBRE	26.53	17	451
OCTUBRE	28.2	16	451
NOVIEMBRE	28.2	16	451
DICIEMBRE	26.53	17	451

**Fuente:** Elaboración Propia

De la tabla N° 14, podemos determinar que la celeridad energética promedio detectada el año 2020 y que utilizaremos para, el cálculo del potencial energético, materia del presente trabajo de investigación, será de 26,18 m/s de celeridad promedio.

En cuanto al concepto de celeridad de grupo o celeridad promedio, debemos de trabajar con la siguiente formula:

$$C_g = \frac{C}{2}$$

De donde para el transcurso del año 2020, los valores mensuales serán expresados en la tabla N° 15:

**Tabla 15:** *Celeridad de Ola y celeridad de grupo.*

Año 2020/Mes	Celeridad Ola (m/s)	Celeridad de Grupo (m/s)
ENERO	23.53	11.77
FEBRERO	25	12.5
MARZO	28.2	14.1
ABRIL	26.53	13.27
MAYO	25	12.5
JUNIO	25	12.5
JULIO	25	12.5
AGOSTO	26.53	13.27
SETIEMBRE	26.53	13.27
OCTUBRE	28.2	14.1
NOVIEMBRE	28.2	14.1
DICIEMBRE	26.53	13.27

**Fuente:** Elaboración propia.

Como una expresión de la capacidad energética, Mareomotriz del lugar de ubicación del presente trabajo de investigación, debemos de anotar el concepto de flujo de energía (kW/m):

$$\frac{\rho * g * H^2}{8 * C_g}$$

Este concepto de flujo de energía lo detallamos mes a mes durante el año 2020, en la tabla N° 16.

**Tabla 16:** *Flujo de energía 2020.*

Año 2020/Mes	Gravedad	Ola ( Mts )	Densidad	Celeridad	Flujo Energia
ENERO	9.81	1.7	1,027	11.77	37,95
FEBRERO	9.81	1.8	1,027	12.5	51,00
MARZO	9.81	2	1,027	14.1	71,03
ABRIL	9,81	1.8	1,027	13.27	54,15
MAYO	9.81	2.1	1,027	12.5	69,42
JUNIO	9.81	2.2	1,027	12.5	76,19
JULIO	9.81	2	1,027	12.5	62,97
AGOSTO	9.81	1.9	1,027	13.27	60,33
SETIEMBRE	9,81	1.8	1,027	13.27	54,15
OCTUBRE	9,81	1.9	1,027	14.1	64,10
NOVIEMBRE	9,81	2	1,027	14.1	71,03

DICIEMBRE	9,81	2.1	1,027	13.27	68,14
-----------	------	-----	-------	-------	-------

**Fuente:** Elaboración propia.

Siendo el flujo de energía potencial de esta localización de, 61.70 Kw/ml  
En cuanto a la energía potencialmente producible, debemos de indicar, que con la aplicación de la formula empírica.

Energía Total (kJ/m2):

$$\frac{1}{2} * \rho * g * H^2 * \lambda$$

Valores desarrollados en la tabla N° 17.

**Tabla 17:** *Valores de energía total.*

Año 2020/Mes	Gravedad	Ola ( Mts )	Densidad	Long Onda	Energia (Kj/m)
ENERO	9.81	1.7	1,027	400	5.158,33
FEBRERO	9.81	1.8	1,027	400	6.528,52
MARZO	9.81	2	1,027	451	9.087,53
ABRIL	9,81	1.8	1,027	451	7.360,90
MAYO	9.81	2.1	1,027	400	8.886,04
JUNIO	9.81	2.2	1,027	400	9.752,47
JULIO	9.81	2	1,027	400	8.059,90
AGOSTO	9.81	1.9	1,027	451	8.201,50
SETIEMBRE	9,81	1.8	1,027	451	7.360,90
OCTUBRE	9,81	1.9	1,027	451	8.201,50
NOVIEMBRE	9,81	2	1,027	451	9.087,53
DICIEMBRE	9,81	2.1	1,027	451	10.019,00

**Fuente:** Elaboración propia.

Para el año 2021, los parámetros característicos serán:

**Tabla 18:** *Longitud de Onda Anual.*

Año 2021/Mes	Acel Gravedad (g)	Periodo ( Seg )	Constante π	Long ( λ )
ENERO	9.81	17	31,416	451
FEBRERO	9.81	17	31,416	451
MARZO	9.81	17	31,416	451
ABRIL	9,81	17	31,416	451
MAYO	9.81	16	31,416	400
JUNIO	9.81	16	31,416	400
JULIO	9.81	16	31,416	400
AGOSTO	9.81	16	31,416	400
SETIEMBRE	9,81	16	31,416	400
OCTUBRE	9,81	17	31,416	451

NOVIEMBRE	9,81	16	31,416	400
DICIEMBRE	9,81	17	31,416	451

**Fuente:** Elaboración propia.

En la tabla N° 18, de acuerdo a la fórmula de longitud de onda, que para el año 2021, fue de 426 metros de promedio aritmético anual.

También es un dato muy importante para determinar la capacidad energética, de las olas el calcular, la velocidad o energía cinética o de velocidad, que estas tienen consigo y que serán las que transmitirán a los mecánicos undimotrices a diseñar, construir y operar.

Para lo cual se utilizará la siguiente ecuación:

Velocidad de traslación (C):

$$C = \lambda T$$

Y obtenemos la siguiente tabla de datos de la Celeridad

**Tabla 19:** *Celeridad energética de las Olas.*

Año 2021/Mes	Celeridad Ola (m/s)	Periodo (Seg)	Long (λ)
ENERO	26.53	17	451
FEBRERO	26.53	17	451
MARZO	26.53	17	451
ABRIL	26.53	17	451
MAYO	25	16	400
JUNIO	25	16	400
JULIO	25	16	400
AGOSTO	25	16	400
SEPTIEMBRE	25	16	400
OCTUBRE	26.53	17	451
NOVIEMBRE	25	16	400
DICIEMBRE	26.53	17	451

**Fuente:** Elaboración propia.

De la tabla N° 19, podemos determinar que la celeridad energética promedio detectada el año 2021 y que utilizaremos para, el cálculo del potencial energético, materia del presente trabajo de investigación, será de 25,77 m/s de celeridad promedio.

En cuanto al concepto de celeridad de grupo o celeridad promedio, debemos de trabajar con la siguiente formula:



$$C_g = \frac{C}{2}$$

De donde para el transcurso del año 2021, los valores mensuales serán expresados en la tabla N° 20:

**Tabla 20:** *Celeridad de Ola y celeridad de grupo.*

Año 2021/Mes	Celeridad Ola (m/s)	Celeridad de Grupo ( m/s )
ENERO	26.53	13.27
FEBRERO	26.53	13.27
MARZO	26.53	13.27
ABRIL	26.53	13.27
MAYO	25	12.5
JUNIO	25	12.5
JULIO	25	12.5
AGOSTO	25	12.5
SETIEMBRE	25	12.5
OCTUBRE	26.53	13.27
NOVIEMBRE	25	12.5
DICIEMBRE	26.53	13.27

**Fuente:** Elaboración propia.

Como una expresión de la capacidad energética, Mareomotriz del lugar de ubicación del presente trabajo de investigación, debemos de anotar el concepto de flujo de energía (kW/m):

$$\frac{\rho * g * H^2}{8 * C_g}$$

Este concepto de flujo de energía lo detallamos mes a mes durante el año 2021, en la tabla N° 21

**Tabla 21:** *Flujo de energía 2021.*

Año 2020/Mes	Gravedad	Ola (Mts)	Densidad	Celeridad	Flujo Energia
ENERO	9.81	1.7	1,027	13.27	171,13
FEBRERO	9.81	1.8	1,027	13.27	216,58
MARZO	9.81	2	1,027	13.27	267,39
ABRIL	9,81	1.8	1,027	13.27	216,58
MAYO	9.81	2.1	1,027	12.5	277,69
JUNIO	9.81	2.2	1,027	12.5	304,76
JULIO	9.81	2	1,027	12.5	251,87
AGOSTO	9.81	1.9	1,027	12.5	227,31
SETIEMBRE	9,81	1.8	1,027	12.5	204,02

OCTUBRE	9,81	1.9	1,027	13.27	241,32
NOVIEMBRE	9,81	2	1,027	12.5	251,87
DICIEMBRE	9,81	2.1	1,027	13.27	294,79

**Fuente:** Elaboración propia.

Siendo el flujo de energía potencial de esta localización de, 243.78 Kw/ml  
 En cuanto a la energía potencialmente producible, debemos de indicar, que con la aplicación de la formula empírica,  
 Energía Total (kJ/m2):

$$\frac{1}{2} * \rho * g * H^2 * \lambda$$

Valores desarrollados en la tabla N° 17

**Tabla 22:** *Valores de energía total.*

Año 2021 / Mes	Gravedad	Ola ( Mts )	densidad	Long Onda	Energia (Kj/m)
ENERO	9.81	1.7	1,027	400	5.158,33
FEBRERO	9.81	1.8	1,027	400	6.528,52
MARZO	9.81	2	1,027	451	9.087,53
ABRIL	9,81	1.8	1,027	451	7.360,90
MAYO	9.81	2.1	1,027	400	8.886,04
JUNIO	9.81	2.2	1,027	400	9.752,47
JULIO	9.81	2	1,027	400	8.059,90
AGOSTO	9.81	1.9	1,027	451	8.201,50
SETIEMBRE	9,81	1.8	1,027	451	7.360,90
OCTUBRE	9,81	1.9	1,027	451	8.201,50
NOVIEMBRE	9,81	2	1,027	451	9.087,53
DICIEMBRE	9,81	2.1	1,027	451	10.019,00

**Fuente:** Elaboración propia.

Donde en la Tabla 23, podemos visualizar de manera gerencial, la información relativa a los años 2019, 2020 y 2021

**Tabla 23:** *Información general Año 2019, 2020, 2021.*

AÑO	Long Onda (λ)	Celeridad (C)	Celeridad Grupo (C <sub>g</sub> )	Flujo de Energía (kW/m)	Energia ( kJ/m2)
2019	421	25.63	12.82	56.49	7,406.46
2020	430	26.18	13.09	61.7	8,142.01
2021	426	25.77	12.89	243.78	8,142.01
<b>PROMEDIO</b>	<b>425.67</b>	<b>25.86</b>	<b>12.93</b>	<b>120,66</b>	<b>7,896.83</b>

**Fuente:** Elaboración propia

#### **4.3. Principales características del sistema de generación undimotriz para las Regiones Tumbes – Piura**

Para determinar las características de diseño, primero debemos de clasificar estos mecanismos, por sus principios de funcionamiento, se presentó un nuevo sistema de clasificación en 2019. Se advierte que esta taxonomía generalmente sigue al del anterior sistema propuesto, en cuanto presenta tres grandes grupos de clasificación. El primer grupo son los dispositivos de desbordamiento, el segundo grupo son las columnas de agua oscilantes y el tercer grupo son los cuerpos oscilantes. Sin embargo, también se ofrece una desviación importante del sistema, en la forma en que estas agrupaciones se subdividen aún más; no hace distinción entre dispositivos fijos o flotantes. También se sugiere un nuevo enfoque para el método en el que oscilante, los WEC del cuerpo están clasificados. En contraste con el enfoque anterior, que segregaba los cuerpos oscilantes en flotadores o sumergidos, en cambio la nueva tecnología, los separa según su grado de libertad de movimiento. Al hacerlo, crea dos subcategorías de cuerpos oscilantes, dispositivos de elevación y convertidores de sobretensión de onda oscilante. La lógica detrás de la creación de estas categorías de subdivisión se basa en el rendimiento hidrodinámico y las discrepancias de ancho de captura máximo teórico entre estas tecnologías, también se afirma que es una oscilación creciente o cabeceante, el cuerpo tiene un ancho de captura máximo teórico dos veces mayor que el de un oscilante cuerpo basado en la onda radiada de campo lejano generada por el movimiento del dispositivo. En consecuencia, divide los dispositivos de acuerdo con su movimiento de grado de libertad predominante dirección. Se subdivide además los OWSC en aquellos que son fijos en la parte inferior, y aquellos que están fijados a una referencia flotante, nuevamente en función de su rendimiento.

##### **Disponibilidad temporal y espacial**

Se debe poner una cantidad sustancial de energía eólica en la superficie del océano antes de que las olas empezar a formarse en los mares frente a las regiones de Piura y Tumbes. Lo mismo se aplica a la energía eólica y su principal fuerza motriz,

radiación solar, donde debe ocurrir un calentamiento significativo de la superficie terrestre antes que se genere viento. Como se indica este proceso puede considerarse como una integración temporal del estímulo y se observa una respuesta similar cuando el impulso principal se elimina con la fuerza. Por ejemplo, cuando el viento deja de soplar, las olas no desaparecen inmediatamente, sino que comienzan a disminuir gradualmente. Estas diferencias en la dinámica, pues sus respuestas influyen en la disponibilidad de fuentes renovables. Como resultado, los recursos de las olas aptos para la generación de electricidad están disponibles hasta el 90% del tiempo, mientras que la energía solar y las plantas de energía eólica pueden funcionar de manera eficiente solo entre el 20 y el 30 % del tiempo, afectando al sistema interconectado Centro – Norte

Otra ventaja de la energía de las olas es su variabilidad estacional natural, que coincide con la demanda de electricidad cambiante a lo largo del año en muchos países.

Así tenemos que el modelado y optimización de convertidores de energía de las olas con climas templados. Esta tendencia se presenta, además, la variabilidad horaria de la energía de las olas es tres veces menor que la de la energía eólica en las regiones de Piura y Tumbes, lo cual es significativo para la posible integración y utilización de esta fuente de energía en el sistema eléctrico

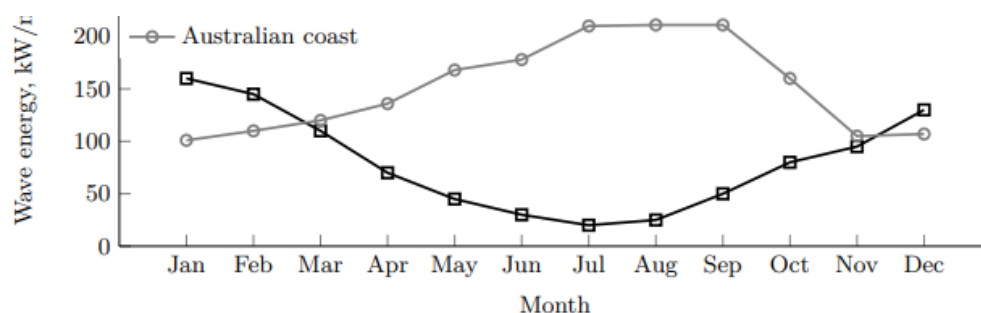


Figura 29 Variabilidad Mensual de la onda principal de poder en las costas de Piura y Tumbes, en comparación con las costas Australianas

Fuente: Elaboracion Propia

La distribución de la densidad de energía media anual de las olas en todo el mundo en general y de las regiones de Piura y Tumbes en particular, varía significativamente, como se muestra en la Figura 30, Áreas del globo en moderada a alta latitudes, entre 30° y 60° norte y sur, respectivamente, tienen la energía más

alta en densidades; mientras que los mares ecuatoriales tienen bajas densidades de energía. Esta energía de onda superior y sus altas densidades en las costas del Piura y Tumbes y se pueden atribuir a los vientos alisios constantes, que fluyen en dirección oeste en estas regiones. Además, las regiones extraterritoriales suelen tener una mayor densidad de energía de las olas que las ubicaciones cercanas a la costa. Esta distribución irregular de la media aritmética de la densidad anual de energía de las olas ha llevado a algunos países a invertir más recursos en el desarrollo de tecnología que los beneficiará directamente. Por ejemplo, algunos de los países en la costa occidental de Europa, donde la densidad de energía de las olas es significativa al igual que en las costas de Piura y Tumbes, y estas han desempeñado un papel destacado en el impulso del sector

Por lado la previsibilidad de la generación de energía a partir de fuentes renovables, como el viento, las olas o solar, es un factor importante para el sector energético que ayuda a gestionar la carga de la red nacional y regional y los desequilibrios en el sistema eléctrico. Los datos han demostrado que es posible lograr un pronóstico de olas preciso durante 36 horas de las costas de Piura y Tumbes, mientras que la velocidad y la direccionalidad del viento solo pueden predecirse con precisión con 12 horas de antelación. Otras investigaciones demuestran que la salida de los WEC es hasta un 35 % más predecible que la energía generada a partir de los aerogeneradores . En resumen, se ha demostrado que la energía de las olas está más disponible, es menos variable y más predecible que la energía eólica o solar.

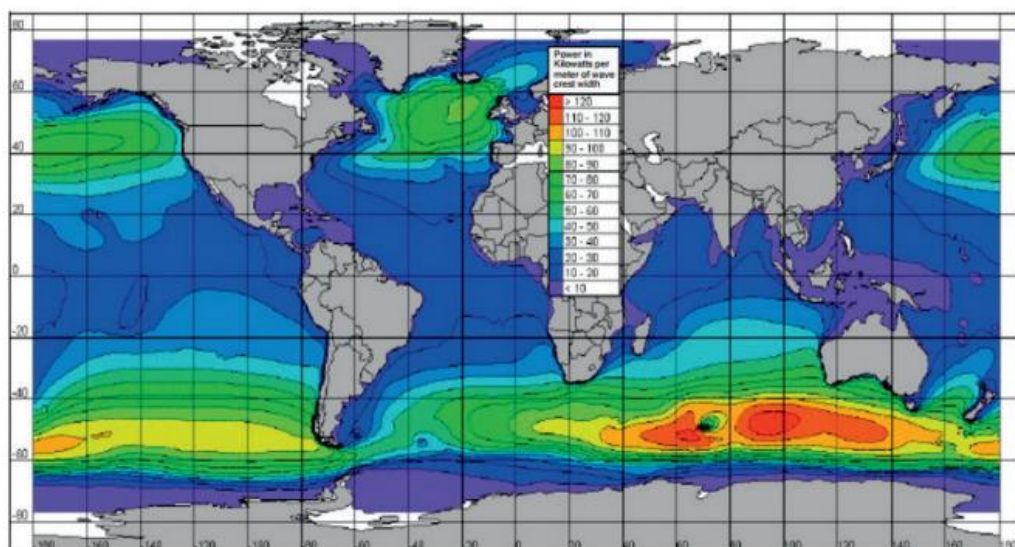


Figura 30 Promedios anuales de densidad Energética del Mundo  
Fuente: Elaboracion Propia

En cuanto al impacto medioambiental, debemos de tener en cuenta, que todas las fuentes de energía renovable se consideran "limpias" debido a la mucho menor nivel de emisiones y contaminación que los combustibles fósiles convencionales, para el caso de las costas de la Regiones Piura y Tumbes, Sin embargo, incluso limpio las fuentes de energía tienen impactos ambientales durante algunas etapas de su ciclo de vida incluyendo la extracción de materias primas, construcción, transporte, instalación, operación, mantenimiento y eliminación al final de su vida útil. La evaluación del ciclo de vida es una técnica estandarizada que permite el seguimiento de los flujos de contaminantes asociados a una tecnología energética particular. Los impactos ambientales resultantes de fuentes renovables seleccionadas se presentan en la Tabla N° 24

Environmental effect	Wind	Solar PV	Geo-thermal	Biomass	Hydro-power	Wave
Greenhouse gas emission [gCO <sub>2</sub> /kWh]	11	48	38	230	24	17
Land use [m <sup>2</sup> /MWh]	69	12	0.4	488	122	< 0.5
Air pollution, NO <sub>x</sub> [mg/kWh]	25	110	0	550	30	0
Waste generation		+	+			
Acoustic noise	+					+
Endangered species	+				+	+

Tabla 24 Impactos Medio Ambientales en las Costas de la Regiones Piura y Tumbes, para diversas tecnologías renovables  
Fuente : Elaboracion Propia

Los niveles 1 a 3 representan la fase de investigación en la creación de la nueva tecnología, los niveles 4 a 6 describen la fase de desarrollo y los niveles 7 a 9 se utilizan para describir las fases de implementación y prueba del dispositivo. En el extremo inferior de la escala, una nueva tecnología propuesta, cuyos principios básicos se están observando e investigando, se caracteriza por una calificación TRL de 1. TRL 9 representa una tecnología que ha tenido un despliegue generalizado y es comúnmente de uso comercial. Según el Informe sobre el estado de la energía oceánica del JRC, el TRL de los dispositivos de energía de las olas oscila entre 1 y 8 ; sin embargo, se puede argumentar que algunas tecnologías, como la matriz conectada a la red de tres Pelamis WEC y la planta de energía Mutriku de tipo OWC establecida desde hace mucho tiempo, demuestran una

aptitud operativa comprobada para la recolección de energía de las olas. Por lo tanto, se podría argumentar que estos dispositivos están en TRL 9. Hay varios conceptos WEC diferentes y dentro de cada categoría de concepto hay una gran cantidad de diseños. Estos diferentes diseños van desde el nivel de prueba de concepto experimental hasta los prototipos implementados y, en algunos casos

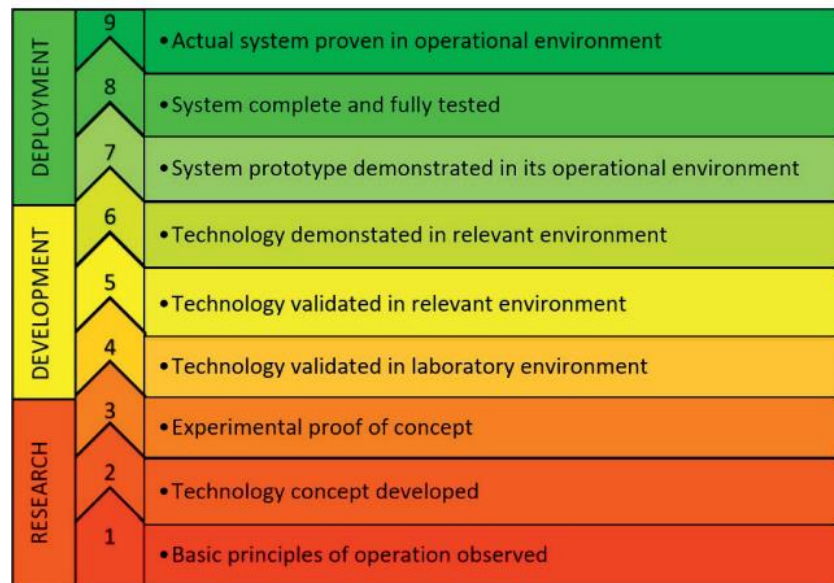


Figura 31 Niveles de desarrollo de la Tecnología

Fuente : Elaboracion Propia

Métodos de búsqueda de la capacidad de Generación Undimotriz, para las costas de las Regiones Piura y Tumbes

El diseño de analizadores de componentes RL para consumo de energía en motores trifásicos basados en instrumentos, la fuente de alimentación utilizada es una fuente de 3 fases, y está regulada por 3 AC Variable, los transformadores o también llamados reguladores deslizantes. Cada transformador variable tiene una capacidad de 1000 VA, y se instala uno a uno según la secuencia de fases (R S T). El ajuste de voltaje se establece desde 0 voltios a 250 Voltios, ajuste manualmente girando la perilla variable. En la instalación del transformador variable, la entrada de fase neutra se combina en una y se conecta desde la variable del transformador a otra variable del transformador, mientras que la entrada de la fase R está conectada a la variable del transformador 1, la fase S entrada a la variable del transformador 2, la entrada de fase T a la variable del transformador 3, la salida RST de cada transformador variable está conectado al terminal de accionamiento del motor de acuerdo con la fase del motor secuencia. Dar una carga en una fase

(fase R) instalando componentes de resistencia (R) o inductor (L) con ciertos valores variables se pretende determinar el cambio de corriente (I), voltaje (V) y potencia (P) en el accionamiento del motor. El flujo de investigación se puede ver en la Figura 3 a continuación.

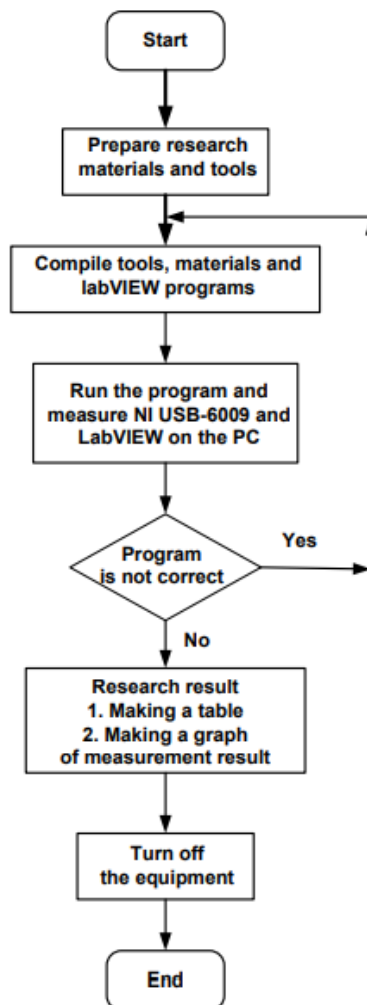


Figura 32 Flujo de Desarrollo de la Investigación  
Fuente: Elaboracion Propia

Del gráfico de las fluctuaciones de la fase R en el voltaje de VCC cuando se le da una resistencia de 2 ohmios, 4 ohmios, 6 Ohm, y 8 Ohm, se obtuvieron diferentes fluctuaciones de corriente en los resultados de la investigación, como se muestra en el gráfico de fluctuaciones de fase R cuando se le da una carga tan pesada como 8 ohmios tiene la corriente pico más alta de 1297 mA y cuando se le da una resistencia de 6 Ohm, la corriente generada es de 873 mA, a la tensión del motor de los 200 VDC. A partir de los resultados de la medición de las fluctuaciones de



voltaje de V CA en el voltaje de V CC fase R y resistencia dada de 2 ohmios, 4 ohmios, 6 ohmios y 8 ohmios, se puede ver en la Figura 33 a continuación

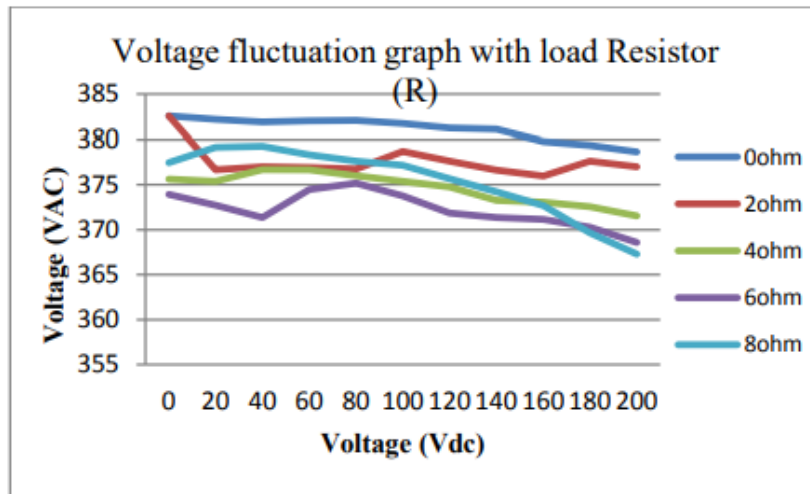


Figura 33 Voltaje fluctuación en las Playas de la Región Piura y Tumbes  
Fuente : Elaboracion Propia

#### Generación y Propagación de Olas en el Área de Estudio

La Figura 34 muestra la delimitación del dominio computacional: la línea roja define el límite de la costa de Piura y Tumbes, mientras que la línea azul es el límite del dominio en mar abierto. el área de estudio, abarca la región costera de Piura Y tumbes Para construir la geometría y la malla computacional, se utilizó el Modelo Digital de Elevación (DEM) del puerto de Paita.

El DEM fue desarrollado por la Carta Batimétrica General de los Océanos , un modelo de terreno para el océano y la tierra, con intervalos de arco de 15 s, Se discretizó el área de estudio con una malla no estructurada (Figura 5) para obtener niveles de resolución espacial en las diferentes zonas del dominio espacial. Después de las pruebas preliminares para evaluar el efecto del tamaño de la malla en los resultados, se utilizó una malla triangular no estructurada de Se generaron 19.742 elementos, que consta de un total de 10.327 nodos, con un mínimo espacio entre nodos de 900 m, cerca de la línea de costa, y un espacio máximo de 27.500 m en mar abierto.

Los parámetros necesarios para forzar la generación y propagación de ondas son

la marea y el campo de viento. Para insertar los componentes de la marea en el modelo, el Pacífico Oriental, Se utilizó la base de datos de mareas (ENPAC15). Incluye M2, S2, N2, K2, O1, K1, P1, Q1, M4, M6, componentes y todas las fases son relativas al meridiano de Greenwich. La base de datos se completó en 2019 y se desarrolló utilizando la forma bidimensional integrada en profundidad del modelo ADCIRC. La base de datos ENPAC15 proporciona la amplitud y la fase para los componentes de marea NOS estándar para elevación y velocidad y ha sido validado por. En nuestro modelo, se han introducido siete componentes armónicos principales al aire libre límite, que incluyen tres constituyentes astronómicos diurnos (K1, Q1 y O1) y cuatro semidiurnos (K2, M2, S2 y N2). Estas condiciones de contorno se obtuvieron interpolando los resultados de un modelo oceánico global de elementos finitos en cada uno de los nodos de frontera abierta de nuestro modelo. En cuanto al campo de viento, las componentes horizontales del viento (u, v) más se utilizó la presión atmosférica, correspondiente al Año Meteorológico Típico (TMY) indicado. En cuanto al cálculo de TMY, se descargaron datos de viento del conjunto de datos ERA5, para toda la extensión del dominio computacional, con un espacio, resolución de 0,25 grados y una resolución temporal de 60 min.

El análisis de la distribución de los parámetros de oleaje más representativos (significativos altura de ola y periodo pico) se realizó sobre la base de 490.650 registros, que representan un registro cada hora durante 365 días, para las 56 “boyas virtuales” que se muestran en la Figura 34. Para verificar los resultados de la simulación, comparamos los valores significativos de la altura de las olas calculados con el modelo SWAN+ADCIRC con los valores presentes en la base de datos ERA5. La comparación se realizó en los nodos 1 y 30 (extremo sur y centro de nuestra línea de boyas virtuales), para los doce meses del TMY. Por razones prácticas, en la Figura 35 mostramos solo la comparación entre los valores calculados y los del dataset para los meses de enero y diciembre. La figura muestra que existe una buena correspondencia entre el Hs calculado y valores y los de la base de datos, indicando que el modelo se ha aplicado correctamente. Las características de la variación de las alturas significativas de ola (Hs) a lo largo del año, se estudiaron utilizando la distribución de frecuencias de este parámetro. La Figura 36 muestra el histograma de frecuencia de la ocurrencia de Hs.

El histograma de frecuencias fue descrito por un Generalized Extreme Values (GEV) función de densidad de probabilidad, que proporcionó un valor medio de 0,81 m y una varianza igual a 0.26. Cabe mencionar que se ha seleccionado la función GEV ya que es la que se ajusta mejor a los valores calculados de  $H_s$  y, por lo tanto, proporciona la mejor distribución acumulativa función. El valor mínimo de  $H_s$  (0,1 m) está de acuerdo con los resultados de la estadística estudio de [13] mientras que el valor máximo (3,8 m) es ligeramente superior. El histograma de frecuencia del período pico  $T_p$  se muestra en la Figura 37

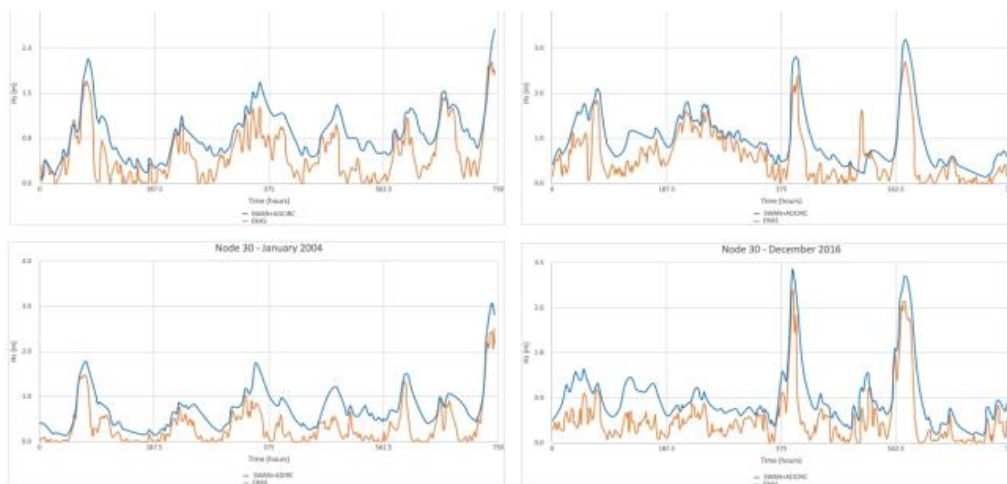


Figura 34 Comparación entre altura de ondas  
Fuente : Swan, Elaboracion Propia

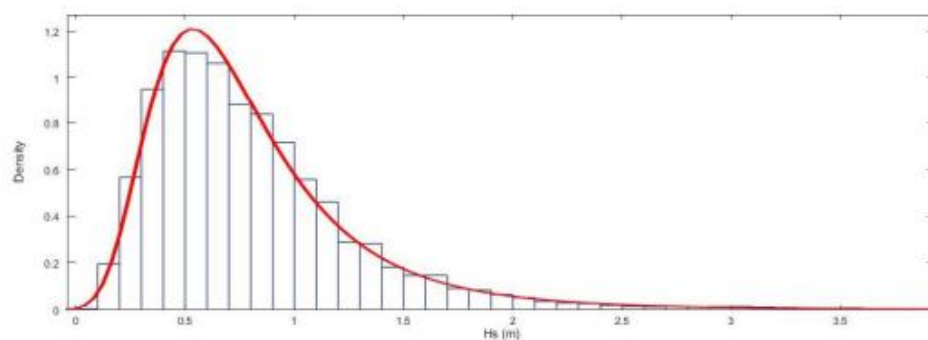


Figura 35 Histograma de Frecuencia de alturas de olas significativas  
Elaboracion Propia

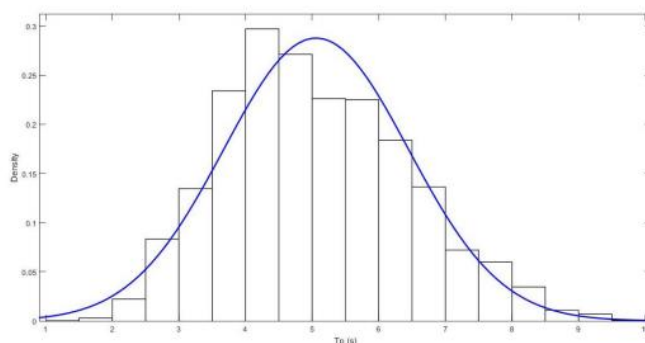


Figura 36 Histograma de frecuencia de Periodos Pico  
Fuente : Elaboracion Propia

#### 4.4. EVALUAR LA FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DE LOS SISTEMAS DE GENERACIÓN UNDIMOTRIZ

Para la evaluación de la factibilidad económica y técnica, de la generación undimotriz, debemos de dimensionar la venta de energía , posible en una ubicación determinada para el modelo a utilizar en el presente trabajo de investigación, en este caso la caleta de Pescadores, la islita, en donde de acuerdo a los datos de disponibilidad energética por metro de playa, o dicho de una manera mucho más directa por metro de ola, utilizando el menor valor anual de energía por metro lineal de ola, pero antes debemos de cuantificar la demanda eléctrica agregada de la Caleta de Pescadores La Islita, de acuerdo a las siguientes proyecciones agregadas:

**Tabla 25 :** *Proyecciones de oferta y demanda eléctrica.*

**PROYECCIONES DE DEMANDA, OFERTA Y ACUMULACIÓN ELECTRICA DEL CP LA ISLITA  
– ACUMULA EN .Kw/Hr**

HORA	DEMANDA ELECTRICA	OFERTA ELECTRICA	ACUMULACIÓN ELECTRICA
1	907.93	3500.00	2592.08
2	907.93	3150.00	2242.08
3	907.93	3150.00	2242.08
4	907.93	3150.00	2242.08
5	907.93	3150.00	2242.08
6	907.93	3150.00	2242.08
7	1815.85	3150.00	1334.15
8	1815.85	4100.00	2284.15
9	1815.85	4100.00	2284.15
10	1815.85	4100.00	2284.15
11	1815.85	4100.00	2284.15
12	2723.78	4100.00	1376.23
13	2723.78	4100.00	1376.23
14	2723.78	4100.00	1376.23
15	2723.78	4100.00	1376.23

16	4085.66	5320.00	1234.34
17	4085.66	5320.00	1234.34
18	4993.69	5320.00	326.41
19	5901.51	6500.00	598.49
20	6809.44	7000.00	190.56
21	6355.48	6500.00	144.53
22	6355.48	6500.00	144.53
23	4993.59	5900.00	906.41
24	4993.59	5900.00	906.41

**Fuente:** García 2020, Elaboración propia.

Esta tabla a una valorización de S/ 0,45 Kw Hr ( De acuerdo al Pliego Tarifario vigente para la Región Piura –Enosa ) , nos determina los siguientes flujos monetarios en el tiempo libre promedio:

Diario : S/ 35,464.12  
 Mensual : S/ 1,063,923.60  
 Anual : S/ 12'767,083.20

En cuanto a los niveles de inversión necesarios, debemos de indicar, que serán los necesarios para instalar los medios necesarios para una generación nominal de 7,5 MW de Potencia Pico , 5 Mw de Potencia Continua, o capacidad de generación Horario y obedece al siguiente presupuesto de inversión:

**Tabla 26:** Costos de suministro y mantenimiento

ITEM	DESCRIPCION AL DETALLE	CANT.	P. UNITARIO	P. PARCIAL	P. TOTAL
<b>SUMINISTRO</b>					<b>28971.000</b>
1	Boyas off shore, absorbedor energía onda Marina.	20	475.000	9.500.000	
2	Maquina oscilantes y acumuladores de Energía	10	311.500	3.115.000	
3	Mecanismos acumuladores de Energía	20	143.700	2.874.000	
4	Sistemas de cables eléctricos	20	165.400	3.308.000	
5	Tableros de control y Distribución de Energía	20	65.400	1.308.000	
6	Sistemas de interrupción, distribución eléctrica	20	75.300	1.506.000	
7	Elevadores de Tensión a niveles de transmisión.	5	450.000	2.250.000	
8	Línea eléctrica de trasmisión por Kilómetro.	10	125.000	1.250.000	
9	Sistema SCADA de control optimo Automático.	3	970.000	2.910.000	
10	Sistema de Re-conectores lógicos programables.	2	475.000	950.000	
<b>MONTAJE</b>					<b>11283.400</b>
11	Fijación de cimentación de Boyas off Shore	20	312.000	6.240.000	
12	Montaje de Maquinas Oscilantes	10	210.340	2.103.400	
13	Montaje de acumuladores de Energía	20	43.000	860.000	
14	Montaje de sistemas de cables eléctricos	20	32.000	640.000	
15	Equipos de prueba de funcionamiento	1	325.000	325.000	
16	Servicio de Mantenimiento preventivo de boyas.	1	165.000	165.000	
17	Puesto en Servicio y Pruebas finales	1	950.000	950.000	
<b>TOTAL GENERAL</b>					<b>40254.400</b>

**Fuente:** García 2020, Elaboración propia.

Acto seguido definimos los principales parámetros micro económicos inter actantes:

Para su evaluación utilizaremos el tradicional método del flujo anual, actuante sobre todo la vida útil del Proyecto y con las siguientes principales características:

**Valor de Recuperación:** Cero, es decir Valor Chatarra menos precio del desmontaje y traslado.

**Vida del Proyecto:** Dado por el periodo del negocio en este caso indefinido, pues será una actividad rentable siempre la conservación de carnes de ave, por las costumbres alimenticias del Perú, altamente intensivas en consumo de aves y todo tipo de carnes, en general y la vida útil del activo principal del sistema de frío, los compresores en el caso que nos involucra, teniendo en cuenta las varianzas y/o desviaciones estándar de los valores obtenidos, nos determina una vida útil económica de 10 años.

En cuanto al costo ponderado de capital, WACC, en la moderna terminología OCDE, determinado por la siguiente Ecuación:

$$WACC = \frac{\text{Patrimonio}}{\frac{\text{Pasivo total} * COCP + \text{Deuda}}{\text{Pasivo total} * CDB}}$$

De donde debemos de definir los siguientes términos:

**Patrimonio:** Deuda de la empresa con sus accionistas, modificadas año a año por el accionar de los resultados anuales.

**Pasivo Total:** Total de deudas de la empresa, tanto a sus accionistas o propietarios, como al sistema bancario y sistema financiero no bancario.

**COCP:** Costo de oportunidad de negocios alternativos, que tienen los propietarios de las acciones de la empresa, para invertir los fondos que obtendrían de la venta de sus acciones.

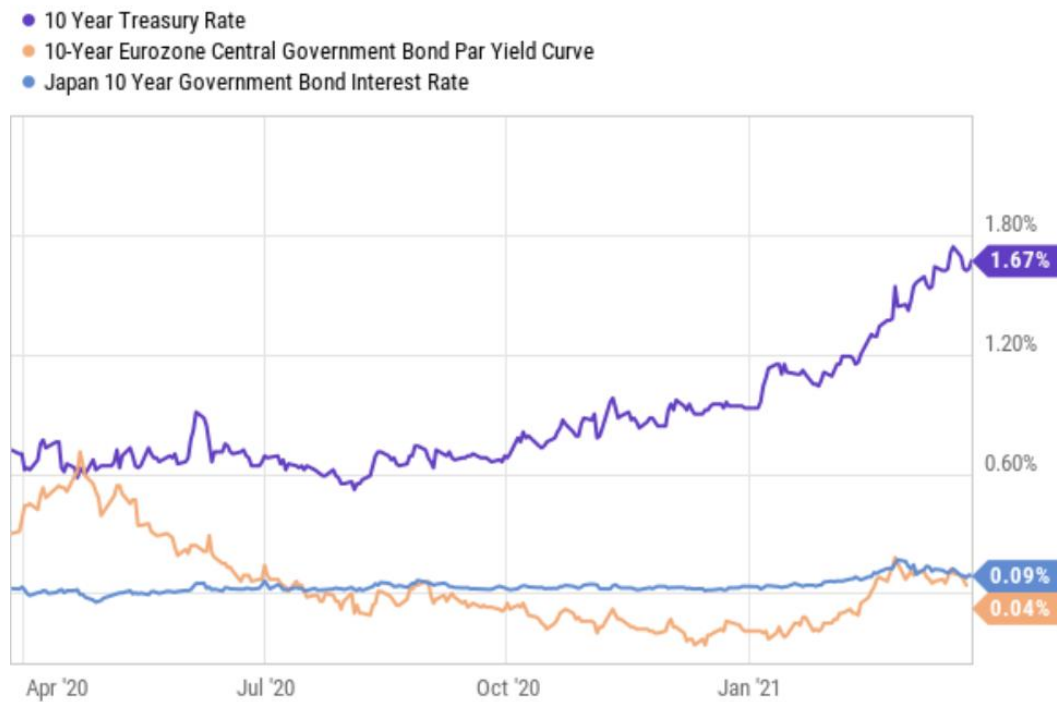
**Deuda:** De la empresa o emprendimiento al sistema bancario (Deuda corto plazo, pagares, sobre giros, descuento de letras, factoring, leasing y otros), como del sistema no bancario (Acciones, Bonos de renta fija, Bonos de renta variable, acciones preferenciales, renta fija, renta variable, etc.).

**CDB:** Costo de deuda en términos reales, constantes, deflactados y variables.

Estos costos de la deuda están afectos a sobre tasas por tres principales criterios Tasa de interés básica, determinada por la ley de la curva de la oferta (Curva LM, o curva de oferta del mercado monetario) y la curva de demanda (Curva IS, o curva de demanda del mercado real de bienes y servicios, del mundo de la producción real).

Figura 37:

Tasas de interés base (Curva IS - LM).

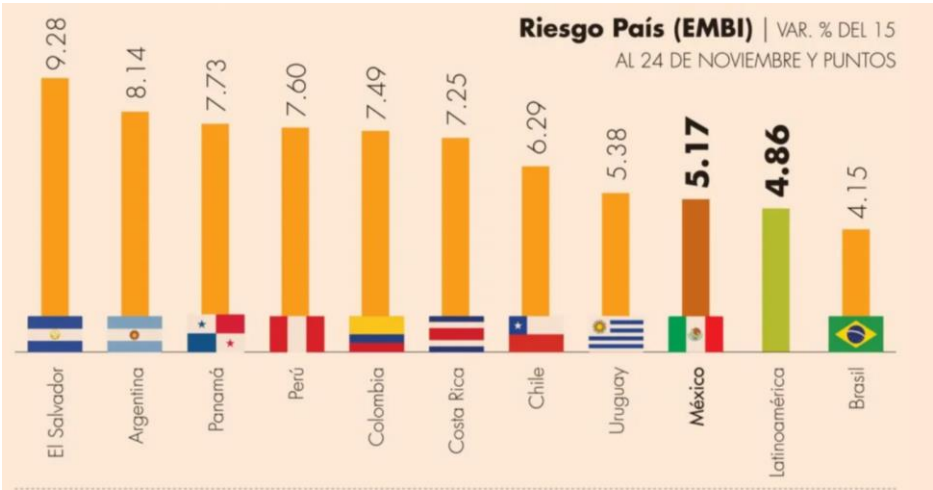


Fuente: (Bravo S. , 2020) , elaboración propia.

A lo cual hay que añadir los correspondientes sobre cargos, por riesgo País (Riesgo de repatriación de capitales, Riesgo político de variación de políticas macro económicas, Riesgo de comercio internacional etc.), que los podemos visualizar en los siguientes cuadros y gráficos:



**Figura 38 :** Tasa de riesgo país en Latinoamérica



Fuente: (Bravo S. , 2020) , elaboración propia

Tabla 27:

Riesgo país en el tiempo en Latinoamérica

PAIS	2019	2018	2017	2016
Perú	1.07	1.68	1.36	1.70
Chile	1.35	1.66	1.17	1.58
Uruguay	1.48	2.07	1.46	2.44
Colombia	1.61	2.28	1.73	2.25
Paraguay	2.03	2.60	2.00	2.81
Brasil	2.12	2.73	2.32	3.30
Bolivia	2.18	3.78	2.03	0.83
Ecuador	8.26	8.26	4.59	6.47
Argentina	17.44	8.17	3.51	4.55
Venezuela	147.4	68.65	48.54	21.68

Fuente: (Bravo S. , 2020) , elaboración propia

Y por último las consideraciones de riesgo por tipo de negocio nos determinan, lo siguiente:

**Tabla 28 :** Tasa de interés riesgo negocio

Tasa de interés Interbancaria de Equilibrio (TILE, Cotización a 28 días)													
Periodo	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
<b>Enero</b>	8.41	7.41	7.93	8.41	4.91	4.86	4.79	4.84	3.78	3.29	3.56	6.15	7.66
<b>Febrero</b>	7.97	7.46	7.93	7.94	4.92	4.84	4.78	4.80	3.79	3.29	4.05	6.61	7.83
<b>Marzo</b>	7.68	7.46	7.93	7.64	4.92	4.84	4.77	4.35	3.81	3.30	4.07	6.68	7.85
<b>Abril</b>	7.51	7.47	7.94	6.68	4.94	4.85	4.75	4.33	3.80	3.30	4.07	6.89	7.85
<b>Mayo</b>	7.32	7.70	7.93	5.78	4.94	4.85	4.76	4.30	3.79	3.30	4.1	7.15	7.86
<b>Junio</b>	7.33	7.70	8	5.26	4.94	4.85	4.77	4.31	3.31	3.30	4.11	7.36	8.10
<b>Julio</b>	7.31	7.70	8.28	4.92	4.92	4.82	4.78	4.32	3.31	3.31	4.59	7.38	
<b>Agosto</b>	7.33	7.71	5.86	4.89	4.90	4.81	4.79	4.30	3.30	3.33	4.6	7.38	
<b>Septiembre</b>	7.31	7.70	8.66	4.91	4.90	4.78	4.81	4.03	3.29	3.33	4.67	7.38	
<b>Octubre</b>	7.31	7.33	8.68	4.91	4.87	4.79	4.83	3.78	3.28	3.30	5.11	7.38	
<b>Noviembre</b>	7.33	7.93	8.73	4.93	4.87	4.80	4.85	3.80	3.31	3.32	5.57	7.39	
<b>Diciembre</b>	7.34	7.93	8.74	4.93	4.89	4.79	4.85	3.79	3.31	3.55	6.11	7.62	

Fuente: (Bravo S. , 2020) , elaboración propia

Elaboramos el flujo de caja correspondiente:

**FLUJO DE CAJA A PRECIOS PRIVADOS PERIODO 2023 - 2032**

<b>AÑO</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
INGRESOS	0.00	12767083.20	12767083.20	12767083.20	12767083.20	12767083.20	12767083.20	12767083.20	12767083.20	12767083.20	12767083.20
EGRESOS	40254400.00	1207632.00	1207632.00	1207632.00	1207632.00	1207632.00	1207632.00	1207632.00	1207632.00	1207632.00	1207632.00
UTILIDAD	-40254400.00	11559451.20	11559451.20	11559451.20	11559451.20	11559451.20	11559451.20	11559451.20	11559451.20	11559451.20	11559451.20

VALOR ACTUAL NETO : S/ 27.975.839,64

TASA INTERNA DE RETORNO : 26%

TASA DE DESCUENTO O TASA DEL COSTO PROMEDIO PONDERADO DEL CAPITAL : 10 %

Debemos de remarca que la idea no es ver cuál es el nuevo y menor costo de producción, de energía eléctrica, si no cual es el nuevo margen de ganancia, obtenido por los menores costos de producción de la energía undimotriz, que nos hacen obtener tasas internas de retorno económicas del orden del 26 %

## V DISCUSIÓN.

De este importante trabajo realizado, que tiene como merito, la innovación de poner en valor los recursos energéticos undimotrices, que son más regulares que el proporcionado por la energía eólica o la energía solar fotovoltaica, y que se encuentran a lo largo de toda la costa Peruana, cerca de las subestaciones de la línea costera de 220 KV / 500 KV, existente, en donde se determina que la tecnología de boyas flotantes es la mejor tecnología para aprovechar el potencial energético de las olas, las cuales, en donde el potencial energético ( $\text{kW/m}$ ), es una función del periodo y altura del mar adentro tanto en alta marea, como en baja marea, y tiene su fundamento teórico, en que el mar abierto está en constante movimiento, y de acuerdo a un comportamiento aleatorio de las olas, en los cuales no se aprecia regularidad ni en la altura de la cresta de olas, ni en sus frecuencias, longitudes de onda, criterios de diseño a tener al momento de construir y poner en funcionamiento las boyas, sobre todo con los ratios de altura significativa y altura significativa, determinada como la media asimétrica y geométrica del tercio de la altura de las olas de mayor altura y volumen medidos y tomados en cuenta en los periodos relevantes de 20 a 10 minutos, con la utilización del software Matlab para elaborar las curvas de nivel que describen la variación de los Parámetros

También por el valor que adopta la evaluación económica y financiera de la viabilidad de la Energía undimotriz cuantificando el ingreso por energía entregada al sistema de acuerdo a su factor de planta , condicionado por su horario y uniformidad de operación, en horas punta o en horas valle, a los precios de mercado libre o spot, pero con referencia a los precios de mercado remunerado, , analizamos los precios de inversión inicial o gastos de suministro y montaje, en donde se incluyen las boyas flotadoras, sus mecanismos de izaje, los tableros de control Scada, las líneas de conducción eléctrica submarinas, los transformadores de potencia, tensión y corriente, los sistemas de protección (Pórtico de llegada , Pórtico de salida, Puestas a tierra Z, disyuntores, seccionadores, banco de condensadores, reconectores, etc.), tanto los Gastos de suministro, como los gastos de montaje, así mismo analizaremos la vida útil con la cual evaluaremos el proyecto, la cual depende de la vida útil del negocio o de la vida útil económica del principal activo de la instalación generadora de electricidad, la tasa de descuento a utilizar, será el pertinente al costo de la deuda del negocio y/o empresa (deuda a sus dueños o

patrimonio y deuda a corto, mediano y largo plazo, a proveedores, bancos y/o financieras, trabajadores, estado, Sunat, aduanas, municipios, multas, etc. Con lo cual demostré que la generación eléctrica undimotriz, es viable y rentable, desde el punto de vista económico, financiero, ambiental, logístico, social, académico, científico etc.

Queda claro, que la importancia de la energía undimotriz en la matriz energética Peruana, queda demostrada por el valor de la energía potencial a ser generada por la amplitud de las olas y toda la energía, que contiene en su altura, ancho y densidad lineal energética como fuente de energía renovable no convencional, con mas factor de potencia y energía disponible para despacho que las energías renovables tales como la solar fotovoltaica, solar térmica y eólica tanto off shore, como la On shore, que permiten una mejor optimización del funcionamiento del sistema integrado en cuanto a la estabilidad ( ausencia de interrupciones de servicio medidos por los indicadores SAIDI ( Duración de las fallas ) y SAIFI ( Frecuencia con la que se presentan las fallas), y en cuando al producto es decir ausencia de perturbaciones, Flicker, agujeros de tensión y frecuencia entre otros , sobre todo si pensamos en sistemas y modelos de simulación matemática, que reproduzca lo que sucede, con la función objetivo de optimizar la matriz energética eléctrica Peruana, sobre todo en el norte del País, con la introducción de las restricciones por estabilidad, gases efecto invernadero y cumplimiento de los compromisos del Peru en la COP 26 , realizada en Glasgow en Noviembre del 2021, la reducción a las cuales el Peru se ha comprometido de 280 Millones de TM de CO<sub>2</sub> a 218 Millones de TM de CO<sub>2</sub> , pero también la articulación con el sistema interconectado que contempla avenida y estiaje, potencia instalada, energía despachada, potencia y energía por tipo de tecnología utilizada entre otras alternativas en el modelo de optimización con el cual se trabajara, se analizara también el caso de restricciones por cumplimiento de normas ambientales, representadas básicamente, por disminución del contenido de carbono en kilogramos por unidad d energía , que puede ser Kwhr o Giga Joule térmico – eléctrico

Se analizara la viabilidad técnica de los sistemas de boyas y flotadores, que se utilizan en los diseños de los aprovechamientos que se trabajaran como modelos así como su viabilidad económico con el análisis de los ingresos marginales, así como los costos marginales, tanto de capacidad o potencia y los ingresos

marginales de energía y capacidad, que incluyan las condiciones de estabilidad propias de escenarios de competencia perfecta, lo cual en base a flujos de caja o flujos de efectivo, es decir de ingresos medios y marginales, a los cuales se le deben restar los costos de operación, mantenimiento, tenencia y oportunidad, para determinar una serie de tiempo de las utilidades a ser consideradas, en el periodo de vida útil a ser considerado en la planificación del corto plazo, con los detalles del valor de recupero a ser considerado, con la tasación para la determinación de este que considere la vida residual, el grado o factor de obsolescencia, así como el grado de operatividad, el valor de recupero comercial y el factor de desvalorización comercial, el factor comercial y el factor de realización automática entre otros, estos análisis nos permitirán determinar el grado de los indicadores económicos tales como el TIR (Tasa interna de retorno) y el VAN (Valor actual neto), que complementan a los indicadores tales como tasa beneficio – Costos B/C, tiempo medio de recupero y cualquier otro indicador financiero que se pueda utilizar.

Se elaboró un presupuesto en base a las experiencias anteriores y referencias pertinentes, en donde se tomó en cuenta a los flotadores, actuadores, que acumulan la energía de las olas y las transforman en energía eléctrica, las cuales conducen o transportan hasta los centros de consumo, se incluye los gastos de montaje off shore, con todos sus componentes de costos de trabajos submarinos a todo riesgo y a todo costo, con las correspondientes reservas de gastos por imprevistos poco probabilísticos, gastos financieros que contemplen el tipo de fondos de financiamiento utilizado, si es deuda del sistema financiero (Bancos, Cajas Municipales, Cajas Rurales, o demás entidades financieras), o Cooperativas de ahorro y Crédito, con el uso del concepto de tasa de crédito real anual (TCRA), que incluye todos los cargos por mantenimiento de cuentas, transferencias de fondos, mantenimiento de cuentas, así mismo se analizó la posibilidad de financiamiento directo, por emisión de acciones con o sin derecho a voto, con o sin liquidez, todas rentables, o por la emisión de bonos soberanos ya sea en el mercado nacional o internacional, también se analizó la posibilidad de subvención por parte del estado, en cuanto a la formación de fondos a bajos costos financieros, para de esa manera disminuir su costo de capacidad o de potencia y lograr que el mercado interconectado los convoque con mayor frecuencia y por lo tanto la central tenga

un mejor factor de potencia y sea de un funcionamiento más rentable, con mejores costes e ingresos marginales

La integración masiva de la generación undimotriz a los modelos y considerandos de la planificación del mercado eléctrico, debe ser una de las consideraciones del presente trabajo de investigación, por su alto grado de factor de carga, por su presencia tanto en periodos de avenidas o de estiaje, en escenarios de disminución del abastecimiento de gas natural por el ducto de Camisea, en periodos de mayor exigencia ambiental al reducir la producción de CO<sub>2</sub>, por unidades de energía eléctrica, al colocar valor a las emisiones de gases de efecto invernadero en general, y ver la posibilidad de alternar la energía undimotriz, con las energías provenientes del reformado de Petroleo, en donde el co<sub>2</sub> es enterrado en cavernas o espacios producidos por la extracción de hidrocarburos, tal es el caso de los antiguos yacimientos de la brea y Pariñas, así como los mas recientes de la selva norte y Camisea, evitando de esta manera que siga aumentando la concentración de gases efecto invernadero, léase carbón en la atmosfera, con el consiguiente aumento de la temperatura promedio del planeta, por encima de los dos grados centígrados de la temperatura promedio, antes del inicio de la era industrial, con el consiguiente deshielo de los casquetes polares, deshielo de los glaciares de altura y el aumento del nivel del mar, aumento de las sequias en época de estiaje, inundaciones de los pueblos y ciudades a orillas del mar entre otras consecuencias así mismo el aumento de los extremos climáticos es decir mas calor en verano y mas frio en invierno, aumento de las lluvias , los conocidos fenómenos del niño, los huracanes , tifones , tornados muy frecuentes en el hemisferio norte del planeta y el incrementos de los daños a la propiedad privada y pública, disminución de la producción, desaliento a la inversión privada y pública y por lo tanto disminución o no crecimiento del PBI interno, con la consecuencia de no poder cumplir con los objetivos de desarrollo del milenio, con la disminución de brechas sociales, tales como falta de energía eléctrica segura y confiable, a la falta de agua potable, falta de trabajo productivo y decente, falta de educación en todos sus niveles desde la inicial a la universitaria, pasando por la educación para el trabajo, la salud con programas de prevención de las pandemias, servicios primarios de atención de salud bajo el concepto de redes asistenciales y hospitales de alta complejidad , que

permitan mejorar la esperanza de vida del poblador Peruano y su bienestar expresado en el índice de Desarrollo humano



## VI CONCLUSIONES.

.

Respecto al primer objetivo, la tecnología de flotación oceánica flotante con equipos de amortiguación y absorción es la más moderna del mundo y puede utilizarse para inyectar energía a los sistemas interconectados en las regiones de Tumbes y Piura. En comparación con las alternativas eólica y solar, la ventaja de los elementos vegetales más altos debido a la alta regularidad de la frecuencia de las olas es que tienen una variabilidad muy alta, especialmente en la pendiente de las fluctuaciones, lo que provoca una enorme estabilidad en los sistemas interconectados.

Respecto al segundo objetivo del potencial de olas, en general las costas de Piura y Tumbes y la costa del puerto pesquero de Isllilla tienen un enorme potencial energético debido a la capacidad energética medida en longitud de onda, frecuencia y kW/m. Tengo . Como muestra el estudio actual, los datos secundarios se pueden procesar y analizar para satisfacer la demanda local y vender el excedente a los sistemas interconectados.

El tercer objetivo, las características de componentes electromecánicos que utilizan la energía de las olas, permitió diseñar medidas mediante control matemático y estadístico calculando los valores medios de período de ola ( $T_m$ ) y altura de ola ( $H_m$ ). Para medir el período medio y la altura media de las olas de estos componentes, es cuestión de calcular la resonancia y la resistencia a la flotación para optimizar el dispositivo en cuestión.

El cálculo objetivo de la producción de energía y la evaluación de viabilidad energética estiman la energía y el suministro energético que generarán el retorno financiero necesario para marcar el rumbo junto con la inversión inicial o CAPEX. Las centrales eléctricas pueden determinar los valores de VAN y TIR que hacen factible este proyecto de investigación, junto con sus costos de operación y mantenimiento.

## **VII RECOMENDACIONES.**

Este tipo de investigaciones deberían realizarse a lo largo de toda la costa peruana para determinar no solo el potencial de la energía de las olas del tipo energético actual, sino también su ubicación exacta y dónde podría conectarse y suministrar energía al sistema nacional.

Se deben implementar convenios con el Ministerio de Energía y Minas - Carelec (Consejo de Gestión de Recursos de Educación Eléctrica), organismos como gobiernos regionales y locales y universidades, incluida la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, para equipamiento y financiamiento de proyectos piloto. Instalaciones de generación de energía de las olas

Para optimizar el uso y la gestión de las olas, el software debe diseñarse como código fuente para desarrollar el potencial de las olas utilizando especificaciones detalladas en términos de longitud de onda, altura de ola, velocidad de ola y energía por metro de ola.

Con la asesoría de expertos egresados de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, apoyamos la constitución de asociaciones y cooperativas para la producción de electricidad, así como la creación y comercialización de electricidad y el establecimiento de empresas con el apoyo de concesionarios de electricidad. El concepto de generación distribuida, carga neta y medición neta.

## VIII.- REFERENCIAS BIBLOGRAFICAS

- Alfaro Chavarría, H. G. (2019). Evaluando un nodo de reanálisis de oleaje mediante información de una boya colocada en aguas intermedias. *Repositorio de la Universidad de Costa Rica*, 29, 12. Obtenido de <http://repositorio.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/85337/nodo%20oleaje%20Caribe.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Basañez Mercader, A. M. (2021). Adquisición, evaluación y aplicación de los datos de oleaje. España: Universidad de Santiago de Compostela. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=291346>
- Bravo, N. (2008). *Sistema de conversion Mecanica Electrica para un generador Undimotriz*. Santiago de Chile: Universidad de Chile. Obtenido de [https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/103240/bravo\\_n.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/103240/bravo_n.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
- Bravo, S. (2020). *Mercado de capitales , para los proyectos Energeticos Renivables* . LIMA: ESAN.
- Brooke, J. (2017). *Wave Energy Conversion* . Annapolis: Elsevier.
- Carpena, D. (2017). *Diseño de Mecanismos de dispositivos desbordantes - Caso Kaplan*. OSLO: NORWAY.
- Carreras, G. A. (2021). Estudio del potencial energético undimotriz. *Universidad Tecnologica Nacional, Facultad regional de Buenos Aires.*, 30. Obtenido de <https://ria.utn.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12272/5484/Proyecciones%20abril%202021%20-%20Estudio%20del%20potencial%20energ%C3%A9tico%20undimotriz%20de%20Mar%20del%20Plata%20mediante%20modelado%20SWAN.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Chen, E. (2017). *Design and simulation of multi energy hybrid power system based on wave and wind energy*. PEKIN: MAOTS.
- Chirinos, O. (2018). *Formulacion y Evaluacion de Proyectos de Inversion* . Lima: ESAN.
- Cooper, E. (2017). *Ciencias Marinas y otros Asuntos* . Miami: MADRIMAS.
- Corral Bobadilla, M., Lostado Lorza, R., Vergara González, E. P., & Illera Cueva, M. (2013). ENVIRONMENTAL IMPACT OF WAVE ENERGY IN SPAIN. *Universidad de la Rioja*, 10.
- Duckers, P. (2017). *Mecanismos de formacion de la Energia de las olas*. New York: ELSIVER.
- Dupuis, G. (2016). *La Enegia Unidimotriz en el Presente y Futuro , la fuerza de Poseideon*. Miami: PROMETEO.

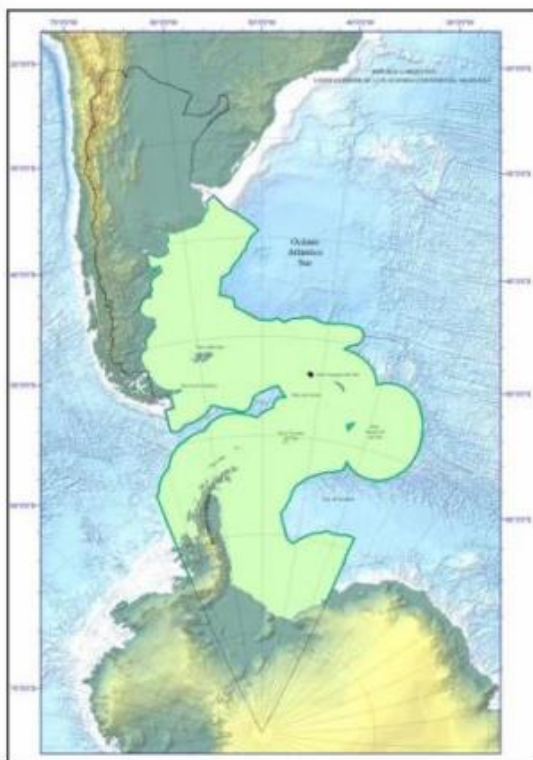
- Enermark Ltda. (2017). *Analisis tecnico de la tecnologia de Produccion SDE ITD*. Santiago de Chile: Israel.
- Engstrom, J. (2019). *Hydrodynamic Modelling for a point absorbing Wave Energy Converter*. BOSTON: McGrawHill.
- ENOSA. (2021). *Memoria Anual de Gestion 2020*. PIURA: UDP.
- Gabrielli, M. (2018). *Sistemas de Atenuacion para extraer la energia de las olas*. SANTIAGO: MIR2.
- Garcia-Teruek, F. (2021). *A Review of geometry optimisation of wave energy converters*. Boston: MIT.
- Garson, R. (2018). *Prospectivas de avance Tecnológico en la Generación Undimotriz*. Santiago: PUCCH.
- Gunn K & Stock\_Williams. (2017). *Quantifying the global wave power resource*. BALTIMORE: ENERGY.
- Hernandez, Fernandez, Baptista. (2018). *Estudio de Comportamiento de Oleaje*. LIMA: PUCP.
- Jafari, D. (2018). *Numerical Simulation of a novel ocean wave energy converter*. LONDON: ROYAL.
- Kobanoski, I. (2019). *Valoración Económica de alternativas de Energías Renovables no convencionales*. Londres: Willy and Sons.
- McCormick, Ertekin C. (2018). Renewable Power. *Renewable Energy*, 45-52.
- Medel, S. (2018). *Estudio de implantación de Tecnologías Mareomotrices y undimotrices*. SANTIAGO: UCHILE.
- Morales, E. (2016). *Análisis de un dispositivo oscilante como medio de captación de energía Undimotriz*. Santiago: UCHS.
- Moya, N. (2018). *Sistemas de conversión Mecánica Eléctrica para un generador Undimotriz*. SANTIAGO: UCHS.
- Mozart, L. (2017). *Análisis de elementos finitos de la energía undimotriz*. Praga: REICH.
- Muñoz, Z. (2018). *Cálculo de la Energía de las Olas*. Santiago: ATHENEO.
- Neira, Roque. (2020). *Generación undimotriz para mejorar el suministro de energía eléctrica en la playa costanera - Humachaco*. Chiclayo: UCV.
- OLADE. (2020). *Informe Quinquenal de la Energía en América Latina*. QUITO: ESPOL.

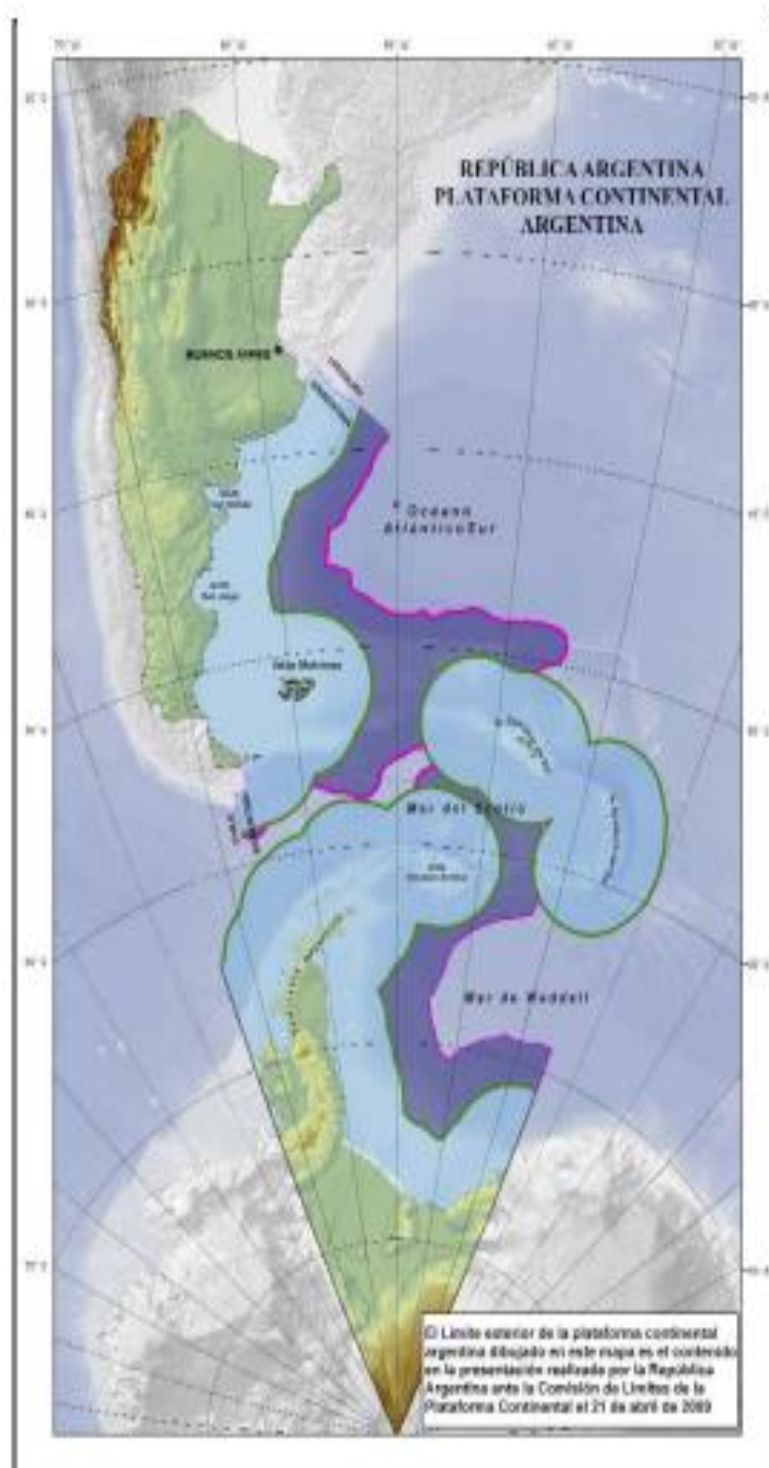
- Parra, C. E. (2018). *Equipo generador de Energía Eléctrica undimotriz*. Valparaíso: COPINAVAL.
- Patron, F. (2019). *Caracterización de dispositivos de aprovechamiento de energía Undimotriz*. Buenos Aires: COMPORA.
- Pelissero M. A., H. P., & Lifschitz A., G. D. (2011). Aprovechamiento de la energía undimotriz en el mar Argentino. *UTM-FRBA*, 10.
- Previsic, M. (2017). *offshore wave Energy Conversion Device*. LONDON: Innovation.
- RBI Enginners. (2017). *Offshore Wave Energy*. BOSTON: MIT.
- Romero, S. (2017). *Tecnología de absorbedores puntuales de energía de olas de Mar*. SAN DIEGO: USNAVY.
- Roy, A. (2021). *Analytical estimates of short duration mean power output and variability for deepwater power generation*. LOS ANGELES: McGraw Hill.
- SIELAC - OLADE. (2019). *Balance y Matriz Energética en América Latina*. Obtenido de Olade: <http://www.olade.org/publicaciones/panorama-energetico-de-america-latina-y-el-caribe-2020/>
- Subekti, Parjiman, Hanifah. (2020). *Design of Sea Wave, Power Hybrid Power Generation Through Utilization of wave and Wind Energy*. Boston: Wiley & Sons.
- TWENERGY. (2019). *Prospectivas de Energías disruptivas*. Miami: REVERTE.
- Valeria, M. C. (2016). Análisis de un dispositivo oscilante como medio de captación de energía undimotriz. Santiago: Repositorio Universidad de Chile. Obtenido de <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/139160/Analisis-de-un-dispositivo-oscilante-como-medio-de-captacion-de-energia-undimotriz.pdf?sequence=1>
- Vining, J. (2019). *Economic Factors and Incentives for Ocean Wave Energy Conversion*. Obtenido de IEEE Xplore: <https://ieeexplore.ieee.org/document/4347868/authors#authors>
- Wave Energy AS. (2018). *Wave Energy*. Miami: FLORIDA.
- Wave, D. (2019). *Simple and robust construction - complex design*. Obtenido de Wave Dragon: <http://www.wavedragon.net/principles/>
- Williams, C. (2015). Quantifying the Power resource energy wave. (Elsevier, Ed.) *Tethys engineering*, 296-304. Obtenido de <https://tethys-engineering.pnnl.gov/publications/quantifying-global-wave-power-resource>

# CATÁLOGO ENERGÍAS DEL MAR 2014

Proyectos, Iniciativas, Instituciones,  
sobre Energías del Mar Argentino

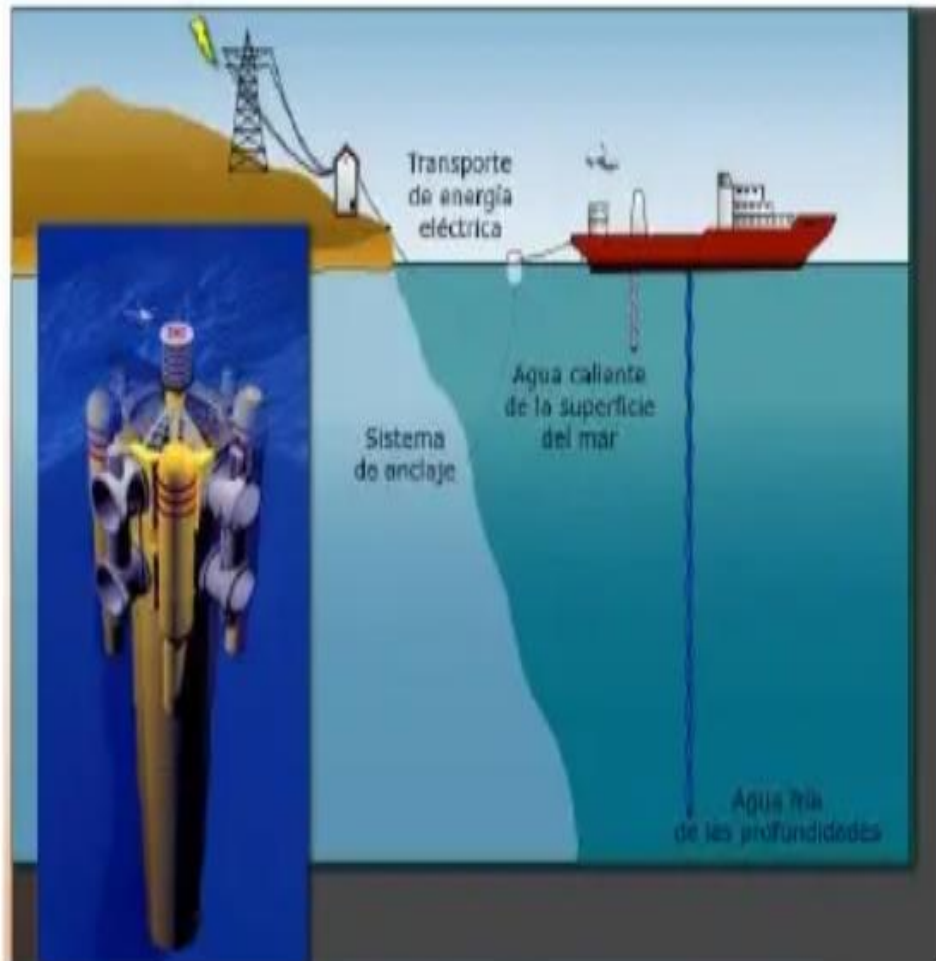
*1<sup>ra</sup> EDICIÓN, Noviembre 2014*

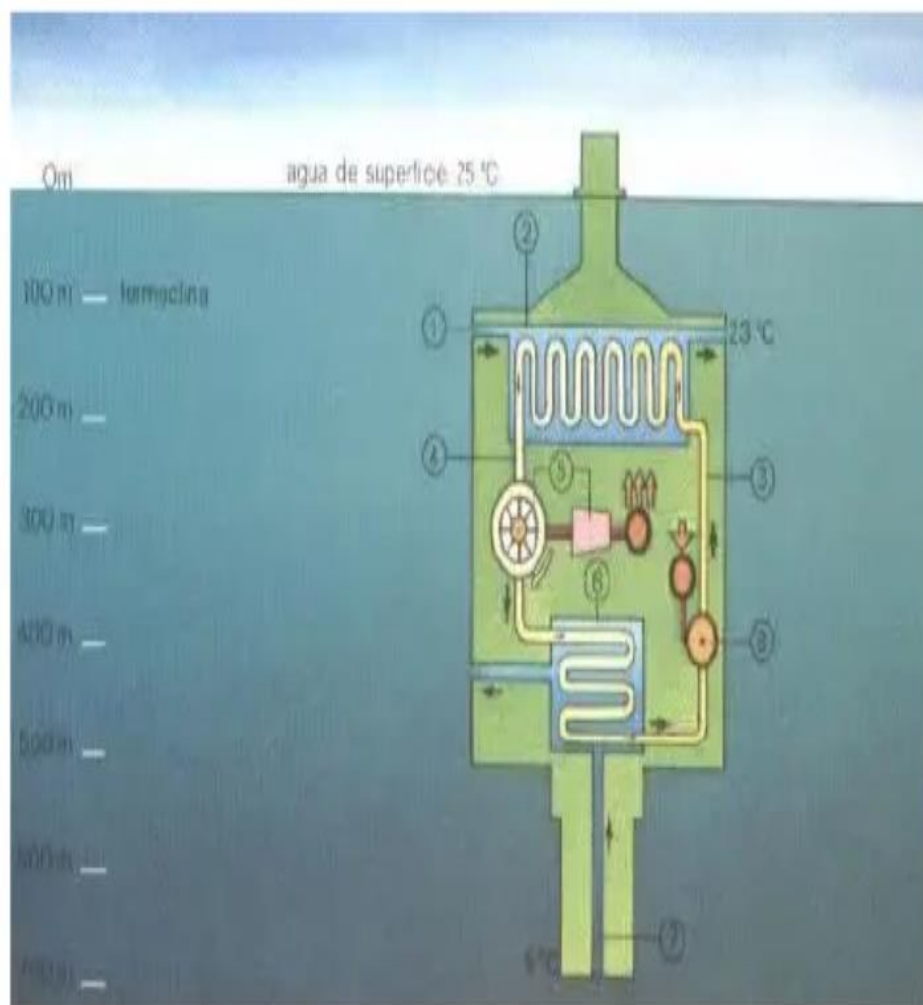
















**ACTA DE SUSTENTACION N°037-2024-FIME**



En la ciudad de Lambayeque, siendo las 12:00 p.m. del día martes 13 de febrero de 2024: Se reunieron los miembros del jurado, designados mediante Resolución N°029-2024-D-VIRTUAL-FIME, de fecha 07 de febrero 2024, con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación del Tesis ordinaria, conformado por los siguientes catedráticos:

**M.Sc. Ing. CARLOS YUPANQUI RODRIGUEZ**  
**M.Sc. Lic. EGBERTO SERAFIN GUTIERREZ ATOCHE**  
**ING. TEOBALDO EDGAR JULCA OROZCO**  
**Dr. Ing. JAMES SKINNER CELADA PADILLA**

**PRESIDENTE**  
**SECRETARIO**  
**MIEMBRO**  
**ASESOR**

Se recibió la Tesis ordinaria titulada:

***"DETERMINAR EL POTENCIAL ENERGÉTICO UNDIMOTRIZ PARA LA GENERACIÓN ELÉCTRICA EN EL NORTE DEL PERU".***


Presentada y sustentada por su autor, Bachiller: **ROJAS LLAGUENTO SANTOS BRAULIO.**

Finalizada la sustentación de la Tesis ordinaria, el sustentante respondió las preguntas y observaciones de los miembros del jurado examinador, quienes procedieron a deliberar y acordaron otorgar el calificativo de **APROBADO**, Nota ( 16 ) en la escala vigesimal, mención

Bueno.


Quedando el sustentante apto para obtener el Título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, de acuerdo a la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente, de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

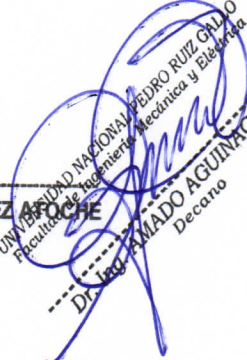
Siendo las 12:45 pm del mismo día se da por concluido el acto académico, firmando la presente acta el jurado respectivo:

  
M.Sc. Ing. CARLOS YUPANQUI RODRIGUEZ  
PRESIDENTE

  
ING. TEOBALDO EDGAR JULCA OROZCO  
MIEMBRO

  
M.Sc. Lic. EGBERTO SERAFIN GUTIERREZ ATOCHE  
SECRETARIO

  
Dr. Ing. JAMES SKINNER CELADA PADILLA MIEMBRO  
ASESOR

  
UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO  
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica  
Dr. Ing. AMADO AGUINAGA PAZ  
Decano



# DETERMINAR EL POTENCIAL ENERGETICO UNDIMOTRIZ PARA LA GENERACION ELECTRICA EN EL NORTE DEL PERU

## INFORME DE ORIGINALIDAD

10%

INDICE DE SIMILITUD

10%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1

[hdl.handle.net](http://hdl.handle.net)

Fuente de Internet

5%

2

[Submitted to Universidad Cesar Vallejo](#)

Trabajo del estudiante

4%

3

[opac.pucv.cl](http://opac.pucv.cl)

Fuente de Internet

<1%

4

[fdocuments.ec](http://fdocuments.ec)

Fuente de Internet

<1%

5

[1library.co](http://1library.co)

Fuente de Internet

<1%

6

[ciencia.lasalle.edu.co](http://ciencia.lasalle.edu.co)

Fuente de Internet

<1%

7

[docplayer.es](http://docplayer.es)

Fuente de Internet

<1%

8

[repositorio.ucv.edu.pe](http://repositorio.ucv.edu.pe)

Fuente de Internet

<1%



Dr. Ing. JAMES SKINNER CELADA PADILLA  
ASESOR



## Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega:	Santos Braulio Rojas Llaguento
Título del ejercicio:	Quick Submit
Título de la entrega:	DETERMINAR EL POTENCIAL ENERGETICO UNDIMOTRIZ PAR...
Nombre del archivo:	TESIS_SANTOS_B_ROJAS_LLAGUENTO_1.docx
Tamaño del archivo:	23.3M
Total páginas:	92
Total de palabras:	18,914
Total de caracteres:	99,373
Fecha de entrega:	19-ene.-2024 08:08p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre...	2274266506



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

TESIS

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

DETERMINAR EL POTENCIAL ENERGETICO UNDIMOTRIZ PARA LA  
GENERACION ELECTRICA EN EL NORTE DEL PERU

Autor:

Bach. ROJAS LLAGUENTO SANTOS BRAULIO

Asesor:

M.Sc. Ing. JAMES SKINNER CELADA PADILLA

LAMBAYEQUE – PERÚ

2024

Dr. Ing. JAMES SKINNER CELADA PADILLA  
ASESOR