



**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO**  
**Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica**



**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**  
**Para Optar el Título Profesional de**  
**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**“Suministro con energía eléctrica mediante  
la generación undimotriz al desembarcadero  
artesanal San José, 2017”**

**Autor:**

**Br. César Orlando Baldera Chapoñan**

**Asesor:**

**Villalobos Cabrera, Jony**

**Lambayeque – Perú**

**2023**



**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO**  
**Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica**



**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**  
**Para Optar el Título Profesional de**  
**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**“Suministro con energía eléctrica mediante  
la generación undimotriz al desembarcadero  
artesanal San José, 2017”**

**Presentado Por:**

**Br. César Orlando Baldera Chapoñan**

**Aprobado por el Jurado Examinador**

**PRESIDENTE:** Msc. Juan Antonio Tumialan Hinostroza.

**SECRETARIO:** Msc. Oscar Méndez Cruz.

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

**ASESOR:** Msc. Jony Villalobos Cabrera

**Lambayeque – Perú**

**2023**



**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO**  
**Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica**



## **TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

### **TITULO**

**“Suministro con energía eléctrica mediante la  
generación undimotriz al desembarcadero  
artesanal San José, 2017”**

### **CONTENIDOS**

**CAPITULO I: PROBLEMA DE LA INVESTIGACION.**

**CAPITULO II: MARCO TEORICO.**

**CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO.**

**CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS.**

**CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

**CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.**

**CAPITULO VII: ANEXOS.**

**AUTOR: Br. César Orlando Baldera Chapoñan**

Msc. Juan Antonio Tumialan Hinostroza  
PRESIDENTE

Msc. Oscar Méndez Cruz  
SECRETARIO

Ing. Teobaldo Edgar Julca Orozco  
MIEMBRO

Msc. Jony Villalobos Cabrera  
ASESOR

**Lambayeque – Perú**  
**2023**

## DEDICATORIA

Este informe va dedicado en especial a:

### **Mis padres:**

María D. Chapoñan y Laureano Baldera, quienes me brindaron su apoyo desde los primeros años de mi formación profesional, me inculcaron valores de bien que agradezco infinitamente.

### **A mis hermanos:**

**María Julia:** Más que una hermana, una amiga, quien con sus consejos cuidaba que no de tropiezo alguno, apoyándome y cuidando de mí, cuando más lo necesitaba, sin duda alguna fue una guía y apoyo fundamental.

**José del Carmen:** Hermano a quien admiré como un padre desde mis primeros años de formación, guía y ejemplo a seguir quien consideré como modelo de persona y fue quien me inspiró para ser un profesional de éxito.

A mis demás hermanos, que también aportaron su granito de arena, tendiéndome la mano para continuar en este proceso que hoy da sus frutos.

César Orlando Baldera Chapoñan

## **AGRADECIMIENTO**

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento:

Al Colegio IEPSA 10141 – 7 de Noviembre – Solecape- Mochumí- Lambayeque, a toda su plana docente, por el gran esfuerzo que realizan, por inculcarme valores y conocimientos que fueron de vital influencia en mi formación.

A la Universidad “Pedro Ruiz Gallo” Lambayeque, a todos los catedráticos, quienes supieron brindarnos las herramientas necesarias para ser profesionales competitivos.

César Baldera Chapoñan

## RESUMEN

Muchas ciudades alrededor del mundo actualmente están buscando nuevas alternativas para la producción de energía renovable, una de ellas es la energía de las olas, la cual es generada por el movimiento y la fuerza de las olas, convirtiéndola en electricidad.

Para este trabajo de investigación el Proyecto Embarcadero Artesanal San José, el cual estará ubicado en la Provincia de Lambayeque,, Distrito de San José, es una obra que contará con un muelle de más de 800 metros y un puente de amarre (principal) de 50 metros y 8 metros de ancho, esta obra permitirá a los pescadores artesanales desembarcar los productos de su pesca diaria, con una demanda máxima de 55 kilovatios, los cuales serán alimentados por un sistema de energía undimotriz que será alimentado por un pozo. Composición de turbinas, elevación fija, potencia 55 kW, altura 2,83 m, ancho mínimo 1,25 m. Tiene 25 metros de largo y 12,25 metros de ancho. La longitud de la cámara es de 12 m .y el ancho es de 4,50 m. La puerta tiene 3,10 metros de ancho y 3,20 metros de alto. La potencia de placa del generador es de 55 kW y la velocidad es de 3000 rpm. El mini edificio central tiene 10 metros de largo, 4 metros de ancho y 3 metros de alto.

En consecuencia, la inversión a realizar es de USD 281.826,80, los costos de mantenimiento y operación anuales de USD 40 800, la energía que se produce es de 361,350 kW-h al año y el precio de venta de la energía eléctrica es de 0,16 USD /kW-h (0,52 S./kW-h), produciendo un Valor Presente Neto (VAN) de \$2,109,751,984 y una TIR de 39%.

**PALABRAS CLAVES:** Energía Eléctrica, Generación Undimotriz, Máxima Demanda.

## **ABSTRACT**

Many cities around the world are currently looking for new alternatives for the production of renewable energy, one of them is wave energy, which is generated by the movement and force of the waves, converting it into electricity.

For this research work, the San José Artisanal Embarcadero Project, which will be located in the Province of Lambayeque, District of San José, is a work that will have a pier of more than 800 meters and a mooring bridge (main) of 50 meters and 8 meters wide, this work will allow artisanal fishermen to land the products of their daily catch, with a maximum demand of 55 kilowatts, which will be powered by a wave energy system that will be fed by a well. Composition of turbines, fixed elevation, nominal power 55 kW, minimum width 1.25 m, height 2.83. It is 25 meters long and 12.25 meters wide. The length of the chamber is 12 m and the width is 4.50 m. The gate is 3.10 meters wide and 3.20 meters high. The nameplate power of the generator is 55 kW and the speed is 3000 rpm. The central mini building is 10 meters long, 4 meters wide and 3 meters high.

Consequently, the investment to be made is USD 281,826.80, the annual maintenance and operation costs are USD 40,800, the energy produced is 361,350 kW-h per year and the sale price of electrical energy is USD 0.16/kW-h (0.52 S/ ./kW - h), producing a Net Present Value (NPV) of \$2,109,751,984 and an IRR of 39%

**KEYWORDS:** Electric Power, Power Generation, Maximum Demand.

## INDICE

DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
RESUMEN .....	vi
ABSTRACT .....	vii
INDICE.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
INTRODUCCION .....	12
CAPÍTULO I .....	14
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	14
1.1. Realidad Problemática .....	14
1.1.1. Internacional.....	14
1.1.2 Nacional.....	15
1.1.3. Local.....	16
1.2. Formulación del problema .....	17
1.3. Delimitación de la investigación .....	17
1.4. Justificación e importancia de la investigación .....	17
1.5. Limitaciones de la investigación .....	18
1.6. Objetivos de la investigación.....	18
1.6.1. Objetivo General.....	18
1.6.2. Objetivos Específicos.....	19
CAPÍTULO II .....	20
MARCO TEÓRICO .....	20
2.1. Antecedentes del Estudio .....	20
2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema investigado.....	23
CAPITULO III.....	46
MARCO METODOLÓGICO .....	46
3.1 Tipo y Diseño de Investigación .....	46
3.2 Población y muestra.....	46
3.3 Formulación de la hipótesis .....	46
3.4 Variables-Operacionalización .....	47
3.5 Métodos y técnicas de investigación .....	49



3.6	Descripción de los instrumentos utilizados.....	49
3.7	Análisis estadístico e interpretación de datos.....	50
CAPITULO IV .....		51
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS .....		51
4.1	Cálculo de las necesidades de electricidad del desembarcadero artesanal 51	
4.2.	Cálculo de la energía undimotriz donde se ubicará el sistema .....	52
4.3.	Características técnicas, físicas y funcionales de la generación undimotriz.....	65
	Nota: Elaboración propia .....	72
4.4.	Evaluación económica del proyecto .....	75
CAPÍTULO V .....		82
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		82
5.1.	Conclusiones .....	82
5.2.	Recomendaciones .....	83
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		84
ANEXOS .....		87

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de Variables .....	48
Tabla 2: Técnicas e instrumentos.....	50
Tabla 3: Cálculo de la Máxima Demanda .....	51
Tabla 4: Longitud de Onda año 2015.....	52
Tabla 5: Velocidad de Traslación .....	53
Tabla 6: Celeridad del grupo .....	54
Tabla 7: Flujo de energía.....	55
Tabla 8: Energía total .....	55
Tabla 9:Longitud de onda.....	56
Tabla 10: Velocidad de traslación.....	57
Tabla 11: Celeridad del grupo .....	57
Tabla 12: Flujo de energía.....	58
Tabla 13: Energía Total .....	59
Tabla 14: Longitud de onda .....	60
Tabla 15: Velocidad de traslación.....	61
Tabla 16: Celeridad del grupo .....	62
Tabla 17: Flujo de energía.....	63
Tabla 18: Energía total .....	64
Tabla 19: Resumen de los cálculos realizados .....	64
Tabla 20. Características Turbina .....	67
Tabla 21:Características Dique de abrigo .....	68
Tabla 22:Resumen de la inversión a realizar .....	76
Tabla 23: Precios unitarios de costos de Instalación .....	77
Tabla 24: Costos Operativos .....	79
Tabla 25: Costos de mantenimiento y operación .....	79

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: La Energía Undimotriz (kW/m) en el mundo.....	25
Figura 2: Como se forman de Olas .....	26
Figura 3: La Ola y su energía potencial.....	26
Figura 4: Parámetros físicos de una ola.....	27
Figura 5: La ola y sus Parámetros energéticos.....	28
Figura 6: Elevación de una Ola .....	29
Figura 7: La imagen de la izquierda es el sistema TAPCHAN, mientras que la figura de la derecha representa un sistema PENDULOR, y en la parte inferior se muestra el dispositivo OWC .....	34
Figura 8: Prototipo OPT. Dispositivo absorbedor puntual.....	38
Figura 9: Rectificador Rusell.....	39
Figura 10: Esquema Columna de Agua Oscilante - OWC.....	40
Figura 11: OWC - TAPCHAN .....	41
Figura 12: Diversos esquemas de pato salter .....	41
Figura 13: OWC - CLAM.....	42
Figura 14: Turbina Wells.....	67
Figura 15: Sistema de regulación del turbogenerador .....	72

## INTRODUCCION

En diversas partes del mundo se está buscando la diversificación de la matriz energética de generación, siendo una oportunidad para ello la energía que ofrecen los océanos, como una fuente de energía no convencional más importante que existe en nuestro planeta, debido a su magnitud y a su ilimitado alcance.

Actualmente en el Perú, este tipo de generación aún no se ha popularizado, pero a nivel mundial en muchos países algunos logros al respecto en donde las características de la zona son propias para su utilización. En el caso del puerto de San José se conoce que el oleaje es de 1 a 2,4 m, sin embargo, estos valores son referenciales y varían por estaciones del año.

Este proyecto de investigación se enfoca a aprovechar la energía cinética y potencial de las olas, es por ello que no se estudia el aspecto de obra civil, control o automatización, cálculo de protecciones o construcción de la minicentral undimotriz.

La investigación busca proponer diseñar una minicentral undimotriz, en la costa del litoral de Pimentel, teniendo en cuenta la parte social, ambiental, económica y tecnología, que permita un mejor aprovechamiento energético y teniendo en cuenta las normas vigentes.

El primer capítulo presenta la situación relevante, planteamiento del problema, objeto de investigación, alcance y definición, justificación y finalidad de la investigación, tanto generales como específicas.

El segundo capítulo se centra en los antecedentes del estudio, fundamento teórico científico y definiciones conceptuales.

En el capítulo 3, el objetivo es describir el tipo y la planificación de la investigación, incluida la operacionalización de las variables, los métodos de recolección de datos, las técnicas y las herramientas, los procedimientos de recolección de datos, el análisis estadístico y la interpretación de los datos conocidos, obtenidos y describir las normas éticas. y rigor científico.

En el Capítulo 4, observamos los resultados, analizando e interpretando los resultados a la luz de los resultados, así como elementos seleccionados de Wave Minicentral en este capítulo. Asimismo, el Capítulo V presenta las conclusiones y recomendaciones de este trabajo de investigación.

# **CAPÍTULO I**

## **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1. Realidad Problemática**

#### **1.1.1. Internacional**

En algunos lugares o bahías del país de Brasil, se viene presentando limitaciones energéticas, es decir que la demanda del sistema eléctrico no es suficiente para abastecer su población, motivo por el cual el estado brasileño, brinda todo su apoyo en investigar nuevas alternativas de energías renovables, tales como la energía undimotriz, aprovechando que éste tipo de energía es un recurso abundante en las costas del mencionado país.

En este estudio, se decidió realizar ensayos en el Laboratorio donde se aplican las nociones de la dinámica oceánica y la conversión de energía Spin, en la energía eléctrica. Esta tesis ofrece una alternativa de solución a los problemas que han surgido debido a la creciente demanda de electricidad en los últimos años. (Monteiro, 2009, pág. 4).

El desarrollo demográfico cada vez mayor conduce a un aumento de la demanda energética, lo que hace necesaria la búsqueda de nuevas alternativas energéticas. Se ha invertido en investigación en Portugal para determinar la viabilidad de utilizar la energía del océano para la producción de energía y la posibilidad de distribuirla a su población. Una de las soluciones identificadas en el estudio en Portugal fue mostrar que además de explotar el gradiente de salinidad en el estuario, también es posible aprovechar la energía que contienen las olas del mar por medio de dispositivos hidromecánicos. (Panta, 2008, p.3).

De igual manera sucede en el Salvador, alta limitación en abastecimiento de electricidad, motivo por el cual de forma constante se están buscando nuevas alternativas energéticas para resolver este problema. Mediante un estudio de investigación en la playa Mizata, en las costas del Salvador, Demostrar que el uso de la energía de las olas o la energía del océano puede ser posible de tal manera que se pueda producir suficiente energía para satisfacer algunas o todas las necesidades deficitarias de las poblaciones costeras. (Rivas, 2013, p.3).

### **1.1.2 Nacional**

Desde hace algunos años en Perú, se viene investigando sobre nuevas fuentes de energías diferentes a las convencionales, buscando minimizar o erradicar las fuentes de energía provenientes del petróleo y sus derivados, carbón, entre otros que causan gran contaminación al medio ambiente a gran escala. Teniendo en cuenta el aumento poblacional, y lo que ello significa el aumento del uso energético en sus diferentes actividades, se requiere una pronta solución, que permita atender estas demandas requeridas y necesarias, como consecuencia se dan varias alternativas, siendo la energía undimotriz, una alternativa de energía limpia, que, a través del aprovechamiento de las olas del mar, se puede generar electricidad.

De los puertos o desembarcaderos peruanos que van en aumento cada año, el puerto del Callao, es el puerto más comercial y por ende mayor demanda energética ocasiona, siendo un planteamiento inicial de estudio de nuestra investigación, la misma que fue truncada por factores gubernamentales y políticos.

La Marina de Guerra del Perú en convenio con las Universidades peruanas como la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) y la Universidad de Piura (UDEP), promueven e incentivan la investigación de la energía undimotriz, para ello desarrollan estudios hidro físicos en la búsqueda de analizar y dar viabilidad esta fuente de energía en el desarrollo y crecimiento del país. Teniendo como referencia que próximamente en la región Lambayeque se desarrollarán proyectos de gran envergadura, debido a su crecimiento poblacional y comercial, la demanda energética se va a incrementar, siendo objeto de estudio la búsqueda de nuevas alternativas de generación de energía que nos permita remplazar el uso parcial del consumo de la energía tradicional, es decir del sistema interconectado.

Lambayeque, es un departamento del norte peruano, el cual cuenta con el Puerto Eten, el mismo que su geología marina le permitirá el aprovechamiento de este tipo de energía undimotriz a una escala mayor, a diferencia de otros departamentos peruanos.

### **1.1.3. Local**

El Desembarcadero Artesanal de San José, se ubica en el distrito de San José, provincia y departamento de Lambayeque, el proyecto contará con un pantalán de más de 800 metros de largo y un muelle (proa del barco) de 50 metros de largo y 8 metros de ancho y una instalación de lanzamiento de submarinos de 3505 metros de largo.

Su área operativa también será de 5.760 metros cuadrados. La nueva construcción ambiental DPA San José se basará en una estructura de hormigón armado, paredes de ladrillo, acabados, vigas de piso, columnas, vigas de techo y paneles aligerados con una superficie total de 1.253,26 m<sup>2</sup>.



Esta obra permitirá a los Pescadores Artesanales, desembarcar sus productos obtenidos en la pesca diaria.

Una de los problemas existentes es como suministrar con energía eléctrica a esta obra, pues las redes eléctricas convencionales se encuentran lejanas a uno 30 km aproximadamente, de ahí la necesidad de buscar fuentes de energía alternativas que nos permitan solucionar este impase.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cómo suministrar con energía eléctrica al Desembarcadero Artesanal de San José, utilizando energías alternativas?

## **1.3. Delimitación de la investigación**

El presente proyecto de investigación se aplicará en el Desembarcadero Artesanal de San José, ubicado en el Distrito de San José, Provincia de Lambayeque, Departamento de Lambayeque, y considerar en determinar la demanda de electricidad por parte del desembarcadero artesanal, luego cuantificaremos el recurso energético undimotriz, para luego diseñar el sistema undimotriz y finalmente realizar la evaluación económica.

## **1.4. Justificación e importancia de la investigación**

### **1.4.1. Justificación Técnica**

Es muy importante atender parcialmente las necesidades energéticas del desembarco de embarcaciones en San José, debido a que la zona comercial contiene maquinaria que consume energía eléctrica y no puede abastecerla por la lejanía de las redes tradicionales; por esta razón, es necesario encontrar nuevas

fuentes de energía alternativas para satisfacer la demanda, fuentes de energía como la energía que contienen las olas. Actualmente existen diversas tecnologías que se pueden elegir para aprovechar los recursos energéticos de las olas, Portugal, Brasil, Chile, China y muchos otros países han apostado por centrales mareomotrices y funcionan bien hasta el día de hoy, excepto Perú, que realmente no presta atención a desarrollar este tipo de capacidad de estudio de viabilidad energética.

#### **1.4.2. Justificación Económica**

El presente proyecto permitirá el suministro de energía con un recurso que no cuesta nada, a diferencia de los Grupos Electrónicos cuyo combustible es caro. Además, que este tipo de energía es inagotable y constante.

#### **1.4.3. Justificación Social**

La estrategia de acción de este documento promoverá el uso racional y responsable de la electricidad de la empresa, y sobre todo con ello mejorar la calidad de vida de los usuarios del terminal.

### **1.5. Limitaciones de la investigación**

Esta investigación tomará las predicciones cuantitativas de posible ejecución, ya que, debido a limitaciones de tiempo, solo se considerará como una proposición.

### **1.6. Objetivos de la investigación**

#### **1.6.1. Objetivo General**

- Diseñar un sistema de generación undimotriz para suministrar con energía eléctrica al Desembarcadero Artesanal de San José.

### **1.6.2. Objetivos Específicos**

- Determinar la demanda de energía eléctrica de las instalaciones del desembarcadero artesanal de San José.
- Cuantificar el recurso energético undimotriz del litoral del desembarcadero artesanal de San José.
- Diseñar y determinar la ubicación del sistema de generación undimotriz.
- Realizar la evaluación económica del proyecto.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes del Estudio**

##### **2.1.1. Internacional**

Gerardo Hiriart Le Bert (2009), en la tesis llamada “Potencial Energético de las Mareas para Generar Electricidad”, desarrolla las posibilidades que tiene México aprovechando todo el potencial energético para generar energía eléctrica, en las costas del golfo de la misma ciudad. En su informe el autor concluye, que en diversas partes del mundo se viene utilizando exitosamente la energía de las mareas. Una de las causas de la no propagación de uso de esta tecnología, se debe a su costo e impacto ambiental. Sin embargo, en otros países como Corea del sur, inauguró la planta Mareomotriz más grande del mundo el 2011, denominada planta Shihwa, que poseerá una capacidad de generación de 254 MW al día. Adicional a ello, evaluar el potencial que podría generar con embalse en la parte alta del golfo de california, logrando así obtener más de 20,000 MW. Los resultados suelen ser 15 MW/km<sup>2</sup> en términos unitarios, u 8,4 GWh/año entérminos de energía. Así mismo, se concluyó que la inversión principal proyectos de este tipo, donde el alto de la cortina no excede de 20 metros, está en las turbinas, debido al estar limitadas en diámetro (por la profundidad) y en carga hidráulica (por la amplitud de la marea) no exceden de 3 MW cada una.

Evelyn Morales Calisto (Año 2016-Chile), en su investigación llamada “Análisis de un Dispositivo Oscilante como Medio de Captación de Energía Undimotriz”, el objetivo general es obtener y analizar la potencia generada por un convertidor de

onda oscilante durante la frecuencia del oleaje frente a las costas de Chile utilizando simulaciones hidrodinámicas de tres prototipos diferentes. A los fines del estudio, los autores concluyeron que, con base en los diferentes análisis de impacto realizados en los diferentes prototipos, se confirmó la geometría tipo ostra con dos geometrías planteadas y se observaron dos sitios: Port Corral y Monte Hong Kong, ya que la región tiene un alto potencial para la obtención de energía undimotriz, desarrollando recursos en aguas intermareales. En algunos lugares, la geometría de la "placa de ostras" alcanza un factor de captura de 55% - 60% y genera una potencia eléctrica de hasta 700 kW, produciendo una excelente respuesta en contrapartida con otros dispositivos planteados.

Berta Cavia del Olmo (Año 2013- España), en la tesis "Explotación del Potencial de Energía del Oleaje en Función del Rango de Trabajo de los Prototipos Captadores", su objeto es describir y detallar la operación de los elementos de captación de la energía, además de valorar las limitantes en tanto a las fluctuaciones del oleaje, cuantificar en el litoral español la energía y estimar el coste de uso del dispositivo para uso activo. usar. olas en la costa de España. Finalmente el autor describe las tecnologías que podemos encontrar en el mercado hoy en día, algunas de ellas vale la pena mencionar: Archimedes wave swing (AWS) Motrico, Powerbuoy, Aquabuoy, FO3-FRED OLSEN, Wavebob, Hose Pump, Pelamis wave Power , bombas de oleaje McCabe y análisis de oleaje y determinación de los límites de variación de 7,6 kW/m en la margen norte con un resultado central de 33 kW/m y un resultado sur de 18 kW/m a una altura de 1 m con un período de 4 a 5 segundos. En cuanto a la inversión, se concluyó que la inversión financiera excesivamente necesaria supone vender la energía que se produce a un precio muy elevado en

comparación con el precio actual de la electricidad para el consumo domiciliario. No obstante, en base a las economías de escala, estos valores de costos disminuirían proporcionalmente si estuviéramos tratando con parques de olas más grandes.

### **2.1.2. Nacional**

Ministerio de Energía y Minas (2013), en el denominado “Plan Energético Nacional 2014-2025” su propósito fue estar al tanto de los planes para los próximos 10 años con respecto a la política y el empleo de los recursos energéticos. En el programa, al implementar grandes proyectos de energía, se concluyó que el creciente consumo de energía, tomando como referencia la diligencia de medidas de uso eficiente de la energía, debe ser provisto con fuentes de energía convencionales y no convencionales, que incluyen energía fotovoltaica, energía eólica, energía geotérmica, y escala Proyectos de inversión más pequeños para recursos de energía undimotriz.

Pedro Gamio Aita (2015), en la revista “Perú Potencial Energético: Propuestas y Desafíos”, su propósito es analizar y describir la política energética 2014-2025. Finalmente, los autores afirman que se considerarán factores para reducir el uso de recursos convencionales, así como el uso de un 27% de fuentes de energía alternativas, como la producción de energía natural, tal como recomienda la Unión Energética de la Comisión Europea. Analizando la situación de las fuentes de energía no tradicionales, es cierto que la energía de las olas no es tan conocida como otras fuentes de energía (eólica, solar, etc.) porque la investigación en esta

área ha recibido menos atención; por lo tanto, el propósito de este trabajo es sentar las bases para futuros trabajos de investigación en el Perú.

El MINAM expresa la jerarquía de la investigación en la explotación de los recursos energéticos marinos y señala tres formas en que se pueden realizar investigaciones utilizando energía undimotriz, mareomotriz o gradientes térmicos e informa que la tecnología no es posible sin un estudio de factibilidad para determinar el largo plazo. costo y beneficios a largo plazo, es relativamente costoso, es decir, si se investiga bien, se puede implementar un proyecto de beneficio de la energía de las olas para satisfacer la demanda energética de la creciente población, que actualmente se considera en nuestro país. (MINAM, 2015).

### **2.1.3 Local**

A nivel local no se encontrado investigaciones de esta índole, pues son temas innovadores.

## **2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema investigado**

### **2.2.1. Energía renovable**

Estas pueden ser:

Energía solar: es generada por la radiación solar

Energía eólica: es efectuada por el viento

Biomasa: es efectuada por la biomasa

Energía mareomotriz: aprovecha la energía contenida en las mareas.

Energía undimotriz es aprovechar la energía contenida en las ondas.

### **2.2.2. Recurso Energético**

#### **Energía undimotriz.**

Se define como la energía contenida en las olas del océano que se puede utilizar para convertirla en electricidad. Esta fuente de energía es renovable y limpia por su origen natural y los métodos utilizados para obtenerla y transformarla.

#### **VENTAJAS**

A pesar de tener margen de mejora, al ser una de las energías menos desarrolladas, ya son muchos los países que han decidido apostar por esas ventajas. Por ejemplo, por su eficiencia o su gran capacidad de producción de energía.

- Se trata de una energía limpia, no contaminante y renovable.
- Existe mucha superficie marina y oceánica en la tierra, lo que la hace que la zona para su uso sea muy extensa.
- Se trata de un tipo de energía muy eficiente, por lo que se necesitan menos espacio para generar la misma electricidad que con otros tipos de energías.
- Gran potencial: el agua es más densa que el aire y por lo tanto almacena más energía. Siguiendo con este aspecto, se estima que se pueden conseguir de 20 a 40 kW por cada metro de altura de ola.
- Ubicación: Por tanto, hay más espacio para colocar este tipo de elementos, pero hay que tener en cuenta que el colector de energía de las olas debe estar situado en tierra.

#### **DESVENTAJAS**

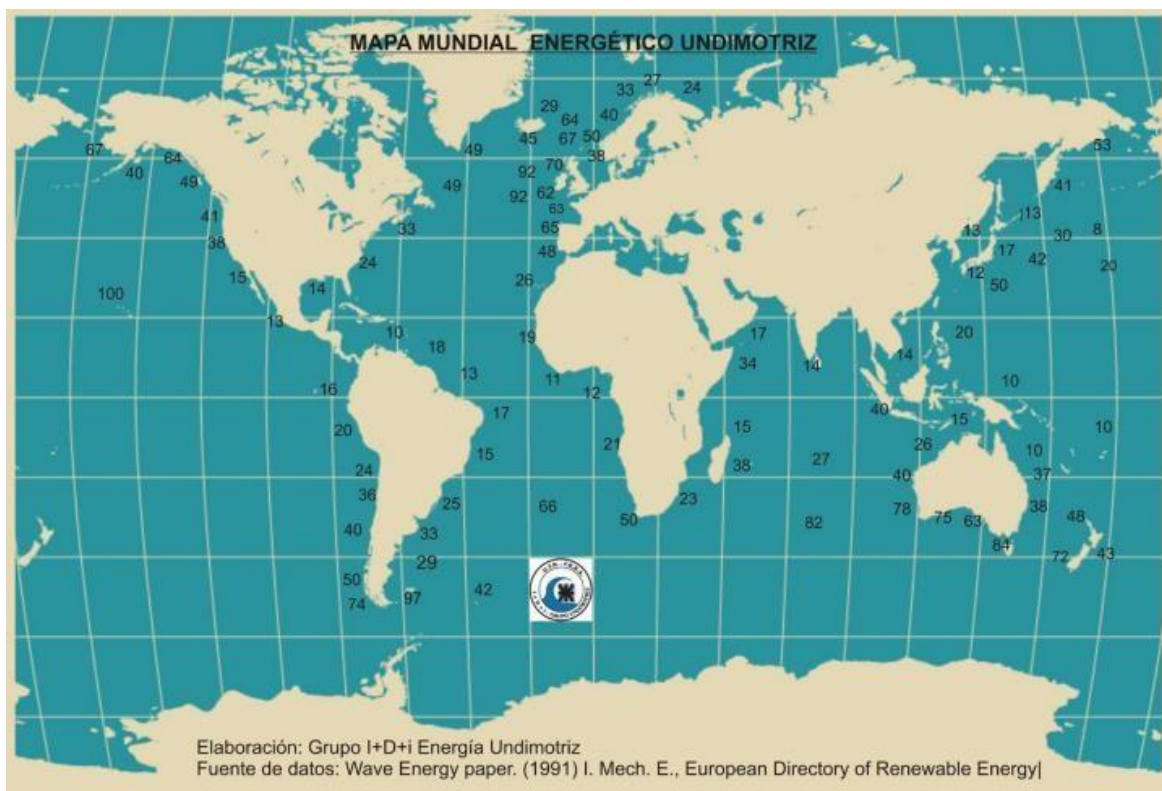
- Altera el paisaje marino: es evidente que se trata de estructuras completamente ajenas al mundo marino y costero.



- Caro: Las dificultades técnicas y la novedad de este recurso renovable ecológico encarecen la implementación.
- Daños al medio ambiente: Sí, este es un problema real. Se estima que la biodiversidad local puede cambiar, posiblemente atrayendo especies diferentes a las nativas de estas áreas.
- Difícil de mantener: Dada la ubicación en alta mar, la obsolescencia de muchas instalaciones es evidente y se necesita más investigación hasta encontrar materiales e instalaciones que puedan soportar las fuertes olas de las que proviene la energía.

Las olas son producidas por desplazamiento del viento cuando convergen las masas de aire y hacen que las masas de agua se muevan sobre el ámbito marino creando el impulso de las olas.

**Figura 1:** La Energía Undimotriz (kW/m) en el mundo.



La energía de las olas igualmente se puede definir como la energía almacenada por la energía eólica y solar, ya que el sol crea un efecto de diferencia de presión y temperatura en la zona del mar que provoca perturbaciones del viento que hacen que el agua se mueva. En la superficie se le conoce como olas del océano; estas olas recorren distancias de varios kilómetros a diversas alturas, alcanzando la orilla a una altura media de 2 metros, transportando bastante energía potencial.

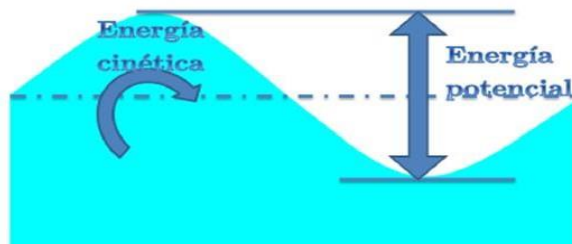
**Figura 2:** Como se forman de Olas



Nota: Álvaro Valencia Musalem

Como consecuencia del movimiento de las olas lateral y longitudinal, su energía cinética está relacionada con la velocidad a la que viaja y la energía potencial creada por la altura de la cresta de la ola resultante del desplazamiento de la masa de agua, todas las cuales suman la total energía. mecánicamente o medida en vatios por metro (W/m). La energía total expresada en unidades de Joule, no es más que potencia por metro que proporciona la ola. (Ricardo V. Petroni, Hidráulica Marítima y de estuarios 2005, p. 110)

**-Figura 3:** La Ola y su energía potencial



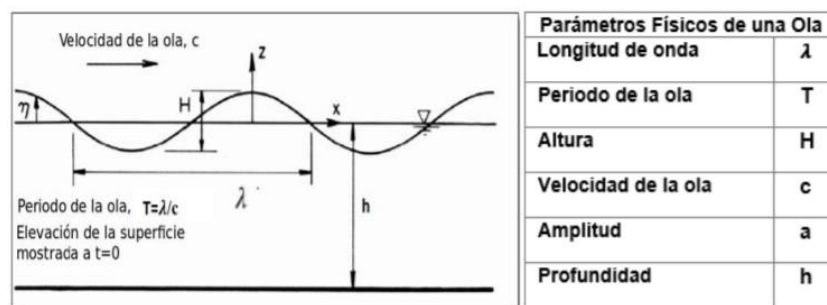
Nota: Álvaro Valencia Musalem

“Como consecuencia del desplazamiento del agua y el efecto de rozamiento causado por las mismas, produce que la ola que se está acercando a la costa, pierda velocidad y longitud de onda; pero en contrariedad, crece en altura ganando energía potencial (Principio de conservación de la Energía). Con esto podemos concluir que la mayor parte de la energía se logra perder a causa de la fricción del fondo marino, así como de la turbulencia generada a causa de los desplazamientos de las aguas a la costa.”. (Ricardo Petroni, 2005, ).

### Parámetros físicos de una Ola

A continuación, presentamos las variables que precisan una ola:

**Figura 4:** Parámetros físicos de una ola



Nota: Álvaro Valencia Musalem

“Como las olas originadas son en magnitud variable, para poder estudiarlas, analizar las y describir su dinámica se recurren a métodos estadísticos o determinísticos, esto es, para la altura generalmente se asume un valor medio de 1/3 de la máxima generada durante el año”.

“En el Perú, varios estudios teóricos e hidrológicos han determinado que en el período cronológico de otoño-invierno, la altura o cota significativa en las olas marinas fluctúa entre 0,9 a 1.5 metros de altura; mientras que en primavera-verano, la cota varía entre 0,8 y 2.2 metros, mientras para los oleajes durante tormentas se observan alturas que fluctúan entre 4 y 5 metros”.

**Figura 5: La ola y sus Parámetros energéticos**



Nota: Cámara Argentina de Energía, Renovables, Pg. 04

### Energía de las olas

Para los cálculos energéticos y evaluación de los recursos mencionados, partiremos de las ecuaciones hidrodinámicas, ya que sus ecuaciones nos permitirán evaluar el movimiento del agua provocado por la radiación solar y los efectos del viento. Crear una diferencia de presión en la superficie del agua, lo llamamos onda.

Podemos empezar con la continuidad y las ecuaciones de Navier-Stokes.

**Ecuación de continuidad de masa**, es una ecuación de conservación de la masa, en la mecánica de fluidos:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla(\rho * v) = 0$$

La expresión general de la ecuación de Navier-Stokes para líquidos incompresibles es:

$$\frac{Dv}{Dt} = -\frac{1}{\rho} \nabla p_{total} + \nu \nabla^2 v + \frac{1}{\rho} * f$$

$v$ , es la velocidad expresada en **m/s**

$p_{total}$ , es la presión Total en **Pa**.

$\rho$ , es la densidad del fluido en  $\frac{kg}{m^3}$

$f$ , en el conjunto de fuerzas externas expresadas en **N**.

$t$ , es el tiempo expresado en **s**

El área libre es la interfase entre el aire y el agua, donde su ubicación estará determinada por  $z=\eta(x,y,t)$ , otras variables importantes son altura de onda  $H$  (metros), longitud de onda  $\lambda$  (metros), metros de profundidad Onda en unidades de  $h$  y periodo de onda en  $T$  segundos. (Ortiz Royero, "Introducción a la oceanografía física" 2015, p. 56)

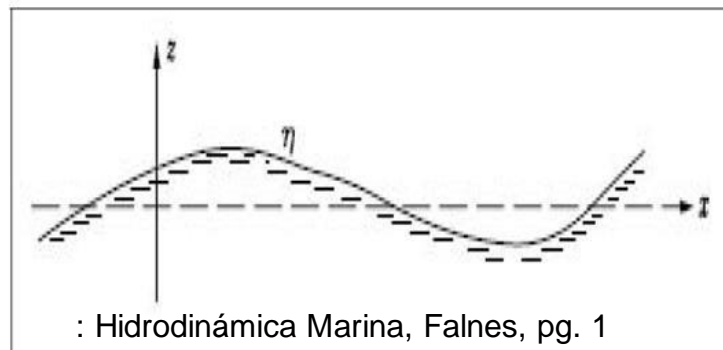
Así mismo, si solo la gravedad y la presión atmosférica entre el agua y el aire se consideran como la presión sobre la superficie del líquido, lo que compensa la ecuación:

$$\left| \frac{\partial \phi}{\partial t} + \frac{1}{2} \nabla \phi \cdot \nabla \phi \right|_{z=\eta} + g\eta = 0$$

Para  $\phi$  representa la velocidad potencial que está en relación con la velocidad del fluido a través de la expresión:

$$\nabla \phi = \mathbf{v}$$

**Figura 6:** Elevación de una Ola



### **Cuantificación de la energía contenida de las olas del mar.**

La energía contenida en las olas de mar está definida por la energía de cada partícula ( $E_w$ ) conformada por la energía cinética ( $E_c$ ) y la energía potencial ( $E_p$ )

$$E_w = E_c + E_p = \left[ \frac{\rho \cdot g \cdot H^2}{8} \right]$$

Donde  $\rho$  es la densidad del agua de mar,  $g$  es la aceleración gravitacional y  $H$  es la altura ola. Dicha relación varía dependiendo las características del oleaje, la ubicación geográfica y el área en estudio.

Las olas del mar tienen su propia dinámica bajo la influencia del aire, y, además, cada vez que se forma un tren de olas, se forma una cresta de la masa de agua, seguida por el nivel del agua en la ola.

Primero, se considerarán los potenciales de energía asociados con los niveles de energía de onda plana.

Recuerde que el posible aumento de agua estancada será:

$$E_p(x, t) = \rho g h \eta + \frac{\rho g}{2} * \eta^2$$

Asimismo, la energía promedio potencial por área de ondas planas, armónicas y ondas viajeras que se muestra en esta fórmula:

$$E_p = \left( \frac{\rho g}{2} \right) * \overline{\eta^2} = \left( \frac{\rho g}{4} \right) * |A|^2$$

A: amplitud de la ola en metros

Asimismo, la energía promedio potencial por área de ondas planas, armónicas y ondas viajeras que se muestra en esta fórmula  $z = -\infty$  a  $z = 0$ . (Holthuijsen, 2007, p.131)

$$v_x = \frac{\pi H}{T} e^{kz} \cos(kx - wt)$$

$$v_z = \frac{\pi H}{T} e^{kz} \sin(kx - wt)$$

$$E_c = \frac{1}{2} \rho (v_x^2 + v_z^2) = \frac{\rho}{2} w^2 |A|^2 e^{2kz}$$

$$E_c = \frac{\rho}{2} w^2 |A|^2 \int_{-\infty}^0 e^{2kz} dz = \frac{\rho g}{4} * |A|^2$$

donde  $v_x$  y  $v_z$  son la velocidad promedio de las partículas de agua en m/s.

“La transferencia o conversión transferible de energía en las olas es conocida como “flujo energético”. Cuando hablamos de olas magnitud pequeña y amplitud pequeña para aguas profundas, hablamos que poseen energía por unidad de longitud de onda”. (Mellor, 1996, p. 109)

$$P = E \left( \frac{c}{2} \right) = E \left( \frac{L}{2T} \right) = \frac{\rho g^2 H^2 T}{32\pi} \equiv H^2 T \left( \frac{kW}{m} \right)$$

Considerando una ola no regular, para un periodo  $T=10$  s y una altura  $H = 2$  m, la fórmula se reduce a:

$$P = 0.5 H^2 * T \left( \frac{kW}{m} \right)$$

“Donde  $H_s$  representa el ancho de banda significativa de la ola y  $T_z$  representa el intervalo de tiempo o periodo promedio entre cotas máximas sucesivas. Usamos esta expresión matemática para no sobrestimar la energía potencial generada por la ola, pues, generalmente son de magnitudes irregulares en el océano abierto”. (Mellor, 1996, p. 109)

“El transporte de la energía de las olas por unidad de superficie vertical en una ola plana y armónica en aguas profundas que se propagan en la dirección “x” es igual al promedio temporal de la presión hidrodinámica por la velocidad”. (Holthuijsen, 2007, p.135 )

$$I = \frac{k\rho g^2}{2w} * |A|^2 * e^{2kz}$$

“Existe una relación entre el transporte de energía “J” (Energía por unidad de tiempo y ancho de frente de onda) y la energía total almacenada “E” (Energía por unidad horizontal de área) define la velocidad de transporte  $v_E$ ”.

$$J = v_E * E$$

“Por tanto, la velocidad de transporte de energía de una onda plana y armónica en aguas profundas es igual a la velocidad de grupo”. (Creus, 2009, p. 258)

### **2.2.3. Aspectos generales de la tecnología que permite el aprovechamiento de la energía contenida en las olas.**

Una vez encontrado el potencial energético del océano, esta energía debe ser generada y entregada a centrales eléctricas o estaciones transformadoras, las cuales deben seleccionar los mejores métodos, herramientas y equipos para extraer la energía. (Fernanda Miguélez, “La Energía que Viene del Mar” 2009, p. 69)

$$E_T = E_c + E_p = \frac{\rho g H^2}{8}$$

Se puede evidenciar, la ola comienza con cierta amplitud y va perdiendo su nivel o altura a medida que se desplaza y se acerca a la orilla, para lo cual se debe aprovechar el descenso de su altura con la ayuda de un “convertidor de acumulación”. Se necesita o se desarrolla un mecanismo adecuado para utilizar a través de la transferencia de energía y el almacenamiento de energía esta pérdida de energía. (Fernanda Miguélez, 2009, p. 68)

“Como se mencionó, la superficie marina ofrece una variabilidad en lo que respecta a las amplitudes de olas, las cuales van desde un mínimo valor, hasta una amplitud máxima la cual origina en consecuencia una potencia de máximo valor, para ello el diseño de equipamiento debe de hacerse en función a la máxima potencia

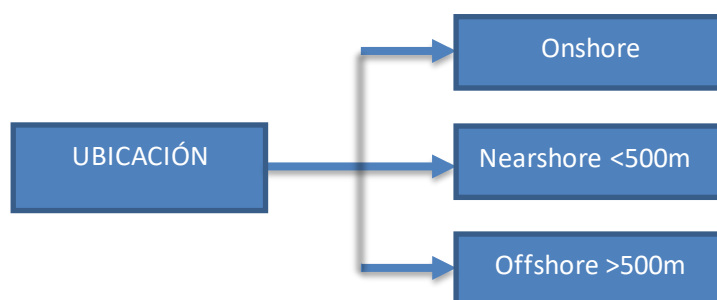


generada por el mar, pues la maximización progresiva podría ocasionar repercusiones en la estructura y/o en los generadores de energía. Esta forma de tecnología tiene que ser ubicada en una zona estratégica de tal forma que su diseño supere a las condiciones agrestes de la zona donde se proyecta la construcción de la planta undimotriz, así como las condiciones climatológicas de la zona.” (F. Miguélez, 2009, p. 70).

#### **2.2.4 Categorización de los sistemas de extracción de la energía contenidas en las corrientes marinas.**

En unidades de consumo de energía, clasifican las olas según la configuración de energía en las olas y las condiciones climáticas en el área de ejecución y la variabilidad del impacto. Los sistemas de captación pueden clasificarse según su ubicación, su tamaño y su orientación, también el principio de captación.

##### **2.2.4.1 Según su Posición Relativa a la Costa:**



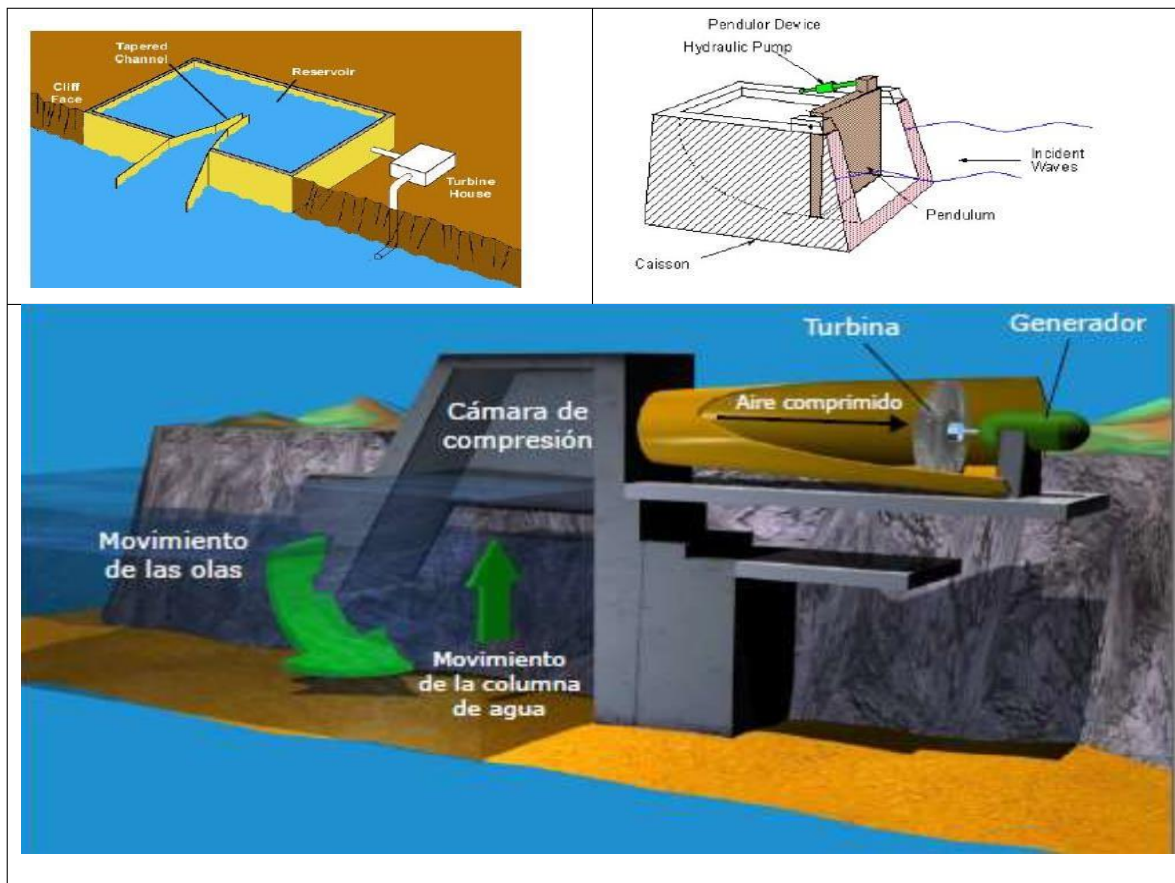
##### **A. Instalaciones en la costa (Shoreline u onshore)**

Su hacedera disponibilidad proporciona su mantenimiento preventivo, pero deben fijarse sobre terreno rocoso para mantener su inercia estructural y evitar el arrastre por deterioro del suelo donde se instalen, se prevé instalar. También debe estar

diseñado para soportar tormentas con vientos superiores a las condiciones de diseño.

Por encontrarse cerca al litoral costero, su instalación y mantenimiento es mucho más factible frente a otros dispositivos.

**Figura 7:** La imagen de la izquierda es el sistema TAPCHAN, mientras que la figura de la derecha representa un sistema PENDULOR, y en la parte inferior un sistema de columna de agua oscilante.



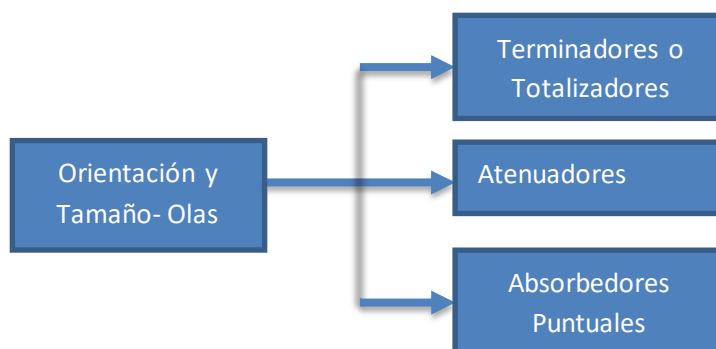
## **B. Infraestructuras próximas al litoral de costa (Nearshore)**

Pueden ser flotantes o apoyados en el fondo marino. Como consecuencia a esta posición, son altamente sensibles a los impulsos creados por las olas, lo que origina que sea más complejo su diseño. Generalmente están situados a unos 500 metros de la orilla a una profundidad de 20 a 30 metros. Su potencial energético es menor que mar adentro, y mayor que los que se encuentran en la orilla, aunque una desventaja es el impacto visual, además de modificar la zona de la costa para su instalación.

## **C. Infraestructura en alta mar (offshore)**

“Son muy comunes entre las infraestructuras de olas, pero tienen el obstáculo de estar situados en mar abierto, hay problemas de fondeo, y su accesibilidad es algo difícil, por lo que son inestables en la superficie del mar. Sus profundidades de instalación son mayor a los 40m, su potencial energético es alto sin embargo la fuerza de confiabilidad de la estructura es baja, la línea eléctrica es más complicada y peligrosa. Este tipo de dispositivo es Wavedragon y Pelamis. (Miguélez, 2009, p. 77).

### **2.2.4.2 Según su posición relativa al oleaje**



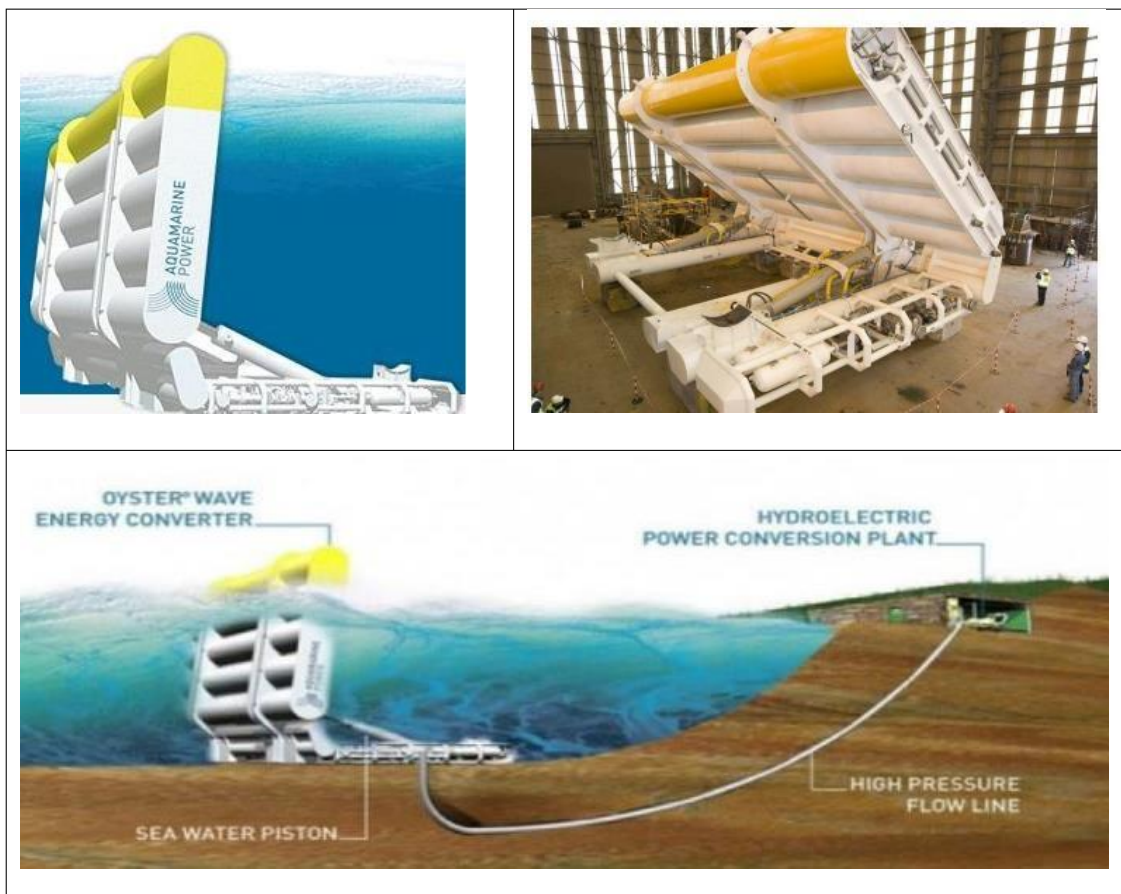
## A. Terminadores o Totalizadores

Las corrientes o movimientos a lo largo o sobre las olas, de tal forma que la energía de las olas es absorbida al máximo, el sistema neutraliza las olas entrantes y transmite al sistema.

### OYSTER

Uno de los dispositivos que destaca es el **OYSTER**, equipo desarrollado para el norte de Escocia. Un modulo se encuentra anclado a la tierra, y otro que recibe el impacto de las olas, que con el movimiento oscilante de las olas, mueve unos pistones de doble acción, bombeando de esta forma agua a presión que finalmente moverá una turbina y a la vez un generador hidroeléctrico para convertir en energía en electricidad. Se ubica a profundidades de 10 a 12 m, y su potencia es entre los 300 kW y 600 Kw.

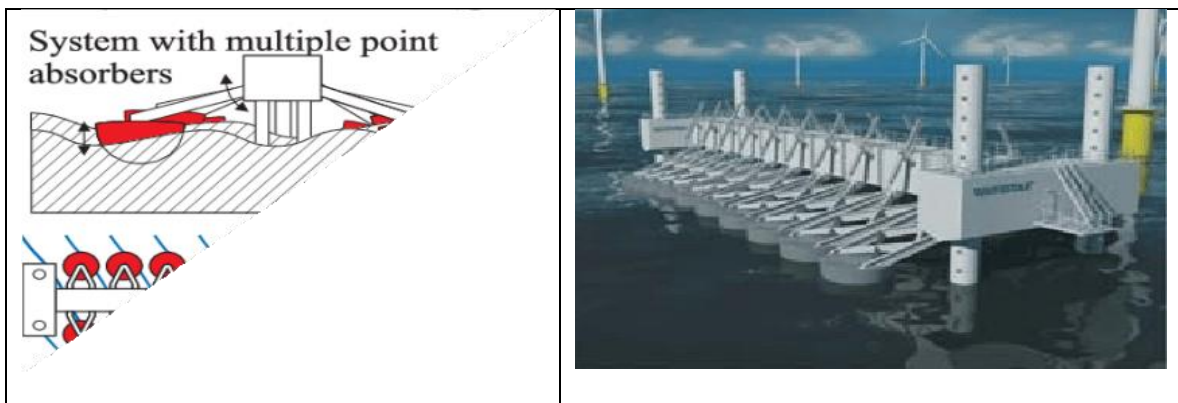
**Figura 8:** Esquema del funcionamiento del Oyster



## WAVE STAR

Este dispositivo de tecnología desarrollada en Dinamarca, que actualmente se encuentra en estudio y desarrollo, que promete ser usada donde existe poco oleaje, y consiste en tener alrededor de una plataforma bolls flotantes, que unidos a brazos realizan articulación en la subida y bajada de la boya, éstos contienen pistones que bombean aceite a presión que culminarán moviendo un generador de energía eléctrica.

**Figura 9:** Sistema Wave Star (Fuente Albert Castellà, Barcelona )



## B. Atenuadores

Son paralelos al efecto de la ola, estos sistemas se alinean gradualmente para que causen el menor daño, por lo que requieren menos anclaje que los terminadores, por lo que amortiguan, pero no eliminan las olas que lo afectan. Es posible que se conecten en serie varios dispositivos, en cada articulación existen los pistones encargados de bombear aceite a presión que terminará moviendo una turbina y a la vez un generador.

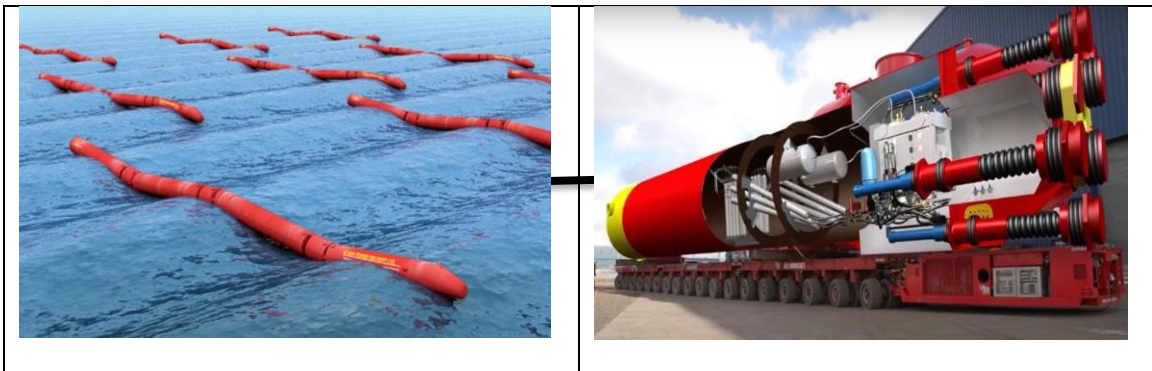
## PELAMIS

Pelamis Wave Power: Desarrollado en Escocia, fue el primer equipo off-shore en generar electricidad a la red del reino unido en el 2004. Consta de 120 m largo por 3.5m ancho con una potencia de 750 kW.



Estos equipos operan a profundidades superiores a los 50 m

**Figura 10:** Pelamis (Internet)

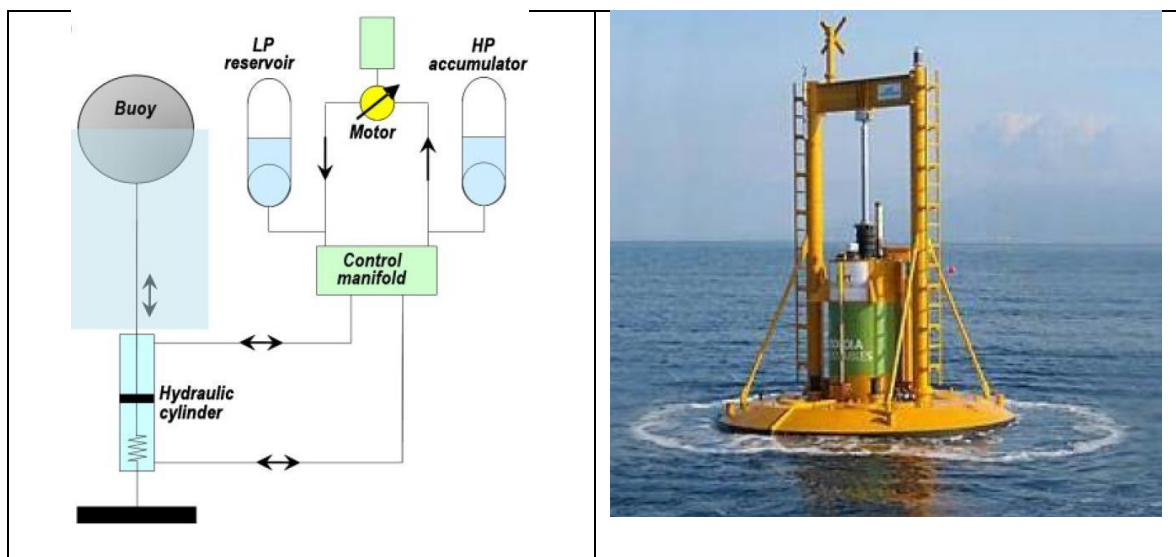


### Absorbedores puntuales

Por lo general son cilíndricos y no tienen nada que ver con las olas, suelen instalarse en grupos lineales, reciben la energía de un borde de ataque mayor, como una forma concentrada y convergente de efecto antena.

### Proyecto Santoña- Cantabria - España

**Figura 11:** Prototipo OPT (Ocean Power Technologies). Dispositivo absorbedor puntual



Nota: Proyecto Iberdrola Cantabria, Santaña, 1.39 kW de potencia, a una distancia de la costa entre 3 a 4 km

### 2.2.5 Sistemas de Generación de Corriente Eléctrica

Se tiene conocimiento que la frecuencia de la onda aplicada es muy diferente, su eficiencia de conversión será mayor y el rango de velocidad es mucho mayor en comparación con el funcionamiento del generador, por lo que la elección correcta del mecanismo de rotación y del equipo, el movimiento sea variable o constante. (Polinder, 2005, p. 260)

Los diversos aparatos utilizados en este tipo de generación son:

#### El generador

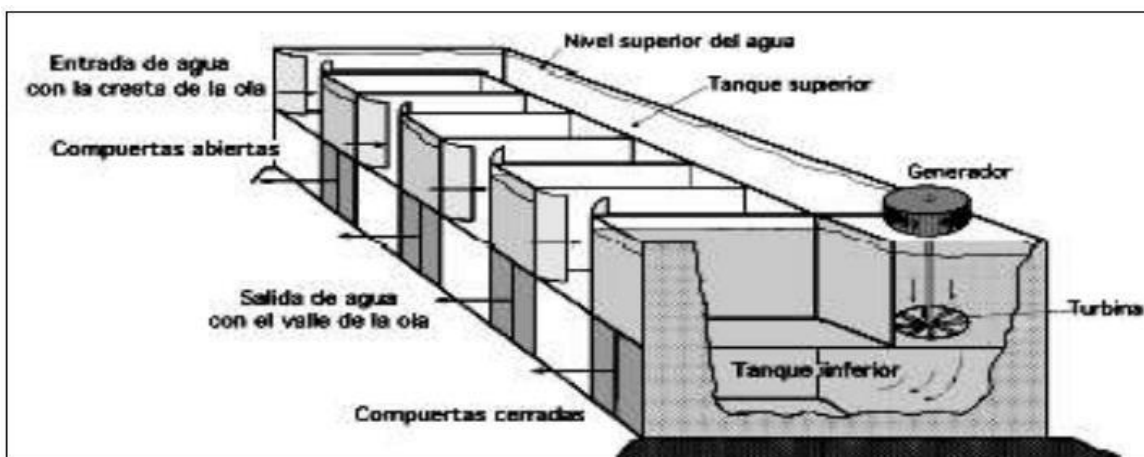
“Este es el generador más usado en la actualidad, pues posee un amplio rango de velocidades, es usado junto a un controlador de par y de celeridad los cuales ajustan la carga de acuerdo a lo necesitado; el más usado es el sistema OWC”. (Polinder, 2005, p. 262)

### 2.2.6 Centrales Undimotrices Tipo de OWC.

Rectificador OWC RUSSEL.

Es una disposición similar a un tanque construida en el fondo del mar: dentro y fuera del fondo, fuera del mar a través de esclusas. (Hoyos Alcalde, 2014).

**Figura 8:** Rectificador Rusell



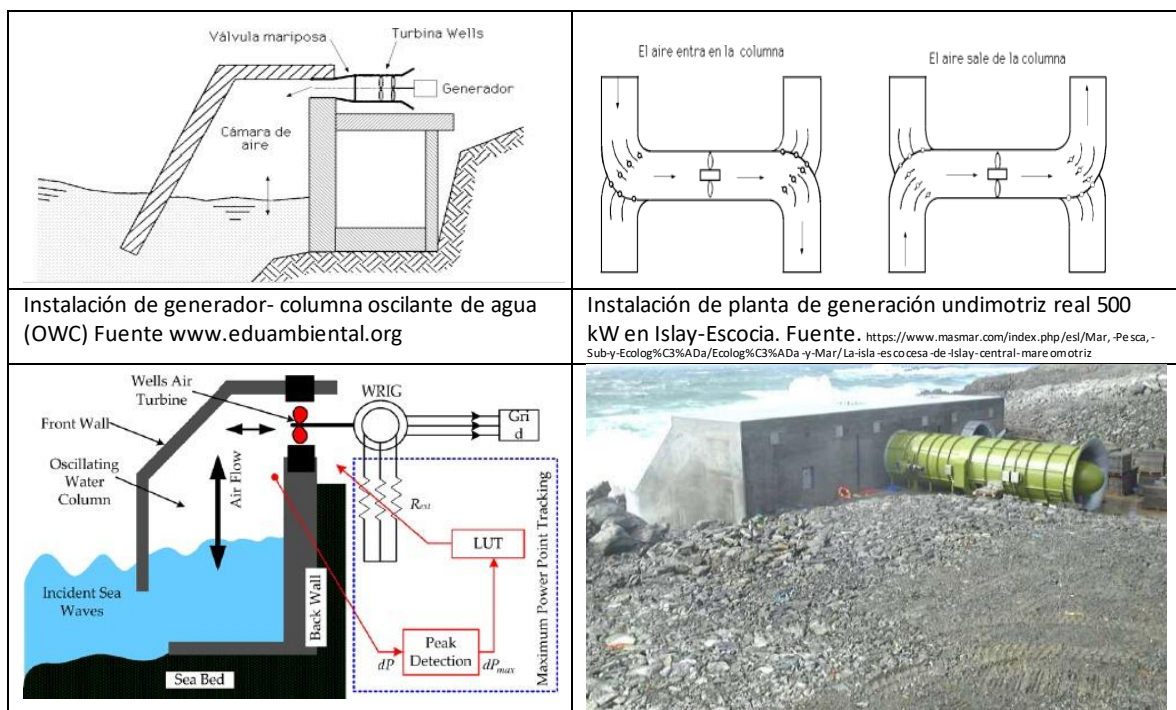
Fuente: <http://ingenieroambiental.com/3008/4OLASCAP3.pdf>

La cresta de la ola, permite que las compuertas superiores se abran e ingrese agua en cantidades al tanque superior, y la retirada de la ola permite que el agua salga del tanque inferior. El tanque superior e inferior están comunicados por una turbina que permite mover al generador al realizarse el trasvase del agua.

### OWC Columna de Agua Oscilante - Rompe Olas.

La mayor parte de su ubicación es a lo largo del litoral, y el agua presiona contra la parte superior, ingresando por la parte inferior. Esto genera una corriente de aire bidireccional originando que la columna de agua se mueva, impulsando una turbina de pozo que está conectada a un generador para generar electricidad.

**Figura 9:** Esquema Columna de Agua Oscilante – OWC

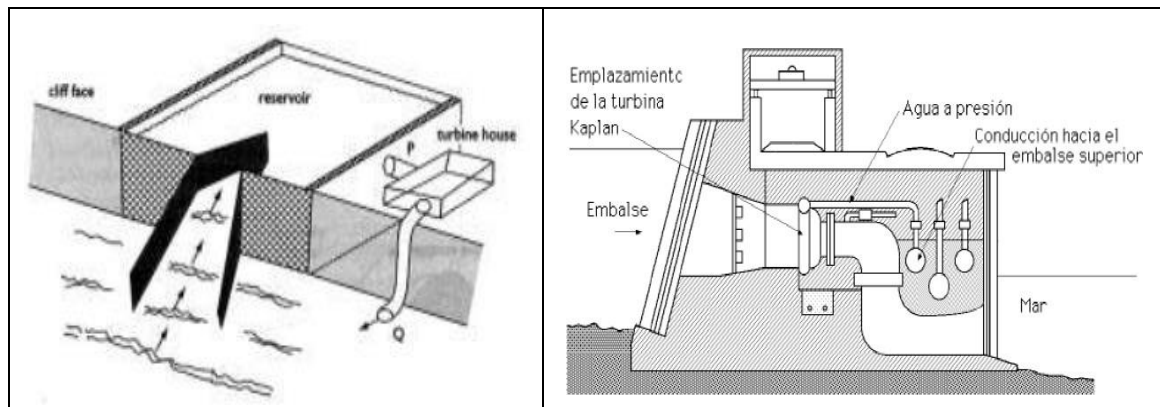




### OWC TAPCHAN (Noruega).

Como se mencionó anteriormente, este método de producción de energía concentra las olas y eleva el agua de mar a un depósito a una altura sobre el nivel del mar. (Hoyos Alcalde, 2014)

**Figura 10: OWC – TAPCHAN**

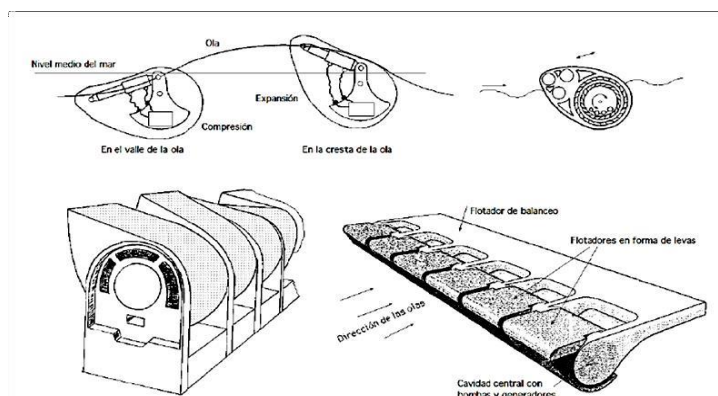


Fuente: <http://ingenieroambiental.com/3008/4OLASCAP3.pdf>

### OWC Duck o Pato Salter

Este tipo de transductor funciona activando una bomba de aceite que mueve la turbina aprovechando la energía de las olas en mar abierto. Está hecho de flotadores que se mueven junto con las olas. (Hoyos Alcalde, 2014).

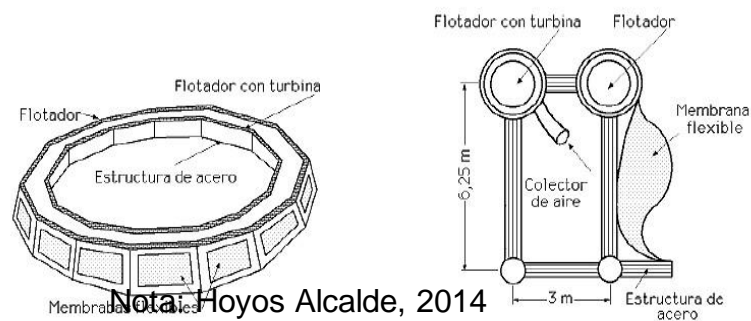
**Figura 11: Diversos esquemas de pato salter**



## OWC CLAM

CLAM es un dispositivo flotante, fabricado de acero u hormigón, se instala en la superficie exterior de 12 celdas de aire, las cuales están formadas por membranas de caucho reforzado, estas celdas de aire se deforman por el movimiento de las olas, estas celdas de aire las celdas colisionan con la pleura, su volumen reduce, circula aire en ella, lo que afecta la turbina del pozo. (Hoyos Alcalde, 2014)

**Figura 12: OWC - CLAM**



### 2.2.7. Evaluación Económica

#### A. Valor Actual Neto (VAN)

Este parámetro financiero revela si los ingresos superan o no los ingresos de la inversión a realizar. Si el proyecto es rentable y el VAN es positivo, es económicamente viable; de lo contrario, si el VAN es negativo, no lo es. A continuación, se presenta la fórmula utilizada para calcular este indicador:

*Ecuación 1:*

$$\text{VAN} = \text{BNA} - \text{INVERSION}$$

## **B. Tasa Interna de Retorno (TIR)**

Este parámetro financiero permite a los Beneficios Netos igualar la inversión (VAN es 0). La TD más alta posible es la TIR.

Un proyecto tiene el potencial de ser rentable porque NAB es inferior a la inversión debido a tasas de interés más altas (VAN es inferior a 0).

## **C. Comparación VAN y TIR**

Si el resultado del VAN es opuesto al resultado de la TIR, la decisión se toma con base en el VAN. No existen restricciones financieras a la hora de aceptar o rechazar aportes, dependientes.

### **2.2.8. Normas técnicas Peruanas Aplicadas**

- Ley Núm. 95, núm. 23230 - Decreto Legislativo del Instituto Peruano de Investigaciones Marinas IMARPE (26/05/1981)
- Decreto No. 1002, que promueve inversiones en el uso de energías renovables en la generación de electricidad.
- Ley 28876 - Ley del régimen de recuperación anticipada del impuesto general a las ventas a las empresas de generación.

“Artículo 1º.- Beneficiarios De conformidad con lo dispuesto por la Ley N° 28876, podrán acogerse al Régimen de Recuperación Anticipada del Impuesto General a las Ventas, contemplado por el Decreto Legislativo N° 818 y sus normas modificatorias y reglamentarias:

a) Las empresas que suscriban contratos de concesión definitiva para la generación de energía eléctrica, al amparo del Decreto Ley N° 25844 y

normas modificatorias, que utilicen recursos hidráulicos y en tanto no hayan iniciado sus operaciones productivas.

b) Las empresas que a la fecha de publicación de la Ley N° 28876, hubiesen suscrito contratos de concesión definitiva de generación de energía eléctrica al amparo del Decreto Ley N° 25844 y normas modificatorias, siempre que utilicen recursos hidráulicos y otros renovables y en tanto no hayan iniciado sus operaciones productivas”.

- Ley N° 25844: Concesiones Eléctricas y D.S. N° 009 – 93 Reglamento de La Ley de Concesiones Eléctricas.
- Normas DGE «Terminología en Electricidad» y «Símbolos Gráficos en Electricidad».

## **NORMAS TÉCNICAS**

a) Decreto Supremo No. 020 – 1997 – EM (11 de octubre de 1997) Normas técnicas para la calidad de los servicios eléctricos

Nota. Incluyendo Decreto Supremo No. 009 – 1999 – CE (11 de abril de 1999), n. 13 – 2000 – EC (27 de julio de 2000) y No. 040 – 2001 – CE (17 de julio) Revisado/2001

b) Resolución del Director General núm. 014 – 2005 – EM/DGE (s. 03/03/2005).

c) Desviación estándar No. 029 – 1994 – CE (s. 08/jun/1994)

## **2.3. Definiciones Conceptuales**

### **2.3.1. Alternadores:**

Es un motor eléctrico capaz de convertir energía mecánica.

### **2.3.2. Bidireccional:**

Cuando reacciona o actúa en dos direcciones generalmente opuestas.

### **2.3.3. Movimiento Ondulatorio:**

Cuando las partículas, en la dirección de propagación no se mueven. Es una fuente de energía de la que se puede obtener electricidad.

### **2.3.5. Wave Dragón:**

“Dragón de las olas” en inglés, es un sistema de conversión de energía.

### **2.3.4. Sistema Pelamis:**

Denominado también manguera de agua, consta de unidades cilíndricas en parte enfrascadas conectadas por bisagras.

## **CAPITULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1 Tipo y Diseño de Investigación**

Los diseños de investigación actuales se clasifican en las siguientes categorías: estudios no experimentales, prospectivos y transversales.

- Es una investigación No experimental porque las variables no se maniobran deliberadamente cuando se observan y luego se analizan cuando ocurren en el medio natural.
- Mirar al futuro, ya que trata de predecir posibles situaciones futuras.
- Horizontal, ya que se refiere a un solo momento de recolección de datos.

#### **3.2 Población y muestra**

##### **Población (N)**

Conformada por las distintas instalaciones del desembarcadero artesanal de San José.

##### **Muestra(n)**

La muestra es igual a la población, conformada por las instalaciones del Desembarcadero Artesanal de San José.

#### **3.3 Formulación de la hipótesis**

A través de la propuesta de diseño de generación undimotriz se logra suministrar con energía eléctrica al Desembarcadero Artesanal de San José.

### **3.4 Variables-Operacionalización**

**Variable dependiente:** Sistema de generación undimotriz.

**Variable independiente:** Suministrar de energía eléctrica.

## Operacionalización de Variables

**Tabla 1:** Operacionalización de Variables

Tipo variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Escala de medición
<b>Variable independiente</b> Sistema de generación undimotriz	Un dispositivo mecánico destinado a utilizar la energía proporcionada por las olas del océano. (Toril, 2015, p.9)	Sistemas mecánicos que utilizan la energía de las olas.	SISTEMA MECANICO	Localización geográfica del sistema de generación undimotriz	Ficha de Observación	Proporción
				Amplitud de la ola Altura de las olas Periodo de las olas	Ficha de evaluación de datos hidrofísicos.	Proporción
<b>Variable dependiente</b> Suministrar de energía eléctrica	Una diferencia de potencia a tierra que provoca la distribución de carga de un punto a otro. (Minas, 2011, <u>P.18</u> )	Producción y distribución de energía eléctrica a partir de fuentes de energía convencionales o no convencionales.	SISTEMA ELECTRICO	Máxima demanda  Energía	Diagrama de evaluación de cargas.	Proporción

Nota: Elaboración Propia.



### **3.5 Métodos y técnicas de investigación**

#### **3.5.1 Método de investigación**

La investigación en curso, se empleará el método deductivo, puesto que se parte de una tecnología que aporta una solución energética que es la energía undimotriz.

#### **3.5.2 Técnicas de investigación**

Las técnicas utilizadas en la presente investigación son las siguientes:

##### **Técnica de recolección de datos**

- **La Observación:** Nos permite localizar el sistema de generación undimotriz.
- **Trabajo de gabinete:** Mediante esta técnica evaluamos y cuantificamos la energía undimotriz disponible.

### **3.6 Descripción de los instrumentos utilizados**

Un instrumento se utiliza para recopilar datos de investigación para permitir la implementación de tecnología.

**Tabla 2:** Técnicas e instrumentos

<b>TÉCNICA</b>	<b>USO</b>	<b>INSTRUMENTO</b>
<b>OBSERVACIÓN</b>	Situación geográfica del sistema de generación de olas en el puerto de San José - Lambayeque	Ficha de observación
<b>TRABAJO DE GABINETE</b>	Esto admite evaluar y cuantificar los recursos energéticos de las olas en las terminales portuarias de Lambayeque.	Ficha de evaluación de datos hidrofísicos
<b>TRABAJO DE GABINETE</b>	Brinda la oportunidad de estimar y cuantificar las necesidades energéticas de los terminales portuarios de Lambayeque.	Diagrama de evaluación de cargas

Nota: Elaborado por el autor- Propio.

### **3.7 Análisis estadístico e interpretación de datos**

Los datos obtenidos para la realización de este trabajo son elementos sometidos para la investigación. La interpretación de los datos es uno de los pasos principales, ya que se proporciona en la conclusión. La información obtenida para la elaboración de este proyecto lo llevamos a tablas y gráficos utilizando MS Excel 2010 para identificar las preguntas planteadas y brindar posibles respuestas.

## CAPITULO IV

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

#### 4.1 Cálculo de las necesidades de electricidad del desembarcadero artesanal

El cálculo de la demanda eléctrica máxima de la terminal portuaria según el alcance de este trabajo de investigación se refiere a la terminal, es decir fase de aterrizaje incluyendo oficinas de administración.

Para ello utilizamos el Código Eléctrico Nacional - Uso. Los resultados se muestran en la tabla de abajo.

**Tabla 3:** Cálculo de la Máxima Demanda

#### CALCULO DE LA MAXIMA DEMANA

Descripción	Área (m <sup>2</sup> )	Carga Unitaria (W/m <sup>2</sup> )	Potencia Instalada (kW)
Iluminación y Tomacorrientes (*)	2400	20	48.0
<b>TOTAL</b>			<b>48.0</b>
<b>Reserva (15%)</b>			<b>7.2</b>
<b>Potencia Instalada (kW)</b>			<b>55</b>
<b>Potencia Instalada (MW)</b>			<b>0.055</b>

(\*) El cálculo solo es para el Desembarcadero, incluye oficinas

Nota: Elaboración propia

La carga de Iluminación y Tomacorrientes, involucra el uso que dan los trabajadores en las Oficinas propias del Desembarcadero.

#### 4.2.1. Cálculo de la energía undimotriz donde se ubicará el sistema.

Cálculo parar determinar el flujo de energía mediante el análisis de la altura y la duración media de las olas del océano de 2015 a 2017.

#### 4.2.1. Cálculo del flujo energético mediante los parámetros de las olas del litoral de San José

##### A.- Energía obtenida en 2015:

Longitud de onda ( $\lambda$ ): 
$$\lambda = \frac{gT^2}{2\pi}$$

Ec. 2

**Tabla 4:** Longitud de Onda año 2015

MES	Periodo de olas (T) - - Año 2015 s	Longitud ( $\lambda$ ) m
Enero	16	399,30
Febrero	15	350,95
Marzo	16	399,30
Abril	15	350,95
Mayo	15	350,95
Junio	15	350,95
Julio	16	399,30
Agosto	15	350,95
Septiembre	15	350,95
Octubre	16	399,30
Noviembre	16	399,30
Diciembre	15	350,95

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 5 se muestran la longitud de onda obtenidos al aplicar la Ecuación 2 en función del tiempo, la longitud de onda media anual es de 372 m.

**Velocidad de traslación (C):**

$$C = \frac{\lambda}{T}$$

**Ec. 3**

**Tabla 5:** Velocidad de Traslación

<b>MES</b>	<b>Longitud (<math>\lambda</math>) m</b>	<b>Periodo de olas (T) - Año 2015 s</b>	<b>Celeridad de la ola (C) m/s</b>
Enero	399,30	16	<b>24,96</b>
Febrero	350,95	15	<b>23,40</b>
Marzo	399,30	16	<b>24,96</b>
Abril	350,95	15	<b>23,40</b>
Mayo	350,95	15	<b>23,40</b>
Junio	350,95	15	<b>23,40</b>
Julio	399,30	16	<b>24,96</b>
Agosto	350,95	15	<b>23,40</b>
Septiembre	350,95	15	<b>23,40</b>
Octubre	399,30	16	<b>24,96</b>
Noviembre	399,30	16	<b>24,96</b>
Diciembre	350,95	15	<b>23,40</b>

No: Nota: Elaboración Propia

La Tabla 5 muestra los datos de velocidad de traslación usando la Ecuación 3, con la longitud y la base de datos como información de fondo, la velocidad media anual es de 25 m/s.

**Celeridad del grupo (Cg):**

$$Cg = \frac{c}{2}$$

**Ec. 4**

**Tabla 6:** Celeridad del grupo

<b>MES</b>	<b>Celeridad de la ola (C) m/s</b>	<b>Celeridad del grupo (Cg) m/s</b>
Enero	24,96	<b>12,48</b>
Febrero	23,40	<b>11,70</b>
Marzo	24,96	<b>12,48</b>
Abril	23,40	<b>11,70</b>
Mayo	23,40	<b>11,70</b>
Junio	23,40	<b>11,70</b>
Julio	24,96	<b>12,48</b>
Agosto	23,40	<b>11,70</b>
Septiembre	23,40	<b>11,70</b>
Octubre	24,96	<b>12,48</b>
Noviembre	24,96	<b>12,48</b>
Diciembre	23,40	<b>11,70</b>

Nota:

Elaboración Propia

La Tabla 6 muestra los valores de la velocidad de grupo obtenidos al aplicar la Ecuación 4. Tomando como referencia la velocidad del grupo, la velocidad media anual es de 12 m/s.

**Flujo de energía (kW/m):**  $\frac{\rho * g * H^2}{8} * Cg$

**Ec. 5**

**Tabla 7: Flujo de energía**

<b>MES</b>	<b>Nivel de Ola (H) - Año 2015 m</b>	<b>Celeridad del grupo (Cg) m/s</b>	<b>Flujo de energía kW/m</b>
Enero	1,6	12,48	<b>40,23</b>
Febrero	1,4	11,70	<b>28,87</b>
Marzo	1,6	12,48	<b>40,23</b>
Abril	1,95	11,70	<b>56,02</b>
Mayo	2,05	11,70	<b>61,91</b>
Junio	2,1	11,70	<b>64,97</b>
Julio	1,9	12,48	<b>56,73</b>
Agosto	2,1	11,70	<b>64,97</b>
Septiembre	2	11,70	<b>58,93</b>
Octubre	2,1	12,48	<b>69,30</b>
Noviembre	2,3	12,48	<b>83,13</b>
Diciembre	1,7	11,70	<b>42,57</b>

Nota: Elaboración Propia

La Tabla 7 muestra los valores del flujo de energía utilizando la Ecuación 6 con la secuencia de ondas y la velocidad del grupo como información básica, y el flujo promedio de energía anual es de 56 kW/m.

**Energía total (kJ/m<sup>2</sup>):**

$$\frac{1}{2} \rho * g * H^2 * \lambda \quad \text{Ec. 6}$$

**Tabla 8: Energía total**

<b>MES</b>	<b>Nivel de Ola (H) - Año 2015 m</b>	<b>Longitud (λ) m</b>	<b>Energía total kJ/m<sup>2</sup></b>
Enero	1,6	399,30	<b>5149,06</b>
Febrero	1,4	350,95	<b>3464,87</b>
Marzo	1,6	399,30	<b>5149,06</b>
Abril	1,95	350,95	<b>6722,02</b>
Mayo	2,05	350,95	<b>7429,14</b>
Junio	2,1	350,95	<b>7795,95</b>
Julio	1,9	399,30	<b>7260,98</b>
Agosto	2,1	350,95	<b>7795,95</b>
Septiembre	2	350,95	<b>7071,16</b>
Octubre	2,1	399,30	<b>8870,06</b>
Noviembre	2,3	399,30	<b>10640,05</b>
Diciembre	1,7	350,95	<b>5108,91</b>

Nota: Elaboración Propia

La Tabla 8 muestra los valores de energía total de la aplicación de la Ecuación 7, con secuencia de onda y longitud de onda como información básica, con una energía total promedio de 51.3 kW/m y 6900 kJ/m<sup>2</sup> por año.

## B.- Energía obtenida en 2016:

Longitud de onda ( $\lambda$ ):

$$\lambda = \frac{gT^2}{2\pi} \quad \text{Ec. 2}$$

**Tabla 9:**Longitud de onda

<b>MES</b>	<b>Período de olas (T) - Año 2016 s</b>	<b>Longitud (<math>\lambda</math>) M</b>
Enero	12	224,61
Febrero	14	305,71
Marzo	15	350,95
Abril	15	350,95
Mayo	16	399,30
Junio	16	399,30
Julio	15	350,95
Agosto	16	399,30
Septiembre	16	399,30
Octubre	16	399,30
Noviembre	16	399,30
Diciembre	15	350,95

Nota: Elaborado por el autor

En la Tabla 9 se muestran los valores obtenidos al aplicar la fórmula 2 en función del tiempo, la longitud de onda media anual es de 360 m.



**Velocidad de traslación (C):**  $C = \frac{\lambda}{T}$  **Ec. 3**

**Tabla 10:** Velocidad de traslación

MES	Longitud ( $\lambda$ ) m	Período de olas (T) - Año 2016 s	Celeridad de la ola (C) m/s
Enero	224,61	12	18,72
Febrero	305,71	14	21,84
Marzo	350,95	15	23,40
Abril	350,95	15	23,40
Mayo	399,30	16	24,96
Junio	399,30	16	24,96
Julio	350,95	15	23,40
Agosto	399,30	16	24,96
Septiembre	399,30	16	24,96
Octubre	399,30	16	24,96
Noviembre	399,30	16	24,96
Diciembre	350,95	15	23,40

Nota: Elaboración propia

La Tabla 10 muestra los valores de velocidad de traslación utilizando la ecuación 3, obteniendo un promedio de velocidad al año de 24 m/s.

**Celeridad del grupo (Cg):**

$Cg = \frac{c}{2}$  **Ec. 4**

**Tabla 11:** Celeridad del grupo

MES	Celeridad de la ola (C) m/s	Celeridad del grupo (Cg) m/s
Enero	18,72	9,36
Febrero	21,84	10,92
Marzo	23,40	11,70
Abril	23,40	11,70
Mayo	24,96	12,48
Junio	24,96	12,48
Julio	23,40	11,70
Agosto	24,96	12,48
Septiembre	24,96	12,48
Octubre	24,96	12,48
Noviembre	24,96	12,48
Diciembre	23,40	11,70

Nota: Elaboración propia

La Tabla 11 muestra los valores de velocidad obtenidos al aplicar la Ecuación 4. Según la velocidad del grupo, la velocidad media anual es de 12 m/s.

**Flujo de energía (kW/m):**

$$\frac{\rho * g * H^2}{8} * Cg \quad \text{Ec. 6}$$

**Tabla 12:** Flujo de energía

<b>MES</b>	<b>Nivel de Ola (H) - Año 2016 m</b>	<b>Celeridad del grupo (Cg) m/s</b>	<b>Energía total kJ/m<sup>2</sup></b>
Enero	1,5	9,36	<b>26,52</b>
Febrero	1,6	10,92	<b>35,20</b>
Marzo	1,5	11,70	<b>33,15</b>
Abril	1,4	11,70	<b>28,87</b>
Mayo	1,5	12,48	<b>35,36</b>
Junio	2	12,48	<b>62,85</b>
Julio	1,5	11,70	<b>33,15</b>
Agosto	2,1	12,48	<b>69,30</b>
Septiembre	2,2	12,48	<b>76,05</b>
Octubre	2,4	12,48	<b>90,51</b>
Noviembre	1,6	12,48	<b>40,23</b>
Diciembre	1,8	11,70	<b>47,73</b>

Nota: Elaboración propia

La Tabla 12 muestra los valores de flujo de energía obtenidos al aplicar la Ecuación 6. Según el nivel de las olas y la velocidad del grupo, el promedio de energía anual es de 49 kW/m.

**Energía NJ total (kJ/m<sup>2</sup>):**

$$\frac{1}{2} \rho * g * H^2 * \lambda \quad \text{Ec. 7}$$

**Tabla 13: Energía Total**

<b>MES</b>	<b>Nivel de Ola (H) - Año 2016 m</b>	<b>Longitud (<math>\lambda</math>) m</b>	<b>Energía total kJ/m<sup>2</sup></b>
Enero	1,5	224,61	<b>2545,62</b>
Febrero	1,6	305,71	<b>3942,25</b>
Marzo	1,5	350,95	<b>3977,53</b>
Abril	1,4	350,95	<b>3464,87</b>
Mayo	1,5	399,30	<b>4525,54</b>
Junio	2	399,30	<b>8045,41</b>
Julio	1,5	350,95	<b>3977,53</b>
Agosto	2,1	399,30	<b>8870,06</b>
Septiembre	2,2	399,30	<b>9734,95</b>
Octubre	2,4	399,30	<b>11585,39</b>
Noviembre	1,6	399,30	<b>5149,06</b>
Diciembre	1,8	350,95	<b>5727,64</b>

Nota: Elaboración Propia.

La Tabla 13 muestra los valores de energía total de la aplicación de la Ecuación 7, con secuencia de onda y longitud de onda como información básica, para una energía total promedio de 6000 kJ/m<sup>2</sup> por año.

### **C.- Energía obtenida en 2017:**

#### **Longitud de onda ( $\lambda$ ):**

$$\lambda = \frac{gT^2}{2\pi}$$

**Ec. 2**

**Tabla 14:** Longitud de onda

<b>MES</b>	<b>Periodo de olas (T) - Año 2017 s</b>	<b>Longitud (<math>\lambda</math>) M</b>
Enero	14	<b>305,71</b>
Febrero	15	<b>350,95</b>
Marzo	16	<b>399,30</b>
Abril	15	<b>350,95</b>
Mayo	14	<b>305,71</b>
Junio	15	<b>350,95</b>
Julio	15	<b>350,95</b>
Agosto	14	<b>305,71</b>
Septiembre	16	<b>399,30</b>
Octubre	16	<b>399,30</b>
Noviembre	16	<b>399,30</b>
Diciembre	15	<b>350,95</b>

Nota: Elaborado por el autor

En la tabla 14 se muestran los valores de obtenidos al aplicar la fórmula 2 en función del tiempo, la longitud de onda media anual es de 356 m.

**Velocidad de traslación ( $C$ ):**

$$C = \frac{\lambda}{T} \quad \text{Ec. 3}$$

**Tabla 15:** Velocidad de traslación

<b>MES</b>	<b>Longitud (<math>\lambda</math>) m</b>	<b>Periodo de olas (T) - Año 2017 s</b>	<b>Celeridad de la ola (<math>C</math>) m/s</b>
Enero	305,71	14	<b>21,84</b>
Febrero	350,95	15	<b>23,40</b>
Marzo	399,30	16	<b>24,96</b>
Abril	350,95	15	<b>23,40</b>
Mayo	305,71	14	<b>21,84</b>
Junio	350,95	15	<b>23,40</b>
Julio	350,95	15	<b>23,40</b>
Agosto	305,71	14	<b>21,84</b>
Septiembre	399,30	16	<b>24,96</b>
Octubre	399,30	16	<b>24,96</b>
Noviembre	399,30	16	<b>24,96</b>
Diciembre	350,95	15	<b>23,40</b>

Nota: Elaboración Propia

La Tabla 15 muestra los valores de velocidad usando la Ecuación 3, con una velocidad promedio de 24 m/s por año.

**Celeridad del grupo ( $Cg$ ):**

$$Cg = \frac{c}{2}$$

**Ec. 4**

**Tabla 16:** Celeridad del grupo.

<b>MES</b>	<b>Celeridad de la ola (C) m/s</b>	<b>Celeridad del grupo (Cg) m/s</b>
Enero	21,84	<b>10,92</b>
Febrero	23,40	<b>11,70</b>
Marzo	24,96	<b>12,48</b>
Abril	23,40	<b>11,70</b>
Mayo	21,84	<b>10,92</b>
Junio	23,40	<b>11,70</b>
Julio	23,40	<b>11,70</b>
Agosto	21,84	<b>10,92</b>
Septiembre	24,96	<b>12,48</b>
Octubre	24,96	<b>12,48</b>
Noviembre	24,96	<b>12,48</b>
Diciembre	23,40	<b>11,70</b>

Fuente: Elaboración Propia

La Tabla 16 muestra los valores de velocidad obtenidos al aplicar la ecuación 4. Tomando la velocidad de grupo como información de fondo, la velocidad promedio anual es de 12 m/s.

**Flujo de energía (kW/m):**

$$\frac{\rho * g * H^2}{8} * Cg \quad \text{Ec. 5}$$

**Tabla 17:** Flujo de energía

<b>MES</b>	<b>Nivel de Ola (H) - Año 2017 m</b>	<b>Celeridad del grupo (<i>C<sub>g</sub></i>) m/s</b>	<b>Flujo de energía kW/m</b>
Enero	1,4	10,92	<b>26,95</b>
Febrero	1,5	11,70	<b>33,15</b>
Marzo	1,5	12,48	<b>35,36</b>
Abril	1,5	11,70	<b>33,15</b>
Mayo	1,9	10,92	<b>49,64</b>
Junio	1,8	11,70	<b>47,73</b>
Julio	1,8	11,70	<b>47,73</b>
Agosto	2	10,92	<b>55,00</b>
Septiembre	1,9	12,48	<b>56,73</b>
Octubre	2,1	12,48	<b>69,30</b>
Noviembre	2,4	12,48	<b>90,51</b>
Diciembre	1,7	11,70	<b>42,57</b>

Nota: Elaboración Propia

La Tabla 17 muestra los valores de flujo de energía obtenidos al aplicar la Ecuación 6.

Basado en el nivel de las olas y la velocidad del grupo, el promedio de flujo de energía anual es de 49 kW/m.

**Energía total (kJ/m<sup>2</sup>):**

$$\frac{1}{2} \rho * g * H^2 * \lambda \quad \text{Ec. 6}$$



**Tabla 18:** Energía total

<b>MES</b>	<b>Nivel de Ola (H) - Año 2017 m</b>	<b>Longitud (<math>\lambda</math>) m</b>	<b>Energía total kJ/m<sup>2</sup></b>
Enero	1,4	305,71	3018,29
Febrero	1,5	350,95	3977,53
Marzo	1,5	399,30	4525,54
Abril	1,5	350,95	3977,53
Mayo	1,9	305,71	5559,19
Junio	1,8	350,95	5727,64
Julio	1,8	350,95	5727,64
Agosto	2	305,71	6159,77
Septiembre	1,9	399,30	7260,98
Octubre	2,1	399,30	8870,06
Noviembre	2,4	399,30	11585,39
Diciembre	1,7	350,95	5108,91

Nota: Elaboración Propia

La Tabla 18 muestra los valores de energía total obtenidos al aplicar la Ecuación 7. Según el nivel de las olas y la longitud de onda, el promedio de energía total anual es de 6000 kJ/m<sup>2</sup>.

En la siguiente tabla podemos resumir los datos anteriores.

**Tabla 19:** Resumen de los cálculos realizados

<b>Año</b>	<b>Longitud (<math>\lambda</math>) m</b>	<b>Celeridad de la ola (<math>C</math>) m/s</b>	<b>Celeridad del grupo (<math>C_g</math>) m/s</b>	<b>Flujo de energía kW/m</b>	<b>Energía total kJ/m<sup>2</sup></b>
2015	372	25	12	56	6900
2016	360	24	12	49	6000
2017	356	24	12	49	6000
<b>PROMEDIO</b>	<b>362.7</b>	<b>24.3</b>	<b>12.0</b>	<b>51.3</b>	<b>6300.0</b>

Nota: Elaboración propia

Con lo que podemos concluir que el promedio de flujo de energía es de 51,3 kW/m, asumiendo el valor de 50,0 kW/m, para esta investigación.

Se puede encontrar más información sobre los datos utilizados en el Apéndice 1.

### **4.3. Características técnicas, físicas y funcionales de la generación undimotriz**

#### **4.3.1. Situación del Minicentral Undimotriz**

Se tomaron las siguientes consideraciones al decidir dónde ubicar el sistema de generación de energía eléctrica.:

- Cerca de la plataforma
- Solidez de la orilla

De ahí, que el sistema de energía de las olas estará ubicado en las coordenadas UTM (WGS 84): E 612567,48 N 9252111,14.

#### **4.3.2. Selección de la Minicentral Undimotriz**

Una vez analizado el periodo y el nivel del oleaje en la zona del litoral de San José, se elige el sistema de generación de energía de las olas adecuado eligiendo la tecnología de Columna de Agua Oscilante (OWC). Este método pertenece al campo de la utilización de ondas.

##### **A.- Criterios de Selección OWC.**

Existen un conjunto de técnicas que permitan valer la energía de las olas, de acuerdo con los criterios siguientes:

##### **a. Según la ubicación**

Las instalaciones de OWC en la costa; son unidades apoyadas o fijadas en sitios rocosos, integradas en distribuciones fijas como espigones o presas, o en aguas poco profundas. (Duran San Lazaro & Vásquez Ruiz, 2014)

**b. Según la orientación**

Consiste en unidades delgadas normales a la dirección de las olas, lo que permite un aprovechar mejor las olas en las zonas costeras. (Duran San Lazaro & Vásquez Ruiz, 2014)

**c. Según la extracción de energía**

Admite un mejor bombeo, el aire se comprime y descomprime de su cámara gracias al movimiento de las olas encargado de impulsar la turbina. (Duran San Lazaro & Vásquez Ruiz, 2014)

**d. Según el principio de captación**

Utilizando un dispositivo semisumergible de fondo abierto. (Duran San Lazaro & Vásquez Ruiz, 2014).

**4.3.3. Selección de la turbina**

Las turbinas de pozo, especialmente diseñadas para las instalaciones de OWC, fueron el objetivo de esta investigación para impregnar la energía aerodinámica de la columna de agua oscilante.

**Especificaciones turbina seleccionada:**

Las turbinas escogidas fueron las de pozo porque son las más empleadas en la planta de OWC debido a su diseño simple y facilidad de fabricación.

Los generadores de estas turbinas están montados sobre un eje, como describiremos más adelante, y cada uno de ellos forma un conjunto turbogenerador completo.

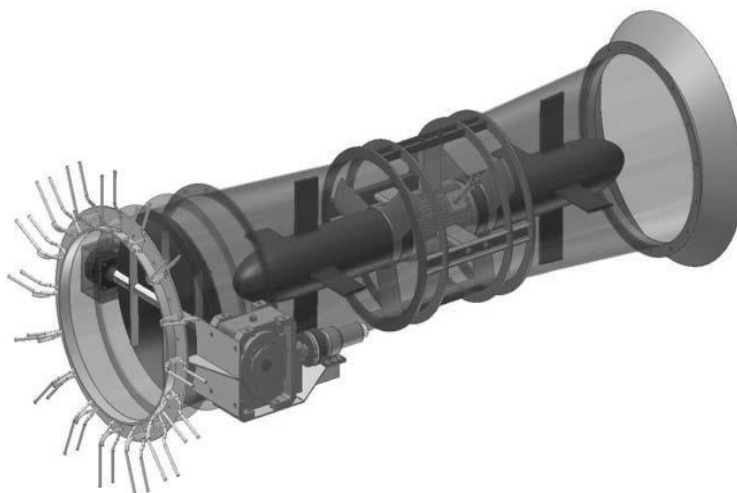
Para nuestra investigación, tendrá las propiedades siguientes:

**Tabla 20.** Características Turbina

Características	
Potencia Nominal	55 Kw
Tipo	Paso fijo
Altura	2,83 m
Ancho Máximo	1,25 m
Peso total	1200 Kg
Nº rotores	2
Alabes simétricos	5
Volante de inercia	Incorporado
Atenuador de sonido	Acoplado (parte final)
Inyectores de agua dulce para limpieza de los alabes	Si
Velocidad de giro	Limitada entre 1000 rpm – 5000 rpm (por protección)

Nota: Elaboración propia

**Figura 13:** Turbina Wells



Nota: <http://enerview.blogspot.pe/2013/05/aplicacion-de-turbinas-wells-energia.htm>

#### 4.3.4. Dique de abrigo

Considerando que la Minicentral Undimotriz de olas pequeñas estuviera completamente cerrada, fue necesario construir un rompeolas en un lugar donde el viento permitiera que la central eléctrica pequeña continuara operando durante las mareas altas y bajas.

Al recopilar la información de área y profundidad, se encontró que el diseño original de la presa en la zona costera de San José tenía una altura de 25 m. Con el fin de aprovechar mejor los recursos energéticos, se decidió girar 25° respecto al eje de la pila proyectada para colocar la cámara perpendicular al frente de onda y mejorar el aprovechamiento.

Calificaciones anteriores:

- Adecuado para la profundidad del área de instalación del dique
- Largo estimado del dique de abrigo
- Piso actual del dique
- Dirección de la mayor cantidad de olas
- Factibilidad de su construcción

función:

<b>Tabla 21: Características Dique de abrigo</b>	
<b>Características</b>	
<b>Longitud tramo de dique</b>	25 m
<b>Altura desde el 0 de la zona costera</b>	12,7 m
<b>Cota de la base del dique respecto al 0 a la zona costera</b>	-3,00 m
<b>Anchura del dique:</b>	12,25 m
<b>Fabricado en pieza de hormigón</b>	HA-35
<b>Densidad del hormigón armado</b>	2400 kg/m <sup>3</sup>
<b>Área aproximada de cada pieza</b>	22 m <sup>2</sup>

**Nota: Elaboración propia**

#### **4.3.5. Selección de la cámara**

El dispositivo cuenta con una cámara en donde se convierte la energía de las olas en energía del aire utilizada por las turbinas.

Las características constructivas son las siguientes:

- La longitud total de la cámara es de 12 m
- Área de la cámara 12 m<sup>2</sup>
- Número de cámaras: 1
- Altura de agua libre al nivel máximo del agua 5,40 m
- Ancho de la habitación 4,50 m
- Altura de superficie libre 3 m BMVE
- Área libre 14 m<sup>2</sup>
- Diámetro del orificio de la turbina 1 m
- Debido al nivel del agua en el territorio, se dificulta el ingreso de algas o escombros flotantes a los espacios interiores, se instala una puerta en la entrada a los espacios interiores, que permite realizar los trabajos de mantenimiento íntegramente en concreto.

#### **4.3.6. Selección de la compuerta**

Para frenar el ingreso de agua en la cámara, tanto para la inspección y mantenimiento periódico, como para la limpieza de depósitos que se hayan depositado en el fondo de la cámara y para reducir su altura útil, se colocará una puerta. La instalación cuenta con 1 cámara.

Criterios:

- La compuerta está hecha de acero inoxidable para impedir la corrosión y es de accionamiento hidráulico.
- El portón mide 3,20 metros de alto y 3,10 metros de ancho
- Será montada sobre carriles metálicos afuera de la instalación.
- Serán accionados por servomotores en el edificio principal.

#### **4.3.7. Válvula de mariposa**

Se colocará una válvula de estrangulamiento en la parte inferior del molino como tope de seguridad. Este obturador aislará la cámara de la turbina de posibles daños si las olas crean una presión de aire muy alta que hace que se rompan. función:

- Acero inoxidable
- Diámetro nominal: 1000 mm
- Par: 300 kg-m
- Presión de trabajo: 10 bar
- Tiempo de apagado automático: 5 segundos
- Apagado eléctrico o por gravedad
- Prueba física: 15 bar
- Prueba de cierre: 12 hilos

#### **4.3.8. Edificio de la Minicentral**

El edificio de la minicentral, estará conformado por módulos prefabricados ubicados en serie, acero inoxidable con el mismo procedimiento anticorrosivo que los contenedores marítimos.

El edificio de la fábrica tiene 11.600 metros de largo, 4 metros de ancho y 3 metros de alto.

Albergará grupos electrógenos de turbina, paneles de control de inspección y comando.

#### **4.3.9. Generador**

Para los generadores, dado que las turbinas Wells funcionan de manera óptima a velocidades variables dependiendo de las olas, se vuelve útil utilizar generadores de inducción variable como los DFIG.

Las principales razones de la popularidad de los DFIG son su capacidad para proporcionar corriente a un voltaje y una frecuencia constantes a medida que cambia la velocidad del rotor, y la facilidad del control del factor de potencia.

A continuación, presentamos las principales características del Generador:

- Generador Asíncrono
- Tensión nominal: 380 V
- Potencia: 55 kW
- Velocidad nominal: 3000 RPM
- Disposición vertical



#### 4.3.10. Sistema de regulación del turbogenerador

Este sistema está conformado por:

Ondas que ingresan al bloque convertidor.

Una cámara de recolección

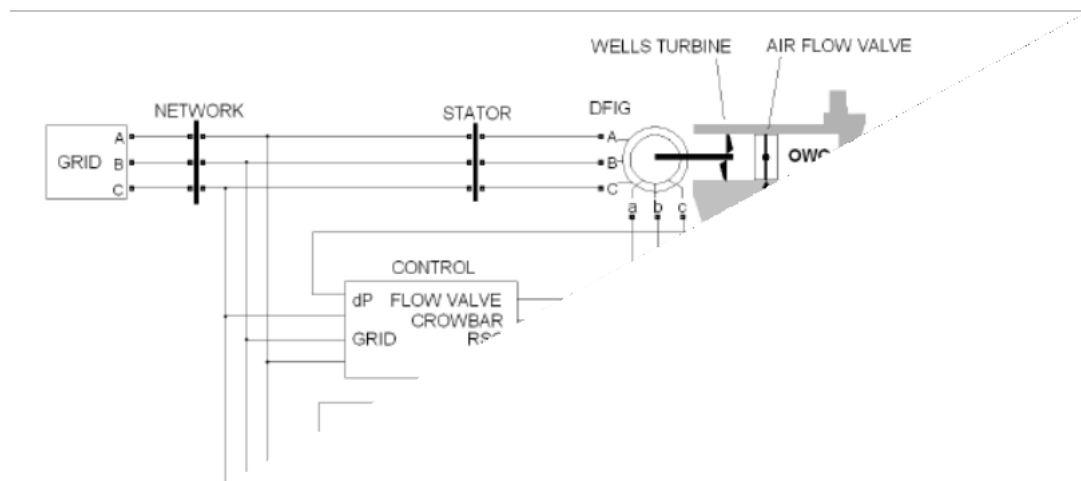
Una turbina de pozo que convierte en energía mecánica la energía del gas.

Un generador de inducción de doble alimentación

Además, se seleccionaron los siguientes actuadores: Convertidores de frecuencia en una configuración interconectada formada por convertidores de tensión RSC (convertidor del lado del rotor) y GSC (convertidor del lado de la red) conectados a un condensador de acoplamiento C.

El siguiente diagrama muestra el sistema de control:

**Figura 14:** Sistema de regulación del turbogenerador



Nota: Elaboración propia

#### **4.3.11. Caseta prefabricada**

Para la producción del generador y la distribución de la energía generada, se colocará un stand monolítico plegable en el que se ubicará todo el complejo.

Criterios:

Los stands seleccionados deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- No debe tener una longitud máxima de 4 m, determinada por el ancho del pequeño edificio de la estación con el que se vaya a integrar.
- Debe tener una clasificación IP54 como mínimo, ser resistente a la intemperie.
- Debe adaptarse a la estética de otras instalaciones con el mínimo impacto visual.
- Todas las puertas o rejillas deben estar debidamente conectadas a tierra y construidas según sus especificaciones de diseño para evitar la oxidación en ambientes corrosivos.
- Teniendo en cuenta la realización de las características mencionadas anteriormente, se eligió el modelo Schneider EHC-3 T1D..

Sus peculiaridades son:

- Longitud Total 3760 mm
- Longitud Interior 3,640 mm
- Altura Total 3,300 mm
- Anchura Total 2,500 mm
- Anchura Interior 2,240 mm
- Altura Interior 2,535 mm
- Peso en vacío 13 Tm

#### **4.3.12. Sistemas auxiliares, de información y seguridad**

##### **A.- Sistema de control auxiliar, información y seguridad:**

Se instalarán paneles locales en la propia casa de turbinas para potenciar el control individual del turbogenerador en áreas no rectamente relacionadas con la generación eléctrica.

##### **B.- Alumbrado**

Se tendrá un nivel de luz promedio de 150 lux en la cabina, con al menos 10 centros de luz en circuitos espaciados que se puedan encender o apagar de forma independiente. Se debe lograr tanta uniformidad en la iluminación colocando estratégicamente las lámparas. Por ello, se prevén dos fuentes de luz, una pantalla con dos lámparas fluorescentes selladas de 36 W.

Para la iluminación exterior se utilizarán 02 lámparas de vapor de sodio de alta presión alojadas en la misma edificación con circuitos protegidos por ductos de PVC de 2 cm de diámetro, que se montarán en la fachada principal. La iluminación con energía solar estará acompañada de luminarias del muelle.

Las características de la iluminación exterior son las siguientes:

- Lámparas de vapor de sodio de alta presión
- Fuente de alimentación de 220V
- Potencia nominal 250W
- Voltaje mínimo de encendido 200C - 198 V
- Tiempo de encendido 5 minutos
- Corriente de arranque 17 A

- Flujo luminoso: 6000 lm.

### **C.- Alumbrado de emergencia**

Es similar al de los eventos públicos, se diseñará teniendo en cuenta estas características

- Iluminación fluorescente de 8 vatios
- Flujo de luz 300 lm

### **D.- Protección contra incendios**

Como consecuencia de la pequeña potencia basta con instalar el extintor en un lugar de fácil acceso y convenientemente disperso.

Así que planifique tener 2 extintores de incendios a cada lado de la unidad, siempre debajo de la luz de emergencia. El extintor se cargará con dióxido de carbono presurizado. Deben ser revisados regularmente para mantenerlos en perfectas condiciones. Se descargarán por completo al menos una vez al año para probar lo eficaz de su misión.

## **4.4. Evaluación económica del proyecto**

Para efectuar la evaluación económica del proyecto, en primer lugar, hallamos los egresos e ingresos asociados con la instalación del sistema de energía de las olas propuesto.

### **4.4.1. Egresos**

#### **A. Inversión**

**Tabla 22: Resumen de la inversión a realizar**

<b>RUBRO</b>	<b>MONTO TOTAL (US\$)</b>
Dique de abrigo	436730
Cámara de carga	227743,2
Compuerta y válvula de mariposa	52000
Edificio	125000
Turbogenerador y <del>sist.</del> Control	600000
Sistemas auxiliares	21421,3
Subestación baja/media tensión	84105,9
Línea de media tensión	69515
Centro transformación marca eón	15000
Seguridad y salud en obra	1500
<b><u>TOTAL EJECUCIÓN</u></b>	<b>1633015,4</b>

La inversión total es de USD 1.633.015,40. Para poder invertir con más detalle se han preparado inversiones integrales (ver tabla abajo) y se ha realizado un análisis de costos por separado en la Minicentral, ver tabla adjunta para más detalles.

## **B. Inversión del sistema undimotriz**

En comparación con la tabla anterior, el monto total de la inversión correspondiente al sistema de olas se muestra en la siguiente figura.

**Tabla 23:** Precios unitarios de costos de Instalación

CODIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	PRECIO	PRECIO
				UNITARIO	TOTAL
				US\$	US\$
<b>1,00</b>	<b>DIQUE DE ABRIGO</b>				
1.01	Preparación zona de trabajo	m	30	2800	84000
1.02	Dragado de fondo marino	m <sup>3</sup>	50	23,2	1160
1.03	Retirada de material en camiones	m <sup>3</sup>	50	4,5	225
1.04	Hormigón en masa para zapata	m <sup>3</sup>	60	37,3	2238
<b>2,00</b>	<b>CÁMARA</b>				
2.01	Fabricación pieza prefabricada A	Und.	16	840	13440
2.02	Fabricación pieza prefabricada B	Und.	44	700	30800
2.03	Fabricación pieza prefabricada C	Und.	8	500	4000
2.04	Colocación Piezas en su Disposición	Und.	70	73,4	5138
2.05	Hormigón losa de base	m <sup>3</sup>	220	75,4	16588
2.06	Hormigón para fijación estructura	m <sup>3</sup>	15	45,6	684
2.07	Material de Relleno de cámaras	m <sup>3</sup>	600	4,5	2700
2.08	Barras Corrugadas de 20mm de diámetro	Und.	13	740	9620
2.09	Juntas y tubo	m	50	2,4	120
2.10	Malla de doble diámetro 5	m <sup>2</sup>	60	260	15600
<b>3,00</b>	<b>COMPUERTA Y VÁLVULA DE MARIPOSA</b>				
3.01	Compuerta Seguridad 3,10x3,20m	Und.	1	1000	1000
3.02	Válvula de Mariposa	Und.	1	1300	1300
3.03	Sistema óleo hidráulico	Und.	1	375	375
<b>4,00</b>	<b>EDIFICIO</b>				
4.01	Módulo prefabricado de acero inoxidable con protección ante la corrosión y techo extraíble	Und.	1	17000	17000
4.02	Acabado exterior del módulo prefabricado asemejándose a la estética de la zona costera	Und.	1	4000	4000

4.03	Acabado interior del módulo	Und.	1	4000	4000
5.00	<b>TURBOGENERADOR Y SISTEMA DE CONTROL</b>				
5.01	Turbogenerador Wells de 55 kW de potencia. Consta de turbina Wells, acoplada a generador DFIG con sistema de regulación y de conversión AC/DC/AC	Und.	1	30000	30000
6.00	<b>SISTEMAS AUXILIARES</b>				
6.01	Control auxiliar y tableros de control	Und.	1	650,4	650,4
6.02	Válvula de Agua	Und.	1	125,6	125,6
6.03	Motor trifásico	Und.	1	378,5	378,5
6.04	Freno turbogenerador	Und.	1	254,4	254,4
6.05	Tubos Fluorescentes de 36W	Und.	3	12,4	37,2
6.06	Lámparas de Vapor de sodio	Und.	2	164,3	328,6
6.07	Fluorescentes emergencias de 8W	Und.	2	90,4	180,8
6.08	Extintores	Und.	2	324,5	649
6.09	Batería de condensadores emergencia	Und.	1	5568	5568
6.10	Picas de cable descubierto de 50mm2 de sección y 2 m de longitud	Und.	2	312,5	625
6.11	Conductor desnudo de 50mm2 de sección	m	30	23,84	709,2
6.12	Mallado electrosoldado	m <sup>2</sup>	20	20,23	404,6
7.00	<b>TABLERO BAJA TENSION</b>				
7.01	Caseta prefabricada	Und.	1	8000	8000
7.04	Celda tipo seccionador de baja tensión	Und.	1	3400	3400
7.07	Celda alta tensión de seccionador con seccionador a tierra y <del>auto</del> válvula	Und.	1	8560,5	8560,5
7.08	Relé <del>Siprotec</del> 7SJ63 de Siemens	Und.	2	2300	4600
7.09	Unidad de <del>Teledisparo</del>	Und.	1	1867	1867
8.00	<b>SEGURIDAD Y SALUD EN OBRA</b>	<del>Glb.</del>	1	1500	1500
<b>TOTAL</b>					<b>281826,8</b>

## C. Costos de Mantenimiento y Operación

Los costos operativos se muestran a continuación:

**Tabla 24:** Costos Operativos

Detalle	Unidad	Cantidad	Sueldo Mensual US\$	Meses	Sueldo Anual US\$
Ingeniero Mecánico	sueldo	1	1000	12	12000
Técnico	sueldo	1	500	12	6000
Vigilantes día - noche	sueldo	4	400	12	19200
<b>TOTAL</b>					<b>37200</b>

Fuente: Elaborado por el autor

Además, según el fabricante, los costos de mantenimiento serán de \$300 por mes, principalmente para el mantenimiento del molino. Eso es un total de \$3,600 al año.

En ese sentido, el costo anual de mantenimiento y operación es de \$40 800.

**Tabla 25:** Costos de mantenimiento y operación

<b>COSTOS ANUALES</b>	<b>US\$</b>
COSTOS DE OPERACIÓN	37200
COSTOS DE MANTENIMIENTO	3600
<b>TOTAL</b>	<b>40800</b>

Fuente: Elaborado por el autor

### 4.4.2. Ingresos

#### A. Costo de la energía generada

El costo teórico de generar electricidad se muestra a continuación:

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



i = Inversión Inicial (\$)	281826,80
E = Energía durante la vida del sistema (20 años) (kW-h)	6745200,00
Mt = Costes de operación y mantenimiento (\$)	816000,00
r = Tasa de descuento	0,12

<b>COSTO kW-h (\$/kW-h)</b>	<b>0,16</b>
<b>COSTO kW-h (\$<u>L</u>/kW-h)</b>	<b>0,52</b>

#### 4.4.3. Evaluación Económica

##### A. Egresos

Está conformado por:

La Inversión a realizar: \$ 281 826,80

Los costos de mantenimiento y operación: \$ 40 800

##### B. Ingresos

Los ingresos lo conformar lo ganado por la venta de energía:

##### PRODUCCIÓN DE ENERGÍA AL AÑO (kW-h)

POTENCIA (kW)	HORAS AL AÑO (h)	FACTOR DE CARGA	ENERGÍA AL AÑO (kW-h)
55	8760	0,75	361350

##### INGRESOS POR VENTA DE ENERGÍA AL AÑO (US\$)

ENERGÍA AL AÑO (kW-h)	COSTO DE LA ENERGÍA (\$/kW-h)	INGRESO ANUAL (\$)
361350	0,16	58812,15

### C. Cálculo de los indicadores económicos.

Para ello utilizaremos:

Periodo de Evaluación: 20 años

Tasa de Descuento: 12%

AÑOS	0	1	2	3	18	19	20
<b>EGRESOS</b>	-281826,8	-40800	-40800	-40800	-40800	-40800	-40800
Inversión	-281826,8						
Operación y Mantenimiento		-40800	-40800	-40800	-40800	-40800	-40800
<b>INGRESOS</b>		58812,15	58812,15	58812,15	730942,4794	730942,4794	730942,4794
Venta de Energía		58812,15	58812,15	58812,15	730942,4794	730942,4794	730942,4794
<b>BENEFICIOS NETOS</b>	-281826,8	18012,15	18012,15	18012,15	690142,4794	690142,4794	690142,4794

Con lo que se obtuvieron los siguientes indicadores:

<b>VNA (US\$)</b>	<b>2109751,984</b>
<b>TIR</b>	<b>39%</b>

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. Conclusiones**

- El requerimiento máximo que cubre este trabajo de reconocimiento es de 55 kW, que es el requerimiento para la fase de aterrizaje incluyendo oficinas de administración.
- El recurso de energía undimotriz costera de San José que se utilizará para este estudio es: Velocidad de la ola: 24,3 m/s; Longitud: 362,7 m; flujo de potencia: 51,3 kW/m; energía total: 6300 kJ/m<sup>2</sup>, el flujo de energía considerado es: 50,0 kW/m.
- El sistema de energía undimotriz estará ubicado en las siguientes coordenadas UTM (WGS 84): E 612567.48 N 9252111.14. La técnica utilizada será una columna de agua oscilante (OWC). El tipo de turbina es tipo sondeo, paso fijo, potencia nominal 55 kW, altura 2,83, ancho mínimo 1,25 m. El muelle de abrigo tiene 25 m de largo y 12,25 m de ancho. La longitud de la cámara es de 12 m y el ancho es de 4,50 m. La puerta tiene 3,10 metros de ancho y 3,20 metros de alto. La potencia nominal del generador es de 55 kW y la velocidad es de 3000 rpm. Las dimensiones del edificio de la mini central son 10 metros de largo, 4 metros de ancho y 3 metros de alto.
- Inversión propuesta USD 281.826,80, costos anuales de operación y mantenimiento USD 40.800, capacidad de producción de energía anual 361.350 kW-h, precio de venta de energía: USD 0,16/kW-h (0,52 S/./kW-h), resultando el presente neto. (VAN) es de \$2,109,751,984 con una tasa de retorno (TIR) del 39%.

- En consecuencia, el presente estudio es VIABLE.

## **5.2. Recomendaciones**

Se Recomienda:

Se debe de implementar a nivel nacional con normas técnicas que regulen la instalación de este tipo de sistemas de generación.

Realizar una investigación sobre la instalación de un sistema de energía undimotriz en alta mar se evaluó cuando se eligió el sistema de energía undimotriz de Shorlaine para este trabajo de investigación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### Bibliografía

**Aita, Gamio Pedro.** 2015. Perú Potencial Energético: Propuestas y Desafíos. Lima : Circulo de derecho Administrativo - PUCP, 2015. 4

**Apel, J. R.** 1999. Principles of Ocean Physics. London : Academic, 1999. 654 pp. ISBN: 0-12-058866-8.

**Avilés, Alba Vates.** 2009. Sistemas de Conversión de la Energía de las Olas. Florencia : Università Degli Studi di Firenze, 2009

**Benavides, Carlos y Sanchez, Juan.** 2010. La planificación gubernamental. Lima : Prentice Hall, 2010.

**Bert, Dr. Hiriart Le.** 2014. Revista Digita Universitaria. Potencial Energetico de las Mareas para Generar Electricidad. Mexico : Universidad Nacional Autónoma de Mexico, 2014.

**Berta Cavia del Olmo, Xavier Gironella Cobos, Agustin Sánchez Arcilla.** 2013. Explotación del Potencial de Energía del Oleaje en Función del Rango de Trabajo de los Prototipos Captadores. Lima : Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2013.

**Carlos Alberto Peña Miranda.** 2015. Sistemas de obtención de Energía Undimotriz y su Posible Implementación en el Perú. Bellavista - Callao : Universidad del Callao, 2015.

**Cervantes, Juarez Jose Dollres .** 2011. Sistema de distribución de energía eléctrica. México : Azcapotzalco, 2011. 170 pp. ISBN: 970-620-734-1

**Creus, Sole Antonio.** 2009. . Energías Renovables. 2.<sup>a</sup> ed. Barcelona : Canopina. 2009. 475 pp. ISBN: 978-84-96960-27-5.

**Beigbeder, Atienza.** 1997, Diccionario Politécnico De La Lengua Española E Inglesa, F. Madrid, ISBN: 84-7978-299-4

**Fischer, Andrea.** 2014. Avaliação do Potencial Energético de Correntes Oceánicas no Litoral Sul do Brasil. Rio Grande : Universidade Federal Rio Grande do Sul, 2014.

**Gonzales, Juan Manuel Juanes.** 2007. El Potencial Energético Util de las Corrientes Marinas en el Estrecho de Gibraltar. Valencia : Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales, 2007.

**Holthuijsen, Leo H. 2007.** waves in oceanic and coastal waters. new york : cambridge, 2007.405 pp. **ISBN** 978-0-511-27021-5.

**Lambayeque, Autoridad Portuaria Región. 2015.** Resumen Ejecutivo: Plan Mestro del terminal Portuario de Lambayeque. Lambayeque : Gobierno Regional de Lambayeque, 2015.

**Mellor, George L. 1996.** Introduction to Physical Oceanography. New York : Baltimore, 1996. ISBN: 1-56396-210-1.

**MINAM. 2015.** Conocimiento del Clima para la Acción. [En línea] LIMA COP20 CMP10, 15 de 02 de 2015. [Citado el: 27 de 05 de 2015.] [cop20.minam.gob.pe](http://cop20.minam.gob.pe).

**Ministerio de Energía y Minas. 2011.** Código Nacional de Electricidad. Lima MINEM.

**MINISTERIO de Energía y Minas. 2013.** Plan Energético Nacional 2014-2025. Lima : Perú - Progreso para Todos.

**Ministerio de Energía y Minas. 2013.** Plan Energético Nacional 2014-2025. Lima : Perú - Progreso para Todos, 2013

**Monteiro, Thiago Machado. 2009.** Análise de Geradores para a produção de energia a partir das ondas do mar. Rio de Janeiro.

**Oficina NAcional de Gobierno Electrónico e Informática. 1998.** ONGEI. [En línea] 1 de 1 de 1998. [Citado el: 19 de Octubre de 2013.] [www.ongei.gob.pe](http://www.ongei.gob.pe).

**Ormaza, Modesto Amundarain. 2015.** La Energía Renovable Procedente de las Olas. Valencia : Universidad Politécnica de Valencia, 2015.

**Panta, Dianela. 2008.** Caracterização simplista das potenciais energéticas da costa ocidental Portuguesa. Oporto : Universidade do Porto, 2008. 158 pp.

**Pelissero M. A., Haim P. A., Oliveto G. 2014.** Aprovechamiento de la Energía Undimotiz en el Mar Argentino. La Plata : UTN-FRBA, Medrano, N° 951, C1179AAQ. C.A.B.A, Argentina, 2014.

**Petroni, Ricardo V. 2005.** Hidráulica Marítima y de Estuarios. Buenos Aires : Dunken, 2005. 987-02-1142-9.

**Rivas Recinos, Beatriz Margarita. 2015.** Caracterización de la Distribución de la Energía de las Olas en la Playa Mizata, La Libertad. Tesis (Licenciada En Física) El Salvador : Universidad de El Salvador, 2013. 72 pp.

**Royero, Juan Carlos Ortiz. 2015.** Introducción a la Oceanografía Física. Barranquilla : Universidad del Norte, 2015. ISBN: 978-958-741-554-4.

**Seguridad**, energía. Economía y medio ambiente, 2008, editorial Antal, México, ISBN 970-32-2669-8

**SALLENAVE, Jean-Paul y Dios, Christian. 2002.** Gerencia y Planeación Estratégica. Bogotá : Grupo Editorial Norma, 2002.

**MORALES, Castillo Evelyn. 2016.** Análisis de un Dispositivo Oscilante como Medio de Captación de Energía Undimotriz. Santiago de Chile : Universidad de Chile, 2016.

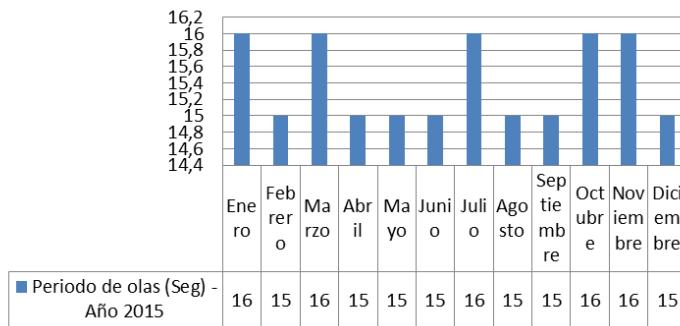
**Williams Calderón Muñoz, Sebastián Maggi Silva. 2015.** Análisis de un Dispositivo Oscilante como Medio de Captación de Energía Undimotriz. Santiago de Chile : Universidad de Chile, 2015.

**Heras Celemin, María del Rosario. 2008.** Fuentes de Energía para el Futuro. **Gobierno de España. 2008. 476 pp**  
**ISBN: 978-84-369-4675-8**

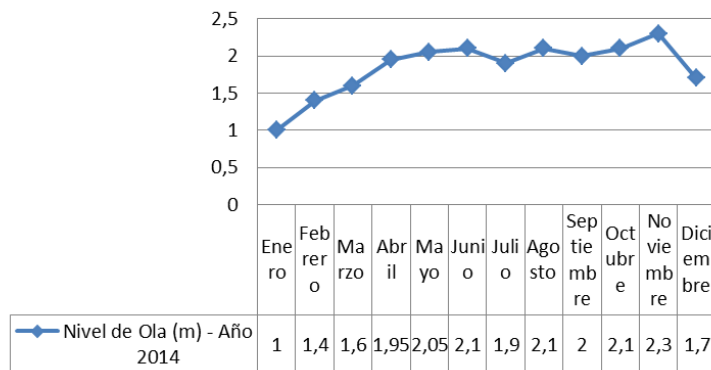
## ANEXOS

### ANEXO 1: Datos del potencial de las Olas en el Litoral de San José

**Periodo de olas (Seg) - Año 2015**



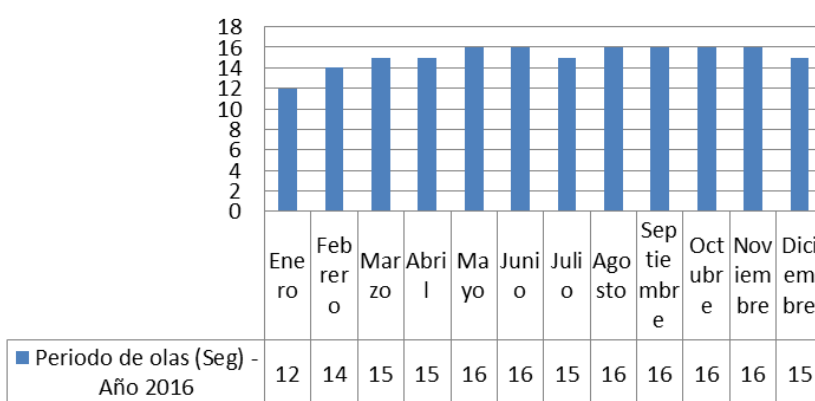
**Nivel de Ola (m) - Año 2015**



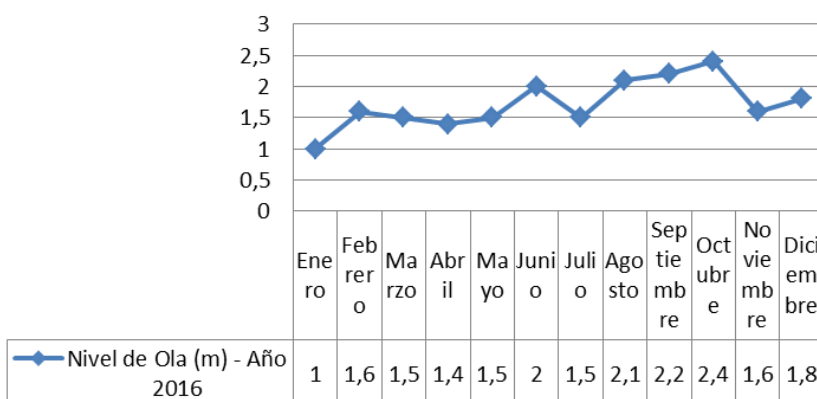


MES	Nivel de Ola (m) - Año 2016	Periodo de olas (Seg) - Año 2016	Y (metros)	C (m/s)	Cg (m/s)	Flujo de energía (kW/	Ene
Enero	1	12	224,61	18,72	9,36		
Febrero	1,6	14	305,71	21,84			
Marzo	1,5	15	350,95	23,			
Abril	1,4	15	350,95				
Mayo	1,5	16	39				
Junio	2	16					
Julio	1,5						
Agosto	2,1						
Septiembre	2						
Octubre							
Noviembre							
Diciembre							

**Periodo de olas (Seg) - Año 2016**

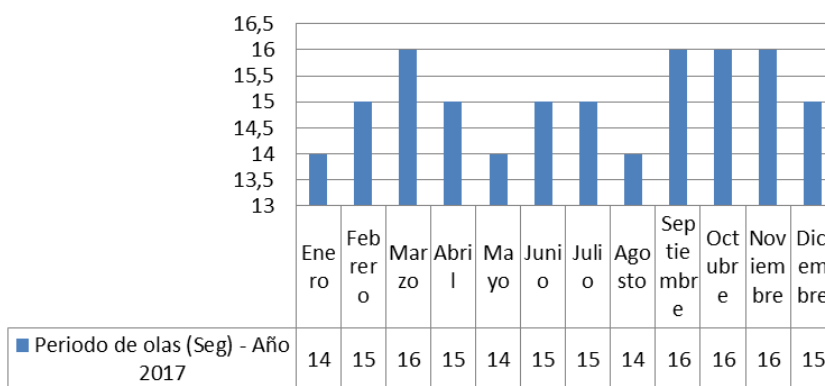


**Nivel de Ola (m) - Año 2016**

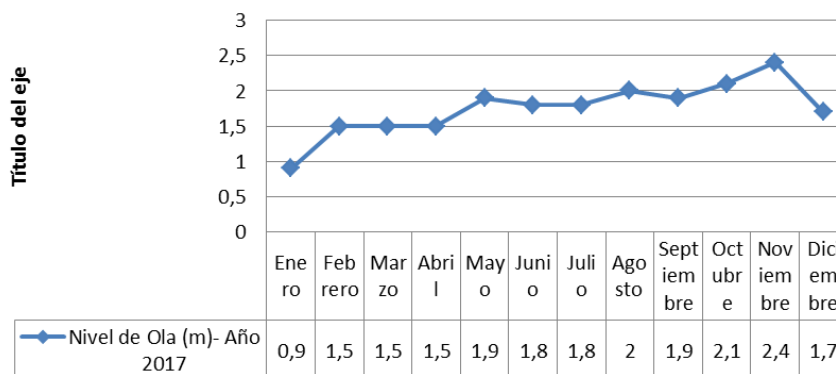


MES	Nivel de Ola (m)- Año 2017	Periodo de olas (Seg) - Año 2017	$\gamma$ (metros)	C (m/s)	Cg (m/s)	Flujo de energía (kW/	Ene
Enero	0,9	14	305,71	21,84	10,92		
Febrero	1,5	15	350,95	23,40			
Marzo	1,5	16	399,30	24,9			
Abril	1,5	15	350,95				
Mayo	1,9	14	305,				
Junio	1,8	15					
Julio	1,8	15					
Agosto	2						
Septiembre	1,9						
Octubre	2						
Noviembre							
Diciembre							

**Periodo de olas (Seg) - Año 2017**



**Nivel de Ola (m)- Año 2017**



## FOTOGRAFÍAS





9255000



MINICENTRAL  
UNDIMOTRIZ  
COORDENADAS WGS84  
N : 9252111.14  
E : 612567,48



San José

9250000

9245000

611000

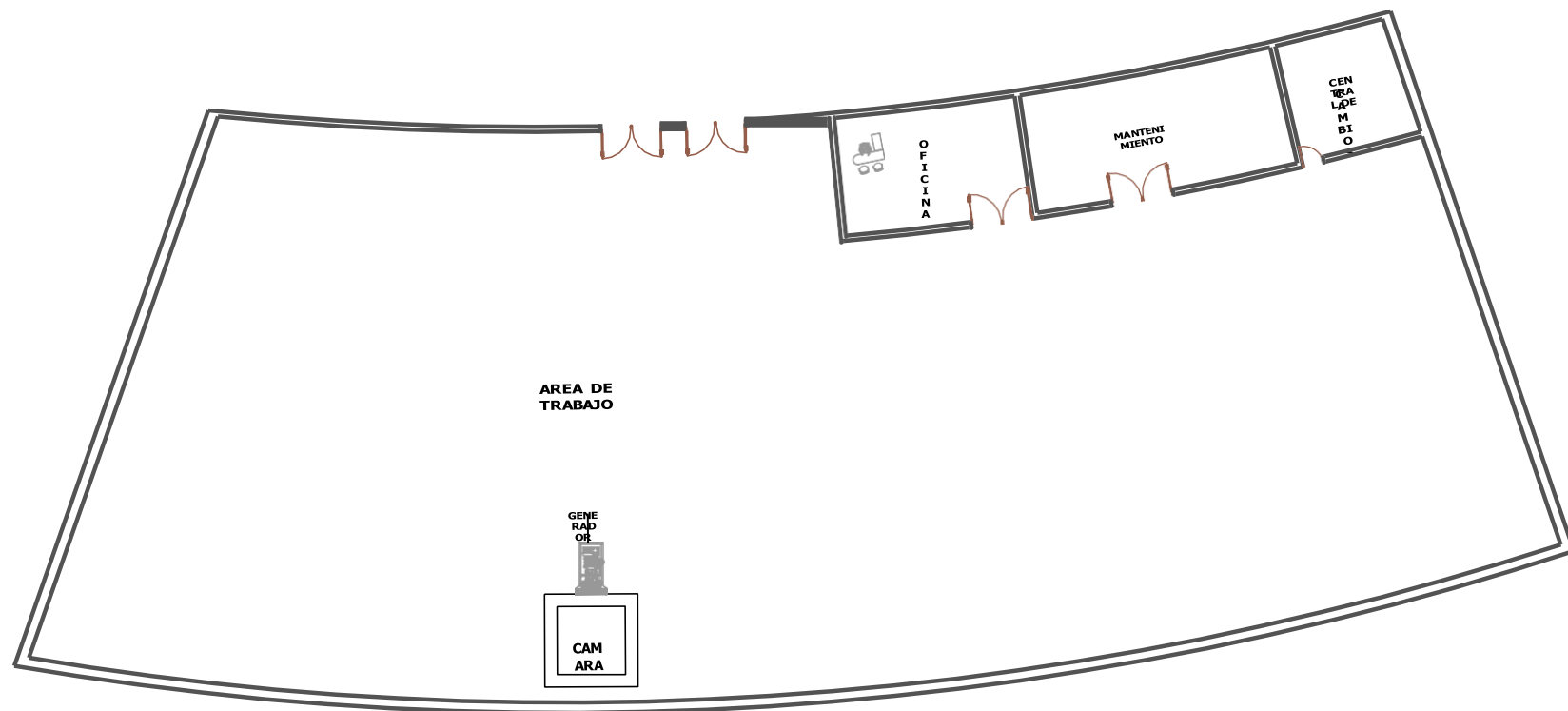
612500

613000

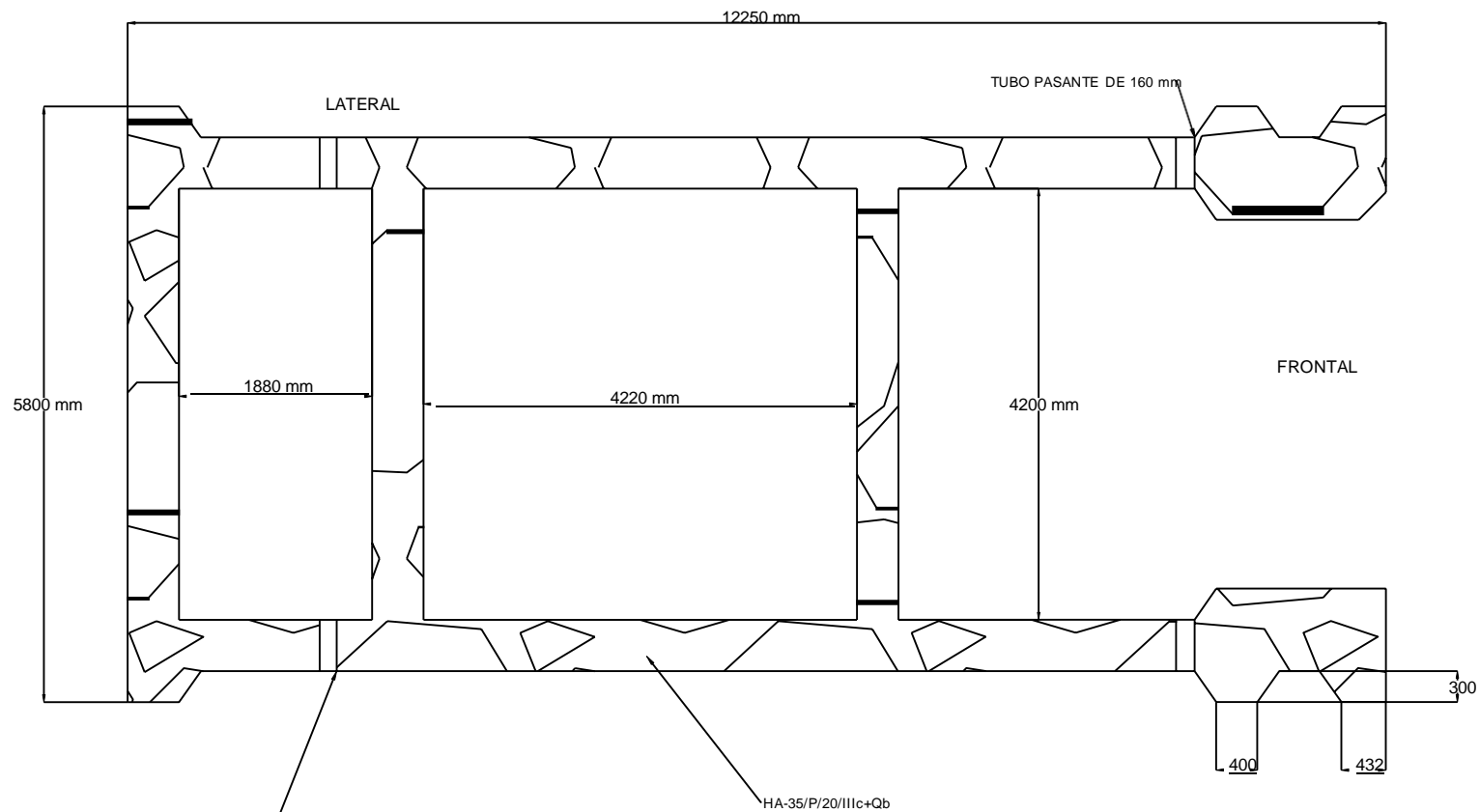
613500

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica		DPTO. LIBERTADOR	LIBERTADOR	LAMINA PU-01
		PROVINCIA SAN JOSÉ	SAN JOSÉ	
		DISTRITO LIBRE		
VCSH:		PLANO: C. BALDERA CH.		UBICACION:
SUMINISTRO CON ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIANTE LA GENERACIÓN UNDIMOTRIZ AL DESEMBARCADEÑO "ARTESANAL" SAN JOSÉ, 2017		DESCRIPCION: UBICACION		ESCALA: SAN JOSÉ
		FECHA: UBICACIÓN DEL SISTEMA DE GENERACIÓN		FECHA: 15/000
		CESAR ORLANDO BALDERA CHAPORAN		ENERO - 2021



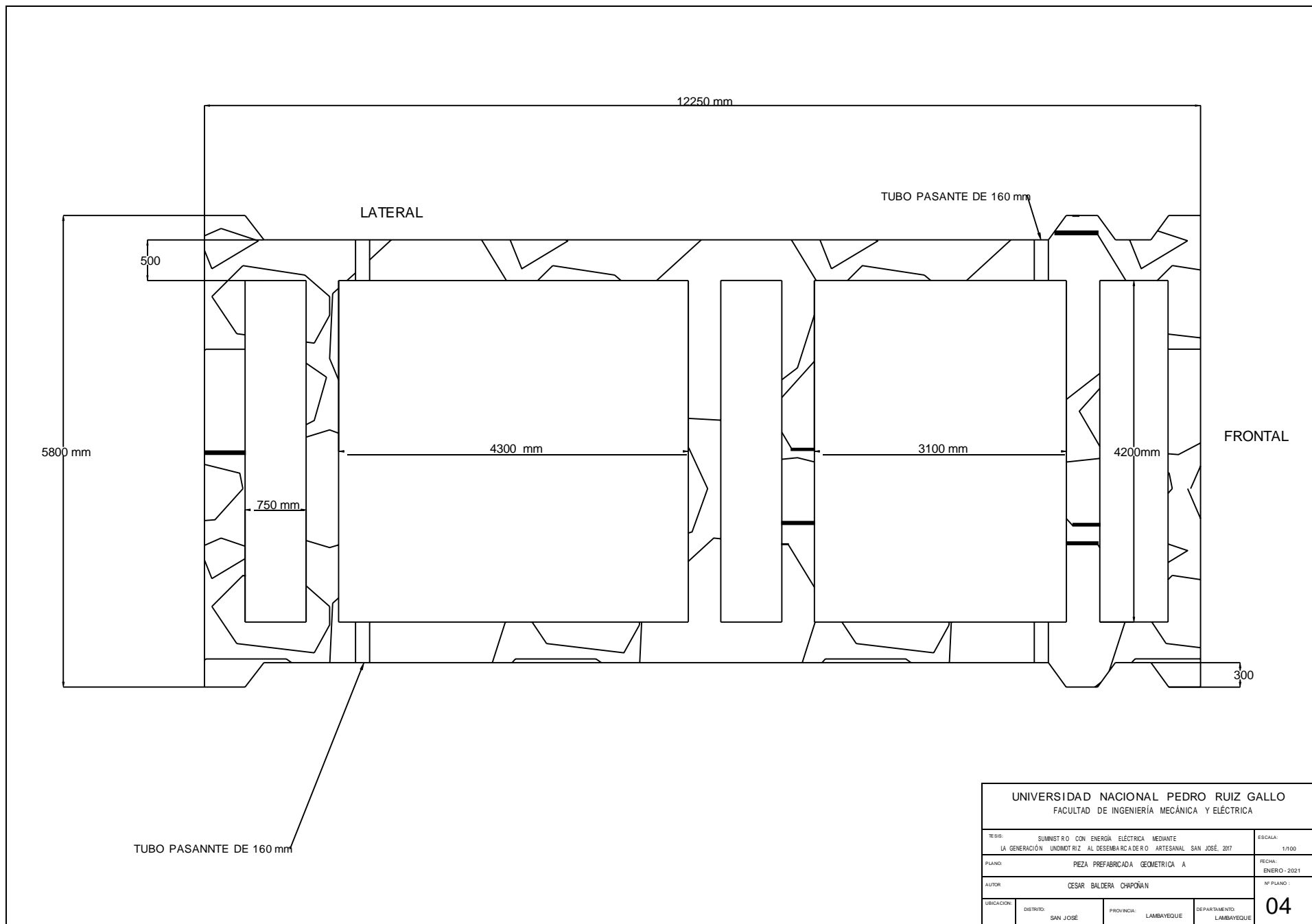


UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO			
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA			
TÍTULO: SUMINISTRO CON ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIANTE LA GENERACIÓN UNIDIMOTRIZ AL DESEMBARCADERO ARTESANAL SAN JOSÉ, 2017			ESCALA: 1/100
PLANO: PLANO DE DISTRIBUCIÓN			FECHA: ENERO - 2021
AUTOR: CESAR ORLANDO BALDERA CHAPOÑAN			Nº PLANO: 02
UBICACIÓN:	DISTRITO: SAN JOSÉ	PROVINCIA: CHICLAYO	DEPARTAMENTO: LAMBAYEQUE



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

TÍTULO: SUMINISTRO CON ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIANTE LA GENERACIÓN UNIMOTORIZ AL DESEMBAZADO ARTESANAL SAN JOSÉ, 2017				ESCALA: 1/100
PLANO: PIEZA PREFABRICADA GEOMÉTRICA A				FECHA: ENERO - 2021
AUTOR: CESAR BALDERA CHAPOÁN				Nº PLANO: 03
UBICACIÓN:	DISTRITO: SAN JOSÉ	PROVINCIA: LAMBAYEQUE	DEPARTAMENTO: LAMBAYEQUE	



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO			
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA			
TÍTULO: SUMINISTRO CON ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIANTE LA GENERACIÓN UNIMOTORIZADA AL DESEMBAECADERO ARTESANAL SAN JOSÉ, 2017			ESCALA: 1/100
PLANO: PIEZA PREFABRICADA GEOMÉTRICA A			FECHA: ENERO - 2021
AUTOR: CESAR BALDERA CHAPOÁN			Nº PLANO: 04
UBICACIÓN:	DISTRITO: SAN JOSÉ	PROVINCIA: LAMBAYEQUE	DEPARTAMENTO: LAMBAYEQUE

ALZADO

MINICENTRAL UNDIMOTRIZ  
ZONA COSTERA SAN JOSÉ

2600 mm

3000 mm

11600 mm

PERFIL

3000

VISTA  
ISOMETRICA

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

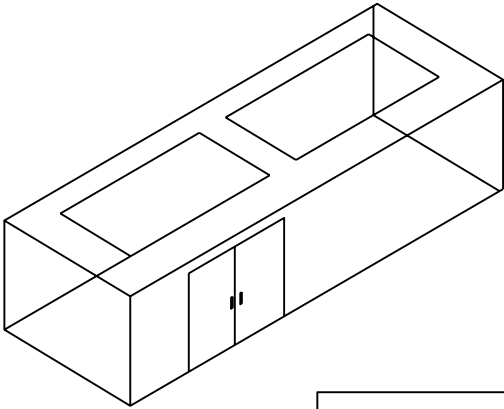
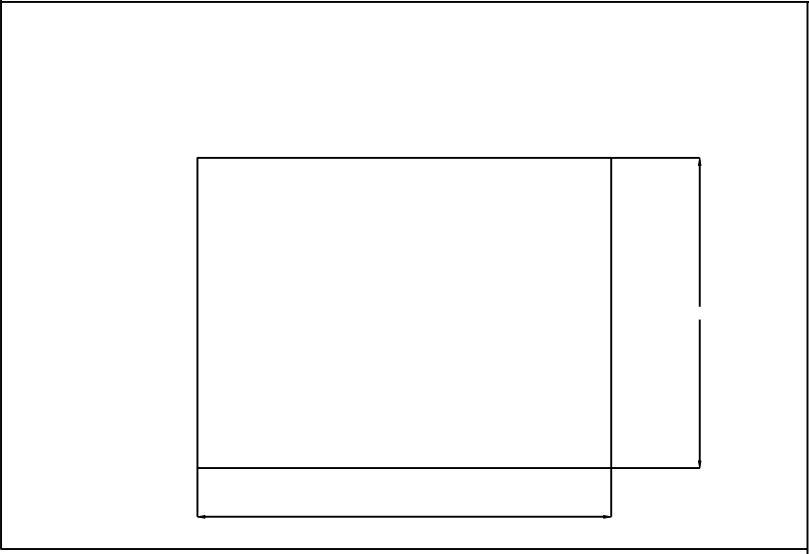
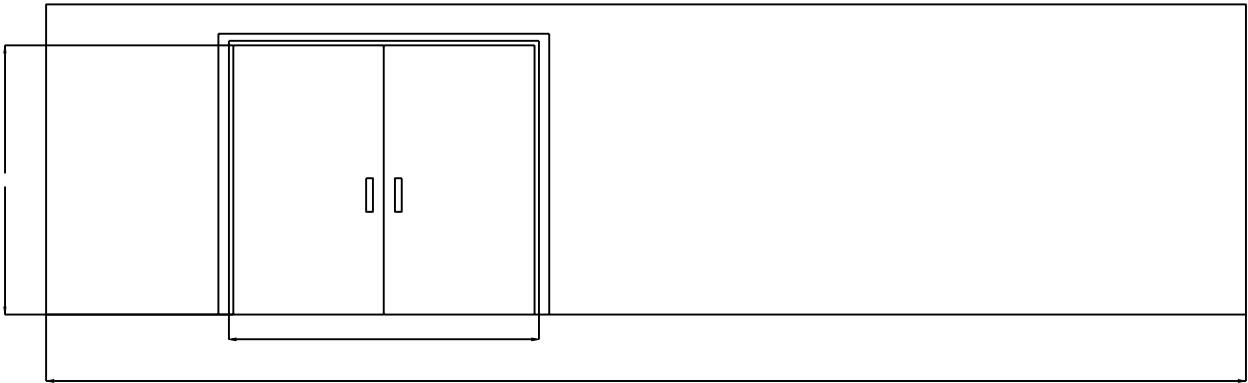
TEMA:	SUMINISTRO CON ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIANTE	ESCALA:
LA GENERACIÓN UNDIMOTRIZ AL DESEMBAÑO DE RO ARTESANAL SAN JOSÉ, 2017	1/100	FECHA:
PLANO:	PIEZA PREFABRICADA GEOMETRICA A	
AUTOR:	DISTRITO:	PROVINCIA:
UBICACIÓN:	CESAR BALDERA CHAPONIN	



EN  
ER  
O -  
202  
1  
N°  
PL  
RE  
O -  
**05**  
SAN JOSÉ

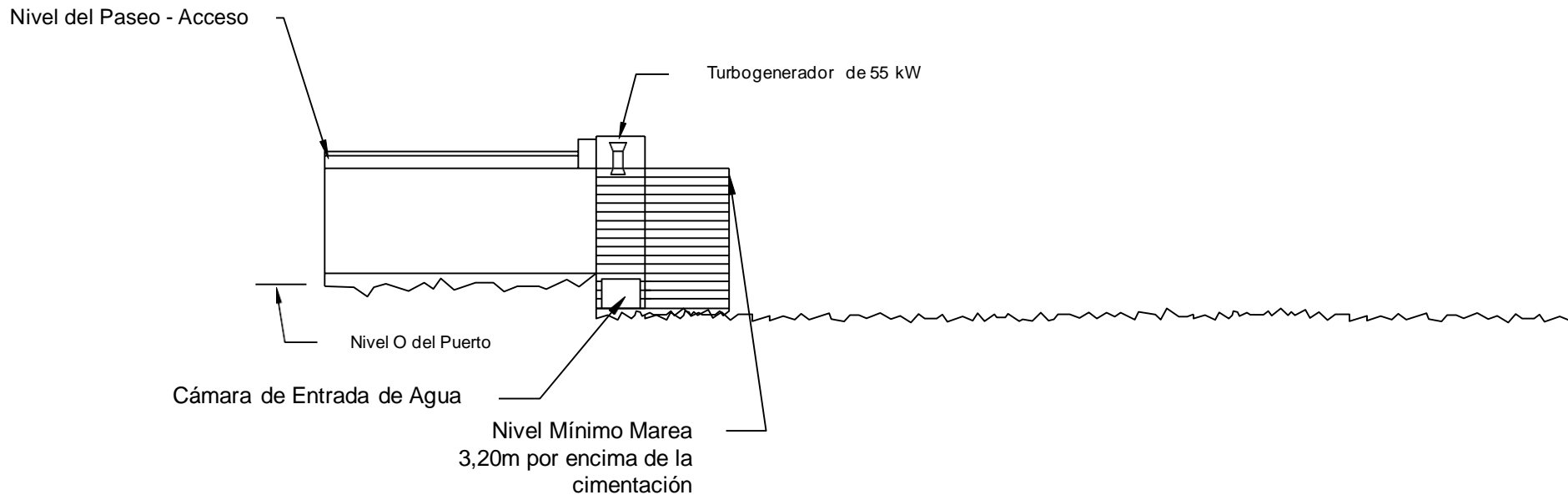
LAMBAYEQUE

LAMBAYEQUE




# MINICENTRAL UNDIMOTRIZ ZONA COSTERA DE SAN JOSÉ

## DIQUE - CONTINUACIÓN DE LA ZONA LAS ROCAS DE LA PLAYA DE SAN JOSÉ

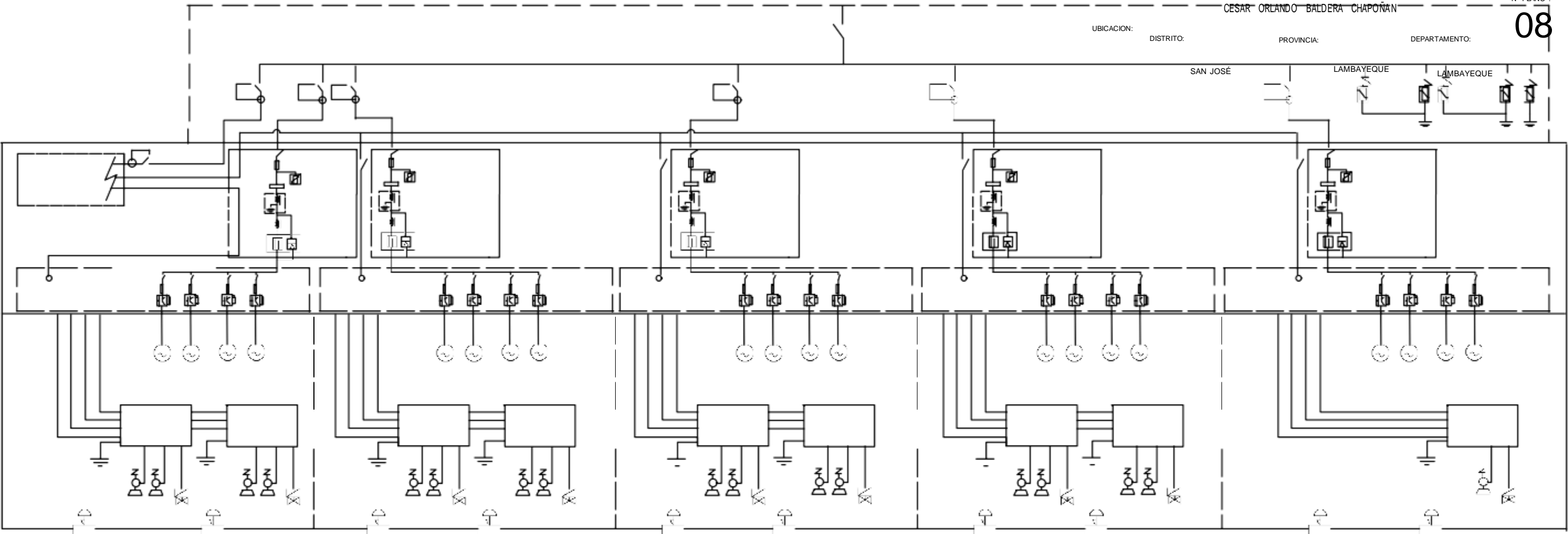


UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO				
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA				
TESIS:	SUMINISTRO CON ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIANTE LA GENERACIÓN UNDIMOTRIZ AL DESEMBARCADERO ARTESANAL SAN JOSÉ, 2017			ESCALA: 1/100
PLANO:	DIQUE Y DISTRIBUCIÓN DEL SISTEMA DE GENERACIÓN UNDIMOTRIZ			FECHA: ENERO - 2021
AUTOR	CESAR ORLANDO BALDERA CHAPOÑAN			Nº PLANO : 07
UBICACION	DISTRITO: SAN JOSÉ	PROVINCIA: CHICLAYO	DEPARTAMENTO: LAMBAYEQUE	

# PLANO UNIFILIAR

## SALA DE TRANSFORMACIÓN Y DISTRIBUCIÓN








**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA**  
**DECANATO**



**ACTA DE SUSTENTACION VIRTUAL N°014-2023-FIME**



En la ciudad de Lambayeque, siendo las 10:00 a.m. del día martes 04 de abril de 2023. Se reunieron vía plataforma virtual <http://meet.google.com/mhg-wzfu-ssg>, los miembros del jurado, designados mediante Resolución N°077-2023-D-VIRTUAL-FIME, de fecha 03 de abril de 2023, con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la Trabajo de Suficiencia Profesional, conformado por los siguientes catedráticos:

**M.Sc. Ing. JUAN ANTONIO TUMIALAN HINOSTROZA**  
**M.Sc. Ing. OSCAR MÉNDEZ CRUZ**  
**ING. TEOBALDO EDGAR JULCA OROZCO**  
**M.Sc. Ing. JONY VILLALOBOS CABRERA**

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

Se recibió el Trabajo de Suficiencia Profesional titulada:


**“SUMINISTRO DE ENERGÍA MEDIANTE LA GENERACIÓN UNDIMOTRIZ AL DESEMBARCADERO ARTESANAL SAN JOSÉ 2017”**

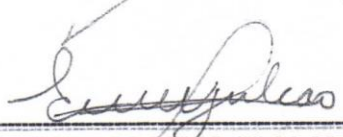
Presentada y sustentada por su autor, Bachiller: **BALDERA CHAPOÑAN CESAR ORLANDO.**

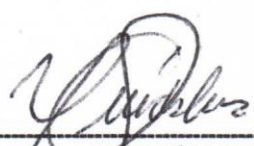
Finalizada la sustentación virtual el Trabajo de Suficiencia Profesional, el sustentante respondió las preguntas y observaciones de los miembros del jurado examinador, quienes procedieron a deliberar y acordaron otorgar el calificativo de **APROBADO**, Nota (17) en la escala vigesimal, mención **BUENO**.

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 11:00 a.m. del mismo día se da por concluido el acto académico, firmando la presente acta el jurado respectivo:

  
M.Sc. Ing. JUAN ANTONIO TUMIALAN HINOSTROZA  
PRESIDENTE

  
ING. TEOBALDO EDGAR JULCA OROZCO  
MIEMBRO

  
M.Sc. Ing. OSCAR MÉNDEZ CRUZ  
SECRETARIO

  
M.Sc. Ing. JONY VILLALOBOS CABRERA  
ASESOR

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

ANEXO 01

**CONSTANCIA DE VERIFICACIÓN DE ORIGINALIDAD**

Yo, Ing. Jony Villalobos Cabrera; usuario revisor del documento titulado: **“SUMINISTRO DE ENERGÍA MEDIANTE LA GENERACIÓN UNDIMOTRIZ AL DESEMBARCADERO ARTESANAL SAN JOSÉ 2017.”**

Cuyo autor es, **CÉSAR ORLANDO BALDERA CHAPOÑAN**, identificado con documento de identidad **N°46010785**, declaro que la evaluación realizada por el Programa informático, ha arrojado un porcentaje de similitud de **18%**, verificable en el Resumen de Reporte automatizado de similitudes que se acompaña.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas dentro del porcentaje de similitud permitido no constituyen plagio y que el documento cumple con la integridad científica y con las normas para el uso de citas y referencias establecidas en los protocolos respectivos.

Se cumple con adjuntar el Recibo Digital a efectos de la trazabilidad respectiva del proceso.

Lambayeque 26 de Junio del 2023



.....  
**JONY VILLALOBOS CABRERA**  
**DNI: 16699530**  
**ASESOR**

Se adjunta:

\*Resumen del Reporte automático de similitudes

\*Recibo Digital

# SUMINISTRO CON ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIANTE LA GENERACIÓN UNDIMOTRIZ AL DESEMBARCADERO ARTESANAL SAN JOSÉ, 2017

## INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1

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

Fuente de Internet

8%

2

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

Fuente de Internet

2%

3

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

Fuente de Internet

1%

4

[repositorio.usm.cl](http://repositorio.usm.cl)

Fuente de Internet

1%

5

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

Fuente de Internet

1%

6

[www.revista.unam.mx](http://www.revista.unam.mx)

Fuente de Internet

1%

7

Submitted to Universidad Nacional de Colombia

Trabajo del estudiante

1%

8

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

Fuente de Internet

Ms.c Jony Villalobos Cabrera  
ASESOR

< 1%




## 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: Cesar Orlando Baldera Chapoñan  
Título del ejercicio: Tesis de Pregrado  
Título de la entrega: SUMINISTRO CON ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIANTE LA GENER...  
Nombre del archivo: TESIS\_FINAL\_-\_CESAR\_BALDERA.docx  
Tamaño del archivo: 15.83M  
Total páginas: 90  
Total de palabras: 11,669  
Total de caracteres: 61,786  
Fecha de entrega: 16-mar.-2023 01:23p. m. (UTC-0500)  
Identificador de la entrega: 2038726101



UNIVERSIDAD NACIONAL  
"PEDRO RUIZ GALLO"  
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica



XVII PROGRAMA DE TITULACIÓN PROFESIONAL EXTRAORDINARIA  
**EXAMEN DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**  
Para Optar el Título Profesional de  
**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

---

**"SUMINISTRO CON ENERGÍA ELÉCTRICA  
MEDIANTE LA GENERACIÓN UNDIMOTRIZ  
AL DESEMBARCADERO ARTESANAL SAN  
JOSÉ, 2017"**

---

Presentado Por:

Br. CESAR ORLANDO BALDERA CHAPOÑAN

Lambayeque – Perú  
2021

  
Ms.c Jony Villalobos Cabrera  
ASESOR