



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



**II PROGRAMA DE ELABORACIÓN DE TESIS**

## **TESIS**

**Para Optar el Título Profesional de  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN  
UNDIMOTRIZ PARA SUMINISTRAR LA  
DEMANDA DE ELECTRICIDAD DEL  
ASTILLERO MARYPOL E.I.R.L. EN PUERTO  
SALAVERRY, 2018”**

**Autor:**

**Br. ALEXANDER SEBASTIAN JARAMILLO  
ORDIALES**

**Asesor:**

**M.Sc. Ing. CIP. JONY VILLALOBOS CABRERA**

**Lambayeque – Perú**

**2019**



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



**II PROGRAMA DE ELABORACIÓN DE TESIS**

## **TESIS**

**Para optar el Título Profesional de  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN  
UNDIMOTRIZ PARA SUMINISTRAR LA  
DEMANDA DE ELECTRICIDAD DEL  
ASTILLERO MARYPOL E.I.R.L. EN PUERTO  
SALAVERRY, 2018”**

**Presentado Por:**

**Br. ALEXANDER SEBASTIAN JARAMILLO  
ORDIALES**

**Aprobado por el Jurado Examinador**

**PRESIDENTE: Dr. Aníbal Jesús Salazar Mendoza**

**SECRETARIO: M.Sc. Fredy Dávila Hurtado**

**MIEMBRO: Ing. Percy Niño Vásquez**

**ASESOR: Ing. MSc. Jony Villalobos Cabrera**

**Lambayeque – Perú**

**2019**



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



## **TESIS**

### **TÍTULO**

# **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN UNDIMOTRIZ PARA SUMINISTRAR LA DEMANDA DE ELECTRICIDAD DEL ASTILLERO MARYPOL E.I.R.L. EN PUERTO SALAVERRY, 2018”**

### **CONTENIDOS**

**CAPÍTULO I:** PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.

**CAPÍTULO II:** MARCO TEÓRICO.

**CAPÍTULO III:** MARCO METODOLÓGICO.

**CAPÍTULO IV:** ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.

**CAPÍTULO V:** CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

**CAPÍTULO VI:** REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

**CAPÍTULO VII:** ANEXOS.

**AUTOR:** Br. ALEXANDER SEBASTIAN JARAMILLO ORDIALES

\_\_\_\_\_  
PRESIDENTE

\_\_\_\_\_  
SECRETARIO

-----  
VOCAL

-----  
ASESOR

**Lambayeque – Perú**  
**2019**

## **DEDICATORIA**

La presente tesis la dedico con mucho cariño a mis padres Yovana Ordiales Vera y Milton Jaramillo Cáceda, los primeros mentores de mi vida. Por el gran apoyo y cariño brindado durante toda mi formación. Hemos realizado muchos sacrificios como familia para lograr el objetivo, que su único hijo sea un profesional de bien, este gran paso va para ustedes padres.

Todos sus consejos y enseñanzas las llevo grabadas en mi mente, serán aplicadas en mi día a día como persona y profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

### **Deseo expresar mi más sincero agradecimiento:**

Primero a Dios todopoderoso, por su amor y bondad, por darme salud y herramientas necesarias para poder elaborar esta tesis.

A mis padres por el amor y el inmenso apoyo brindado, por la paciencia frente a todas las complicaciones de la vida, por guiarme y corregirme cuando fue necesario.

A mi novia Raquel Reupo quien es mi gran complemento y un factor importante para dar este gran paso, le agradezco por preocuparse por mí en cada momento y siempre querer lo mejor para mi porvenir.

Agradezco a mi familia, abuelos y tíos por apoyarme en cada decisión y proyecto.

## RESUMEN

Generación, involucra un sistema o conjunto de sistemas que comprenden la producción de energía a partir de cualquier fuente motriz, ya sea renovable o no renovable. Cuando juntamos al término generación, con la palabra Undimotriz, nos referimos al sistema electromecánico que utiliza la fuerza y movimiento de las olas del mar para producir energía; esto es, que después de un proceso o conjunto de sistemas coordinados se obtiene como resultado una determinada cantidad de energía, la cual servirá para cubrir o satisfacer parcialmente la demanda energética de cierto sector.

En este proyecto de tesis, se ha elegido como sector de estudio, el proyecto de suministrar la demanda de electricidad del astillero MARYPOL E.I.R.L. en el Puerto Salaverry, para lo cual se ha calculado la máxima demanda que necesita y que será proporcionado por nuestro sistema de generación undimotriz propuesto, el cual usará el potencial energético undimotriz proveniente del litoral de Salaverry y lo transformará mediante un sistema de generación electromecánico en energía eléctrica aprovechable.

Como resultado final de esta investigación, se presentarán cuadros de análisis multivalentes de datos hidrofísicos obtenidos de la Marina de Guerra e IMARPE, así mismo, se detallarán algunos planos de diseño del sistema de generación undimotriz, y se propondrá una posible geolocalización del sistema de generación undimotriz.

**PALABRAS CLAVES:** energía undimotriz, máxima demanda, energía eléctrica.

## **ABSTRACT**

The term Generation, involves a system or set of systems that include the production of energy from any motor source, whether renewable or non-renewable. When we join the term Generation, the word Undimotor, we refer to the electromechanical system that uses the force and movement of the waves of the sea to produce energy; that is, that after a process or set of coordinated systems, a certain amount of energy is obtained as a result, which will serve to cover or partially satisfy the energy demand of a certain sector.

In this thesis project, the project to supply the electricity demand of the MARYPOL E.I.R.L Shipyard has been chosen as the study sector. in Puerto Salaverry, for which the Maximum Demand that it needs has been calculated and will be provided by our proposed Undimotor Generation system, which will use the Undimotor energy potential from the Salaverry coast and transform it through an electromechanical energy generation system usable.

As a final result of this research, tables of multivalent analysis of hydrophysical data obtained from the Navy and IMARPE will be presented, as well as some design plans of the Undimotor generation system will be detailed, and a possible geolocation of the generation system will be proposed. Undimotor.

**KEYWORDS:** Undimotor Energy, Maximum Demand, Electric Power.

## ÍNDICE

ÍNDICE .....	8
INTRODUCCIÓN .....	10
CAPÍTULO I .....	11
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	11
1.1. Realidad problemática .....	11
1.2. Formulación del problema .....	11
1.3. Delimitación de la investigación.....	12
1.4. Justificación e importancia de la investigación.....	12
1.5. Limitaciones de la investigación .....	13
1.6. Objetivos de la investigación .....	14
CAPÍTULO II .....	15
MARCO TEÓRICO.....	15
2.1. Antecedentes del estudio .....	15
2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema investigado.....	18
2.3. Definiciones Conceptuales .....	20
CAPITULO III .....	44
MARCO METODOLÓGICO .....	44
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	44
3.2 Población y muestra .....	44
3.3 Formulación de la hipótesis .....	44
3.4 Variables-Operacionalización .....	44
3.5 Métodos y técnicas de investigación .....	46
3.6 Descripción de los instrumentos utilizados .....	46
3.7 Análisis estadístico e interpretación de datos.....	47
CAPITULO IV .....	48
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS .....	48
4.1 Cálculo de la Máxima Demanda de energía eléctrica del Astillero MARYPOL E.I.R.L. ....	48
4.2. Determinación del recurso energético undimotriz del litoral donde se ubicará la generación eléctrica undimotriz.....	49



4.3. Características físicas, técnicas y funcionales de los diversos componentes del sistema de generación eléctrica undimotriz .....	64
4.4. Evaluación económica del proyecto .....	79
CAPÍTULO V .....	84
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	85
5.1. Conclusiones .....	85
5.2. Recomendaciones .....	86
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	87
ANEXOS .....	90

## INTRODUCCIÓN

El astillero MARYPOL E.I.R.L, ubicado en la parte norte del puerto de Salaverry, distrito de Salaverry, provincia de Trujillo, departamento de La Libertad, se dedica a la construcción y reparación de embarcaciones para la pesca artesanal.

Actualmente, por su ubicación la empresa no cuenta con energía eléctrica de las redes convencionales por estar lejos, aproximadamente 20 km, de ahí que actualmente utiliza un grupo electrógeno para satisfacer sus necesidades eléctricas y poder accionar la maquinaria existente, de esta manera se emite al medio ambiente gases de efecto invernadero y se genera energía eléctrica con costos variables elevados (costo variable combustible diésel).

Para poder solucionar dicho problema, se plantea utilizar la energía undimotriz del litoral de Salaverry, de esta manera poder generar electricidad que permita cubrir la máxima demanda que originan el accionamiento de la maquinaria utilizada para la construcción y reparación de las embarcaciones.

Finalmente, como parte del presente proyecto se ha elaborado el presupuesto y la evaluación económica que involucraría la construcción y operación del sistema de generación undimotriz.

# **CAPÍTULO I**

## **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1. Realidad problemática**

El astillero MARYPOL E.I.R.L, ubicado en la parte norte del puerto de Salaverry, distrito de Salaverry, provincia de Trujillo, departamento de La Libertad, se dedica a la construcción y reparación de embarcaciones para la pesca artesanal.

Actualmente, por su ubicación la empresa no cuenta con energía eléctrica de las redes convencionales por estar lejos aproximadamente 20 km, utilizando para ello un generador accionado por un motor de combustión, que permite suministrar con energía eléctrica a los diferentes equipos eléctricos que funcionan para las diferentes actividades de la empresa. Así mismo, la empresa tiene planeado una ampliación de maquinaria por lo que el generador actual no logrará abastecer la demanda futura, por otro lado, el motor de combustión emite gases de efecto invernadero lo que es un problema severo en la actualidad para nuestros ecosistemas.

### **1.2. Formulación del problema**

¿Cómo suministrar la demanda de energía eléctrica del astillero MARYPOL E.I.R.L. en el puerto Salaverry, utilizando energías alternativas?

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

El presente proyecto de investigación está orientado a suministrar con energía eléctrica al astillero MARYPOL E.I.R.L. en el puerto Salaverry, utilizando energías alternativas.

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

#### **1.4.1. Justificación técnica**

Cubrir la demanda energética de un astillero es de suma importancia, pues, esta área mercantil contiene un sin número de maquinarias que necesitan el consumo de energía eléctrica, lo que hace que la energía proveniente de la red sea de cantidades considerables; es por ello, que se buscan nuevas fuentes alternativas de energía, con el fin de cubrir parcialmente parte de la demanda de energía, tal es el caso de la energía undimotriz proveniente de las olas del mar. Hoy en día, existen innumerables tecnologías que viabilizan la opción de aprovechar el recurso energético undimotriz, diversos países como Portugal, Brasil, China, han instalado centrales mareomotrices y hasta la actualidad funcionan a su perfección, el Perú es la excepción, pues no presta importancia en mejorar estudios de viabilidad de este tipo de recurso energético.

#### **1.4.2. Justificación económica**

Las energías alternativas o no convencionales traen consigo a largo plazo un balance económico positivo, pues estas compensan la inversión realizada al inicio del proyecto con un mantenimiento predictivo de sus instalaciones con costos sumamente bajos. Así mismo, esta fuente de energía es inagotable y

generará flujo eléctrico constante el cual es utilizado para cubrir parte de la demanda energética de un terminal portuario. (Cabe resaltar que el sistema puede ser conectado a la red o aislado).

#### **1.4.3. Justificación ambiental**

La implementación de la tecnología energética undimotriz trae consigo un impacto positivo, pues no genera gases de efecto invernadero, no destruye la biota como algunos estudiosos afirman, al contrario, antes de realizar este tipo de proyectos se debe de hacer un estudio de impacto ambiental, de tal manera que la ingeniería armonice con la naturaleza y no provoque alteraciones en los ecosistemas marinos.

#### **1.4.4. Justificación social**

La implementación de tecnología energética undimotriz trae como impacto social, el intercambio de conocimiento científico y tecnológico, en las diversas áreas de desempeño, tales como ingeniería, ciencias básicas, comercio, entre otras.

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

Una limitación es la ubicación del astillero, así como la escasa investigación que se da a este tipo de tecnologías.

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

### **1.6.1. Objetivo general**

Diseñar un sistema de generación undimotriz para suministrar la demanda de energía eléctrica que requiere el astillero MARYPOL E.I.R.L. en el puerto Salaverry.

### **1.6.2. Objetivos específicos**

- Determinar la demanda del suministro de energía eléctrica que requiere el astillero MARYPOL E.I.R.L. ubicado en el puerto Salaverry.
- Cuantificar el recurso energético undimotriz del litoral de Salaverry
- Determinar características físicas, técnicas y funcionales de los diversos componentes del sistema de generación eléctrica undimotriz.
- Realizar la evaluación económica del proyecto mediante el TIR y el VAN.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes del estudio**

##### **A nivel internacional**

Bert (2014), en su investigación denominada “Potencial Energético de las Mareas para Generar Electricidad”, México, publicada en la Revista Digital Universitaria de Ingeniería de la UNAM, cuyo objetivo general es evaluar el potencial energético de las costas de México para la generación de energía. Con fines de investigación, el autor concluye en que la energía de las mareas se ha utilizado con éxito en varios lugares del mundo. Su costo e impacto ambiental ha hecho que no se haya propagado esta tecnología con mayor difusión. Sin embargo, en países como Corea, se está en la etapa final de construcción de la central de mareas más grande del mundo en la actualidad, esto será en Sihwa con 260 MW de energía. Además, al realizar una evaluación teórica del potencial energético que se podría generar en la parte alta del Golfo de California dio como resultado más de 20 000 MW. En términos unitarios resultan ser 15 MW/km<sup>2</sup> o en energía, 8,4 GWh/año. Así mismo, se concluyó que la inversión principal en un proyecto de este tipo, está en las turbinas, ya que estas al estar limitadas en diámetro (por la amplitud de la marea) y en carga hidráulica (por la profundidad) no exceden de 3 MW cada una.

Morales (2016), en su investigación denominada “Análisis de un Dispositivo Oscilante como Medio de Captación de Energía Undimotriz”, Chile, cuyo objetivo general es la obtención y análisis de la potencia generada por un conversor undimotriz oscilante

bajo la acción incidente de olas de la costa chilena, mediante la simulación hidrodinámica de tres prototipos distintos. El autor con fines de investigación concluye que, de los distintos análisis de potencia de los diversos prototipos realizados, se valida la geometría tipo Oyster por sobre las otras dos geometrías propuestas, así mismo, se observaron dos ubicaciones, Puerto Corral y Puerto Montt, como zonas de alto potencial de obtención de energía undimotriz a través de la explotación del recurso en aguas intermedias. Los factores de captura obtenidos por la geometría “Placa Oyster” fueron de 55% - 60%, en los sitios escogidos, con una potencia eléctrica generada que alcanza los 700 Kw, lo que constituye un excelente resultado en comparación a otros dispositivos propuestos.

Cavia (2013), en su investigación denominada “Explotación del potencial de energía del oleaje en función del rango de trabajo de los prototipos captadores”, España, cuyo objetivo general es clasificar y describir el funcionamiento de los dispositivos de obtención de energía, así como evaluar las limitaciones en cuanto a variabilidad del oleaje y la eficiencia energética, cuantificación de la energía en la costa española y finalmente la evaluación económica y costes del uso de dispositivos de aprovechamiento energético de las olas del mar en el litoral español. La autora con fines de investigación concluye describiendo el funcionamiento de las tecnologías presentes en el mercado como son: Archimides wave swing (AWS), Powerbuoy, Aquaboy, Pelamis wave Power, Wave Dragón; así como el análisis y determinación de la limitación en cuanto a la variabilidad del oleaje que resultó siendo 7.6 kW/m en la costa norte, mientras que en el centro resultó de 30 kW/m, la zona sur fue de 16 kW/m, las alturas con una equivalencia de 1m, con periodos de 4 a 5 segundos. En lo que



respecta al factor de inversión económico se concluye que la excesiva inversión económica requerida implicaría vender la energía producida a una tarifa muy elevada respecto al precio de la electricidad para el consumo doméstico actual. Sin embargo, partiendo de una economía de escala dichos valores de coste se reducirían en proporción si tratásemos con parques de olas de mayor envergadura.

## **A Nivel Nacional**

Ministerio de Energía y Minas (2013), en su resumen ejecutivo presentado el 28 de noviembre del 2014, denominado “Plan Energético Nacional 2014-2025”, Lima, cuyo objetivo general es dar a conocer el plan en los próximos 10 años sobre las políticas y el aprovechamiento de los recursos energéticos de nuestra nación. Este plan concluye en la puesta en marcha de grandes proyectos energéticos teniendo en cuenta la aplicación de las medidas del uso eficiente de la energía, el consumo creciente de la energía deberá ser abastecido por recursos energéticos convencionales y no convencionales, tal es el caso de que las energías convencionales involucren al del tipo solar, eólica, geotérmica, y en menor escala, proyectos de inversión en recurso energético undimotriz.

Gamio (2015), en la revista denominada “Perú Potencial Energético: Propuestas y Desafíos”, cuyo objetivo es describir y analizar las políticas energéticas a ser consideradas en el Plan Energético Nacional 2014-2025. Como conclusión el autor expone que se tendrá en cuenta el factor de disminución del uso de recursos convencionales, así como el uso del 27% de recursos energéticos alternativos como las fuentes naturales de producción de energía, esto según recomendación de la Unión

Europea en Energía. Haciendo un análisis de la situación energética no convencional, es muy cierto que la energía Undimotriz no es tan conocida como lo son las demás (eólica, solar, etc.), esto se debe a la poca importancia que se le da a las investigaciones en este campo; es por ello que esta tesis pretende marcar un punto de inicio de futuras investigaciones en el Perú que evalúen la producción de energía haciendo uso del recurso undimotriz, pues este constituye un gran potencial energético.

MINAM (Ministerio del ambiente) manifiesta la importancia que se le debe dar a las investigaciones referentes del aprovechamiento del recurso energético marino, además manifiesta las tres formas de poder hacerlo, ya sea por la energía undimotriz, mareomotriz o gradiente térmico, así mismo, pone en conocimiento que esta tecnología es relativamente costosa si es que no se cuenta con estudios de viabilidad que determinen el coste beneficio a largo plazo, en otras palabras si se realizan buenos estudios puede llegar a concretizarse proyectos en los cuales se aproveche la energía proveniente de las olas del mar y pueda ser aprovechada para suplir la demanda energética debido al constante crecimiento poblacional en la que se encuentra nuestro país en la actualidad. (MINAM, 2015).

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

### **2.2.1 Definición de términos**

#### **Alternador:**

Es una maquina eléctrica, capaz de transformar energía mecánica en energía eléctrica, generando una corriente alterna mediante inducción electromagnética.

**Bidireccional:**

Que es capaz de reaccionar o funcionar en dos direcciones usualmente opuestas.

**Movimiento Ondulatorio:**

Movimiento que se propaga en un fluido o en un medio elástico sin que sus partículas se desplacen en la dirección de la propagación.

**Undimotriz:**

Es la energía que permite la obtención de electricidad a partir de energía mecánica generada por el movimiento de las olas. generada por el movimiento de las olas

**Wave Dragón:**

“Dragón de las olas”, es un conversor energético flotante, que funciona anclado al fondo del mar convirtiendo la energía potencial del agua que alcanza su balsa central en energía eléctrica.

**Sistema Pelamis:**

El sistema Pelamis o serpiente acuática, consiste en una serie de secciones cilíndricas parcialmente sumergidas, unidas por juntas bisagras. La ola induce un movimiento relativo entre dichas secciones, activando un sistema hidráulico interior que bombea aceite a alta presión a través de un sistema de motores hidráulicos, equilibrándose con el contenido unos acumuladores. Los motores hidráulicos están acoplados a un generador eléctrico para producir electricidad.

## **2.3. Definiciones Conceptuales**

### **2.3.1 Energía renovable**

Encontramos diversos tipos de fuentes de energías renovables como son:

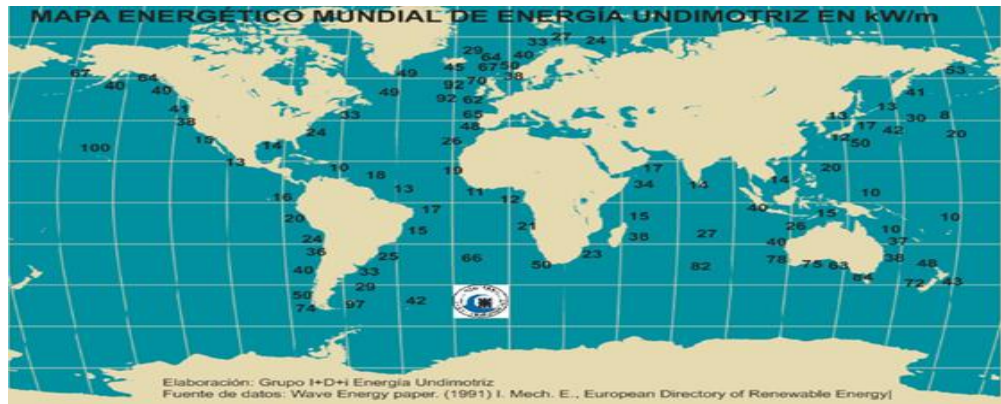
- Energía solar: obtenida a partir del aprovechamiento de la radiación electromagnética procedente del sol.
- Energía eólica: utiliza la fuerza del viento para generar electricidad. El principal medio para obtenerla son los aerogeneradores, “molinos de viento” de tamaño variable que transforman con sus aspas la energía cinética del viento en energía mecánica.
- Biomasa: es la que se obtiene de los compuestos orgánicos mediante procesos naturales.
- Energía mareomotriz: es aprovechar el desplazamiento horizontal de las olas del mar.
- Energía Undimotriz: permite la obtención de electricidad a partir de energía mecánica generada por el movimiento de las olas

### **2.3.2 Recurso energético**

#### **Energía undimotriz.**

La palabra “Undimotriz” tiene sus raíces en el término onda, el cual se usa tanto en ondas marinas en la zonificación relativamente cerca (Middle), así como la relativamente lejanas (Off shore). Esto se origina por efecto de las ráfagas de viento, pues más masas de aire convergen y generan desplazamientos de masas de aguas de la superficie del mar generando la dinámica de las olas. (Fernández, 2012, p. 7-8).

Figura N° 01



Fuente: Aprovechamiento de la Energía Undimotriz, Mario Pelissero, pág. 15

Mapa Energético Mundial Undimotriz en kW/m.

Esta forma de energía también puede definirse como la energía acumulada por los efectos de la energía solar y eólica, pues el sol causa efectos de temperatura y diferencia de presiones en la superficie marina, lo cual origina perturbaciones de los vientos originando los desplazamientos de aguas superficiales a la cual le llamamos olas marinas; estas olas viajan kilómetros de distancia a diferentes alturas, llegando a las costas con una altura promedio de 2m trayendo consigo una gran cantidad de energía potencial. (Petroni, 2005, p. 110)

Figura N° 02

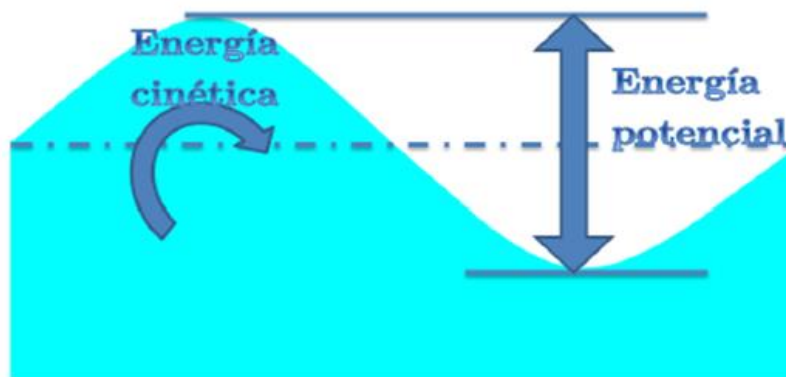


Fuente: Álvaro Valencia Musalem, pág. 12

Formación de Olas por efecto de la temperatura y el Viento

Debido a que una ola tiene desplazamiento longitudinal y transversal posee energía cinética debido a la celeridad a que se desplaza, y energía potencial debido a la altura de la cresta que se origina por el desplazamiento de masas de agua, todo esto suma en total una energía mecánica o energía total que se expresa en unidades de vatio por metro ( $\text{w/m}$ ) que no es más que la potencia de la ola por metro de frente a la ola. (Petroni, 2005, p. 110)

Figura N° 03



Fuente: Álvaro Valencia Musalem, pág. 12

Energía potencial de una ola.

“Debido al desplazamiento de masas de 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; por lo contrario, 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.”. (Petroni, 2005, a la costa va p.110)

“Una de las ventajas de la energía undimotriz más importante de esta forma de energía alternativa, es que posee características similares a la producción de energía por medio de centrales hidroeléctricas comunes, es autorrenovable, no contaminante, no ruidosa, no tiene estacionalidad limitante”. (Creus, 2009, p.300).

Una de las limitantes es que poseen una inversión inicial relativamente alta con un tiempo de ejecución en obras de varios años, aunque en los últimos años la tecnología ha permitido facilitar el ensamble de estas centrales. El periodo de vida útil de la instrumentación usada en equipos de aprovechamiento energético es de aproximadamente 4 años para su instalación y en su estructura es de unos 120 años. Otra desventaja que se le atribuye es que puede causar un impacto a la biota marina del entorno, así como un impacto visual en el paisaje. (Creus, 2009, p.300).

### Parámetros físicos de una ola

Definimos los parámetros o variables físicas que definen a una ola:

$\lambda$  Longitud de onda

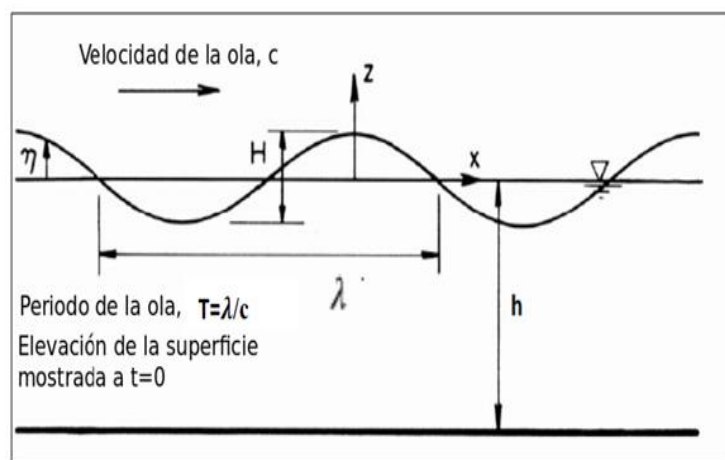
T Periodo

H Altura

A amplitud

h Profundidad

Figura N° 4

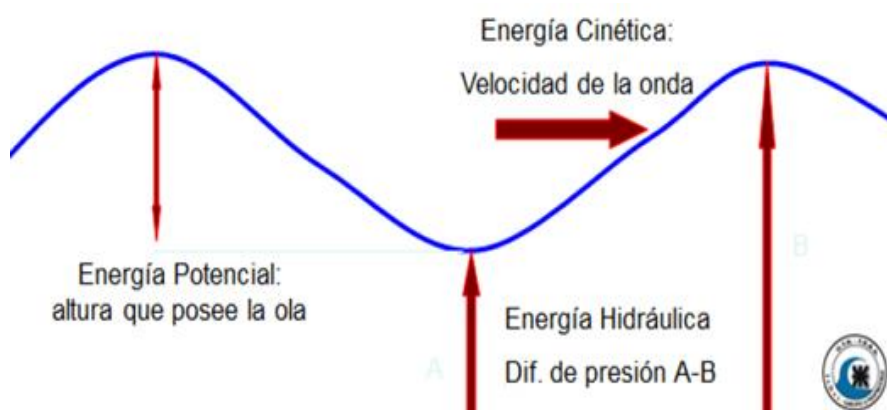


Fuente: Álvaro Valencia Musalem, pág. 14  
Parámetros físicos de una Ola

“Como las olas originadas son en magnitud variable, para poder estudiarlas, analizarlas 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; en primavera-verano, la cota varía entre 0.8 y 2.2 metros, para los oleajes durante tormentas se observan alturas que fluctúan entre 4 y 5 metros”.

Figura N° 5



Parámetros energéticos de una Ola

Fuente: Cámara Argentina de Energía Renovables,  
pág. N° 04



## Dinámica de las olas del mar

Para poder estimar el recurso energético undimotriz es necesario partir de las ecuaciones de la mecánica de los fluidos, pues, estas ecuaciones rigen el movimiento de las aguas, estas a su vez son originadas por los efectos de los vientos y la radiación solar que genera diferencia de presiones sobre la superficie del agua. (Apel, 1999, p. 192).

Podemos citar para empezar las ecuaciones de continuidad y de Navier-Stokes.

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

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

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

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

$t$ , es el tiempo expresado en s

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

$\nu$ , es el coeficiente de viscosidad cinética en Pa.s

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

(Royero, 2015, p. 54)

La superficie libre es la interfaz entre el agua y el aire, de ahora en adelante su posición será definida por  $z = \eta(x, y, t)$ , Otros parámetros importantes son la altura de la ola  $H$  en metros, la longitud de onda  $\lambda$  en metros, la profundidad del mar  $h$  en metros y el periodo de la ola  $T$  en segundos. Cabe señalar que se define el eje x en el sentido de

avance de la ola y el eje z como el vector que apunta hacia arriba perpendicular al eje x. (Royero, 2015, p. 56)

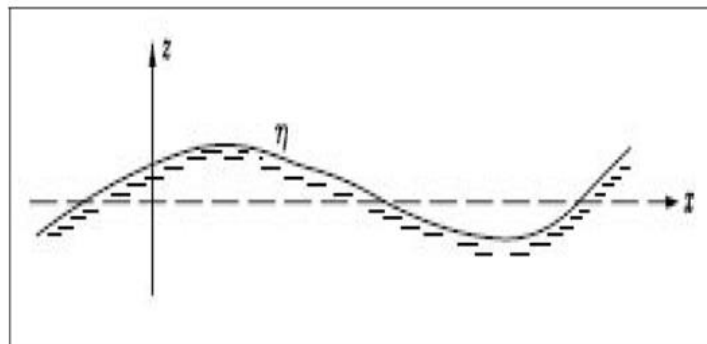
Ahora, si se considera sólo la fuerza gravitacional  $f = \rho g$ , y presión atmosférica  $p_{total} = p_{atm}$  como presión sobre la superficie del fluido, partiendo de las ecuaciones anteriores, se puede demostrar que sobre una superficie libre  $z = \eta(x, y, t)$ , definida como la interfaz entre el agua y el aire se satisface la ecuación:

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

Donde  $\phi$  es la velocidad potencial relacionada con la velocidad del fluido a través de la expresión:

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

Figura N° 6



Fuente: Hidrodinámica Marina, Falnes, pág. 1

Elevación de una Ola.

### Potencial energético de las olas del mar.

Las olas marinas poseen cinética propia por efectos del viento, así mismo, cada vez que se generan trenes de olas, se forman crestas de masas de agua con la cual

aparecen cotas en dichas olas. En primer lugar, se considerará el potencial energético que se relaciona con la cota de la onda plana. (Holthuijsen, 2007, p.131)

La siguiente ecuación resume la energía potencial por unidad horizontal de área y está en función de la altura del centro de masa del agua sobre el suelo marino  $(h + \eta)/2$ :

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

Teniendo en cuenta que el incremento del potencial al agua en calma será:

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

Así mismo, la energía potencial promedio por unidad de área para una onda plana, armónica y progresiva se muestra en la siguiente expresión:

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

A: amplitud de la ola en metros

Las componentes de velocidad horizontal y vertical de las moléculas de agua pertenecientes a la ola están dadas por las ecuaciones de velocidad anteriormente mostradas. A partir de estas ecuaciones es posible calcular la energía cinética de las partículas de agua en la ola. Además, si se integra desde  $z = -\infty$  a  $z = 0$ . (Holthuijsen, 2007, p.131)

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

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

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

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

Donde  $v_x$  y  $v_z$  son las velocidades promedio de las partículas de agua expresadas en m/s.

Sumando ambas energías calculadas, se obtiene la siguiente expresión:

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

Podemos relacionar la longitud de la ola con el periodo de fluctuación de la siguiente manera:

$$L = \frac{g T^2}{2\pi}$$

(Holthuijsen, 2007, p.132)

“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)

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

Para una ola irregular, donde su altura  $H$  es de 2 metros, y su periodo  $T$  es de 10 segundos, la expresión de la potencia se reduce a:

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

“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 )

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

Integramos “I” desde  $z = -h$  hasta  $z = 0$  para obtener la potencia transportada en la ola por ancho de frente de onda:

$$J = \int_{-h}^0 \frac{k\rho g^2}{2w} * |A|^2 * e^{2kz} dz = \frac{k\rho g^2}{2w} * |A|^2 * (1 - e^{-2kh})$$

Para aguas profundas el producto de “k.h” es  $\gg 1$ , entonces la expresión se reduce a:

$$J = \frac{k\rho g^2}{2w} * |A|^2 \text{ kW/m}$$

Cabe resaltar, que H representa la altura o cota de la ola, ésta representa el doble de la amplitud con una frecuencia temporal “w”, la cual viene en función al periodo, la potencia se puede expresar de la siguiente manera:

$$P = \frac{\rho g^2}{64\pi} * TH^2 \frac{kW}{m}$$

(Holthuijsen, 2007, p.135 )

“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  $v_E$ ”.

$$J = v_E * E$$

Calculando el coeficiente entre J y E, se tiene que:

$$v_E = \frac{J}{E} = \frac{g}{2w} = v_g$$

“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).

### **2.3.3. Aspectos genéricos sobre la tecnología del aprovechamiento de las corrientes marinas.**

Conocido y cuantificado el potencial energético del mar, es necesario generar y canalizar dicha energía hasta una central eléctrica, para esto se debe de elegir el método, instrumentación y equipos más óptimos para la transformación de la energía.

La energía puede cuantificarse mediante las ecuaciones hidrodinámicas marinas y canalizadas por métodos estadísticos, por ejemplo, para aguas profundas la velocidad de la ola depende de la longitud de onda y la frecuencia de propagación, siendo proporcional al cuadrado de su amplitud. (Miguélez, 2009, p. 69)

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

Como es de suponerse, la ola inicia con una amplitud determinada, y conforme va transitando y acercándose a la costa va perdiendo su cota o su altura, para ello tiene que aprovecharse la disminución de su altura mediante “Convertidores totalizadores”. Para conseguir ello, es necesario disponer o diseñar un mecanismo apropiado en donde se aproveche esta pérdida de energía mediante la transferencia de energía y un almacenador de la misma. (Miguélez, 2009, p. 70)

“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.” (Miguélez, 2009, p. 70).

### 2.3.4 Clasificación de los sistemas de extracción de la energía de las corrientes marinas.

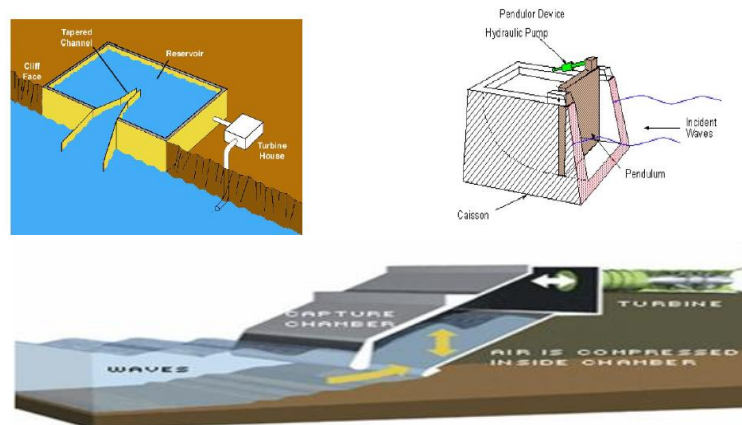
Clasificamos a los dispositivos de acuerdo a la disposición de la energía presente en las olas del mar, así como a las condiciones climatológicas de la zona de ejecución y de acuerdo a la variabilidad del impacto de las olas.

**Según su posición relativa a la costa:**

#### A. Instalaciones en la costa (Shoreline)

“Su accesibilidad es sumamente fácil, lo que facilita su mantenimiento preventivo, sin embargo, necesitan estar fijadas sobre un suelo rocoso de tal manera que mantenga la inercia en su estructura y no permita el arrastre debido a la socavación del terreno en donde se proyecta instalar, así mismo debe de estar diseñada para que soporte tormentas con fuerzas de viento superiores a las condiciones de diseño”. (Miguélez, 2009, p. 70-71)

Figura N° 7



Fuente: Álvaro Valencia Musalem, pág. 65

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.



## **B. Instalaciones cerca del litoral (Nearshore)**

Se instalan particularmente cerca de los 500 m del litoral costero, en zonas donde la profundidad estimada con batimetría es de 25 a 30 m., debido a esta ubicación, están más expuestas a las fuerzas generadas por el oleaje, lo que hace que su diseño sea un poco más complejo. Suelen estar situadas a una distancia de la costa de unos 500 m, Tienen las mismas ventajas que las instalaciones de la costa, pero están expuestas a mayores potenciales de oleaje. El principal inconveniente es que su instalación implica una importante modificación de la costa. (Miguélez, 2009, p. 73-74)

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

“Estos proyectos son los más numerosos en las instalaciones undimotrices, pero existe un inconveniente, como están ubicados en alta mar o mar adentro, presentan problemas de anclaje, y su acceso es un poco difícil por lo que se encuentran inestablemente sobre la superficie del agua, por lo que la supervivencia de la estructura es de menor fiabilidad, y la conducción de la energía es más complicada y riesgosa. Son de este tipo los equipos Pelamis y Wavedragon. (Miguélez, 2009, p. 77).

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

### **A. Totalizadores o terminadores**

Estas son localizadas o situadas en forma transversal al flujo o movimiento de las olas, de tal manera que se absorben al máximo la energía de las olas, este sistema hace que la ola incidente pierda el impacto y transfiere su energía potencial al sistema (García, 2007, p. 72)

## **B. Atenuadores**

Se sitúan en forma paralela al impacto de las olas, estos sistemas están dispuestos en forma progresiva, es por ello que se encuentran expuestas a mínimos daños por lo que necesitan de menores fuerzas de anclaje en comparación a los terminadores, es por ello que atenúan, mas no eliminan la ola que incide en ella. (García, 2007, p. 73).

## **C. Absorbedores puntuales**

Suelen ser de forma cilíndrica, se posicionan indiferentemente a las olas y generalmente van instalados en grupos de forma lineal, estos captan energía de un frente mayor, algo como el efecto antena que es de forma de concentración y convergencia. (García, 2009, p. 73)

Figura N° 8



Fuente: [www.oceanpowertechnologies.com](http://www.oceanpowertechnologies.com)

Prototipo OPT. Dispositivo absorbedor puntual

## **Principio de conversión energética.**

### **A. Conversión primaria**

Es la conversión del movimiento de las olas en el movimiento de un cuerpo o de un flujo de aire, mediante un sistema neumático o mecánico (por ejemplo, se aprovecha

el oleaje para mover flotadores en dirección vertical o en rotación). El objetivo es convertir el movimiento de las olas, en movimiento oscilatorio de  $T=10$  s, en un movimiento rápido unidireccional, con una velocidad típica de 2 m/s.

Dispositivos cuya función es cambiar el movimiento mecánico en energía, mediante un movimiento unidireccional con una velocidad típica de 2 a 2.2 m/s, este mecanismo se observa en flotadores de sentido vertical y en algunos casos de rotación. (Creus, 2009, p. 281).

## **B. Conversión secundaria**

Es la conversión de la energía del fluido de trabajo en energía útil, electricidad generalmente, o alguna otra de las citadas. La transformación energética se realiza a través de una interfaz mecánica que convierte las bajas velocidades de rotación, o movimientos recíprocos, en altas velocidades de rotación (1500 rpm), aptas para ser conectadas a un generador convencional. En la conversión se utilizan turbinas neumáticas e hidráulicas, y dispositivos de transmisión mecánica e inducción magnética.

### **a) Sistemas mecánicos intermedios**

Estos sistemas son variados, aprovechan la energía mínima generada por el oleaje, pero la principal deficiencia que presentan estos sistemas es su mecanismo eléctrico y su diseño. (Fernández, 2012, p. 124)

### **b) Sistemas mecánicos puros**

Los más usuales son los del tipo OWC, los cuales aprovechan la oscilación del agua en el interior de una cámara mediante un flotador el cual activa un compresor de aire

o un mecanismo hidráulico o alternador en algunas ocasiones. (Fernández, 2012, p. 125)

**c) Sistemas con turbinas de aire**

Este sistema usa turbinas bidireccionales, estas turbinas también son llamadas turbinas autorectificadas, siendo de este tipo las Wells cuyo rendimiento supera el 50%. (Fernández, 2012, p. 127)

**d) Sistemas con turbinas de agua**

Es la más experimentada, dispone de dos recintos a desnivel, o un embalse y otro el medio marino, en este caso el tipo de turbina más usual es la empleada en las hidroeléctricas, la cual dependerá de la altura o salto hidráulico a usar, así como del caudal requerido y velocidad de rotación. (Fernández, 2012, p. 131)

**e) Sistemas hidráulicos**

En este sistema el principal fluido es agua o aceite, en el primer caso presenta propiedades térmicas, mientras que el segundo caso presenta propiedades mecánicas mucho mejor en comparación del agua, pero como se sabe el aceite es contaminante en caso de derrame en el medio marino, así como también afectaría al rendimiento del sistema. (Fernández, 2012, p. 137).

**f) Sistema por arrastre directo**

Corresponde al mecanismo que permite que gire el eje del motor directamente, sin necesidad de estar conectado intermedidamente a un engranaje, pero, debido a sus dimensiones no permite que sea anexado al sistema de tecnología energética ya conocida. (Fernández, 2012, p. 140)

## **Sistemas de generación de corriente eléctrica**

La variabilidad elevada de la frecuencia con la que se impone el oleaje, su conversión será mucho más eficiente mientras el rango de las velocidades sea mucho mayor con respecto al trabajo del generador, es por ello que es sumamente importante escoger correctamente el equipo y el mecanismo de rotación, ya sea de movimiento constante o variable. Cada tipo de mecanismo posee su propio modo de funcionamiento que va desde una baja potencia electrónica hasta una compleja electrónica de potencia. (Polinder, 2005, p. 260).

Los distintos equipos usados en estos proyectos de producción de energía son:

### **A. La máquina de inducción**

“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)

### **B. Generador síncrono a velocidad variable**

Permite la generación de energía eléctrica con frecuencia y voltaje constante e independiente de la velocidad a la que sean sometidas, por lo que se aconseja este tipo de generador en situaciones a gran escala y cuando se conectan a la red pública nacional. (Polinder, 2005, p. 262)

#### **a. Generador eléctrico de corriente alterna**

“El generador de corriente alterna es un dispositivo que convierte la energía mecánica en energía eléctrica. El generador más simple consta de una espira rectangular que gira en un campo magnético uniforme.

El movimiento de rotación de las espiras es producido por el movimiento de una turbina accionada por una corriente de agua en una central hidroeléctrica, o por un chorro de vapor en una central térmica. En el primer caso, una parte de la energía potencial del agua embalsada se transforma en energía eléctrica; en el segundo caso, una parte de la energía química se transforma en energía eléctrica al quemar carbón u otro combustible fósil.” (<http://www.sc.ehu.es>)

#### **b. Generador lineal**

“Extrae en forma oscilatoria como vaivén a velocidad reducida, este proceso es similar a la de un flotador del convertidor o en su defecto, similar a un generador rotativo convencional”. (Polinder, 2005, p. 264).

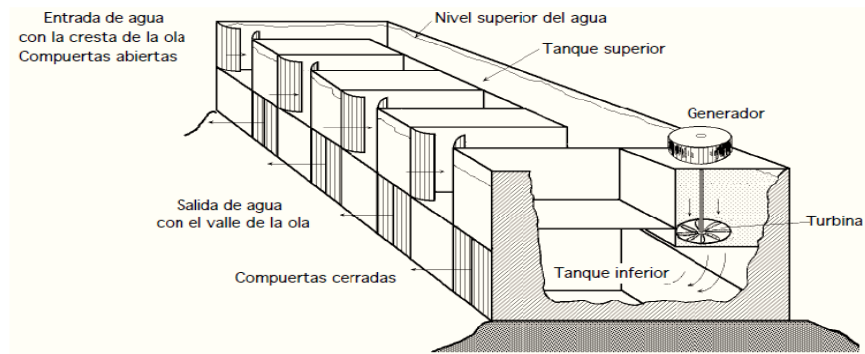
### **1.3.5 Centrales Undimotrices Tipo de OWC.**

Los tipos de OWC que actualmente existen como convertidor de olas son:

#### **OWC Rectificador RUSSEL.**

Es una instalación del tipo depósito y está construida sobre el lecho marino: lecho superior y otro inferior, apartándose del mar a través de las compuertas. (Hoyos Alcalde, 2014)

Figura N° 9

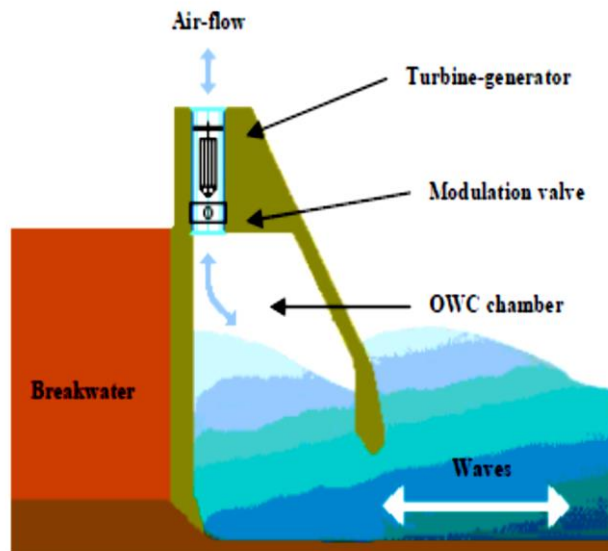


Fuente: Hoyos Alcalde, 2014  
Rectificador Russel

### OWC Columna de agua oscilante – rompe olas.

Su ubicación principalmente es en la costa, donde el agua ingresa por la parte inferior y presiona sobre la parte superior donde se forma una cámara de aire. Esto produce un flujo bidireccional de aire, la que acciona la turbina tipo Wells que está acoplada a un generador, produciendo la electricidad.(Hoyos Alcalde, 2014)

Figura N° 10

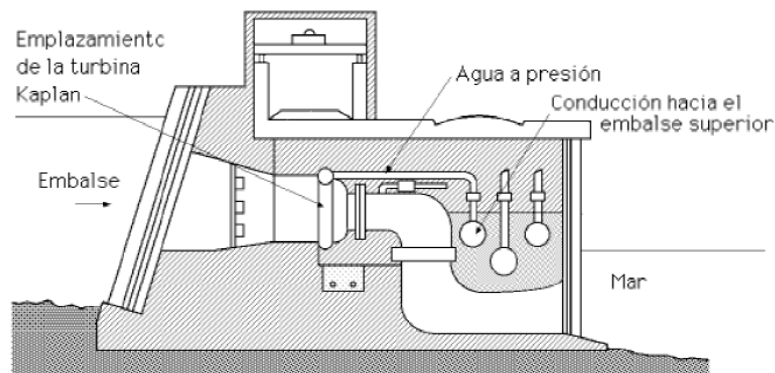


Fuente: Hoyos Alcalde, 2014  
Esquema OWC- Columna de Agua

## OWC TAPCHAN.

Este tipo de generación concentra el oleaje y eleva el agua del mar hacia un embalse localizado a pocos metros por encima del nivel del mar, tal como se muestra en la figura 11. Utilizando como medio de generación de energía mecánica. (Hoyos Alcalde, 2014)

Figura N° 11



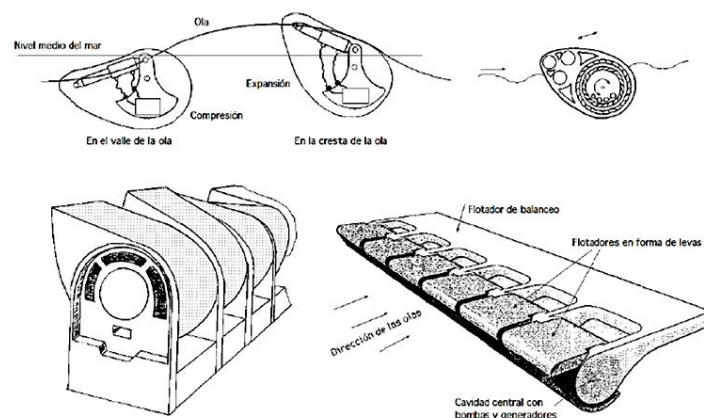
Fuente: Hoyos Alcalde, 2014

OWC TAPCHAN

## OWC Duck o Pato Salter

Aprovecha la energía de las olas en altamar, este tipo de convertidor está constituido por flotadores que se mueven con el movimiento de las olas, accionando una bomba de aceite que provoca el movimiento de la turbina. (Hoyos Alcalde, 2014).

Figura N° 12



Fuente: Hoyos Alcalde, 2014

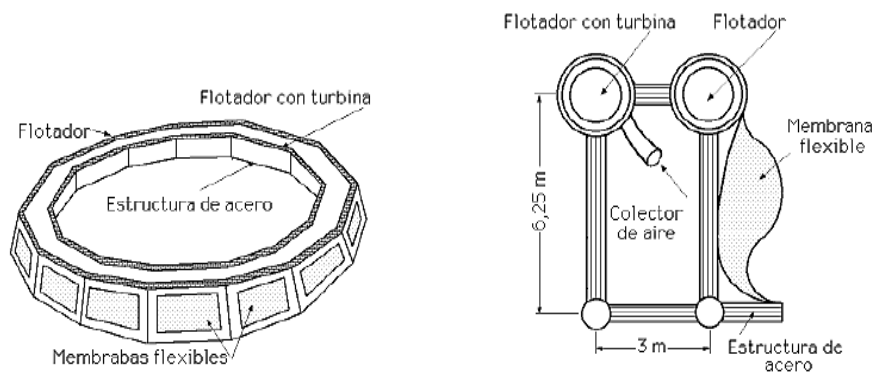
Diversos esquemas de pato salter



## OWC CLAM

El CLAM es una instalación del tipo flotante cuya base es de hormigón o acero, lleva montadas sobre la cara exterior 12 células de aire, formadas por membranas de goma reforzada, las que se deforman por el movimiento del oleaje, estas chocan con la membrana, su volumen disminuye y hace circular aire dentro de ella lo que incide en las turbinas del tipo Wells. (Hoyos Alcalde, 2014)

Figura N° 13



Fuente: Hoyos Alcalde, 2014

OWC CLAM

### 2.3.6. Costo teórico de generar energía eléctrica

El costo teórico de generar energía eléctrica se calcula con la siguiente formula:

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

Donde:

- t : Vida estimada de la instalación
- i : Inversión Inicial
- Mt : Costos de Operación y Mantenimiento
- E : Energía generada durante la vida del sistema
- r : Tasa de descuento

### **2.3.7. Evaluación económica**

#### **A. Valor actual neto (VAN)**

Un indicador económico muestra si los ingresos son mayores a los egresos en un proyecto de inversión. Si el VAN sale positivo, indica que hay ganancias por lo tanto el proyecto es viable económicamente de lo contrario al salir negativo resulta que el proyecto es no viable económicamente.

Dicho indicador lo calculamos con la siguiente fórmula:

$$VAN = BNA - INVERSION$$

Donde:

BNA: Beneficio Neto Actualizado (BNA)

$VAN > 0 \rightarrow$  el proyecto es rentable.

$VAN = 0 \rightarrow$  el proyecto es rentable también, porque ya está incorporado ganancia de la TD.

$VAN < 0 \rightarrow$  el proyecto no es rentable.

Entonces para calcular el VAN se necesitan:

Tamaño de la inversión.

Flujo de caja neto proyectado.

Tasa de descuento.

#### **B. Tasa interna de retorno (TIR)**

La TIR es la tasa de descuento (TD) de un proyecto de inversión que permite que el BNA sea igual a la inversión (VAN igual a 0). La TIR es la máxima TD que puede tener

un proyecto para que sea rentable, pues una mayor tasa ocasionaría que el BNA sea menor que la inversión (VAN menor que 0). (Crece Negocios)

Entonces para hallar la TIR se necesitan:

- i. Tamaño de inversión.
- ii. Flujo de caja neto proyectado.

### **C. Comparación VAN y TIR**

Cuando los resultados del VAN contraponen a los de la TIR; la decisión se hace en bases al VAN.

Si se trata de aceptar o rechazar una inversión, dependiente, sin restricción de capital; la TIR determinará la misma decisión del VAN.

Indicadores económicos para el análisis del proyecto:

Para carteras compuestas por dos o más alternativas de inversión, las cuales son mutuamente excluyentes entre sí el criterio de la TIR puede dar recomendaciones menos correctas que la regla del VAN. (Crece Negocios)

## **CAPITULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

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

El diseño para el presente estudio está clasificado de la siguiente manera: No-Experimental, Prospectivo-Transversal.

- **No-Experimental**, porque no se manipulan deliberadamente variables, se observa fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para luego analizarlos.
- **Prospectivo**, porque intenta predecir un posible escenario futuro.
- **Transversal**, porque se limita a la toma de datos en un único momento de tiempo

#### **3.2 Población y muestra**

Para el presente proyecto de investigación tendremos como muestra poblacional a las instalaciones eléctricas del astillero MARYPOL E.I.R.L.

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

Mediante el diseño de un Sistema de generación Undimotriz se suministra la demanda de energía eléctrica del astillero MARYPOL E.I.R.L. en el puerto Salaverry.

#### **3.4 Variables-Operacionalización**

Para probar el estudio de investigación se determinaron dos variables para la Operacionalización:

**Variable Independiente:** Diseño de un sistema de generación undimotriz.

**Variable dependiente:** Suministro de energía eléctrica.

**Tabla 1: Operacionalización de las variables**

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
<b>Independiente</b> : Diseño de un sistema de generación undimotriz	Diseño de un sistema mecánico que tiene como objetivo aprovechar la energía originada por las olas de mar (Toril, 2015, p.9)	Sistema Mecánico de aprovechamiento energético undimotriz	Sistema Mecánico	-Localización geográfica del sistema de generación undimotriz -Amplitud de la ola -Altura de las olas -Periodo de las olas	Razón o Proporción
<b>Dependiente:</b> Suministro de energía eléctrica	El sistema de suministro eléctrico comprende el conjunto de medios y elementos útiles para la generación, el transporte y la distribución de la energía eléctrica (Tamayo, 2003, p.13.).	Cantidad de energía eléctrica que requiere un consumidor	Sistema eléctrico	Tensión Intensidad de corriente Potencia	Razón o proporción

**Fuente:** Elaboración propia

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

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

Para el presente trabajo, utilizamos el método inductivo, que obtiene conclusiones generales a partir de premisas particulares. Se trata del método científico más usual, en el que pueden distinguirse cuatro pasos esenciales: la observación de los hechos para su registro; la clasificación y el estudio de estos hechos; la derivación inductiva que parte de los hechos y permite llegar a una generalización y la contrastación.

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

Las técnicas a ser utilizadas están en función a las etapas del proceso de desarrollo del proyecto.

- **La Observación:** Localización geográfica del sistema de generación undimotriz del astillero MARYPOL E.I.R.L.
- **Trabajo De Gabinete:** Permite evaluar y cuantificar el recurso energético undimotriz del Astillero MARYPOL E.I.R.L.

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

Los instrumentos sirven para recoger los datos de investigación, lo que permite operativizar a la técnica, es así, como un instrumento es un recurso metodológico que se utiliza para obtener, registrar o almacenar los aspectos relevantes del estudio o investigación.

<b>TÉCNICA</b>	<b>USO</b>	<b>INSTRUMENTO</b>
<b>OBSERVACIÓN</b>	Buscar información documental sobre el sistema a diseñar.	Ficha de Análisis de Documentos Anexo 1
<b>TRABAJO DE GABINETE</b>	Permite evaluar y cuantificar el recurso energético undimotriz del Astillero MARYPOL E.I.R.L.	Ficha de evaluación de datos hidrofísicos Anexo 2

**Fuente:** Elaboración propia

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

Para el análisis de los diferentes datos obtenidos se utilizó la estadística descriptiva, la cual sirve para analizar el comportamiento de una variable en el sistema; donde se aplicará: La media, el promedio, valores máximos y mínimos entre otros. Por ejemplo, esto se realizó con la finalidad de determinar la máxima demanda, el factor de potencia mínimo registrado en el periodo analizado y otros valores más.

Por ejemplo la utilización del software Microsoft office Excel, el cual se utilizó para el análisis de los diferentes datos que se evaluarán, para el presente estudio que se pretende realizar.

## CAPITULO IV

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

#### 4.1 Cálculo de la Máxima Demanda de energía eléctrica del Astillero MARYPOL E.I.R.L.

El cálculo de la máxima demanda del astillero MARYPOL EIRL, de acuerdo al alcance del presente trabajo de investigación está referido a iluminación y tomacorrientes, así como a la Maquinaria y herramientas manuales que posee el astillero.

El resultado lo podemos apreciar en la siguiente tabla:

**Tabla 2: Cálculo de la Potencia Instalada y de la Máxima Demanda**

CALCULO DE LA MAXIMA DEMANA					
Descripción	Area (m <sup>2</sup> )	Carga Unitaria (W/m <sup>2</sup> )	Potencia Instalada (kW)	F.D	Potencia Instalada (kW)
Iluminación y Tomacorrientes	1000	25	25,0	1,0	25,0
Servicios Auxiliares de la casa de máquinas	40	25	1,0	1,0	1,0
<b>TOTAL</b>			<b>26,0</b>		<b>26,0</b>

Maquinaria	Und.	Potencia Instalada (kW)	f.S.	Máxima Demanda (kW)
Cizalladora	1	8,0	1,0	8,0
Curvadora de Perfiles	1	10,0	1,0	10,0
Puente Grua	1	8,0	1,0	8,0
Plegadora de Chapas	1	8,0	1,0	8,0
Prensa Hidráulica	1	10,0	1,0	10,0
Torno	1	8,0	1,0	8,0
Herramientas Manuales	1	8,0	1,0	8,0
<b>TOTAL</b>		<b>60,0</b>		<b>60,0</b>

Descripción	Potencia Instalada (kW)	Máxima Demanda (kW)
Iluminación y Tomacorrientes	26,0	26,0
Maquinaria	60,0	60,0
<b>TOTAL</b>	<b>86,0</b>	<b>86,0</b>

Fuente: Elaboración propia



#### 4.2. Determinación del recurso energético undimotriz del litoral donde se ubicará la generación eléctrica.

A partir del análisis de la altura y tiempo promedio de las olas durante los años 2015, 2016 y 2017 se determinará el flujo energético del litoral de Salaverry. Se recopiló información de la capitanía del puerto de Salaverry y se obtuvieron los siguientes cuadros.

##### 4.2.1. Parámetro de las olas para cálculo del flujo energético del distrito del litoral de Salaverry

A.- El parámetro que caracterizan en el año 2015 son:

$$\text{Longitud de onda } (\lambda): \quad \lambda = \frac{gT^2}{2\pi} \quad \text{Ec. 1}$$

Tabla 3: 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 3 se observan los datos de longitud de onda a partir de la aplicación de la Ec. 1, teniendo como información base el tiempo, siendo la onda promedio para ese año 372 m.

**Velocidad de traslación (C):**

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

**Ec. 2**

**Tabla 4: Velocidad de Traslación año 2015**

<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>

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 4 se observan los datos de velocidad de traslación a partir de la aplicación de la Ec. 2, teniendo como información base la longitud y la base de datos, siendo la velocidad promedio para ese año 25 m/s.

**Celeridad del grupo (Cg):**

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

**Ec. 3**

**Tabla 5: Celeridad del grupo año 2015**

<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>

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 7 se observan los datos de celeridad de grupo a partir de la aplicación de la Ec. 3, teniendo como información base la celeridad de grupo, siendo la velocidad promedio para ese año 12 m/s.

**Flujo de energía (kW/m):**

$$\frac{\rho * g * H^2}{8} * Cg \quad \text{Ec. 4}$$

**Tabla 6: Flujo de energía año 2015**

<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>

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 6 se observan los datos de flujo de energía a partir de la aplicación de la Ec. 4, teniendo como información base el nivel de ola y celeridad de grupo, siendo el Flujo de Energía promedio para ese año 56 kW/m.

**Energía total (kJ/m²):**

$$\frac{1}{2} \rho * g * H^2 * \lambda \quad \text{Ec. 5}$$

**Tabla 7: Energía Total año 2015**

<b>MES</b>	<b>Nivel de Ola (H) - Año 2015 m</b>	<b>Longitud (<math>\lambda</math>) 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>

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 7 se observan los datos de energía total a partir de la aplicación de la Ec. 5, teniendo como información base nivel de ola y longitud de la onda, siendo la Energía Total promedio para ese año 6900 kJ/ m<sup>2</sup>.

**B.- El parámetro que caracterizan en el año 2016 son:**

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

$$\lambda = \frac{gT^2}{2\pi} \quad \text{Ec. 1}$$

**Tabla 8: Longitud de onda año 2016**

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

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 8 se observan los datos de longitud de onda a partir de la aplicación de la Ec. 1, teniendo como información base el tiempo, siendo la Longitud de onda promedio para ese año 360 m.

**Velocidad de traslación (C):**

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

**Ec. 2**

**Tabla 9: Velocidad de traslación año 2016**

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

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 9 se observan los datos de velocidad de traslación a partir de la aplicación de la Ec. 2, teniendo como información base la longitud y la base de datos, siendo la velocidad promedio para ese año 24 m/s.

**Celeridad del grupo ( $C_g$ ):**  $C_g = \frac{c}{2}$       **Ec. 3**

**Tabla 10: Celeridad del grupo año 2016**

<b>MES</b>	<b>Celeridad de la ola (C) m/s</b>	<b>Celeridad del grupo (C<sub>g</sub>) m/s</b>
Enero	18,72	<b>9,36</b>
Febrero	21,84	<b>10,92</b>
Marzo	23,40	<b>11,70</b>
Abril	23,40	<b>11,70</b>
Mayo	24,96	<b>12,48</b>
Junio	24,96	<b>12,48</b>
Julio	23,40	<b>11,70</b>
Agosto	24,96	<b>12,48</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

En la tabla 10 se observan los datos de celeridad de grupo a partir de la aplicación de la Ec. 3, teniendo como información base la celeridad de grupo, siendo la velocidad promedio para ese año 12 m/s.

**Flujo de energía (kW/m):**

$$\frac{\rho * g * H^2}{8} * C_g \quad \text{Ec. 4}$$



**Tabla 11: Flujo de energía año 2016**

<b>MES</b>	<b>Nivel de Ola (H) - Año 2016 m</b>	<b>Celeridad del grupo (Cg) m/s</b>	<b>Energía total kJ/m²</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>

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 11 se observan los datos de flujo de energía a partir de la aplicación de la Ec. 4, teniendo como información base el nivel de ola y celeridad de grupo, siendo la Energía Total promedio para ese año 49 kW/m.

**Energía NJ total (kJ/m²):**

$$\frac{1}{2} \rho * g * H^2 * \lambda \quad \text{Ec. 5}$$

**Tabla 12: Energía Total año 2016**

<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>

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 12 se observan los datos de energía total a partir de la aplicación de la Ec. 5, teniendo como información base nivel de ola y longitud de la onda, siendo la Energía Total promedio para ese año 6000 kJ/ m<sup>2</sup>.

**C.- El parámetro que caracterizan en el año 2017 son:**

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

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

**Ec. 1**

**Tabla 13: Longitud de onda año 2017**

<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>

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 13 se observan los datos de longitud de onda a partir de la aplicación de la Ec. 1, teniendo como información base el tiempo, siendo la longitud de onda promedio para ese año 356 m.

**Velocidad de traslación (C):**  $C = \frac{\lambda}{T}$  **Ec. 2**

**Tabla 14: Velocidad de traslación año 2017**

<b>MES</b>	<b>Longitud (<math>\lambda</math>) m</b>	<b>Periodo de olas (T) - Año 2017 s</b>	<b>Celeridad de la ola (C) 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>

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 14 se observan los datos de velocidad de traslación a partir de la aplicación de la Ec. 2, teniendo como información base la longitud y la base de datos, siendo la velocidad promedio para ese año 24 m/s.

**Celeridad del grupo ( $C_g$ ):**  $C_g = \frac{c}{2}$  **Ec. 3**

**Tabla 15: Celeridad del grupo año 2017**

<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

En la tabla 15 se observan los datos de celeridad de grupo a partir de la aplicación de la Ec. 3, teniendo como información base la celeridad de grupo, siendo la velocidad promedio para ese año 12 m/s.

**Flujo de energía (kW/m):**

$$\frac{\rho * g * H^2}{8} * Cg \quad \text{Ec. 4}$$

**Tabla 16: Flujo de energía año 2017**

<b>MES</b>	<b>Nivel de Ola (H) - Año 2017 m</b>	<b>Celeridad del grupo (Cg) 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>

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 16 se observan los datos de flujo de energía a partir de la aplicación de la Ec. 4, teniendo como información base el nivel de ola y celeridad de grupo, siendo el Flujo de Energía promedio para ese año 49 kW/m.

**Energía total (kJ/m²):**  $\frac{1}{2} \rho * g * H^2 * \lambda$  **Ec. 5**

**Tabla 17: Energía total año 2017**

<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	<b>3018,29</b>
Febrero	1,5	350,95	<b>3977,53</b>
Marzo	1,5	399,30	<b>4525,54</b>
Abril	1,5	350,95	<b>3977,53</b>
Mayo	1,9	305,71	<b>5559,19</b>
Junio	1,8	350,95	<b>5727,64</b>
Julio	1,8	350,95	<b>5727,64</b>
Agosto	2	305,71	<b>6159,77</b>
Septiembre	1,9	399,30	<b>7260,98</b>
Octubre	2,1	399,30	<b>8870,06</b>
Noviembre	2,4	399,30	<b>11585,39</b>
Diciembre	1,7	350,95	<b>5108,91</b>

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 17 se observan los datos de energía total a partir de la aplicación de la Ec. 5, teniendo como información base nivel de ola y longitud de la onda, siendo la Energía Total promedio para ese año 6000 kJ/ m<sup>2</sup>.

En la Tabla siguiente podemos apreciar el resumen de los datos presentados anteriormente.

**Tabla 20: Resumen de los cálculos realizados**

<b>Año</b>	<b>Longitud (<math>\lambda</math>) m</b>	<b>Celeridad de la ola (C) m/s</b>	<b>Celeridad del grupo (Cg) 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>

De la Tabla anterior podemos concluir que el Flujo de Energía obtenido de las olas es de 51,3 kW/m, para el presente trabajo de investigación se asumirá un valor de **50,0 kW/m.**

En el Anexo 1, se presentan el detalle de los datos utilizados.

En el Anexo 2, se realiza el diagrama de la Potencia obtenida durante un mes en las diferentes horas del día.

#### **4.3. Características físicas, técnicas y funcionales de los diversos componentes del sistema de generación eléctrica undimotriz**

##### **4.3.1. Determinación de la Potencia de la Central de Generación Undimotriz**

La Potencia de la central de generación undimotriz será de 110 kW utilizando 2 turbinas de 55 kw cada una, de tal forma que pueda cumplir con la máxima demanda y potencia instalada del Astillero que es de 86 kW. Considerando que la eficiencia de las turbinas es de 86,7% y la eficiencia de los Generadores es de 97%.

Se recomienda mantener un grupo electrógeno de 55 kW como respaldo ante cualquier contingencia, mantenimiento o bajo suministro de energía undimotriz, lo cual podría suceder en el mes de enero, dado que en éste mes se tienen lo más bajos valores de nivel de ola, celeridad de ola y flujo de energía.

##### **4.3.2. Ubicación del Sistema de Generación Eléctrica Undimotriz**

Para la ubicación del Sistema de Generación Eléctrica se tuvo en cuenta los siguientes criterios:

- Cercanía al Astillero
- Rigidez de la Orilla



Por lo tanto, el Sistema de Generación Eléctrica Undimotriz se ubicará en las siguientes coordenadas UTM (WGS 84): E 721227,80 N 9092417,85.

#### **4.3.3. Características del sistema de generación undimotriz**

Realizado el análisis de periodo y nivel de ola en la zona costera del litoral de Salaverry podemos seleccionar el sistema adecuado para la generación de energía Undimotriz, siendo elegida la tecnología Columna Oscilante de Agua (OWC). Este método, perteneciente a la rama de aprovechamiento de las olas o energía Undimotriz.

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

Existen numerosas tecnologías capaces de aprovechar la energía de las olas; para esta investigación se utilizó la tecnología columna de agua oscilante (OWC), siguiendo los siguientes criterios:

##### **a. Según la ubicación**

Dispositivo OWC en costa; se trata de dispositivos apoyados o sujetos en lugares rocosos, integrados en estructuras fijas como diques o rompeolas o sobre aguas poco profundas. Este dispositivo también se conoce como dispositivo de primera generación. (Duran San Lazaro & Vásquez Ruiz, 2014)

Los dispositivos OWC presentan ventajas importantes en términos de mayor supervivencia y menos distancia a costa para el transporte e integración de la energía producida. (Duran San Lazaro & Vásquez Ruiz, 2014).

##### **b. Según la orientación**

La tecnología OWC son dispositivos alargados situados perpendicularmente a la dirección del avance de la ola, es decir, paralelos al frente de las olas, lo que permite un mejor aprovechamiento de las olas de la zona costera. (Duran San Lazaro & Vásquez Ruiz, 2014)

#### **c. Según la extracción de energía**

La tecnología OWC permite una mejor extracción, debido al movimiento de las olas, se comprime y descomprime aire de sus cámaras siendo este el encargado de accionar una turbina. (Duran San Lazaro & Vásquez Ruiz, 2014)

#### **d. Según el principio de captación**

La tecnología de columna de agua oscilante; mediante una cámara semi sumergida abierta por la parte inferior, el movimiento alternativo de las olas hace subir y bajar el nivel de agua en la misma, desplazando el volumen de aire interno. Este flujo de aire acciona una turbina que con un diseño especial gira siempre en el mismo sentido a pesar del flujo de aire bidireccional. (Duran San Lázaro & Vásquez Ruiz, 2014).

#### **4.3.4. Selección de la turbina**

La turbina Wells fue desarrollada especialmente para la aplicación en dispositivos OWC, objeto de este proyecto, y permite absorber la energía cinética neumática de una columna de agua oscilante. Ésta es una turbina de flujo axial, es decir, el flujo de aire que la atraviesa se mueve en dirección paralela a su eje de giro, y es capaz de girar en un mismo sentido con independencia del sentido de incidencia del flujo de aire, puesto que posee álabes simétricos.

Se seleccionaron dos Turbinas, con una potencia instalada de 55 kW cada una, haciendo una total de 110 kW.

#### **Especificaciones turbina seleccionada:**

La turbina seleccionada es una turbina de tipo Wells dado que son las turbinas más utilizadas en las instalaciones OWC debido a su sencillo diseño y fácil fabricación.

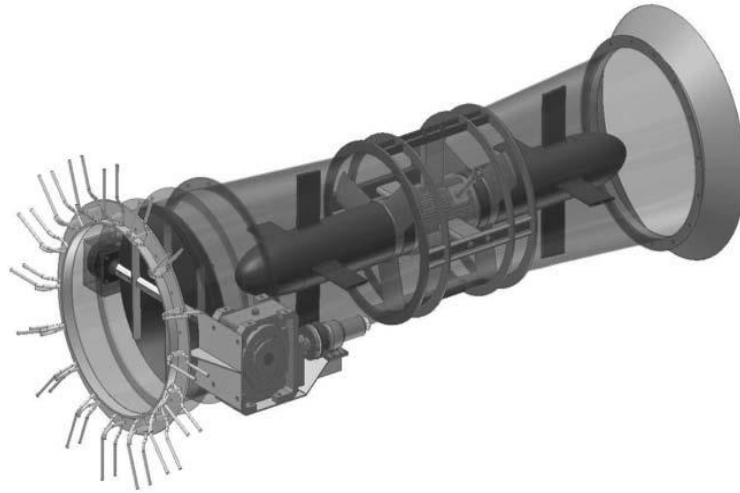
Estas turbinas traen consigo montadas en el mismo eje el grupo generador, que describiremos más adelante, formando grupos turbogeneradores completos cada una de ellas.

Dado que estas turbinas no son muy comunes, el nivel de personalización y adaptación a la situación en la que se necesitan es muy alto. En nuestro caso tendrá las siguientes características:

**Tabla 18: Características de cada Turbina**

<b>Características</b>	
<b>Potencia Nominal</b>	55 kW
<b>Tipo</b>	Paso fijo
<b>Altura</b>	2,83 m
<b>Ancho Máximo</b>	1,25 m
<b>Peso total</b>	1200 Kg
<b>Eficiencia</b>	86,7%
<b>Nº rotores</b>	2
<b>Alabes simétricos</b>	5
<b>Volante de inercia</b>	Incorporado
<b>Atenuador de sonido</b>	Acoplado (parte final)
<b>Inyectores de agua dulce para limpieza de los álabes</b>	Si
<b>Velocidad de giro</b>	Limitada entre 1000 rpm – 5000 rpm (por protección)
<b>Turbina de eje vertical</b>	Acoplamiento con el generador

Figura N° 14



Fuente:

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

Turbina Wells

Con el propósito de proteger a la turbina contra el arenamiento y la oxidación, esta no estará en contacto directo con el agua, además estará protegido por una silicona que evitará la acción del ambiente salino.

#### **4.3.5. Dique de abrigo**

Para que se pudiera albergar la mini central undimotriz en toda su extensión era necesario la construcción de un dique hasta una zona en la que el calado permitiera el funcionamiento continuado de la minicentral tanto en bajamar como en pleamar.

Al recabar información sobre la zona y la profundidad se descubrió que en el proyecto inicial de dique para la zona costera de Salaverry estaba proyectada a 25 m. Para aprovechar el recurso energético de mejor manera se optó por girar 25° respecto al eje

del dique proyectado, para así colocar las cámaras perpendiculares al frente de ola y mejorar el aprovechamiento.

Valoraciones previas:

- Profundidad de la zona apta para la instalación
- Longitud inicial proyectada del dique
- Cota del suelo del dique actual
- Dirección del frente de ola mayoritario
- Posibilidades de acometer la obra

Características:

**Tabla 19: Características Dique de abrigo**

<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>

#### **4.3.6. Selección de la cámara**

La cámara es la parte de la instalación encargada de transformar la energía de las olas en energía neumática para posteriormente ser aprovechada por la turbina.

La cámara está abierta por la parte inferior, por donde accede el agua, por tanto, es sensible a los cambios de presión producidos con la ida y venida de las olas, dando lugar a una variación en el eje vertical de la superficie libre generando un flujo bidireccional.

Características constructivas:

- Longitud total de la cámara 12 m
- Altura de la superficie libre en pleamar máxima 5,40 m
- Altura de la superficie libre en BMVE 3 m
- Área de la superficie libre 14 m<sup>2</sup>
- Ancho de la cámara 4,50 m
- Área de la boca de la cámara 12 m<sup>2</sup>
- Diámetro agujero turbina 1 m
- Número de cámaras 2
- En la boca de la cámara de instalará una compuerta para permitir trabajos de mantenimiento, íntegramente formada por hormigón, debido a los niveles de agua en la zona, difícil acceso de algas o material flotante al interior de la cámara.

#### **4.3.7. Selección de la compuerta**

Para impedir la entrada del agua en la cámara, bien para realizar alguna revisión periódica, reparación o para la limpieza de posibles sedimentos que se depositen en la base de la cámara y reduzcan la altura disponible de la misma, se colocará una compuerta en cada una de las 2 cámaras de la instalación.

Características:

- La compuerta será de chapa de acero inoxidable para evitar la corrosión y se accionarán mediante sistema hidráulico.
- La compuerta tiene 3,10 metro de anchura por 3,20 metros de altura.

- Irá ubicada sobre guías metálicas colocadas en la parte exterior de la instalación para así no modificar la geometría de la cámara y permitir su accionamiento manual en caso de fallo.
- Estarán controladas con un servomotor desde el edificio de la central.

#### **4.3.8. Válvula de mariposa**

Como órgano de cierre de seguridad se colocará en la parte inferior de la turbina una válvula de mariposa. Esta válvula aislará la cámara de la turbina para que esta no sufra posibles daños si el oleaje produce presiones de aire muy elevadas que conlleven al embalsamiento de las mismas.

Características:

- Diámetro nominal: 1000 mm
- De acero inoxidable
- Presión de trabajo: 10 bares
- Par de accionamiento: 300 kgm
- Cierre eléctrico o por gravedad
- Tiempo de cierre automático: 5 segundos.
- Prueba del cierre: 12 bares
- Prueba del cuerpo: 15 bares

#### **4.3.9. Edificio de la Minicentral**

Aunque la parte puramente constructiva no es el objetivo de este proyecto al igual que con el dique se ha querido perfilar las líneas generales de la construcción para dar una visión más completa del proyecto.

En el caso del edificio de la Minicentral la solución adquirida está formada por una serie de módulos prefabricados de chapa de acero inoxidable con un tratamiento contra la corrosión idéntico al que traen los contenedores marinos utilizados en el transporte marítimo.

Características:

Planta de 10 metros de largo por 4 metros de ancho y altura de 3 metros.

Albergará al grupo turbogenerador, medida y panel de mando y control.

La zona de techo sobre el grupo turbogenerador es desmontable para facilitar las labores de entrada y salida del grupo.

#### **4.3.10. Generador**

En lo referente al generador, teniendo en cuenta que la turbina Wells opera de forma óptima bajo un régimen de velocidades variables dependiendo del oleaje, se torna adecuado el uso de un generador de inducción variable como es el DFIG.

Las siglas DFIG representan la abreviatura del término inglés Double Fed Induction Generator o lo que es lo mismo generador de inducción doblemente alimentado. Aunque es un tipo de generador relativamente moderno, se espera que en los próximos años crezca su utilización principalmente en los sectores eólico y marino tanto en centrales de olas como de corrientes.

La principal razón de la popularidad de los DFIGs es su capacidad de suministrar potencia a tensión y frecuencia constante a medida que la velocidad del rotor varía, así como de controlar de una manera sencilla el factor de potencia.

El funcionamiento del DFIG se basa en el generador de inducción trifásico con rotor devanado en el cual el rotor es alimentado mediante algún convertidor de frecuencia



(AC/DC/AC converter) para posibilitar la operación del sistema de manera estable aún a velocidad variable. Por su parte, el estator se encuentra conectado directamente a la red.

En nuestro caso el generador se encuentra montado directamente sobre el eje de la turbina. Dado a que los grupos turbogeneradores se venden completos y que actualmente el desarrollo de su tecnología esconde algo de secretismo, la compañía fabricante consultado no nos ha facilitado demasiados datos sobre el mismo conociendo únicamente las siguientes características:

- Generador Asíncrono
- Velocidad nominal: 3000 RPM
- Potencia nominal: 55 kW
- Tensión nominal: 380 V
- Disposición vertical
- Frecuencia de trabajo: 0 – 80 Hz
- Tipo de bobinado: Jaula de Ardilla
- Vida útil de al menos 100 000 horas
- Eficiencia: 97%

#### **4.3.11. Sistema de regulación del turbogenerador**

Sistema OWC desarrollado en la investigación consta de las siguientes partes:

Las olas que entran al dispositivo convertidor.

La cámara de captura, la cual transforma la energía incidente de las olas en energía neumática.

La turbina Wells que transforma esa energía neumática en mecánica

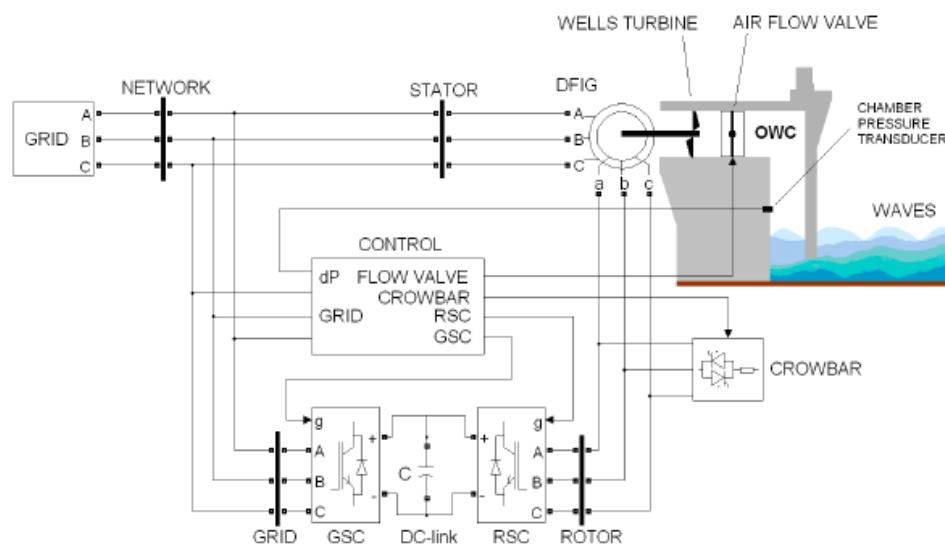
El generador de inducción doblemente alimentado, que la convierte en energía eléctrica liberándola hacia la red.

Además, se eligen como actuadores: un convertidor de frecuencia en configuración “back-to-back”, formado por los convertidores de tensión RSC (Rotor Side Converter) y GSC (Grid Side Converter) acoplados por medio de un condensador de enlace C.

Una válvula serie y el circuito de protección, Crowbar, para la superación de los huecos de tensión de la red eléctrica.

En la figura siguiente, se observa el sistema de control, encargado de mejorar el rendimiento de la planta.

Figura N° 15



Fuente: Elaboración Propia

### Sistema de regulación del turbogenerador

#### 4.3.12. Caseta prefabricada

En aras de al generador para la salida y distribución de la energía producida, se colocará una caseta mono bloque prefabricada que acoja todo el conjunto.

Características:

- La caseta seleccionada deberá cumplir con los siguientes requisitos:
- No deberá superar como máxima longitud los 4m, distancia aportada por el ancho del edificio de la minicentral con el que deberá integrarse.
- Deberá contar con una protección de al menos IP54 con características weatherproof y con todas las juntas entre el tejado y las paredes convenientemente selladas para evitar la entrada de agua.
- Deberá ajustarse a la estética del resto de la instalación minimizando el impacto visual.
- Toda puerta o rejilla deberá estar convenientemente puesta a tierra y además contará entre sus características constructivas con una protección ante la oxidación en ambientes agresivos.
- Contando con el cumplimiento de las características anteriores se ha elegido el modelo EHC-3 T1D de la compañía Schneider.

Sus características son las siguientes:

- Longitud Total (mm) 3,760
- Anchura Total (mm) 2,500
- Altura Total (mm) 3,300
- Longitud Interior (mm) 3,640
- Anchura Interior (mm) 2,240
- Altura Interior (mm) 2,535
- Peso en vacío (Tm) 13

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

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

Para mejorar el control individualizado del grupo turbogenerador en aspectos no relacionados directamente con la producción eléctrica, controlada desde el panel de control y distribución, se implementará un tablero local en la propia sala de la turbina. Colgado de cada tablero se encontrarán el motor de la válvula de mariposa y el freno de la misma, así como una válvula de agua por el turbogenerador. El motor de la válvula será trifásico con tensión de 380 V mientras que el freno funciona a 220V. La válvula por su parte tiene una alimentación en 24 V de DC.

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

Para el alumbrado interior se buscó un sistema de iluminación óptimo y seguro tratando de mantener un nivel medio de iluminación de 150 lux, existiendo como mínimo 10 puntos de luz en circuito separados que permitan su accionamiento independiente. Los focos luminosos estarán dispuestos de tal forma, que se mantenga la máxima uniformidad posible en la iluminación. Así, se prevé la utilización de dos elementos de alumbrado, que serán pantallas de dos tubos fluorescentes de 36 W estancos.

La instalación del alumbrado exterior se realizará en la fachada principal y estará formado por dos lámparas de vapor de sodio adosadas al mismo edificio, estando el circuito protegido por tubos de PVC de 2 cm de diámetro. Dicho alumbrado se activará a través de una célula fotovoltaica y se verá complementado con las luminarias del dique de abrigo.

Las características de las lámparas exteriores son:

- Tipo de vapor de sodio de alta presión

- Alimentación 220 V
- Potencia 250 W
- Mínima tensión de cebado 20°C - 198 V
- Intensidad de arranque 1'7 A
- Tiempo de encendido 5 min.
- Flujo luminoso horizontal 6.000 lm.

La instalación del alumbrado exterior se realizará en la fachada principal y estará formado por dos lámparas de vapor de sodio adosadas al mismo edificio, estando el circuito protegido por tubos de PVC de 2 cm de diámetro. Dicho alumbrado se activará a través de una célula fotovoltaica y se verá complementado con las luminarias del dique de abrigo.

- Las características de las lámparas exteriores son:
- Tipo vapor de sodio de alta presión
- Alimentación 220 V
- Potencia 250 W
- Mínima tensión de cebado 20°C 198 V
- Intensidad de arranque 17 A
- Tiempo de encendido 5 min.
- Flujo luminoso horizontal 6 000 lm.

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

Se proyectará un alumbrado de emergencia, análogo al de locales de pública concurrencia, con estas características

- Lámpara fluorescente 8 W
- Flujo luminoso 300 lm

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

Debido a la baja potencia de la Minicentral no será necesario disponer de una instalación general para la extinción de incendios, bastará con colocar extintores en sitios fácilmente accesibles y convenientemente distribuidos.

Así pues se prevé la colocación de 2 extintores en sendos lados de la instalación, siempre bajo una luminaria de emergencia.

Los extintores irán cargados con dióxido de carbono a presión. Deberán revisarse periódicamente con el fin de mantenerlos en perfecto estado de servicio.

Se descargarán totalmente por lo menos una vez al año, a fin de comprobar la eficacia de su cometido.

#### 4.4. Evaluación económica del proyecto

Par realizar la evaluación económica del Proyecto primero calculamos los egresos y los ingresos que involucra instalar el sistema de generación undimotriz propuesto.

##### 4.4.1. Egresos

###### A. Inversión

Tabla 20.

###### Resumen de costos de Instalación

MINICENTRAL UNDIMOTRIZ	
RUBRO	MONTO TOTAL (US\$)
Dique de abrigo	27623
Cámara de carga	25580
Compuerta y válvula de mariposa	670
Edificio	14000
Turbogenerador y sist. Control	16000
Sistemas auxiliares	9911,3
Tablero de baja	23000
Seguridad y salud en obra	1500
<b>TOTAL EJECUCIÓN</b>	<b>118284,3</b>

Fuente: Elaboración Propia

El monto total de la inversión es de \$ 118284,3. Con la finalidad de realizar un mejor detalle de la inversión, se elaboró un consolidado de la inversión y el respectivo análisis de los gastos realizado en la Minicentral que se detallan en los cuadros adjuntos.

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

Comparando con el cuadro anterior, se muestra a continuación de manera general el total de las inversiones correspondientes al sistema undimotriz.

**Tabla 21.**  
**Precios unitarios de costos de Instalación**

<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANT.</b>	<b>PRECIO UNITARIO US\$</b>	<b>PRECIO TOTAL US\$</b>
<b>1,00 DIQUE DE ABRIGO</b>					
1.01	Preparación zona de trabajo	m	30	800	<b>24000</b>
1.02	Dragado de fondo marino	m <sup>3</sup>	50	23,2	<b>1160</b>
1.03	Retirada de material en camiones	m <sup>3</sup>	50	4,5	<b>225</b>
1.04	Hormigón en masa para zapata	m <sup>3</sup>	60	37,3	<b>2238</b>
<b>2,00 CÁMARA</b>					
2.01	Fabricación pieza prefabricada A	Und.	16	220	<b>3520</b>
2.02	Fabricación pieza prefabricada B	Und.	44	200	<b>8800</b>
2.03	Fabricación pieza prefabricada C	Und.	8	210	<b>1680</b>
2.04	Colocación Piezas en su Disposición	Und.	70	10	<b>700</b>
2.05	Hormigón losa de base	m <sup>3</sup>	220	8	<b>1760</b>
2.06	Hormigón para fijación estructura	m <sup>3</sup>	15	20	<b>300</b>
2.07	Material de Relleno de cámaras	m <sup>3</sup>	600	2	<b>1200</b>
2.08	Barras Corrugadas de 20mm de diámetro	Und.	13	300	<b>3900</b>
2.09	Juntas y tubo	m	50	2,4	<b>120</b>
2.10	Malla de doble diámetro 5	m <sup>2</sup>	60	60	<b>3600</b>
<b>3,00 COMPUERTA Y VÁLVULA DE MARIPOSA</b>					
3.01	Compuerta Seguridad 3,10x3,20m	Und.	1	200	<b>200</b>
3.02	Válvula de Mariposa	Und.	1	320	<b>320</b>
3.03	Sistema óleo hidráulico	Und.	1	150	<b>150</b>
<b>4,00 EDIFICIO</b>					
4.01	Módulo prefabricado de acero inoxidable con protección ante la corrosión y techo extraíble	Und.	1	8000	<b>8000</b>
4.02	Acabado exterior del módulo prefabricado asemejándose a la estética de la zona costera	Und.	1	4000	<b>4000</b>
4.03	Acabado interior del módulo	Und.	1	2000	<b>2000</b>
<b>5,00 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.	2	8000	<b>16000</b>
<b>6,00 SISTEMAS AUXILIARES</b>					
6.01	Control auxiliar y tableros de control	Und.	1	650,4	<b>650,4</b>
6.02	Válvula de Agua	Und.	1	125,6	<b>125,6</b>
6.03	Motor trifásico	Und.	1	378,5	<b>378,5</b>
6.04	Freno turbogenerador	Und.	1	254,4	<b>254,4</b>
6.05	Tubos Fluorescentes de 36W	Und.	3	12,4	<b>37,2</b>
6.06	Lámparas de Vapor de sodio	Und.	2	164,3	<b>328,6</b>
6.07	Fluorescentes emergencia de 8W	Und.	2	90,4	<b>180,8</b>
6.08	Extintores	Und.	2	324,5	<b>649</b>
6.09	Batería de condensadores emergencia	Und.	1	5568	<b>5568</b>
6.10	Picas de cable descubierto de 50mm2 de sección y 2 m de longitud	Und.	2	312,5	<b>625</b>
6.11	Conductor desnudo de 50mm2 de sección	m	30	23,64	<b>709,2</b>
6.12	Mallado electrosoldado	m <sup>2</sup>	20	20,23	<b>404,6</b>
<b>7,00 TABLERO BAJA TENSIÓN</b>					
7.01	Caseta prefabricada	Und.	1	8000	<b>8000</b>
7.04	Celda tipo seccionador de baja tensión	Und.	1	3000	<b>3000</b>
7.07	Celda alta tensión de seccionador con seccionador a tierra y autoválvula	Und.	1	4000	<b>4000</b>
7.08	Relé Siprotec 7SJ63 de Siemens	Und.	2	3000	<b>6000</b>
7.09	Unidad de Teledisparo	Und.	1	2000	<b>2000</b>
<b>8,00 SEGURIDAD Y SALUD EN OBRA</b>					
<b>TOTAL</b>					<b>118284,3</b>

Fuente: Elaboración Propia

### C. Costos de Operación y Mantenimiento

Los Costos de Operación en los que se incurrirá, se muestran a continuación.

**Tabla 22.**  
**Costos Operativos**

<b>Detalle</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Sueldo Mensual US\$</b>	<b>Meses</b>	<b>Sueldo Anual US\$</b>
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: Elaboración Propia

Así mismo los Costos de Mantenimiento serán de US\$ 300 mensuales los cuales serán básicamente para el mantenimiento de la Turbina, esto de acuerdo al fabricante. Haciendo un total Anual de \$ 3 600.

Por lo tanto, los Costos de Operación y Mantenimiento al año ascienden de \$ 40 800.

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

#### **4.4.2. Ingresos**

##### **A. Costo de la Energía Generada**

Se calcula mediante el LCOE que es el Coste Teórico de Generar Energía Eléctrica, incluye la inversión inicial, tasa de descuento, así como los costes de mantenimiento y operación. La fórmula para analizarlo es la siguiente.

- $t$  = Vida estimada de la instalación
- $i$  = Inversión inicial

- Mt = costes de operación y mantenimiento
- E = Energía generada durante la vida del sistema
- r = Tasa de descuento

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

i = Inversión Inicial (\$)	118284,30
E = Energía durante la vida del sistema (20 años) (kW-h)	14454000,00
Mt = Costes de operación y mantenimiento (\$)	816000,00
r = Tasa de descuento	0,12
<b>COSTO kW-h (\$/kW-h)</b>	<b>0,06</b>
<b>COSTO kW-h (\$/kW-h)</b>	<b>0,21</b>

#### 4.4.3. Evaluación Económica

La evaluación Económica lo calculamos considerando los siguientes parámetros:

##### A. Egresos

Los egresos están dados por la Inversión a realizar para construir el Sistema de Generación Undimotriz y por los Costos de Operación y Mantenimiento:

La Inversión: \$ 118284,30

Los Costos de Operación y Mantenimiento: \$ 40 800

##### B. Ingresos

Los ingresos están dados por lo que se deja de gastar en combustible con el actual grupo electrógeno y los gastos de mantenimiento que involucra su operación:

Gastos en Combustible Anual:

GRUPO ELECTROGENO	50	kW
CONSUMO	14	L/h
HORAS AL AÑO	4536	h
PRECIO LITRO	1	US\$/L
COSTO ANUAL	63504	US\$

Gastos de Mantenimiento al Año: US\$ 606,10

### C. CÁLCULO DE LOS INDICADORES ECONÓMICOS.

Con los valores antes mencionados y considerando:

Tasa de Descuento: 12%

Periodo de Evaluación: 20 años

Se procede a realizar los cálculos:

AÑOS	0	1	2	3	4	17	18	19	20
<b>EGRESOS</b>	-118284,3	-40800	-40800	-40800	-40800	-40800	-40800	-40800	-40800
Inversión	-118284,3								
Operación y Mantenimiento		-40800	-40800	-40800	-40800	-40800	-40800	-40800	-40800
<b>INGRESOS</b>		64110,1	64110,1	64110,1	64110,1	64110,1	64110,1	64110,1	64110,1
Ahorro de Combustible		63504	63504	63504	63504	63504	63504	63504	63504
Ahorro x.mantenimiento		606,1	606,1	606,1	606,1	606,1	606,1	606,1	606,1
<b>BENEFICIOS NETOS</b>	-118284,3	23310,0606	23310,0606	23310,0606	23310,0606	23310,0606	23310,0606	23310,0606	23310,0606

Fuente: Elaboración propia

Obteniendo los siguientes resultados:

<b>VNA (US\$)</b>	<b>55828,88358</b>
<b>TIR</b>	<b>19%</b>

En el Anexo 3, presentamos la Evaluación Económica en los 20 años.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. Conclusiones**

Las conclusiones del presente trabajo de investigación son:

- La máxima demanda del astillero MARYPOL EIRL es de 86 kW, lo que incluye las oficinas administrativas, la maquinaria y las herramientas a utilizar.
- El recurso energético undimotriz del litoral de Salaverry que se utilizará para el presente trabajo de investigación tiene las siguientes características:
  - Longitud: 362,7 m; Celeridad de la Ola: 24,3 m/s; Flujo de Energía: 51,3 kW/m; Energía Total: 6300 kJ/m<sup>2</sup>.
  - Para el presente de investigación se toma como Flujo de Energía: 50,0 kW/m.
- La potencia de la central de generación undimotriz será de 110 kW de tal forma que pueda cumplir con la máxima demanda y potencia instalada del astillero que es de 86 Kw., se utilizará dos turbinas well de 55 kW, considerando que la eficiencia de las turbinas es de 86,7% y la eficiencia de los generadores es de 97%.
- El sistema de generación eléctrica undimotriz se ubicará en las siguientes coordenadas UTM (WGS 84): E 721227,80; N 9092417,85. La tecnología a utilizar será de columna oscilante de agua (OWC). Se utilizarán 02 turbinas del tipo Wells, paso fijo, potencia nominal 55 kW, Altura 2,83, Ancho Mínimo 1,25 m. El dique de abrigo tendrá una longitud de 25 m y con un ancho 12,25 m. La cámara tendrá una longitud es de 12 m con un ancho 4,50 m. La compuerta tendrá 3,10 metro de anchura por 3,20 metros de altura. Cada generador eléctrico

tendrá un potencia nominal 55 kW, velocidad 3000 RPM. El edificio de la minicentral tendrá 10 metros de largo por 4 metros de ancho y altura de 3 metros.

- La inversión a realizar es de US\$ 118 284.3, la operación y mantenimiento al año es de \$ 40 800, la energía producida al año es de 722,700.00 kW-h, el costo de producción de la energía es de 0,06 \$/kW-h (0,21 S./kW-h), Luego de realizar la evaluación económica se obtiene un valor actual neto (VAN) de US\$ 55 828,88 y una tasa de interés retorno (TIR) de 19 %.
- Por lo tanto, se concluye que el proyecto es viable.

## **5.2. Recomendaciones**

- Realizar un estudio del potencial undimotriz existente en el litoral de La Libertad, con el fin de incluirlo como parte del sistema eléctrico interconectado nacional.
- Realizar una evaluación de la instalación de sistemas de generación undimotriz Offshore, pues en el presente trabajo de investigación se ha optado por los Sistemas de generación undimotriz shorlaine.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**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 Funcion 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.

**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.

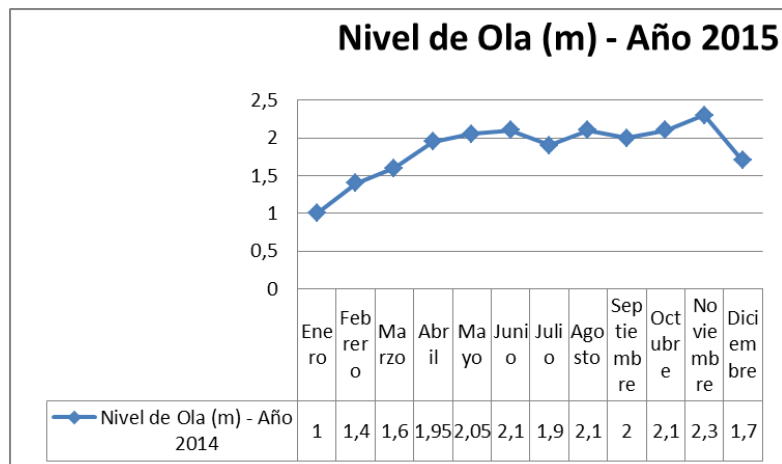
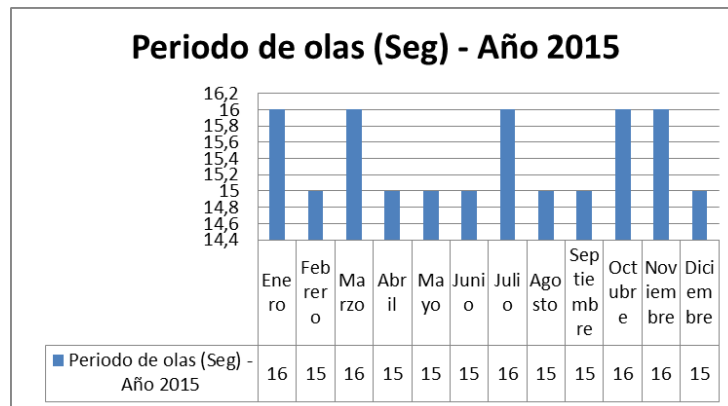


**Williams Calderón Muñoz, Sebastián Maggi Silva. 2015.** Análisis de un Dispositivo Oscilante como Medio de Captación de Energía Undimotriz. Santiago de Chile : Universidad de Chile, 2015.

## ANEXOS

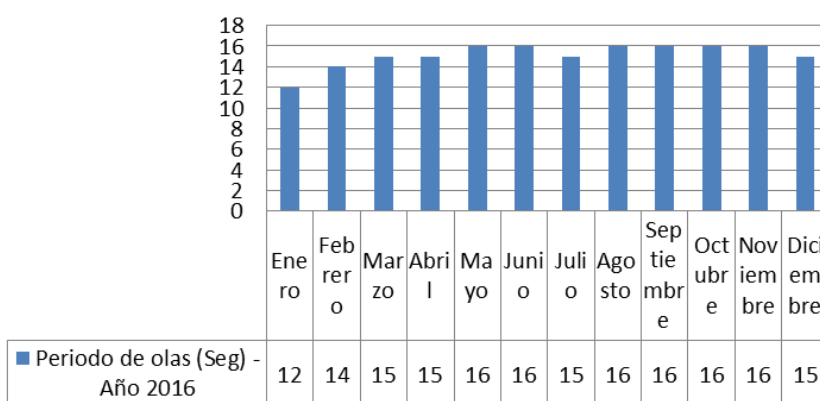
### ANEXO 1: Datos del potencial de las Olas en el Litoral de Salaverry

MES	Nivel de Ola (m) - Año 2015	Periodo de olas (Seg) - Año 2015	$\gamma$ (metros)	C (m/s)	Cg (m/s)	Flujo de energía (kW/m):	Energía (kJ/m2):
Enero	1	16	399,30	24,96	12,48	15,71	2011,35
Febrero	1,4	15	350,95	23,40	11,70	28,87	3464,87
Marzo	1,6	16	399,30	24,96	12,48	40,23	5149,06
Abril	1,95	15	350,95	23,40	11,70	56,02	6722,02
Mayo	2,05	15	350,95	23,40	11,70	61,91	7429,14
Junio	2,1	15	350,95	23,40	11,70	64,97	7795,95
Julio	1,9	16	399,30	24,96	12,48	56,73	7260,98
Agosto	2,1	15	350,95	23,40	11,70	64,97	7795,95
Septiembre	2	15	350,95	23,40	11,70	58,93	7071,16
Octubre	2,1	16	399,30	24,96	12,48	69,30	8870,06
Noviembre	2,3	16	399,30	24,96	12,48	83,13	10640,05
Diciembre	1,7	15	350,95	23,40	11,70	42,57	5108,91
PROMEDIOS			371,09	24,05	12,02	53,61	6609,96

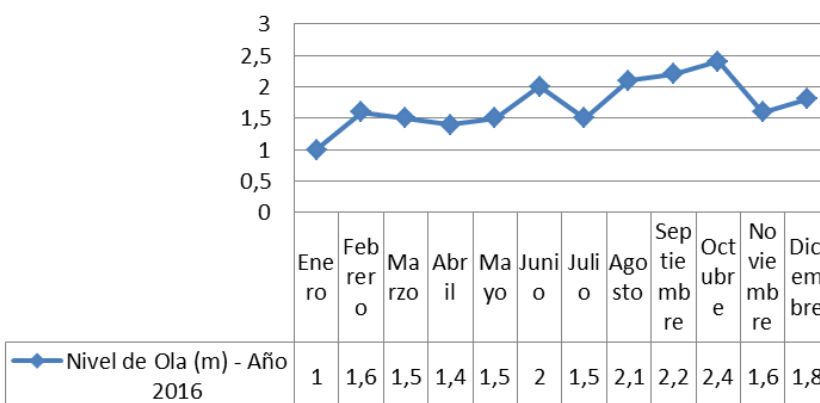


MES	Nivel de Ola (m) - Año 2016	Periodo de olas (Seg) - Año 2016	$\gamma$ (metros)	C (m/s)	Cg (m/s)	Flujo de energía (kW/m):	Energía (kJ/m2):
Enero	1	12	224,61	18,72	9,36	11,79	1131,39
Febrero	1,6	14	305,71	21,84	10,92	35,20	3942,25
Marzo	1,5	15	350,95	23,40	11,70	33,15	3977,53
Abril	1,4	15	350,95	23,40	11,70	28,87	3464,87
Mayo	1,5	16	399,30	24,96	12,48	35,36	4525,54
Junio	2	16	399,30	24,96	12,48	62,85	8045,41
Julio	1,5	15	350,95	23,40	11,70	33,15	3977,53
Agosto	2,1	16	399,30	24,96	12,48	69,30	8870,06
Septiembre	2,2	16	399,30	24,96	12,48	76,05	9734,95
Octubre	2,4	16	399,30	24,96	12,48	90,51	11585,39
Noviembre	1,6	16	399,30	24,96	12,48	40,23	5149,06
Diciembre	1,8	15	350,95	23,40	11,70	47,73	5727,64
PROMEDIOS			360,83	23,66	11,83	47,02	5844,30

### Periodo de olas (Seg) - Año 2016

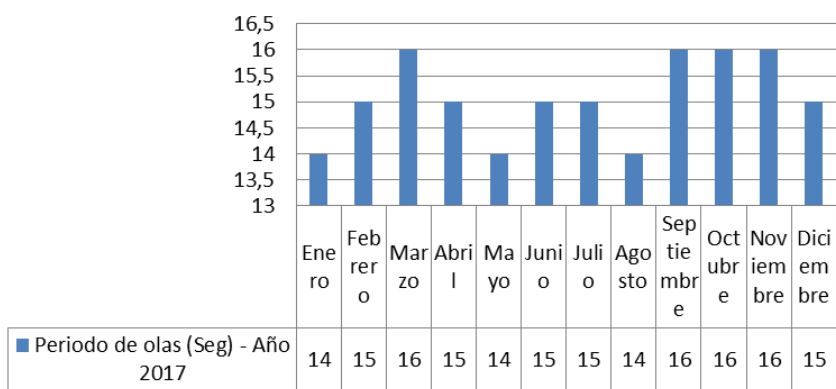


### Nivel de Ola (m) - Año 2016

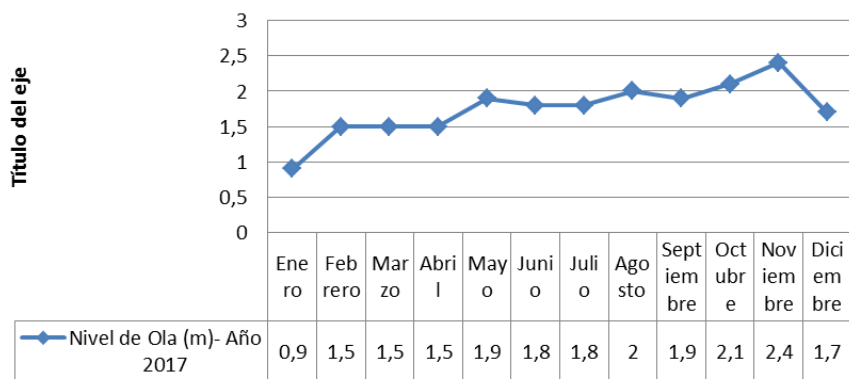


MES	Nivel de Ola (m)- Año 2017	Periodo de olas (Seg) - Año 2017	Y (metros)	C (m/s)	Cg (m/s)	Flujo de energía (kW/m):	Energía (kJ/m2):
Enero	0,9	14	305,71	21,84	10,92	11,14	1247,35
Febrero	1,5	15	350,95	23,40	11,70	33,15	3977,53
Marzo	1,5	16	399,30	24,96	12,48	35,36	4525,54
Abril	1,5	15	350,95	23,40	11,70	33,15	3977,53
Mayo	1,9	14	305,71	21,84	10,92	49,64	5559,19
Junio	1,8	15	350,95	23,40	11,70	47,73	5727,64
Julio	1,8	15	350,95	23,40	11,70	47,73	5727,64
Agosto	2	14	305,71	21,84	10,92	55,00	6159,77
Septiembre	1,9	16	399,30	24,96	12,48	56,73	7260,98
Octubre	2,1	16	399,30	24,96	12,48	69,30	8870,06
Noviembre	2,4	16	399,30	24,96	12,48	90,51	11585,39
Diciembre	1,7	15	350,95	23,40	11,70	42,57	5108,91
PROMEDIOS			355,76	23,53	11,76	47,67	5810,63

**Periodo de olas (Seg) - Año 2017**



**Nivel de Ola (m)- Año 2017**

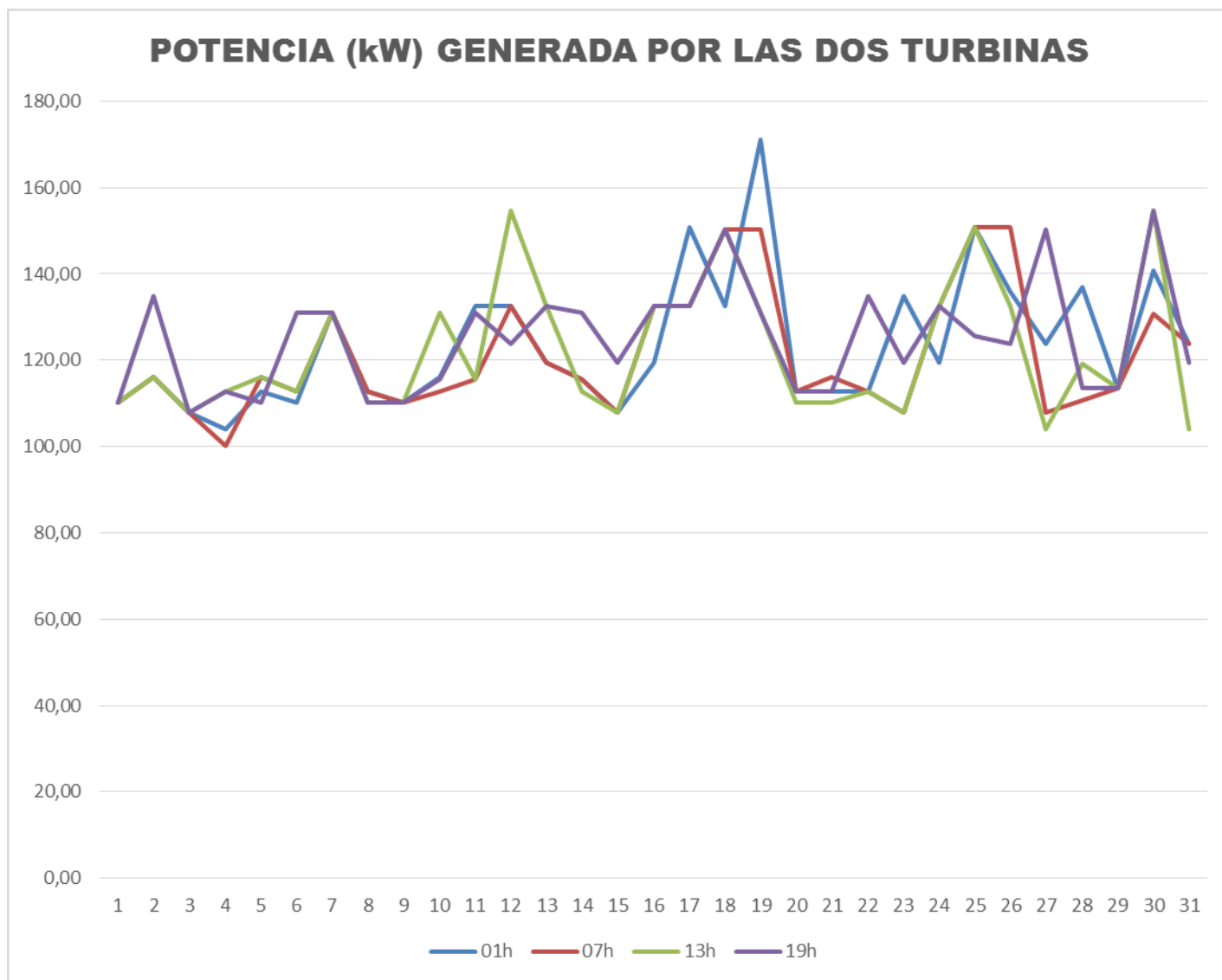


## ANEXO 2: Diagrama de la Potencia (kW) a Generar por Hora

GFS 27 km	Olas (m)				Período olas (seg)				POTENCIA GENERADA POR UNA TURBINA (kW)				POTENCIA GENERADA POR DOS TURBINAS (kW)			
	01h	07h	13h	19h	01h	07h	13h	19h	01h	07h	13h	19h	01h	07h	13h	19h
01.01.2015	1,2	1,2	1,2	1,2	39	39	39	39	55,16	55,16	55,16	55,16	110,31	110,31	110,31	110,31
02.01.2015	1,3	1,3	1,3	1,4	35	35	35	35	58,09	58,09	58,09	67,37	116,18	116,18	116,18	134,74
03.01.2015	1,4	1,4	1,4	1,4	28	28	28	28	53,90	53,90	53,90	53,90	107,80	107,80	107,80	107,80
04.01.2015	1,4	1,4	1,3	1,3	27	26	34	34	51,97	50,05	56,43	56,43	103,95	100,10	112,86	112,86
05.01.2015	1,3	1,3	1,3	1,2	34	35	35	39	56,43	58,09	58,09	55,16	112,86	116,18	116,18	110,31
06.01.2015	1,2	1,3	1,3	1,4	39	34	34	34	55,16	56,43	56,43	65,45	110,31	112,86	112,86	130,90
07.01.2015	1,4	1,4	1,4	1,4	34	34	34	34	65,45	65,45	65,45	65,45	130,90	130,90	130,90	130,90
08.01.2015	1,3	1,3	1,2	1,2	34	34	39	39	56,43	56,43	55,16	55,16	112,86	112,86	110,31	110,31
09.01.2015	1,2	1,2	1,2	1,2	39	39	39	39	55,16	55,16	55,16	55,16	110,31	110,31	110,31	110,31
10.01.2015	1,3	1,3	1,4	1,4	35	34	34	30	58,09	56,43	65,45	57,75	116,18	112,86	130,90	115,50
11.01.2015	1,5	1,4	1,4	1,4	30	30	30	34	66,29	57,75	57,75	65,45	132,58	115,50	115,50	130,90
12.01.2015	1,5	1,5	1,5	1,5	30	30	35	28	66,29	66,29	77,34	61,87	132,58	132,58	154,68	123,75
13.01.2015	1,5	1,5	1,5	1,5	27	27	30	30	59,66	59,66	66,29	66,29	119,33	119,33	132,58	132,58
14.01.2015	1,4	1,4	1,3	1,4	30	30	34	34	57,75	57,75	56,43	65,45	115,50	115,50	112,86	130,90
15.01.2015	1,4	1,4	1,4	1,5	28	28	28	27	53,90	53,90	53,90	59,66	107,80	107,80	107,80	119,33
16.01.2015	1,5	1,5	1,5	1,5	27	30	30	30	59,66	66,29	66,29	66,29	119,33	132,58	132,58	132,58
17.01.2015	1,6	1,5	1,5	1,5	30	30	30	30	75,43	66,29	66,29	66,29	150,85	132,58	132,58	132,58
18.01.2015	1,5	1,5	1,5	1,5	30	34	34	34	66,29	75,13	75,13	75,13	132,58	150,26	150,26	150,26
19.01.2015	1,6	1,5	1,4	1,4	34	34	34	34	85,48	75,13	65,45	65,45	170,96	150,26	130,90	130,90
20.01.2015	1,3	1,3	1,2	1,3	34	34	39	34	56,43	56,43	55,16	56,43	112,86	112,86	110,31	112,86
21.01.2015	1,3	1,3	1,2	1,3	34	35	39	34	56,43	58,09	55,16	56,43	112,86	116,18	110,31	112,86
22.01.2015	1,3	1,3	1,3	1,4	34	34	34	35	56,43	56,43	56,43	67,37	112,86	112,86	112,86	134,74
23.01.2015	1,4	1,4	1,4	1,5	35	28	28	27	67,37	53,90	53,90	59,66	134,74	107,80	107,80	119,33
24.01.2015	1,5	1,5	1,5	1,5	27	30	30	30	59,66	66,29	66,29	66,29	119,33	132,58	132,58	132,58
25.01.2015	1,6	1,6	1,6	1,6	30	30	30	25	75,43	75,43	75,43	62,85	150,85	150,85	150,85	125,71
26.01.2015	1,6	1,6	1,5	1,5	27	30	30	28	67,88	75,43	66,29	61,87	135,77	150,85	132,58	123,75
27.01.2015	1,5	1,4	1,4	1,5	28	28	27	34	61,87	53,90	51,97	75,13	123,75	107,80	103,95	150,26
28.01.2015	1,5	1,6	1,7	1,7	31	22	21	20	68,50	55,31	59,60	56,77	137,00	110,62	119,21	113,53
29.01.2015	1,7	1,7	1,7	1,7	20	20	20	20	56,77	56,77	56,77	56,77	113,53	113,53	113,53	113,53
30.01.2015	1,6	1,6	1,5	1,5	28	26	35	35	70,40	65,37	77,34	77,34	140,79	130,74	154,68	154,68
31.01.2015	1,5	1,5	1,4	1,5	28	28	27	27	61,87	61,87	51,97	59,66	123,75	123,75	103,95	119,33

POTENCIA MINIMA (kW)	50,05
POTENCIA MAXIMA (kW)	85,48
POTENCIA MEDIA (kW)	61,45

POTENCIA MINIMA (kW)	100,10
POTENCIA MAXIMA (kW)	170,96
POTENCIA MEDIA (kW)	122,91



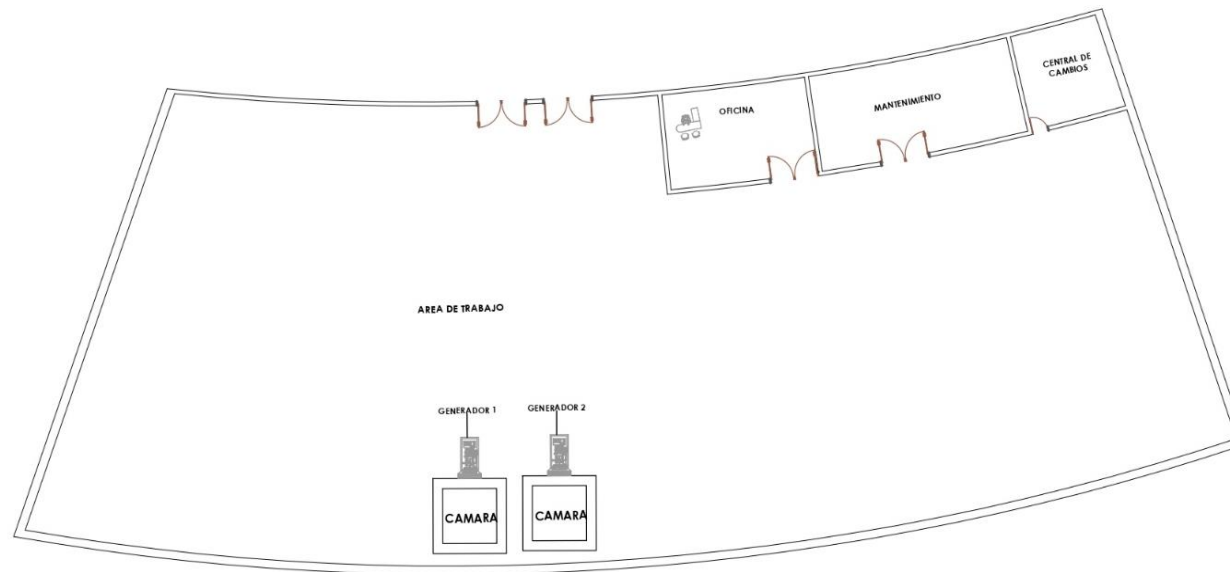
### ANEXO 3: Evaluación Económica

AÑOS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<b>EGRESOS</b>	-118284,3	-40800	-40800	-40800	-40800	-40800	-40800	-40800	-40800	-40800	-40800	-40800	-40800	-40800	-40800	-40800	-40800	-40800	-40800	-40800	-40800
Inversión	-118284,3																				
Operación y Mantenimiento		-40800	-40800	-40800	-40800	-40800	-40800	-40800	-40800	-40800	-40800	-40800	-40800	-40800	-40800	-40800	-40800	-40800	-40800	-40800	-40800
<b>INGRESOS</b>		64110,1	64110,1	64110,1	64110,1	64110,1	64110,1	64110,1	64110,1	64110,1	64110,1	64110,1	64110,1	64110,1	64110,1	64110,1	64110,1	64110,1	64110,1	64110,1	64110,1
Ahorro de Combustible		63504	63504	63504	63504	63504	63504	63504	63504	63504	63504	63504	63504	63504	63504	63504	63504	63504	63504	63504	63504
Ahorro x mantenimiento		606,1	606,1	606,1	606,1	606,1	606,1	606,1	606,1	606,1	606,1	606,1	606,1	606,1	606,1	606,1	606,1	606,1	606,1	606,1	606,1
<b>BENEFICIOS NETOS</b>	-118284,3	23310,0606	23310,0606	23310,061	23310,06061	23310,06061	23310,06061	23310,06061	23310,06061	23310,06061	23310,06061	23310,06061	23310,06061	23310,06061	23310,06061	23310,06061	23310,06061	23310,06061	23310,06061	23310,06061	23310,06061

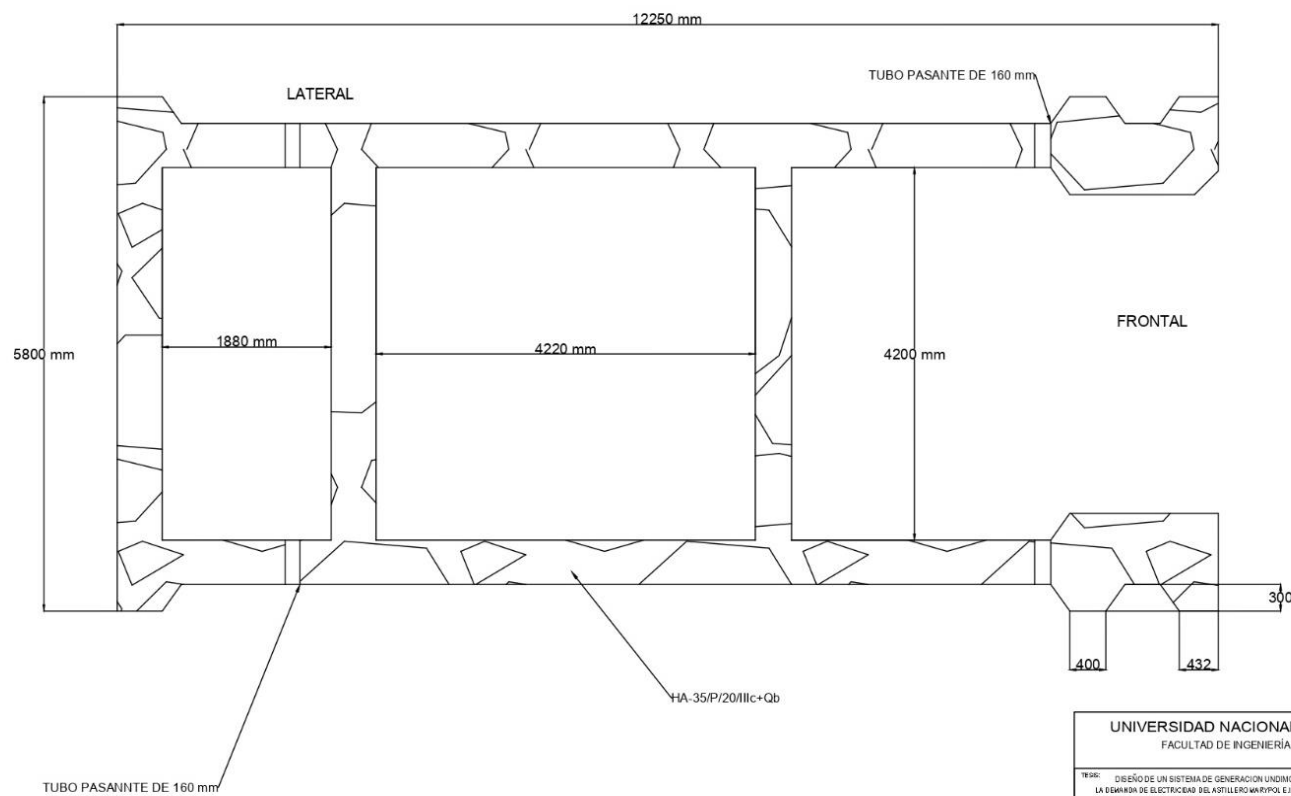
## **ANEXO 4: Planos**





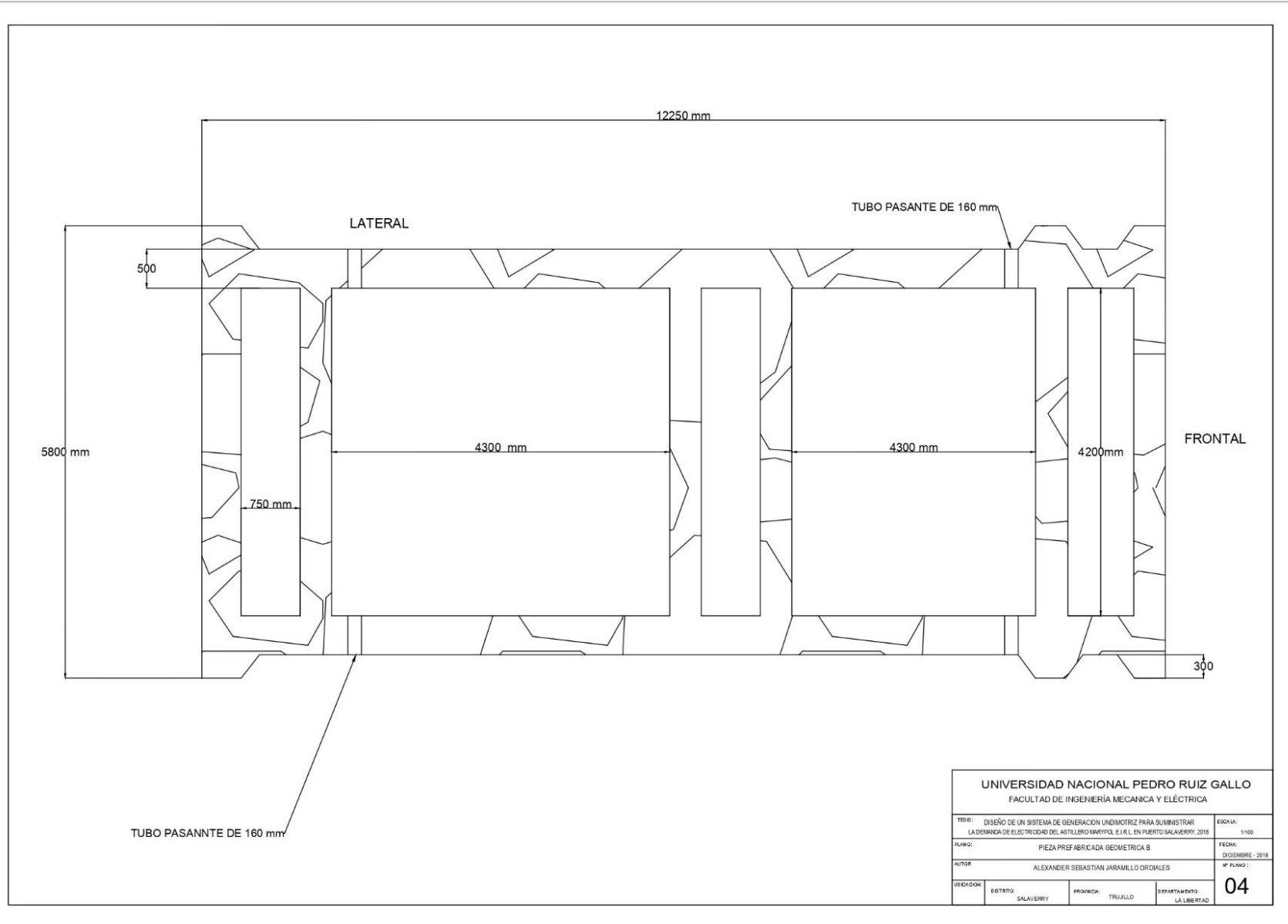


UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO			
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA			
TÍTULO:	DISEÑO DE SISTEMA DE GENERACIÓN UNICENTRIZ PARA SUMINISTRAR LA DEMANDA DE ELECTRICIDAD DEL ASTILLERO MARIPOL E.I.R.L. EN PUERTO SALAVERRY, 2018		ESCALA:
PLANO:	PLANO DE DISTRIBUCIÓN		1/100
AUTOR:	ALEXANDER SEBASTIAN JARAMILLO ORDIALES		FECHA:
EDICIÓN:	SISTEMA:	PROYECTO:	Nº PLANO:
	SALAVERRY	TRUJILLO	02
		DEPARTAMENTO:	LA LIBERTAD

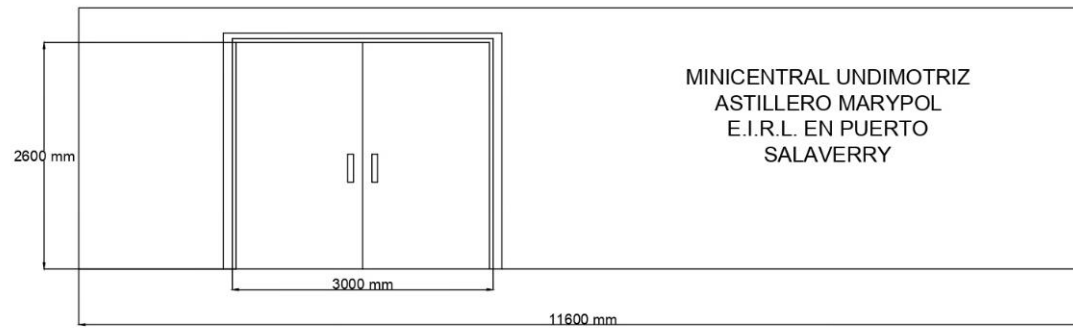


UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

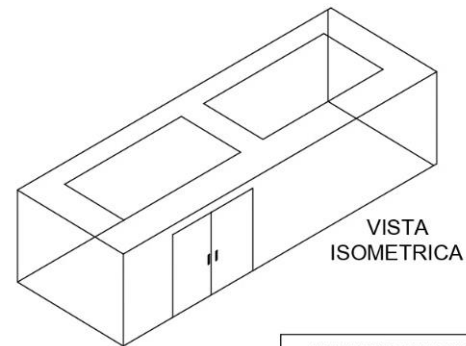
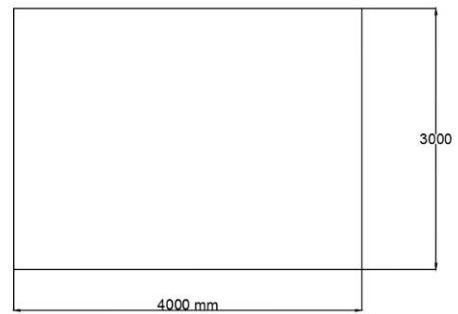
TÍTULO:	DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN UNIDIMOTRIZ PARA SUMINISTRAR LA DEMANDA DE ELECTRICIDAD DEL ASTILLERO MARIPOSA E.I.R.L. EN PUERTO SALAVERRY, D.R.	ESCALA:	1/100
PLANO:	PIEZA PREFABRICADA GEOMETRICA A	FECHA:	DICIEMBRE - 2018
AUTOR:	ALEXANDER SEBASTIAN JARAMILLO ORDALES	Nº PLANO:	03
DIRECCIÓN:	DISTRITO: SALAVERRY	PROVINCIA:	TRUJILLO
		DEPARTAMENTO:	LA LIBERTAD



ALZADO



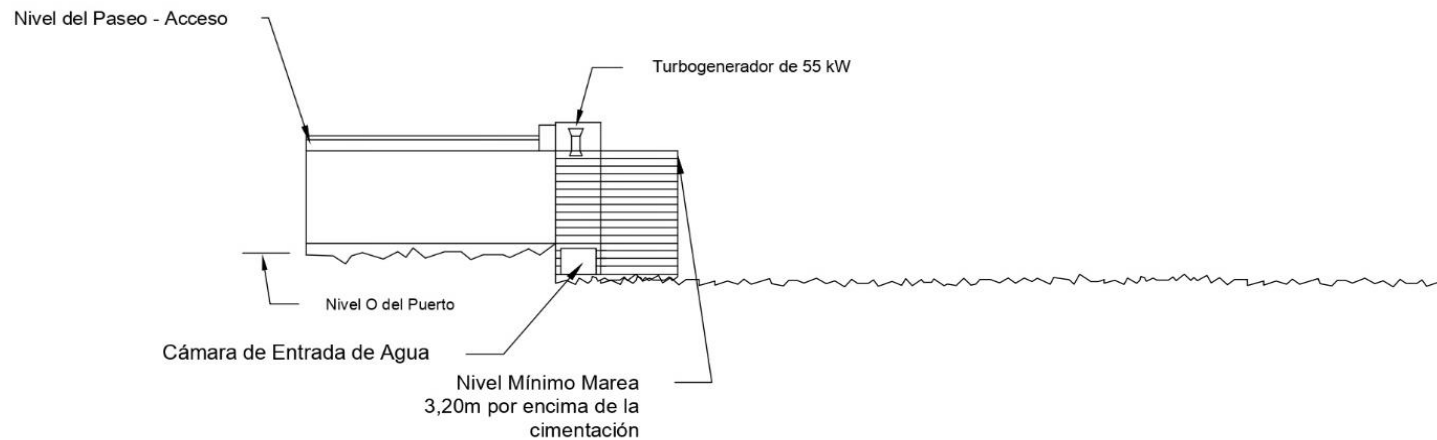
PERFIL



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ G ALLO				
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA				
TÍTULO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN UNDIMOTRIZ PARA SUMINISTRAR LA DEMANDA DE ELECTRICIDAD DEL ASTILLERO MARYPOL E.I.R.L. EN PUERTO SALAVERRY, 2018			ESCALA: 1/100	
PLANO: MÓDULO PREFABRICADO			FECHA: DICIEMBRE - 2018	
AUTOR: ALEXANDER SEBASTIÁN JARAMILLO ORDÓÑEZ			N° PLANO: 05	
DIRECCIÓN:	DISTRITO: SALAVERRY	PROVINCIA: TRIUNFO	DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD	

# MINICENTRAL UNDIMOTRIZ ASTILLERO MARYPOL E.I.R.L.

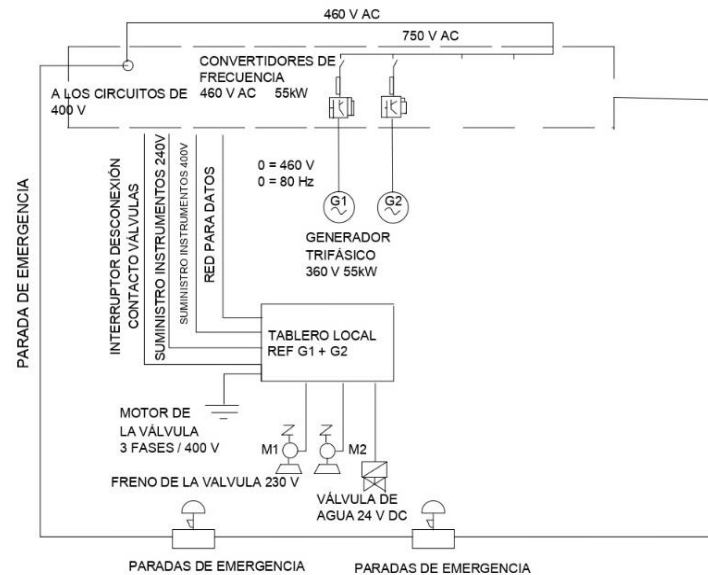
## DIQUE - PUERTO SALAVERRY



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO			
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA			
TEMA:	DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN UNDIMOTRIZ PARA SUMINISTRAR LA DEMANDA DE ELECTRICIDAD DEL ASTILLERO MARYPOL E.I.R.L. EN PUERTO SALAVERRY, 2018		ESCALA: 1/100
PLANO:	DIQUE Y DISTRIBUCIÓN DEL SISTEMA DE GENERACIÓN UNDIMOTRIZ		FECHA: DICIEMBRE - 2018
AUTOR:	ALEXANDER SEBASTIAN JARAMILLO ORDIALES		Nº PLANO: 06
UBICACIÓN:	DISTRITO: SALAVERRY	PROVINCIA: TRUJILLO	DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD

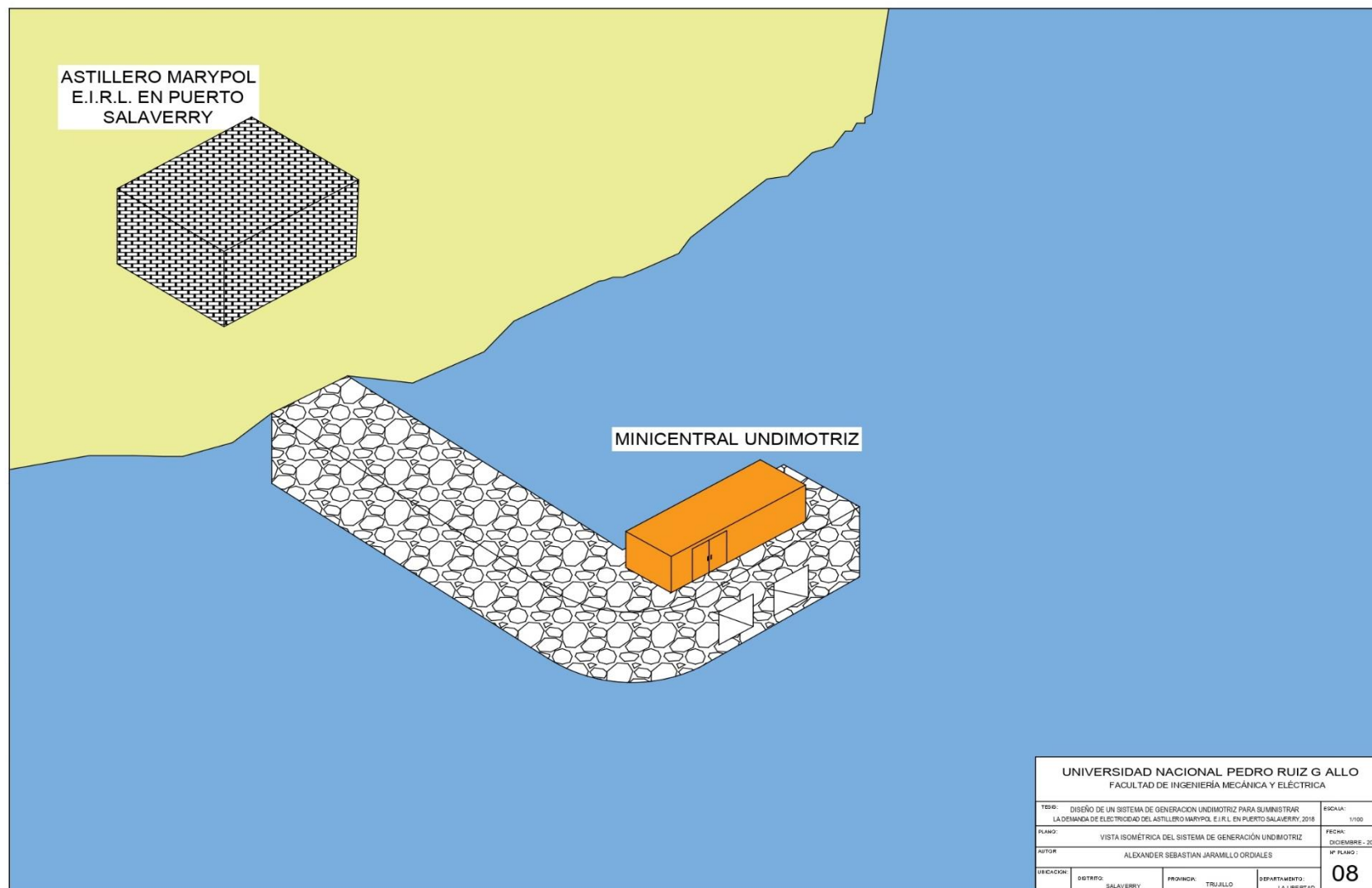
# PLANO UNIFILIAR

## SALA DE TRANSFORMACIÓN Y DISTRIBUCIÓN



## SALA DE TURBINAS

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO			
FACULTAD DE INGENIERÍA			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA			
TEMA:	DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACION UNIMOTRIZ PARA SUMINISTRAR LA DEMANDA DE ELECTRICIDAD DEL ASTILLERO MARYPOL E.I.R.L. EN PUERTO SALAVERRY, 2018		ESCALA: 1/100
PLANO:	ESQUEMA UNIFILAR		FECHA: DICIEMBRE-2018
AUTOR:	ALEXANDER SEBASTIAN JARAMILLO ORDALES		Nº PLANO: 07
UBICACION:	DISTRITO: SALAVERRY	PROVINCIA: TRUJILLO	DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ G ALLO				
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA				
TÍTULO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN UNDIMOTRIZ PARA SUMINISTRAR LA DEMANDA DE ELECTRICIDAD DEL ASTILLERO MARYPOL E.I.R.L. EN PUERTO SALAVERRY, 2018			ESCALA:	1/100
PLANO: VISTA ISOMÉTRICA DEL SISTEMA DE GENERACIÓN UNDIMOTRIZ			FECHA:	DICIEMBRE - 2018
AUTOR: ALEXANDER SEBASTIAN JARAMILLO ORDIALES			Nº PLANO:	08
UBICACIÓN:	DISTRITO: SALAVERRY	PROVINCIA: TRUJILLO	DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD	