



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO-MECÁNICA

TEMA:

**Análisis para la Generación de Energía Eléctrica mediante un Sistema
Undimotriz y su aplicabilidad en el Litoral del Ecuador**

AUTOR:

Saltos Pilamunga, Jonathan Darío

Trabajo de Titulación previo a la obtención del grado de
INGENIERO ELÉCTRICO MECÁNICO

TUTOR:

Montenegro Tejada, Raúl

Guayaquil, Ecuador

17 de marzo del 2017



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO-MECÁNICA

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr.
Saltos Pilamunga, Jonathan Darío como requerimiento para la obtención
del título de **INGENIERO ELÉCTRICO MECÁNICO CON MENCIÓN EN
GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL**

TUTOR

Montenegro Tejada, Raúl

DIRECTOR DE CARRERA

Heras Sánchez, Miguel Armando

Guayaquil, a los 17 del mes de marzo del año 2017



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO-MECÁNICA

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Saltos Pilamunga, Jonathan Darío**

DECLARO QUE:

El trabajo de titulación “**Análisis para la Generación de Energía Eléctrica mediante un Sistema Undimotriz y su aplicabilidad en el Litoral del Ecuador.**” previo a la obtención del Título de **Ingeniero en Eléctrico Mecánico**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 17 del mes de marzo del año 2017

EL AUTOR

SALTOS PILAMUNGA, JONATHAN DARIO



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO-MECÁNICA

AUTORIZACIÓN

Yo, **Salto Pilamunga, Jonathan Darío**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **“Análisis para la Generación de Energía Eléctrica mediante un Sistema Undimotriz y su aplicabilidad en el Litoral del Ecuador”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 17 del mes de marzo del año 2017

EL AUTOR

SALTOS PILAMUNGA, JONATHAN DARIO

REPORTE DE URKUND

URKUND

Documento [TRABAJO TITULACION Jonathan Saltos.docx](#)
(D25799347)

Presentado 2017-02-16 15:59 (-05:00)

Presentado por fernandopm23@hotmail.com

Recibido edwin.palacios.ucsg@analysis.orkund.com

Mensaje RV: Revisión Urkund [Mostrar el mensaje completo](#)
3% de esta aprox. 53 páginas de documentos

Lista de fuentes Bloques

+	Categoría	Enlace/nombre de archivo	▣
+	■	http://www.ehu.eus/sgi/ARCHIV...	<input checked="" type="checkbox"/>
+	> ■	tesis Andrea Nieto E.docx	<input type="checkbox"/>
+	■	TESIS HARNISTH 29 Agosto.docx	<input type="checkbox"/>
+	■	TESIS OSPINA PARA REVISIÓN.d...	<input type="checkbox"/>
+	■	Copia de Tesis Energia Solar V6...	<input type="checkbox"/>

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA

DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO-MECÁNICA

TEMA: Análisis para la Generación de Energía Eléctrica mediante un Sistema Undimotriz y su aplicabilidad en el Litoral del Ecuador

AUTOR: Saltos Pilamunga Jonathan Darío

Trabajo de Titulación previo a la obtención del grado de

INGENIERO ELÉCTRICO MECÁNICO CON MENCIÓN EN GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL

TUTOR: Ing. Montenegro Tejada Raúl

0 Advertencias

DEDICATORIA

A Dios por darme salud fuerza y dedicación en el transcurso de mi vida universitaria. A mi familia por todos sus buenos consejos y por ser el apoyo incondicional durante toda mi carrera.

A todos los profesores que me brindaron sus conocimientos y su experiencia durante todos los años de la carrera para así poder lograr la meta de graduarme.

Jonathan Saltos Pilamunga

AGRADECIMIENTO

Primero a Dios por llenarme de bendiciones durante esta etapa de mi vida y así poder cumplir este logro a base de esfuerzo y dedicación.

A mi padre por ser el apoyo en todas las situaciones que se ha presentado en esta etapa universitaria, a mi madre que con su sabiduría y buenos consejos me ha enseñado durante toda mi vida, ser una persona responsable, ayudando así a culminar esta etapa universitaria con éxito, a mi hermana que me ha brindado en todo momento su confianza.

Jonathan Saltos Pilamunga



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO-MECÁNICA

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

MONTENEGRO TEJADA, RAÚL
TUTOR

f. _____

HERAS SÁNCHEZ, MIGUEL ARMANDO
DIRECTOR DE CARRERA

f. _____

PHILCO ASQUI, LUIS ORLANDO
COORDINADOR DE TITULACIÓN

Índice General

Índice De Figuras.....	XIII
Índice De Tablas.....	XVI
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	2
1.1. Introducción.....	2
1.2. Antecedentes.	3
1.3. Justificación del Problema.	4
1.4. Definición del problema.....	4
1.5. Objetivos del Problema de Investigación.	4
1.5.1. Objetivo General.	4
1.5.2. Objetivos Específicos.....	4
1.6. Metodología de Investigación	5
CAPÍTULO 2: FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE ENERGÍA UNDIMOTRIZ....	6
2.1. Energía Renovable	6
2.1.1. Tipos de Energía Renovables	6
2.1.2. Energía Eólica	6
2.1.3. Energía Solar.....	7
2.1.4. Energía Hidráulica.....	9
2.1.5. Energía Geotérmica.....	12
2.1.6. Energía Por Biomasa.....	14
2.2. Energía del Mar.....	16
2.2.1. Energía de las Mareas (Mareomotriz)	17
2.2.2. Método de Generación	17
2.2.3. Energía Mareomotriz dinámica.....	18
2.3. Energía Undimotriz	19
2.3.1. Clasificación del Oleaje	21
2.3.2. Predicción del Fenómeno.....	22

2.3.3.	Parámetros de las Olas	22
2.3.4.	Fenómenos Principales de las Olas.....	23
2.3.5.	Densidad de las Olas en el Mundo	24
2.3.6.	Clasificación de Dispositivos Captadores de Energía de las Olas.....	25
2.4.	Sistemas de Generación de Energía undimotriz	33
2.4.1.	Convertidores de electrónica de potencia	33
2.4.2.	Generador eléctrico rotativo.....	34
2.4.3.	Generador Síncrono por inducción	35
2.4.4.	Generador Síncrono por Imanes Permanentes	37
2.5.	Máquina asíncrona	40
2.5.1.	Generador eléctrico lineal	42
2.5.2.	Tipos de generadores lineales.....	43
2.6.	Sistemas de transmisión de la energía undimotriz.....	43
2.7.	Tipos de conexión para una generación undimotriz.....	44
2.7.1.	Primera conexión	44
2.7.2.	Segunda conexión	44
2.7.3.	Tercera conexión	45
2.7.4.	Cuarta conexión	45
2.7.5.	Ventajas e Inconvenientes de las conexiones para la transmisión de energía undimotriz	46
2.8.	Cableado Submarino.....	46
2.8.1.	Estructura del cable submarino	46
2.8.2.	Conductor Central.....	47
2.8.3.	Aislamiento Eléctrico	48
2.8.4.	Pantalla metálica.....	50
2.8.5.	Armadura	50
2.8.6.	Fibra Óptica	50

2.8.7.	Estructura de la Fibra Óptica	51
2.9.	Subestaciones offshore	51
2.9.1.	Subestación Submarina	52
2.9.2.	Ventajas y desventajas de una subestación submarina	53
CAPÍTULO 3: ANALISIS Y DESARROLLO		55
3.1.	Análisis y desarrollo de un parque undimotriz en la costa del ecuador.....	55
3.2.	Normativa legal que rige para el desarrollo de centrales de energía renovable en el Ecuador.....	55
3.3.	Determinación y selección de puntos de instalación.....	56
3.4.	Descripción del dispositivo POWER BUOY	58
3.4.1.	Tecnología	58
3.4.2.	Costo del dispositivo.....	58
3.4.3.	Funcionamiento del dispositivo.....	58
3.4.4.	Diseño del dispositivo Power Buoy	59
3.4.5.	Capacidad instalada	60
3.5.	Metodología de instalación Power Buoy (Boya de Poder)	60
3.5.1.	Instalación de amarre	60
3.5.2.	Instalación de Boya de Potencia (POWER BOUY)	62
3.6.	Periodo de Instalación, operación y mantenimiento del dispositivo captadores de olas POWER BUOY	63
3.7.	Subestación submarina (Underwater Substation Pod - USP).....	64
3.7.1.	Características de la subestación Submarina USP.....	65
3.7.2.	Fiabilidad y ciclo de vida	66
3.7.3.	Conectores de la Subestación Submarina	67
3.8.	Potencia del transformador offshore	68
3.8.1.	Transformador Recomendado.....	68
3.8.2.	Características del transformador sumergible	68

3.8.3.	BIL (Nivel Básico de Aislamiento) del Transformador.....	70
3.8.4.	Distribución de la energía eléctrica generado por sistema undimotriz.....	70
3.9.	Presupuesto del diseño.....	71
3.10.	Implantación de la generación Undimotriz	73
3.11.	Diagrama Unifilar de la generación Undimotriz	74
CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		75
4.1.	Conclusiones.....	75
4.2.	Recomendaciones	76

Índice De Figuras

CAPITULO 2

Figura 2. 1:Tipos de aerogeneradores.....	7
Figura 2. 2:Tipos de Generación de energía solar.....	8
Figura 2. 3 Turbina Tipo Kaplan.....	10
Figura 2. 4: Turbina Tipo Francis.....	10
Figura 2. 5 :Esquema de una Central Hidroeléctrica (turbinas del tipo Pelton)	11
Figura 2. 6:Distribución mundial de placas y volcanes activos	12
Figura 2. 7: Yacimiento Geotérmico.....	13
Figura 2. 8: Diagrama de proceso para la generación de energía Geotérmica.	13
Figura 2. 9 Planta de cogeneración calor y electricidad.....	15
Figura 2. 10: Planta de cogeneración con biogás	15
Figura 2. 11 Clasificación del aprovechamiento de la energía del mar y cuantificación del recurso	16
Figura 2. 12 Presa de Marea	18
Figura 2. 13 Esquema de energía mareomotriz Dinámica.....	19
Figura 2. 14 Creación de la ola	19
Figura 2. 15 Energía de la ola.....	21
Figura 2. 16 Tipos de olas y energía contenida en ellas.....	22
Figura 2. 17 Parámetros de las olas	23
Figura 2. 18 Mapa mundial de la densidad de las olas	24
Figura 2. 19 Clasificación de los convertidores según su ubicación	25
Figura 2. 20 Clasificación de captadores de energía de las olas según su ubicación.....	26
Figura 2. 21 Clasificación de captadores de energía de las olas según su principio de captación de energía	27
Figura 2. 22 Columna oscilante de agua	28
Figura 2. 23 Funcionamiento del sistema de generación de energía mediante el efecto Arquímedes	29
Figura 2. 24 Funcionamiento del sistema de generación del Pelamis	30
Figura 2. 25 Sistema Pelamis	30
Figura 2. 26 Funcionamiento del sistema de generación Wave Dragón.....	31

Figura 2. 27 Clasificación de captadores de energía de las olas según su tamaño y orientación respecto al oleaje.....	32
Figura 2. 28 Generador Eléctrico rotativo	34
Figura 2. 29 Sistema de excitación Propia.....	35
Figura 2. 30 Sistema autoexcitado.....	36
Figura 2. 31 Excitación rotativa sin escobillas (brushless).....	37
Figura 2. 32 Generador síncrono con imanes permanentes.....	38
Figura 2. 33 Rotor Jaula de Ardilla.....	40
Figura 2. 34 Rotor bobinado de anillos rosantes	40
Figura 2. 35 Conversión de una máquina eléctrica rotativa a lineal.....	42
Figura 2. 36 Máquina eléctrica lineal plana y tubular	42
Figura 2. 37 Características de los Generadores lineales	43
Figura 2. 38 Conexión A energía undimotriz.....	44
Figura 2. 39 Conexión B energía undimotriz.....	45
Figura 2. 40 Conexión C energía undimotriz	45
Figura 2. 41 Conexión D energía undimotriz	46
Figura 2. 42 Conductor TKFA 170 Kv 3x1x1200 mm ³ KQ	48
Figura 2. 43 Aislamiento Eléctrico con papel celulosa impregnado de aceite mineral.....	49
Figura 2. 44 Cable de masa impregnada.....	49
Figura 2. 45 Cable de Polietileno reticulado	50
Figura 2. 46 Montaje de una subestación offshore	51
Figura 2. 47 Subestación submarina	52
Figura 2. 48 Subestación submarina	53

CAPITULO 3

Figura 3. 1 Ubicación de los dispositivos captadores de energía de las olas	56
Figura 3. 2 Dirección de olas en el Ecuador	57
Figura 3. 3 Modelo operacional INOCAR-SWAN Altura significativa del oleaje (metros)	57
Figura 3. 4 Dispositivo Power Buoy PB150 previo a la instalación en el mar de Escocia	58
Figura 3. 5 Dimensiones del dispositivo Power Buoy en metros.....	59

Figura 3. 6 Instalación de anclajes y amarres del dispositivo POWER BUOY.....	61
Figura 3. 7 Remolque del Dispositivo PB150 en el mar de Escocia	62
Figura 3. 8 Ubicación Vertical del dispositivo PB150 en el mar de Escocia..	63
Figura 3. 9 Diagrama de la configuración de la planta Undimotriz.....	64
Figura 3. 10 Esquema de instalación de equipos de energía Undimotriz	65
Figura 3. 11 Estructura Interna de la Subestación Submarina.....	66
Figura 3. 12 Estructura de la Subestación Submarina (USP)	67
Figura 3. 13 Conectores de la Subestación Submarina (USP)	67
Figura 3. 14 Transformador Sumergible	69

Índice De Tablas

CAPITULO 2

Tabla 2 1 Ventajas e Inconvenientes de las conexiones undimotrices	46
--	----

CAPITULO 3

Tabla 3 1 Niveles Típicos de BIL con sus tensiones.....	70
---	----

Tabla 3 2 Presupuesto del Diseño de la Generación Undimotriz.....	71
---	----

RESUMEN

El presente trabajo de titulación tiene como fin nombrar las diferentes tecnologías usadas hoy en día para la obtención de energía eléctrica mediante fuentes renovables, dando énfasis al estudio de la energía undimotriz u olamotriz, que utiliza uno de los recursos más abundantes que existe en el mundo como es el mar donde se encuentran olas que por su movimiento genera energía mecánica. Se presenta a la energía undimotriz y sus avances tecnológicos desde años atrás, estándares y procesos que se debe tener en cuenta para la implementación de una planta de energía undimotriz y su aplicabilidad en la región costera del Ecuador.

En la fundamentación teórica se analiza la información que nos llevará a tener de una manera más clara, y lo que encierra los sistemas undimotrices, su estructura, tipos de sistemas undimotrices, tecnologías de generación, tecnologías de transmisión, y cómo es la distribución de la energía generada por los sistemas undimotrices que hay en la actualidad y están en marcha en los diferentes países del mundo.

Se resalta la tecnología de boyas de generación aplicadas en el mar para el funcionamiento de un sistema undimotriz ubicado en el mar territorial del Ecuador ya que se consideraría una energía limpia y renovable sin emisiones de gases tóxicos que disminuirá la posibilidad de destrucción de la capa de ozono. En este trabajo se detalla y se espera aportar datos para la creación de plantas undimotrices en la zona marítima del litoral del Ecuador, conocer y seleccionar todos los elementos técnicamente adecuados y requeridos para la generación de electricidad undimotriz.

Palabras claves: ENERGÍA UNDIMOTRIZ, TECNOLOGÍAS UNDIMOTRIZ, ELECTRICIDAD, ZONA MARÍTIMA, ENERGÍA LIMPIA, BOYAS DE GENERACIÓN.

ABSTRACT

The present titling work is aimed at naming the different technologies used today to obtain electric energy through renewable sources, emphasizing the study of wave energy or olamotor, which uses one of the most abundant resources in the world as it is the sea where waves are found that by its movement generates mechanical energy. We present to wave energy and its technological advances from years ago, standards and processes that must be taken into account for the implementation of a wave power plant and its applicability in the coastal region of the equator.

In the theoretical foundation we analyze the information that will lead us to have a clearer way, and what surrounds the wave systems, their structure, types of wave systems, generation technologies, transmission technologies, and how is the distribution of Energy generated by the wave systems that are currently in operation and are under way in the different countries of the world.

It highlights the technology of generation buoys applied at sea for the operation of a wave system located in the territorial sea of Ecuador as it would be considered clean and renewable energy without emissions of toxic gases that will decrease the possibility of destruction of the layer of ozone. This paper details and hopes to contribute data for the creation of wave plants in the maritime zone of the coast of Ecuador, to know and select all the elements technically adequate and required for the generation of wave power.

Key words: WAVE POWER, WAVE TECHNOLOGIES, ELECTRICITY, SEA AREA, CLEAN ENERGY, GENERATION BUOYS.

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción.

El deterioro de la capa de ozono por gases de invernadero es una de las principales razones que obliga a buscar métodos para la obtención de energía eléctrica limpia, de tal forma que no dañe el medio ambiente que es vital para la existencia de la vida, es decir la generación de energía sin emisión de gases, sólidos o líquidos que ayudan a la contaminación, aumentando drásticamente la alteración de diversos ecosistemas y siendo el detonante del calentamiento global con efectos irremediables como es la contaminación de la tierra por lluvias acidas dañando miles de hectáreas de sembríos, afectando a los agricultores que ayudan a abastecer de alimentos satisfaciendo la demanda de cada país, el derretimiento de los polos que afecta a la flora y fauna que habitan en ese lugar.

Además, produce un aumento del nivel de la superficie del mar eliminando extensas costas habitadas por seres vivos, contaminación de nuestro aire gracias a la polución que es producida por todos los residuos de las fábricas e industrias y algunas plantas de generación que utilizan combustibles fósiles, en definitiva, todos estos factores generan cambios violentos del clima en diversas partes del mundo. Esta situación obliga a investigar con base científica, llevando de manera inmediata soluciones para la generación de energía limpia.

Es por eso que la humanidad está en constante búsqueda de diferentes tecnologías que aplaquen esta problemática que nos afecta a todos llevando a científicos e investigadores a ver más allá de lo que el pasar del tiempo nos ha mostrado en cuanto a la generación de energía eléctrica, sabiendo que la electricidad es tan importante para la existencia de una civilización y el desarrollo de la misma, en un futuro tendremos que generar más demanda de la que hoy en día mundialmente generamos.

Por consiguiente los científicos han hecho estudios para aprovechar nuestros recursos renovables llamándolas energías limpias sin emisiones de contaminantes como es la energía eólica que utiliza la fuerza de los vientos, la energía fotovoltaica que utiliza la luz solar para su generación, la energía geotérmica que como fuente de energía utiliza el calor del centro de la tierra para generar vapor y mover sus turbinas, la energía hidroeléctricas que utilizan la fuerza del agua para generar electricidad.

En la actualidad existe otra forma de generar electricidad limpia que actualmente está siendo implementada en los diferentes países desarrollados como es la utilización de las fuerzas de las olas llamada energía undimotriz u olamotriz. En este análisis para la generación de energía eléctrica se utiliza sistemas undimotriz y se hace una revisión sobre dispositivos flotadores, proponiendo a su vez un modelo de dispositivo que podría ser implementado frente a la costa ecuatoriana.

1.2. Antecedentes.

El ser humano ha tenido la idea de conseguir energía de las olas desde la antigüedad hasta el presente. Las primeras investigaciones se remontan al siglo XIII en la antigua china, comienzan a trabajar en molinos por acción del oleaje. En la revolución francesa aparecen estudios para obtener energía de las olas, las primeras patentes fueron registradas en París. Al inicio del siglo XX, en un hogar en Francia se abastecen de energía eléctrica por medio de un sistema neumático, similar a las actuales columnas oscilantes de agua.

El estudio para el aprovechamiento de la energía de las olas a gran escala se inicia en el año 1974 en diversos centros del Reino Unido, por falta de recursos económicos fueron abandonados en 1982. En el continente europeo y en Japón en los años ochenta entran en funcionamiento pequeñas plantas pilotos de energía undimotriz.

De tal forma que a comienzos de los 90 empiezan a implicarse grandes empresas de investigación y desarrollo con tecnologías para el aprovechamiento de la energía de las olas del mar.

1.3. Justificación del Problema.

El ser humano en la búsqueda del desarrollo ha sabido satisfacer sus necesidades, descubriendo la electricidad y los beneficios que nos ofrece, pero la explotación de los recursos fósiles no renovables que es la base de esa generación energética por muchos años ha afectado al planeta y a todos los seres vivos, llevándonos a una contaminación medio ambiental grave. Es por eso la exhaustiva búsqueda de energía limpia como es la generación undimotriz.

1.4. Definición del problema.

La contaminación medio ambiental es uno de los problemas que más afecta al mundo. La industrialización de muchos países y la generación eléctrica que utilizan combustibles fósiles han contaminado la atmosfera.

Expulsando toneladas de dióxido de carbono al ambiente provocando el calentamiento global producido por los gases de efecto invernadero, aumentando la temperatura del planeta conocidas como olas de calor, sequías en unas zonas y en otras inundaciones.

1.5. Objetivos del Problema de Investigación.

1.5.1. Objetivo General.

Elaborar un análisis para la generación de energía eléctrica limpia mediante un sistema undimotriz y su aplicabilidad en el litoral del Ecuador.

1.5.2. Objetivos Específicos.

- Determinar los potenciales energéticos del oleaje en Ecuador.
- Describir los tipos de tecnología disponibles que aprovechen el potencial energético de las olas.

- Analizar la normativa legal que rige para el desarrollo de centrales de energía renovable en el Ecuador.

1.6. Metodología de Investigación

En el desarrollo del presente análisis se utilizan varios tipos de investigación, empezando por una investigación explicativa ya que se procederá a recolectar información directamente del potencial energético del mar en el Ecuador, al igual que datos secundarios de los cuales se construirá de cierta manera el marco teórico, este tipo de investigación puede usarse a nivel exploratorio y descriptivo. Se apuntará establecer la relación causa y efecto entre la ejecución de la aplicabilidad de energía undimotriz en el Ecuador.

CAPÍTULO 2: FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE ENERGÍA UNDIMOTRIZ

2.1. Energía Renovable

La utilización de energías renovables tienen un gran beneficio ya que tiene la particularidad de que la energía consumida se renueva continuamente, por tal motivo su uso es ilimitado. (Sardón, 2003)

2.1.1. Tipos de Energía Renovables

En la actualidad se ha desarrollado algunas formas de generación limpia, a continuación, una descripción de ellas.

2.1.2. Energía Eólica

La energía eólica aprovecha la fuerza de los vientos para producir energía eléctrica, con la ayuda de aerogeneradores que están conformados por una hélice trasladando el movimiento que produce las corrientes de vientos en sus palas a un rotor del alternador.

El conjunto de aerogeneradores en una zona se llama parque eólico este parque será construido cuando se necesite una gran demanda energética para alimentar una red de distribución. Los parques eólicos son instalados en puntos estratégicos donde hay constates corrientes de vientos, pero esto flujos deben de cumplir las siguientes condiciones para ser eficaz el sistema como lo es:

- Velocidad
- Continuidad
- Estabilidad

Un aerogenerador depende de su tamaño para producir más energía eléctrica como podemos ver en la figura 2.1 que nos muestra los diferentes aerogeneradores y cuanta potencia pueden llegar a producir según su altura y el diámetro del rotor. (Marin, 2004)

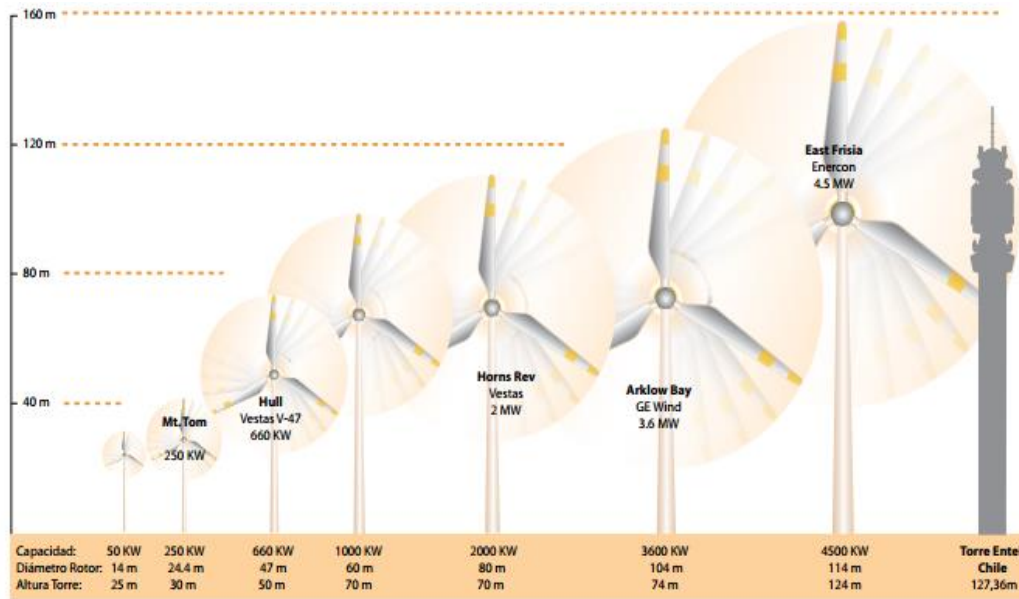


Figura 2. 1: Tipos de aerogeneradores

Fuente: (Marin, 2004)

Aspectos ambientales

La instalación de una central de energía eólica podría ocasionar impacto ambiental, es por ello que se hace un análisis para contrarrestar ese impacto a continuación se menciona algunos aspectos:

- Al momento de instalar los equipos para la generación de energía mediante el sistema eólico podrá resultar molesto por el ruido de las maquinas es por eso que deben ser ubicadas lejos de zonas habitadas.
- Impacto visual que podría afectar a zonas ecológicas protegidas y traer controversias al momento de su instalación.
- Las obras civiles en cuanto a la instalación de los aerogeneradores, se debe reestablecer los espacios verdes afectados en donde sea posible.
- Estudio técnico para la ubicación de un parque eólico para no afectar al tránsito de aves migratorias ya que causaría accidentes en la planta y muerte de aves muchas de ellas en peligro de extinción. (Moragues & Rapallini, 2006)

2.1.3. Energía Solar

La energía solar es la que se produce en el sol con la fusión de hidrogeno con helio al finalizar esta transformación se produce una radiación luminosa

la cual llega a la tierra en todas las direcciones. Entre sus ventajas podemos mencionar las siguientes:

- Energía solar como fuente inagotable de energía renovable.
- Es una energía libre de emisiones tóxicas al ambiente.
- Equipos que no producen contaminación acústica.
- Estéticamente no afecta la visualización de los paisajes, bosques protegidos etc.
- Fácil instalación al momento de instalar equipos de energía fotovoltaica a pequeña escala.

Tecnologías básicas del uso de energía solar

Energía solar Fotovoltaica

Esta energía utiliza celdas fotovoltaicas para generar electricidad proveniente del espectro de luz que irradia el sol, como lo muestra la figura 2.2 donde se puede observar las celdas fotovoltaicas aisladas.

Energía solar Pasiva

Esta energía asocia el diseño y construcción de una estructura para que los parámetros de iluminación, calefacción y ventilación sean mínimos

Energía Solar Térmica

Esta energía solar térmica funciona con aire caliente producido por la radiación del sol para crear vapor que alimente una turbina de generación. Para la utilización de esta energía a gran escala como vemos en la figura 2.2 (Murcia, 2009)

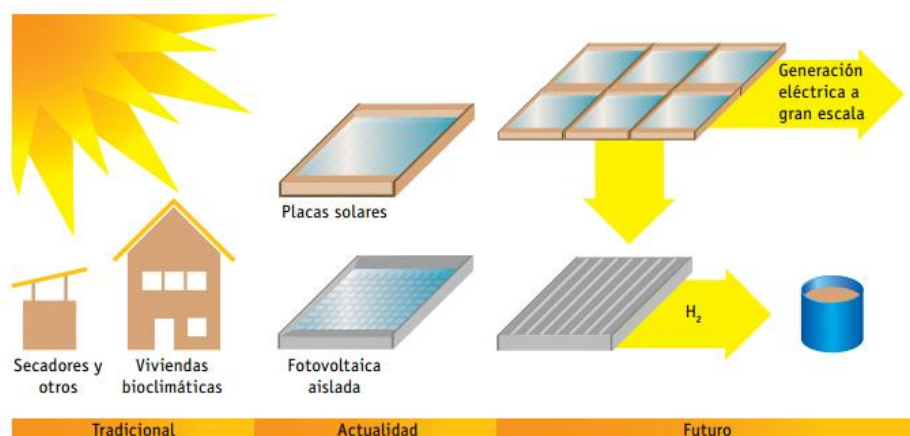


Figura 2. 2:Tipos de Generación de energía solar

Fuente: (Murcia, 2009)

Aspectos Ambientales

La utilización de energía fotovoltaica es de gran beneficio para el mundo ya que en una instalación de 1 KW se elimina más de 100 kg de dióxido de carbono y ahorra 400 litros de agua cada mes frente a otras generaciones existentes. La energía solar no produce gases nocivos y entre los aspectos positivos de utilización de esta energía tenemos los siguientes:

- En la manufactura de componentes y tecnologías fotovoltaicas se usan materiales contaminantes y muy peligrosos que en el momento de su mantenimiento se tendría que almacenar para así evitar posibles contaminaciones del suelo y filtraciones a ríos subterráneos.
- Al momento de instalar un parque fotovoltaico para que no afecte a la biodiversidad de un ecosistema dependerá del área que ocupe y el tiempo de construcción de la misma.
- Se elimina todas las consecuencias que genera la combustión de recursos fósiles para la explotación de energía eléctrica; especialmente el dióxido de carbono.
- Para suprimir el impacto visual que pudiera generar los paneles fotovoltaicos su instalación se haría en fachadas de edificaciones y en la cubierta. (Novygrad, 2014)

2.1.4. Energía Hidráulica

La energía proveniente de los recursos hídricos es aquella que usa la energía cinética del fluido del agua para transformarla a energía mecánica utilizando un generador para la obtención de energía eléctrica. La energía obtenida del movimiento del agua se remonta a épocas antes de Cristo donde los usos de mecanismos para moler granos utilizaban dicho recurso hídrico, también se usaba para mover martillos en trabajos metálicos. En la actualidad existen las hidroeléctricas y el principio de funcionamiento de esta energía es el siguiente:

- El agua con su potencia pasa a una turbina de generación eléctrica
- La turbina transforma la energía mecánica.

- A través de un generador esta potencia mecánica es transformada en energía eléctrica
- Esta energía eléctrica pasa a transformadores para emprender su viaje a las subestaciones y para el consumo en el hogar.

El desarrollo de esta tecnología nos permite mejorar la generación hidroeléctrica obteniendo el 85% de eficiencia frente a otros medios de obtención de energía como lo es la generación térmica. En el mercado existen diferentes tipos de turbinas para generar energía, estas turbinas dependerán de los saltos y caída de caudal para mejorar la eficiencia de la generación; a continuación, se menciona 3 tipos de turbinas existentes:

- **Turbinas Kaplan:** Pequeñas alturas y grandes caudales podemos observar en la figura 2.3 su diseño.

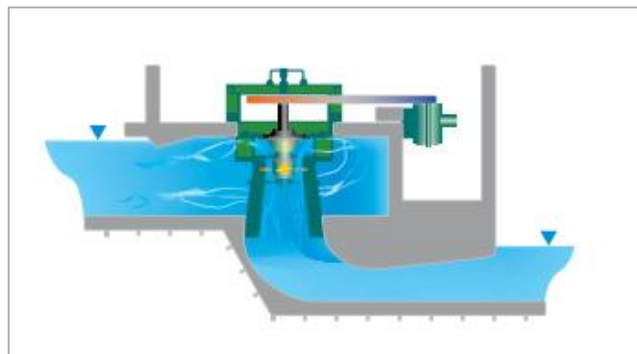


Figura 2. 3: Turbina Tipo Kaplan
Fuente: (Jara, 2006)

- **Turbinas Francis:** Condiciones medias de altura y caudal en la figura 2.4 se aprecia su diseño.



Figura 2. 4: Turbina Tipo Francis
Fuente: (Jara, 2006)

- **Turbinas Pelton:** Grandes alturas, pequeños caudales podemos observar en la figura 2.5 (Criollo & Quezada, 2011)

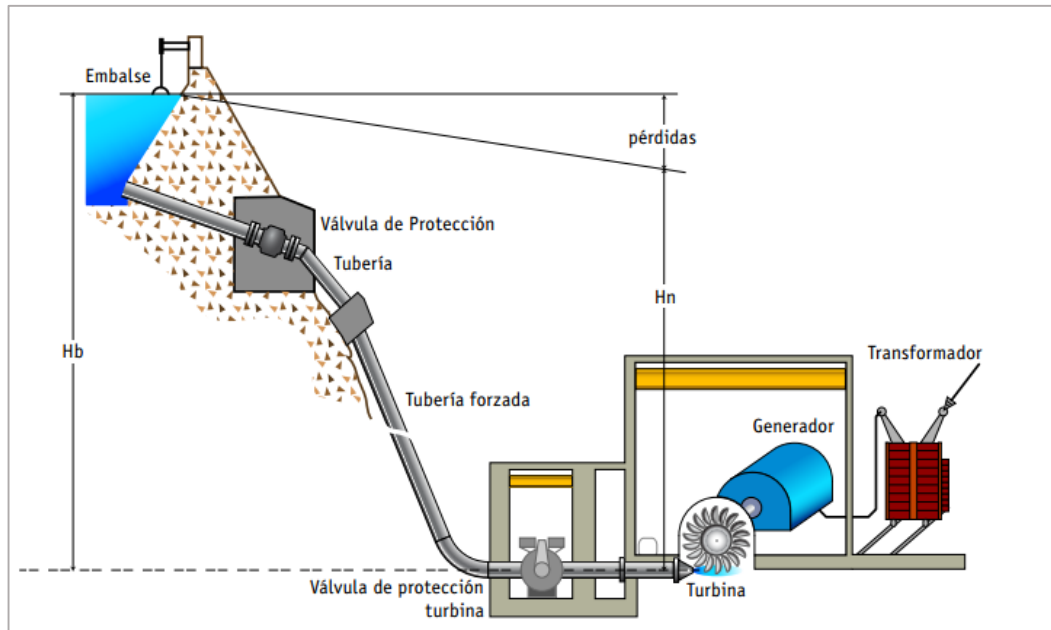


Figura 2. 5 :Esquema de una Central Hidroeléctrica (turbinas del tipo Pelton)
Fuente: (Jara, 2006)

Aspectos Ambientales

Al momento de construir las centrales hidroeléctricas y cuando entren en operación se puede generar un impacto ambiental, es por eso que su diseño e implantación tendrá que seguir las normativas ambientales establecidas por cada estado y compromiso en favor de la flora y fauna de la zona en la que se va a instalar los equipos de una central hidroeléctrica, previniendo estrictamente el daño ecológico que implica la construcción de la represa y los caminos para el ingreso a la hidroeléctrica.

Durante la fase de construcción de una central hidroeléctrica se producen impactos positivos y negativos entre ellos podemos acotar los siguientes:

- Tala de árboles para instalar la infraestructura.
- Intervención del caudal natural de los ríos.
- Construcción de la presa, edificios, alterando el medio ambiente
- Contaminación de aire por utilización de máquina pesada.
- Contaminación y muerte de animales acuáticos de la zona.
- Modificación temporal de los hábitats de la fauna terrestre. (Duchi & Peralta, 2014)

2.1.5. Energía Geotérmica

La energía geotérmica es la que utilizan los recursos derivados del calor proveniente del centro de la tierra a través de flujos geotérmicos que emana el subsuelo. Las zonas en la que es factible explotar la energía geotérmica son aquellas superficies que están cerca de áreas que se encuentran fracturadas en la corteza terrestre; estas zonas están divididas en placas tectónicas, el continuo desplazamiento de estas placas genera presiones en el subsuelo produciendo mucho calor que es aprovechado por la energía geotérmica.

Estos calores generados por fuentes geotérmicas pueden ser utilizadas no solo para generar corriente eléctrica sino para diversos usos como en la antigüedad China, el imperio Romano y otras civilizaciones utilizaban las fuentes termales con fines medicinales

En la corteza terrestre existe una zona en la que es más fuerte esta actividad geotérmica llamado anillo de fuego, también conocido como cinturón de fuego, donde hay intensos movimientos de las placas como ocurre en Sudamérica donde la placa oceánica de nazca choca con la placa continental de Sudamérica, a continuación, en la figura 2.6 se observara un mapa de las placas tectónicas



Figura 2. 6: Distribución mundial de placas y volcanes activos
Fuente: (Jara, 2006)

Para la explotación de fuentes geotérmicas el proceso consiste en la extracción de vapor almacenado en el subsuelo llevándolo a la superficie a través de la perforación de pozos en la figura 2.7 se observa esquema clásico de explotación de energía geotérmica.

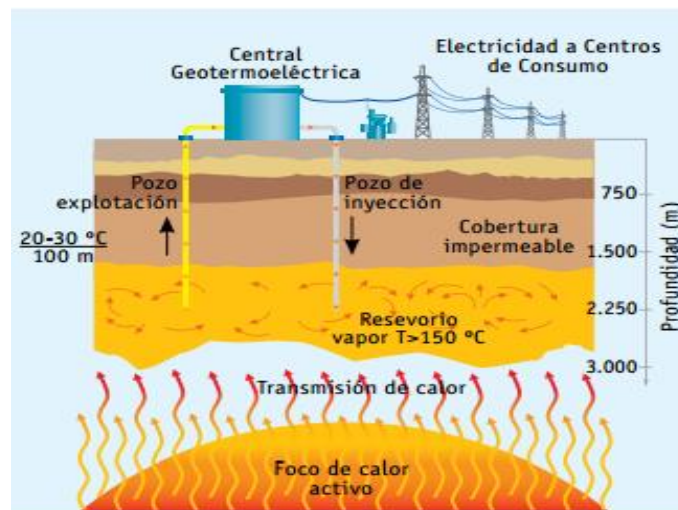


Figura 2. 7: Yacimiento Geotérmico
Fuente: (Jara, 2006)

Este proceso consiste en manejar y acondicionar el vapor extraído a través de tuberías que llegan a las centrales generadoras a continuación se podrá observar en la figura 2.8 el diagrama del proceso de extracción de vapor para la generación de energía geotérmica donde nos indica que el vapor que se encuentra en el yacimiento del subsuelo se dirige a un separador de partículas a altas temperaturas, luego viaja a la turbina donde se genera la corriente eléctrica.

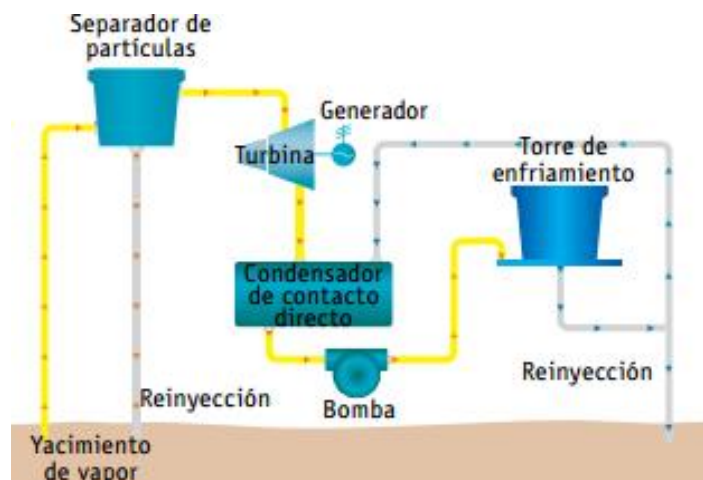


Figura 2. 8: Diagrama de proceso para la generación de energía Geotérmica.
Fuente: (Jara, 2006)

Aspectos Ambientales

En cuanto al impacto ambiental que produce la generación geotérmica es importante tener en cuenta que esta generación no produce gases que afecten a la atmósfera como lo es el óxido de nitrógeno y el óxido de azufre como ocurre en las plantas que utilizan combustibles fósiles. La emisión de gases geotérmicos contiene dióxido de carbono, pero en inferiores cantidades que expulsa una central térmica. Por otra parte, las cantidades de gas sulfhídrico que expulsa a la atmósfera puede ser contralada con una dispersión técnicamente elaborada.

Al momento de la extracción del vapor se encuentra agua, este líquido regresa con un alto índice de sal para la no contaminación del agua dulce de la zonas de explotación del pozo se realiza una reinyección al yacimiento de forma correcta como se observa en la figura 2.8. (Sossa, 2013)

2.1.6. Energía Por Biomasa

La energía por biomasa es aquella que usa la materia orgánica de origen vegetal o animal que procede de la transformación artificial o natural de la misma. La utilización más común de la biomasa es la combustión directa pero también existe procesos tecnológicos que transforman la biomasa inicial en otros combustibles.

La biomasa también puede tener otros usos como para la calefacción domiciliaria, así como nos muestra la figura 2.9 donde se ve un esquema de un proceso de generación de calor para los hogares, se puede ver la recolección y el transporte de la biomasa para llevar a la combustión, ese calor producido servirá para transportar calor a cada una de los hogares.

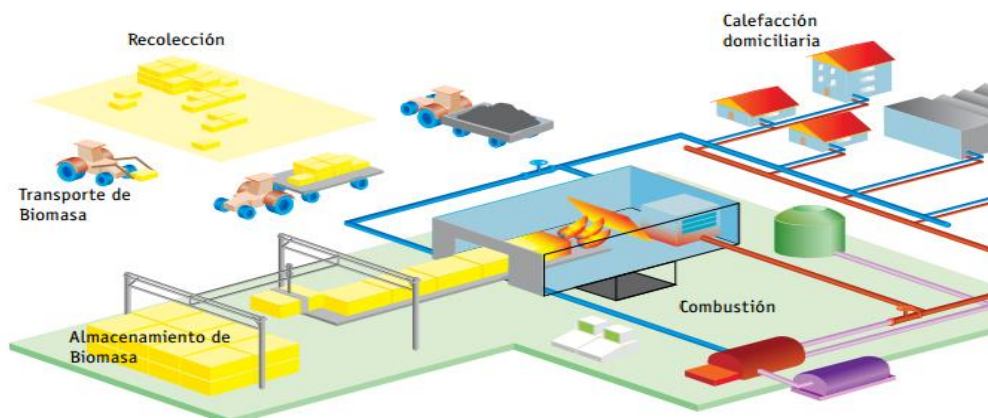


Figura 2. 9: Planta de cogeneración calor y electricidad
Fuente: (Jara, 2006)

Otra tecnología que utiliza biomasa para la generación de electricidad es la que se puede observar en la figura 2.10 la cual indica un esquema donde utiliza un generador de calor y electricidad. El calor es transportado al digester donde está la materia orgánica que se descompone a altas temperaturas generando un gas el cual es comprimido y luego es dirigido al gasómetro para alimentar el generador eléctrico utilizando biogás.

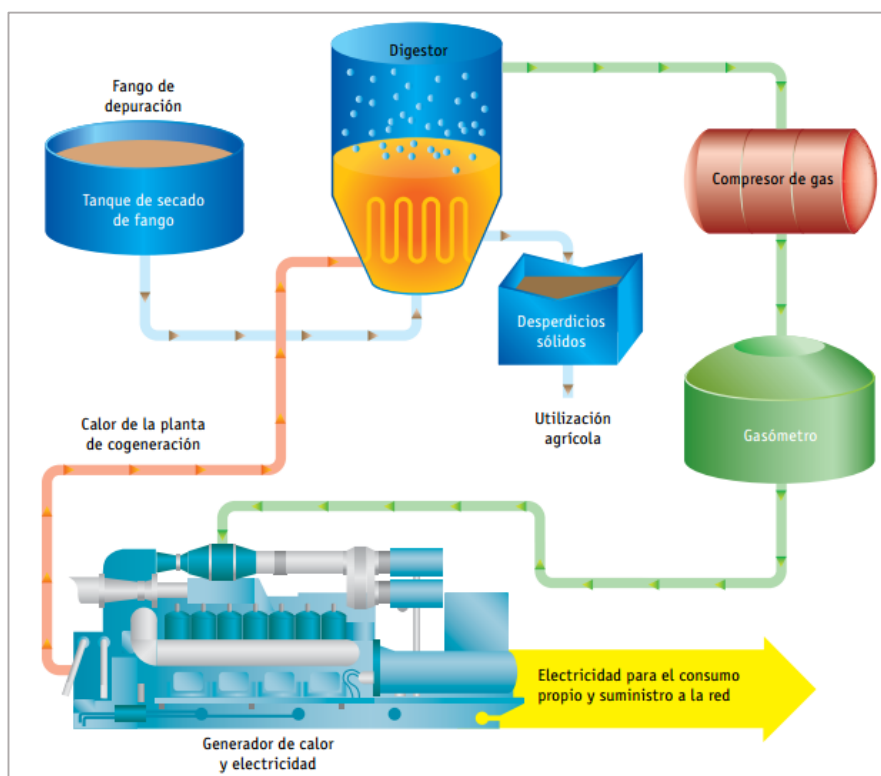


Figura 2. 10: Planta de cogeneración con biogás
Fuente: (Jara, 2006)

Aspectos Ambientales

La utilización de la biomasa para generación de electricidad tiene las siguientes ventajas:

- Disminución de las emisiones de dióxido de carbono a la atmosfera.
- No expulsa contaminantes solo unas pequeñas partículas sólidas por la combustión de la biomasa.
- provocar un aporte económico en el medio rural.
- Disminuye el consumo de combustibles fósiles.

2.2. Energía del Mar

La superficie de la tierra está cubierta por tres cuartas partes de mar, por lo tanto, la explotación de esa energía tiene mayor atención a la investigación de tecnologías que extraigan estos recursos energéticos, que nos puede brindar nuestro mar ya que en un futuro serán el sustituto de las energías convencionales. El aprovechamiento de la energía del mar puede ser de dos tipos:

- Energía de las mareas (mareomotriz)
- Energía de las olas (undimotriz)

Una de las ventajas de este recurso energético es su carácter renovable, existe bastante agua salada en nuestro planeta y lo principal de su generación no produce contaminantes ni residuos. (Jara, 2006) .En la figura 2.11 se muestra la clasificación de cómo se aprovecha la energía del mar.

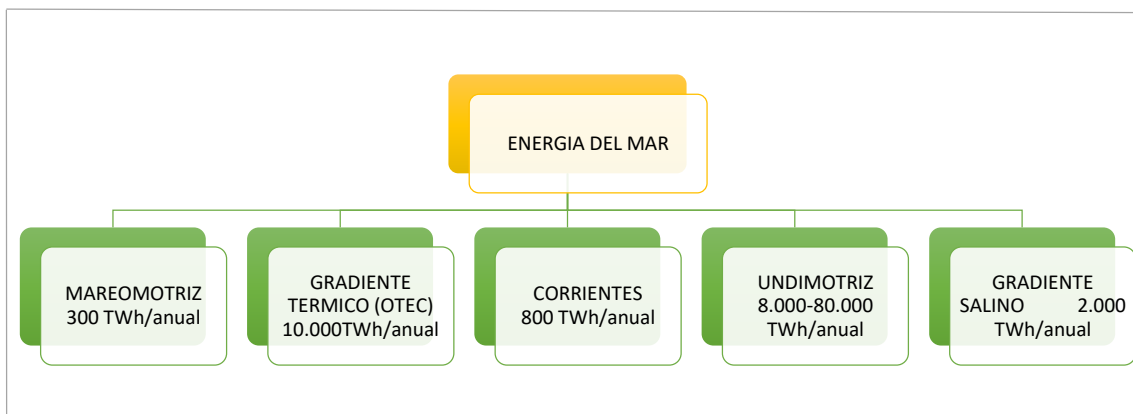


Figura 2. 11: Clasificación del aprovechamiento de la energía del mar y cuantificación del recurso

Elaborado por: Autor

Dónde: TWh/año (Teravatio-hora-año) un teravatio-hora equivale a 1.000.000.000 KWh (kilovatio-hora) y es utilizado para referirse a la energía producida por centrales eléctricas durante un cierto periodo de tiempo en este caso energía producida anualmente.

2.2.1. Energía de las Mareas (Mareomotriz)

La energía de las mareas es la que se genera en base a la diferencia de altura del mar según la posición de la luna y la tierra. Es un tipo de energía renovable y limpia, en su transformación energética no se genera gases o subproductos contaminantes que perjudique a la atmosfera como lo hacen la generación por combustión de recursos fósiles, en cuanto la contaminación visual afectaría a la costa ya que se instalaría una presa en la cercanía del mar para el funcionamiento de la central mareomotriz.

2.2.2. Método de Generación

La generación eléctrica utilizando energía mareomotriz pueden clasificarse en tres tipos que mencionamos a continuación:

➤ **Generador de la corriente de marea**

Se hace uso de la energía cinética que posee el agua dando movimiento a las turbinas de energía, tienen menor impacto ecológico y el costo de es más bajo frente a la explotación de otras energías.

➤ **Presa de marea**

Se hace uso de la energía potencial que se genera en la diferencia de altura entre las mareas altas y bajas. En la figura 2.12 se muestra una presa con una estructura de concreto y en la parte de abajo se encuentra la turbina de generación



Figura 2. 12: Presa de Marea
Fuente: (Energyneer, 2013)

2.2.3. Energía Mareomotriz dinámica

La energía mareomotriz dinámica explota el intercambio entre las energías cinética y potencial en las corrientes marinas. Establece que las presas largas que sobrepasen los 50km de longitud se diseñen desde las costas hacia afuera en el mar, introduciendo por una presa diferentes fases de marea.

Esta tecnología tiene la ventaja de ser auto renovable, no contaminante y silenciosa que es disponible en cualquier época del año y que está siendo explotada por países como Corea, China, Reino Unido generando entre 5 a 16 GW de potencia.

En la figura 2.13 se muestra un ejemplo de cómo funciona dinámicamente esta tecnología donde la presa recoge el agua del mar cuando la marea está alta; al bajar la marea se crea una diferencia de altura entre el agua embalsada y el mar. Esta diferencia de altura se aprovecha como en las centrales hidráulicas, el agua en movimiento cae y mueve las turbinas para la generación de energía eléctrica.

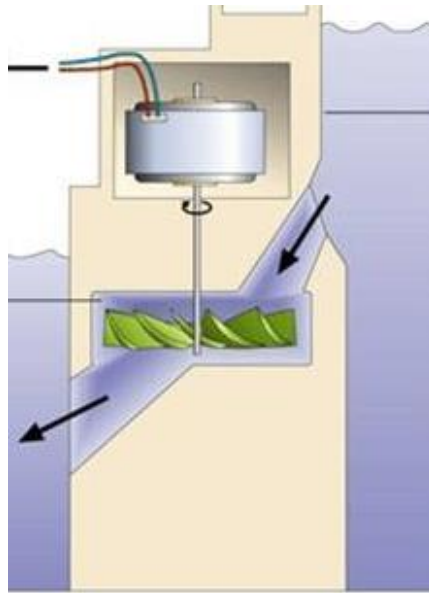


Figura 2. 13: Esquema de energía mareomotriz Dinámica
Fuente: (Castaneda, 2012)

2.3. Energía Undimotriz

La energía undimotriz es la energía que tienen las olas del mar, estas olas de aguas profundas no tienen similitud con las olas que se puede observar en las costas. Estas ondas marinas que nacen en aguas profundas son fuentes de energía inagotable y limpia para el medio ambiente lo que significa que esta generación eléctrica presenta una buena opción frente a la búsqueda de sustitutos de los combustibles fósiles.

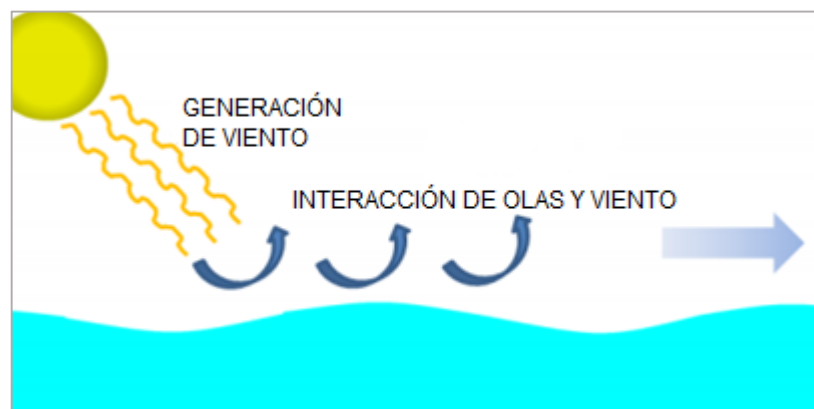


Figura 2. 14: Creación de la ola
Fuente: (CALDERÓN & MAGGI, 2016)

La energía undimotriz es una forma de almacenamiento de la energía que nos irradia el sol, ya que el sol produce alteraciones del clima en toda la tierra,

produciendo vientos que causan el oleaje. Este oleaje viaja muchos kilómetros con muy poca pérdidas de energía como podemos observar en la figura 2.14 donde se observa que el calor generado por el sol interactúa con el mar para producir vientos y mejores olas. (CALDERÓN & MAGGI, 2016)

La energía undimotriz es la energía que poseen las ondas marinas. Las ondas marinas son una fuente de energía inagotable y limpia, es decir, representa una excelente oportunidad para la generación de energía eléctrica renovable.

El origen de esta energía es la radiación solar que incide en toda la tierra, que calienta toda su superficie. Esto implica que en diferentes puntos de la tierra exista variaciones de temperaturas y diferentes presiones, dichas precipitaciones son las causantes de movimientos de masas de aires que se lo conoce como viento de tal forma que este viento cuando choca con la superficie del mar transmite su energía; se puede decir que el mar se comporta como un acumulador de energía.

Este traslado de energía que da el viento se convierte en dos tipos de energía que se puede observar en la figura 2.15 las cuales serían las siguientes:

- Energía cinética: existe un movimiento de masas.
- Energía potencial: se crea una diferencia de altura en la superficie marítima debido a la presión.

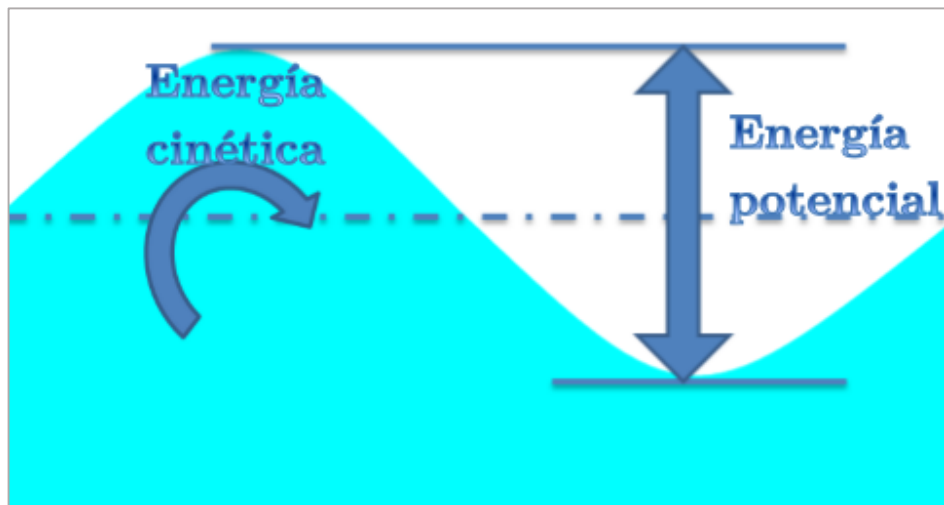


Figura 2. 15: Energía de la ola
Fuente: (CALDERÓN & MAGGI, 2016)

Uno de las principales ventajas del oleaje creado por la interacción del viento es que se puede transportar energía cinética y potencial a grandes distancias, miles de kilómetros sin que se genere pérdidas considerables.

2.3.1. Clasificación del Oleaje

En la clasificación de las olas se menciona las siguientes:

➤ Ondas Estacionarias

Una onda estacionaria se forma por la interferencia de dos ondas con los mismos parámetros que avanzan en sentido contrario a través de un medio, el resultado de la onda será una onda que permanece en el mismo espacio.

➤ Onda Progresiva O Transitoria

Esta onda es generada por acción del viento que impacta en la superficie marina, también se genera en el interior de la masa oceánica provocada por la salinidad o el cambio de temperaturas de las masas de aguas y en algunos casos por los movimientos sísmicos de las placas marinas; estas ondas varían en tiempo y espacio.

Existen otros tipos de clasificación como se observa en la figura 2.16 donde observamos que se clasifica en función al periodo de duración, origen de la

fuerza perturbadora y en función a la fuerza restauradora de la misma. (Haim, 2010)



Figura 2. 16: Tipos de olas y energía contenida en ellas
Fuente: (Haim, 2010)

2.3.2. Predicción del Fenómeno

En la actualidad los sensores existentes en la mayoría de mares del mundo, los diferentes sistemas satelitales que orbitan la tierra y las diferentes tecnologías para predecir los vientos y precipitaciones, que ofrecen los institutos oceanográficos del mundo, facilitan y proporcionan datos exactos que permiten predecir la magnitud de vientos; esto ayuda saber con anticipación los parámetros que existen en las ondas marinas generadas por los vientos.

2.3.3. Parámetros de las Olas

Las olas se definen a partir de los siguientes parámetros:

- Pendiente (δ): La inversa de la tangente entre la altura y la longitud de onda.

$$\delta = \text{arc tg} (H / \lambda)$$

- Periodo (T): tiempo que transcurre entre el paso de dos crestas consecutivas por el mismo punto.
- Longitud de onda (λ): la distancia entre dos crestas
- Amplitud (A): la distancia que la partícula se aparta de su posición media en una dirección perpendicular a la de la propagación. La amplitud (A) vale la mitad de la altura.

- Cresta: parte más alta de una ola.
- Valle: parte más profunda de la depresión entre dos olas consecutivas.
- La velocidad de onda (velocidad de fase o celeridad): se define como la velocidad de propagación dado por el cociente de la longitud de onda entre el periodo.

$$c = \lambda / T$$

- Altura (H): la diferencia de altura entre una cresta y un valle.
- Profundidad media: la distancia entre la mitad de la altura con respecto al fondo marino como se observa en la figura 2.17. (Hernández, 2015)

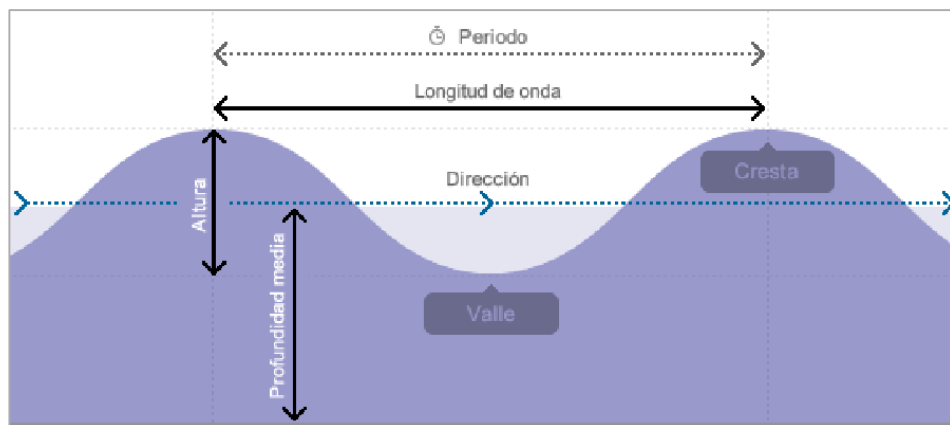


Figura 2. 17: Parámetros de las olas

Fuente: (Hernández, 2015)

2.3.4. Fenómenos Principales de las Olas

Las ondas marinas poseen diversos fenómenos que dan como resultado la energía de las olas para el aprovechamiento de los dispositivos captadores de esta energía que por lo general lo genera el viento; también es generado por la diferencia de temperaturas en el mar. Para la generación de energía eléctrica utilizando recursos undimotrices constan de 3 principales fenómenos que son:

- **Variación de la presión bajo la superficie**
Este fenómeno se basa en el volumen de aire sometido a presión por el oleaje existente
- **Empuje de ola**
Se genera al momento de la dispersión de la onda explotando la velocidad del agua.

➤ **Variación de la altura en la superficie**

Este fenómeno se basa en el movimiento alternativo vertical de las olas con diseños o estructuras flotantes.

2.3.5. Densidad de las Olas en el Mundo

Una de las características principales de las olas es que tienen la capacidad de desplazarse largas distancias y sufrir muy poca pérdida de energía por lo tanto toda esa energía acaba en los perfiles de cada costa del mundo, llegando a un total de 336.000 Km de longitud por lo tanto la densidad media de energía es de 8 KW/m de costa, esto quiere decir que la energía generada por las ondas marinas es mucho mayor en comparación a la densidad de energía solar que es 300 W/m².

La energía undimotriz disponible en el mundo puede variar desde la más alta sobre los 60 KW/m que hay en Nueva Zelanda, Reino Unido, Portugal, Australia, zonas que están más cercas a los polos, con zonas marítimas que tienen un fuerte oleaje generando en estos lugares una mayor captación de energía undimotriz hasta el valor medio que es de 8 KW/m como se muestra en la figura 2.18

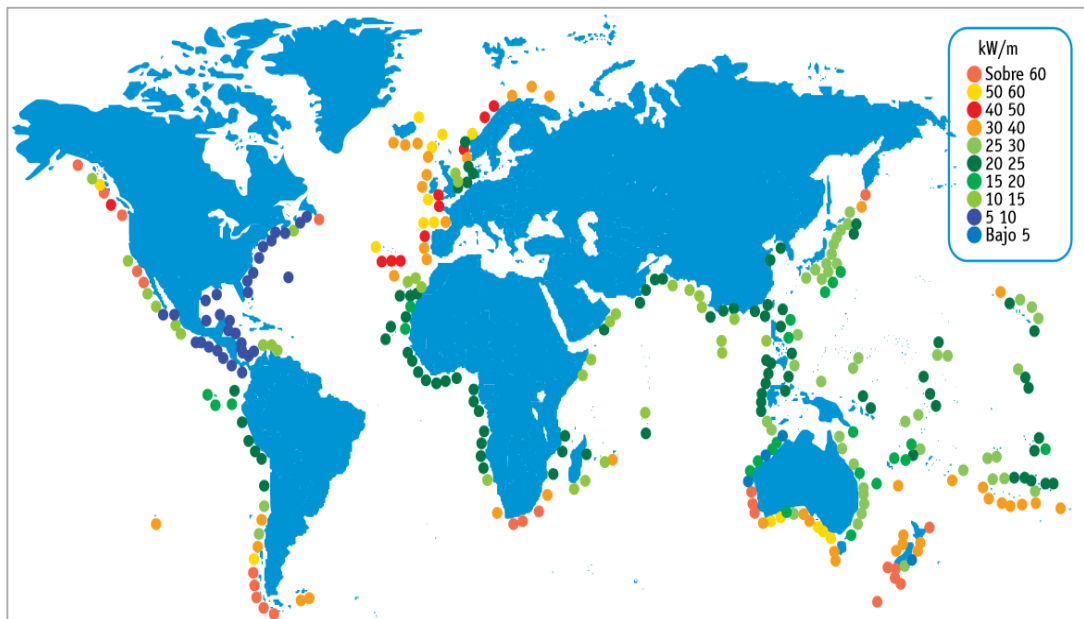


Figura 2. 18: Mapa mundial de la densidad de las olas
Fuente: (Jara, 2006)

2.3.6. Clasificación de Dispositivos Captadores de Energía de las Olas

En la actualidad existe diversos proyectos para la captación de energía undimotriz en el mundo. Por tal motivo se menciona su clasificación según su ubicación, según su principio de captación y según su tamaño y orientación como se muestra en la siguiente figura 2.19.

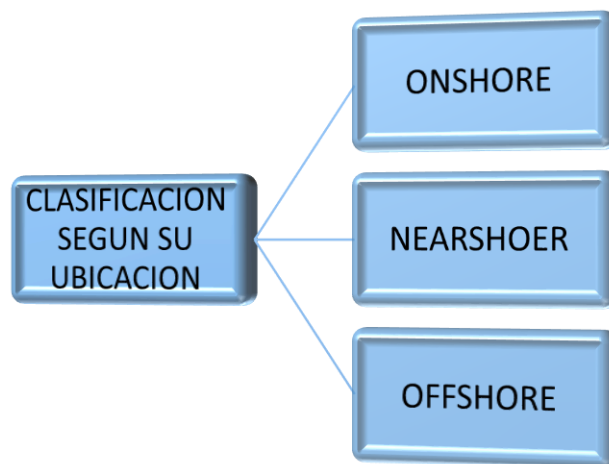


Figura 2. 19: Clasificación de los convertidores según su ubicación
Elaborado por: Autor

Onshore (Dispositivos en costa)

Estos dispositivos tienen la característica de estar apoyados en la costa fijados en acantilados rocosos, también pueden ser fijados en estructuras como diques o sobre el fondo de aguas que no seas profundas y se conocen como dispositivos de 1era generación.

Las ventajas que presentan estos dispositivos onshore es que por estar fijados en las costas su instalación se facilita, por lo tanto, su costo de mantenimiento será bajo sin embargo su desarrollo está limitado ya que su principal desventaja es su bajo nivel energético que se aprovecha del oleaje y también su impacto medioambiental visual que presenta.

Nearshore (Dispositivos cerca de la costa)

Estos dispositivos se encuentran ubicados en aguas entre los 10 y 40 metros de profundidad considerándose aguas poco profundas y separada de la costa por pocos metros.

Son dispositivos de gran tamaño que por su gravedad se asientan en el lecho marino, también son conocidos como dispositivos de 2da generación, se realiza una ubicación near-shore para contrarrestar las dificultades existentes con la instalación de dispositivos en la costa por su elevado costo. A continuación, en la figura 2.20 se observa la captación de energía de las olas según su ubicación.

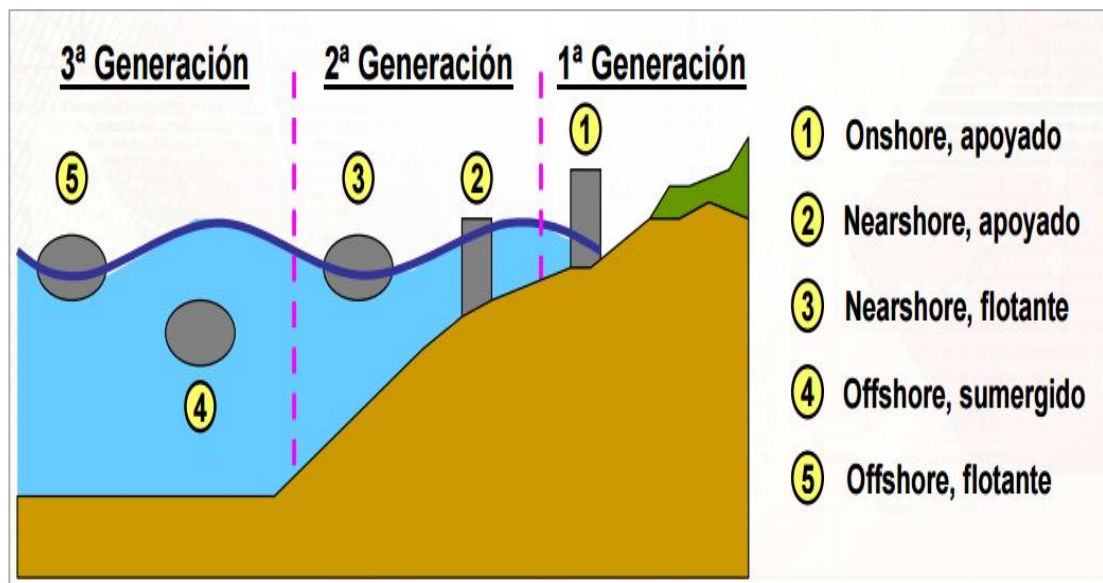


Figura 2. 20: Clasificación de captadores de energía de las olas según su ubicación
Fuente: (Villate, Ruiz, & Pérez, 2012)

Offshore (Dispositivos fuera de la costa)

Estos dispositivos son aquellos que están ubicados en aguas profunda entre los 50 y los 100 metros de profundidad estos dispositivos forman parte de las tecnologías que más promete en lo que encierra la explotación de energía de las olas también conocido como recurso undimotriz ya que aprovecha el mayor potencial energético de las ondas marinas en alta mar; los dispositivos offshore o también conocidos como dispositivos de 3era generación para su correcto funcionamiento deben hacer uso de tecnologías costosas que garantice la vida útil de estos, las plantas que tenga en conjunto muchos dispositivo agrupados entre sí podrían llegar a generar decenas de megavatios, en consecuencia su uso a gran escala es rentable. (Ribes, 2014)

De acuerdo al principio de captación de energía los dispositivos se clasifican en 3 tipos como se muestra en la figura 2.21

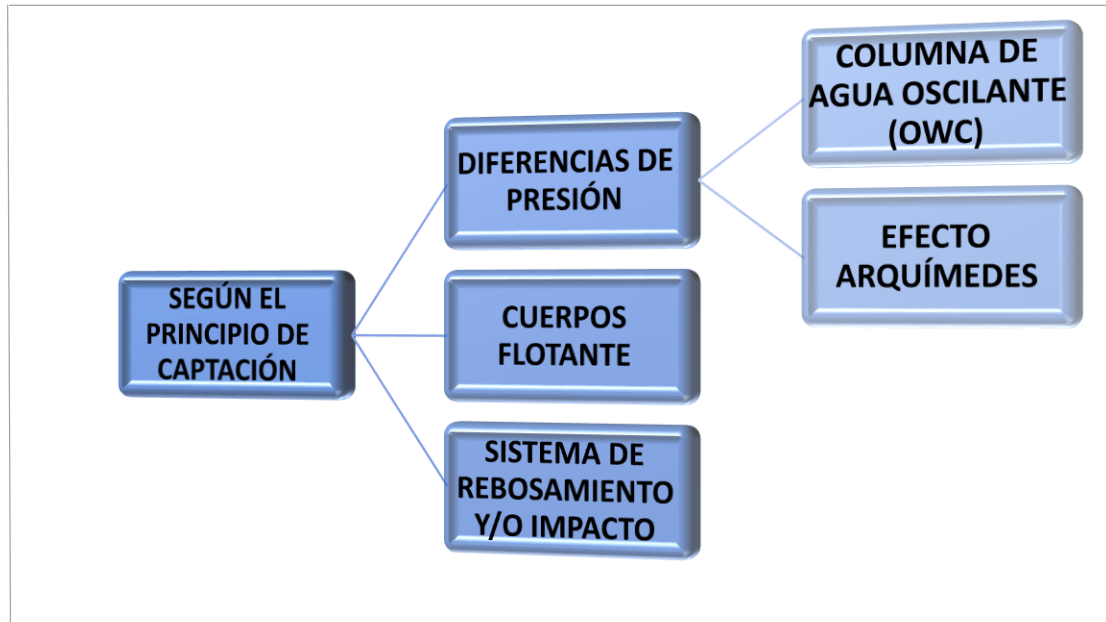


Figura 2. 21: Clasificación de captadores de energía de las olas según su principio de captación de energía
Elaborado por: Autor

Diferencias de presión

La clasificación de estos dispositivos se basa en el aprovechamiento de la diferencia de presión que crea el oleaje, se puede apreciar dos fenómenos que son los siguientes:

➤ **Columna de agua oscilante (OWC),**

El OWC de la Figura 2.22, unos de los dispositivos más usado en la captación de energía de las olas, estos dispositivos obtienen la energía que genera la ola a través de una turbina tipo Wells que acoplada a un generador la introduce a la red eléctrica.

Su estructura se ubica en la costa; la parte superior forma una cámara de aire y su parte inferior está sumergida en el agua dispuesta a recibir la acción de las olas.

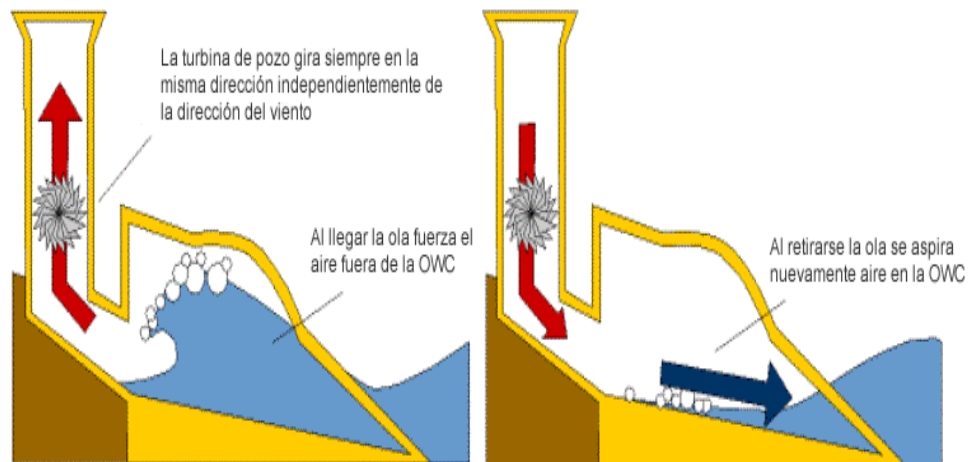


Figura 2. 22: Columna oscilante de agua
Fuente: (Socitek ingenieros, 2012)

Al utilizar energía neumática para generar energía mecánica, el mantenimiento es más sencillo y económico.

Algunos países utilizan este sistema de captación de energía de las olas como son las plantas de:

- LIMPET Islay -Escocia
- PICO Azores - Portugal
- PORT KEMBLA Sídney - Australia
- VIZHINJAM cerca de Trivandrum - India
- SAKATA Sakata - Japón
- MOWC de Mutrico País Vasco España

➤ Efecto Arquímedes

Se aprovecha la diferencia de presión que ejerce la ola en sus subidas y bajadas sobre un elemento móvil lleno de aire que actúa como un flotador. Este dispositivo se sitúa entre los 40 y 100 metros bajo el nivel del mar por lo tanto no está expuesto a las condiciones meteorológicas. Este sistema está sujeto al lecho marino mediante un pedestal y posee una carcasa superior llena de aire que tiene la función de ser un flotador. Su función se basa en la elevación de la ola, por tanto, la columna de agua aumenta y también la presión que ella ejerce, cuando la ola desciende el efecto que produce es inverso como se puede

observar en la figura 2.23; estos generadores están compuestos por imanes y una bobina que con el movimiento vertical que es sometido por la ola genera hasta 1.2 MW de electricidad que es transmitido por un cable marino a la red Eléctrica.

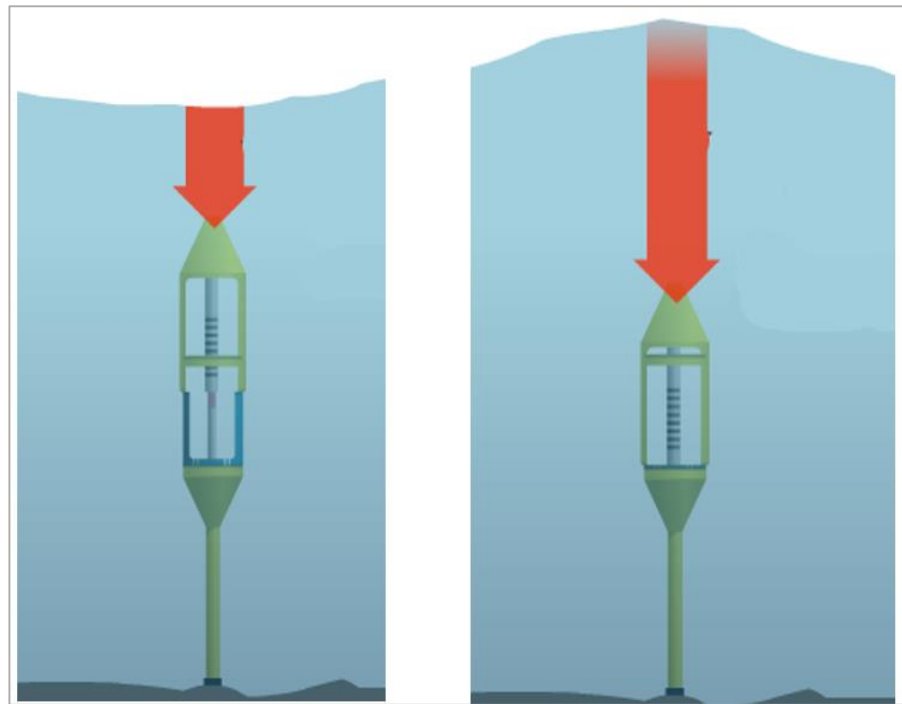


Figura 2. 23: Funcionamiento del sistema de generación de energía mediante el efecto Arquímedes

Fuente: (Hernández, 2015)

Cuerpos flotantes

La estructura de estos dispositivos se basa en un cuerpo flotante que se mueve por las ondas marinas este movimiento es oscilatorio puede ser horizontal o vertical o se puede fusionar entre los movimientos mencionados. Un modelo representativo de cuerpo flotante es el sistema PELAMIS.

Este mecanismo trabaja semisumergido y consta de secciones tubulares conectadas por 3 rotulas, el movimiento es inducido por el oleaje a través de toda su estructura dicho mecanismo convierte a energía eléctrica a través de sistemas oleo hidráulicos a alta presión. Esta energía eléctrica renovable producida por varios dispositivos PELAMIS es transportada a través de un cable submarino hacia la costa. A continuación, se observa en la figura 2.24 el funcionamiento del generador en el Dispositivo Pelamis.

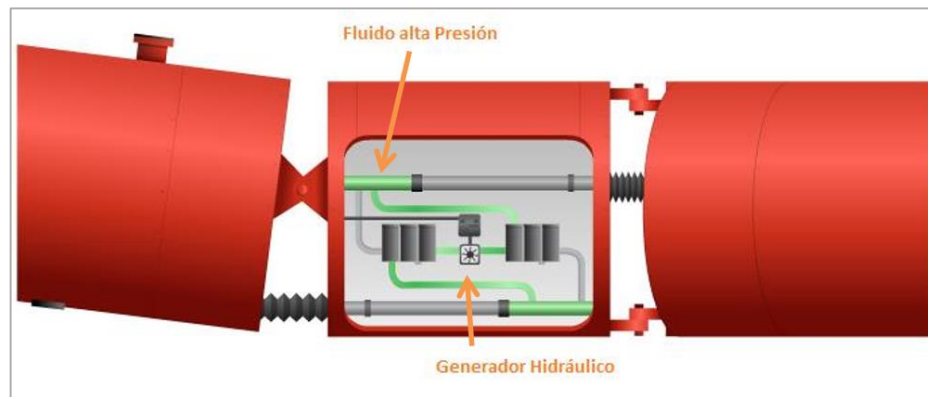


Figura 2. 24: Funcionamiento del sistema de generación del Pelamis
Fuente: (Hernández, 2015)

Estos dispositivos llegan a medir 150 metros de largo y 3.5 de diámetro como se muestra en la figura 2.25, y los generadores utilizados en estos sistemas generar de 250 KW cada dispositivo PELAMIS posee 3 generadores, totalizando una potencia de 750 KW suficiente para abastecer de electricidad a 500 hogares con un consumo medio durante 1 año.

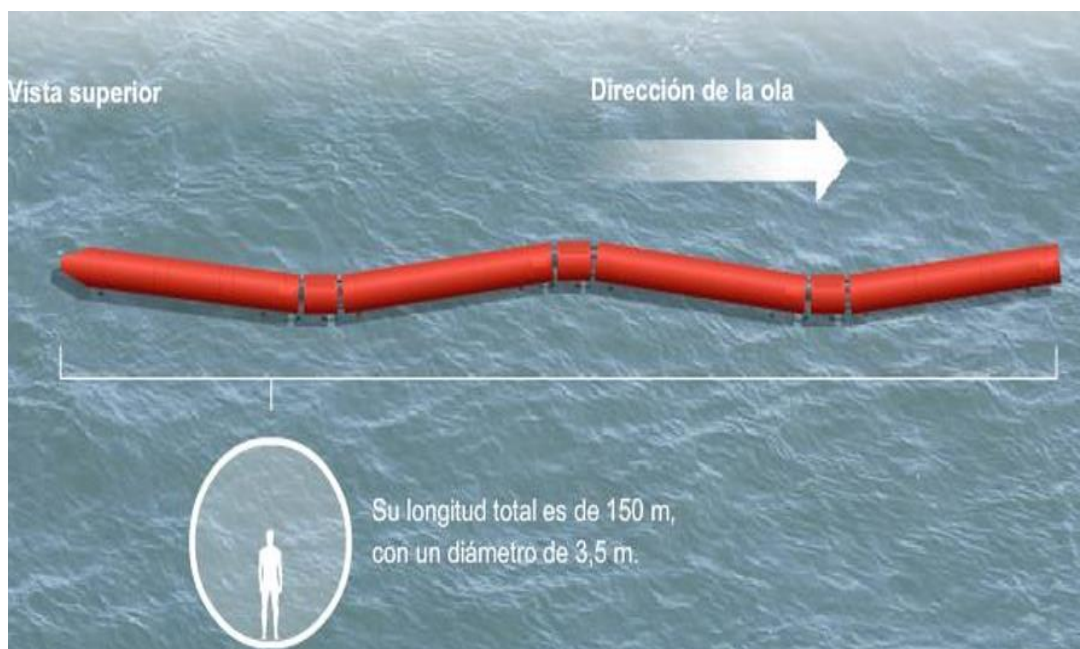


Figura 2. 25: Sistema Pelamis
Fuente: (Hernández, 2015)

Estos dispositivos fueron diseñado para soportar las diversas condiciones extremas que tiene el mar como son las grandes tormentas, huracanes y fuertes oleajes. (LARCO, 2009)

Sistema de rebosamiento y/o impacto

Las formas de captar energía de estos dispositivos se basan en un dispositivo que permite el aprovechamiento de energía potencial y cinética, estos sistemas de rebosamiento conducen al agua que pase por encima de la estructura de tal forma que las olas golpeen la estructura flexible o articulada. En la actualidad este sistema para la generación de energía undimotriz está siendo aplicada en las costas danesas desde el 2004 con el dispositivo llamado WAVE DRAGON, el ancho de la estructura alcanza los 58 metros, la misma empresa está desarrollando una wave dragón de 390 metros.

A continuación, en la figura 2.26 se observa el funcionamiento de la tecnología Wave Dragón.

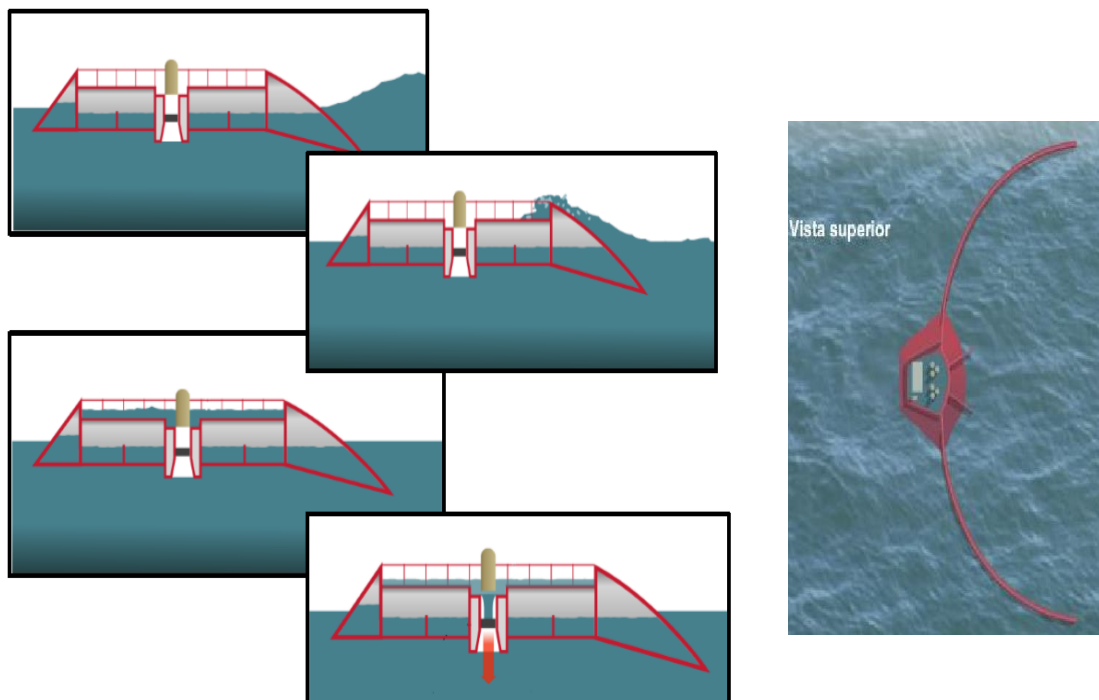


Figura 2. 26: Funcionamiento del sistema de generación Wave Dragón
Fuente: (Hernández, 2015)

Como se puede observar en la figura el agua es almacenada en una balsa. Luego se libera hacia el mar, en su camino mueve turbinas encargadas de generar electricidad. Los sistemas de impacto pueden situarse Nearshore u offshore como por ejemplo los dispositivos OYSTER de la empresa AQUAMARINE POWER. (Santos C. C., 2011)

De acuerdo a su tamaño y orientación respecto al oleaje los dispositivos captadores de energía se clasifican en 3 tipos como se observa en la figura 2.27.

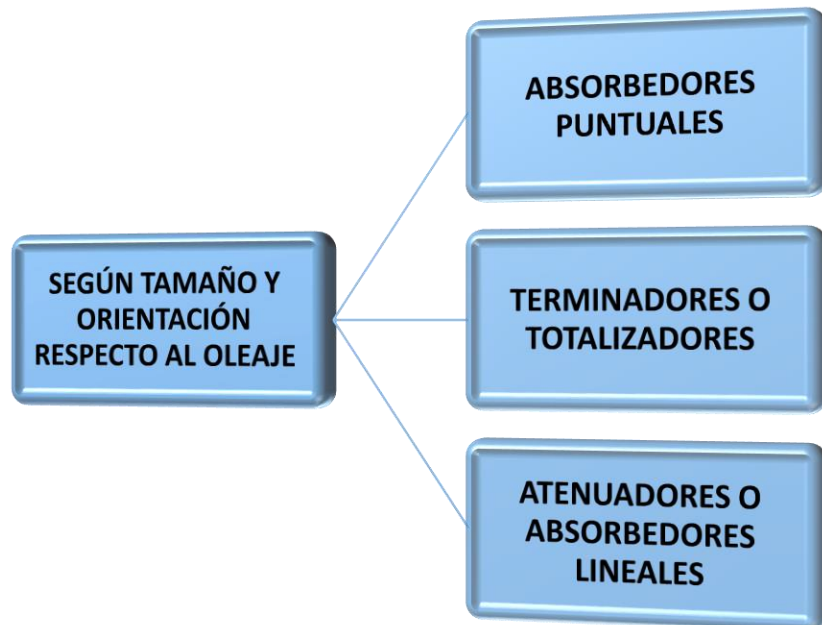


Figura 2. 27: Clasificación de captadores de energía de las olas según su tamaño y orientación respecto al oleaje.

Elaborado por: Autor

Absorbedores puntuales

Los absorbedores puntuales son dispositivos relativamente pequeños frente a la longitud de la ola, este dispositivo tiene una forma cilíndrica por lo que no afecta la dirección del oleaje que se presente; de estos dispositivos se pueden colocar varios absorbedores formando una línea, estas estructuras se basan en sistemas tipo boya como el POWER BUOY de la empresa Ocean Power Technologies

Terminadores o totalizadores

Los dispositivos totalizadores están ubicados perpendicularmente a la dirección de la ola, son estructuras alargadas y captan energía una sola vez al paso de la ola.

Atenuadores o absorbedores lineales

Los dispositivos atenuadores o absorbedores lineales están ubicados en paralelo en la dirección de la ola, la extracción de energía lo hacen de modo direccional y progresivo, su estructura es de forma alargada como lo es el dispositivo Pelamis.

2.4. Sistemas de Generación de Energía undimotriz

En la generación con sistemas undimotrices para su correcto funcionamiento estará dividido en bloques que está compuesto por dispositivos que capten la energía de las olas, luego existirá otro bloque llamado sistema de conversión, este sistema será el encargado de transformar la energía mecánica que servirá de entrada para la conversión a energía eléctrica.

Para los sistemas de generación undimotriz se tomará en cuenta los siguientes parámetros que son:

- Simpleza
- Fiabilidad
- Posibilidad de operar a velocidad variable
- Mínimos requisitos de mantenimiento

2.4.1. Convertidores de electrónica de potencia

Los principales convertidores de electrónica de potencia utilizados son:

- **Rectificadores (convertidores AC/DC):**

Los rectificadores o convertidores AC/DC hacen que el flujo de potencia en AC con un número de fases dado, frecuencia y tensión; sea transformado a una señal en DC con una polaridad y amplitud determinada.

- **Inversores (convertidores DC/AC)**

Los inversores o convertidores DC/AC transforma la señal DC con una polaridad y amplitud mostrada, a una señal AC con un voltaje, frecuencia y número de fase determinado.

Convertidor - Fuente de Intensidad (Current Source Converter, CSC) y Convertidor - Fuente de Tensión (Voltage Source Converter, VSC)

Los convertidores de fuente de intensidad y los convertidores de fuente de tensión se componen de otros dos convertidores como es el tipo AC/DC y el otro tipo de DC/AC, y se encuentran acoplados por un circuito DC intermedio; este dispositivo es un convertidor completo AC/AC, que puede trabajar con una tensión impuesta (convertidor-fuente de tensión), o con una corriente impuesta (convertidor-fuente de intensidad). De forma general, el CSC está formado por tiristores y el VSC está formado por IGBTs (transistor bipolar de puerta aislada conocido por la sigla IGBT, del inglés Insulated Gate Bipolar Transistor)

➤ **Choppers (convertidor DC/DC)**

Este equipo convierte una señal de corriente continua con una tensión y polaridad dada en otra señal de corriente continua a otra tensión y polaridad determinada.

2.4.2. Generador eléctrico rotativo

El Generador eléctrico rotativo es una máquina que transforma energía mecánica en energía eléctrica por medio de un rotor y un campo magnético. En la figura 2.28 se observa la estructura de un generador eléctrico

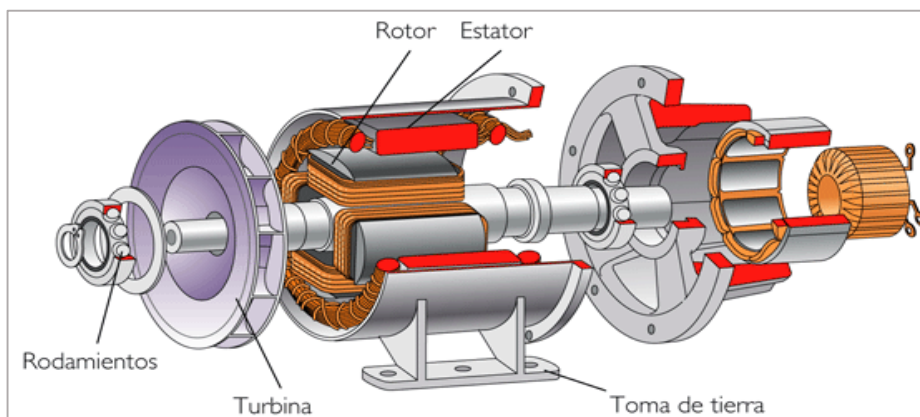


Figura 2. 28: Generador Eléctrico rotativo
Fuente: (Becerril, 2012)

El sistema de excitación es un elemento primordial para la generación eléctrica, es por eso que las maquinas síncronas se clasifica en 2 tipos de generadores dependiendo del sistema de excitación que emplea estos son:

- Generador síncrono por inducción.
- Generado síncrono de imanes permanentes.

2.4.3. Generador Síncrono por inducción

El sistema de excitación de un generador síncrono por inducción utiliza los siguientes métodos que se va a mencionar a continuación:

➤ Excitación propia

Está formado por un generador de corriente continua que se conecta al rotor del generador síncrono mediante un sistema de escobillas, la desventaja de este sistema es que genera altos costos de mantenimiento ya que posee dos máquinas de corriente continua en cascada. En la figura 2.29 se observa la configuración del sistema de excitación propia.

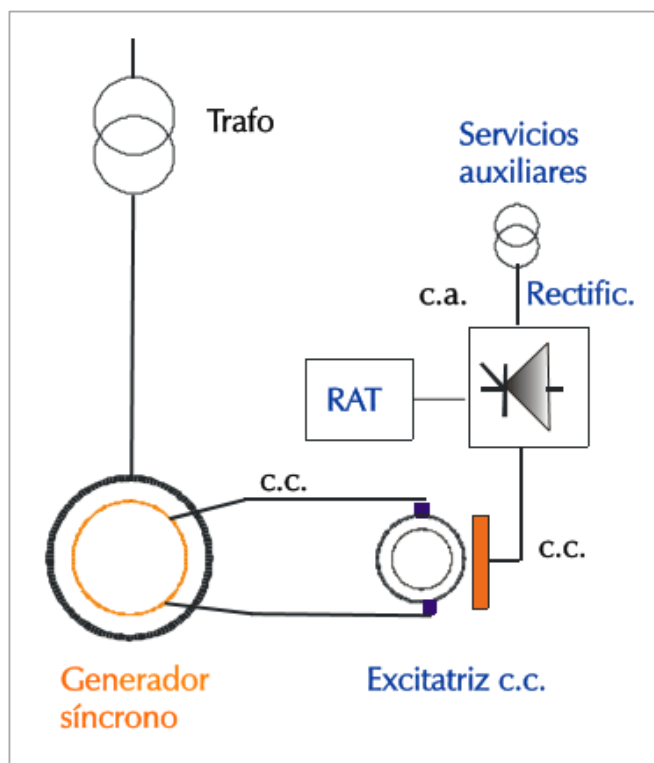


Figura 2. 29: Sistema de excitación Propia
Fuente: (Santos D. M., 2011)

➤ **Auto-excitación**

Esta configuración es habitual en grandes generadores, tiene un sistema de rápida respuesta, su sistema de excitación es autónomo menos el arranque, una de las desventajas de los sistemas de auto excitación es que en los generadores de menor tamaño puede causar corto circuito.

En la figura 2.30 se observa la configuración de un sistema estático auto excitado

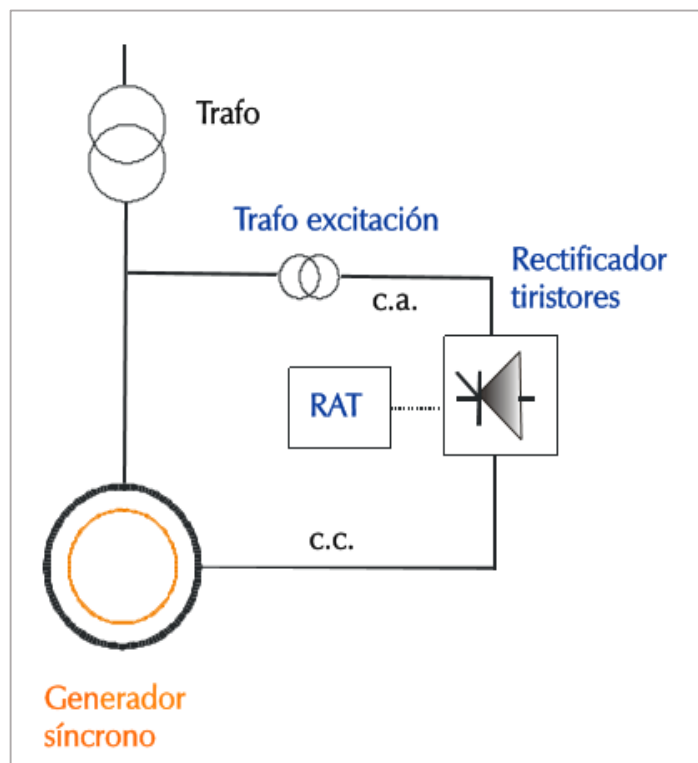


Figura 2. 30: Sistema autoexcitado

Fuente: (Santos D. M., 2011)

➤ **Sistema de excitación sin escobillas (Brushless)**

En este sistema de excitación no es necesario escobillas ni anillos rasantes en la excitatriz, el rotor de las dos máquinas está montado en el mismo eje; el sistema de rectificación está conformado por tiristores o transistores IGBT y la potencia del rectificador es de 20 a 50 veces menos que en el sistema directo. La utilización de estos sistemas de excitación sin escobillas se aplica en generadores hidráulicos y

turboalternadores hasta 60 MVA. En la Figura 2.31 se observa la configuración del sistema de excitación sin escobillas.

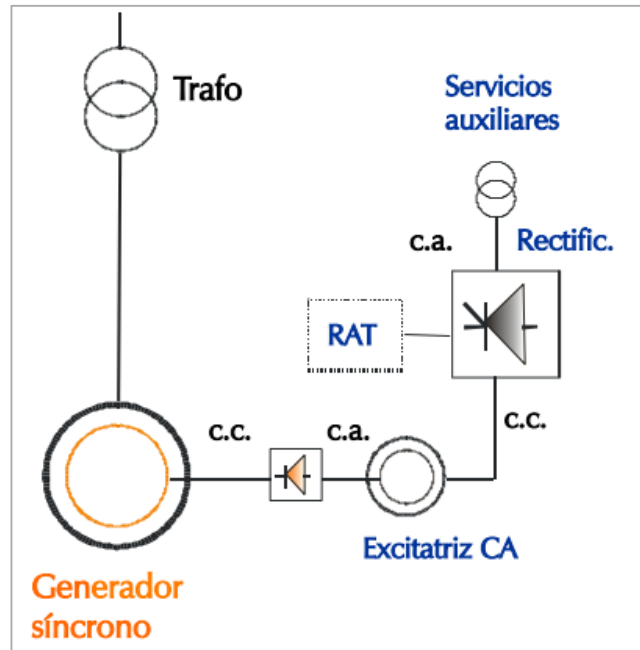


Figura 2. 31: Excitación rotativa sin escobillas (brushless)
Fuente: (Santos D. M., 2011)

2.4.4. Generador Síncrono por Imanes Permanentes

El generador síncrono de imanes permanentes es aquel que ha tenido una modificación sustituyendo el bobinado de excitación en el rotor por una estructura conformado por imanes permanentes que distribuye un campo constante de excitación, un gran uso del generador síncrono de imanes permanentes es en la generación eólica, en este generador se elimina las escobillas por tal motivo se ahorra al momento del mantenimiento. (OBEKI, 2008)

Ventajas del generador de imanes permanentes:

La fabricación es más barata por la utilización de imanes.

El montaje del rotor resulta más económico.

El generador síncrono de imanes no posee escobillas por lo tanto no necesita mantenimiento.

La principal ventaja de estos generadores es su simplicidad.

Suministra energía a sistemas auxiliares del generador principal

No necesita sistemas para su excitación

Ahorra un 20% de la energía solo por usar imanes.

En la figura 2.32 se observa la estructura interna del generador síncrono con imanes permanentes.

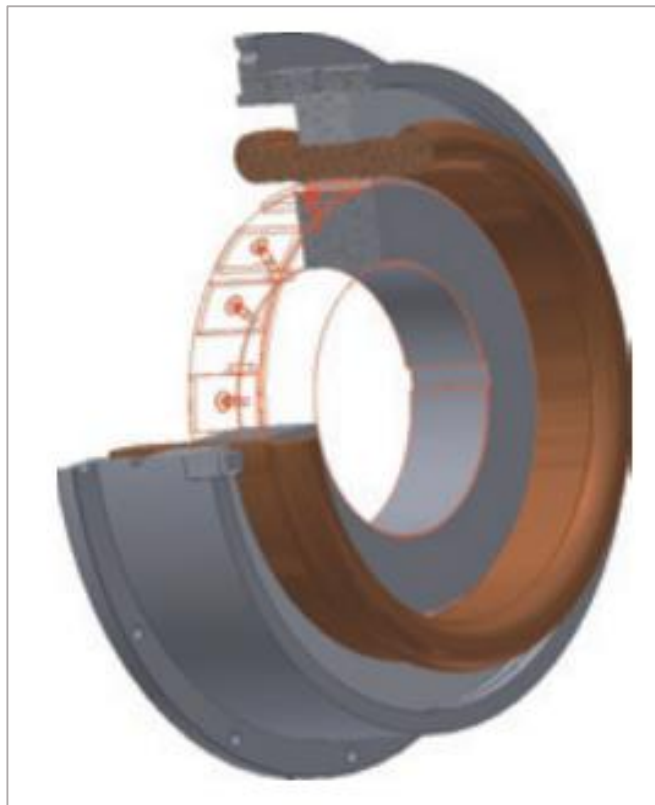


Figura 2. 32: Generador síncrono con imanes permanentes
Fuente: (OBEKI, 2008)

Debido a su factibilidad, simplicidad y la eliminación de pérdidas en el rotor este generador se ha convertido en el más solicitado en el mercado en generadores de pequeño y medio tamaño. (Amilia & Aio, 2010)

Independientemente del sistema de excitación a continuación se muestra algunas características de los dos generadores síncronos.

Características de los generadores síncronos

Operación independiente

- Funcionan aislados de la red
- Su excitación es independiente a la red
- Otorgan estabilidad al sistema que suministran energía.

Regulación de tensión y factor de potencia

- La tensión de salida del generador puede regularse.
- Controla la tensión y frecuencia de salida antes de su inyección a la red.
- Aportar la energía reactiva requerida por el sistema de potencia cuando el generador se conecta a la red.

Sincronización con la red

- Control complejo que requiere regulación de tensión, frecuencia, y secuencia de fases.
- El generador síncrono es una máquina que normalmente funciona a velocidad constante, pero debido a la naturaleza pulsante y variable del recurso undimotriz, es interesante la posibilidad de operar a velocidad variable, obteniendo así una extracción óptima de energía

Características de los generadores síncrono.

Elaborado por: Autor

2.5. Máquina asíncrona

La máquina asíncrona ha sido utilizada como motor eléctrico, en la actualidad el incremento de generación de energía renovables como lo es en el sector eólico se está utilizando como generador asíncrono de electricidad. La estructura de un generador de corriente alterna asíncrono está formada por un estator y rotor donde en el estator está colocado el inductor que alimenta una red trifásica o monofásica.

Estos generadores se los conoce como máquinas de inducción porque la corriente que circula en uno de los devanados se debe a la fuerza electromotriz inducida por la acción del flujo del otro.

Los generadores asíncronos según el tipo de rotor se clasifican en:

- Generador asíncrono de jaula de ardilla (Squirrel Cage Induction Generator, SCIG). En la figura 2.33 se observa el rotor jaula de ardilla que utiliza este generador.



Figura 2. 33: Rotor Jaula de Ardilla
Fuente: (Martos, Shu, & Valhondo, 2012)

- Generador asíncrono de inducción (Induction Generator, IG). En la figura 2.34 se observa el rotor bobinado de anillos rosantes que usa este generador.

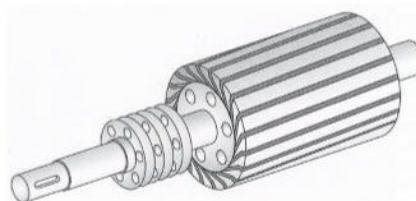
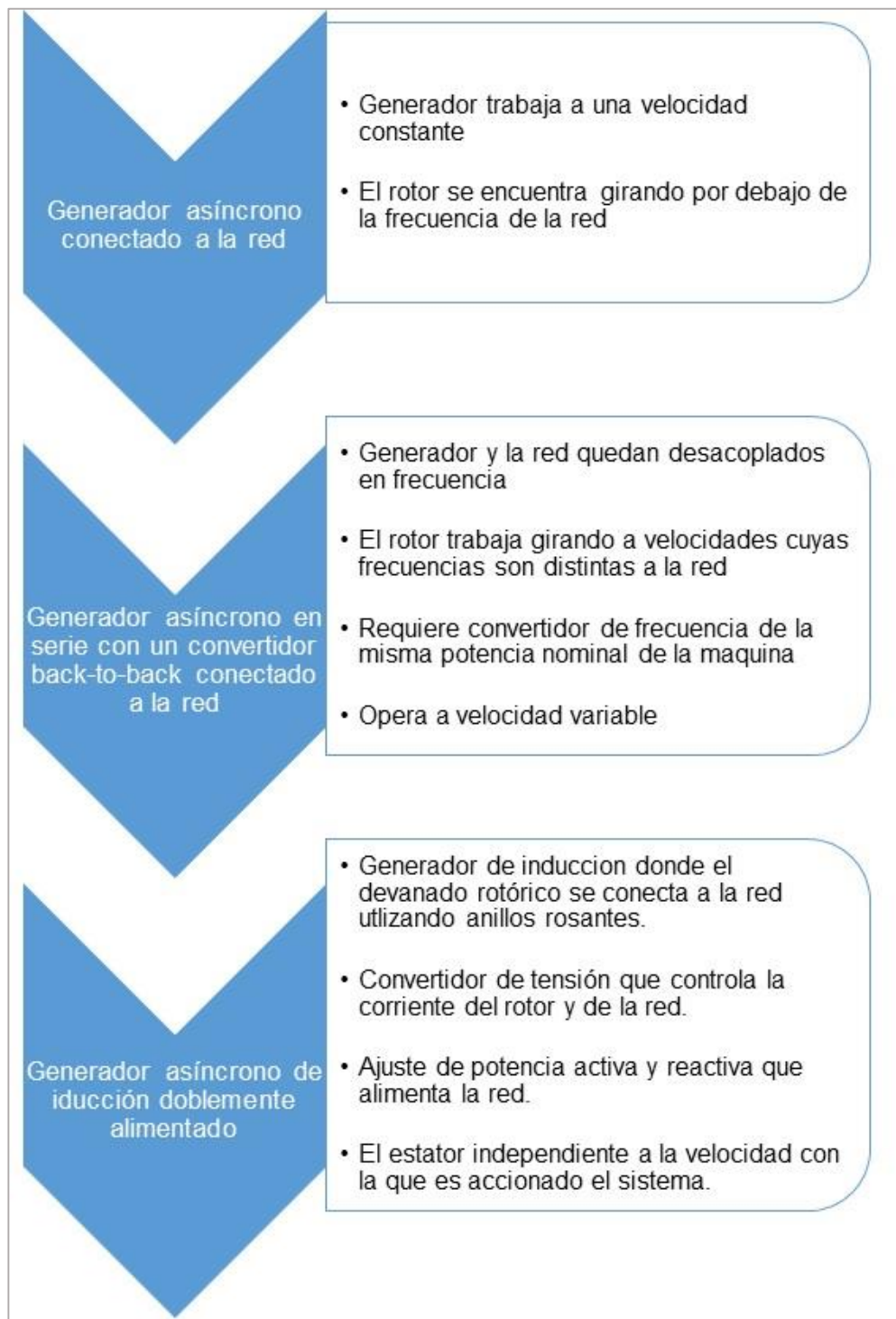


Figura 2. 34: Rotor bobinado de anillos rosantes
Fuente: (Martos, Shu, & Valhondo, 2012)

En la actualidad existe tres configuraciones de estas máquinas para acoplarse al sistema de generación. A continuación, algunas características de las conexiones de los generadores asíncronos.

Características de los generadores asíncronos al conectarse a la red



Elaborado por: Autor

2.5.1. Generador eléctrico lineal

El generador lineal como su nombre lo indica aprovecha el movimiento lineal para la generación de electricidad, al usar un generador lineal que esté acoplado a un convertidor como dispositivo de extracción de potencia, se minimiza la estructura y componentes mecánicos.

Una de las características de los generadores lineales es que extraen la energía en forma oscilante de vaivén a una velocidad reducida, por esta razón se crea energía eléctrica en baja frecuencia lo cual se debe utilizar dispositivos de electrónica de potencia para así conectarse a la red. En la figura 2.35 se observa la conversión de una máquina rotativa a una máquina lineal. (Montoya, Octubre)

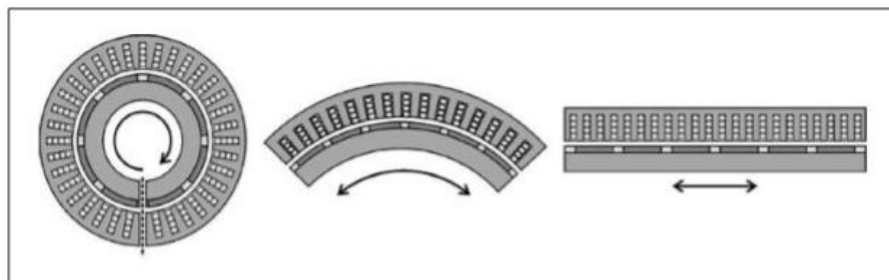


Figura 2. 35: Conversión de una máquina eléctrica rotativa a lineal
Fuente: (Cruz, 2008)

El generador lineal tiene forma tubular o puede ser plana como se observa en la figura 2.36 teniendo una sección poligonal a lo largo de su eje de movimiento, los fenómenos que tienen los generadores lineales son semejantes a los fenómenos conocidos en las máquinas rotativas ya que usan las mismas ecuaciones.

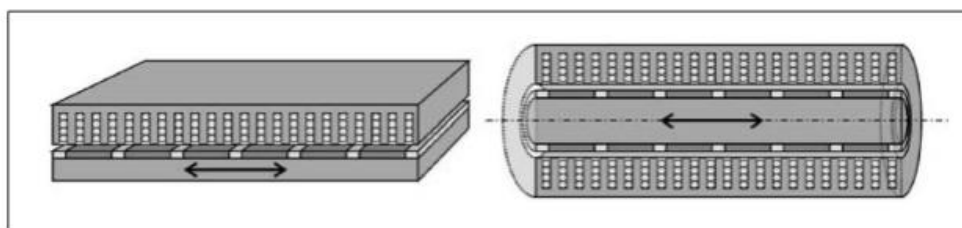


Figura 2. 36: Máquina eléctrica lineal plana y tubular
Fuente: (Cruz, 2008)

2.5.2. Tipos de generadores lineales

En la actualidad existen 3 tipos de generadores lineales y la diferencia es la forma en la que se entrelaza su flujo magnético como se observa en la figura 2.37 a continuación:

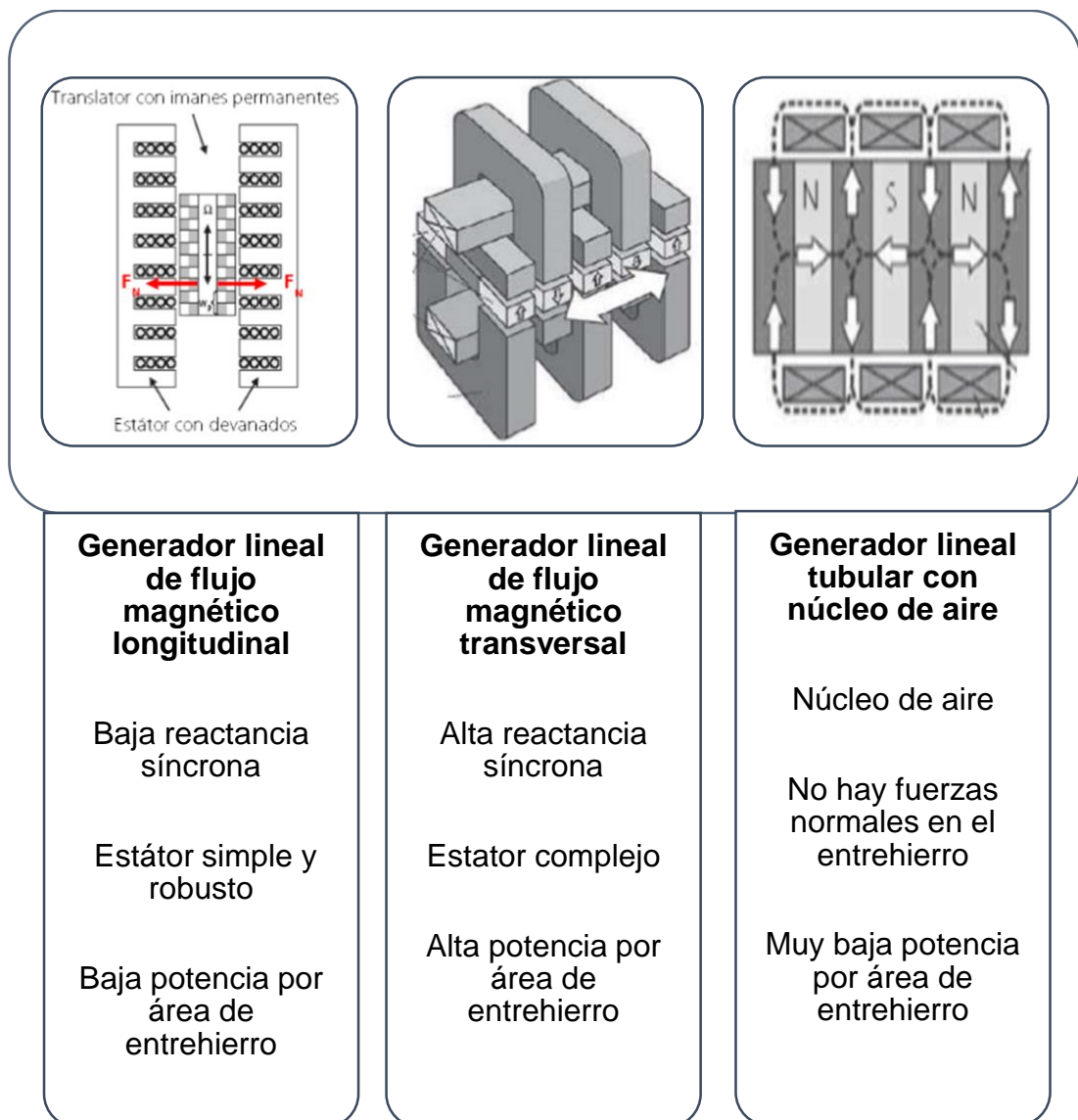


Figura 2. 37: Características de los Generadores lineales

Fuente: (Cruz, 2008)

2.6. Sistemas de transmisión de la energía undimotriz

En la actualidad las instalaciones offshore que han sido implementadas para la transferencia de potencias se basan en configuraciones que se utiliza en las instalaciones de parques eólicos offshore y en plataformas en el sector petrolero; son de 3 tipos como se observa a continuación:

- Corriente Alterna en Alta Tensión (High Voltage Alternate Current, HVAC)
- Corriente Continua en Alta Tensión con Convertidor Conmutador de Línea (High Voltage Direct Current with Line Commutated Converter, HVDC LCC)
- Corriente Continua en Alta Tensión con Convertidor Fuente de Tensión (High Voltage Direct Current with Voltage Source Converter, HVDC VSC)

2.7. Tipos de conexión para una generación undimotriz

2.7.1. Primera conexión

En esta conexión se unifica los dispositivos generadores de energía undimotriz, luego se transmite esa energía por un cable por el océano y en tierra se ubica una estación de conversión para invertir la señal CC a una señal AC y después para elevar la tensión se utiliza un transformador ajustando las variaciones de la misma para la conexión a la red como se observa en la figura 2.38

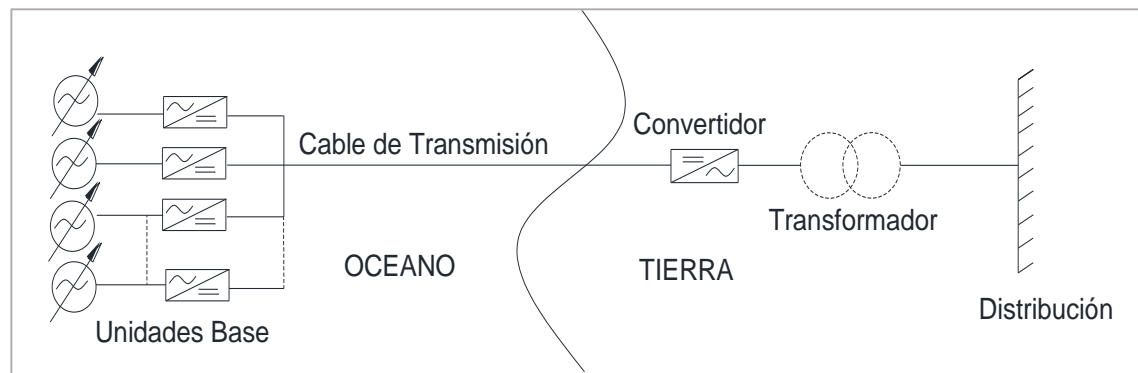


Figura 2. 38: Conexión A energía undimotriz

Elaborado: Por Autor

2.7.2. Segunda conexión

En esta conexión el convertidor donde se efectúa la inversión de la señal generada se encuentra ubicado en la plataforma offshore o en el fondo del lecho marino, en esta opción se dificulta el mantenimiento y se complica su instalación luego se conecta a la red utilizando un transformador como se observa en la figura 2.39.

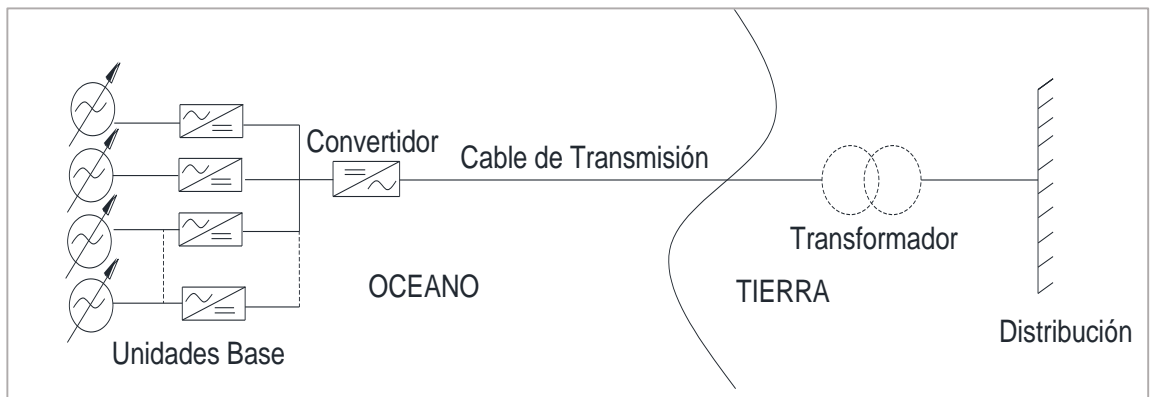


Figura 2. 39: Conexión B energía undimotriz
Elaborado por: Autor

2.7.3. Tercera conexión

En esta conexión después de los dispositivos captadores de energía de las olas se instala offshore los convertidores de señal y el transformado minimizando las perdidas por transmisión $P = I^2R$ que en la segunda opción; la tensión de transporte es más alta.

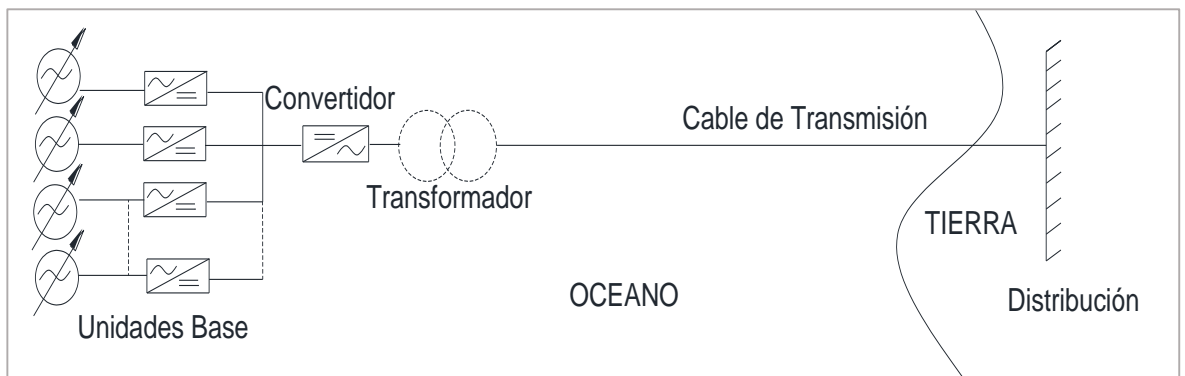


Figura 2. 40: Conexión C energía undimotriz
Elaborado por: Autor

2.7.4. Cuarta conexión

En esta conexión después de los dispositivos captadores de energía undimotriz se coloca los convertidores de señal y se realiza un transporte CC, HVDC, en cuanto a la instalación, se tendrá mayor dificultad por que los dispositivos estarán offshore, las pérdidas de transmisión serán minimizadas.

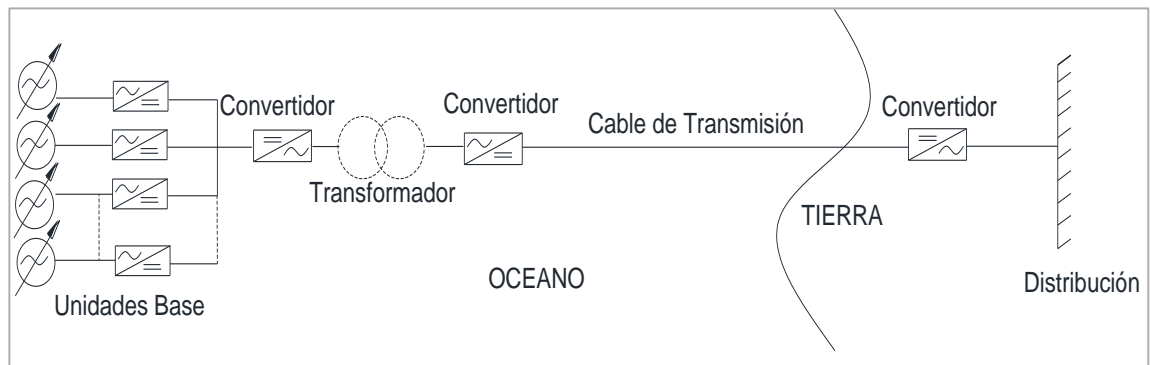


Figura 2. 41: Conexión D energía undimotriz
Elaborado por: Autor

2.7.5. Ventajas e Inconvenientes de las conexiones para la transmisión de energía undimotriz

Tabla 2 1: Ventajas e Inconvenientes de las conexiones undimotrices

	VENTAJAS	INCONVENIENTES	IMPLEMENTACIÓN
CONEXION A	Pocos Componentes	Altas Perdidas por transmisión	Pequeña planta cercana a la red
CONEXION B	Componentes simples	Componentes offshore complejos	Pequeña planta muy cercana a red
CONEXIÓN C	Baja perdidas por transmisión Componentes simples	Componentes offshore más complejos Se añade un transformador	Gran planta bastante cercana a la red
CONEXION D	Muy bajas perdidas por transmisión	Muchos convertidores Compleja instalación offshore	Gran planta lejos de la red

Elaborado por: Autor

2.8. Cableado Submarino

2.8.1. Estructura del cable submarino

En la instalación de dispositivos captadores de energía undimotriz es de vital importancia el cable submarino que conduzca la energía generada por los dispositivos captadores de energía de las olas y además que transporte

datos de información de los dispositivos, convertidores de señal, etc.; para su monitoreo mando y control de la planta.

En la búsqueda adecuada del tipo de cable submarino que se emplea en una planta de energía undimotriz se tomara en cuenta los siguientes factores que se muestra a continuación:

- Distancia a transmitir
- Potencia
- Tensión

También existen otros factores que afectan a la estructura que poseerá el cableado.

- Corrientes y mareas
- Profundidad del fondo marino
- Parámetros característicos de la ubicación seleccionada.
- El tipo de suelo
- Cable enterrado o sobre el fondo marino
- Profundidad de enterrado del cable

La estructura del cable submarino para la conducción de energía undimotriz estará formada por los siguientes componentes que se menciona a continuación:

2.8.2. Conductor Central

El núcleo del cable submarino estará compuesto por alambres roscados formando una sección circular, el material que utilizara el núcleo puede ser de cobre o aluminio, pero para mayor eficiencia de conducción lo recomendable es utilizar un núcleo de cobre, a continuación, en la figura 2.42 se observa el cable submarino y sus respectivas partes.

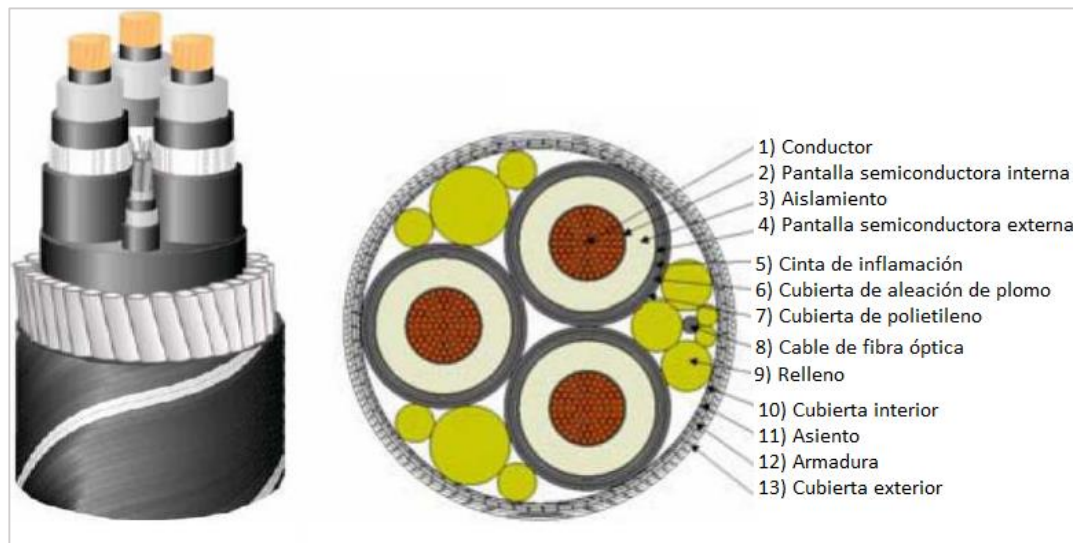


Figura 2. 42: Conductor TKFA 170 Kv 3x1x1200 mm3 KQ
 Fuente: (Ricci, Lopez, Plaza, Scutto, & Villate, 2009)

En los sistemas HVAC, el número de conductores que van en el cable submarino se puede unir las tres fases formado un solo cable tripolar de esta forma se ahorraría costos de cables y costos de instalación.

En los sistemas HVDC, se utiliza un electrodo a tierra para la conducción de retorno o un cable de baja tensión, reduciendo el costo de instalación y de mantenimiento, pero el inconveniente al utilizar un electrodo es que puede producir reacciones químicas en el mismo.

2.8.3. Aislamiento Eléctrico

En los cables de transmisión submarina se emplean tres tipos de aislamiento:

➤ **Papel de celulosa impregnado de aceite mineral o sintético**

La impregnación puede ser de dos tipos:

- ✓ Impregnación de aceite a baja presión
- ✓ Impregnación de un fluido sintético a baja presión.

En cualquiera de los dos casos la función que hacen es cubrir el núcleo con un eje hueco por el cual circula este aceite a baja presión o fluido sintético a baja presión, estos sistemas serán construidos para longitudes de transmisión hasta 50km, a continuación, en la figura 2.43 se observa el aislamiento eléctrico con papel celulosa impregnado con aceite mineral.



Figura 2. 43: Aislamiento Eléctrico con papel celulosa impregnado de aceite mineral

Fuente: (Ricci, Lopez, Plaza, Scuotto, & Villate, 2009)

➤ **Cables de masa impregnada (MI)**

El aislamiento de estos conductores es de estructura similar a los conductores con aislamiento con papel celulosa con la única diferencia que está impregnado con una resina o un aceite muy viscoso, estos conductores son generalmente usados en el cableado de transmisión HVDC.



Figura 2. 44: Cable de masa impregnada

Fuente: (Martínez, 2008)

➤ **Cable de polietileno reticulado (XLPE).**

Estos cables usan un aislamiento que se llama dieléctrico sólido y es un material excelente para cables submarinos debido a su fabricación que es más económica que los aislamientos anteriores; es utilizado a mayor longitud de transmisión y tiene una capacidad de doblado mayor

a los ya mencionado anteriormente, aumento de resistencia mecánica y un menor peso facilitando su instalación.

Una de las ventajas para la utilización de este cable con aislamiento XLPE es que transporta una corriente nominal con temperatura de 90°C y soporta las corrientes de corto circuitos de hasta 250°C.



Figura 2. 45: Cable de Polietileno reticulado
Fuente: (Martínez, 2008)

2.8.4. Pantalla metálica

Si ocurre algún fallo en el sistema esta pantalla metálica entra en acción ya que se conecta a tierra y sirve para que circule la corriente de falta, esta envoltura metálica se encuentra ubicada en la capa semiconductor externa, también sirve como protección contra el agua de mar.

2.8.5. Armadura

Estos cables como medida de protección externa son recubiertos con alambres de acero galvanizados esto sirve para dar una resistencia mecánica y proteger ante la corrosión.

2.8.6. Fibra Óptica

La fibra óptica es un hilo muy fino que está formado por materiales de plástico, sílice o cuarzo fundido, por el cual se envían impulsos de luz que son los datos a transmitir, la fibra óptica es muy esencial en la planta undimotriz ya que sirve para el monitoreo de los sistemas convertidores de la planta así mismo como para la transmisión de datos de información y ordenes de mando.

Los cables de fibra óptica serán instalados alrededor del cable submarino o como parte del cable. (SANIPATÍN, 2014)

2.8.7. Estructura de la Fibra Óptica

La fibra óptica está dividida en dos capas, una capa interna que se llama Core o núcleo y otra capa externa que se llama cladding o manto, por ellas atraviesa una luz y se propaga los datos, los elementos básicos de la fibra óptica son: fibra óptica, tubo central con gel, cubierta interior y armadura. (CRIOLLO, 2015)

2.9. Subestaciones offshore

En los sistemas de transmisión es necesario una estación de conversión offshore y otra onshore. Las fuentes de energía renovables en el sector marino utilizan subestación offshore para la evacuación de la energía o transmisión de cantidades de energías extraídas de las olas en lugares alejados de las costas. La subestación offshore se monta en tierra luego es transportada y montada en una gabarra hasta donde se encuentra la estructura o soporte que estará fijada en el fondo marino, la función de las subestaciones offshore es optimizar los equipos eléctricos y reducir el tamaño y peso de los mismos. En la figura 2.46 se muestra como se realiza un montaje de una subestación offshore alejada de la costa. (Elorduizapatarietxe, 2015)

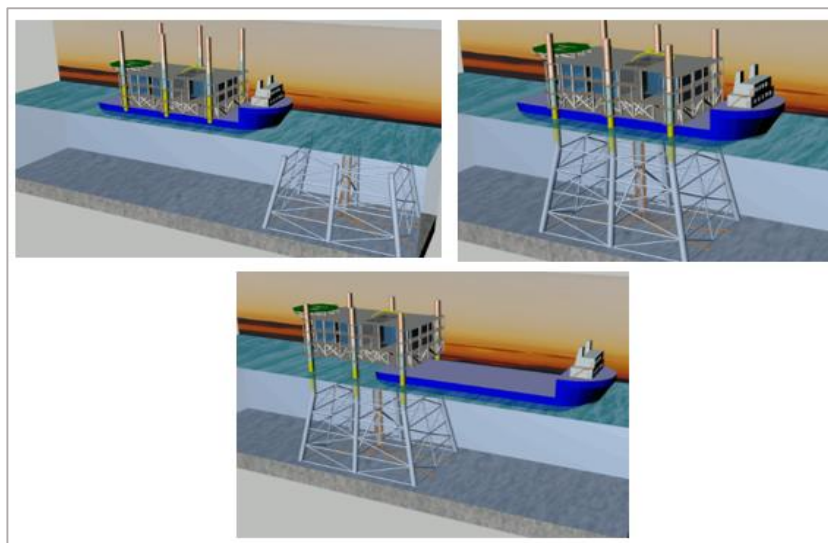


Figura 2. 46: Montaje de una subestación offshore
Fuente: (Elorduizapatarietxe, 2015)

2.9.1. Subestación Submarina

La mayoría de los sistemas de energías renovables en alta mar, incluyendo el viento, las mareas y las olas, generan baja tensión y la necesidad de aumentar el voltaje a medio o alta tensión para una transmisión eficiente. Además, los proyectos offshore tienen una serie de dispositivos (turbinas, energía de las olas convertidores, dispositivos de marea) que necesitan ser conectados en red de la costa de tal manera que un solo cable submarino pueda exportar la energía a la orilla.

La subestación submarina también actúa como un nodo central para un SCADA (Control de Supervisión y Adquisición de Datos) esta comunicación se hará a través de fibra óptica a la orilla, este cable de fibra óptica será diseñado para el despliegue en profundidad superior a 50m, la subestación submarina se compone de un sistema de presión que contiene baja tensión, equipo de distribución de energía, un transformador de paso a paso media tensión (MV) para una transmisión de potencia eficiente, SCADA y otros equipos auxiliares. A continuación en la figura 2.47 se observa la subestación submarina desarrollada por Ocean Power Technologies (OPT) (Technologies, Underwater Substation Underwater Substation, 2008)



Figura 2. 47: Subestación submarina

Fuente: (Technologies, Underwater Substation Underwater Substation, 2008)

La Universidad de Uppsala en Suecia ha desarrollado la subestación submarina que interconecta varios generadores lineales de accionamiento directo que luego pasa a un rectificador de señal y después a un nodo dando como resultado una señal más estable, a continuación, en la figura 2.48 se observa la subestación submarina.



Figura 2. 48: Subestación submarina
Fuente: (Raham, 2010)

2.9.2. Ventajas y desventajas de una subestación submarina

Las ventajas de una subestación submarina son:

- La instalación de una subestación submarina resulta más económica comparada con una subestación en una plataforma flotante ya que se ahorraría materiales de la estructura flotante o anclada al lecho marino
- La posibilidad de trabajar a grandes profundidades y operar en condiciones estables de trabajo

Las desventajas de una subestación submarina son:

- Al momento de hacer un mantenimiento a la subestación submarina deberá ser sacada del fondo del lecho marino aumentando así el costo de mantenimiento.
- Si la subestación submarina está instalada en grandes profundidades se tendrá que utilizar ROVs (Remote Operated Vehicle) vehículo operado a distancia, para la reparación de cualquier avería de las subestaciones submarinas.

CAPÍTULO 3: ANALISIS Y DESARROLLO

3.1. Análisis y desarrollo de un parque undimotriz en la costa del Ecuador

En este capítulo se va a describir el análisis para la selección e instalación de los dispositivos captadores de energía, cada uno de los elementos que serán utilizados tienen sus propias especificaciones técnicas para la instalación de, acuerdo a las condiciones geográficas y marinas donde será ubicado el dispositivo captador de energía de las olas. Se revisará los dispositivos flotadores que se va a utilizar específicamente POWER BOUY (Boya de Poder).

3.2. Normativa legal que rige para el desarrollo de centrales de energía renovable en el Ecuador

En este documento de la Ley de régimen del sector eléctrico se menciona que el EL CONELEC asignará con prioridad fondos del FERUM a proyectos de electrificación rural a base de recursos energéticos no convencionales tales como energía solar, eólica, geotérmica, biomasa y otras de similares características”.

En el artículo 63 que “el estado fomentará el desarrollo y uso de los recursos energéticos no convencionales a través de los organismos públicos, la banca de desarrollo, las universidades y las instituciones privadas”; y en el artículo 64 “El Consejo Nacional de Electrificación dictará las normas aplicables para el despacho de la electricidad producidas con energías no convencionales tendiendo a su aprovechamiento y prioridad”.

En la Ley de régimen del sector eléctrico artículo 5, literal j dice: “Desarrollar la electrificación en el sector rural”; y en el literal k dice: “Fomentar el desarrollo y uso de los recursos energéticos no convencionales a través de los organismos públicos, las universidades y las instituciones privadas”. (Asamblea Nacional, 2014)

3.3. Determinación y selección de puntos de instalación.

En la aplicación de energía undimotriz se determinará la factibilidad para la obtención de electricidad en la región costera de la provincia de Santa Elena y su viabilidad como solución a la demanda nacional del sistema interconectado en zonas alejadas como lo es la comuna de San Pedro de la Provincia de Santa Elena, donde se beneficiará 1000 personas que habitan en ese sector pesquero y turístico, a continuación, en la figura 3.1 se observa la ubicación de la boya del sistema undimotriz.

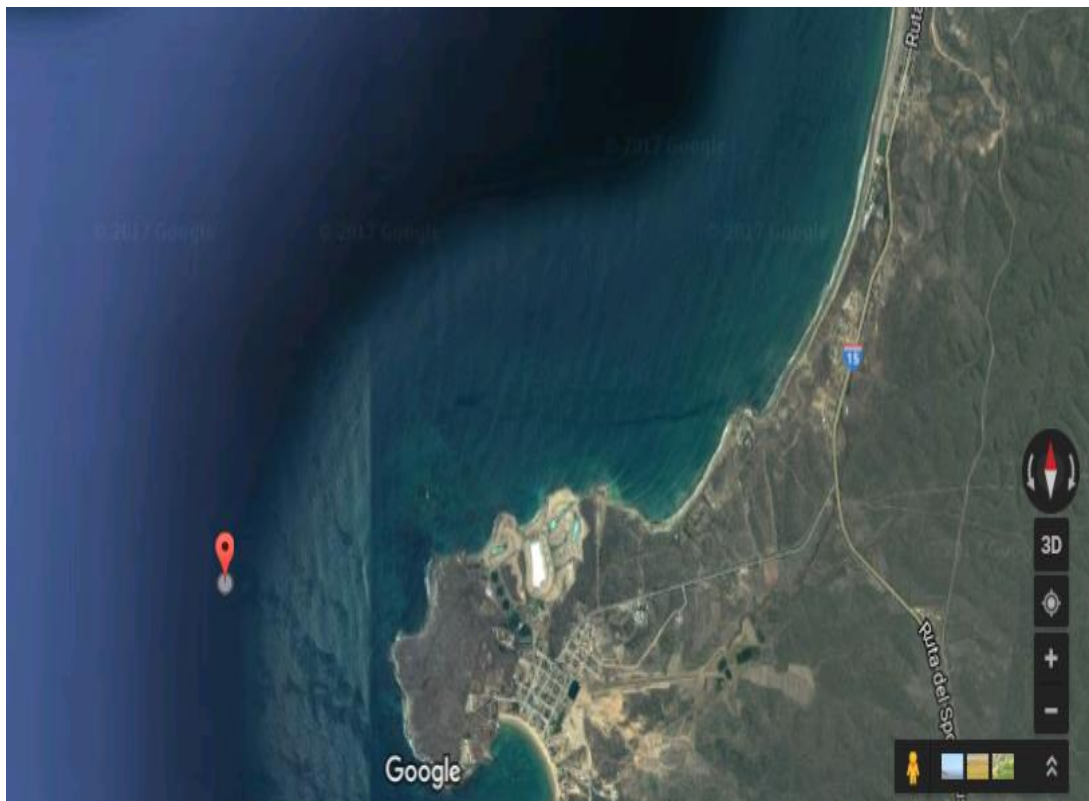


Figura 3. 1: Ubicación de los dispositivos captadores de energía de las olas
Fuente: Google Mapas

El área de cobertura es decir el lugar donde deben estar instalados estos dispositivos es la región de la plataforma continental, a una distancia de la costa de 1.5km aproximadamente con olas de una altura variable entre 2 y 2.5 metros y en zonas que tiene una profundidad entre 20 y 100 metros. A continuación, en la figura 3.2 se observa la dirección del oleaje en la zona que estarán instalados los dispositivos captadores de energía

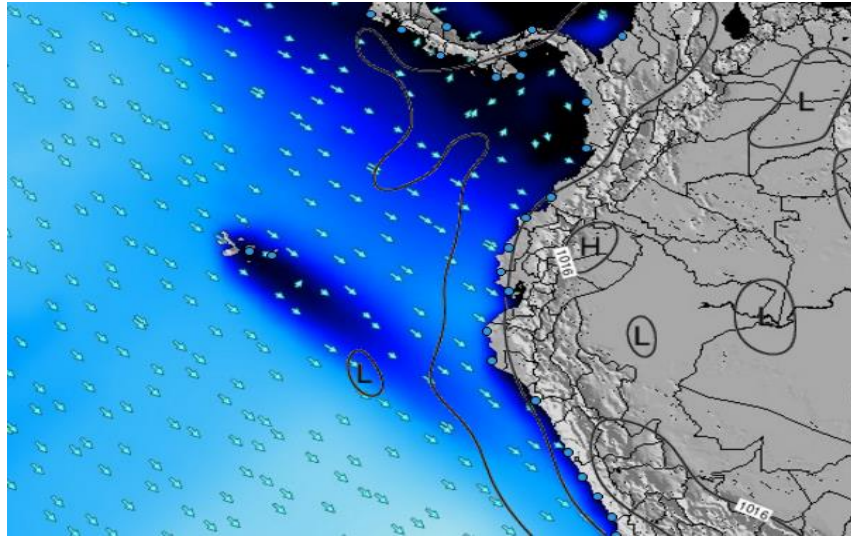


Figura 3. 2: Dirección de olas en el Ecuador
Fuente: Forecast

A continuación, en la figura 3.3 se observa una imagen de la altura del oleaje del mar territorial del Ecuador llegando desde 1 metro hasta los 3 metros de altura situación ideal para implementar la energía undimotriz en el Ecuador.

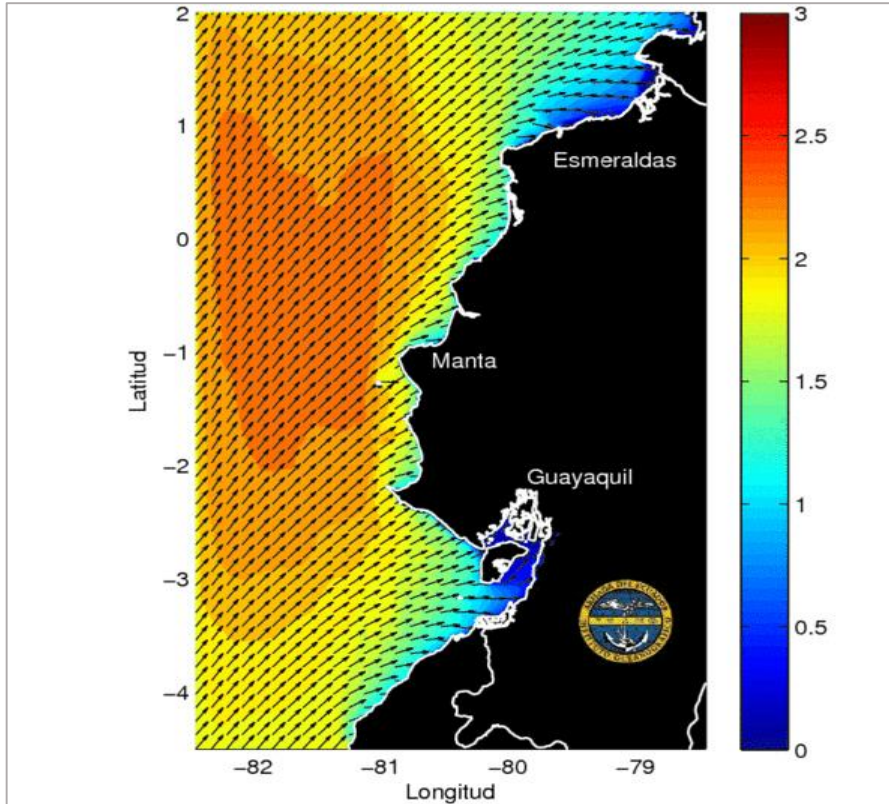


Figura 3. 3: Modelo operacional INOCAR-SWAN Altura significativa del oleaje (metros)
Fuente: (Armada, 2015)

3.4. Descripción del dispositivo POWER BUOY

3.4.1. Tecnología

El dispositivo captador de energía de las olas se denomina PB150 que es construido por la empresa OPT (Ocean Power Technologies). El PB 150 está diseñado para producir electricidad en oleajes que van desde 1 a 6 metros con una profundidad de agua mínima de 55 metros. La boya de potencia (Power Buoy) produce electricidad a partir del movimiento vertical del flotador en relación con el larguero estacionario. Este movimiento impulsa un sistema mecánico acoplado a generadores y produce corriente alterna. El dispositivo se ancla utilizando un sistema de amarre de tres puntos.

3.4.2. Costo del dispositivo

El costo actual de un PB150 es de aproximadamente 3.5 millones de dólares.



Figura 3. 4: Dispositivo Power Buoy PB150 previo a la instalación en el mar de Escocia

Fuente: (Technologies, Power Buoy, 2011)

3.4.3. Funcionamiento del dispositivo

El Power Buoy PB150 utiliza dos pistones hidráulicos conectados a un flotador para empujar el fluido a través de una turbina; Esta turbina hace girar un generador, que a su vez genera energía eléctrica. El sistema es de bajo mantenimiento, amigable con el medio ambiente, y no requiere combustibles fósiles.

3.4.4. Diseño del dispositivo Power Buoy

El Power Buoy PB150 fue diseñado para generar una potencia de manera confiable en olas desde 1 metro (y hasta casi 6 metros), y su sistema de amarre de tres puntos garantiza seguridad y estabilidad en diferentes condiciones de tormenta, marea y corriente. Los PB150 pueden proporcionar una salida máxima 150 kilovatios. Sólo unos 9 metros de la PB150 de 44 metros de longitud total sobresale por encima de la línea de flotación. A continuación, en la figura 3.5 se observa las dimensiones del dispositivo.

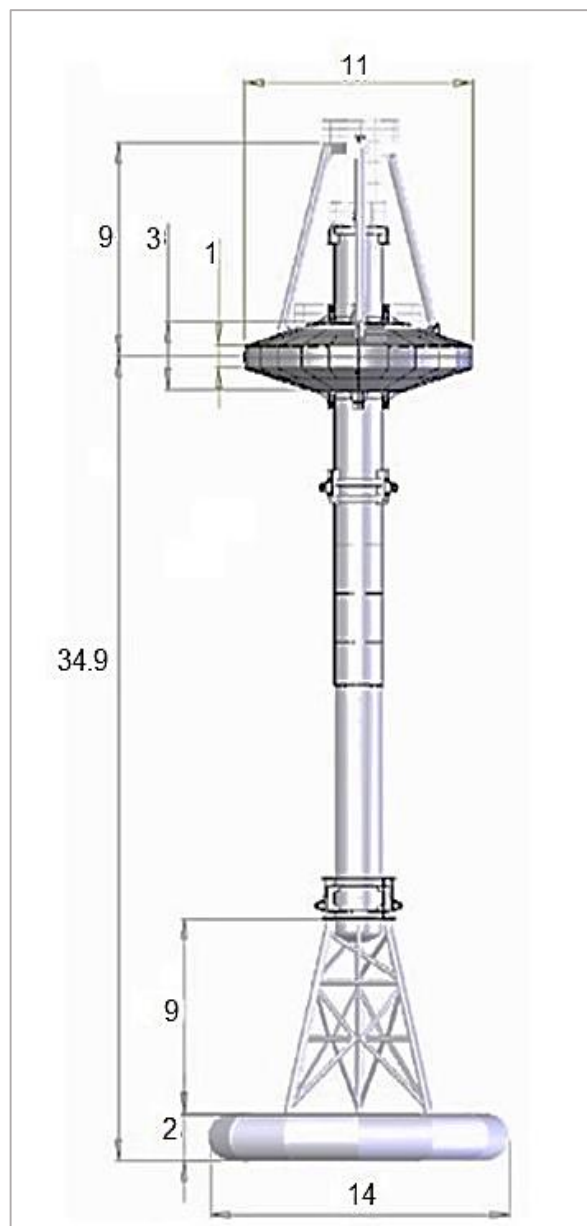


Figura 3. 5: Dimensiones del dispositivo Power Buoy en metros
Fuente: (Schwartz & Mentzer, 2011)

Por último, todos los Power Buoy están equipados con sistemas de comunicación por fibra óptica y control de supervisión y adquisición de datos (SCADA); Además, el uso de las subestaciones submarinas patentadas de OPT permite conectar hasta diez PB150 a un solo cable de transmisión mar-tierra, lo que reduce los costes y el tiempo de construcción.

3.4.5. Capacidad instalada

Cada uno de estos dispositivos tiene una generación de 150 KW.

Salida de CA : 600 v, 60hz, 3Ø

Rango de alturas de las olas para generación eléctrica del dispositivo: 1 a 5 metros

3.5. Metodología de instalación Power Buoy (Boya de Poder)

La metodología de la instalación de estos dispositivos se realiza en dos fases:

- La instalación de amarre
- La instalación de la POWER BOUY.

3.5.1. Instalación de amarre

- Se llevará a cabo utilizando un remolcador de maniobra de anclaje equipado con una grúa y buques de apoyo.
- El remolcador de maniobra de anclaje se cargará en un puerto cercano con todo el equipo necesario para la instalación de tres anclajes, junto con todos los equipos auxiliares requeridos.
- El remolcador de maniobra de anclaje también tendrá que trabajar con el equipo encargado del manejo de un ROV (Vehículo operado remotamente).
- La instalación de los anclajes de empotramiento se realizará desde el remolcador de maniobra de anclaje. El remolcador de maniobra de anclaje será asistido por buques de asistencia apropiadamente calificados y certificados.

- Los bloques de anclajes serán de hormigón de 6x6x3 metros y de 165 toneladas métricas y su ubicación será como se observa en la figura 3.6.
- Una vez finalizada la instalación de los amarres, la ubicación será registrada y notificada a las autoridades competentes.
- El extremo interno de cada cable de anclaje se marcará temporalmente con una boya de banderín para permitir que se capte el amarre.
- La extensión de la instalación podría entonces ser desmovilizada de nuevo al puerto y las amarras dejadas en su sitio mientras se espera la instalación de la Boya de Potencia (POWER BOUY)

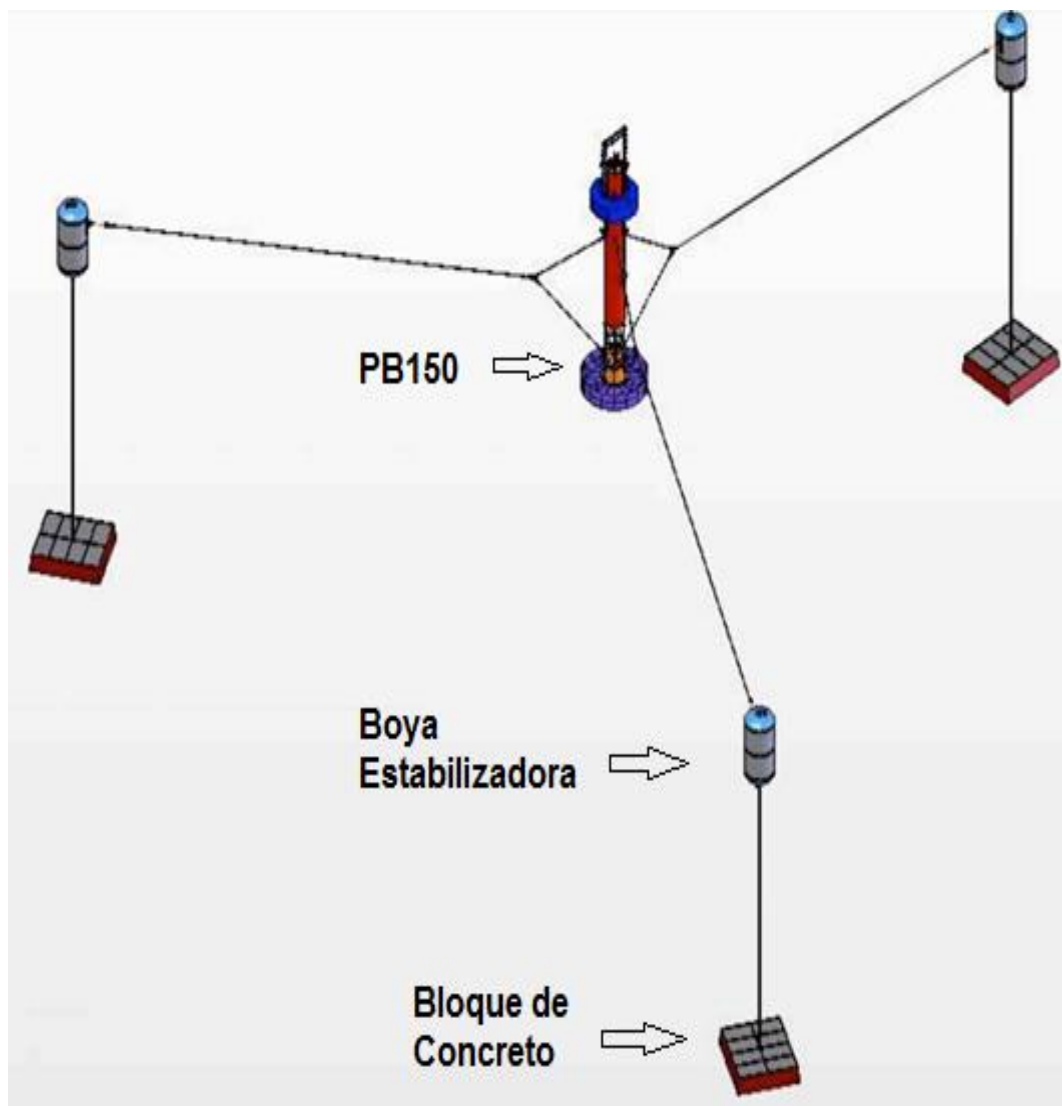


Figura 3. 6: Instalación de anclajes y amarres del dispositivo POWER BUOY
Fuente: (Technologies, Power Buoy, 2011)

3.5.2. Instalación de Boya de Potencia (POWER BOUY)

- Una vez que se instale el sistema de amarre Power Buoy, este dispositivo será remolcado al sitio y se continuará con el proceso de instalación.
- La boya de la energía (POWER BOUY) será remolcada por buques del lugar de la playa a una distancia de 2000 metros aproximadamente.



Figura 3. 7: Remolque del Dispositivo PB150 en el mar de Escocia
Fuente: (Technologies, Power Buoy, 2011)

- El dispositivo se someterá a una configuración horizontal y se asegurará entre dos pontones. El remolque constará de dos remolcadores y dos pontones (plataforma flotante).
- La operación para instalar el Power Buoy se llevará a cabo inmediatamente a la llegada del remolque al sitio.
- El dispositivo Power Buoy será liberado de los pontones (plataforma flotante) y ubicado en una posición vertical bajo el control de uno de los remolcadores como se muestra en la figura 3.8 a continuación.



Figura 3. 8: Ubicación Vertical del dispositivo PB150 en el mar de Escocia

Fuente: (Technologies, Power Buoy, 2011)

- El dispersivo Power Buoy será pre-equipado con las bridas de amarre y las líneas de amarre interiores que será conectadas a las líneas de amarre exteriores del amarre pre-instalado.

3.6. Periodo de Instalación, operación y mantenimiento del dispositivo captadores de olas POWER BUOY

- El dispositivo Power Buoy tendrá un periodo de instalación de 3 a 4 meses.
- El dispositivo Power Buoy está diseñado para que su mantenimiento este programado en periodos de entre 5 a 6 años.
- El control y las comunicaciones con el dispositivo en el momento de la instalación será realizado por un buque de reserva, dicho buque realizará controles periódicos en el dispositivo.
- El equipo de mantenimiento supervisará el rendimiento de la turbina a través de los enlaces de comunicaciones que existirá en el dispositivo POWE BOUY.

3.7. Subestación submarina (Underwater Substation Pod - USP)

Los proyectos offshore tienen una serie de dispositivos (turbinas, convertidores de energía de las olas, dispositivos de marea) que necesitan ser conectados en red costa afuera de manera que un solo cable submarino pueda exportar la energía a la costa. OPT ha analizado completamente estos requerimientos y ha desarrollado una solución innovadora llamada USP o Subestación submarina. A continuación, en la figura 3.9 se muestra un esquema de su instalación

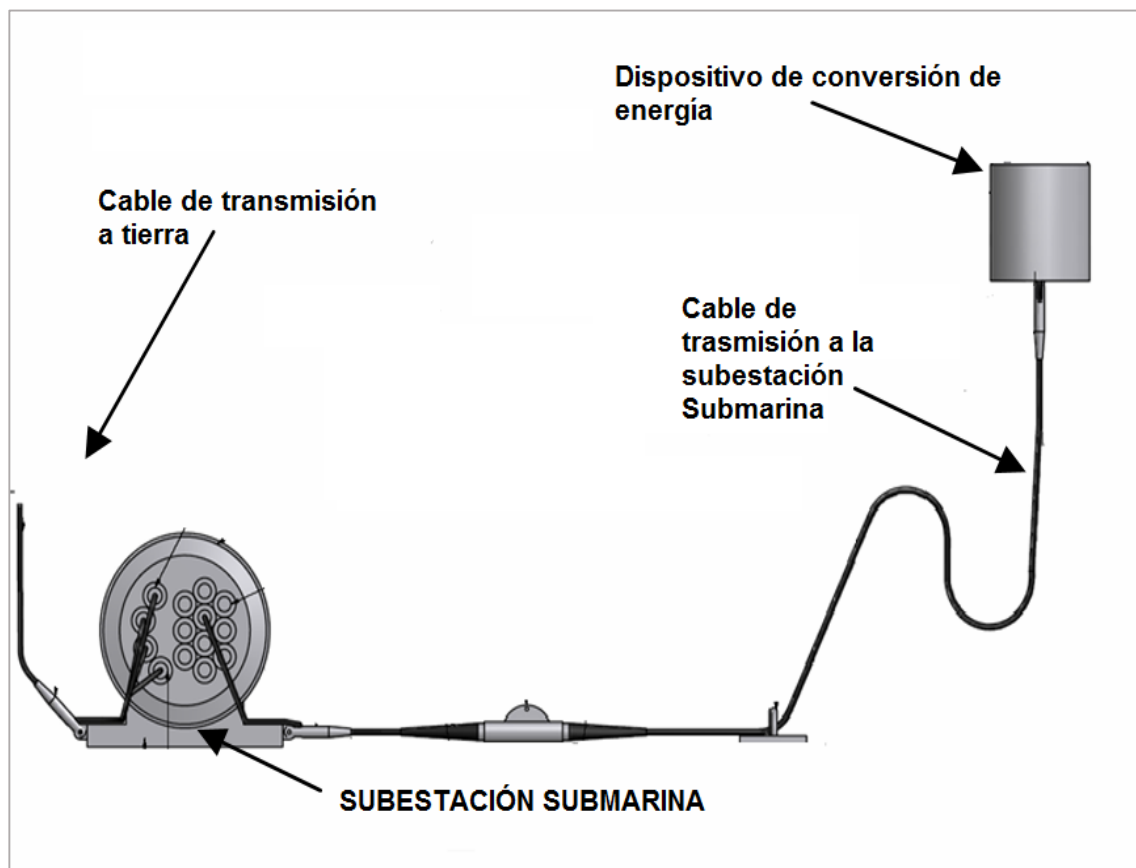


Figura 3. 9: Diagrama de la configuración de la planta Undimotriz
Fuente: (Technologies, Power Buoy, 2011)

El USP también actúa como un nodo central para un sistema SCADA (Control Supervisor y Adquisición de Datos) que comunica con fibra óptica a través del cable submarino a tierra. A continuación, en la figura 3.10 se muestra un esquema de la instalación de los equipos de generación la subestación submarina.

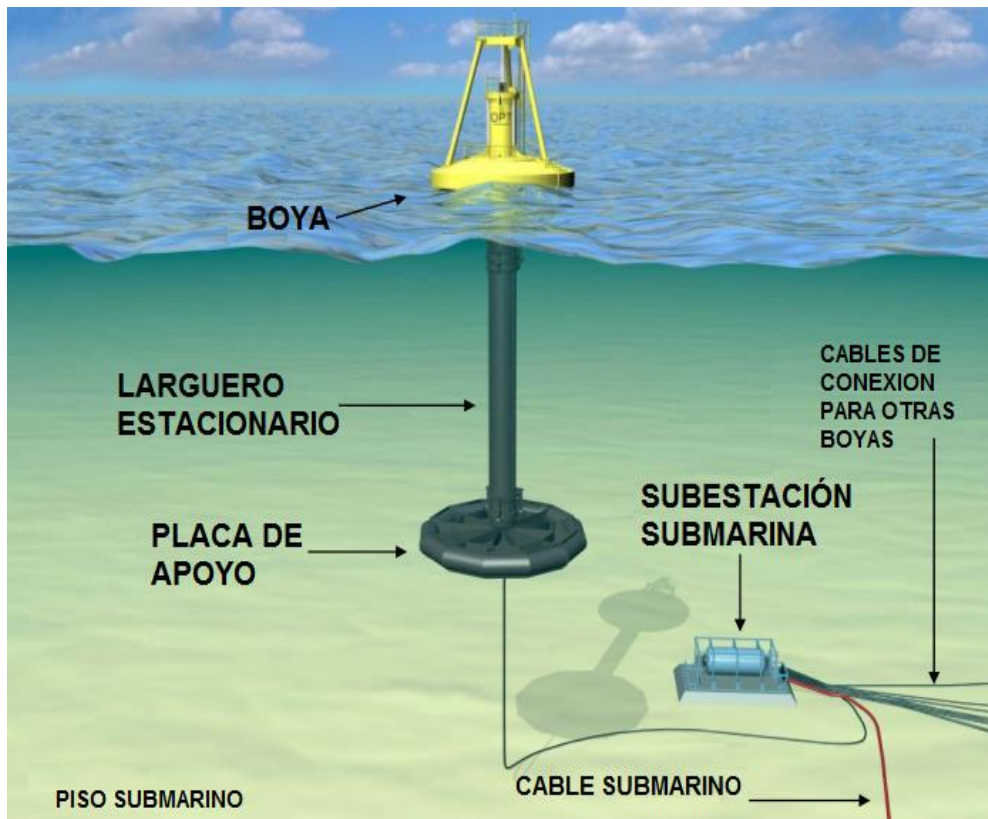


Figura 3. 10: Esquema de instalación de equipos de energía Undimotriz
Fuente: (Technologies, Power Buoy, 2011)

3.7.1. Características de la subestación Submarina USP

- Diseñado para el despliegue en profundidades mayores de 50m.
- El USP se compone de un recipiente de presión hermético que contiene equipos de distribución de energía de baja tensión
- Un transformador de paso a media tensión para la transmisión eficiente de energía,
- Sistema SCADA y otros equipos auxiliares como un dispositivo de procesamiento de la placa de corte de corriente, que lleva:
 - Disyuntores
 - Protección contra sobretensión (varistores).
 - Sensores de corriente LEM
 - Resistencia de neutro a tierra
 - Rectificadores pasivos de diodos de seis pulsos con 100 diodos A de Semikron
 - Sensores de corriente continua

A continuación, en la figura 3.11 se muestra la estructura interna de la subestación submarina que se va a utilizar



Figura 3. 11: Estructura Interna de la Subestación Submarina
Fuente: (Technologies, Power Buoy, 2011)

La USP (Underwater Substation Pod) recolecta y transforma la energía de bajo voltaje generada en alta mar a un voltaje mayor para la transmisión a tierra. En el caso de la Power Buoy, la salida eléctrica de convertidores de energía de onda flotante de superficie alimenta a la USP a una tensión de 600V y es elevada a 13.2KV.

3.7.2. Fiabilidad y ciclo de vida

La USP (Subestación submarina) tiene una vida útil de 30 años con mínimos requerimientos de mantenimiento. Todos los elementos del equipo están diseñados para toda la vida y se prevé un período de mantenimiento programado de 10 años. Posee sistemas de control eficientes; la USP tiene 20% de capacidad sobrante(flexibilidad).

El equipo de conmutación de la USP proporciona protección contra fallos del dispositivo de energía y cables de transmisión en tierra y proporciona capacidades de desconexión para permitir el servicio de los dispositivos y cables de energía individuales. A continuación, se observa en la figura 3.12 las partes que conforma la subestación submarina

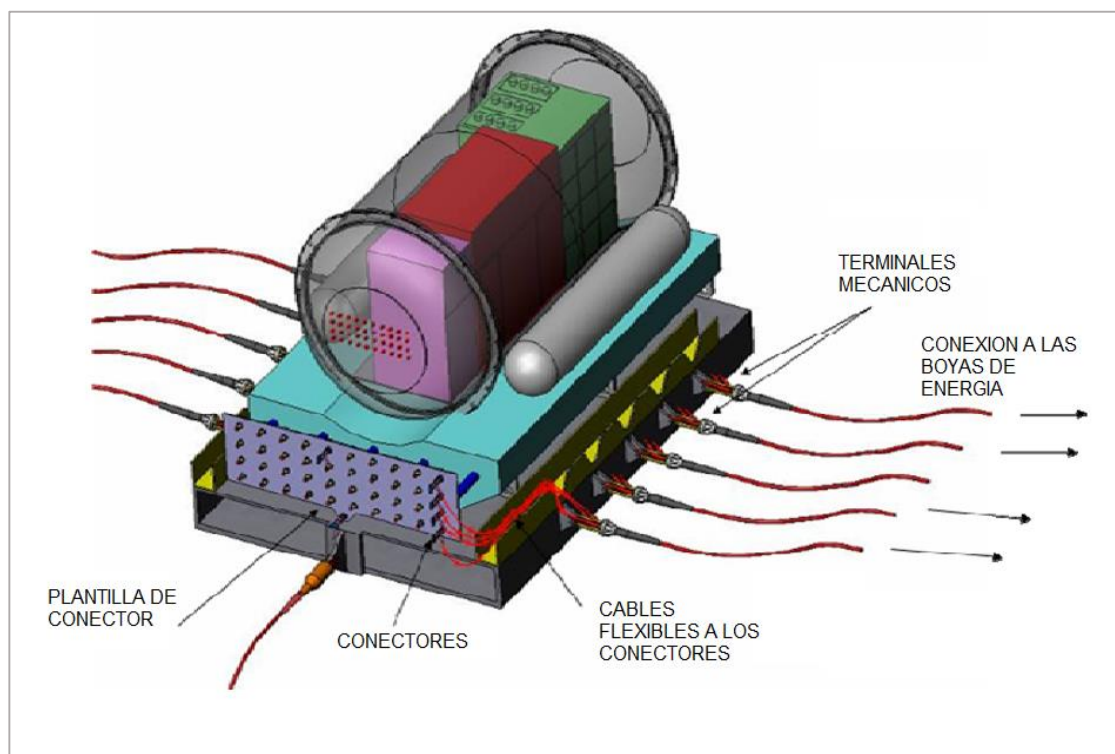


Figura 3. 12: Estructura de la Subestación Submarina (USP)
Fuente: (Technologies, Power Buoy, 2011)

3.7.3. Conectores de la Subestación Submarina

La USP utiliza una metodología de conector en línea para proporcionar conectividad "plug and play" para cualquier dispositivo conectado a la USP. A continuación, en la figura 3.13 se muestra el tipo de conector a utilizarse.



Figura 3. 13: Conectores de la Subestación Submarina (USP)
Fuente: (Technologies, Underwater Substation Underwater Substation, 2008)

Las conexiones y desconexiones innovadoras están diseñadas para ser realizadas en la superficie del mar utilizando buques estándar. Esto significa que la propia USP no se eleva a la superficie para ninguna conexión de dispositivo.

3.8. Potencia del transformador offshore

Cálculo de la demanda máxima de la comuna San Pedro en la Provincia de Santa Elena.

Datos: 1000 Habitantes (Gobierno de Santa Elena, s.f.)

Aproximado: 250 Familias

Considerando que cada familia tiene una demanda de 4.5 KW

Total de Demanda 1125 kw

Factor de coincidencia 60%

$$1125 * 0.6 = 675 \text{ Kw}$$

Considerando un factor de potencia de 0.92

$$\text{Capacidad del Transformador} = \left(\frac{675}{0.92} \right) = 733.69 \text{ KVA}$$

+ Factor de Reserva 15%

$$675 * 0.15 = 101.25$$

$$675 + 101.25 = 776.25 \text{ KVA}$$

3.8.1. Transformador Recomendado

Para la subestación submarina se utilizará un transformador tipo sumergible elevador de 600v/13.2 KV trifásico con una potencia nominal de 780 KVA.

3.8.2. Características del transformador sumergible

El transformador sumergible se usa en circuitos de distribución que trabajen en ambientes corrosivos e inundaciones prolongadas, se fabrican cumpliendo normas NTC, ANSI y EDC (transformadores Sumergidos). A continuación, en

la figura 3.14 se observa la estructura del transformador sumergible.
(MAGNETRON, 2016)



Figura 3. 14: Transformador Sumergible
Fuente: (MAGNETRON, 2016)

Potencia

Trifásicos desde 30 KVA hasta 2500 KVA

Nivel Básico de Aislamientos

BIL 95 Kv hasta BIL 150 Kv

Construcción del Transformador Sumergible

Estos transformadores tendrán en su parte activa:

El núcleo

- De material de lámina de acero al silicio
- Grano orientado
- Lamina en frio aislada por ambas caras
- Bajas perdidas y alta permeabilidad.

Bobinas

- Con devanados de cobre.
- Aislamiento de papeles de alta calidad recubierto con resina epóxicas.

Bridas

- Construidas en lámina Cold Rolled y Hot Rolled abrazan al núcleo con tapas independientes.

Tanque

- Construidos con materiales resistentes a la corrosión.
- Se fabrica en lámina de acero inoxidable

Protección y accesorios

- Elementos en alta tensión Elastoméricos
- Bayonetas de posesión vertical
- Fusible tipo Canister
- Bujes tipo pozo que les permite quedar inmerso en aceite
- Nivel de aceite

3.8.3. BIL (Nivel Básico de Aislamiento) del Transformador

La medición de la capacidad del sistema de aislamiento del transformador para resistir los picos de muy alta tensión y corta duración se determinará en base a:

- Protección de tensión proporcionada.
- Diseño del aislamiento eléctrico.
- Tipos de sobretensiones al cual se enfrentará probablemente el equipo.

A continuación, una tabla de los niveles típicos de BIL con las diferentes clases de tensión

Tabla 3 1: Niveles Típicos de BIL con sus tensiones

CLASES DE TENSIÓN	BIL CORRESPONDIENTE
600 VOLTIOS	10 KV
2400 VOLTIOS	25 KV
15 KV	95 KV
25KV	125 KV

Elaborado por: Autor

3.8.4. Distribución de la energía eléctrica generado por sistema undimotriz

La energía a nivel de 13.2 KV que llega a la playa, debe ser distribuida mediante un sistema eléctrico de distribución en el pueblo seleccionado. Para esto debe construir (La Empresa Eléctrica) la red de distribución en M/T y B/T para dar servicio a los consumidores de la comuna San Pedro. Se utilizará los siguientes elementos:

- Poste para Distribución en M/T (12 metros x 500kg)

- Transformadores de distribución Auto protegido
- Caja Fusible de 27kv
- Conductores Aluminio desnudo ACSR
- Aisladores tipo PIN (doble Falda) (NATSIM, 2012)

3.9. Presupuesto del diseño

Presupuesto eléctrico del diseño de la Generación Undimotriz

A continuación, en la siguiente tabla se detalla el presupuesto total que se necesita para la instalación de una central para la explotación de energía undimotriz en las costas del Ecuador.

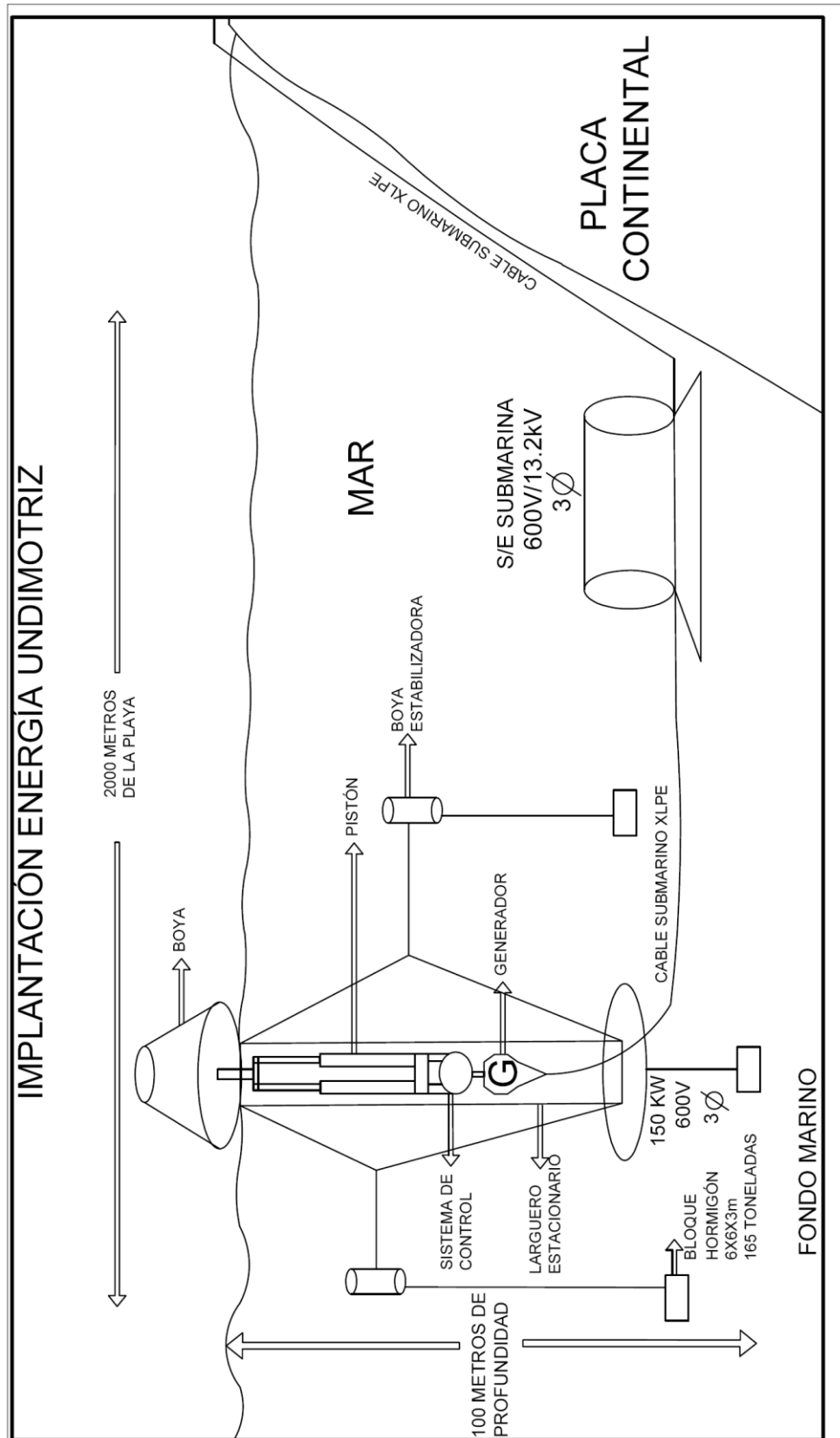
Tabla 3 2: Presupuesto del Diseño de la Generación Undimotriz

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO EN \$	VALOR TOTAL EN \$
1	POWER BOUY	5	3.500.000	17.500.000
2	SUBESTACION SUBMARINA (UPS)	1	299.500	299.500
3	CABLE PARA 600V DE XLPE Triplex / metro	1000	22,5	22500
4	CABLE PARA 15kV DE XLPE Triplex / metro	1000	35,5	35500
5	COSTO DE INSTLACIÓN DE LA TECNOLOGÍA	1	3.228.840	3.228.840
	Ensamble de los dispositivos Power Buoy en Tierra. *Ensamble de la Subestación Submarina en Tierra.			

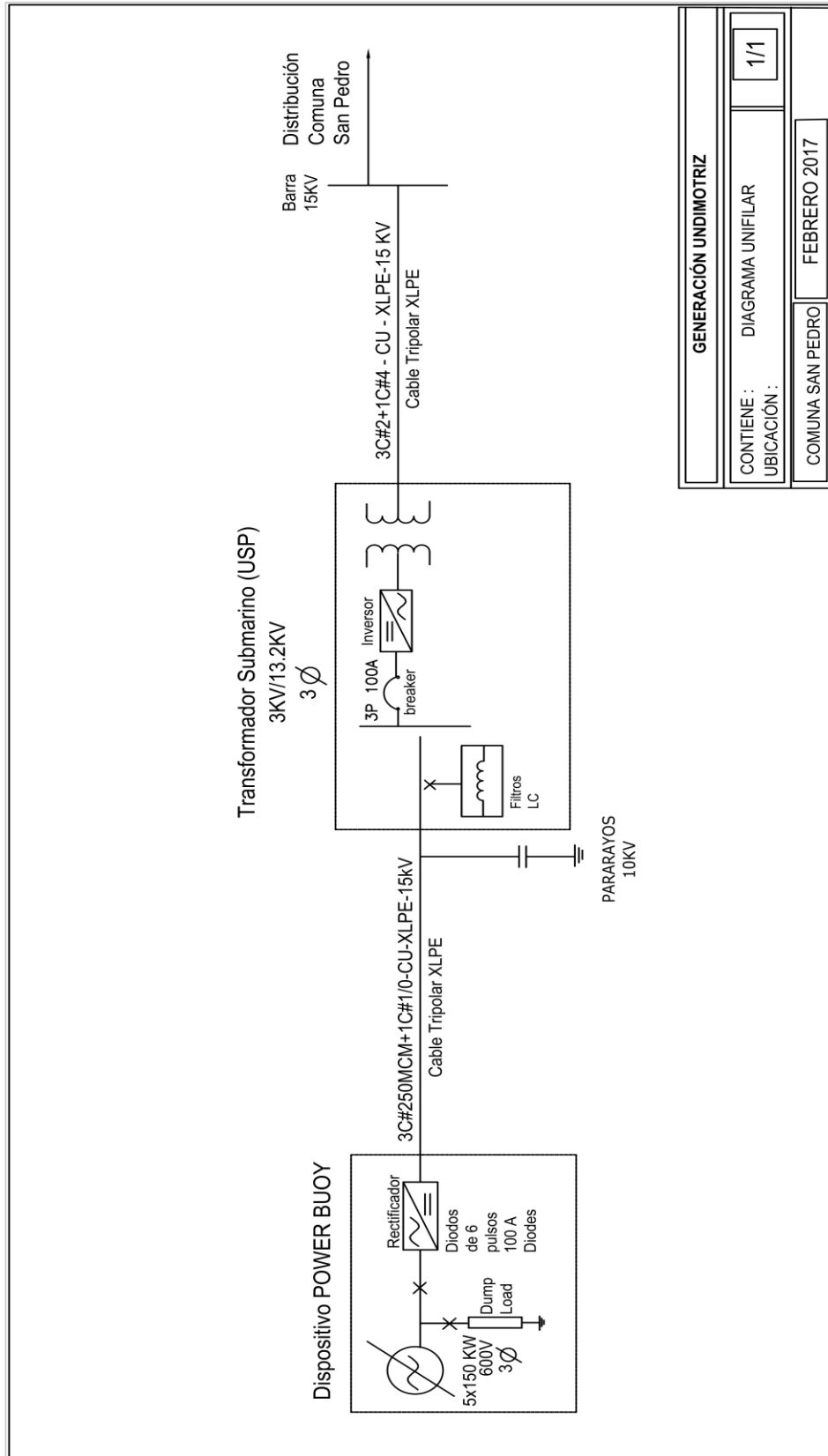
<p>*Transporte del dispositivo a la zona de instalación.</p> <p>*Instalación de Amarre.</p> <p>*Instalación de cableado Submarino desde el dispositivo a la distribución a tierra.</p> <p>*Alquiler de Buques remolques.</p> <p>*Alquiler de Rov (Vehículo operado a Distancia)</p>			
TOTAL PRESUPUESTO			\$21.086.340

Elaborado por: Autor

3.10. Implantación de la generación Undimotriz



3.11. Diagrama Unifilar de la generación Undimotriz



CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1. Conclusiones.

- En la búsqueda de energía limpia se da a conocer en este análisis que es una buena opción explotar este recurso undimotriz ya que su principal ventaja es la cantidad de energía de las olas existentes en cada perfil costero del mundo y sobretodo amigable con el medio ambiente.
- En el presente análisis se da a conocer los aspectos principales para el diseño de una central de generación de energía undimotriz utilizando la tecnología Power Buoy como captador de energía de las olas.
- En cuanto a la vida útil del sistema de generación undimotriz se certifica que los materiales utilizados son fiables y de poco mantenimiento para reducir trabajos mar adentro y reducción de costos.
- En el presente análisis para la generación de energía eléctrica a través de un sistema undimotriz se concluye que el mar territorial del Ecuador cumple con las características necesarias para la aplicación de esta tecnología renovable e inagotable.

4.2. Recomendaciones

- Al momento de ubicar los dispositivos captadores de energía de las olas se debe considerar que la potencia en altamar es mayor que en aguas intermedias o cercanas a las costas, debido que en altamar los daños por oleaje fuerte y tormentas es mínimo por el hecho de estar lejos de la fricción que genera la fuerza del mar con el lecho marino y el rompimiento de las olas.
- Se debe seguir incentivando el análisis e implementación de energía undimotriz y lo viable y eficiente que es la transmisión offshore de la energía olamotriz, y las diferentes tecnologías captadoras de energía de las olas tales como el OWC, el sistema Pelamis y el Wave Dragón, ya que en este análisis solo se profundiza el sistema tipo Power Buoy.
- Es importante también incluir técnicas de control en el sistema de conversión undimotriz y un análisis de la viabilidad de este tipo de tecnologías dada las condiciones naturales del país.
- El gobernante del país deberá incentivar la investigación y desarrollo y leyes que favorezca a la inversión extranjera para la implementación de la energía Undimotriz en las costas del Ecuador.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Amilia, J. O., & Aio, A. (13 de juni de 2010). *Selection of the Electrical Generator For a Wave Energy Converter*. España: ICREPQ'10.
- Armada, I. O. (Agosto de 2015). *Condiciones de oleaje y aguaje*. Obtenido de <http://www.inocar.mil.ec/web/index.php/boletines/oleaje-y-aguaje/453-condiciones-de-oleaje-y-aguaje-del-31-de-julio-al-3-de-agosto-2015>
- Asamblea Nacional, C. (30 de Diciembre de 2014). *LEY DE REGIMEN DEL SECTOR ELÉCTRICO*. Obtenido de <http://www.energia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/01/Leyes-Conexas.pdf>
- Becerril, R. (6 de Mayo de 2012). *Mantenimiento preventivo de un generador eléctrico*. Obtenido de http://manttogeneradores.blogspot.com/2012/05/mantenimiento-preventivo-de-un_06.html
- CALDERÓN, W., & MAGGI, S. (4 de MARZO de 2016). *ANÁLISIS DE UN DISPOSITIVO OSCILANTE COMO MEDIO DE CAPTACION DE ENERGIA ELECTRICA*. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/139160/Analisis-de-un-dispositivo-oscilante-como-medio-de-captacion-de-energia-undimotriz.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Castaneda, D. C. (2012). *La energía mareomotriz como energía renovable*. Obtenido de <http://www.monografias.com/trabajos93/energia-mareomotriz/energia-mareomotriz.shtml>
- CRIOLLO, L. S. (13 de Junio de 2015). *DISEÑO DE UNA RED CONVERGENTE DE FIBRA ÓPTICA PARA INTERCONECTAR LOS CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD DE LAS AMERICAS*. Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/8078>
- Criollo, X., & Quezada, C. (11 de junio de 2011). *Diseño de mini central hidroelectrica en la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Cuenca*. Obtenido de

<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1096/13/UPS-CT002113.pdf>

- Cruz, J. (2008). *Ocean Wave Energy ,Current Status and Future Prespectives*. United Kingdom: Springer Science & Business Media.
- Duchi, J., & Peralta, E. (Octubre de 2014). *MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA*. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/20856>
- Elorduizapatarietxe, S. (23 de Diciembre de 2015). *UN NUEVO MODELO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA PARA IMPULSAR LAS ENERGÍAS MARINAS*. Obtenido de <http://www.tecnalia.com/es/energia-medioambiente/noticias/un-nuevo-modelo-de-subestacion-electrica-para-impulsar-las-energias-marinas.htm>
- Energyneer*. (11 de Mayo de 2013). Obtenido de Mareomotriz: <http://energyneer.wikidot.com/wiki:mareomotriz>
- Gobierno de Santa Elena, P. (s.f.). *Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Santa Elena*. Obtenido de <http://www.santaelena.gob.ec>
- Haim, P. A. (abril de 2010). *Departamento de Ingeniería Mecánica Facultad Regional de Buenos Aires Universidad Tecnológica Nacional*. Obtenido de http://www.clubderoma.org.ar/documentos/undimotriz_haim.pdf
- Hernández, A. d. (Septiembre de 2015). *Energías Renovables en el mar validación del uso de códigos CFD en el diseño de plataformas*. Obtenido de <http://www.ehu.eus/sgi/ARCHIVOS/Proyecto%20Asier.pdf>
- Jara, T. W. (2006). *Introducción a las Energías Renovables No Convencionales*. Chile: Fyrma Gráfica.
- LARCO, J. A. (15 de Abril de 2009). *EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA DE UNA CENTRAL UNDIMOTRIZ CON TECNOLOGÍA PELAMIS EN CHILE*. Obtenido de <http://www.repositorio.uchile.cl/handle/2250/103588>

- MAGNETRON. (2016). *Transformadores Sumergibles*. Obtenido de http://magnetron.com.co/magnetron/images/pdf/fichas/ficha_sumergibles.pdf
- Marin, C. E. (28 de Junio de 2004). *La Eenergía Eolica en Espana*. Obtenido de <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/286/1/Espejo%20Marin-Energia%20eolica%20en%20Espa%C3%B1a.pdf>
- Martínez, I. (Junio de 2008). *Transmission alternatives for offshore electrical power*. Obtenido de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032108000567>
- Martos, O., Shu, A., & Valhondo, V. (1 de Junio de 2012). *Generadores asíncronos*. Obtenido de http://projecte-hermes.upc.edu/Enginyeria_Aeroespacial/2B/Circuits%20electrics/Treballs/Treball%20-%20Generadores%20as%C3%ADncronos/Generadores%20as%C3%ADncronos.pdf
- Montoya, A. (2010 de Octubre). *Modelado y Control de Centrales Undimotrices Aplicacion a Sistemas Oscilantes y Osciladores de Columna de Agua*. Obtenido de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70175/>
- Moragues, J. A., & Rapallini, A. T. (3 de Enero de 2006). *ASPECTOS AMBIENTALES DE LA ENERGÍA EÓLICA*. Obtenido de <http://www.iae.org.ar/renovables/renovables60.pdf>
- Murcia, H. R. (15 de Enero de 2009). *Desarrollo de la energía solar en Colombia*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n28/n28a12>
- NATSIM. (2012). *Normas de Acometidas Cuartos de Transformadores y Sistema de Medición para el Suministro de Electricidad*. Obtenido de <http://www.slideshare.net/albertama/natsim-2012-13326343>
- Novygrad, D. S. (2 de Julio de 2014). *La energía FV: oportunidad y necesidad para Cuba*. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0252-85842014000200005

- OBEKI. (Febrero de 2008). *Generadores de Imanes Permanentes*. Obtenido de <http://www.obeki.com/productos/Generadores%20de%20Imanes%20Permanentes.pdf>
- Raham, M. (2010). *Underwater Substation System for Wave Energy Converters*. Obtenido de <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:289469/FULLTEXT01.pdf>
- Ribes, M. T. (11 de Julio de 2014). *Estudio de las diferentes formas de conseguir energía con el mar*. Obtenido de <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/22261/PFC.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ricci, P., Lopez, J., Plaza, J., Scuotto, M., & Villate, J. L. (Febrero de 2009). *Guidance protocols on choosing of electrical connection configurations*. Obtenido de https://www.wiki.ed.ac.uk/download/attachments/9142387/D5-1_draft-v2.pdf
- SANIPATÍN, B. J. (15 de Febrero de 2014). *DISEÑO DE UNA RED CON FIBRA ÓPTICA PARA MIGRAR LAS ÚLTIMAS MILLAS INALÁMBRICAS DE LA EMPRESA EQUYSUM*. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/2788>
- Santos, C. C. (Junio de 2011). *ESTUDIO DE PLANTAS DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES CON APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA DEL MAR*. Obtenido de http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/12153/PFC_Carlos_%20Cabrero_Santos.pdf?sequence=1
- Santos, D. M. (junio de 2011). *Máquinas eléctricas de corriente alterna*. Obtenido de <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-electrica/maquinas-electricas-de-corriente-alterna/material-de-clase-1/capitulo-ii-maquina-asincrona>
- Sardón, J. M. (2003). *Energías renovables para el desarrollo*. Madrid: Paraninfo S.A.

- Schwartz, D., & Mentzer, A. (2011). *Feasibility of linear Induction wave power Generation*. Obtenido de <http://linearinductionwavepower.weebly.com/coos-bay-or-wave-farm.html>
- Socitek ingenieros. (21 de Diciembre de 2012). Obtenido de Socitek ingenieros: http://socitekingenieros.blogspot.com/2012_12_01_archive.html
- Sossa, M. S. (6 de mayo de 2013). *DISEÑO E INTEGRACIÓN DE ENERGÍA GEOTÉRMICA DE BAJA ENTALPÍA APLICADA A PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN*. Obtenido de http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/113790/cf-vielma_ms.pdf?sequence=1
- Technologies, O. P. (mayo de 2008). *Underwater Substation Underwater Substation*. Obtenido de https://www.macartney.com/media/3434/usp-brochure_may-2008.pdf
- Technologies, O. P. (junio de 2011). *Power Buoy*. Obtenido de Company Presentation June 2011
- Villate, J., Ruiz, P., & Pérez, G. (mayo de 2012). *Energías renovables en el medio marino*. Obtenido de http://www.revista-anales.es/web/n_14/seccion_8.html



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **SALTOS PILAMUNGA, JONATHAN DARIO** con C.C: # 0926397282 autor del Trabajo de Titulación: **ANÁLISIS PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIANTE UN SISTEMA UNDIMOTRIZ Y SU APLICABILIDAD EN EL LITORAL DEL ECUADOR** previo a la obtención del título de **INGENIERO ELÉCTRICO MECÁNICO** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 17 de marzo de 2017

f. _____

Nombre: SALTOS PILAMUNGA, JONATHAN DARIO

C.C: 0926397282



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	ANÁLISIS PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIANTE UN SISTEMA UNDIMOTRIZ Y SU APLICABILIDAD EN EL LITORAL DEL ECUADOR.		
AUTOR(ES)	JONATHAN DARIO SALTOS PILAMUNGA		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. MONTENEGRO TEJADA RAÚL		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería Eléctrica Mecánica		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero en Eléctrico Mecánico		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	17 de Marzo de 2017	No. DE PÁGINAS:	81
ÁREAS TEMÁTICAS:	Distribución Eléctrica, Líneas de Trasmisión, Instalaciones Eléctrica, Mecanismos Básicos, Maquinas.		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Energía undimotriz, tecnologías undimotriz, electricidad, zona marítima, energía limpia, boyas de generación.		
RESUMEN/ABSTRACT:	<p>El presente trabajo de titulación tiene como fin nombrar las diferentes tecnologías usadas hoy en día para la obtención de energía eléctrica mediante fuentes renovables, dando énfasis al estudio de la energía undimotriz u olamotriz, que utiliza uno de los recursos más abundantes que existe en el mundo como es el mar donde se encuentran olas que por su movimiento genera energía mecánica. Se presenta a la energía undimotriz y sus avances tecnológicos desde años atrás, estándares y procesos que se debe tener en cuenta para la implementación de una planta de energía undimotriz y su aplicabilidad en la región costera del ecuador.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-4-2975980 +593-9-96426884	E-mail: jonny92_s@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE	Nombre: Philco Asqui, Luis Orlando		
	Teléfono: +593-9-80960875		
	E-mail: luis.philco@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			