



**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABI**  
**FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL**



**PROYECTO DE INVESTIGACION PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO**  
**INGENIERIO INDUSTRIAL**

**TEMA:**

**“ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD ECONÓMICA DE LA UTILIZACIÓN**  
**DE LA ENERGÍA MAREMOTÉRMICA PARA LA PRODUCCIÓN DE**  
**ENERGÍA ELÉCTRICA Y AGUA DULCE EN LAS CONDICIONES DE LAS**  
**ISLAS GALAPAGOS”**

**AUTORES:**

DELGADO MERO DOUGLAS NICOLAS

LOOR CEDEÑO MARLON ARIOLFO

**TUTOR GUIA:**

Dr. JUAN LUIS RODRIGUEZ

Manta-Manabí-Ecuador

2017

## AGRADECIMIENTO

Agradecer a este establecimiento educativo que ha sido la cuna de grandes profesionales como lo es la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí y especialmente a la facultad en la cual estudie mi carrera profesional la Facultad de Ingeniería Industrial.

A mi compañero Marlon por la paciencia y grande amistad que me ha demostrado, durante toda la vida universitaria y más que todo en este proceso de titulación, por las largas jornadas vividas en el transcurso de la aprobación de cada uno de los semestres de la carrera y para lograr realizar este trabajo de investigación.

Al Dr. Juan Luis Rodríguez que ha sido un excelente guía en este proceso de titulación aportando sus conocimientos y más que todo siempre demostrando una amistad sincera, sin su paciencia y acertados consejos este trabajo de investigación no se hubiera logrado.

A todos los docentes de la Facultad de Ingeniería Industrial que gracias a sus conocimientos han sabido con gran criterio formar profesionales y como no agradecer a mis compañeros y amigos que he obtenido a lo largo de estos años.

**Douglas Nicolás Delgado Mero**

## **DEDICATORIA.**

A dios el ser supremo que sin el nada de lo que tengo lo habría logrado, el amigo que nunca falla, a mi familia que es mi pilar fundamental en esta vida.

A mi Madre Rosa Mero García esa mujer a la cual AMO con mi vida que nunca me ha fallado siempre ha sabido darme buenos consejo, que tiene el principio de siempre ver bien a su familia y especialmente a sus hijos.

A mi Padre Fernando Delgado Alvía que me ha demostrado que la única forma de ser alguien esta vida es estudiando formándose hasta ser un grandioso profesional, este hombre que siempre ha sabido darme consejos cuando se lo he pedido, te AMO viejo.

A mis hermanos Fernando y Alexis Delgado Mero, al primero el mayor de todos siempre has demostrado tener actitud y como todo hermano mayor has sabido siempre darme buenos consejos y darme la mano en las situaciones que siempre he necesitado ahora eres un gran profesional, al segundo el menor de nosotros recién comienzas una nueva etapa quiero que sigas así sabes que la única forma de ser alguien esta vida es estudiando sigue así. A ustedes mi hermanos los AMO con mi vida.

A mi cuñada Laura Villamar Centeno que me ha demostrado ser una mujer y excelente amiga creo que eres esa persona especial para mi hermano en esta vida, a mi abuela, tíos y primos que el año pasado perdimos a un familiar es normal en esta vida solo que nunca estaremos preparados para ese momento, solo nos queda seguir dándole, esforzándonos para superar todos los obstáculos que se presenten.

**Douglas Nicolás Delgado Mero**

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, quien supo guiarme por el buen camino, me dio fuerzas y fe para creer y seguir adelante hasta conseguir lo que parecía imposible terminar.

A mis padres pilares fundamentales de mi vida, por ser los principales promotores de todos mis sueños, por brindarme su apoyo incondicional a lo largo de esta carrera y siempre desear lo mejor para mi vida, gracias por cada consejo y por cada una de sus palabras que me han guiado a lo largo de la vida.

A mi hermana por ser un ejemplo a seguir, por los consejos y la ayuda brindada en los primeros años de mi carrera y durante mis pasantías.

A la Srta. María José Cedeño quien me motivo a superarme y a nunca rendirme ante las grandes dificultades que enfrente durante mi vida estudiantil en la Universidad, gracias por acompañarme en esta travesía.

A la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, la cual me brindó la oportunidad de llegar a ser profesional.

Al Dr. Juan Luis Rodríguez por su apoyo total en este proyecto, ya que gracias a su guía y dedicación fue posible la culminación satisfactoria de este proyecto de investigación.

A los maestros de la Facultad quienes supieron compartir sus conocimientos y valores formando grandes profesionales y mejores seres humanos.

Finalmente a todos mis compañeros de clase en especial a David Ganchozo, Douglas Delgado y Kathy Espinal, por siempre estar unidos apoyándonos en las buenas y en las malas, gracias por su amistad.

**Marlon Ariolfo Loor Cedeño.**

## DEDICATORIA

Dedicado a mi familia en especial a mis padres, *Marlon Loor Alcívar* y *Mayra Cedeño Pincay*, por todo el apoyo brindado durante mi vida estudiantil, por ser verdaderos ejemplos a seguir y siempre ayudarme a conseguir mis sueños y metas, los quiero mucho.

*A LA MEMORIA.*

De mi tía, Genny Cedeño Pincay, quien siempre me motivo a seguir con mis estudios y fue un ejemplo de lucha y perseverancia para mí.

**Marlon Ariolfo Loor Cedeño.**

## RESUMEN

El presente proyecto de investigación es un aporte a favor de la búsqueda de nuevas fuentes de energías renovables en Ecuador, especialmente en el Archipiélago de Galápagos, el cual consta de 4 capítulos.

En el primer capítulo se enfoca en el levantamiento de información sobre Las Islas Galápagos como son las condiciones ambientales, geográficas y sociales de las mismas, además se detalla las fuentes y requerimientos de energía eléctrica y agua dulce para los habitantes, así también se describe los principios básicos del funcionamiento e implementación de la tecnología OTEC.

En el capítulo 2, se determina el tamaño óptimo, ubicación y posibles escenarios para la implantación de una planta OTEC en el Archipiélago de Galápagos, además se definen los principales costos concernientes al proyecto tales como, el costo de capital de la central OTEC, el costo de transmitir la energía eléctrica y el agua a las islas

El capítulo 3 es la parte económica, aquí se define los ingresos y egresos de la investigación y por medio de las herramientas de evaluación de proyectos se evalúan los diferentes escenarios para determinar que alternativa es económicamente viable.

En el capítulo 4, se detallan los resultados y conclusiones obtenidos en la realización del proyecto de investigación, junto a las recomendaciones que se han originado con el desarrollo del mismo.

## Contenido

AGRADECIMIENTO .....	2
DEDICATORIA .....	3
AGRADECIMIENTO .....	4
DEDICATORIA .....	5
RESUMEN .....	6
INTRODUCCIÓN .....	15
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>17</b>
<b>SITUACIÓN PROBLEMÁTICA .....</b>	<b>17</b>
<b>FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....</b>	<b>19</b>
<b>PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>19</b>
<b>JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>20</b>
<b>OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>22</b>
<b>OBJETIVO GENERAL .....</b>	<b>22</b>
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....</b>	<b>22</b>
<b>HIPÓTESIS Y VARIABLES .....</b>	<b>23</b>
<b>HIPÓTESIS GENERAL .....</b>	<b>23</b>
<b>IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES .....</b>	<b>23</b>
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE .....</b>	<b>23</b>
<b>VARIABLE DEPENDIENTE .....</b>	<b>23</b>
Capítulo I: Análisis crítico de las fuentes bibliográficas .....	24
1.1. Generalidades .....	24

1.2. Características geográficas, reseña histórica y Generalidades del Archipiélago de Galápagos .....	25
1.3. Situación económica, población y demografía de las Islas Galápagos. ....	31
1.4. Situación Actual de la generación de energía eléctrica y del Suministro de agua Potable en Galápagos .....	38
1.4.1. Fuentes de generación eléctrica en Galápagos.....	38
1.4.2. Demanda de diésel para la generación eléctrica en Galápagos.....	43
1.4.3. Situación actual, fuentes y demanda del agua en Galápagos.....	44
1.5. La energía solar directa .....	50
1.6. Evolución de la tecnología (OTEC).....	52
1.7. Tecnología OTEC. ....	58
1.7.1. Ciclo termodinámico cerrado.....	59
1.7.2. Ciclo termodinámico abierto.....	62
1.7.3. Termodinámica de los sistemas OTEC.....	63
1.7.4. Ubicación de plantas OTEC .....	64
1.7.5. Ventajas y desventajas de la tecnología (OTEC).....	67
1.7.6. Termoclina .....	70
1.7.7. Isobata.....	71
1.7.8. Batimetría.....	71
1.7.9. Mapa térmico del océano .....	73
1.7.10. Batimetría de las Islas Galápagos.....	75
1.8. Metodología para evaluar prefactibilidad económica .....	77



1.8.1.	Flujo De Fondos Netos. ....	78
1.8.2.	Valor Actual Neto. ....	80
1.8.3.	Tasa Interna De Retorno. ....	81
2.	Capitulo II: Metodología para la determinación de tamaño, ubicación y demás aspectos de una planta OTEC.....	82
2.1.	Justificación del capitulo.....	82
2.2.	Determinación del tamaño óptimo de una planta OTEC para satisfacer la demanda de energía eléctrica y agua de las Islas Santa Cruz y San Cristóbal.....	83
2.3.	Mapa Térmico de la superficie del mar en Archipiélago de Galápagos .....	86
2.4.	Batimetría de las Islas Galápagos: Posibles escenarios para una planta OTEC	87
2.5.	Costo de capital para una Planta OTEC .....	93
2.6.	Principales partes de una planta OTEC y sus costos.....	96
2.6.1.	Plataforma de la Planta OTEC.....	96
2.6.2.	Planta de energía.....	97
2.6.3.	Mecanismo de alimentación y distribución de agua.....	98
2.6.4.	Planta eléctrica, transformadores y otros.....	99
2.7.	Preocupaciones ambientales con respecto a una planta OTEC.....	100
2.8.	Distribución de energía eléctrica y agua de una planta OTEC. ....	101
2.9.	CO <sub>2</sub> emitido por la generación eléctrica en Galápagos.....	103
3.	Capitulo III: Estudio Económico .....	104
3.1.	Generalidades.....	104

3.2.	Costo de capital para una planta OTEC de 20 MW y dos de 10 MW .....	105
3.2.1.	Costo de capital de una planta OTEC de 20 MW.....	105
3.2.2.	Costo de capital para dos plantas OTEC de 10 MW. ....	107
3.3.	Costos directos y costos indirectos .....	109
3.3.1.	Costos directos y costos indirectos para una planta OTEC de 20 MW. 109	
3.3.2.	Costos directos y costos indirectos para dos plantas OTEC de 10 MW. 109	
3.3.3.	Depreciaciones para una planta OTEC de 20 MW .....	110
3.3.4.	Depreciaciones para dos plantas OTEC de 10 MW.....	110
3.4.	Total de la inversión.....	111
3.4.1.	Total de la inversión para una planta OTEC de 20MW.....	111
3.4.2.	Total de la inversión para dos plantas OTEC de 10 MW. ....	111
3.5.	Financiamiento .....	111
3.6.	Ingresos del proyecto .....	112
3.6.1.	Ingresos por generación eléctrica .....	112
3.6.2.	Ingreso por la producción y comercialización de agua dulce.....	112
3.6.3.	Ingreso por medio ambiente .....	113
3.6.4.	Ingreso por ahorro de diésel.....	114
3.7.	Evaluación económica.....	115
3.7.1.	Valor actual neto de los dos escenarios .....	115
3.7.2.	Tasa interna de retorno de los dos escenarios.....	116

3.8. Elección del mejor escenario basado en la factibilidad económica. ....	116
4.1. Resultados .....	117
4.2. Conclusiones: .....	118
4.3. Recomendaciones.....	119
Trabajos citados .....	121
ANEXOS .....	131
ANEXO 1: TABLA DE AMORTIZACIÓN DE UNA PLANTA OTEC FLOTANTE DE 20 MW .....	131
ANEXO 2: FLUJO DE FONDOS PARA UNA PLANTA FLOTANTE OTEC DE 20 MW.....	132
ANEXO 3: DEPRECIACION DE UNA PLATA DE FLOTANTE OTEC DE 20 MW .....	135
ANEXO 4: TABLA DE AMORTIZACIÓN PARA DOS PLANTAS OTEC FLOTANTES DE 10 MW .....	136
ANEXO 5: FLUJO DE FONDOS PARA DOS PLANTAS FLOTANTES OTEC DE 10 MW .....	137
ANEXO 6: DEPRECIACIONES PARA DOS PLANTAS FLOTANTES OTEC DE 10 MW .....	140
ANEXO 7: OFICIO DIRIGIDO A INIAP.....	141
ANEXO 8: OFICIO DIRIGIDO A ELECGALAPAGOS .....	142

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Archipiélago de Galápagos Fuente (Galápagos E. y., 2006).....	26
Figura 2. División Política del Archipiélago de Galápagos Fuente (Galápagos E. R., 2011).....	31
Figura 3. Cobertura de Servicio Básicos Fuente (INEC, 2016).....	34
Figura 4. Evolución de la población residente habitual de Galápagos fuente (INEC, 2016).....	35
Figura 5. Porcentaje de aporte de cada fuente de generación eléctrica en Galápagos Fuente (Ministerio de electricidad y energía renovable , Rendición de cuentas 2015, 2016).....	38
Figura 6. Fuente de Generación del Archipiélago de Galápagos Fuente (Ministerio de electricidad y energía renovable, Rendición de cuentas 2015, 2016) .....	39
Figura 7. Porcentaje de generación en la Isla San Cristóbal Fuente (Ministerio de electricidad y energía renovable, Rendición de cuentas 2015, 2016) .....	41
Figura 8. Porcentaje de generación en la Isla Santa Cruz Fuente (Ministerio de electricidad y energía renovable, Rendición de cuentas 2015, 2016) .....	41
Figura 9. Porcentaje de generación en la Isla Floreana Fuente (Ministerio de electricidad y energía renovable, Rendición de cuentas 2015, 2016) .....	42
Figura 10. Porcentaje de hogares que se abastecen de cada medio Fuente (Fundación Charles Darwin, 2013) .....	46
Figura 11. Porcentaje de hogares que se abastecen de cada medio Fuente (Fundacion Charles Darwin , 2015) .....	48
Figura 12. Energía solar directa Fuente (Eduambiental, 2010).....	52
Figura 13. Buque con tubo Fuente (Francisco Antonio Ramos García, 2014).....	54
Figura 14. Mini-OTEC (1979) Fuente (Vega L. A., 1999) .....	56

Figura 15. Sello franqueado por Nauru para conmemorar la Planta de Demostración CC-OTEC Fuente (Vega L. A., 1999).....	56
Figura 16. 210 kW Planta Experimental OC-OTEC (1993-1998) Fuente (Vega L. A., 1999).....	57
Figura 17. Barco Sagar Shakthi Fuente (Eduambiental, 2010) .....	58
Figura 18. Ciclo teórico de Carnot-Diagrama P-V Fuente (Leon, 2013) .....	60
Figura 19. Ciclo cerrado o Rankine-Diagrama T-S Fuente (Leon, 2013) .....	61
Figura 20. Sistema Ciclo Cerrado Fuente (Alternas, 2014).....	61
Figura 21. Sistema Ciclo abierto Fuente (Alternas, 2014) .....	62
Figura 22. Sistema Ciclo abierto Fuente (Alternas, 2014) .....	63
Figura 23. Planta maremotérmica experimental en tierra firme Fuente (Eduambiental, 2010) .....	65
Figura 24. Central maremotérmica cercana a la costa Fuente (Eduambiental, 2010) .....	65
Figura 25. Central maremotérmica cercana a la costa Fuente (Eduambiental, 2010) .....	66
Figura 26. Central maremotérmica ubicada mar adentro Fuente (Eduambiental, 2010) .....	67
Figura 27. Termoclina Fuente (Eduambiental, 2010).....	71
Figura 28. Carta Náutica Fuente (Marine, 2016).....	72
Figura 29. Método directo: Sondeo desde un barco Fuente (Geotecnicos, 2016)....	72
Figura 30. Mapa mundial del Océano Fuente (Levitus, 1994).....	74
Figura 31. Batimetría y Relieve Continental e Insular Fuente (Comision Nacional del Derecho del Mar (CNDM), 2009) .....	75

Figura 32. Mapa Batimétrico de las Islas Galápagos Fuente (Jorge Llorente Bousquets, 2001) .....	76
Figura 33. Temperatura de la superficie del mar. Fuente (INOCAR, 2014) .....	86
Figura 34. Mapa Batimétrico, Isobata 1000m de las Islas Galápagos Elaboración Autores .....	87
Figura 35. Mapa Batimétrico, cercanía de la isobata 1000m en la Isla Isabela. Elaboración: Autores .....	89
Figura 36. Mapa Batimétrico, isobata 1000m de la Islas Santa Cruz- San Cristóbal. Elaboración: Autores .....	90
Figura 37. Mapa Batimétrico, isobata 1000m de la Isla Santa Cruz y San Cristóbal. Elaboración: Autores .....	91
Figura 38. Costo estimado de capital para una planta OTEC de primera generación Fuente (Vega L. A., 2010).....	95

## INTRODUCCIÓN

El archipiélago de Galápagos cuenta con un conjunto de islas en el océano pacífico a casi 1000km al oeste del Ecuador Continental, son geológicamente jóvenes y de origen volcánico, las Islas fueron emergiendo en distintos sucesos eruptivos, hasta formar lo que hoy se conoce como el archipiélago de Galápagos, mundialmente famoso por su gran número de especies endémicas.

El clima en las islas Galápagos es subtropical y muy característico, esto es debido a los diferentes factores presentes en el archipiélago como son: la situación geográfica, las corrientes marinas y la formación geológica, entre otras.

La innegable belleza natural de las islas, la diversidad y singularidad de especies que alberga, su origen volcánico, su dinámica geológica con permanentes cambios y variedad de formaciones, convierten a las Islas Galápagos en un sitio muy singular y de importancia mundial para la herencia común de la humanidad. (Ministerio del Ambiente, 2016)

Es por esta razón que el 8 de septiembre de 1978, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura (UNESCO) declaró a las Islas Galápagos Patrimonio Natural de la Humanidad.

El archipiélago forma la Provincia de Galápagos, cuya capital es Puerto Baquerizo Moreno. Se divide políticamente en tres cantones, Santa Cruz, San Cristóbal e Isabela, las Islas Galápagos cuentan con 25.244 habitantes, según el último censo realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2016), de las seis islas principales solo cuatro se encuentran pobladas, Santa Cruz con 15701 habitantes, seguida por la Isla San Cristóbal con 7099 habitantes y por ultimo Isabela y Floreana con 2344 y 100 habitantes respectivamente.

En las Islas Galápagos el suministro de energía eléctrica se las realiza mediante las siguientes fuentes de Generación:

- Energía Eólica
- Energía Fotovoltaica
- Energía Termoeléctrica
- Energía Térmica Biodiesel.

Con una potencia total instalada en todo el Archipiélago de 23.62MW, de lo cual es importante destacar que más del 80% de la producción de energía eléctrica en el archipiélago de Galápagos se la realiza con la quema de combustibles fósiles perjudicando sin lugar a dudas el medio ambiente. (Ministerio de electricidad y energía renovable , Rendición de cuentas 2015, 2016)

El agua potable para los habitantes de las islas Galápagos se lo consigue mediante la extracción de agua de pozo, y el resultado de la recolección de agua de lluvia, posteriormente se realizan un proceso de osmosis inversa en diferentes plantas de agua potable que se encuentran conectadas con la red de suministro de agua potable que existen en los diferentes cantones de la provincia de Galápagos. (Gobernacion de Galapagos , 2015)

La tecnología de la Conversión de la Energía Térmica del Océano (OTEC), es una tecnología validada a nivel mundial capaz de producir energía eléctrica y agua dulce para regiones insulares con un mínimo de impacto ambiental, usando las diferencias de temperaturas del mar produce electricidad y agua dulce por medio de un ciclo convencional Rankine.



## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **SITUACIÓN PROBLEMÁTICA**

Históricamente en las islas Galápagos se ha utilizado combustible fósil para la generación de energía eléctrica, con un alto costo para el gobierno del Ecuador, debido a la necesidad de transportación de este combustible desde el continente. Esta forma de generación de energía eléctrica mediante grupos electrógenos, en las condiciones especiales de Galápagos, representa una amenaza y provoca afectaciones al frágil ecosistema considerado patrimonio natural de la humanidad. El constante crecimiento de la población y el turismo en las islas, han aumentado la demanda de servicios básicos como son la energía eléctrica y el agua, es por esto que en el año 2007 se da el ingreso del Archipiélago en la lista de patrimonios mundiales en peligro de la (UNESCO) (Ministerio de Relaciones Exteriores y movilidad , 2007), desde entonces la comunidad internacional y el gobierno nacional del Ecuador han realizado esfuerzos para buscar nuevas fuentes de generación de energía limpia y renovable como lo son los proyectos eólico y fotovoltaicos en las islas Baltra, Santa Cruz, San Cristóbal e Isabela. (Ministerio de electricidad y energía renovable, Cero combustibles Fósiles Galápagos, 2013).

Sin embargo estas fuentes de energía al no ser de generación base no presentan una solución definitiva al problema de la quema de combustibles debido a que no pueden operar las 24 horas del día ya que dependen de la permanencia de luz solar y el viento, por lo cual se sigue incurriendo en la utilización de biocombustibles y combustibles fósiles, Las centrales térmicas de Santa Cruz, Floreana, San Cristóbal e Isabela producen 17,447MW (Energía Renovable de Galapagos (ERGAL), 2016), por lo tanto más del 80% de la energía eléctrica actualmente se genera por la quema de estos

combustibles generando gases contaminantes y de efecto invernadero. (Ministerio de electricidad y energía renovable , Rendición de cuentas 2015, 2016)

Se calcula que la cantidad de CO<sub>2</sub> emitida al ambiente por la generación eléctrica asciende a unas 39.382,14 toneladas de CO<sub>2</sub> al año, además de la contaminación, el uso de este Combustible fósil representa costos y peligros al ser trasladado desde el continente hasta las islas por medio de embarcaciones.

En el año 2001 el buque "Jessica" provocó el derrame de 240.000 galones de diésel al océano, este accidente fue considerado como el mayor atentado contra las islas Galápagos afectando considerablemente el ecosistema de este patrimonio natural de la humanidad (Solis Gallo, 2011).

Las islas Galápagos solo cuentan con una fuente de agua dulce natural, una laguna ubicada en la isla San Cristóbal, en las demás islas el agua dulce es escasa solo se obtiene con la extracción de agua de pozo y por medio de la recolección de agua de lluvia, por lo tanto es evidente el gran déficit en las islas, afectando principalmente a los habitantes y al sector turístico.

Esto considerando que la población residente en la provincia de Galápagos ha incrementado considerablemente en los últimos veinte años. En el año 1990 el total de habitantes de la provincia insular bordeaba las 8611 personas, de las cuales 7042 se encontraba ubicada en el área urbana. Para el año 2006, el total de residentes ascendía a 19184 personas. Del total, el 85% se encontraba en las áreas urbanas, es decir 16317, mientras que en el área rural solamente se ubicaban 2867 habitantes, en el último censo del año 2015 realizado en la provincia insular de las islas Galápagos se verifico la existencia de 25244 habitantes. (INEC, 2016)

## **FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿ES FACTIBLE EL USO DE LA TECNOLOGIA CONVERSIÓN DE LA ENERGÍA TÉRMICA DEL OCEANO (OTEC) PARA LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y AGUA POTABLE EN LAS CONDICIONES DE LAS ISLAS GALÁPAGOS?

## **PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

¿CUALES SON LAS FUENTES Y REQUERIMIENTOS ACTUALES Y FUTUROS DE ENERGIA ELÉCTRICA Y AGUA EN LAS ISLAS GALAPAGOS?

¿CUAL ES EL IMPACTO AMBIENTAL QUE SE PRODUCE EN LAS ISLAS GALÁPAGOS CON LA UTILIZACION DE COMBUSTIBLES FOSILES (diésel) PARA LA PRODUCCION DE ENERGIA ELÉCTRICA?

¿QUE BENEFICIOS OFRECE LA IMPLEMENTACION DE LA TECNOLOGIA CONVERSIÓN DE LA ENERGÍA TÉRMICA DEL OCEANO (OTEC) EN LAS ISLAS GALÁPAGOS?

¿LA IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA OTEC ES VIABLE DESDE EL PUNTO DE VISTA ECONÓMICO?

## JUSTIFICACIÓN

El Parque Nacional Galápagos es declarado Patrimonio Natural de la Humanidad por la Unesco y es uno de los pocos que cumple con los 4 criterios establecidos por la organización para recibir esta designación.

1. Contener fenómenos naturales superlativos o áreas de excepcional belleza natural e importancia estética.
2. Ser uno de los ejemplos representativos de importantes etapas de la historia de la tierra, incluyendo testimonios de la vida, procesos geológicos creadores de formas geológicas o características geomórficas o fisiográficas significativas.
3. Ser uno de los ejemplos eminentes de procesos ecológicos y biológicos en el curso de la evolución de los ecosistemas.
4. Contener los hábitats naturales más representativos y más importantes para la conservación de la biodiversidad, incluyendo aquellos que contienen especies amenazadas de destacado valor universal desde el punto de vista de la ciencia y el conservacionismo (Ministerio del Ambiente, 2016)

El ingreso del Archipiélago de las Islas Galápagos en la lista de patrimonios mundiales en peligro de la UNESCO, busca obtener la vigorosa respuesta de la comunidad internacional de donantes para trabajar conjuntamente con el Gobierno del Ecuador en llevar adelante medidas urgentes para mitigar el impacto ambiental en las islas Galápagos. (Ministerio de Relaciones Exteriores y movilidad , 2007)

Es por esta razón que se debe prestar mucha importancia a la protección del frágil ecosistema existente en la Provincia de Galápagos y minimizar el impacto ambiental de las actividades del ser humano en el archipiélago, siendo la más dañina de estas la emisión de gases contaminantes debido de la producción de electricidad. (Ministerio de electricidad y energía renovable, Cero combustibles Fósiles Galápagos, 2013)

Ante este problema que presentan las regiones insulares, la energía maremotérmica se plantea como una alternativa de generación eléctrica amigable con el medio ambiente y capaz de operar sin la emisión de ningún desecho contaminante, referente a esta tecnología se han desarrollado investigaciones y estudios que demuestran la factibilidad y sustentabilidad económica de la tecnología ante ciertas condiciones.

Según (Vega L. A., 2010) un investigador de la tecnología (OTEC), establece que es rentable y económicamente viable la construcción y puesta en marcha de una plataforma OTEC en el mar para la generación de energía eléctrica, agua y demás beneficios.

Este estudio de prefactibilidad es conveniente porque el uso de la tecnología (OTEC) podría generar energía limpia, renovable y autosustentable para los habitantes de las Islas Galápagos, la tecnología (OTEC) genera energía gracias al aprovechamiento de las diferencias de temperatura entre la superficie y las profundidades del mar.

Como subproducto del proceso (OTEC) se genera agua dulce y agua salada, el agua dulce puede ser utilizada para el consumo humano ya que este recurso en las islas galápagos es escaso y costoso, y por otra parte el agua salada al tener gran cantidad de nutrientes tiene la capacidad de ser aprovechada como medio de cultivo de diferentes especies de organismos marinos.

Otra de las características de esta tecnología es la extracción de agua fría de las profundidades del mar, la misma que puede ser aprovechada para varios usos entre uno de los más importantes, la climatización de los habitantes e industrias hoteleras que por ser sector turístico mejorarían sus prestaciones al público y reduciendo así el consumo de energía.

Esta tecnología se presenta como una posible solución al uso de combustibles fósiles eliminando las emisiones de CO<sub>2</sub> que es uno de los problemas más perjudiciales que existen en las islas galápagos que es un sector denominado patrimonio natural de la

humanidad y como tal debe hacerse el mayor esfuerzo posible para evitar destruir el ecosistema del mismo.

La información mundial indica que aunque hay suficientes recursos petrolíferos para satisfacer la demanda durante unos 50 años, la producción está llegando a un pico y enfrentaremos un suministro de petróleo que disminuye constantemente. Esta situación justifica la reevaluación de OTEC para la producción de electricidad, agua desalada y productos intensivos en energía.

## **OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN**

### **OBJETIVO GENERAL**

- Determinar la prefactibilidad de la utilización de la energía maremotérmica para la producción de electricidad y agua dulce en las condiciones de las Islas Galápagos

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analizar la situación actual de Galápagos, determinando los requerimientos y sistemas de abastecimiento de energía y agua.
- Determinar los costos actuales de la generación de energía y el suministro de agua para las islas Galápagos.
- Analizar el impacto ambiental que se produce en las Islas Galápagos por la quema de combustibles fósiles (biodiesel) para la producción de energía eléctrica.

- Determinar las condiciones geográficas y batimétricas favorables a la introducción de la tecnología OTEC en las Islas Galápagos.
- Determinar la viabilidad económica del proyecto de investigación mediante índices financieros.

## **HIPÓTESIS Y VARIABLES**

### **HIPÓTESIS GENERAL**

¿Con el estudio de la prefactibilidad del aprovechamiento de la energía maremotérmica en las condiciones de las islas Galápagos se lograra determinar si es viable la implementación de una planta OTEC, para eliminar las emisiones de gases contaminantes y de efecto invernadero en la producción de energía, satisfaciendo la demanda de electricidad y agua?

### **IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES.**

#### **VARIABLE INDEPENDIENTE**

- Condiciones económicas, sociales y ambientales de las islas Galápagos.

#### **VARIABLE DEPENDIENTE**

- Viabilidad de la implementación de la energía maremotérmica en las islas Galápagos.

## **Capítulo I: Análisis crítico de las fuentes bibliográficas**

### **1.1. Generalidades**

Para todo proyecto de investigación el análisis crítico de las fuentes bibliográficas es un factor muy importante para conocer la problemática que tiene el tema, su posible solución mediante diferentes metodologías, es por ello que en el “Estudio de Prefactibilidad de la utilización de la energía maremotérmica para la producción de energía eléctrica y agua dulce en las condiciones de las Islas Galápagos”, se hablara de temas relevantes para la investigación.

Una vez descubiertas las Islas Galápagos se fueron poblando poco a poco al ser muy atractivas para el turismo. En el año 1978 fue nombrada como Patrimonio Natural de la Humanidad por la UNESCO, al tener una evolución viva de diferentes especies marinas.

Otro factor a considerar son las investigaciones o publicaciones de la tecnología (OTEC) el cual es un tipo de energía renovable amigable con el medio ambiente y de línea base, es necesario conocer y determinar cómo es la generación y consumo actual de la energía eléctrica y agua potable en las Islas Galápagos, que al tratarse de ser una región insular tiene escasos suministros energéticos de línea base.

La tecnología OTEC como fuente de energía limpia y renovable por el uso de las diferencias de temperaturas con un ciclo Rankine convencional produce energía eléctrica y agua dulce producto de la condensación en un sistema abierto, esto sería una fuente de línea base para las Islas Galápagos.

Para demostrar que el proyecto es económicamente viable se deben utilizar varias herramientas como son: el flujo de fondos netos, el Valor actual neto (VAN), y la tasa Interna de Retorno (TIR).



Se debe realizar mucho esfuerzo para la puesta en marcha de un proyecto de tal magnitud ya que al pasar los años las fuentes de petróleo del mundo para producir energía eléctrica convencional se irán reduciendo.

Es por ello que se deben buscar fuentes de energía renovable como lo es la tecnología OTEC, al utilizar el mar como vía de generación eléctrica que es constante daría buenos resultados, para la dotación de línea base para los habitantes de cualquier parte del mundo donde se cumplan las condiciones específicas de dicha tecnología que es obtener una diferencia mínima de 20°C.

## **1.2. Características geográficas, reseña histórica y Generalidades del Archipiélago de Galápagos**

La Provincia de Galápagos o "Archipiélago de Colón" es un conjunto de islas distribuidas alrededor de la latitud cero en el Océano Pacífico a 973 km al oeste del Ecuador Continental, son geológicamente jóvenes y de origen volcánico, pues su aparición ocurre después de repetidas erupciones del punto caliente, ubicado en las profundidades del manto de la litosfera, donde los volcanes fueron estallando hasta elevar sus cimas fuera del mar.



**Figura 1. Archipiélago de Galápagos Fuente (Galápagos E. y., 2006)**

Las Islas fueron emergiendo en distintos sucesos eruptivos, hasta formar lo que hoy se conoce como el archipiélago de Galápagos, famoso mundialmente por su gran número de especies endémicas. El archipiélago se encuentra en las coordenadas  $01^{\circ}40' N$   $01^{\circ}36' S$ ;  $089^{\circ}16'$  y  $092^{\circ}01' W$ , atravesado por la línea ecuatorial en los volcanes Wolf y Ecuador, ambos de la isla Isabela. La superficie total del archipiélago es de  $8.010 \text{ km}^2$ , con un mar interior de  $45.666 \text{ km}^2$ , y un mar territorial insular de  $817.392 \text{ km}^2$ . (INOCAR, 2014)

El archipiélago está conformado por cinco islas principales que superan los  $500 \text{ km}^2$  de superficie, que son: Isabela, Santa Cruz, Fernandina, San Salvador y San Cristóbal; 8 islas entre  $14$  y  $173 \text{ Km}^2$  nombradas Santa María, Marchena, Genovesa, Española, Pinta, Baltra, Santa Fe y Pinzón; 6 islas entre  $1$  y  $5 \text{ Km}^2$ , Rábida, Baltra, Wolf, Tortuga, Bartolomé y Darwin; 42 islotes con menos de  $1 \text{ Km}^2$  y 26 rocas.

La isla más grande es Isla Isabela con una superficie terrestre de  $4.855$  kilómetros cuadrados. Mientras constituye casi la mitad de la superficie terrestre total de las Islas

Galápagos. Su volcán más grande, Volcán Wolf tiene una altitud máxima de 1.707 metros y es la punta más alta del archipiélago. (INOCAR, 2014)

El clima en las islas Galápagos es subtropical y muy característico, esto es debido a los siguientes factores presentes en el archipiélago: la situación geográfica, las corrientes marinas, la formación geológica, los vientos, la altitud y por último el régimen pluvial y la temperatura.

La altitud influye marcadamente en el clima, pues la humedad se detiene en las elevaciones y se precipita. Si no hubiera elevaciones, las islas fueran desérticas, como es el caso de las islas de menor extensión. Como efecto de la precipitación hay mayor o menor grado de humedad y por tanto, el consiguiente cambio de vegetación, como consecuencia la variación de las temperaturas medias mensuales entre la estación seca, de julio a septiembre y la lluviosa de enero a abril, es de 22°C a 26°C para la costa y de 20°C a 25°C para las zonas más altas. Sin embargo se presentan temperaturas extremas mínimas próximas a 15°C y máximas a 32°C

Durante los meses de garúa (junio a noviembre) la temperatura ambiental en las costas es de 21°C de promedio, el viento es constante y frío desde el S y SE, las lloviznas o garúas se suceden todo el día acompañadas de densas neblinas que ocultan las islas. En la estación seca o época de calor (diciembre a fines de mayo), la temperatura media del ambiente sube a 25°C, el mar está calmado, las lluvias fuertes son esporádicas y brilla el sol con todo su esplendor.

Los vientos predominantes son del Sureste, que se mantienen más o menos constantes durante todo el año con una velocidad de 15,56 km/h, excepto en los meses de febrero, marzo, abril y mayo, en los cuales se observa un decrecimiento en la velocidad del viento hasta 10,74 km/h, en estos meses se producen las calmas ecuatoriales, las que dificultan la navegación a vela. (INOCAR, 2014)

Las islas Galápagos poseen a su alrededor un mar territorial de 321,87 km que a su vez generan para Ecuador los límites con Colombia, también vecino continental, así como, Costa Rica en Centroamérica por la ubicación de su isla de El Coco.

Según el acuerdo suscrito de límites marítimos el 11 de abril del 2016, entre los países Ecuador, Colombia y Costa Rica, la determinación exacta de los límites marítimos entre estos países permitirá al primero aprovechar alrededor de 700.000 km<sup>2</sup> de zona económica exclusiva en el área adyacente a las islas Galápagos, así como, en la extensión de aguas del territorio continental calculado en otros 450.000 km<sup>2</sup>. La importancia del territorio marítimo nacional de Ecuador, el cual es 5.3 veces más extenso que la superficie continental, impulsará el estudio del lecho marino y la posibilidad de ampliar la plataforma continental en busca de recursos naturales. (Ministerio coordinador de seguridad, 2016)

Las islas fueron descubiertas en 1535 por Fray Tomás de Berlanga, el obispo de Panamá, mientras realizaba un viaje desde Panamá hasta Perú. Desembarcaron solo en dos islas pero pudieron divisar varias islas más tras su partida. Llamaron al archipiélago ‘Galápagos’ debido a la similitud entre el caparazón de una tortuga y una silla de montar española (esta silla que entonces se llamaba Galápagos). La falta de agua y la abundancia de rocas causaron una primera impresión negativa. (Ecuador Costa Aventura , 2016)

No paso mucho tiempo para que las islas empezaran a aparecer en los mapas del mundo, el primero fue un mapa holandés de 1561, unos años más tarde en el mapa de Ortelius en 1589 se nombró por primera vez a las islas como ‘islas encantadas’ esto debido aparecían y desaparecían como por arte de magia, un efecto causado por la dificultad para llegar a ellas debido a las fuertes corrientes que hacían muy difícil la

navegación. El Mapa de Guerrit de 1622 muestra tres islas identificadas hoy como Isabela, Santa Cruz, y San Cristóbal. (Ecuador Costa Aventura , 2016)

Durante los siguientes siglos las islas permanecieron en el olvido recibiendo visitas intermitentes de marineros de paso. Los piratas también las usaron como base para sus atracos en Guayaquil y otras ciudades costeras de Ecuador, Perú y Colombia. Antes que cualquier asentamiento otros buques atracaban para cazar ballenas y tortugas, lo cual mermo considerablemente la población de estos animales en las islas. En 1807, el marinero Patrick Watkins, el primer habitante permanente de las islas fue abandonado en Floreana en donde se quedó por varios años cultivando la tierra y mercadeando con los barcos que pasaban. (Ecuador Costa Aventura , 2016)

En 1832 después de que Ecuador se independizara de los españoles, el general José Villamil, propuso oficialmente incorporar el archipiélago a la nueva República. El coronel Ignacio Hernández, delegado del gobernador, realizó la ceremonia el 12 de febrero de ese mismo año en la isla de Floreana, que tomó este nombre en honor del primer Presidente del Ecuador, Juan José Flores. (Ecuador Costa Aventura , 2016)

El General José Villamil organizó una compañía colonizadora con la ilusión de convertir el archipiélago en un lugar de paz (el primer pueblo fue llamado "El asilo de la paz"), de progreso y de la regeneración de los delincuentes y los soldados rebeldes, por medio del trabajo. Villamil se trasladó a la isla el 12 de octubre 1832 tratando de hacer realidad sus sueños. Al principio, todo parecía prosperar, pero los delincuentes destruyeron el medio ambiente y terminaron por destruir la colonia. En 1836, Villamil liberó a los animales domésticos (vacas, caballos y burros) en las islas principales. Se reprodujeron rápidamente y junto con los animales salvajes dejados por los visitantes anteriores (perros, gatos, cerdos y cabras) se convirtieron en un peligro para la ecología de las islas. (Ecuador Costa Aventura , 2016)

Después de que el General Villamil dejó las islas, las Galápagos fueron consideradas como un sitio ideal para una prisión, ya que su distancia del continente hace casi imposible escapar a los reclusos no tendrían suficientes alimentos ni agua para sobrevivir fuera de los campamentos. (Ecuador Costa Aventura , 2016)

El 15 de septiembre de 1835, el capitán Robert Fitz Roy llegó a las Galápagos en el "Beagle", con el joven naturalista Charles Darwin. Realizaron un estudio científico de geología y biología en cuatro de las trece islas antes de partir el 20 de octubre para continuar su expedición alrededor del mundo, estos estudios fueron cruciales en el desarrollo de la teoría evolutiva que Darwin presentó en el origen de las especies, desde ese momento las islas Galápagos se volvieron famosas en el mundo científico como un laboratorio virtual de la evolución. (Ecuador Costa Aventura , 2016)

En los años siguientes, algunos comerciantes ecuatorianos trataron de sacar provecho de las islas, cosechando líquenes y cultivando caña de azúcar en grandes plantaciones. Parcelas de las islas fueron arrendadas a Estados Unidos luego de la construcción del Canal de Panamá para proteger el importante paso. La pista de aterrizaje original de la isla Baltra fue construida por los Estados Unidos como parte de una base de su fuerza aérea. Durante ese tiempo tuvo lugar una mayor migración hacia las islas, tanto desde el Ecuador continental como desde otras partes del mundo. (Ecuador Costa Aventura , 2016)

En septiembre 8 de 1978, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura (UNESCO) declaró a las Islas Galápagos Patrimonio Natural de la Humanidad y en 1985 el Parque Nacional Galápagos fue declarado reserva de la biósfera, ampliándose posteriormente en diciembre 2001 para incluir la reserva marina. (Ministerio del Ambiente, 2016)

La belleza natural de las islas, la diversidad y singularidad de especies que alberga, su origen volcánico, su dinámica geológica con permanentes cambios y variedad de formaciones, el ser considerado un laboratorio vivo de procesos evolutivos aún en marcha, sumado a que dio cabida para el desarrollo de un gran número de especies tanto animales como vegetales que no existen en ningún otro lugar del mundo, convierten a las Islas Galápagos en un sitio muy singular y de importancia mundial para la herencia común de la humanidad. (Ministerio del Ambiente, 2016)

Ser considerado un Patrimonio Natural de la Humanidad, es motivo de orgullo no solo para los galapagueños, sino también para los ecuatorianos, porque se reconoce el valor universal que poseen las islas Galápagos. (Ministerio del Ambiente, 2016)

### 1.3. Situación económica, población y demografía de las Islas Galápagos.

El archipiélago forma la Provincia de Galápagos, cuya capital es Puerto Baquerizo Moreno. Se divide políticamente en tres cantones, Santa Cruz, San Cristóbal e Isabela, como se puede apreciar en la siguiente imagen.

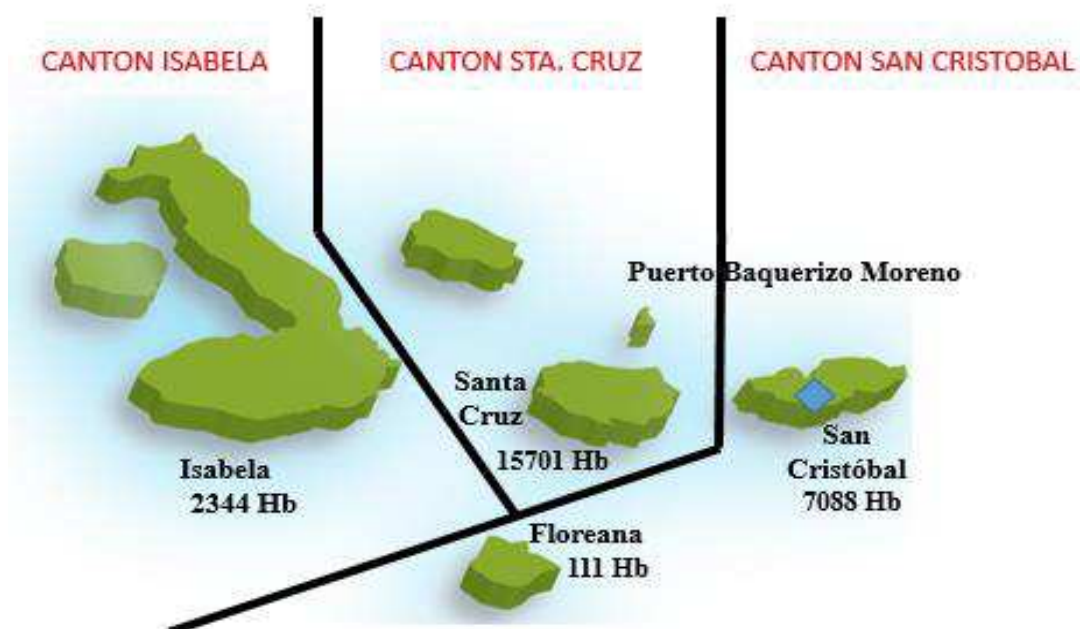


Figura 2. División Política del Archipiélago de Galápagos Fuente (Galápagos E. R., 2011)

Las Islas Galápagos cuentan con 25.244 habitantes, según el último censo realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), de las seis islas principales solo cuatro se encuentran pobladas, Santa Cruz es la más poblada con 15701 habitantes, seguida por la Isla San Cristóbal con 7088 habitantes y por último Isabela y Floreana con 2344 y 111 habitantes respectivamente.

A su vez Santa Cruz es el cantón más poblado con 15.701 personas, seguido de San Cristóbal con 7.088 e Isabela con 2.344, la población flotante de extranjeros y nacionales es de 2.078 que beneficia al Archipiélago con base en el turismo que es la primera fuente de ingreso. En la siguiente tabla se muestra la distribución de la población de Galápagos y la tasa de crecimiento anual desde el 2010 al 2015.

**Tabla 1**

*Distribución de la Población en Galápagos*

Nombre de Cantón e Islas	2010	2015	Tasa de Crecimiento Anual
Cantón San Cristóbal	6.930	7.199	0,80%
Isla San Cristóbal	6.794	7.088	1,04%
Isla Floreana	136	111	-4,10%
Cantón Isabela	2.165	2.344	1,60%
Cantón Santa Cruz	13.951	15.701	2,40%
Provincia de Galápagos	23.046	25.244	1,80%

*Nota:* Tomada de (Instituto Nacional de Estadísticas Y Censo (INEC), 2016)

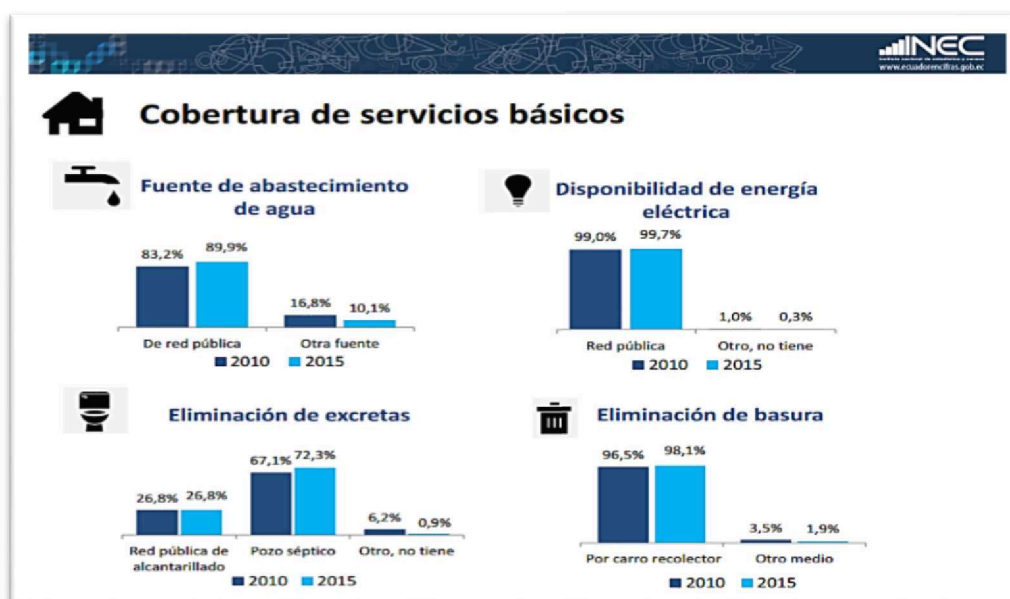
Como se puede apreciar en la tabla 1, la cual muestra la tasa de crecimiento anual de la población en el Archipiélago entre los años 2010 y 2015 es de 1,8%, el aumento de población en las islas se traduce en una mayor demanda de alimentos y de servicios básicos como lo son la energía eléctrica y el agua potable, servicios que actualmente son



caros de producir y generan un impacto desfavorable para el frágil ecosistema de las islas.

Aunque en las Islas existe la ganadería y la agricultura, ante la gran demanda de alimentos que presentan actualmente las islas, la mayoría de los víveres y productos llegan por la vía marítima o por vía aérea, lo cual encarece el costo de los alimentos y demás productos. Según la revista virtual BBC MUNDO se estima que el costo de los vivieres y productos en el Archipiélago son un 70% superior que en el territorio continental. (BBC Mundo, 2015)

El (INEC) realizó en noviembre del 2015 el Censo Poblacional de Vivienda (CPV) en Galápagos con el fin de proporcionar información demográfica y socioeconómica actualizada, en el caso de los hogares, las islas tienen 8.360 hogares con un promedio de 3,0 miembros por hogar, en el 2010 el promedio de miembros fue de 3,2. Del total de hogares, el 48,4% de los hogares cuenta con vivienda propia. En la provincia de Galápagos en los últimos años se han realizado esfuerzos para mejorar la cobertura de servicios básicos en los diferentes cantones y parroquias, esto se puede evidenciar en la siguiente imagen, en esta se compara la cobertura de servicios básicos en la provincia entre los años 2010 y 2015.



**Figura 3. Cobertura de Servicio Básicos Fuente (INEC, 2016)**

De esta imagen es importante destacar que de las 8.436 viviendas particulares ocupadas de las islas, 89.9% de ellas cuenta con red pública de agua, 99.7% con red pública de energía eléctrica, 99.1% alcantarillado o pozo séptico y 98.1% tiene servicio de carro recolector para eliminación de basura. Mientras que en el 2010 de las 7.161 viviendas ocupadas, 83.2% de ellas tenían red pública de agua, 99% energía eléctrica, 93.8% alcantarillado o pozo séptico y 96.5% servicio de carro recolector. (Instituto Nacional de Estadísticas Y Censo (INEC), 2016)

El archipiélago de Galápagos al ser considerado como patrimonio natural de la humanidad, mantiene leyes que regulan el ingreso de personas a las Islas, como lo es “La ley Orgánica de Régimen Especial de la Provincia de Galápagos”, desarrollada por el gobierno ecuatoriano con la intención de disminuir la migración a las islas y evitar el aumento descontrolado de la población, de esta forma asegurar la conservación misma de las islas, permitiendo un manejo sostenible de Galápagos.

Esta Ley menciona que antes del ingreso a la provincia de Galápagos, toda persona deberá estar calificada en una de las categorías migratorias de la presente Ley como son:

Turista, transeúnte, residente temporal y residente, para lo cual deberá efectuar el trámite pertinente para su obtención, además deberán recibir una capacitación sobre "Conservación de Recursos Naturales, Protección Ambiental y Desarrollo Sustentable" que se impartirá por la Secretaría Técnica del Consejo de Gobierno del Régimen Especial de la provincia de Galápagos.

En cuanto a la obtención de la residencia permanente dicha ley establece en el artículo 40 que: *‘Se reconocerá la residencia permanente a los ecuatorianos o extranjeros que tengan legalizada su permanencia en el país, que mantengan relación conyugal o unión de hecho reconocida conforme a la ley o los hijos de un residente permanente’*, también es posible solicitar la residencia permanente en el caso que tengas más de 5 años viviendo como residente temporal en las islas. (LEY ORGANICA DE REGIMEN ESPECIAL DE LA PROVINCIA DE GALAPAGOS, 2015)

En el siguiente grafico se evidencia la evolución de la población residente en Galápagos desde el año 1950 hasta el año 2015 fecha del último censo.

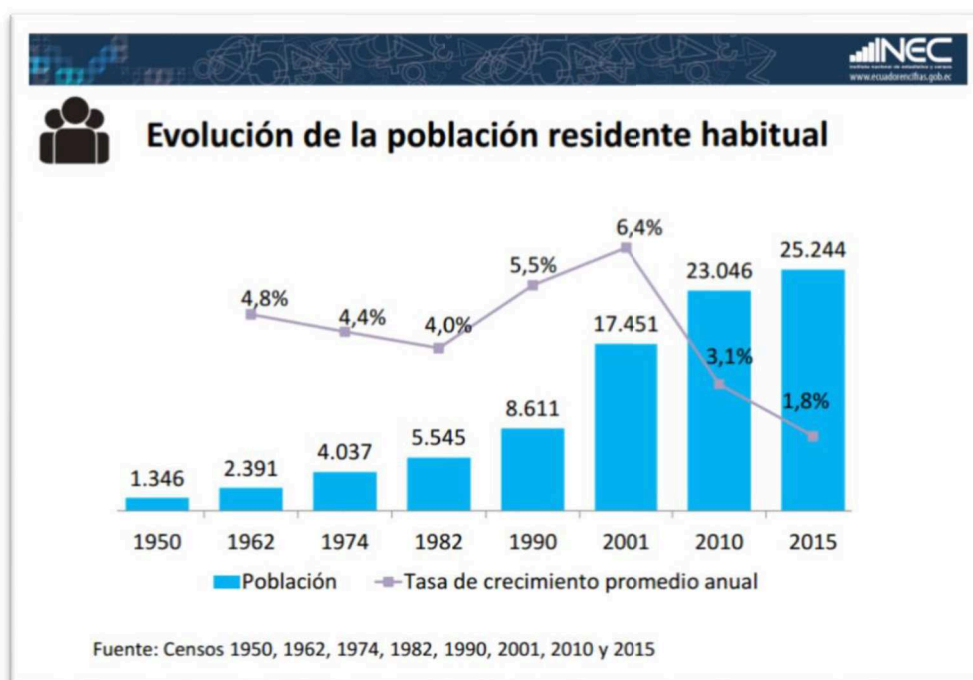


Figura 4. Evolución de la población residente habitual de Galápagos fuente (INEC, 2016)

En la figura 4 es importante destacar la disminución de la tasa de crecimiento poblacional anual debido a la ejecución de medidas migratorias por parte del gobierno del Ecuador a partir del año 2001.

En las Islas Galápagos el comercio, servicios y manufactura son los tres principales sectores de la economía, clasificados así de acuerdo con la rama de actividad que se realiza en el Archipiélago, todos estos relacionados directa e indirectamente con el turismo, siendo este el ingreso económico principal de los habitantes.

Desde el año 1.970 la visita de turistas se ha incrementado más de diez veces, y por esto el Parque Nacional Galápagos con sus científicos, guías y guarda parques han estado trabajando constantemente para crear un modelo de bajo impacto y alta calidad de ecoturismo, que hasta el momento es considerado muy bueno. (Descubriendo Galapagos , 2016)

Uno de los mayores beneficios que el turismo aporta a la isla es el dinero. Los visitantes aportan una gran cantidad de dinero a la economía Islas Galápagos. Las Islas ahora generan más de \$143 millones de dólares al año a través del turismo. Además, más de 2 mil personas están empleadas en la industria del turismo. (Descubriendo Galapagos , 2016)

Los operadores de turismo y turistas también contribuyen directamente a las Islas, donando a proyectos de conservación en todo Galápagos. Las tarifas de entrada al Parque Nacional Galápagos son \$ 100 por adulto y \$ 50 para los niños, en el año 2014, este impuesto apoya a varias organizaciones del archipiélago.

En adición a los aspectos positivos, el turismo también tiene algunos impactos negativos en Galápagos. Cuando la gente empezó a visitar las islas de vacaciones, normalmente dormían y comían en sus cruceros. Esto significaba que cualquier

alimento y provisiones necesarias tenían que ser traídos desde el continente, esto perjudicaba a la compra de alimentos a nivel local

Ahora, tantos turistas visitan las islas que los agricultores y los pescadores locales no pueden mantenerse al día con la demanda creciente de recursos producidos por los turistas. Esto significa que la comida tiene que ser importada desde el continente para poder cumplir con la demanda. (Descubriendo Galapagos , 2016)

El aumento de la competencia entre los hoteles ha significado que ahora es más barato alojarse en las islas (en comparación con alojarse en un barco). Cuando los turistas se quedan en las islas, esto ayuda que el dinero va directamente a la comunidad local. Sin embargo, el creciente número de turistas que eligen hoteles en vez de barcos ha significado que hay una preocupación creciente por la cantidad de basura que se está creando.

A medida que más y más personas visitan Galápagos, los inversionistas nacionales e internacionales podrían proponerse construir más hoteles con el fin de obtener una parte de la industria del turismo. Mientras que las áreas del Parque Nacional están protegidas del desarrollo de este tipo, el área alrededor de los espacios protegidos se ha desarrollado rápidamente con más y más edificio. Puerto Ayora, en particular, ha visto un crecimiento rápido en el número de hoteles, restaurantes, tiendas de artesanías y edificios. (Descubriendo Galapagos , 2016)

Dentro de las Islas Galápagos existen sistemas de transporte terrestre y marítimo. El transporte terrestre se lo utiliza dentro de las 4 islas pobladas del Archipiélago: Santa Cruz, San Cristóbal, Isabela y Floreana, puede usar transporte público como buses y taxis, además es posible movilizarse utilizando bicicleta. El transporte marítimo se usa básicamente para la comunicación entre islas, varias embarcaciones o lanchas rápidas

prestan servicio de traslado tanto a los habitantes nativos como a los turistas (Ecostravel, 2016).

#### 1.4. Situación Actual de la generación de energía eléctrica y del Suministro de agua

##### Potable en Galápagos

##### 1.4.1. Fuentes de generación eléctrica en Galápagos.

En las Islas Galápagos el suministro de energía eléctrica se realiza mediante las siguientes fuentes de Generación:

- Energía Eólica
- Energía Fotovoltaica
- Energía Termoeléctrica
- Energía Térmica Biodiesel.

Con una potencia total instalada en todo el Archipiélago de 23,62MW, en el siguiente grafico se puede ver el porcentaje de aporte de cada fuente de generación eléctrica en Galápagos

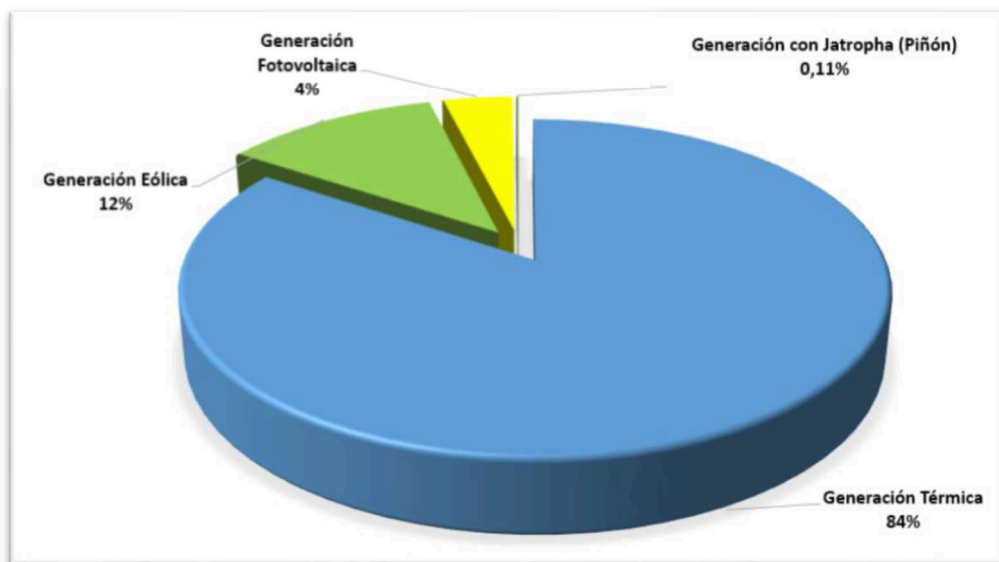


Figura 5. Porcentaje de aporte de cada fuente de generación eléctrica en Galápagos Fuente (Ministerio de electricidad y energía renovable , Rendición de cuentas 2015, 2016)

En este grafico es importante destacar que más del 80% de la producción de energía eléctrica en el archipiélago se la realiza con la quema de combustibles fósiles perjudicando sin lugar a dudas el medio ambiente en la Provincia de Galápagos.

En Galápagos el sistema de energía eléctrica se encuentra separado, cada una de las cuatro islas habitadas cuenta con su propio sistema de generación de energía eléctrica como se representa en el siguiente gráfico.



**Figura 6. Fuente de Generación del Archipiélago de Galápagos Fuente (Ministerio de electricidad y energía renovable, Rendición de cuentas 2015, 2016)**

En la tabla 2, se detalla la potencia instalada por isla en el año 2015 de los diferentes proyectos.

**Tabla 2**

*Resumen de la Potencia eléctrica instalada por Isla en el año 2015 en Galápagos*

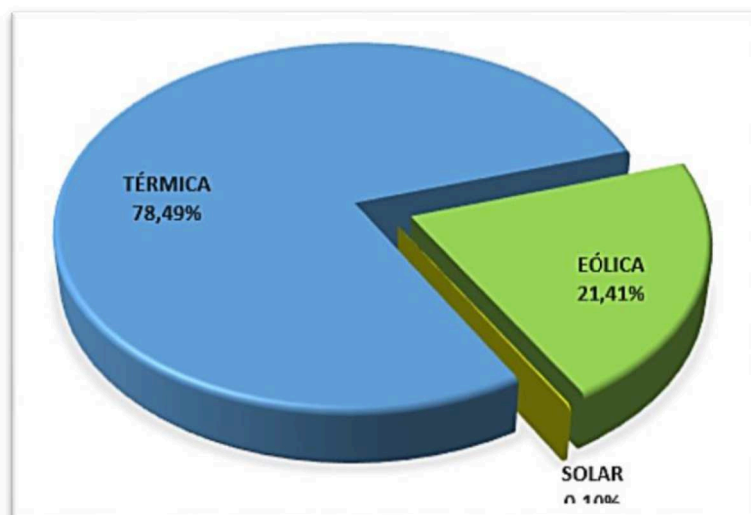
Isla	Térmica	Eólica	Solar	Biocombustible	total
	MW	MW	MW	MW	MW
San Cristóbal	4,95	2,4	0,00735	-	7,35735
Santa Cruz	8,8	2,25	1,5	-	12,55
Isabela	3,5	-	-	-	3,50
Floreana	0,145	-	0,02	0,05	0,22
Archipiélago de Galápagos	17,4	4,7	1,5	0,05	23,62

*Nota:* Tomado de (Ministerio de electricidad y energía renovable , Rendición de cuentas 2015, 2016)

La Isla San Cristóbal cuenta con tres fuentes de generación de energía eléctrica siendo la principal la energía térmica, seguida por la energía eólica y en muy poca cantidad la energía fotovoltaica.

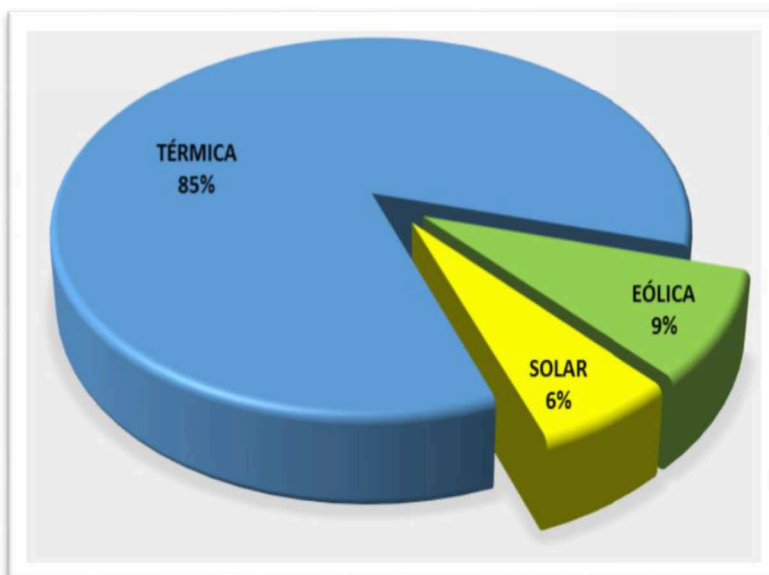
En el año 2015 El Sistema Térmico de esta isla generó 12.454 MWh, aportando en mayor porcentaje cuando el recurso eólico es escaso en los meses de, febrero, marzo, abril y mayo, en los cuales se observa un decrecimiento en la velocidad del viento desde 15,56 hasta 10,74 km/h, el sistema solar generó 15,86 MWh y el sistema eólico generó 3.396 MWh. Teniendo un gran porcentaje la generación térmica como se aprecia en la siguiente figura. (Ministerio de electricidad y energía renovable , Rendición de cuentas 2015, 2016)





**Figura 7. Porcentaje de generación en la Isla San Cristóbal Fuente (Ministerio de electricidad y energía renovable, Rendición de cuentas 2015, 2016)**

La isla Santa Cruz de igual forma cuenta con tres tipos de generación de energía, en el año 2015 la energía térmica generó 27.892 MWh, la planta fotovoltaica generó 2.010 MWh y el sistema de energía eólico generó 2.947 MWh en la figura 8, se representan los porcentajes de generación para cada tipo de energía.

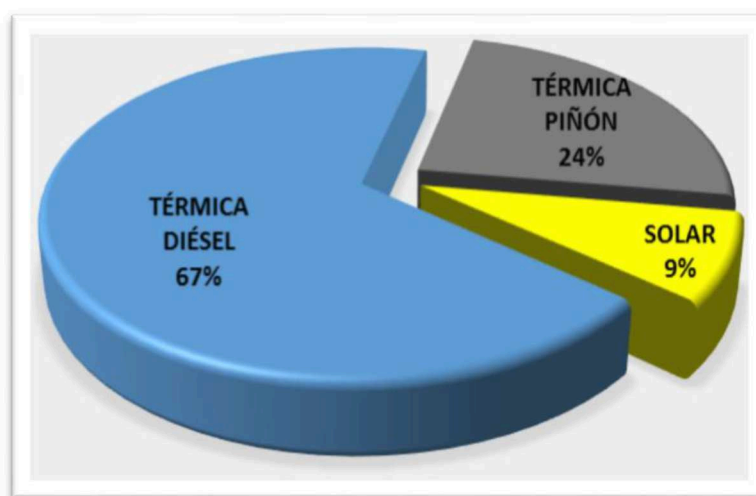


**Figura 8. Porcentaje de generación en la Isla Santa Cruz Fuente (Ministerio de electricidad y energía renovable, Rendición de cuentas 2015, 2016)**

En la isla Isabela y Floreana la Demanda de energía es menor en comparación a las otras islas esto debido a que poseen una población menor, en Isabela solo existe una

fuentes de generación que es la energía Térmica, en el año 2015 esta central térmica produjo 4.885 MWh.

La isla Floreana es la de menor demanda de energía, con tan solo 111 habitantes cuenta con tres fuentes de generación, la térmica, la solar y la de biocombustible, en el año 2015 entre las tres fuentes de generación produjeron 245,15 MWh, teniendo cada tipo de energía el siguiente porcentaje.



**Figura 9. Porcentaje de generación en la Isla Floreana Fuente (Ministerio de electricidad y energía renovable, Rendición de cuentas 2015, 2016)**

En la siguiente tabla se resume la energía generada por cada Isla en el año 2015 en Galápagos.

**Tabla 3***Resumen de la Generación Eléctrica por Isla en el año 2015 en Galápagos*

Isla	Térmica	Eólica	Solar	Biocombustible	total
	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh
San Cristóbal	12.454	3.396	15,86	-	15.865,86
Santa Cruz	27.892	2.947	2.010	-	32.849,00
Isabela	4.885	-	-	-	4.885,00
Floreana	167,47	-	21,35	59,33	248,15
Archipiélago de Galápagos	45.398	6.343	2.047	59,33	53.848,01

*Nota:* Tomado de (Ministerio de electricidad y energía renovable , Rendición de cuentas 2015, 2016)

Con lo visto anteriormente se demuestra que las Islas Isabela y Floreana demandan menos del 20% de la energía eléctrica en las Islas Galápagos por lo cual para este estudio no se tomaran en cuenta por el alto costo que implica un sistema interconectado de energía que alimente a dichas islas.

**1.4.2. Demanda de diésel para la generación eléctrica en Galápagos.**

Debido a que más del 80% de la generación eléctrica en el archipiélago de Galápagos es producida por centrales térmicas existe una gran demanda de Diésel por parte de las islas. Elecgalápagos en su informe de rendición de cuentas del 2015 presento las siguientes demandas Históricas de Diésel para consumo eléctrico.

**Tabla 4**

<b>Parámetro</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>
Consumo de Diésel (galones)	2.855.511,30	2.692.151,20	3.136.810,25	3.333.224,90

*Resumen Histórico del consumo de Diésel en Galápagos*

*Notan:* Tomado de (Ministerio de electricidad y energía renovable , Rendicion de cuentas 2015, 2016)

**1.4.3. Situación actual, fuentes y demanda del agua en Galápagos.**

En el archipiélago de Galápagos, cada isla tiene sus propias condiciones Hidrológicas, el agua dulce se encuentra en fuentes subterráneas, en grietas y arroyos, pudiendo variar año a año la cantidad de agua que participa en el ciclo hidrológico de Galápagos, esto debido principalmente a la influencia de los fenómenos climáticos de El Niño y La Niña.

Los suelos de las islas son muy permeables por lo que hay una rápida infiltración y se puede contaminar por las sustancias que penetran a través del suelo, llegando hasta las aguas subterráneas, y es debido a estas características que el agua en las islas es un recurso frágil.

Además, hay que considerar que las vertientes en las islas tienen caudales bajos y los ríos corren de manera esporádica, alimentados por lluvias muy fuertes y por fuentes de agua subterránea. (Sotomayor Cobos, 2014)

En la isla Santa Cruz, la más poblada del archipiélago el recurso hídrico proviene principalmente del agua drenada por el interior de fracturas o fallas, esta agua en su mayoría es salobre, de igual forma ocurre en la Isla Isabela, donde su principal recurso hídrico también es el agua subterránea presente en grietas o fallas. En estas dos islas se han implementado sistemas de bombeo de agua hacia zonas pobladas. La distribución

municipal de agua por tubería permitió a los habitantes, quienes se concentraban cada vez más en los puertos, tener acceso a grandes cantidades de agua, lo que ha contribuido con el desarrollo de los mismos. (Fundacion Charles Darwin , 2015)

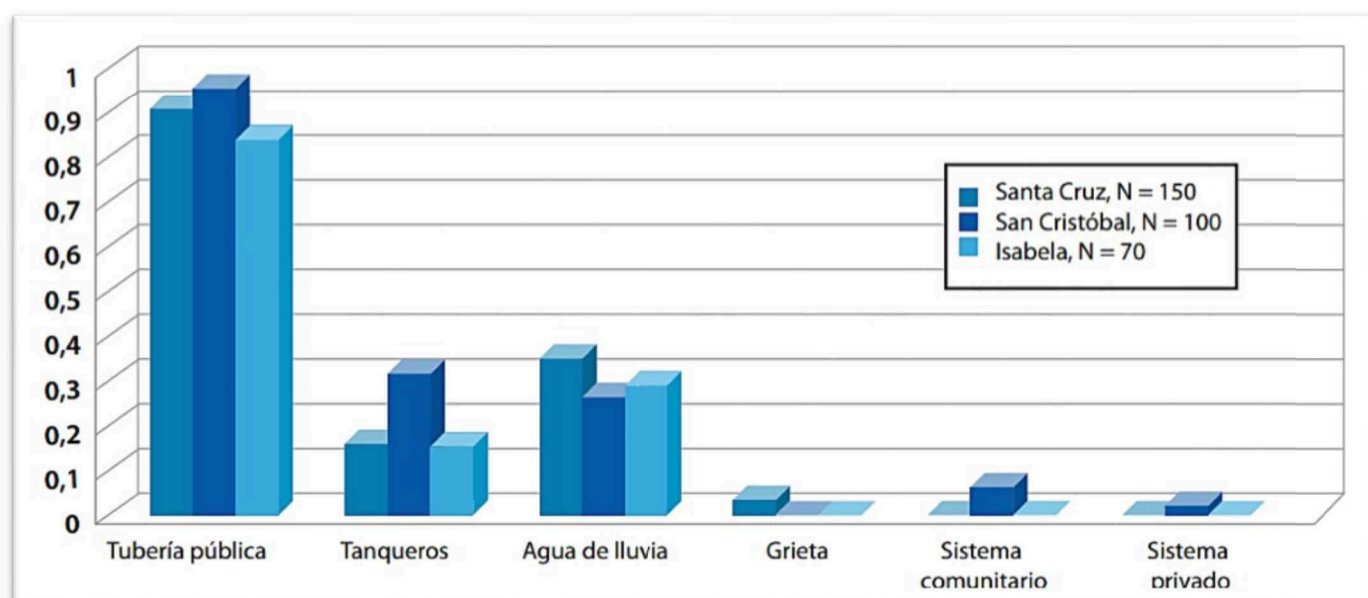
San Cristóbal, por otro lado, es la única isla que posee cuencas hidrográficas con ríos permanentes de caudal importante y suficiente para el abastecimiento de agua dulce para la población y el aprovechamiento del sector agrícola. Existen varias cuencas hidrográficas delineadas desde la parte alta de la isla hasta la costa Oeste, Sur y Este y la mayoría de las cuencas son producto de escurrimientos superficiales permanentes. La vertiente Sur de San Cristóbal tiene cuencas por donde corre agua superficial hasta llegar al mar, pero también existen algunas cuencas que no tiene salida al mar como la laguna Colorada en San Cristóbal.

Pese a que los estudios demostraron que San Cristóbal contaba con agua abundante en la fuente, ésta no satisfacía la demanda local y era racionalizada, pues existía desperdicio por un alto porcentaje de fugas (39%), por las rupturas en las uniones, debido a la excesiva presión en las tuberías y el mal estado del sistema de conducción. Un porcentaje de este desperdicio también se daba durante las operaciones de mantenimiento de equipos y a éstos se sumaba la falta de conciencia por parte de la población sobre el manejo del agua además ha habido poca gestión por parte de gobiernos locales sobre campañas de educación, y de difusión de información veraz y oportuna, sobre la calidad del agua para consumo humano. (Sotomayor Cobos, 2014)

En los últimos 40 años, la distribución municipal de agua no potable en las islas se ha desarrollado de manera tan rápida que la mayoría de habitantes se abastece actualmente por este medio. El 88% de los hogares en Santa Cruz, el 93% en San Cristóbal y el 81% en Isabela reciben agua por tubería.

La cobertura de este servicio es casi total en los puertos y avanza en las partes altas de Santa Cruz y San Cristóbal. En los puertos, es el único medio de abastecimiento para 75% de los habitantes; pues recibir agua en su casa por tubería, es sinónimo de comodidad y desarrollo. Además, es un servicio económico: la mayoría de los habitantes pagan por su consumo de agua un precio inferior a US\$10 mensuales. (Fundación Charles Darwin , 2015)

En el siguiente gráfico se muestra el porcentaje de hogares que se alimenta de cada fuente diferente de agua.



**Figura 10. Porcentaje de hogares que se abastecen de cada medio Fuente (Fundación Charles Darwin, 2013)**

En las tres islas, el agua distribuida a los habitantes (tuberías y tanqueros) contiene microorganismos patógenos además, en Santa Cruz, se ha determinado que el estancamiento del agua en las tuberías municipales, así como las malas condiciones de almacenamiento en los hogares, genera una amplificación de la contaminación bacteriológica. Este fenómeno ocurre probablemente también en el resto de islas estudiadas. Frente a esta situación, los habitantes están muy preocupados y, por lo tanto, adaptan sus usos del agua en función de esta realidad.

Así, se puede observar que los usos domésticos se dividen en dos categorías de acuerdo al valor del agua utilizada (Figura 11). Primero, se utiliza agua de lluvia, agua purificada o agua potabilizada en casa (agua hervida) para tomar y para cocinar, pues para los usos alimenticios, los habitantes realizan un esfuerzo para pagar y/o conseguir agua considerada como apta para el consumo humano.

Para el resto de usos domésticos, ocupan principalmente el agua de la tubería o de los tanqueros, es decir el agua almacenada en la(s) cisterna(s) del hogar. Esta agua tiene poco valor económico y es percibida como contaminada, razón por la cual se desperdicia tanto. Los usos del agua en los hogares están entonces determinados por el balance entre el valor del agua (valor económico y valor simbólico, es decir su calidad) y la posibilidad de utilizarla sin mayores riesgos de enfermarse. Así, en el imaginario colectivo, el agua no existe como elemento único, sino que existe el agua para los usos alimenticios por un lado y el agua para los otros usos. (Fundacion Charles Darwin , 2015)

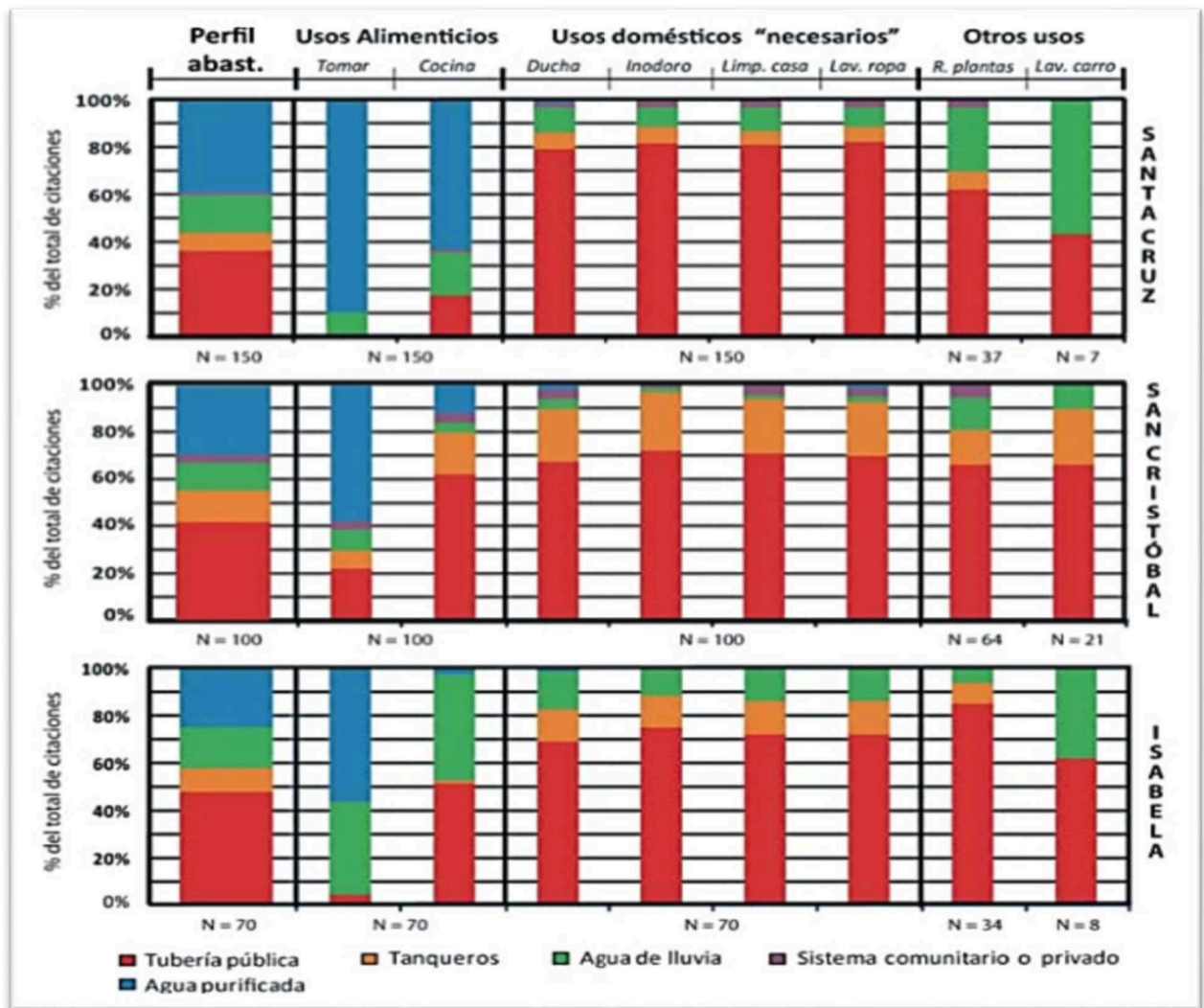


Figura 11. Porcentaje de hogares que se abastecen de cada medio Fuente (Fundacion Charles Darwin, 2015)

La Isla Floreana con apenas 111 habitantes cuenta con un recurso hídrico superficial muy importante llamada “Asilo de la paz”, la misma que fue de vital importancia para los primeros habitantes en la isla, es la que actualmente abastece de agua a cerca de 60 familias, Floreana es la primera Isla beneficiada con el Proyecto de Agua Potable para Galápagos, ya que en el año 2013 se inauguró una moderna planta potabilizadora ubicada en la parte alta de la isla. El líquido vital es distribuido por tuberías hasta las familias que habitan en el lugar que constituye la menor población de Galápagos.

El proyecto de agua potable para las islas Galápagos asciende a 24 millones de dólares que incluye a las islas Santa Cruz, Cristóbal, Isabela y Floreana, destinado a



proveer del servicio a una población total de 25 mil 124 personas, se espera que otros proyectos similares empiecen a ejecutarse en el resto de las islas pobladas, que hasta ahora solo poseen agua entubada. (Gobierno del Regimen especial de Galapagos, 2013)

La demanda real de agua dulce en Galápagos es difícil de establecer debido a que existen en las islas varias fuentes de agua “privadas” ubicadas en terrenos particulares que por ejemplo proveen agua a varios locales en Puerto Ayora y Bellavista. El bombeo desde estas grietas no está regulado y carece de monitoreo. Por ende, se desconoce el número de bombas y la cantidad de agua extraída. Esto representa un desafío para las autoridades ya que las fuentes de agua pertenecen al gobierno del Ecuador, mientras que la tierra es propiedad de su dueño. Algunos propietarios manejan las fuentes de agua como propias y consecuentemente distribuyen el agua en tanqueros o por medio de otros sistemas a la población local. (Maria Fernanda Reyes, 2014)

Pese a estos inconvenientes existen diferentes estudios en Galápagos que pretenden medir el consumo de agua de la población, uno de los más recientes del año 2014 aplicado a la isla Santa Cruz, *‘Evaluación del suministro de agua en la isla Santa Cruz: Una perspectiva general técnica sobre la provisión y demanda valorada de agua realizado en la Isla Santa Cruz’* en este estudio se utilizaron registros de medidores instalados en las dos zonas pobladas de Santa Cruz, también se usaron encuestas dirigidas hacia empresas privadas embotelladoras de agua purificada y a distribuidores de agua salobre por medio de tanqueros, se pudo estimar un consumo de agua para la isla Santa Cruz de 832.775,4 m<sup>3</sup> de agua en el año 2014. (Maria Fernanda Reyes, 2014)

Gracias a la información obtenida por este estudio se pudo calcular el consumo per cápita de agua en la isla Santa Cruz, dando como resultado la cantidad de 145,31 litros de agua diarios, este valor es superior a los límites mínimos establecidos por la

Organización Mundial de la Salud (OMS) y es similar a los consumos en otras partes del mundo por lo cual se reconoce como válido y acertado.

Con esta información y gracias a que las condiciones en las que viven los habitantes de Galápagos no varían mucho entre una isla y otra se puede calcular también de manera aproximada los consumos de agua dulce en las otras islas, dando como:

**Tabla 5**

*Resumen de la demanda de agua por Isla en el año 2015 en Galápagos*

Nombre Islas	habitantes	consumo Per capital m3	Demanda de agua en m3/día	Demanda de agua m3/año
Isla San Cristóbal	7.088	0,14531	1029,957	370.784,52
Isla Floreana	111	0,14531	16,129	5.806,44
Isla Isabela	2.344	0,14531	340,607	122.618,52
Isla Santa Cruz	15.701	0,14531	2281,512	821.344,32
Provincia de Galápagos	25.244	0,14531	3668,206	1.320.554,16

*Nota:* Datos alcanzados en el estudio

### **1.5. La energía solar directa**

La energía solar se manifiesta de diversas formas y su aplicación ha sido fundamental para el desarrollo de la humanidad. A estas formas se les conoce como energía renovables, ya que son formas de energía que se van renovando o rehaciendo

con el tiempo o que son tan abundantes en la tierra, que perduraran por ciento o miles de años.

La energía solar que recibe el planeta es el resultado de un proceso de fusión nuclear que tiene lugar en el interior del sol. De toda la energía que produce ese proceso nuestro planeta recibe menos de una milmillonésima parte (Kenneth Wark, 2011). La radiación solar que llega a la superficie terrestre se puede transformar directamente en electricidad o calor. El calor a su vez, puede ser utilizado directamente para producir vapor y generar electricidad, esta radiación que llega a la superficie de la tierra, ya sea de manera directa o indirecta como reflejo de las nubes y partículas en la atmosfera. La radiación solar produce un gran calentamiento de la superficie marina ecuatorial, la cual llega a alcanzar temperaturas de aproximadamente 28°C. Esto da lugar a que el agua almacene una importante cantidad de energía calorífica, puesto que, aunque esta temperatura es relativamente baja, las cantidades de agua involucradas son enormes, y el calor absorbido por un cuerpo es directamente proporcional a su masa y el incremento de temperatura que se le somete.

Se estima que, en un año, la energía solar absorbida por los océanos sea de al menos, 4000 veces la energía que actualmente consume la humanidad, por ello se necesitaría solo un 1% de la energía renovable que podría producir un sistema maremotérmico, con un rendimiento del 3%, para satisfacer todas nuestras necesidades energéticas actuales. (Eduambiental, 2010)



**Figura 12. Energía solar directa Fuente (Eduambiental, 2010)**

### **1.6.Evolución de la tecnología (OTEC)**

La primera referencia documentada al uso de las diferencias de temperatura del océano para producir electricidad es encontrada en las veinte mil leguas bajo el mar de Jules Verne publicadas en 1870. Once años Después de Julio Verne, D'Arsonval propuso utilizar el agua superficial relativamente caliente ( $24^{\circ}\text{C}$  a  $30^{\circ}\text{C}$ ) de los océanos tropicales para vaporizar amoníaco presurizado a través de un intercambiador de calor (es decir, evaporador) y usar, el vapor resultante para accionar un generador de turbina, el agua fría del océano transportada a la superficie desde 800 a 1000 m de profundidad, con temperaturas que van de  $8^{\circ}\text{C}$  a  $4^{\circ}\text{C}$ , condensarían el vapor de amoníaco a través de otro intercambiador de calor (es decir, condensador).

Su concepto se basa en el Ciclo de Rankine termodinámico utilizado para estudiar plantas de vapor. Debido a que el amoníaco circula en circuito cerrado, este concepto ha sido denominado OTEC de ciclo cerrado (CC-OTEC).

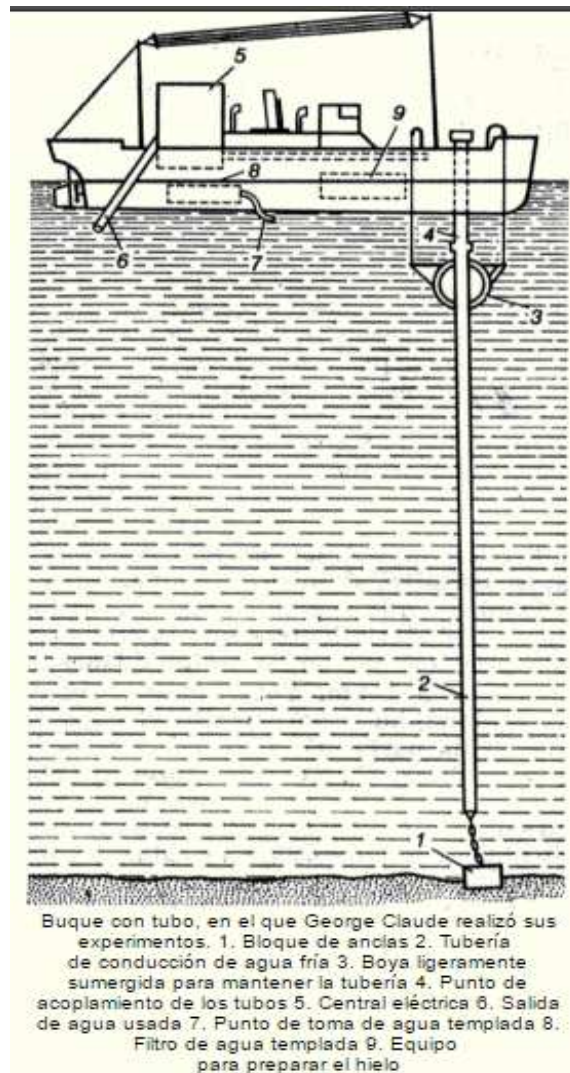
En 1926 Claude diseñó un sistema de ciclo abierto donde el agua superficial constituye la sustancia de trabajo, la cual se evapora a baja presión a una temperatura inferior a los  $27^{\circ}\text{C}$ . El vapor formado pasa al turbogenerador, obligándolo a girar y producir electricidad; después el vapor llega al refrigerador, donde con la ayuda del agua fría bombeada de la profundidad se transforma en agua dulce.

En 1929 llegó George Claude a Cuba precedido de una sólida reputación científica en varios campos, como inventor de los procesos para licuar el aire y otros gases, la síntesis del amoníaco y la utilización del neón en la iluminación. Adquirió un yate nombrado «Jamaica», desde donde realizó un bojeo a la Isla para sondear y medir las corrientes en diferentes puntos. Posteriormente pasó a la fase ejecutiva del proyecto, cuyo principal escollo lo constituía la instalación de un largo tubo para extraer el agua de las profundidades; el sitio seleccionado fue la bahía de Matanzas.

Los primeros dos tubos se perdieron al tratar de situarlos en el lugar, el último de estos el 25 de junio de 1930. Un nuevo intento se ejecuta el 7 de septiembre del mismo año y resultó satisfactorio. Todo estaba listo y casi un mes después se realizó el experimento, como reseñó Juan Manuel Planas en 1931: «...el señor George Claude, sabio francés bien conocido, miembro del Instituto de Francia, probó definitivamente, con sorprendente éxito, su planta elevada en la orilla occidental de la bahía de Matanzas, dedicada exclusivamente a originar fuerza motriz por medio del vapor obtenido haciendo hervir agua de la superficie del mar en un vacío casi perfecto, sirviendo de medio de condensación del agua extraída del fondo por medio de un bombeo especial. Ese día la temperatura era de 27°C en la superficie y de 16°C en el fondo, o sea, a una profundidad de cerca de 700 m.

El resultado obtenido fue encender 30 bombillos eléctricos incandescentes de 500 W cada uno, es decir, 15 kW, sin contar con una pequeña parte de la energía captada que era necesario para el bombeo del agua del fondo».

La energía eléctrica obtenida en total fue de 22 kW, y según el pronóstico debió alcanzar los 40 kW, de los cuales se emplearían alrededor de 13 para el bombeo del agua fría.



**Figura 13. Buque con tubo Fuente (Francisco Antonio Ramos García, 2014)**

La diferencia entre lo esperado y lo obtenido radicó en que por causas desconocidas el día del experimento la temperatura del agua en el fondo aumentó al doble, ya que en los sondeos preliminares efectuados con anterioridad esta se había mantenido cerca de los 8°C, el costo de la realización del experimento se elevó a más de un millón de pesos, lo cual fue utilizado para determinar el resultado obtenido por algunos que no entendían el gran gasto para solo obtener 15 kW útiles, producto de la incomprensión del hecho en su sentido real: un experimento para demostrar una teoría y no una instalación con fines industriales

El dinero se empleó no solo en la planta, sino en la compra del yate, los dos tubos perdidos, el pago al equipo de científicos que colaboró con Claude, la instalación de una

línea trifásica y otra telefónica desde la planta hasta Matanzas, entre otros gastos. Otra objeción que se le hizo fue la de utilizar un motor auxiliar para el bombeo de agua fría, movido por la corriente trifásica de la compañía que alumbraba la ciudad de Matanzas.

El motor no había sido una improvisación de última hora, sino que estaba previsto desde el principio, pues el tubo que se utilizó era hecho de un diámetro muy superior al necesario para realizar estudios sobre el rozamiento, velocidad, calentamiento y viscosidad del agua. La cantidad bombeada fue diez veces superior a la necesaria. La instalación matancera se dice funcionó por dos semanas, hasta que fue destruida por un ciclón. (Francisco Antonio Ramos Garcia, 2014)

El concepto de D'Arsonval se demostró en 1979, cuando una pequeña planta montada en una barcaza frente a Hawai (Mini-OTEC) produjo 50 kW de potencia bruta, con una potencia neta de 18 kW. Posteriormente, se puso en operación una planta terrestre con una potencia de 100 kW en la nación isleña de Nauru por un consorcio de compañías japonesas. Estas plantas fueron operadas durante unos meses para demostrar el concepto.

Cuarenta años después de D'Arsonval, Georges Claude, otro inventor francés, propuso utilizar del océano agua como fluido de trabajo. En el ciclo de Claude el agua superficial es evaporada en una cámara de vacío. El vapor de baja presión resultante se utiliza para accionar una turbina-generator y relativamente se utiliza agua de mar fría extraída de las profundidades del océano, para condensar el vapor después de que ha pasado a través de la turbina. Este ciclo puede por tanto, estar configurado para producir agua desalinizada así como electricidad.



**Figura 14. Mini-OTEC (1979) Fuente (Vega L. A., 1999)**

El ciclo de Claude también denominado OTEC de ciclo abierto (OC-OTEC) porque el fluido de trabajo fluye una vez a través del sistema. Demostró este ciclo en el año 1930 en Cuba con una pequeña planta terrestre haciendo uso de un condensador de contacto (DCC). Por lo tanto, el agua desalinizada no era un subproducto. La planta falló en lograr una producción de energía neta debido a una selección de sitios pobre (por ejemplo, recurso térmico) y un desajuste de los sistemas de energía y agua de mar. Sin embargo, la planta operó durante varias semanas.



**Figura 15. Sello franqueado por Nauru para conmemorar la Planta de Demostración CC-OTEC Fuente (Vega L. A., 1999)**

Seguido por el diseño de una planta flotante de 2,2 MW para la producción de hasta 2000 toneladas de hielo (este fue anterior a la amplia disponibilidad de refrigeradores domésticos) para la ciudad de Río de Janeiro. Claude albergó su planta de energía en un buque (es decir, plantón), a unos 100 km de la costa.



Por desgracia, fracasó en sus numerosos intentos de instalar el tubo largo vertical necesario para transportar el agua del océano (La tubería de agua fría, CWP) y tuvo que abandonar su empresa en 1935. Su fracaso puede ser Atribuido a la ausencia de la industria offshore, y la experiencia en ingeniería oceánica actualmente disponible. Su mayor desafío tecnológico fue la instalación en el mar de un CWP.

Ahora que hay un registro probado en la instalación de varias tuberías durante las operaciones, el siguiente paso para responder a las preguntas relacionadas con el funcionamiento de las plantas OTEC fue una pequeña instalación experimental OC-OTEC en Hawái. Esta planta fue diseñada y operada por un equipo dirigido por Claude. El generador de turbina fue diseñado para una potencia de salida de 210 kW para 26°C de agua caliente superficial y una temperatura de agua profunda 6°C.



**Figura 16. 210 kW Planta Experimental OC-OTEC (1993-1998) Fuente (Vega L. A., 1999)**

Una pequeña fracción (10 por ciento) del vapor producido se desvió a un condensador superficial para la producción de agua desalinizada, la planta experimental fue operada con éxito durante seis años. Las mayores tasas de producción alcanzadas eran 255 kWe (bruto) con una potencia neta correspondiente de 103 kW y 0,4 l/s de agua desalada.

En 1999 se iniciaron los estudios, por parte de la Universidad de Saga (Japón) y NIOT (India), para la instalación de una planta maremotérmica experimental de 1MW de potencia bruta en la India. La planta fue instalada en el año 2000 en un barco, de

nombre Sagar Shakthi, fondeado a 35Km de Tiruchendur, en el sureste de la India. La planta fue diseñada para operar con un gradiente térmico de 22°C, extrayendo agua fría (7°C) desde 1.000 m. de profundidad mediante una tubería de 0,88 m de diámetro (figura 18). La planta ha estado operativa en el periodo 2000-2002.



**Figura 17. Barco Sagar Shakthi Fuente (Eduambiental, 2010)**

### **1.7.Tecnología OTEC.**

La conversión de energía térmica del océano (OTEC), por sus iniciales en inglés, es una tecnología de energía renovable que se puede aplicar a la mayor parte de los océanos profundos del mundo en las áreas tropicales y subtropicales, en lugares donde la diferencia de temperatura entre la superficie caliente y el agua profunda fría es igual o superior a 20°C (63°F).

En esencia, la tecnología funciona mediante la recuperación de la energía solar absorbida por el océano. Dado que el diferencial de temperatura fluctúa muy poco, OTEC es capaz de generar energía de manera continua, mediante un sistema (ciclo Rankine convencional), y un fluido de trabajo (amoníaco-agua de mar) se transforma la energía térmica en electricidad, y agua dulce producto de la condensación, a diferencia de algunas tecnologías renovables, como la solar o la eólica. OTEC es más atractiva para los lugares tropicales donde el agua profunda está disponible a corta distancia de la costa (menos de 10 kilómetros), y el medio marino es lo suficientemente estable para permitir la operación. (Leon, 2013)

Una característica que es particularmente atractiva es que, si se desea, OTEC se puede utilizar para co-producir agua potable mediante la desalinización, además de energía eléctrica. Se estima que hasta 2.000 m<sup>3</sup> de agua por día puede ser producido por cada megavatio de electricidad generada.

OTEC no requiere combustibles o energía nuclear, no es vulnerable a fluctuaciones en los mercados mundiales y tiene impactos ambientales menores que las fuentes de energía convencionales.

Los valores actuales del petróleo convierten a la OTEC en una atrayente variante de producir energía eléctrica de forma limpia y con alternativas no menos importantes que el resto, por la posibilidad de producir agua desalinizada, productos alimentarios, servicios de climatización.

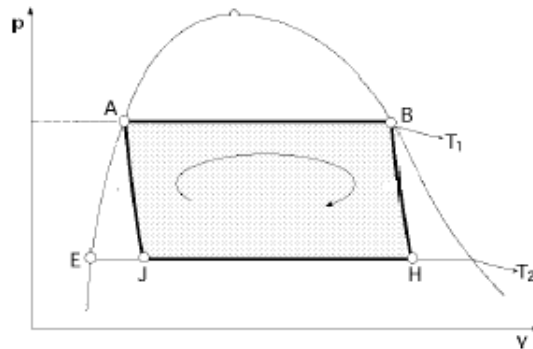
Una planta OTEC comercial debe localizarse en un entorno suficientemente estable para la operación eficiente del sistema. Debe existir un diferencial de temperatura de alrededor de 20°C entre la superficie y la toma de agua profunda, en función de la generación requerida. De todos los posibles sitios en el planeta con estas características, son las islas tropicales, con demanda creciente de energía eléctrica y totalmente dependientes de importaciones de petróleo, los puntos de localización más convenientes para la explotación de esta tecnología. (Leon, 2013)

Se han propuesto varias técnicas para utilizar este recurso térmico oceánico. Sin embargo, actualmente parece que sólo los esquemas de ciclo cerrado y de ciclo abierto tienen un sólido fundamento del trabajo teórico y experimental. (Vega L. A., 1999)

#### **1.7.1. Ciclo termodinámico cerrado.**

El Ciclo postulado por Carnot, expresa teóricamente los mayores valores de eficiencia, al realizar trabajo una sustancia, pasando este fluido por la transformación de su estado líquido a vapor respectivamente saturados y de una temperatura inicial a otra

menor, y viceversa. En la figura se muestra en un diagrama de presión contra volumen el ciclo ideal de potencia planteado. La imposibilidad de realizar este ciclo radica en la fase o en el segmento J-A, producto a la necesidad de elevar presión para cerrar el ciclo, siendo el estado del fluido la zona de mezcla y por problemas tecnológicos imposibles de realizar en la actualidad.



**Figura 18. Ciclo teórico de Carnot-Diagrama P-V Fuente (Leon, 2013)**

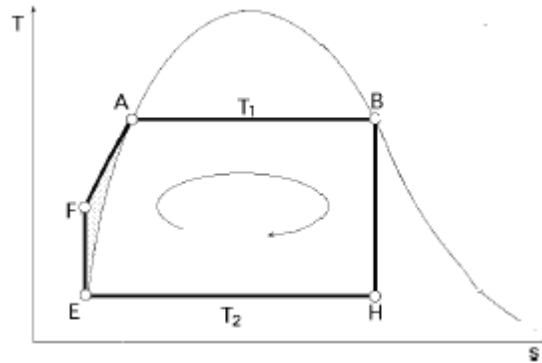
El rendimiento de una máquina térmica está limitado por el Principio de Carnot; una máquina del tipo (OTEC) evolucionando entre las temperaturas  $T_1=30^\circ\text{C}$  y  $T_2=4^\circ\text{C}$  tendría un rendimiento máximo de 8,6% que en la práctica se reduciría en torno al 4%, por lo que la generación de una cantidad de energía del orden de MW exige utilizar grandes cantidades de agua.

$$\eta_{max} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 8,6\%$$

La solución a esta problemática la realizó el científico Rankine según Rizhkin, V. tomando luego su nombre. La diferencia con el ciclo teórico se encuentra en la zona de condensación EH, llegando a condensarse completamente la sustancia de trabajo, siendo posible entonces elevar la presión mediante una bomba y así continuar nuevamente con el proceso. En la figura se muestra un diagrama de temperatura contra entropía donde se evidencia lo anteriormente planteado

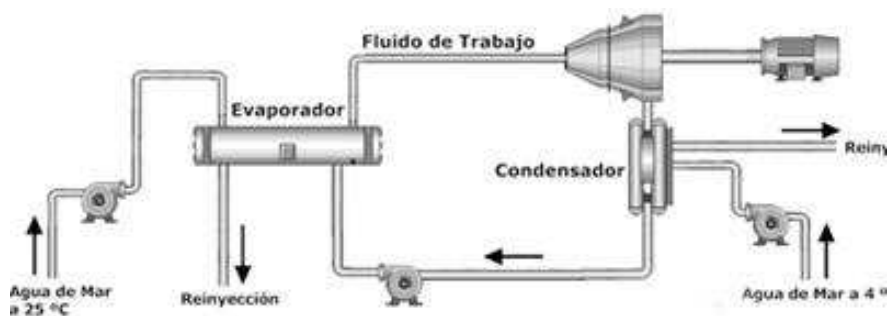
Por lo tanto, es el ciclo cerrado un proceso continuo donde una sustancia cambia de estado de la materia sucesivamente, haciendo a su vez trabajo, al expandirse en una

turbina trayendo consigo una caída de presión y temperatura, habiéndose de esta forma transformado la energía del fluido en energía mecánica y siendo las cotas térmicas, focos  $T_1$  y  $T_2$ , así como su estado de equilibrio saturados, respectivamente.



**Figura 19. Ciclo cerrado o Rankine-Diagrama T-S Fuente (Leon, 2013)**

El Ciclo Cerrado es entonces menos eficiente que el Ciclo de Carnot, debido al área de la superficie del mismo en un diagrama T vs S, comprendiéndose este último como la mayor eficiencia posible a alcanzar, para iguales parámetros de trabajo de la sustancia, inicialmente en este proceso termodinámico se utilizaba generalmente agua como fluido de trabajo y un ejemplo del cambio de la sustancia es precisamente su utilización en la tecnología OTEC. En la actualidad los mayores estudios y proyectos de esta tecnología son basados en este Ciclo Cerrado y la sustancia de trabajo utilizada entonces pudiera ser el amoniaco.



**Figura 20. Sistema Ciclo Cerrado Fuente (Alternas, 2014)**

### 1.7.2. Ciclo termodinámico abierto.

La postulación de este ciclo como se mencionó fue por parte del científico Claude, quien lo llevó a la práctica. Fundamentalmente este proceso se diferencia del Ciclo cerrado en que la sustancia de trabajo recorre una sola vez el proceso culminado este cuando vuelve al estado de líquido saturado.

Específicamente en la tecnología OTEC el fluido de trabajo es la propia agua de mar superficial donde por medio de un evaporador flash, es decir un tanque con cierto vacío correspondiente con el cambio de fase, que al circular el agua se evapora, pasando luego por una turbina y condensándose con la mezcla o no del agua fría profunda del océano. En la actualidad este ciclo es utilizado fundamentalmente cuando la industria para adicionalmente a la generación de electricidad, se produce agua desalinizada. En la figura 22 se observa el proceso anteriormente expuesto del Ciclo Abierto.

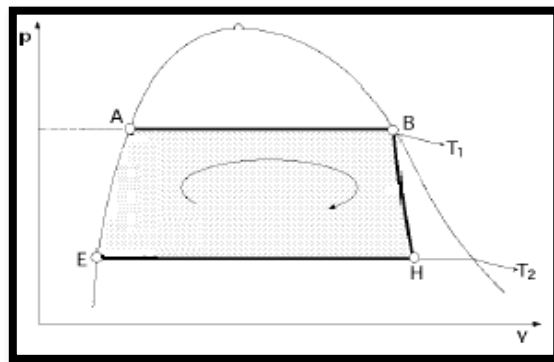


Figura 21. Sistema Ciclo abierto Fuente (Alternas, 2014)

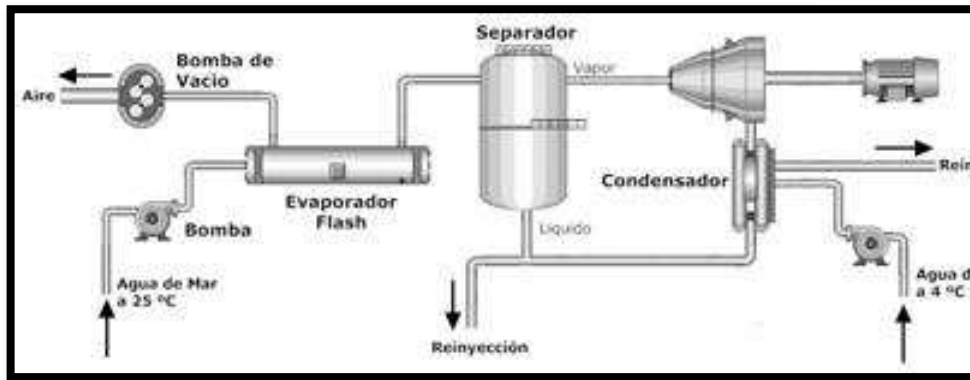


Figura 22. Sistema Ciclo abierto Fuente (Alternas, 2014)

### 1.7.3. Termodinámica de los sistemas OTEC.

La conversión de energía térmica del océano (OTEC) es la tecnología para extraer las energías térmicas almacenadas en las aguas del océano para convertirlas en electricidad.

Su principio fundamental es el gradiente de temperatura, siendo en la zona tropical aproximadamente de 22 a 25°C, según (Luis Alberto Linares, 2012): “la existencia de esta diferencia de temperatura es producto a que en el océano tropical las temperaturas de la superficie del mar alcanzan un valor promedio desde 27 a 29°C, con una capa superficial de alrededor de 50 m y siendo en las grandes profundidades, hasta de 4.4°C sobre los 1000 m. Nótese que a medida que la profundidad disminuya los valores de temperatura serán inversamente proporcional a esta, siendo la cota mínima a 500 m para un valor de la temperatura de aproximadamente 15°C para la transformación de la energía, utilizando la tecnología OTEC para generación eléctrica”, según los criterios encontrados en la bibliografía, (Vega L. A., 2010).” Las bases de esta tecnología aplicada radican en la Primera y Segunda Ley de la Termodinámica que plantea la imposibilidad de crear y destruir la energía, sino simplemente transformarla, además de acotar los límites de transformación, afirmando que la producción de trabajo por la expansión térmica de un fluido, necesita de la transferencia de calor de una fuente caliente  $T_1$  (temperatura del foco caliente) a una más fría  $T_2$  (temperatura del foco frío),

guardando una relación entre la diferencia de estos dos focos divididos por el más caliente”.

El principio de funcionamiento de una planta OTEC entonces sería, el aprovechamiento de la temperatura del agua caliente de la superficie, para evaporar un fluido o sustancia de trabajo la cual pudiera ser la misma agua superficial a una baja presión o cualquier otra sustancia con bajo punto de ebullición, el equipo sería entonces un evaporador, donde luego de convertida en vapor se pasa por una turbina, realizando un trabajo, implicando una caída de presión y pérdida de la temperatura como lo postuló Sadi Carnot (1824), al salir de la turbina el vapor exhausto es conducido hacia una fuente más fría (agua profunda del mar) que al interactuar mediante contacto directo con una superficie fría, en el caso que fuera el fluido de trabajo la propia agua de mar o no, se condensa en un equipo de intercambio de calor (condensador), desde el cual se bombea a la salida, nuevamente hacia el evaporador y entonces terminaría así el ciclo de absorción de la energía producto a la diferencia de temperatura de las aguas marinas, siendo transformada en potencia eléctrica con el acople de un generador a la turbina utilizada.

#### **1.7.4. Ubicación de plantas OTEC**

Con respecto a la ubicación para el funcionamiento de las centrales maremotérmicas comerciales hay que señalar que éstas deben instalarse en un entorno que sea bastante estable para lograr una eficiente operación del sistema. Para lograrlo las plantas se construyen en:

- Tierra firme, o zona cercana a la costa
- Plantas montadas en plataformas.
- Instalaciones flotantes o amarradas en profundas aguas oceánicas.

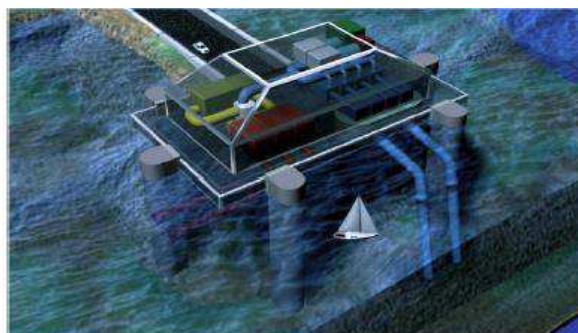


Las instalaciones situadas en tierra y las cercanas a la costa ofrecen tres ventajas principales sobre las localizadas en aguas profundas



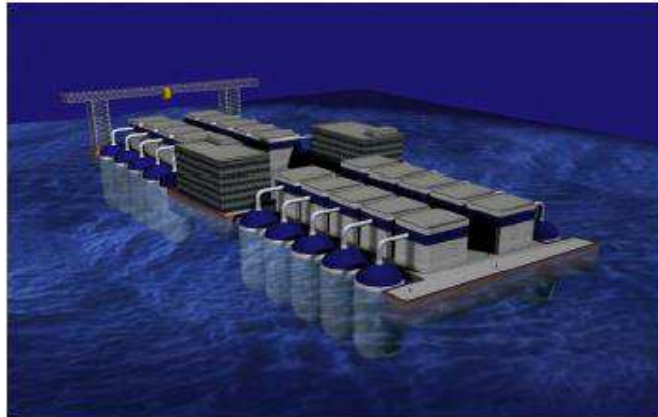
**Figura 23. Planta maremotérmica experimental en tierra firme Fuente (Eduambiental, 2010)**

Las plantas construidas en o cerca de la tierra no requieren sofisticados amarres, largos cables para transportar la energía generada, o el importante mantenimiento asociado con los entornos de mar abierto. Pueden ser instaladas en áreas protegidas de tal manera que están relativamente resguardadas de las tormentas y del duro mar. La electricidad, el agua desalinizada, y el agua fría, rica en nutrientes, pueden ser transportadas desde las instalaciones cercanas a la costa vía puentes o carreteras.



**Figura 24. Central maremotérmica cercana a la costa Fuente (Eduambiental, 2010)**

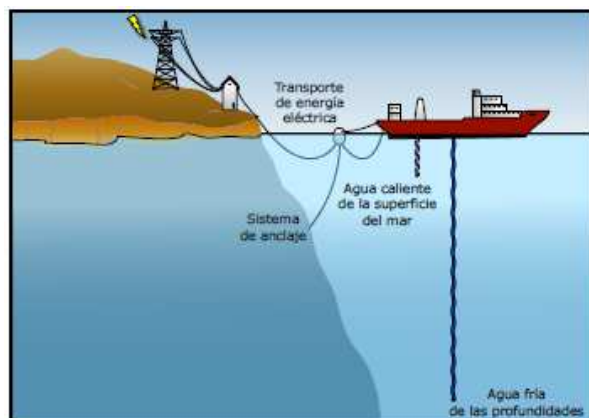
Para evitar la zona turbulenta de las olas así como para tener más próximo el acceso a los recursos de agua fría, las plantas maremotérmicas pueden ser montadas en una plataforma continental, en zonas con profundidades de aproximadamente 1000 metros. Una planta de este tipo puede ser construida en un astillero, montada en el lugar, y fijada al fondo del mar (Figura 25).



**Figura 25. Central maremotérmica cercana a la costa Fuente (Eduambiental, 2010)**

Este tipo de construcción ya se usa para plataformas marinas de extracción de petróleo. Los problemas adicionales que surgen al hacer operar una planta maremotérmica en aguas más profundas, pueden originar que estas instalaciones sean menos deseables y más caras que su homólogas instaladas en tierra.

Los problemas de las plantas montadas en plataformas son las condiciones adversas de los mares abiertos y la dificultad que origina el transporte del producto obtenido. Debido a la fuerza de las corrientes oceánicas y a la existencia de grandes olas estas instalaciones necesitan una ingeniería adicional y construcciones más costosas. Las plataformas requieren amplios pilotajes para mantener una base estable para el funcionamiento de la planta maremotérmica. El suministro de potencia puede también ser costoso por la longitud de los cables submarinos requeridos para alcanzar la tierra. Por estas razones, las plantas montadas en plataformas no son muy atractivas. (Eduambiental, 2010)



**Figura 26. Central maremotérmica ubicada mar adentro Fuente (Eduambiental, 2010)**

Las instalaciones maremotérmicas flotantes pueden ser diseñadas para funcionar mar adentro (Figura 26). Aunque potencialmente son preferidas para los sistemas con una gran capacidad de potencia, las instalaciones flotantes presentan diversas dificultades. Este tipo de plantas son más difíciles de estabilizar, y la dificultad de amarrarlas en aguas profundas puede crear problemas con el suministro de energía. Los cables conectados a las plataformas flotantes son más susceptibles de ser dañados, especialmente durante las tormentas. Además, los cables en profundidades mayores de 1.000 metros son difíciles de mantener y reparar.

Como las plantas montadas en plataformas, las plantas flotantes necesitan una base estable para su funcionamiento. Las tormentas y los mares embravecidos pueden romper la tubería, verticalmente suspendida, de extracción de agua fría e interrumpir la toma de agua caliente también. Para prevenir estos problemas, las tuberías pueden ser fabricadas de material relativamente flexible (polietileno). (Eduambiental, 2010)

#### **1.7.5. Ventajas y desventajas de la tecnología (OTEC).**

Durante los últimos años, la búsqueda de alternativas a los combustibles fósiles ha tomado características de urgencia en muchos países. El impacto económico adverso de

los precios volátiles del petróleo ha sido una importante razón, otro factor es la relación entre las emisiones de carbono y el cambio climático global.

Estos factores han influido en las economías de muchas naciones, especialmente en las zonas tropicales, y dictado la búsqueda de fuentes alternativas de energía que no involucren el uso de combustibles, particularmente aquellos de origen fósil.

Esto ha motivado desde hace algunas décadas, el interés de la comunidad científica mundial a investigar las posibilidades de explotación de las potencialidades que brinda el mar para la producción combinada de energía y otros fines; la cual manejada de una manera sostenible y con enfoque de producción más limpia de generación eléctrica, es una fuente de energía renovable para la sustitución de combustibles convencionales. La energía térmica del océano (OTEC), como todo proyecto de investigación tiene sus lados positivos como negativos, los cuales hablaremos a continuación:

**Ventajas:**

1. La tecnología OTEC funciona de manera constante es decir 24/7.
2. El uso de agua como fluido térmico permite emplear materiales más baratos que utilizar amoniaco u otros fluidos similares.
3. Se produce agua dulce a la salida del condensador, lo cual es una gran ventaja para lugares donde el agua potable es escasa.
4. En el sistema abierto se requiere menos cantidad de agua para producir la misma energía que el sistema cerrado.
5. Además de producir energía eléctrica y agua dulce, se genera un subproducto como es el agua de mar a baja temperatura que tiene nutrientes los cuales tienen un uso para la acuicultura.
6. Gracias a la obtención de agua fría a baja temperatura se puede utilizar como refrigerante en los acondicionadores de aire en los hoteles.

7. Es amigable con el medio ambiente no utiliza gases contaminantes para la producción de energía eléctrica y mejor si se utiliza el sistema de ciclo abierto el cual se trabaja con el agua de mar como fluido de trabajo.

**Desventajas:**

1. El costo de inversión es 10 veces mayor que otras tecnologías convencionales.
2. En sistema de ciclo cerrado el fluido de trabajo es el amoníaco lo cual tiene una pequeña cantidad de toxicidad.
3. La mínima diferencia de temperatura para el funcionamiento de la tecnología es 20°C
4. Las instalaciones OTEC tienen todavía el desafío de optimizar el diseño de los componentes, como la tubería de agua fría, la plataforma
5. La tubería de agua fría tiene que soportar las tensiones de fatiga, presión de succión interna. Asegurar el éxito de su despliegue y supervivencia es todo un desafío ya que esta tubería es la que baja hasta las profundidades del océano, llegando a tener unos 1000 m
6. En el sistema de ciclo cerrado los efectos corrosivos del agua de mar y la necesidad de tratarla son notorios si no se tiene un buen programa de mantenimiento preventivo.
7. En el sistema de ciclo cerrado se requiere de una gran turbina para dar cabida a los enormes caudales volumétricos de vapor de baja presión necesarios para generar energía eléctrica.
8. La necesidad de un cable eléctrico submarino para enviar la corriente eléctrica a tierra firme, lo cual implica un costo elevado.
9. El costo de la plataforma marina, superior a las instalaciones en tierra firme

### 1.7.6. Termoclina

La termoclina define el gradiente vertical brusco de temperatura que se produce por la mezcla de aguas frías y calientes. Es aquella zona de la capa superficial del océano en la cual la temperatura del agua del mar tiene una rápida disminución en sentido vertical, con poco aumento de la profundidad una capa delgada de agua colocada entre la parte superficial más cálida y la más fría del fondo, se caracteriza por el rápido cambio de un grado de temperatura o más por metro de profundidad.

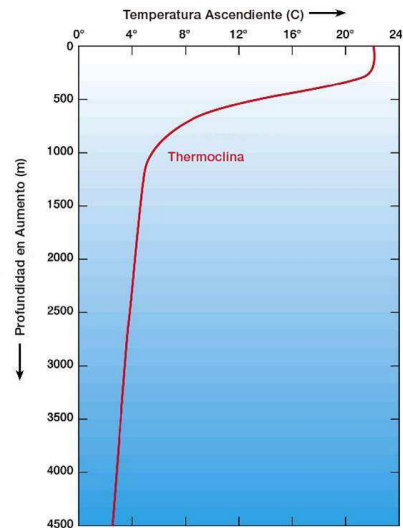
Conforme se profundiza en el mar la intensidad de la radiación decrece, por lo que la temperatura disminuye. Por tanto, puede decirse, de forma muy simple, que la distribución vertical de temperaturas en el océano abierto consiste en dos capas separadas por una interface.

Una capa superior de agua relativamente caliente, con una temperatura uniforme; esa capa puede extenderse desde 20 a los 200 metros de profundidad, dependiendo de las condiciones locales. Debajo de esta franja existe una zona limítrofe, denominada termoclina, que algunas veces se caracteriza por un descenso brusco de la temperatura y con mayor frecuencia por un cambio gradual. Esta franja, que puede considerarse comprendida entre los 200m y 400m de profundidad, divide a las aguas superficiales, menos densas y menos salinas, de las aguas de las profundidades, más frías, densas y salinas.

La temperatura de la capa inferior decrece progresivamente hasta alcanzar 4°C a 1km, en general cuando en los océanos se alcanzan profundidades de 1.500 metros o mayores, la temperatura del agua puede ser menor de 4°C, en cualquier parte del mundo, independientemente de la temperatura superficial. En las profundidades de los abismos, a 11 kilómetros de la superficie, la temperatura es menor de 2°C, levemente

superior al punto de congelación del agua salada, que para una salinidad de 25% es de aproximadamente 1,33°C.

La diferencia de temperaturas entre la capa superior (caliente) y la capa inferior (fría) se encuentra en el intervalo de 10°C a 25°C, hallándose valores más elevados en las aguas ecuatoriales. (Eduambiental, 2010)



**Figura 27. Termoclina Fuente (Eduambiental, 2010)**

### **1.7.7. Isobata**

La isobata es una curva que se utiliza para la representación cartográfica de los puntos de igual profundidad en el océano y en el mar, así como en lagos de grandes dimensiones. En Geodesia, es cada una de las curvas de nivel que materializa una sección horizontal de relieve representado. La equidistancia, diferencia de altitud entre dos curvas sucesivas, es constante y su valor depende de la escala del mapa y de la importancia del relieve. (Geoestadística en Agronomía, 2015)

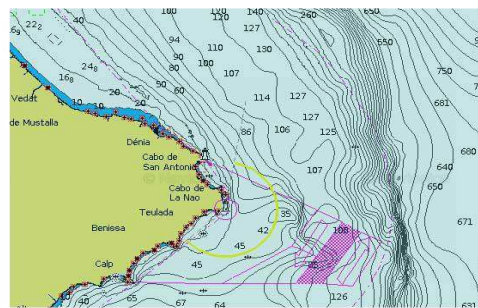
### **1.7.8. Batimetría**

Es el levantamiento del relieve de superficies subacuáticas, tanto los levantamientos del fondo del mar, como del fondo de cursos de agua, de embalses etc. Estos trabajos son denominados también topografía hidrográfica, cartografía náutica, etc. El principal

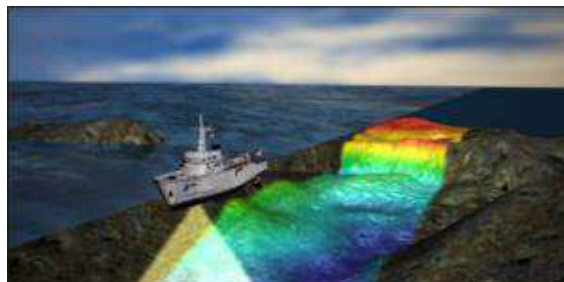
cometido en la realización de cartografía marina, en la obtención de cartas de navegación, es describir las características de la superficie subacuática para hacer posible la navegación por terrenos invisibles.

Las cartas de navegación han de incluir la forma y el contorno de las costas visibles desde el mar, la situación de los puntos notables de la costa y el relieve submarino destacando las zonas occidentales y peligrosas para la navegación, e identificando las corrientes predominantes, la naturaleza geológica de los fondos, la declinación magnética y su variación anual, etc. De todo ello se ocupa la Hidrografía.

Al igual que en levantamientos convencionales, es las batimetrías la finalidad será la obtención de las coordenadas (X, Y, Z) de todos estos puntos. La parte más compleja y que caracteriza a los diversos métodos de levantamientos batimétricos es la determinación de la profundidad, Esta tarea se denomina operación de sonde o simplemente sondar. La profundidad de un punto se obtendrá midiendo la distancia vertical entre el nivel del agua y la superficie del fondo.



**Figura 28. Carta Náutica Fuente (Marine, 2016)**



**Figura 29. Método directo: Sondeo desde un barco Fuente (Geotecnicos, 2016)**



Para obtener la verdadera cota del punto levantado se deben tener en cuenta una serie de correcciones entre las que se incluye la corrección por marea. Las mareas son variaciones periódicas en la altura del nivel del mar, debidas a las atracciones de los cuerpos celestes. El estudio de la marea ha de hacerse en las cercanías de la zona en la que se está realizando el levantamiento, para poder reducir los sondeos al datum o cota de referencia.

El desarrollo técnico e informático hace que las tareas en un levantamiento batimétrico se reduzcan, disminuyendo tiempos de ejecución, aminorando gastos y mejorando las precisiones finales.

### **1.7.9. Mapa térmico del océano**

El mapa térmico del océano es una representación gráfica del ciclo estacional de la temperatura superficial del mar basado en la climatología de (Levitus, 1994). Las temperaturas superficiales más altas (mayores que 30°C en rojo) se encuentran en la zona ecuatorial; con la masa de agua cálida en el Pacífico Occidental al norte de Australia. Nótese también la lengua de agua fría en el Pacífico Ecuatorial Oriental y el enfriamiento del océano Pacífico Sur Oriental durante el invierno austral. En ambos hemisferios las aguas superficiales más frías se encuentran en las regiones polares coloreadas en azul.

Por lo tanto, en los mares tropicales existe una diferencia de temperatura, entre la superficie y una profundidad de 1000 metros, del orden de 20°C que podría aprovecharse para accionar una máquina térmica. Tales regiones sólo existen en las latitudes cercanas al Ecuador, localizándose las regiones con diferencias más grandes de temperatura en la parte occidental del Océano Pacífico; también son satisfactorias las regiones al este y al oeste de Centroamérica y algunas áreas alejadas de la costa del sur de los Estados Unidos y al oriente de Florida. (Remtavares, 2013)

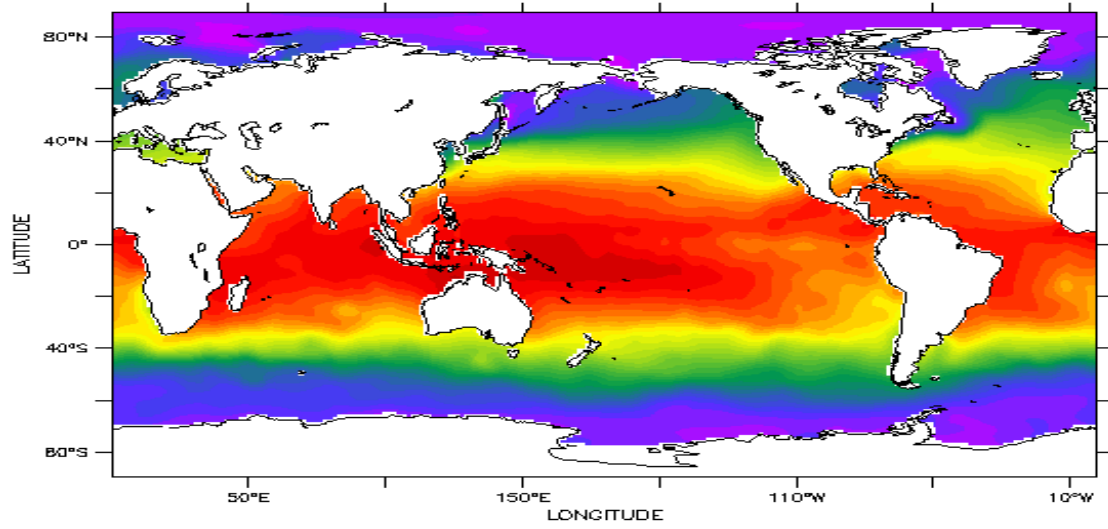


Figura 30. Mapa mundial del Océano Fuente (Levitus, 1994)

### 1.7.10. Batimetría de las Islas Galápagos

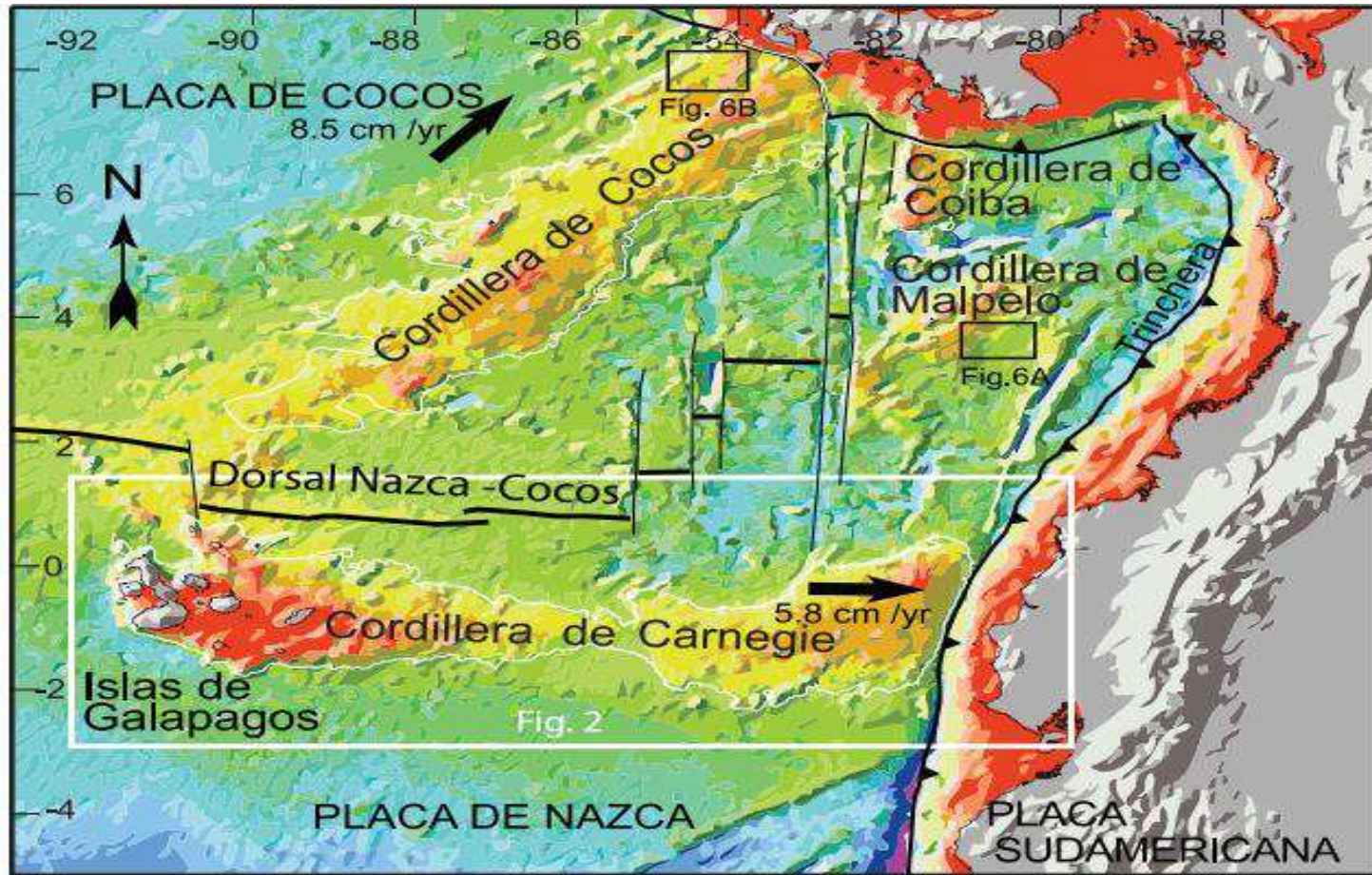


Figura 31. Batimetría y Relieve Continental e Insular Fuente (Comision Nacional del Derecho del Mar (CNDM), 2009)

La batimetría consiste en la medición de las profundidades de los océanos, mares y lagos. También se denomina como una técnica asociada a la obtención de valores de la profundidad de los cuerpos de agua la cual puede ser de tipo marina.

La información batimétrica incluye aspectos como ser profundidades, estructuras del fondo marino y obstrucciones subacuáticas. La batimetría es el equivalente submarino de la altimetría, se elabora una carta batimétrica; mapa que representa la forma del fondo de un cuerpo de agua usualmente por medio de líneas de profundidad llamadas isobatas (líneas que unen una misma profundidad) igualmente, la batimetría estudia la distribución de animales y vegetales marinos en sus zonas isobáticas.

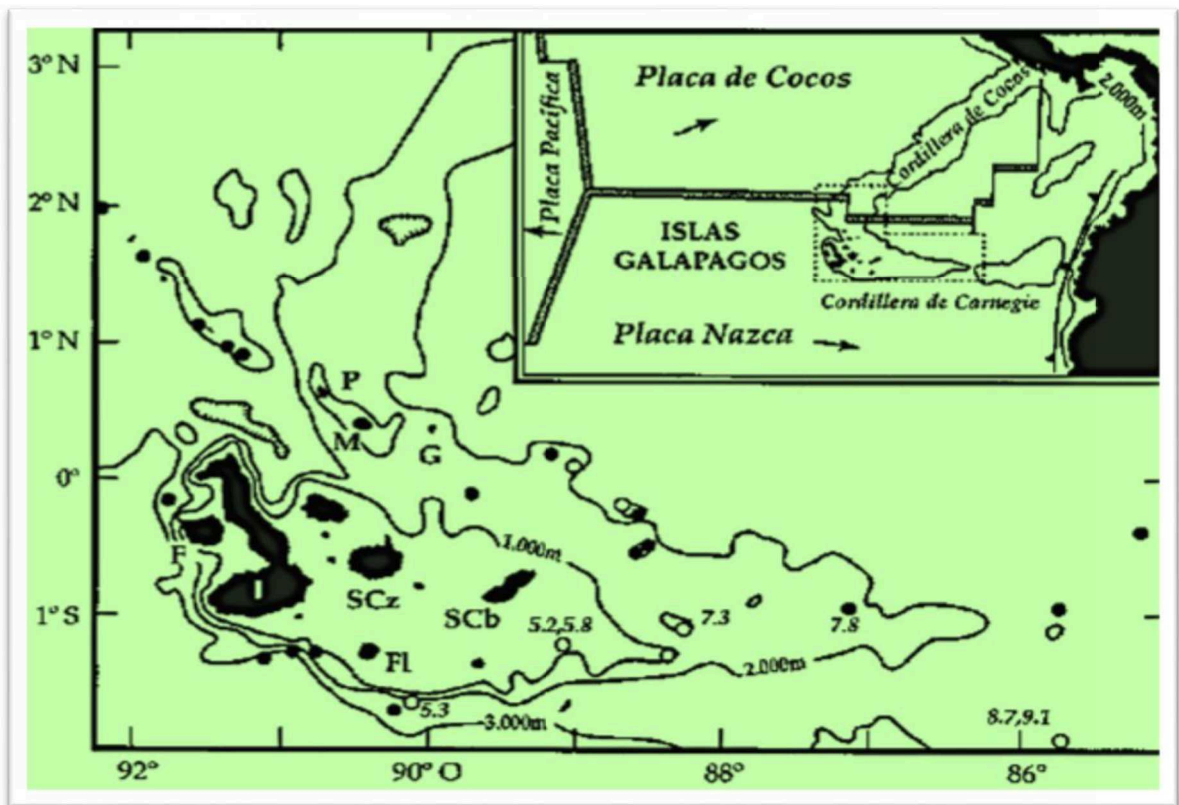


Figura 32. Mapa Batimétrico de las Islas Galápagos Fuente (Jorge Llorente Bousquets, 2001)

El mapa batimétrico de la figura 32, muestra la isobata de 1000m la cual representa el contorno de la plataforma de Galápagos. Los círculos verdes indican la presencia de islas sumergidas, los círculos negros sitios donde podría haber islas sumergidas. En el

ángulo derecho: posición del archipiélago de Galápagos con respecto a la placa de nazca, Cocos y Pacífica, y las cordilleras oceánicas de Cocos y Carnegie

### **1.8. Metodología para evaluar prefactibilidad económica**

Para cualquier tipo de proyecto el estudio de la evaluación económica es la parte final de toda la secuencia de análisis de la factibilidad. Si no han existido contratiempos, hasta este punto se sabrá que existe un mercado potencial atractivo; se habrá determinado un lugar óptimo y el tamaño más adecuado, de acuerdo con las restricciones del medio; se conocerá y dominará el proceso de producción, así como todos los costos en que se presentaran en la etapa productiva; además, se calcula la inversión necesaria para llevar a cabo el proyecto. Sin embargo, a pesar de conocer incluso las utilidades probables del proyecto durante los primeros cinco años de operación, aún no se habrá demostrado que la inversión será económicamente rentable

En este momento surge el problema sobre el método de análisis que se empleará para comprobar la rentabilidad económica del proyecto. Se sabe que el dinero disminuye su valor real con el paso del tiempo, a una tasa aproximadamente igual al nivel de inflación vigente. Esto implica que el método de análisis empleado deberá tomar en cuenta este cambio de valor real del dinero a través del tiempo. (Urbina, 2010)

La evaluación social de proyectos son financiados por el Estado u otros y tienen el propósito de distribuir los beneficios hacia la comunidad o grupo social al cual van enfocados; pretenden que la población tenga acceso a los servicios básicos, así como el aumento en la satisfacción de sus necesidades económicas, políticas y culturales, según los nuevos conceptos de desarrollo, las poblaciones deben intervenir activamente. Estos proyectos aspiran a producir cambios en la realidad económica, social y cultural de determinados sectores sociales.

Los proyectos de desarrollo social financiados por el Estado, en la mayoría de los casos proceden de manera paternalista e impositiva en el diseño y ejecución de los mismos, provocando que las metas sociales no se cumplan. (Villago, 2011)

La evaluación es identificar, cuantificar y valorar los costos y beneficios que genera un proyecto a lo largo del horizonte de evaluación. En una evaluación social se identifican costos y beneficio. La identificación es el paso más importante en la evaluación de un proyecto, ya que es la base sobre la cual se determina si es conveniente su realización, por lo que se debe tener cuidado de no asignar beneficios que no le correspondan

Una vez estimados todos los efectos (directo, indirectos y externalidades) provocados por el proyecto, debe calcularse el flujo de fondos neto (FE), con el cual se estimaran indicadores de realidad adecuados, para determinar la conveniencia de llevar a cabo el proyecto. Los más utilizados en la evaluación social son: Valor presente neto (VAN). Tasa Interna de Retorno (TIR) (Proyectos, 2008)

### **1.8.1. Flujo De Fondos Netos.**

Consiste en un informe en el cual se presentan las entradas y salidas de dinero que se realizaron en diversos períodos de tiempo (ejemplo: meses) de una organización. Básicamente se trata de una planilla en la cual para cada período se detallan:

- El saldo inicial de caja
- Los ingresos y egresos de dinero
- El resultado del período
- El saldo final de caja

Los fondos usualmente incluyen, además de dinero en efectivo, depósitos bancarios, cheques y otros activos de elevada liquidez

El flujo de fondos tiene varias utilidades:

- Brinda un pantallazo general de la situación de liquidez de la empresa, y de sus necesidades de financiamiento externo.
- Sirve para calcular la tasa interna de retorno o el valor actual neto. En la evaluación de proyectos de inversión, se realiza una estimación de un flujo de fondos futuro. En una empresa en marcha se pueden calcular los valores de esas variables con datos reales.

De acuerdo a la finalidad del informe, se pueden obtener varios flujos de fondos:

- El flujo de fondos operativo: entradas y salidas de efectivos debido a la actividad principal de la empresa.
- Flujo de fondos de capital: venta de activos de largo plazo, inversiones, adquisiciones de activos de largo plazo, etc.
- Flujo de fondos financiero: entradas y salidas de dinero debido a la emisión o adquisición de deuda, acciones, participaciones, dividendos, etc.
- Flujo de fondos general: incluye los tres flujos de fondos anteriores. (Econlink, 2016)

La proyección del flujo de caja constituye uno de los elementos más importantes del estudio de un proyecto, ya que la evaluación del mismo se efectúa sobre los resultados que se determinen en ella. La información básica para realizar esta proyección está contenida tanto en los estudios de mercado, técnico y organizacional, al proyectar el flujo de caja será necesario incorporar información adicional relacionada, principalmente, con los efectos tributarios de la depreciación, de la amortización del activo nominal, del valor residual, de las utilidades y pérdidas.

#### ***1.8.1.1. Elementos De Flujo De Caja.***

El flujo de caja de cualquier proyecto se compone de cuatro elementos básicos:

- Los egresos iniciales de fondos.

- Los ingresos y egresos de operación
- El momento en que ocurren estos ingresos y egresos.
- El valor de desecho o salvamento del proyecto.

El flujo de caja se expresa en momentos, el momento cero refleja todos los egresos previos a la puesta en marcha del proyecto. Si se proyecta reemplazar un activo durante el periodo de evaluación, se aplicará la convención de que en el momento del reemplazo se considerará tanto el ingreso por la venta del equipo antiguo como el egreso por la compra del nuevo. Con esto se evitarán las distorsiones ocasionadas por los supuestos de cuando se logra vender efectivamente un equipo usado o de las condiciones de crédito de un equipo que se adquiere.

El horizonte de evaluación depende de las características de cada proyecto. Si el proyecto tiene una vida útil esperada posible de prever y si no es de larga duración, lo más conveniente es construir el flujo en ese número de años. Si la empresa que se creará con el proyecto no tiene objetivos de permanencia en el tiempo, se puede aplicar la convención generalmente usada de proyectar los flujos a diez años, a la cual el valor de desecho refleja el valor remanente de la inversión (o el valor del proyecto) después de ese tiempo. (Nassir Sapag Chain, 2008)

### **1.8.2. Valor Actual Neto.**

Este criterio plantea que el proyecto debe aceptarse si su valor actual neto (VAN) es igual o superior a cero, donde el VAN es la diferencia entre todos sus ingresos y egresos expresados en moneda actual.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{BN_t}{(1+i)^t} - I_0$$

Donde  $BN_t$  representa el beneficio neto del flujo en el periodo  $t$ . Obviamente,  $I_0$  representa la inversión inicial,  $BN_t$  puede tomar un valor positivo o negativo.



Al ocupar una planilla como Excel, en la opción Función, del menú Insertar, se selecciona Financieras en la Categoría de función y se elige VNA en el Nombre de la función. En el cuadro VNA se escribe el interés en la casilla correspondiente a Tasa y se selecciona el rango completo de valores que se desea actualizar (se excluye la inversión en este paso por estar ya actualizado su valor). Marcando la opción Aceptar, se obtiene el valor actual del flujo. Para calcular el VAN se suma la casilla donde está registrada con signo negativo la inversión.

Al aplicar este criterio, el VAN puede tener un resultado igual a cero, indicando que el proyecto renta justo lo que el inversionista exige a la inversión; si el resultado fuese, por ejemplo, 100 positivos, indicaría que el proyecto proporciona esa cantidad de remanente sobre lo exigido. Si el resultado fuese 100 negativos, debe interpretarse como la cantidad que falta para que el proyecto rente lo exigido por el inversionista. (Nassir Sapag Chain, 2008)

### **1.8.3. Tasa Interna De Retorno.**

El criterio de la tasa interna de retorno (TIR) evalúa el proyecto en función de una única tasa de rendimiento por periodo, con la cual la totalidad de los beneficios actualizados son exactamente iguales a los desembolsos expresados en moneda actual. Como señalan Bierman y Smidt la TIR “representa la tasa de interés más alta que un inversionista podría pagar sin perder dinero, si todos los fondos para el financiamiento de la inversión se tomaran prestados y el préstamo (principal e interés acumulado) se pagara con las entradas en efectivo de la inversión a medida que se fuesen produciendo”.

Aunque ésta es una apreciación muy particular de estos autores (no incluye los conceptos de costo de oportunidad, riesgo ni evaluación de contexto de la empresa en conjunto), sirve para aclarar la intención del criterio.

La tasa interna de retorno puede calcularse aplicando la siguiente ecuación:

$$TIR = < i + (> i - < i) \frac{VAN < i}{VAN < i - VAN > i}$$

La tasa calculada así se compara con la tasa de descuento de la empresa. Si la TIR es igual o mayor que ésta, el proyecto debe aceptarse, y si es menor, debe rechazarse.

La consideración de aceptación de un proyecto cuya TIR es igual a la tasa de descuento se basa en los mismos aspectos que la tasa de aceptación de un proyecto cuyo VAN es cero. (Nassir Sapag Chain, 2008)

## **2. Capítulo II: Metodología para la determinación de tamaño, ubicación y demás aspectos de una planta OTEC**

### **2.1. Justificación del capítulo**

En este capítulo se abarca toda la parte técnica, es importante determinar datos de consumo de energía eléctrica y agua potable en las Islas Galápagos, con esto se establece el tamaño óptimo de una planta OTEC la cual brinda la cantidad de energía neta que se necesita para satisfacer la demanda de los galapagueños, además de suministrar agua dulce producto de una planta de sistema de ciclo abierto

Por otra parte determinar la batimetría en las Islas Galápagos es un factor muy importante que se considera debido a la regla principal de la tecnología OTEC la cual es lograr una diferencia de temperatura de 20°C, con una profundidad de 1000m. Con lo cual se establecen que escenarios son viables para la posible implementación de una planta flotante OTEC de sistema de ciclo abierto en la provincia de Galápagos, mediante la Isobata de 1000m.

Como todo proyecto de investigación se debe establecer el costo de capital, en este caso la investigación trata de costos específicos los cuales son, inversiones para plantas en tierra o flotantes dependiendo de su capacidad de generación de energía eléctrica.

Además del denominado LCOE el cual es un índice técnico-económico que ayuda a comparar el costo del kW/h de otras tecnologías.

Las partes principales de una planta OTEC también se determinara, lo cual ayudara para el capítulo económico, en el cual se buscara formas de transmisión de energía eléctrica y agua dulce en las Islas Galápagos.

La parte del medio ambiente es un factor importante para las Islas Galápagos debido a que es considerado patrimonio natural de la Humanidad por ello se deben hacer todos los esfuerzos posibles para mantenerlos con esa denominación.

## **2.2.Determinación del tamaño óptimo de una planta OTEC para satisfacer la demanda de energía eléctrica y agua de las Islas Santa Cruz y San Cristóbal**

El tamaño y la capacidad de las centrales eléctricas OTEC suele describirse en la electricidad neta que producen, es decir, una planta de 100MW produce 100MW de electricidad mientras que en realidad puede producir 120 a 130MW de potencia bruta.

Existen muchos diseños propuestos de una planta OTEC, aunque todos son fundamentalmente iguales, en términos de funcionamiento y diseño básico. Todas las plantas de ciclo abierto utilizan bombas, intercambiadores de calor, condensadores, y sobre todo el fluido de trabajo para este funcionamiento es el agua.

Para determinar el tamaño óptimo de una planta OTEC en las Islas Galápagos primero se debe recapitular la potencia instalada de los proyectos que hoy en día existen en las Islas.

En la Tabla 3. “*Resumen de la Potencia Eléctrica instalada por Isla en el año 2015 en Galápagos*”, se puede apreciar la potencia instalada de las cuatro islas bajo las diferentes formas de generación de energía, dando un total de 23,62 MW de potencia total, en donde apreciamos que las Islas Santa Cruz y San Cristóbal son las que tienen más generación de energía eléctrica con un 19,90 MW de potencia neta debido al simple

motivo de que tienen más habitantes lo cual hace que la demanda sea mayor que en comparación con las Islas Isabela y Floreana donde la potencia instalada apenas es de un 3,72 MW

Para esta investigación solo se tendrá en consideración las Islas Santa Cruz y San Cristóbal debido a la considerable demanda que hay que satisfacer, según el (Instituto Nacional de Estadísticas Y Censo (INEC), 2016) La población de Santa Cruz es de 15701 y la de San Cristóbal es de 7088, entre las 2 islas da un potencia instalada de 19,90 MW.

Con ello decimos que para esta investigación se determina la posible implementación de una planta de 20 MW con lo cual se satisficará la demanda de las Islas Santa Cruz y San Cristóbal, o sino por el contrario una planta de 10 MW para cada isla, claro que para las otras islas se sigue usando los proyectos que existen hoy en día que son térmicos, eólicos, fotovoltaicos y biocombustibles que para las islas Isabela y Floreana son de una potencia instalada de 3,72 MW lo que es entendible debido a la poca población que hay en estas dos islas que según (Instituto Nacional de Estadísticas Y Censo (INEC), 2016) es de 2455 habitantes.

Hoy en día las plantas flotantes de sistema ciclo abierto son las más viables económicamente según (Vega L. A., 2010), es por ello que para esta investigación en las Islas Santa Cruz y San Cristóbal se hará uso de la planta OTEC mencionada anteriormente, que la provincia de Galápagos al ser considerada región insular según (Vega L. A., 1999) es viable la intervención y utilización de plantas desde 1 hasta 20 MW de producción neta, mientras que para sitios industrializados es viable plantas OTEC desde 50-100 MW de producción neta.

El agua caliente se coloca en un recipiente de baja presión para que hierva. El vapor en expansión impulsa una turbina conectada a un generador eléctrico. El vapor de agua

se condensa de nuevo en un líquido por la exposición a bajas temperaturas de las aguas profundas del océano. Este vapor es dulce, casi puro, ya que la sal ha quedado depositada en el recipiente.

En el sistema de ciclo abierto el agua caliente se coloca en un recipiente de baja presión para que este hierva, el vapor en expansión impulsa una turbina conectada a un generador eléctrico. Dicho vapor de agua se condensa de nuevo en un líquido por la exposición a bajas temperaturas de las aguas profundas del océano, dicho esto una planta de 20MW, brinda una producción de energía eléctrica de 172'800.000 Kwh y una producción de agua dulce de 6'624.000 m<sup>3</sup>/año. (Vega L. A., 1999)

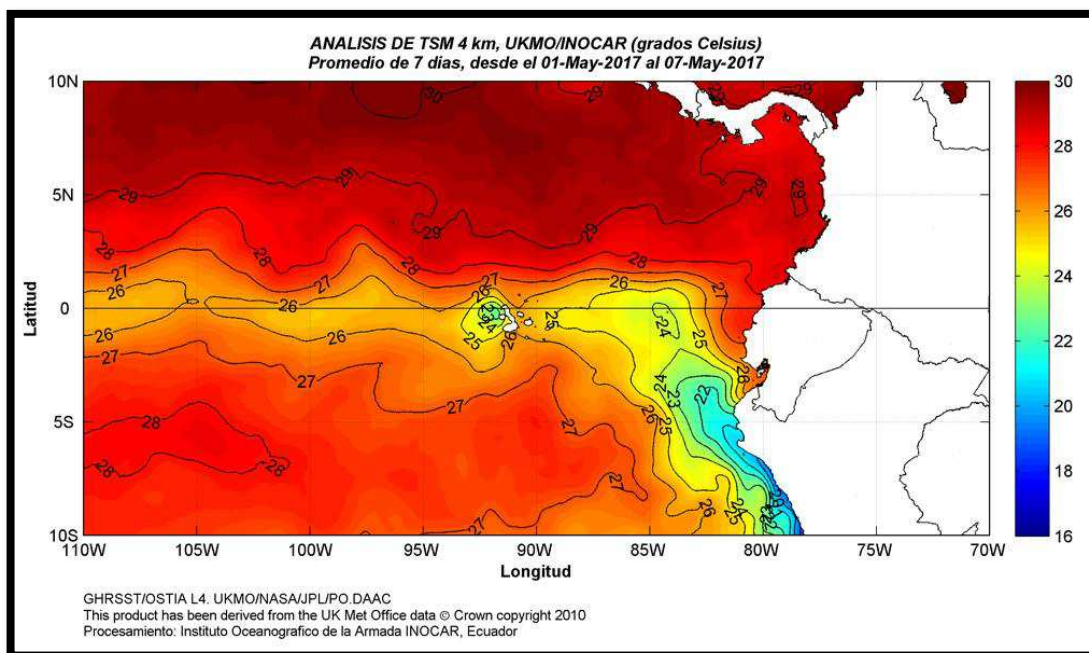
Es por ello que la planta flotante de 20 MW con sistema de ciclo abierto satisfacer la demanda de energía eléctrica de las 2 Islas principales las cuales son Santa Cruz y San Cristóbal, demostrado anteriormente. Aunque también se debe analizar la implementación de una planta de 10 MW para cada isla.

Al ser la implementación de una nueva tecnología y considerando el crecimiento de la población que en las Islas Galápagos es de 1,8% según el INEC en el censo del año 2010, se debe seguir utilizando los proyectos renovables existentes en las Islas Isabela y Floreana mencionados anteriormente, para abastecer la demanda de energía eléctrica en dichas islas. Además de que son proyectos renovables de generación de energía eléctrica se estaría protegiendo a las Islas Galápagos consideradas como patrimonio natural de la Humanidad, de la contaminación por parte de la quema de combustibles fósiles.

Por otra parte en las Islas Galápagos el consumo de agua potable es de diferentes fuentes como se habló anteriormente, específicamente en la **Tabla 5**. "Demanda de agua por islas en Galápagos", se determina que las 4 islas habitadas tienen un consumo de 1.320.554,030m<sup>3</sup>/año. Con lo cual se refleja que las islas principales en la

investigación son la que más consume agua debido a su población las cuales son las Islas Santa Cruz y San Cristóbal con consumo de 821.344,32 y 370.784,52 m<sup>3</sup>/año respectivamente, mientras que en las islas Isabela y Floreana tienen valores de 122.618,52 y 5.806,44 m<sup>3</sup>/año respectivamente, con estos valores se dice que una planta flotante desde 10-20 MW con sistema de ciclo abierto tiene una producción de 6'624.000 m<sup>3</sup>/año por lo tanto claramente abastece las 4 islas, dando un sobrante de generación de agua dulce lo cual para generar ingresos se puede comercializar a otras islas.

### 2.3. Mapa Térmico de la superficie del mar en Archipiélago de Galápagos



**Figura 33. Temperatura de la superficie del mar. Fuente (INOCAR, 2014)**

Como se aprecia en la figura 33, la superficie del agua del mar en Galápagos cuenta con una temperatura que va desde los 24°C a 28 °C siendo la mínima y la máxima respectivamente. (INOCAR, 2014)

Gracias a esto, el archipiélago de Galápagos es considerado como un sitio adecuado para la implementación de la tecnología otec, ya que cuenta con una temperatura

superficial del mar apropiada para el desarrollo de la misma, la temperatura mínima requerida para el funcionamiento de la tecnología es de 20°C.

#### 2.4. Batimetría de las Islas Galápagos: Posibles escenarios para una planta OTEC

Para el análisis de la batimetría y principalmente la isobata de 1000m en las Islas Galápagos se utiliza una herramienta informática de navegación la cual lee las cartas náuticas de Galápagos, gracias a la cual se pudo construir el siguiente mapa Batimétrico en donde se muestran las Isobatas de 1.000, 2.000 y 3.000 metros alrededor del archipiélago, de esta forma se podrá definir los puntos más apropiados para la ubicación de una central OTEC.



Figura 34. Mapa Batimétrico, Isobata 1000m de las Islas Galápagos Elaboración Autores

Alrededor de las Islas se puede apreciar la isobata de 1.000m de profundidad, indispensable para el funcionamiento de la tecnología OTEC ya que se necesita extraer el agua a esta distancia de la superficie para alcanzar la diferencia de temperatura mínima requerida, la cual es de 20°C.

Como se muestra en la figura 34, intervienen las islas habitadas las cuales son:

- Santa Cruz

- San Cristóbal
- Isabela
- Floreana

Por otra parte la isobata de 1.000m en algunos puntos del Archipiélago se encuentra relativamente cerca de tierra firme, esto sin duda convierte a la provincia de Galápagos en una buena alternativa para la implementación de una planta OTEC.

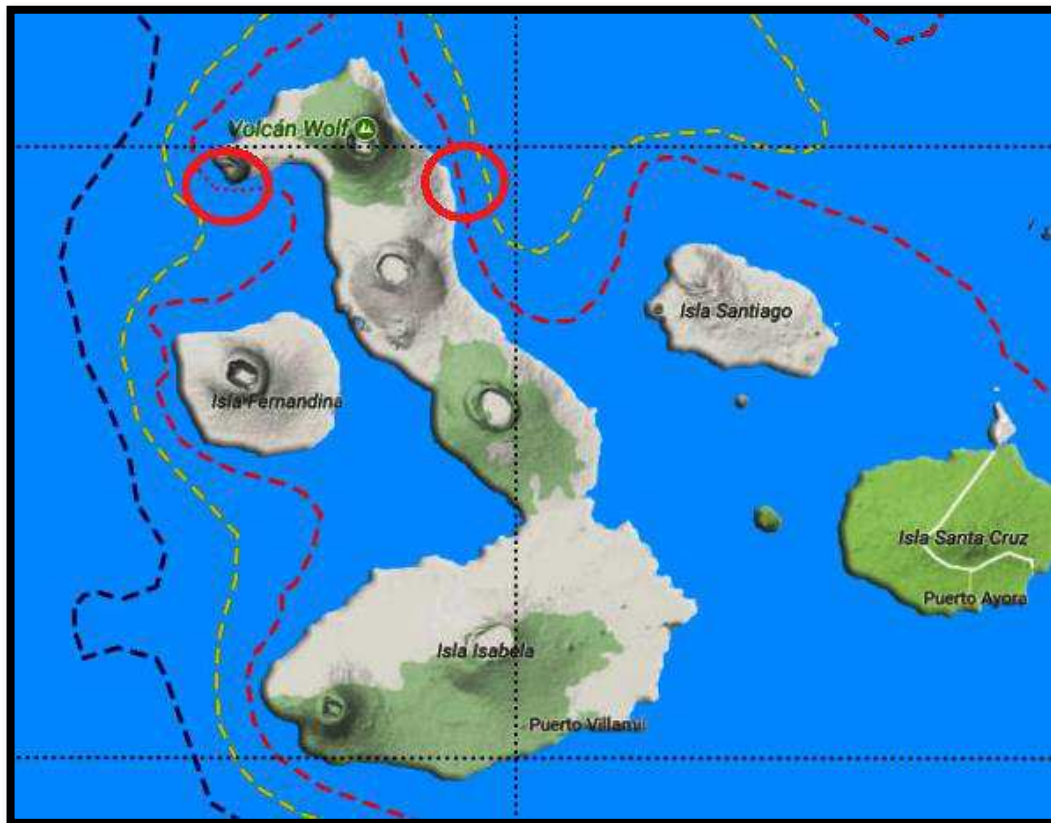
Si bien es cierto en cualquiera de las 4 islas habitadas se puede implementar la tecnología OTEC sin embargo se ha decidido solo considerar las islas Santa Cruz y San Cristóbal mencionado anteriormente en el punto 2.2. “Determinación del tamaño óptimo de una planta OTEC”

Se debe mencionar que las Islas Galápagos al ser considerada como región insular y según (Vega L. A., 1999), las regiones insulares son buenos escenarios para la implementación de plantas OTEC y que son en ciertos casos económicamente sustentables.

Además de lo mencionado anteriormente, la cercanía de la isobata de 1.000m a tierra firme es un importante factor a tener en cuenta para decidir entre una planta OTEC flotante o una en tierra, contar con una distancia menor a 1km es fundamental para las plantas en tierra, esto debido a que mientras mayor sea la distancia de la isobata a las costas, mayor es el tramo de tubería de agua fría y por ende mayor es el costo de la planta. (Vega L. A., 2010)

En las Islas Galápagos son varios los puntos en los que la isobata de 1.000 metros de profundidad se encuentra a menos de un kilómetro de tierra firme, el mejor ejemplo de ello es la Isla Isabela.





**Figura 35. Mapa Batimétrico, cercanía de la isobata 1000m en la Isla Isabela. Elaboración: Autores**

En la figura 35. Los lugares encerrados en rojo, son puntos en donde la Isobata de 1.000m se encuentran a casi un kilómetro de las costas, en estas ubicaciones dentro de la Isla Isabela podría ser factible la construcción y puesta en marcha de plantas OTEC en tierra, sin embargo la Isla Isabela al no contar con una población considerable y al ubicarse lejos de las islas principalmente pobladas no es una opción a considerar en esta investigación.

En la figura 34. Se observa que en las Islas con mayor población (Santa Cruz y San Cristóbal) la isobata de 1.000 metros de profundidad pasa demasiado alejada de las costas como para considerar plantas OTEC en tierra, quedando como única opción la implementación de plantas flotantes que se ubiquen justamente sobre la isobata.

Tomando en cuenta todo lo mencionado anteriormente se considera dos posibles ubicaciones para las plantas OTEC las cuales se explican a continuación.

**ESCENARIO 1: Islas Santa Cruz y San Cristóbal una planta flotante OTEC de  
20 MW**



**Figura 36. Mapa Batimétrico, isobata 1000m de la Islas Santa Cruz- San Cristóbal.  
Elaboración: Autores**

Para este primer escenario se analiza la posible implementación de una planta flotante de 20 MW para las islas Santa Cruz y San Cristóbal.

Una planta flotante OTEC de sistema de ciclo abierto de 20 MW para generar energía eléctrica y agua dulce, es válido recordar que en este escenario las dos islas tienen una generación de 19,9 MW y un consumo de agua dulce de 1.192.118,84 m<sup>3</sup>/año

Mientras que la planta OTEC estaría situada al norte de la Isla Santa Cruz como se muestra en la figura 36, justo por encima de la Isobata de 1.000m, en este escenario se plantea unir el sistema eléctrico de la Isla Santa Cruz con la Isla San Cristóbal por un cable submarino de 79,3km de longitud el cual se encargara de transmitir una parte de la electricidad producida por la planta OTEC a la Isla Santa Cruz.

Más adelante se analiza la parte económica para concluir si es factible económicamente una planta de 20 MW la cual una las Islas mencionadas anteriormente.

### **ESCENARIO 2: Isla Santa Cruz y San Cristóbal plantas flotantes OTEC de 10**

**MW**



**Figura 37. Mapa Batimétrico, isobata 1000m de la Isla Santa Cruz y San Cristóbal. Elaboración: Autores**

Para este escenario se analiza la implementación de dos plantas de 10 MW ubicadas en las islas Santa Cruz y San Cristóbal se aprecia que a primera vista las plantas están cerca de sus respectivas islas. Esta cercanía se refleja básicamente en la línea de los 1000m.

Por un lado una planta en la Isla Santa Cruz la cual se aprecia desde la isobata de 1000m, hasta la intersección con la isla dicha unión es la línea de color rojo con una distancia de 12,1 km la cual se toma como referencia para la distribución de la energía eléctrica mediante el cable submarino.

Mientras que para la Isla San Cristóbal la intersección de la isla se aprecia en la línea de color rojo con una distancia de 14,3 km la cual se tomara como base para la distribución de la energía eléctrica con la utilización del cable submarino, todo esto se aprecia en la figura 37.

La planta flotante de 10 MW abastece solo una cierta parte de la demanda actual ya que la isla Santa Cruz tiene una potencia instalada de 12,55MW considerando los proyectos de (Energía Renovable de Galapagos (ERGAL), 2016) generación térmica por medio de la quema de combustible fósiles, eólico y fotovoltaico. (Ministerio de electricidad y energia renovable, Cero combustibles Fósiles Galápagos, 2013)

Es por ello que para esta Isla deberán seguir funcionando los proyectos de energía renovable mientras que la quema de combustible al implementarse esta planta flotante OTEC de generación de energía eléctrica quedar sin operar, evitando la gran cantidad de toneladas de CO<sub>2</sub> que año a año va afectando al sensible patrimonio de la Humanidad como es las Islas Galápagos

Además de que una planta de 10 MW genera electricidad para esta Isla cabe mencionar que también produce agua dulce para los santacruzeños, que tienen un consumo de agua de 821.344,32 m<sup>3</sup>/año mientras que la producción de agua dulce de esta planta es de 3.312.000 m<sup>3</sup>/año (Vega L. A., 2010)

La planta flotante de 10 MW de las isla San Cristóbal abastece toda la demanda de sus habitantes ya que esta isla tiene una potencia instalada de 7,35MW y de estos el 4,95 MW es por generación de la quema de combustibles fósiles.

Es por ello que para la Isla San Cristóbal al implementarse la planta flotante OTEC de generación de energía eléctrica la quema de combustible fósiles ya queda sin operar y así evitando la gran cantidad de toneladas de CO<sub>2</sub> que año a año va afectando al sensible patrimonio de la Humanidad como es las Islas Galápagos.

En capítulos posteriores se determinara cual escenario es viable técnicamente y económicamente es las Islas de interés que son las Islas Santa Cruz y San Cristóbal.

## **2.5.Costo de capital para una Planta OTEC**

Para el costo de capital de una planta OTEC se debe incursionar en un modelo analítico el cual fue demostrado por (Vega L. A., 2010) para evaluar escenarios en los que la tecnología OTEC es más competitiva en la producción de energía eléctrica en comparación con las tecnologías convencionales.

En primer lugar se debe estimar el costo de capital (\$/KW), necesario para construir la planta posteriormente se debe establecer un costo relativo para la producción de electricidad expresado en (\$/Kwh), es importante considerar también los ingresos que aportan a la producción de agua desalinizada producto de las operaciones de la planta OTEC para aumentar la rentabilidad y poder competir con las otras tecnologías de producción existentes.

Como se establece en el capítulo 1 existen dos mercados distintos en los cuales la tecnología OTEC podría ser competitiva y rentable, primero en las naciones industrializada y segundo en los pequeños estados insulares en desarrollo (SIDS), ambos con demanda de energía eléctrica y agua dulce.

Para los pequeños estados insulares en desarrollo, los cuales son la poblaciones situadas en islas o denominadas alejadas de la costa, (SIDS) las plantas OTEC tienen un tamaño de 1MW a 10MW, y de 450 mil a 9,2 millones de litros de agua dulce por día, que podrían cubrir las necesidades de las comunidades con poblaciones que van desde 4500 a 100000 habitantes, para naciones industrializadas se requerirían plantas flotantes de al menos 50 MW de capacidad.

El desarrollo de plantas maremotérmicas probablemente sea promovido fundamentalmente por las agencias gubernamentales y en menor medida por la industria

privada. En el caso de las islas Galápagos al ser considerada patrimonio natural de la Humanidad este desarrollo puede ser promovido por organismos internacionales en pro mejoras de la sociedad.

A continuación se muestra una tabla con los costos de capital para lo cual el autor (Vega L. A., 2010) utilizó especificaciones de diferentes centrales OTEC para solicitar cotizaciones presupuestarias, esas estimaciones se muestran a continuación junto con la de otros autores.

**Tabla 6**

*Estimaciones de Costos de Capital de Planta de OTEC de Primera Generación: Estimaciones Extrapoladas de Archivos (1 - 50MW) y estimaciones actuales (10 - 100 MW) en \$ / kW-net.*

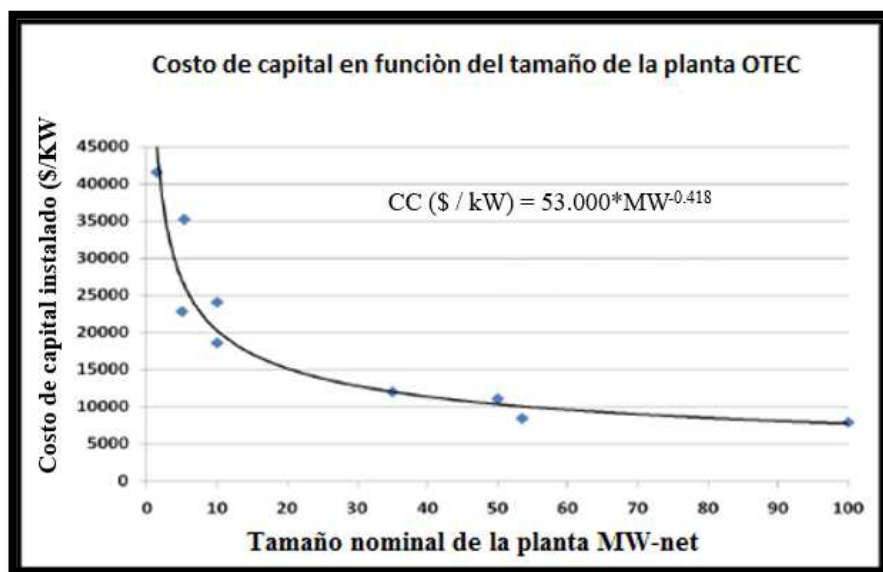
Tamaño Nominal de la planta MW-net	Costo de capital instalado \$/kW	Tierra/ Flotante	Fuente (Extrapolada)
1,4	41562	T	Vega 1992
5	22812	T	Jim Wenzel, 1995
5,3	35237	F	Vega et al 1994
10	24071	T	Vega 1992
10	18600	F	Este reporte
20	15960	F	Este reporte
35	12000	F	Este reporte
50	11072	F	Vega 1992
53,5	8430	F	Este reporte
100	7900	F	Este reporte

*Nota:* Tomado de (Vega L. A., 2010)

En la tabla 6 se aprecia el costo de capital para una planta de tamaño nominal de 10 MW y su costo de capital instalado en \$/kW es de 18600 flotante, mientras que para una de 20MW su costo de capital instalado es \$/kW 15960 en su localización flotante.

La Figura 38, ilustra que el costo de capital de la OTEC (\$ / kW) es una función considerable del tamaño de la planta (MW). Por conveniencia y futura referencia se proporciona un ajuste de la curva de mínimos cuadrados:

$$CC (\$ / kW) = 53.000 * MW^{-0.418}$$



**Figura 38. Costo estimado de capital para una planta OTEC de primera generación**  
Fuente (Vega L. A., 2010)

En la figura 38, se muestra una relación entre el tamaño nominal de una planta (MW) y el costo de capital instalado (\$/Kw), dentro de esta investigación se analizara implementar dos alternativas para plantas OTEC de tamaño nominal

- Primera alternativa 20 MW
- Segunda alternativa 10 MW

Según la formula proporcionada por (Vega L. A., 2010) el costo de \$/kW para una planta de 20MW es \$ 15151,14 kW y para una planta de 10 MW es \$ 20243,05 kW

Se puede concluir que es más económico implementar una planta de gran tamaño nominal prueba de ello es la primera alternativa que a medida que aumenta el tamaño de

la planta disminuye el costo \$/kW lo cual demuestra que para plantas desde 50 MW es factible dado que el costo de producir 1kw/h es económico.

## **2.6.Principales partes de una planta OTEC y sus costos.**

### **2.6.1. Plataforma de la Planta OTEC.**

Para la implementación de una planta OTEC existen dos categorías las cuales son: en tierra y mar adentro, para el Archipiélago de Galápagos de acuerdo a la batimetría y la condición de 1000m de profundidad es más factible construir una planta flotante es decir en mar adentro que una situada en tierra.

Los beneficios de una planta flotante son varios, por ejemplo una planta OTEC se puede ubicar directamente sobre la fuente de agua fría minimizando la distancia de bombeo de la misma, lo que a su vez conduce a una mayor potencia de salida neta para la planta OTEC.

La contaminación térmica es otro inconveniente para las plantas terrestre, el agua fría de descarga debe ser bombeada de vuelta al mar, lejos del agua caliente.

Mientras tanto en una planta flotante, al operar en aguas abierta las corrientes naturales, combinadas con la movilidad limitada de las plataformas, podría permitir que las plantas flotantes eviten más fácilmente la degradación térmica de la fuente de agua caliente. Estos factores han llevado a los diseñadores e ingenieros a centrarse en diseños de plataformas flotantes OTEC a gran escala. (Upshaw Charles Roberts, 2012)

Los recursos de agua fría para la operación OTEC normalmente existen a profundidades mayores a 1.000 metros, que es demasiado profunda para una estructura de torre montada en el fondo del mar, es por esta razón que las plataformas mar adentro OTEC son diseños flotantes.

Debido a que la plataforma está flotando en el agua, el amarre debe contar con una estación activa de empujadores, necesarios para fijar de la mejor manera posible la



plataforma OTEC ante cualquier situación, debido a que esta a su vez está conectada a la costa a través de una costosa y vital red de transmisión de energía, el diseño también debe ser suficientemente flexible para permitir que la planta OTEC movimientos limitados, para evitar la degradación térmica localizada.

Se han realizado numerosos estudios sobre sistemas de amarre y los controles de mantenimiento de estaciones para los sistemas OTEC, sin mencionar los que ya están siendo utilizados en la industria energética costa afuera. (Upshaw Charles Roberts, 2012)

En lo referente a costos, se estima que la plataforma de una planta flotante OTEC junto con sistemas auxiliares equipamiento etc., representa el 27,87% del costo de capital de toda la instalación, siendo una parte importante del costo de este tipo de proyectos. (Diez Pedro Fernández, 2015).

### **2.6.2. Planta de energía.**

Una de las partes fundamentales para una planta de energía OTEC son los intercambiadores de calor, estos son muy grandes debido a que el gradiente de temperatura utilizado por la planta es muy bajo, por esta razón los intercambiadores de calor deben ser tan eficientes como sea posible al transferir calor de un fluido al otro.

Por otro lado las turbinas utilizadas en una central eléctrica OTEC son típicamente de una sola etapa, ya sea axialmente o radialmente, esto debido a que la velocidad de la punta de las palas de la turbina es relativamente baja y las temperaturas de funcionamiento son del orden de la temperatura ambiente, el material de la turbina y aletas no debe ser de súper-aleaciones de alto rendimiento como las encontradas en la combustión de gases o turbinas de vapor sobrecalentadas. Una turbina de flujo radial específica de OTEC debería tener una eficiencia superior al 90%. (Upshaw Charles Roberts, 2012)

En la planta de energía además de las turbinas e intercambiadores de calor existen evaporadores, instrumentos de control, condensadores, etc., en total la planta de energía representa el 52,6 % del costo de capital de toda la instalación, siendo la parte más importante del costo para una planta OTEC. (Diez Pedro Fernández, 2015).

### **2.6.3. Mecanismo de alimentación y distribución de agua.**

Dado que una planta OTEC es accionada por la termoclina oceánica (gradiente térmico), existen importantes consideraciones de todos los componentes involucrados en el movimiento del agua y la transferencia de calor con el fin de maximizar la eficiencia y manteniendo los costos mínimos.

La tubería de agua fría y los sistemas de agua como las bombas son componentes significativos de una planta OTEC, y ambos ejemplifican el tipo de los retos de ingeniería involucrados en el diseño de una planta óptima.

La tubería de agua fría transporta miles de galones por segundo desde las profundidades de 1000 a 1200 metros, dependiendo de las condiciones locales de temperatura del agua. (Upshaw Charles Roberts, 2012)

La cantidad de agua fría necesaria para producir un MW de potencia neta se aproxima a  $2 \text{ m}^3/\text{s}$ , por lo tanto para una planta de 20 MW, el caudal de agua fría podría ser del orden de  $47.7 \text{ m}^3/\text{s}$ , y una planta de 100 MW tendría un caudal de agua fría del orden de  $238.5 \text{ m}^3 / \text{s}$ . Para mover esta cantidad de agua, sin pérdidas significativas de caída de presión, se debe utilizar un diámetro de tubo grande. El tubo debería tener diámetros que varían desde 4 metros para una planta de 20 MW, hasta más de 10 metros para una planta de 100 MW. Con el fin de mover los volúmenes masivos de agua requeridos, de igualmente se deben utilizar bombas muy grandes, los criterios de diseño para las bombas de agua OTEC dictan una tasa de flujo muy alta, con eficiencias muy altas, pero a una presión bastante baja, por lo tanto, las bombas de agua OTEC son

típicamente bombas de rotor de flujo axial masivo, que son una tecnología bien entendida, con buenas eficiencias a grandes escalas.

Se han propuesto diferentes materiales para la tubería de agua fría, incluyendo acero, Aluminio, caucho, hormigón, plástico y compuestos reforzados con fibra. Los factores más importantes son el peso, costo, durabilidad, efectos sobre la potencia de bombeo e instalación.

Cada material tiene diversos beneficios e inconvenientes en estas categorías, sin embargo las tuberías con compuestos de fibras reforzados parecen ser las más adecuadas para este tipo de proyectos. La suspensión de una tubería de un kilómetro de largo, y varios metros de ancho de una plataforma flotante presenta una multitud de problemas de ingeniería, desde la carga complicada de la plataforma, el acoplamiento de los tubos, a desafíos con la logística de la instalación. (Upshaw Charles Roberts, 2012)

En lo referente a costos, se estima que los mecanismos de alimentación y distribución de agua OTEC junto con la tubería telescópica, bombas y demás sistemas auxiliares representan el 11,32% del costo de capital de toda la instalación, siendo una parte importante del costo de este tipo de proyectos. (Diez Pedro Fernández, 2015).

#### **2.6.4. Planta eléctrica, transformadores y otros**

Los generadores y transformadores eléctricos de la planta no son fundamentalmente diferentes de las de otras aplicaciones de generación de energía, Sin embargo se agregan complicaciones que provienen de la impermeabilización y climatización del equipo para el servicio en un ambiente submarino debido a la naturaleza corrosiva del agua salada y del mar aire. La planta eléctrica representa un 2,21% del costo total de una planta OTEC (Diez Pedro Fernández, 2015)

## **2.7. Preocupaciones ambientales con respecto a una planta OTEC.**

Las principales preocupaciones ambientales se refieren a las consecuencias no deseadas de bombeo de tales cantidades masivas de agua fría a la superficie. Uno de estos es la preocupación por lo que sucederá con todos los nutrientes bombeados a la superficie con el agua fría. Existe también la preocupación de las grandes floraciones de algas que se forman alrededor de la planta, lo que podría conducir a una zona muerta si el agua en dichas zonas se queda sin oxígeno. Sin embargo, algunos piensan que la redistribución de nutrientes a la superficie también podría ayudar a promover el nuevo crecimiento de los peces y fauna marina mediante el aumento de los alimentos en la parte inferior de la cadena alimentaria.

Para ayudar a reducir este problema, muchos diseños tienen la intención de mezclar las aguas cálidas y frías, y re-inyectan volver a introducir estas aguas a una profundidad muy por debajo de la superficie. La otra preocupación principal es el efecto potencial a largo plazo en la temperatura del agua local natural y la salinidad, ya que es posible que la temperatura de la superficie se reduca, o la salinidad de la misma aumente con el tiempo debido a extraer el agua fría de una forma masiva, y por ende la fauna local podría verse afectada, también existe la preocupación acerca de las operaciones de OTEC a gran escala que podrían afectar a los patrones climáticos o las corrientes oceánicas.

Al final, la mayoría de estos efectos a gran escala implican gigavatios de energía OTEC producción que opera desde hace décadas. En este punto, se trata de determinar los efectos que la tecnología OTEC tendrá sobre el medio ambiente, en última instancia será la especulación, hasta que una planta de tamaño completo este construida y operando por años, los impactos ambientales serán desconocidos.

## **2.8. Distribución de energía eléctrica y agua de una planta OTEC.**

Uno de los principales retos de una planta flotante OTEC es llevar la energía eléctrica de la plataforma a la orilla, sin embargo en la actualidad la tecnología de fabricación y colocación de estos cables es mucho más madura que cuando surgieron los primeros intentos de poner en marcha una planta OTEC.

Hoy en día, los cables submarinos de alta tensión se encuentran en algunos lugares del mundo por ejemplo entrecruzan el canal inglés y Mar del Norte, conectando las islas con el continente europeo, también hay otras interconexiones con cables de gran longitud, tales como el cable submarino Francia–Inglaterra, Escocia–Irlanda del Norte, Inglaterra–Noruega, entre otras. Además existen también miles de kilómetros de oleoductos submarinos y gasoductos que conectan bajo el agua terminales de producción con terminales de recolección, así como a la costa, por lo tanto el costo de construir un cableado submarino de transmisión eléctrica es tecnológicamente posible.

El costo de una red eléctrica submarina que conecte la plataforma OTEC con las costas varía por varias razones como la ubicación geográfica, la batimetría, la distancia de separación de la central maremotérmica con las costas, la logística, etc., sin embargo podemos calcular el costo en dólares del kilómetro de cableado submarino instalado utilizando como referencia proyectos similares realizados en diferentes partes del mundo.

En agosto del año 2012 la compañía de energía eléctrica de España puso en funcionamiento una red eléctrica submarina entre la península ibérica y las islas Baleares, Esta conexión representa la mayor inversión llevada a cabo por Red Eléctrica Española en un único proyecto (446 millones de dólares), el costo medio de cable submarino instalado en este proyecto es de 1,93 millones de dólares y su desarrollo ha constituido un hito de referencia mundial por su singularidad y complejidad técnica con

más de 230km de longitud a una profundidad máxima de 1485m, lo que pone de relieve la notable capacidad tecnológica de la compañía. (Red Eléctrica de España, 2012)

Otro estudio de similares características se realizó entre República Dominicana y Puerto Rico en el año 2012, el cual pretende interconectar los dos sistemas eléctricos por medio de un cable submarino, este proyecto de prefactibilidad se lo realizó en conjunto con el banco mundial para mejorar el sistema de energía eléctrica de República Dominicana. El proyecto consta de una red de cable submarino de 140 km de longitud desde la costa de la República Dominicana hasta el Puerto de Mayagüez. El costo de este tramo sumergido es de 1.480 millones de Dólares, el costo por kilómetro de cable submarino instalado en este proyecto sería de 10,57 millones de dólares. (Estatales, Corporación Dominicana de Empresas Eléctricas, Francisco H. Núñez Ramírez, 2012)

La diferencia de costos entre estos proyectos se debe principalmente a la tecnología del cable utilizado, mientras que el proyecto de la compañía eléctrica española utiliza una red compuesta de 3 cables diferentes, el proyecto de República Dominicana pretende utilizar un único cable de corriente continua, el cual tiene un mayor costo pero es más amigable con el medio ambiente y se adapta mejor a las condiciones presentes en centro América, otras condiciones que varían en menor proporción el precio de estos proyectos son por ejemplo la logística y el costo de la mano de obra.

El agua desalinizada producto de la operación normal de una planta OTEC de ciclo abierto puede servir para abastecer la demanda de agua potable de poblaciones cercanas que así lo requieran, el traslado de agua a las costas sería el verdadero inconveniente, es lógico pensar en la construcción de un acueducto que se encargue de llevar el agua a las costas, sin embargo el costo que representaría la construcción de una tubería de agua submarina capaz de transportar grandes volúmenes de líquido es demasiado costosa

para los beneficios resultantes, una solución a corto plazo sería la utilización de buques cisternas capaces de transportar el agua dulce a las costas.

Para transportar el agua dulce de la central OTEC a las costas se hará uso de 2 buques cisternas con una capacidad de 2.300 m<sup>3</sup> representando un costo de 4.8 millones de dólares (Shipned, 2016).

### **2.9. CO<sub>2</sub> emitido por la generación eléctrica en Galápagos.**

Estimar la cantidad exacta de CO<sub>2</sub> producido en Galápagos por la generación eléctrica en los últimos años es difícil, principalmente por la falta de información que las organizaciones públicas presentan referente a este tema, sin embargo se pudo calcular un aproximado de las emisiones de CO<sub>2</sub> gracias al informe de factores de emisiones del sistema interconectado de energía eléctrica del Ecuador del año 2013, en este documento encontramos el factor de Emisión de los combustibles más utilizados por el sector eléctrico.

#### **Tabla 7.**

*Factor de Emisión de los combustibles utilizados por el sector eléctrico*

COMBUSTIBLE	FE (t CO <sub>2</sub> /TJ)
Fuel Oil 4	75.50
Diésel	72,60
Gas Natural	54.30
Nafta	69.30
Fuel Oil 6	73.30
Bunker	73.30

*Nota:* Tomado de (Ministerio del Ambiente (MAE), 2013)

Según este informe al generar un Terajulio (TJ) de energía eléctrica utilizando como combustible el Diésel, se emiten 72,60 Toneladas de CO<sub>2</sub> a la atmosfera (Ministerio del Ambiente (MAE), 2013), considerando que un TJ equivale a 277.78 MWh. Y que la Generación térmica Eléctrica en Galápagos en el año 2015 fue de 17,447MW podemos calcular la cantidad de CO<sub>2</sub> Emitida en las islas por la generación eléctrica, dándonos un total de 39.382,14 toneladas emitidas de CO<sub>2</sub> al año.

### **3. Capítulo III: Estudio Económico**

#### **3.1.Generalidades**

En todo proyecto de pre factibilidad es necesario determinar el tema financiero que tan viable económicamente es el proyecto, para ellos usaremos herramientas financieras, como se ha detallado en el análisis de las fuentes bibliográficas que es el capítulo I.

En este capítulo se analizara los dos posibles escenarios hablados anteriormente como son el escenario número uno una planta flotante de 20MW que satisfaga la demanda de energía eléctrica y agua dulce en las Islas Santa Cruz y San Cristóbal, mientras que lo mencionado en el escenario número 2 se refiere a la posible implementación de dos plantas flotantes de 10 MW para cada isla como son Santa Cruz y San Cristóbal.

Para ello se debe determinar qué cantidad monetaria corresponde a la inversión total para cada escenario, en los cuales intervienen los costos operacionales, el financiamiento, los ingresos por la venta de energía eléctrica y agua dulce, la depreciación de los componentes de cada planta.

Con ello se podrá determinar qué tan viable económicamente son los dos escenarios y por ende el proyecto de investigación con la metodología financiera que se usaran:

- Flujo de caja de fondos
- Valor actual neto



➤ Tasa Interna de Retorno

### 3.2. Costo de capital para una planta OTEC de 20 MW y dos de 10 MW

#### 3.2.1. Costo de capital de una planta OTEC de 20 MW.

Las plantas maremotérmicas requieren de grandes inversiones de capital. Dado el relativamente bajo precio del petróleo, y de los combustibles fósiles en general, el desarrollo de plantas maremotérmicas probablemente sea promovido fundamentalmente por las agencias gubernamentales y en menor medida por la industria privada.

El costo de capital para una planta OTEC de 20 MW se describe mediante la fórmula planteada por (Vega L. A., 2010)

$$CC (\$ / kW) = 53.000 * MW^{-0.418}$$

Dicha fórmula para una planta de 20MW el costo de capital sería de \$303.022.814, la cual se detalla a continuación:

**Tabla 8**

*Costo de capital instalado planta flotante OTEC 20 MW*

Planta Flotante 20MW	100,00000	\$	303.022.814,00
	%		
<b>Plataforma</b>	<b>27,91%</b>	<b>\$</b>	<b>84.569.273,56</b>
Casco	24,35%	\$	73.794.691,36
Equipamiento	2,70%	\$	8.190.252,13
Sistemas auxiliares	0,85%	\$	2.584.330,07
<b>Planta de energía</b>	<b>52,61%</b>	<b>\$</b>	<b>159.411.514,78</b>
Condensador (4 unidades)	21,92%	\$	66.431.236,98
Evaporador (4 unidades)	22,14%	\$	67.097.887,17
Turbina (4 unidades)	2,02%	\$	6.129.696,99
Generador eléctrico (4 unidades)	1,90%	\$	5.766.069,62

Instrumentación y control	0,65%	\$	1.978.284,44
Otros	3,96%	\$	12.008.339,58
<b>Distribución de planta Eléctrica</b>	<b>2,22%</b>	<b>\$</b>	<b>6.714.076,49</b>
Transformadores	0,95%	\$	2.887.352,88
Planta eléctrica	1,26%	\$	3.826.723,61
<b>Agua de alimentación y distribución</b>	<b>17,27%</b>	<b>\$</b>	<b>52.327.949,17</b>
Tubería telescópica	10,92%	\$	33.098.727,44
Bombas de sistemas de propulsión	3,62%	\$	10.978.062,02
Tuberías y otros	2,72%	\$	8.251.159,71
Costo de capital instalado		\$	<b>303.022.814,00</b>
Coto de cableado eléctrico sub		\$	<b>150.670.000,00</b>
buque cisterna		\$	<b>4.800.000,00</b>
Total de la inversión:		\$	<b>458.492.814,00</b>

---

*Nota:* Datos alcanzados en el estudio

Ahora del costo de capital, que es el 100% se considera la plataforma un 27.91% lo cual se refiere a que es una planta de ciclo abierto, un 52.61 % vendría siendo la planta de energía, como son los condensadores evaporadores, turbina, generador eléctrico, instrumentación y control y por ultimo otros. La planta eléctrica se pondera con un 2.22% el agua de alimentación y distribución un 17.27% en la cual interviene la tubería telescópica con un 10.92%, bombas de sistemas de propulsión un 3.62% y otras tuberías 2.72%, todos estos porcentajes demuestran el costos total del capital para una planta OTEC flotante de 20MW, es meritorio mencionar que esta planta es para satisfacer la demanda de energía eléctrica y agua dulce en las islas Santa Cruz y San Cristóbal.

El costo de cable submarino se determinó tomando como referencia el proyecto de funcionamiento de red eléctrica submarina de la compañía de energía eléctrica de España la cual establece que el km de cable se aproxima a los 1,9 millones de dólares.

Para esta investigación se necesita una distancia de 79,3 km dando un costo de 150`670,000 millones de dólares. (Red Eléctrica de España, 2012)

### 3.2.2. Costo de capital para dos plantas OTEC de 10 MW.

Para determinar el costo de capital para dos plantas OTEC de 10 MW surge la necesidad de mencionar que serán para satisfacer la demanda de energía eléctrica y agua para las islas Santa Cruz y San Cristóbal, por otro lado hay que recordar la fórmula de (Vega L. A., 2010):

$$CC (\$ / kW) = 53.000 * MW^{-0.418}$$

Dicha fórmula para dos plantas de 10MW el costo de capital sería de \$404.860.926, la cual se detalla a continuación:

**Tabla 9**

*Costo de capital instalado para 2 planta flotante OTEC 10 MW*

2 Planta Flotante 10MW	100,0000%	\$	404.860.926,00
Plataforma	<b>27,91%</b>	<b>\$</b>	<b>112.990.813,96</b>
Casco	24,35%	\$	98.595.174,02
Equipamiento	2,70%	\$	10.942.783,54
Sistemas auxiliares	0,85%	\$	3.452.856,41
<b>Planta de energía</b>	<b>52,61%</b>	<b>\$</b>	<b>212.985.592,20</b>
Condensador (4 unidades)	21,92%	\$	88.757.053,52
Evaporador (4 unidades)	22,14%	\$	89.647.747,55
Turbina (4 unidades)	2,02%	\$	8.189.729,24
generador eléctrico (4 unidades)	1,90%	\$	7.703.896,13
Instrumentación y control	0,65%	\$	2.643.134,56

Otros	3,96%	\$	16.044.031,21
Distribución de planta Eléctrica	<b>2,22%</b>	\$	<b>8.970.503,54</b>
Transformadores	0,95%	\$	3.857.717,33
Planta eléctrica	1,26%	\$	5.112.786,20
<b>Agua de alimentación y distribución</b>	<b>17,27%</b>	\$	<b>69.914.016,30</b>
Tubería telescópica	10,92%	\$	44.222.351,66
Bombas de sistemas de propulsión	3,62%	\$	14.667.504,06
Tuberías y otros	2,72%	\$	11.024.160,58
Costo de capital instalado		\$	<b>404.860.926,00</b>
Coto de cableado eléctrico sub		\$	<b>50.160.000,00</b>
buque cisterna		\$	<b>4.800.000,00</b>
Total de la inversión:		\$	<b>459.820.926,00</b>

---

*Nota:* Datos alcanzados en el estudio

Ahora del costo de capital, que es el 100% se considera la plataforma un 27.91% lo cual se refiere a que son dos plantas de ciclo abierto situadas en cada isla como son Santa Cruz y San Cristóbal, un 52.61 % vendría siendo la planta de energía, como son los condensadores evaporadores, turbina, generador eléctrico, instrumentación y control y por ultimo otros. La planta eléctrica se pondera con un 2.22% el agua de alimentación y distribución un 17.27% en la cual interviene la tubería telescópica con un 10.92%, bombas de sistemas de propulsión un 3.62% y otras tuberías 2.72%, todos estos porcentajes demuestran el costos total del capital para una planta OTEC flotante de 20MW, es meritorio mencionar que esta planta es para satisfacer la demanda de energía eléctrica y agua dulce en las islas mencionadas anteriormente.

Se aprecia que el costo de capital para dos plantas de 10 MW es mayor que una planta de 20 MW esto se debe a lo planteado por (Vega L. A., 2010) que menciona que mientras mayor sea el tamaño nominal de una planta menor será su costo de capital.

El costo de cable submarino se determinó tomando como referencia el proyecto de funcionamiento de red eléctrica submarina de la compañía de energía eléctrica de España la cual establece que el km de cable se aproxima a los 1,9 millones de dólares.

Para esta investigación se necesita una distancia de 26,4 km dando un costo de 50`160,000 millones de dólares. (Red Eléctrica de España, 2012).

### **3.3.Costos directos y costos indirectos**

#### **3.3.1. Costos directos y costos indirectos para una planta OTEC de 20 MW.**

Los costos directos para una planta de 20 MW son los siguientes:

- El costo de cable eléctrico submarino con una cantidad de \$ 150.670.000. (Red Eléctrica de España, 2012)
- Mano de obra directa el cual asciende a \$3.400.000, este costo fue establecido por el autor (Diez Pedro Fernández, 2015).

Los costos indirectos para una planta de 20 MW son los siguientes:

- Dos buques cisterna para poder distribuir el agua dulce a las Islas Galápagos el cual asciende a \$ 4.800.0000 (Shipned, 2016)
- El costo de transporte del buque con una cantidad de \$200.000 (Shipned, 2016)
- Gastos de seguro para la planta OTEC que representa el 2% del total de la inversión el cual representa una cantidad de \$9.273.856,28 (Urbina, 2010)
- Gastos de mantenimiento de la planta OTEC \$5.522.160,00 (Diez Pedro Fernández, 2015)

#### **3.3.2. Costos directos y costos indirectos para dos plantas OTEC de 10 MW.**

Los costos directos para dos plantas de 10 MW son los siguientes:

- El costo de cable eléctrico submarino con una cantidad de \$ 50.160.000. (Red Eléctrica de España, 2012)
- Mano de obra directa el cual asciende a \$3.400.000 (Vega L. A., 2010)

Los costos indirectos para dos plantas de 10 MW son los siguientes:

- Buque cisterna para poder distribuir el agua dulce a las Islas Galápagos el cual asciende a \$ 4.800.0000 (Shipned, 2016)
- El costo de transporte del buque con una cantidad de \$200.000 (Shipned, 2016)
- Gastos de seguro para la planta OTEC que representa el 2% del total de la inversión el cual representa una cantidad de \$9.300.418,52 (Urbina, 2010)
- Gastos de mantenimiento de la plantas OTEC \$5.522.160,00 (Diez Pedro Fernández, 2015)

### **3.3.3. Depreciaciones para una planta OTEC de 20 MW**

Las depreciaciones para una planta de 20 MW para los lugares ya hablados anteriormente como son las islas Santa Cruz y San Cristóbal son las siguientes:

- Depreciación por la planta OTEC \$15.151.140,70
- Depreciación por el buque cisterna \$240.000,00
- Depreciación por el cable eléctrico submarino \$7.533.500,00

Es fundamental tomar en cuenta las depreciaciones para cualquier proyecto de factibilidad, ya que nos dan un punto de vista real

### **3.3.4. Depreciaciones para dos plantas OTEC de 10 MW**

Las depreciaciones para dos plantas de 10 MW para los lugares ya hablados anteriormente como son las islas Santa Cruz y San Cristóbal son las siguientes:

- Depreciación por la planta OTEC \$20.243.046,30
- Depreciación por el buque cisterna \$240.000,00
- Depreciación por el cable eléctrico submarino \$2.508.000,00

Según (Vega L. A., 2010) una planta OTEC tiene una vida útil de 20 años así como sus demás componentes es por ello que las depreciaciones se han realizado para 20

años, el valor de la depreciación del cable eléctrico es menor en las dos planta OTEC debido a que en este caso las islas tienen pocos km al mencionado cable

### **3.4.Total de la inversión**

#### **3.4.1. Total de la inversión para una planta OTEC de 20MW.**

Para determinar la inversión total requerida para una planta de 20MW que abastecerá de energía eléctrica y agua dulce para las islas Santa Cruz y San Cristóbal se adquiere la información elaborada anteriormente en la tabla 9 en la cual se aprecia que el total de la inversión asciende a \$ 458.492.814,00

#### **3.4.2. Total de la inversión para dos plantas OTEC de 10 MW.**

Para determinar la inversión total requerida para dos plantas de 10MW que abastecerá de energía eléctrica y agua para las islas Santa Cruz y San Cristóbal se adquiere la información elaborada anteriormente en la tabla 10 en la cual se aprecia que el total de la inversión asciende a \$459.820.926,00

Se puede apreciar que si se realiza el proyecto en el escenario que se debe invertir más dinero es en las dos plantas OTEC de 10 MW ubicadas en las islas Santa Cruz y San Cristóbal.

### **3.5.Financiamiento**

Los diferentes proyectos de energías renovables que existen actualmente en el Archipiélago de Galápagos cuentan con aportes no reembolsables del Fondo mundial para el Ambiente (GEF) y de la Fundación de las Naciones Unidas como parte del esfuerzo conjunto de la comunidad internacional por preservar el ecosistema de las islas, del mismo modo el Gobierno Nacional a través del Ministerio de Electricidad y Energía Renovables contribuye también con el financiamiento de este tipo de proyectos. (Energía Renovable de Galapagos (ERGAL), 2016)

Sin embargo al ser un proyecto con un alto costo de capital en comparación a los demás proyectos existentes de energías renovables en Galápagos, ante esta incertidumbre por la gran inversión y al tratarse de un estudio de prefactibilidad económica se considera que el total de la inversión será financiada por un préstamo reembolsable con un interés del 10% a una institución internacional como podría ser el Banco Mundial.

### 3.6. Ingresos del proyecto

#### 3.6.1. Ingresos por generación eléctrica

Para estimar los ingresos monetarios por la producción y venta de energía eléctrica en las islas Santa Cruz y San Cristóbal se establece que la misma será vendida un valor de 17 ctvs. De dólar el kwh, este precio es la tarifa promedio residencial establecida en las islas Galápagos por la empresa eléctrica competente. (ELECGALAPAGOS, 2015).

Tanto en el escenario 1 como en el 2 se establece que toda la energía eléctrica producida será vendida trabajando al 100% de la capacidad instalada, por lo tanto los ingresos serán iguales en ambos escenarios.

**Tabla 10**

*Ingresos Por Comercialización de Energía Electricidad*

Capacidad (MW)	Costo (KWH)	Producción (KWH)	Total
20	\$ 0,17	\$ 172.800.000,00	<b>\$ 29.376.000,00</b>

*Nota:* Tomado de (ELECGALAPAGOS, 2015)

Como se observa en la tabla 10 el ingreso por la venta de energía asciende a \$29.376.000,00 dólares mismo valor que será usado para ambos escenarios.

#### 3.6.2. Ingreso por la producción y comercialización de agua dulce.

Al igual que con la energía eléctrica, las plantas OTEC se encuentran en capacidad de producir agua dulce, superando incluso la demanda del líquido vital existente en las



Islas Galápagos para el uso humano, sin embargo no es posible comercializar toda el agua producida por la central OTEC, esto debido a que no es viable transportar grandes cantidades de agua desde la plataforma a las costas ya que la única alternativa posible para el transporte es el uso de buques cisternas, por este motivo solo se venderá el agua requerida por las islas únicamente destinada al consumo humano.

Se establece el precio del m<sup>3</sup> de agua dulce de OTEC en 7,25 dólares, este precio es la tarifa promedio que se cobra en Galápagos, el precio se mantendrá a pesar de que esta agua será de mejor calidad que la que suministran actualmente los municipios. (Maria Fernanda Reyes, 2014)

**Tabla 11**

*Ingresos por agua dulce para consumo humano*

Capacidad m <sup>3</sup> /año	Consumo (m <sup>3</sup> /año)	Costo (m <sup>3</sup> /año)	Total
25200000	1320554,03	\$ 7,25	<b>\$ 9.574.016,72</b>

Nota: Tomado de (Maria Fernanda Reyes, 2014)

### **3.6.3. Ingreso por medio ambiente**

Los ingresos por medio ambiente que podrá generar un proyecto de estas características en las islas Galápagos son muy considerables, teniendo en cuenta la importancia de las islas y la supuesta reducción de más del 80% de gases de efecto invernadero con la puesta en marcha de este proyecto.

Sin embargo es muy difícil poder llevar todo este beneficio a valores monetarios, en este caso se usara únicamente los mecanismos del protocolo de Kyoto, específicamente el comercio de derecho de emisión o comercio de carbono, el cual establece que los países que tengan unidades de emisión de sobra (emisiones que tienen permitidas pero a las que no llegan) vendan ese exceso de capacidad a países que sobrepasan sus metas. De esta manera se creó un nuevo producto básico en forma de reducciones o eliminaciones de las emisiones. Puesto que el dióxido de carbono es el principal gas de

efecto invernadero, se habla simplemente del comercio de carbono, este gas está sometido a los mismos seguimientos y transacciones comerciales que cualquier otro producto básico, lo que se conoce como mercado del carbono.

Se espera que el precio promedio de la tonelada de CO<sub>2</sub> en el 2017 sea \$5,21 dólares según (SENDECO2, 2017), valor que se usa para calcular el ingreso por medio ambiente en los dos escenarios.

**Tabla 12**

*Ingresos por medio ambiente*

Promedio del costo tn CO <sub>2</sub> (2017-2015)	Tonelada de CO <sub>2</sub> no emitida	Total
5,21	39.382,14	\$ 205.180,95

*Nota:* Datos alcanzados en el estudio

Como se muestra en la tabla anterior los ingresos por medio ambiente son de 205.180,95 millones de dólares, este ingreso es el mismo para los dos escenarios debido a que en los dos casos se reducen el mismo número de toneladas de CO<sub>2</sub>.

#### **3.6.4. Ingreso por ahorro de diésel.**

En los dos escenarios para plantas OTEC se pretende reemplazar por completo la utilización de combustibles fósiles para la producción de energía eléctrica, como se estableció anteriormente el diésel demandado por las islas asciende a más de 3.333.224,90 galones, el precio del galón de diésel internacionalmente se estima en 1,62 dólares, obteniéndose un ahorro de \$5.399.824,34 el cual será igual para los dos escenarios.

**Tabla 13**

*Ingresos por ahorro de diésel*

Costo del Galón Diésel	Galones de Diésel consumidos	total
1,62	3.333.224,90	\$5.399.824,34

*Nota:* Datos alcanzados en el estudio

### **3.7. Evaluación económica**

#### **3.7.1. Valor actual neto de los dos escenarios**

Después del respectivo flujo de fondos elaborado para una planta de 20 MW con una vida útil de 20 años, se aplica la metodología económica del Valor Actual Neto como se mencionó en el capítulo 2 que da como resultado para el primer escenario los siguientes valores:

**Tabla 14**

*Valor Actual Neto Escenario 1*

VAN 0%	VAN 3%	VAN 10%
US\$36.684.397,17	-US\$86.425.478,28	-US\$241.516.836,71

*Nota:* Datos alcanzados en el estudio

Para este proyecto, en el escenario 1 el VAN a una tasa de interés igual o mayor al 3% representa valores negativos, lo que significa que el proyecto no es rentable a estas tasas de interés

En el caso del segundo escenario después del respectivo flujo de fondos elaborado para dos plantas OTEC de 10MW con una vida útil de 20 años se presentan los siguientes valores:

**Tabla 15**

*Valor Actual Neto Escenario 2*

VAN 0%	VAN 3%	VAN 10%
<b>US\$34.737.899,50</b>	<b>-US\$88.202.821,22</b>	<b>-US\$243.090.251,95</b>

*Nota:* Datos alcanzados en el estudio

Para este proyecto, en el escenario 2 el VAN a una tasa de interés igual o mayor al 3% también representa valores negativos, lo que significa que el proyecto no es rentable a estas tasas de interés.

Debido a los resultados obtenidos en el VAN de ambos escenarios se hará uso de la herramienta económica TIR, para medir el rendimiento de los dos escenarios y obtener mayor información de su rentabilidad.

### **3.7.2. Tasa interna de retorno de los dos escenarios.**

Para tener una mayor idea de la rentabilidad del proyecto se aplica también la metodología de la Tasa Interna de Retorno, dando como resultado para el primer escenario un TIR del 0,77%, y para el segundo escenario un TIR de 0,7%.

### **3.8. Elección del mejor escenario basado en la factibilidad económica.**

Después de utilizar las herramientas financieras en este proyecto de prefactibilidad económica como son el TIR y el VAN, se determina que el mejor escenario económicamente hablando es el escenario 1 “una planta de 20MW para ambas islas”, ya que presenta la Tasa Interna de Retorno más alta con un valor de 0,77%, esto quiere decir que es el único escenario que genera beneficios económicos, por lo tanto es considerado como el mejor de los dos.

Esta Tasa Interna de Retorno del 0,77% significa que el proyecto en el escenario 1 genera un rendimiento, o lo que es lo mismo, que genera (o aporta) una riqueza del 0,77 % de su inversión.

#### **4. Capítulo iv: Resultados conclusiones y recomendaciones.**

##### **4.1. Resultados**

Tras el estudio de prefactibilidad realizado se demostró que el escenario 1 “Una Planta OTEC de 20MW para las Islas Santa Cruz y San Cristóbal” es mejor y podría ser económicamente sustentable, ya que recupera la inversión y genera un rendimiento del 0,77%. Sin embargo genera pocos beneficios para ser considerado económicamente rentable. En el ámbito social, el proyecto de generación de Energía Maremotérmica tiene beneficios positivos vendiendo energía eléctrica y agua dulce a precios sociales, además en el ámbito económico,

Adicionalmente se debe considerar las externalidades positivas que genera el proyecto como la reducción de la emisión de gases contaminantes y de efecto invernadero que se producen por la utilización de diésel eléctrico para la generación de energía, estos gases afectan a la flora y fauna de las Islas Galápagos, que es considerado como uno de los más diversos y únicos del mundo. Consecuentemente se disminuye el riesgo de la contaminación causada por los derrames de crudo en el océano, al momento de transportar el diésel desde el continente hasta el archipiélago, cuyo efecto adverso tiene costos considerablemente elevados en cuanto a limpieza, mas no se puede poner un valor a las especies que no sobreviven a este tipo de atentados.

Sin embargo es importante mencionar que al tratarse de un estudio de prefactibilidad y la incursión de una nueva tecnología para la generación de la energía limpia, se podrían generar costos adicionales referentes a la preservación del medio ambiente los cuales encarecerían el proyecto, esto debido a que en el Archipiélago nunca se han desarrollado proyectos similares, y al tratarse de un ecosistema único en el mundo considerado como patrimonio natural de la humanidad, no se puede comparar directamente con otros lugares ya que no existe en el mundo un ecosistema parecido al

del Archipiélago de Galápagos en donde ya exista la tecnología OTEC, ni plantas de 20MW de potencia instalada.

#### **4.2. Conclusiones:**

- El Archipiélago de Galápagos es un ecosistema único en el mundo, su flora y fauna son invaluableles por lo tanto se deben hacer esfuerzos en encontrar fuentes de generación de energía limpia y renovable para la preservación del mismo.
- Existe un crecimiento constante de la población en las Islas Galápagos, el mismo que en los últimos años es del 1.8%, el sector turístico en los próximos años seguirá aumentando generando un incremento en la demanda de servicios básicos como la energía eléctrica y el agua potable, sin lugar a duda esta situación obliga a las autoridades competentes a buscar nuevas fuentes de generación que sean amigables con el medio ambiente.
- En Galápagos existen pocas fuentes naturales de agua dulce, debido a sus condiciones hidrográficas, sus habitantes en la mayoría de los casos no tienen acceso al agua potable y usan el agua salobre de pozos y grietas para satisfacer sus necesidades básicas, generalmente recurren al consumo de agua embotellada que es comercializada por empresas privadas a valores considerablemente altos.
- En Galápagos más del 80% de la energía eléctrica es producida por la generación térmica consumiendo grandes cantidades de diésel.
- El Archipiélago de Galápagos es un lugar apto para el desarrollo de la energía maremotérmica, gracias a su ubicación ecuatorial, las aguas que rodean las Islas presentan la temperatura necesaria y las condiciones batimétricas para que funcione la tecnología OTEC, según las condiciones mencionadas

anteriormente se podrían establecer en Galápagos Plantas OTEC flotantes y en tierra.

- Actualmente existen proyectos de generación de energía limpia en las Islas Galápagos sin embargo estas al depender de la luz solar y el viento, no pueden ser consideradas de generación base, por lo tanto a pesar de que existan estos proyectos se sigue recurriendo a la quema de combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica.
- Actualmente en las Islas Galápagos para la producción de energía eléctrica se utilizan 3.333.224,9 Galones de diésel al año produciendo 39.382,14 Tn CO<sub>2</sub>
- Un estudio realizado por la Cámara Provincial de Galápagos ha demostrado que de extinguirse la flora y fauna de las Islas Encantadas, el 75% de los turistas no considerarían visitarlas. Por esta razón, es importante buscar fuentes de generación de energía limpia y amigable con el medio ambiente para garantizar la mayor fuente de ingreso de la población de Galápagos.
- Con la implantación de la tecnología OTEC en Galápagos y su uso prolongado se podrá llegar a sustituir más del 80% de la generación de energía térmica por energía limpia y amigable con el medio ambiente.
- Para el escenario 1, la tasa interna de retorno es del 0,77% y para el escenario 2 es del 0,7% es por esto que se determinó como mejor escenario a la alternativa 1

#### **4.3. Recomendaciones.**

- Para futuros proyectos de investigación del uso de la tecnología OTEC en Galápagos se debe considerar en los costos capitales un porcentaje destinado a la protección del medio ambiente dado a las condiciones especiales del ecosistema en las Islas, para obtener resultados económicos más precisos.

- Para futuros ingresos al proyecto se puede implementar un impuesto destinado a la preservación del medio ambiente de Galápagos por la utilización de una planta de energía maremotérmica, mismo ingresos que servirán para solventar el proyecto.
- Debido al frágil ecosistema de Galápagos y a sus actuales sistemas de generación eléctrica, el Gobierno Ecuatoriano debe incrementar medidas migratorias más estrictas para controlar el actual crecimiento poblacional que se vive en el Archipiélago, para poder disminuir la creciente demanda de servicios básicos que se enfrentan actualmente.
- Para futuros trabajos de investigación, la tecnología OTEC puede generar otros beneficios para las Islas Galápagos como son, la climatización para hogares y para el sector turístico, el agua salobre resultante de la operación de una planta OTEC también puede ser utilizada como medio de cultivo para especies marinas, por sus grandes propiedades nutricionales pudiendo beneficiar al sector destinado a la acuicultura.
- Es importante buscar mecanismos para salvaguardar los patrimonios naturales de la humanidad, creando conciencia en la población mundial y nacional que la conservación de las Islas Galápagos es tarea de todos.



## Trabajos citados

Aldo, R. M. (Diciembre de 2013). *Evaluacion del potencial maremotermico en la costa norte y sur del estado de veracruz*. Obtenido de Evaluacion del potencial

maremotermico en la costa norte y sur del estado de veracruz:

<http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/41979/1/RomeroMoyaAldo.pdf>

Alternas, I. d.-U. (Junio de 2014). *Plantas OTEC*. Obtenido de Plantas OTEC:

<http://proyectos2.iingen.unam.mx/IIDEA/plantas.html>

Andrea Eras Almeida, R. C. (2014). *Influencia de las cocinas de inducción en las sistemas de generación de las Islas Galápagos*. Obtenido de Influencia de las cocinas de inducción en las sistemas de generación de las Islas Galápagos:

[http://www.academia.edu/12491899/INFLUENCIA\\_DE\\_LAS\\_COCINAS\\_DE\\_INDUCCI%C3%93N\\_EN\\_LOS\\_SISTEMAS\\_DE\\_GENERACI%C3%93N\\_DE\\_LAS\\_ISLAS\\_GAL%C3%81PAGOS](http://www.academia.edu/12491899/INFLUENCIA_DE_LAS_COCINAS_DE_INDUCCI%C3%93N_EN_LOS_SISTEMAS_DE_GENERACI%C3%93N_DE_LAS_ISLAS_GAL%C3%81PAGOS)

BBC Mundo. (12 de Junio de 2015). *¿Cuanto cuesta vivir en las Islas Galápagos?*

Obtenido de ¿Cuanto cuesta vivir en las Islas Galápagos?:

[http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/06/150612\\_ecuador\\_galapagos\\_costo\\_vida\\_protestas\\_correa\\_aw](http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/06/150612_ecuador_galapagos_costo_vida_protestas_correa_aw)

Bellostes, A. M. (15 de mayo de 2013). *Auto Consumo y Energias Renovables*.

Obtenido de Auto Consumo y Energias Renovables:

<http://www.autoconsumamos.com/que-es-el-lcoe-y-como-calcularlo/>

BJ Kleute, G. D. (Mayo de 2009). *Diseño de una central eléctrica OTEC de 10 MW*.

Obtenido de Diseño de una central eléctrica OTEC de 10 MW:

[https://www.researchgate.net/profile/K\\_Hemmes/publication/43667495\\_Design\\_of\\_an\\_10MW\\_OTEC\\_Power\\_Plant/links/02e7e51ee397b88abb000000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/K_Hemmes/publication/43667495_Design_of_an_10MW_OTEC_Power_Plant/links/02e7e51ee397b88abb000000.pdf)

- Carolina Herrera, R. R. (junio de 2012). *El costo nivelado de energía y el futuro de la energía no renovable en Chile*. Obtenido de El costo nivelado de energía y el futuro de la energía no renovable en Chile:  
<http://www.laondaverde.org/laondaverde/international/files/chile-LCOE-report-sp.pdf>
- Comision Nacional del Derecho del Mar(CNDM), I. d. (2009). *Geología Marina, Geofísica Marina, Ecuador, Galápagos, Sísmica, Plataforma del Ecuador*. Obtenido de Geología Marina, Geofísica Marina, Ecuador, Galápagos, Sísmica, Plataforma del Ecuador: [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/divers12-04/010051349.pdf](http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers12-04/010051349.pdf)
- Cruceros, G. (2011 de Junio de 2011). *Islas Galapagos*. Obtenido de Islas Galapagos:  
<http://www.galapagoscruceros.ec/galapagos-islas.html>
- Descubriendo Galapagos . (17 de MARZO de 2016). *Turismo Sostenible*. Obtenido de Turismo Sostenible:  
<http://descubriendogalapagos.ec/descubre/ecodesarrollo/turismo-sostenible/el-impacto-del-turismo/>
- Diez Pedro Fernández. (Septiembre de 2015). *Energía maremotérmica*. Obtenido de Energía maremotérmica: <https://es.scribd.com/document/20238885/energia-maremotermica>
- Donny Achiruddin, K. S. (Abril de 1997). *Estudio de vaibilidad de plantas OTE en Indonesia*. Obtenido de Estudio de vaibilidad de plantas OTE en Indonesia:  
[http://ci.nii.ac.jp/els/110007627692.pdf?id=ART0009446903&type=pdf&lang=en&host=cinii&order\\_no=&ppv\\_type=0&lang\\_sw=&no=1479018210&cp=](http://ci.nii.ac.jp/els/110007627692.pdf?id=ART0009446903&type=pdf&lang=en&host=cinii&order_no=&ppv_type=0&lang_sw=&no=1479018210&cp=)
- Econlink. (26 de Junio de 2016). *Flujo de Fondos* . Obtenido de Flujo de Fondos :  
<http://www.econlink.com.ar/tributaria/flujosfondos>

Ecostravel. (22 de Mayo de 2016). *Transporte en las Islas Galápagos*. Obtenido de

Transporte en las Islas Galápagos:

<http://www.ecostravel.com/ecuador/galapagos/transporte/>

Ecuador Costa Aventura . (13 de OCTUBRE de 2016). *HISTORIA DE LAS*

*GALAPAGOS*. Obtenido de HISTORIA DE LAS GALAPAGOS:

<http://ecuadorcostaaventura.com/galapagos/historia.html>

Eduambiental, C. (20 de Agosto de 2010). *Energia Maremotérmica*. Obtenido de

Energia Maremotérmica:

<http://comunidad.eduambiental.org/file.php/1/curso/contenidos/docpdf/capitulo24.pdf>

ELECGALAPAGOS. (2015). *Costo medio USD/kwh*. Obtenido de Costo medio

USD/kwh:

[http://www.elecgalapagos.com.ec/sites/default/files/Anexo%20pliego\\_unico%20-%20%20impl%20decreto%20797.pdf](http://www.elecgalapagos.com.ec/sites/default/files/Anexo%20pliego_unico%20-%20%20impl%20decreto%20797.pdf)

Energia Chi-Cuadrado. (26 de Noviembre de 2016). *El LCOE (Costo nivelado de*

*energia)*. Obtenido de El LCOE (Costo nivelado de energia):

<https://energiachicuadrado.com/2012/11/26/el-lcoe-levelized-costs-of-energy/>

Energia Renovable de Galapagos (ERGal). (29 de Julio de 2016). *Línea base situación*

*de la generación convencional térmica* . Obtenido de Línea base situación de la

generación convencional térmica : <http://www.ergal.org/cms.php?c=1285>

Estatales, Corporación Dominicana de Empresas Eléctricas, Francisco H. Núñez

Ramírez. (2012). *INTERCONEXION ELECTRICA POR MEDIO DE CABLE*

*SUBMARINO ENTRE LOS SISTEMAS ELECTRICOS DE REPUBLICA*

*DOMINICANA Y PUERTO RICO*. Republica Dominicana .

- Francisco Antonio Ramos Garcia, A. G. (29 de Marzo de 2014). *Electricidad en el Océano*. Obtenido de Electricidad en el Océano:  
<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia29/HTML/articulo14.htm>
- Fundacion Charles Darwin . (Junio de 2015). *Usos, percepciones y manejo de agua en Galapagos*. Obtenido de Usos, percepciones y manejo de agua en Galapagos:  
<https://www.galapagos.org/wp-content/uploads/2013/06/2013-9-HUMAN-SYS-water-mgmt.tephany-grenier-orellana.pdf>
- Galápagos, E. R. (3 de Julio de 2011). *Mapa del Archipiélago*. Obtenido de Mapa del Archipiélago: <http://www.ergal.org/cms.php?c=1233>
- Galápagos, E. y. (2006). *Ecuador y Galápagos* . Obtenido de Ecuador y Galápagos :  
<http://zepilot.pagesperso-orange.fr/equateur/index.html>
- Garcia, M. I. (2008). *Cálculo energético de ciclos de conversión de energía térmica del oceano rankine simple. Optimización de la presión a la entrada de la turbina*. Obtenido de Cálculo energético de ciclos de conversión de energía térmica del oceano rankine simple. Optimización de la presión a la entrada de la turbina:  
<http://monografias.umcc.cu/monos/2008/facultad%20Quimica-Mecanica/m0882.pdf>
- Geoestadística en Agronomía. (17 de Diciembre de 2015). *Isobata de la profundidad del agua*. Obtenido de Isobata de la profundidad del agua:  
<https://geoestadisticaagronomica.wordpress.com/2014/06/06/isobata-de-la-profundidad-de-agua/>
- Geotecnicos, A. I. (Septiembre de 2016). *Batimetría*. Obtenido de Batimetría:  
[http://www.aig-instrumentos.com/portfolio\\_item/batimetria/](http://www.aig-instrumentos.com/portfolio_item/batimetria/)

Gobernacion de Galapagos . (21 de Febrero de 2015). *Gobernacion de Galápagos*.

Obtenido de Gobernacion de Galápagos:

<https://www.youtube.com/watch?v=jenGW0nYpcU>

Gobierno del Regimen especial de Galapagos. (2013). *Proyecto de Agua Potables para*

*las Islas Galapagos*. Obtenido de Proyecto de Agua Potables para las Islas

Galapagos: [http://www.gobiernogalapagos.gob.ec/nuevo-sistema-de-agua-](http://www.gobiernogalapagos.gob.ec/nuevo-sistema-de-agua-potable-para-san-cristobal/)

[potable-para-san-cristobal/](http://www.gobiernogalapagos.gob.ec/nuevo-sistema-de-agua-potable-para-san-cristobal/)

INEC. (10 de Noviembre de 2016). *Censo de poblacion y vivienda en Galápagos 2015*.

Obtenido de Censo de poblacion y vivienda en Galápagos 2015:

<http://www.ecuadorencifras.gob.ec/galapagos-tiene-25-244-habitantes-segun-censo-2015/>

INOCAR. (8 de Agosto de 2014). *CAPITULO IV ISLAS GALAPAGOS*. Obtenido de

CAPITULO IV ISLAS GALAPAGOS:

[http://www.inocar.mil.ec/docs/derrotero/derrotero\\_cap\\_VI.pdf](http://www.inocar.mil.ec/docs/derrotero/derrotero_cap_VI.pdf)

Instituto Nacional de Estadisticas Y Censo (INEC). (10 de Noviembre de 2016).

*Galápagos tiene 25.244 habitantes según censo 2015*. Obtenido de Galápagos

tiene 25.244 habitantes según censo 2015:

<http://www.ecuadorencifras.gob.ec/galapagos-tiene-25-244-habitantes-segun-censo-2015/>

Jorge Llorente Bousquets, J. J. (2001). *Introduccion a la Biogeografia en*

*Latinoamerica: Teorias, conceptos, Metodos y aplicaciones*. Mexico D.F.: Las

prensas de ciencias.

Kenneth Wark, D. E. (2011). *Termodinamica*. Mac Graw Hill.

- LastMinutes, G. (28 de junio de 2014). *Informacion de las Islas* . Obtenido de informacion de las islas: <http://galapagoslastminutes.com/es/information-galapagos/informacion-de-las-islas/>
- Leon, A. P. (10 de Septiembre de 2013). *Uso combinado de la tecnologia OTEC con calores residuales y/o disponibles para la produccion de agua desalinizada, en la mezeta industrial de Matanza*. Obtenido de Uso combinado de la tecnologia OTEC con calores residuales y/o disponibles para la produccion de agua desalinizada, en la mezeta industrial de Matanza: [http://catedragc.mes.edu.cu/download/tesis\\_de\\_diploma\\_/2013/TD-AilynP%C3%A9rezLe%C3%B3n.pdf](http://catedragc.mes.edu.cu/download/tesis_de_diploma_/2013/TD-AilynP%C3%A9rezLe%C3%B3n.pdf)
- Levitus, S. T. (Marzo de 1994). *World Ocean Atlas* . Obtenido de World Ocean Atlas : <https://www.nodc.noaa.gov/OC5/indpub.html>
- LEY ORGANICA DE REGIMEN ESPECIAL DE LA PROVINCIA DE GALAPAGOS. (11 de Junio de 2015). *Ley Orgánica de régimen especial de la provincia de Galápagos* . Obtenido de Ley Orgánica de régimen especial de la provincia de Galápagos : <http://www.turismo.gob.ec/wp-content/uploads/2016/04/LOREG-11-06-2015.pdf>
- Luis Alberto Linares, D. C. (2012). *Propuesta de acoplamiento de la Central Termoelectrica "Antonio Guiteras Holmes" a una industria OTEC*. Obtenido de Propuesta de acoplamiento de la Central Termoelectrica "Antonio Guiteras Holmes" a una industria OTEC: [http://catedragc.mes.edu.cu/download/tesis\\_de\\_diploma\\_/2012/TD-LuisAlbertoLinaresIzquierdo.pdf](http://catedragc.mes.edu.cu/download/tesis_de_diploma_/2012/TD-LuisAlbertoLinaresIzquierdo.pdf)
- Maria Fernanda Reyes, N. T. (Septiembre de 2014). *Evaluación del suministro de agua en la Isla Santa Cruz: Una perspectiva general técnica sobre la provision y*

*demanda valorada de agua* . Obtenido de Evaluación del suministro de agua en la Isla Santa Cruz: Una perspectiva general técnica sobre la provision y demanda valorada de agua: [https://www.galapagos.org/wp-content/uploads/2015/08/InformeGalapagos\\_2013-2014-7-Reyes-article.pdf](https://www.galapagos.org/wp-content/uploads/2015/08/InformeGalapagos_2013-2014-7-Reyes-article.pdf)

Marine, A. (12 de Mayo de 2016). *Cartografía Náutica*. Obtenido de Cartografía Náutica: <http://www.azimutmarine.es/nautica/cartografia-nautica>

Ministerio coordinador de seguridad. (2016). *Ecuador define sus límites marítimos con Costa Rica*. Obtenido de Ecuador define sus límites marítimos con Costa Rica: <http://www.seguridad.gob.ec/>

Ministerio de electricidad y energia renovable . (10 de Noviembre de 2016). *Rendicion de cuentas 2015*. Obtenido de Rendicion de cuentas 2015: <http://www.energia.gob.ec/biblioteca/>

Ministerio de electricidad y energia renovable. (7 de Septiembre de 2013). *Cero combustibles Fósiles Galápagos*. Obtenido de Cero combustibles Fósiles Galápagos: <http://www.energia.gob.ec/cero-combustibles-fosiles-en-galapagos-2/>

Ministerio de Relaciones Exteriores y movilidad . (2007). *UNESCO inscribe a las islas Galápagos en la lista de patrimonios en peligro*. Obtenido de UNESCO inscribe a las islas Galápagos en la lista de patrimonios en peligro: <http://www.cancilleria.gob.ec/unesco-inscribe-a-las-islas-galapagos-en-la-lista-de-patrimonios-en-peligro/>

Ministerio del Ambiente (MAE). (2013). *Factor de Emision de CO2 del sistema Nacional Interconectado del Ecuador*. Obtenido de Factor de Emision de CO2 del sistema Nacional Interconectado del Ecuador.:

<http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/03/Factor-de-emisi%C3%B3n-2013-PUBLICADO.pdf>

Ministerio del Ambiente. (31 de Marzo de 2016). *Galápagos celebra 36 años como Patrimonio Natural de la Humanidad*. Obtenido de Galápagos celebra 36 años como Patrimonio Natural de la Humanidad:

<http://www.ambiente.gob.ec/galapagos-celebra-36-anos-como-patrimonio-natural-de-la-humanidad/>

MUNDO, B. (21 de Agosto de 2015). *La lista de los mejores destinos turísticos*.

Obtenido de La lista de los mejores destinos turísticos:

[http://www.bbc.com/mundo/video\\_fotos/2015/08/150820\\_ultimate\\_guide\\_lonel\\_y\\_planet\\_lugares\\_gtg](http://www.bbc.com/mundo/video_fotos/2015/08/150820_ultimate_guide_lonel_y_planet_lugares_gtg)

Nassir Sapag Chain, R. S. (2008). *Preparacion y Evaluacion de Proyectos*. Obtenido de Preparacion y Evaluacion de Proyectos: <http://www.grupomera.net/eBooks-PDF/EvaluacionProyectos/Preparacion-Evaluaci%F3n-Proyectos-SAPAG-5ta.pdf>

Proyectos, C. d. (2008). *Metodologia para la evaluacion de proyectos*. Mexico: Banco Nacional de Obras y Sevicios Publicos .

Red Eléctrica de España. (agosto de 2012). *Interconexion Peninsula - Baleares*.

Obtenido de Interconexion Peninsula - Baleares:

<http://www.ree.es/es/actividades/proyectos-singulares/interconexion-peninsula-baleares>

Remtavares. (1 de Julio de 2013). *La energia maremotérmica*. Obtenido de La energia maremotérmica:

<http://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2013/07/01/131927>



- Romero Moya, A. R. (Diciembre de 2013). *Evaluacion del potencial Maremotérmico en Costa Norte y Sur del Estado de Veracruz*. Obtenido de Evaluacion del potencial Maremotérmico en Costa Norte y Sur del Estado de Veracruz:  
<http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/41979/1/RomeroMoyaAldo.pdf>
- SENDECO2. (2017). *Precios de CO2*. Obtenido de Precios de CO2:  
<https://www.sendeco2.com/es/precios-co2>
- Shipned. (16 de Noviembre de 2016). *Shipned*. Obtenido de Shipned:  
<http://www.shipned.com/shiptrader/oil-tanker-ships-for-sale.php>
- Solis Gallo, M. C. (febrero de 2011). *Análisis de los costos y los beneficios económicos de la sustitución de combustibles fósiles para energía renovable para la generación de electricidad*. Obtenido de Análisis de los costos y los beneficios económicos de la sustitución de combustibles fósiles para energía renovable para la generación de electricidad:  
<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/2961/T-PUCE-3454.pdf?sequence=1>
- Sotomayor Cobos, J. P. (2014). *Análisis de la concentración de microorganismos en el agua para consumo humano, en San Cristóbal, Provincia de Galápagos -*. Obtenido de Análisis de la concentración de microorganismos en el agua para consumo humano, en San Cristóbal, Provincia de Galápagos -:  
<http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/4689>
- Upshaw Charles Roberts. (2012). *Analisis de factibilidad termodinamica y economica de una planta (OTEC) de 20 MW de potencia*. Austin Texas.
- Urbina, G. B. (2010). *Evaluacion de Proyectos*. Mexico D.F.: Mac Graw Hill.
- Vaca Urbina, G. (Febrero de 2007). *Fundamentos de la Ingenieria Economica*. Obtenido de Fundamentos de la Ingenieria Economica:

<https://erods.files.wordpress.com/2013/02/fundamentos-de-ingenierc3ada-econ3b3mica-gabriel-baca-urbina.pdf>

Vega, L. A. (Diciembre de 1999). *Conversion Energia Termica del Oceano*. Obtenido de Conversion Energia Termica del Oceano:

<https://books.google.com.ec/books?id=MxAvNBTangIC&pg=PA152&dq=luis+vega+OTEC&hl=es->

[419&sa=X&ved=0ahUKEwiji9X0laXQAhWFbSYKHc0DDyUQ6AEIjAB#v=onepage&q=luis%20vega%20OTEC&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=MxAvNBTangIC&pg=PA152&dq=luis+vega+OTEC&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiji9X0laXQAhWFbSYKHc0DDyUQ6AEIjAB#v=onepage&q=luis%20vega%20OTEC&f=false)

Vega, L. A. (2010). *Economia de la conversion de la energia termica del oceano*

(*OTEC*). Obtenido de Economia de la conversion de la energia termica del oceano (OTEC): [http://hinmrec.hnei.hawaii.edu/wp-](http://hinmrec.hnei.hawaii.edu/wp-content/uploads/2010/01/OTEC-Economics-2010.pdf)

[content/uploads/2010/01/OTEC-Economics-2010.pdf](http://hinmrec.hnei.hawaii.edu/wp-content/uploads/2010/01/OTEC-Economics-2010.pdf)

Villago. (4 de Septiembre de 2011). *Formulacion y Evaluacion de proyectos*. Obtenido de Formulacion y Evaluacion de proyectos:

[http://www.pcmmanagement.es/editorial/management\\_sp/Evaluacion%20y%20fo](http://www.pcmmanagement.es/editorial/management_sp/Evaluacion%20y%20formulacion%20de%20proyectos.pdf)  
[mulacion%20de%20proyectos.pdf](http://www.pcmmanagement.es/editorial/management_sp/Evaluacion%20y%20formulacion%20de%20proyectos.pdf)

## ANEXOS

### ANEXO 1: TABLA DE AMORTIZACIÓN DE UNA PLANTA OTEC

#### FLOTANTE DE 20 MW

<b>Tabla de Amortización</b>				
<b>Periodo</b>	<b>Interés</b>	<b>Cuota</b>	<b>Capital pagado</b>	<b>Saldo capital</b>
<b>0</b>				\$458.492.814,00
<b>1</b>	\$ 45.849.281,40	\$ 53.854.393,89	\$ 8.005.112,49	\$450.487.701,51
<b>2</b>	\$ 45.048.770,15	\$ 53.854.393,89	\$ 8.805.623,74	\$441.682.077,76
<b>3</b>	\$ 44.168.207,78	\$ 53.854.393,89	\$ 9.686.186,12	\$431.995.891,65
<b>4</b>	\$ 43.199.589,16	\$ 53.854.393,89	\$ 10.654.804,73	\$421.341.086,92
<b>5</b>	\$ 42.134.108,69	\$ 53.854.393,89	\$ 11.720.285,20	\$409.620.801,72
<b>6</b>	\$ 40.962.080,17	\$ 53.854.393,89	\$ 12.892.313,72	\$396.728.488,00
<b>7</b>	\$ 39.672.848,80	\$ 53.854.393,89	\$ 14.181.545,09	\$382.546.942,90
<b>8</b>	\$ 38.254.694,29	\$ 53.854.393,89	\$ 15.599.699,60	\$366.947.243,30
<b>9</b>	\$ 36.694.724,33	\$ 53.854.393,89	\$ 17.159.669,56	\$349.787.573,73
<b>10</b>	\$ 34.978.757,37	\$ 53.854.393,89	\$ 18.875.636,52	\$330.911.937,21
<b>11</b>	\$ 33.091.193,72	\$ 53.854.393,89	\$ 20.763.200,17	\$310.148.737,04
<b>12</b>	\$ 31.014.873,70	\$ 53.854.393,89	\$ 22.839.520,19	\$287.309.216,85
<b>13</b>	\$ 28.730.921,69	\$ 53.854.393,89	\$ 25.123.472,21	\$262.185.744,65
<b>14</b>	\$ 26.218.574,46	\$ 53.854.393,89	\$ 27.635.819,43	\$234.549.925,22
<b>15</b>	\$ 23.454.992,52	\$ 53.854.393,89	\$ 30.399.401,37	\$204.150.523,85
<b>16</b>	\$ 20.415.052,38	\$ 53.854.393,89	\$ 33.439.341,51	\$170.711.182,34
<b>17</b>	\$ 17.071.118,23	\$ 53.854.393,89	\$ 36.783.275,66	\$133.927.906,68
<b>18</b>	\$ 13.392.790,67	\$ 53.854.393,89	\$ 40.461.603,23	\$ 93.466.303,45
<b>19</b>	\$ 9.346.630,35	\$ 53.854.393,89	\$ 44.507.763,55	\$ 48.958.539,90
<b>20</b>	\$ 4.895.853,99	\$ 53.854.393,89	\$ 48.958.539,90	\$ -0,00
	\$618.595.063,87	\$ 1.077.087.877,87	\$458.492.814,00	

**ANEXO 2: FLUJO DE FONDOS PARA UNA PLANTA FLOTANTE OTEC DE 20 MW**

DETALLE	0	1	2	3	4	5	6
<b>INGRESOS</b>		\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01
VENTAS POR INGRESOS INTEGRALES		\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01
<b>COSTOS</b>							
MANO DE OBRA DIRECTA		\$ 3.400.000,00	\$ 3.400.000,00	\$ 3.400.000,00	\$ 3.400.000,00	\$ 3.400.000,00	\$ 3.400.000,00
SEGURO		\$ 9.169.856,28	\$ 9.169.856,28	\$ 9.169.856,28	\$ 9.169.856,28	\$ 9.169.856,28	\$ 9.169.856,28
DEPRECIACION DE LA PLATAFORMA		\$ 15.151.140,70	\$ 15.151.140,70	\$ 15.151.140,70	\$ 15.151.140,70	\$ 15.151.140,70	\$ 15.151.140,70
DEPRECIACION DEL BUQUE		\$ 240.000,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00
DEPRECIACION DEL CABLEADO		\$ 7.533.500,00	\$ 7.533.500,00	\$ 7.533.500,00	\$ 7.533.500,00	\$ 7.533.500,00	\$ 7.533.500,00
GASTO DE MTO, MED AMB		\$ 5.522.160,00	\$ 5.522.160,00	\$ 5.522.160,00	\$ 5.522.160,00	\$ 5.522.160,00	\$ 5.522.160,00
<b>TOTAL DE COSTOS DE FUNCIONAMIENTO</b>		<b>\$ 41.016.656,98</b>	<b>\$ 41.016.656,98</b>	<b>\$ 41.016.656,98</b>	<b>\$ 41.016.656,98</b>	<b>\$ 41.016.656,98</b>	<b>\$ 41.016.656,98</b>
<b>GASTOS</b>							
<b>GASTO DE TRANSPORTE</b>							
TRANSPORTE		\$ 200.000,00	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00
<b>TOTAL GASTOS DE TRANSPORTE</b>		<b>\$ 200.000,00</b>	<b>\$ 200.000,00</b>	<b>\$ 200.000,00</b>	<b>\$ 200.000,00</b>	<b>\$ 200.000,00</b>	<b>\$ 200.000,00</b>
<b>GASTOS FINANCIEROS</b>							
INTERESES PAGADOS		\$ 45.849.281,40	\$ 45.048.770,15	\$ 44.168.207,78	\$ 43.199.589,16	\$ 42.134.108,69	\$ 40.962.080,17
<b>TOTAL GASTOS FINANCIEROS</b>		<b>\$ 45.849.281,40</b>	<b>\$ 45.048.770,15</b>	<b>\$ 44.168.207,78</b>	<b>\$ 43.199.589,16</b>	<b>\$ 42.134.108,69</b>	<b>\$ 40.962.080,17</b>
<b>UTILIDAD</b>		<b>\$ -42.510.916,37</b>	<b>\$ -41.710.405,12</b>	<b>\$ -40.829.842,75</b>	<b>\$ -39.861.224,14</b>	<b>\$ -38.795.743,66</b>	<b>\$ -37.623.715,14</b>
INVERSIONES	\$ -458.492.814,00						
DEPRECIACIONES		\$ 22.924.640,70	\$ 22.924.640,70	\$ 22.924.640,70	\$ 22.924.640,70	\$ 22.924.640,70	\$ 22.924.640,70
AMORTIZACION		\$ 53.854.393,89	\$ 53.854.393,89	\$ 53.854.393,89	\$ 53.854.393,89	\$ 53.854.393,89	\$ 53.854.393,89
PAGO DE CAPITAL		\$ -8.005.112,49	\$ -8.805.623,74	\$ -9.686.186,12	\$ -10.654.804,73	\$ -11.720.285,20	\$ -12.892.313,72
<b>FLUJO DE FONDO NETOS</b>	<b>\$ -458.492.814,00</b>	<b>\$ 26.263.005,73</b>	<b>\$ 26.263.005,73</b>	<b>\$ 26.263.005,73</b>	<b>\$ 26.263.005,73</b>	<b>\$ 26.263.005,73</b>	<b>\$ 26.263.005,73</b>

7	8	9	10	11	12	13
\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01
\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01
\$ 3.400.000,00	\$ 3.400.000,00	\$ 3.400.000,00	\$ 3.400.000,00	\$ 3.400.000,00	\$ 3.400.000,00	\$ 3.400.000,00
\$ 9.169.856,28	\$ 9.169.856,28	\$ 9.169.856,28	\$ 9.169.856,28	\$ 9.169.856,28	\$ 9.169.856,28	\$ 9.169.856,28
\$ 15.151.140,70	\$ 15.151.140,70	\$ 15.151.140,70	\$ 15.151.140,70	\$ 15.151.140,70	\$ 15.151.140,70	\$ 15.151.140,70
\$ 240.000,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00
\$ 7.533.500,00	\$ 7.533.500,00	\$ 7.533.500,00	\$ 7.533.500,00	\$ 7.533.500,00	\$ 7.533.500,00	\$ 7.533.500,00
\$ 5.522.160,00	\$ 5.522.160,00	\$ 5.522.160,00	\$ 5.522.160,00	\$ 5.522.160,00	\$ 5.522.160,00	\$ 5.522.160,00
<b>\$ 41.016.656,98</b>	<b>\$ 41.016.656,98</b>	<b>\$ 41.016.656,98</b>	<b>\$ 41.016.656,98</b>	<b>\$ 41.016.656,98</b>	<b>\$ 41.016.656,98</b>	<b>\$ 41.016.656,98</b>
\$ 200.000,00	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00
\$ 200.000,00	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00
\$ 39.672.848,80	\$ 38.254.694,29	\$ 36.694.724,33	\$ 34.978.757,37	\$ 34.978.757,37	\$ 33.091.193,72	\$ 31.014.873,70
\$ 39.672.848,80	\$ 38.254.694,29	\$ 36.694.724,33	\$ 34.978.757,37	\$ 34.978.757,37	\$ 33.091.193,72	\$ 31.014.873,70
\$ -36.334.483,77	\$ -34.916.329,26	\$ -33.356.359,30	\$ -31.640.392,35	\$ -31.640.392,35	\$ -29.752.828,69	\$ -27.676.508,68
\$ 22.924.640,70	\$ 22.924.640,70	\$ 22.924.640,70	\$ 22.924.640,70	\$ 22.924.640,70	\$ 22.924.640,70	\$ 22.924.640,70
\$ 53.854.393,89	\$ 53.854.393,89	\$ 53.854.393,89	\$ 53.854.393,89	\$ 53.854.393,89	\$ 53.854.393,89	\$ 53.854.393,89
\$ -14.181.545,09	\$ -15.599.699,60	\$ -17.159.669,56	\$ -18.875.636,52	\$ -20.763.200,17	\$ -22.839.520,19	\$ -25.123.472,21
\$ 26.263.005,73	\$ 26.263.005,73	\$ 26.263.005,73	\$ 26.263.005,73	\$ 24.375.442,08	\$ 24.186.685,71	\$ 23.979.053,71

14	15	16	17	18	19	20
\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01
\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01
\$ 3.400.000,00	\$ 3.400.000,00	\$ 3.400.000,00	\$ 3.400.000,00	\$ 3.400.000,00	\$ 3.400.000,00	\$ 3.400.000,00
\$ 9.169.856,28	\$ 9.169.856,28	\$ 9.169.856,28	\$ 9.169.856,28	\$ 9.169.856,28	\$ 9.169.856,28	\$ 9.169.856,28
\$ 15.151.140,70	\$ 15.151.140,70	\$ 15.151.140,70	\$ 15.151.140,70	\$ 15.151.140,70	\$ 15.151.140,70	\$ 15.151.140,70
\$ 240.000,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00
\$ 7.533.500,00	\$ 7.533.500,00	\$ 7.533.500,00	\$ 7.533.500,00	\$ 7.533.500,00	\$ 7.533.500,00	\$ 7.533.500,00
\$ 5.522.160,00	\$ 5.522.160,00	\$ 5.522.160,00	\$ 5.522.160,00	\$ 5.522.160,00	\$ 5.522.160,00	\$ 5.522.160,00
<b>\$ 41.016.656,98</b>	<b>\$ 41.016.656,98</b>	<b>\$ 41.016.656,98</b>	<b>\$ 41.016.656,98</b>	<b>\$ 41.016.656,98</b>	<b>\$ 41.016.656,98</b>	<b>\$ 41.016.656,98</b>
\$ 200.000,00	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00
\$ 200.000,00	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00
\$ 28.730.921,69	\$ 26.218.574,46	\$ 23.454.992,52	\$ 20.415.052,38	\$ 17.071.118,23	\$ 13.392.790,67	\$ 9.346.630,35
\$ 28.730.921,69	\$ 26.218.574,46	\$ 23.454.992,52	\$ 20.415.052,38	\$ 17.071.118,23	\$ 13.392.790,67	\$ 9.346.630,35
\$ -25.392.556,66	\$ -22.880.209,44	\$ -20.116.627,49	\$ -17.076.687,36	\$ -13.732.753,21	\$ -10.054.425,64	\$ -6.008.265,32
\$ 22.924.640,70	\$ 22.924.640,70	\$ 22.924.640,70	\$ 22.924.640,70	\$ 22.924.640,70	\$ 22.924.640,70	\$ 22.924.640,70
\$ 53.854.393,89	\$ 53.854.393,89	\$ 53.854.393,89	\$ 53.854.393,89	\$ 53.854.393,89	\$ 53.854.393,89	\$ 53.854.393,89
\$ -27.635.819,43	\$ -30.399.401,37	\$ -33.439.341,51	\$ -36.783.275,66	\$ -40.461.603,23	\$ -44.507.763,55	\$ -48.958.539,90
\$ 23.750.658,51	\$ 23.499.423,78	\$ 23.223.065,59	\$ 22.919.071,58	\$ 22.584.678,16	\$ 22.216.845,41	\$ 21.812.229,37

### ANEXO 3: DEPRECIACION DE UNA PLATA DE FLOTANTE OTEC DE 20 MW

Detalle	Años de vida util	Valor	1	2	3	4
PLANTA OTEC	20	\$ 303.022.814,00	\$ 15.151.140,70	\$ 15.151.140,70	\$ 15.151.140,70	\$ 15.151.140,70
BUQUE CISTERNA	20	\$ 4.800.000,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00
CABLEADO ELECTRICO SUBMARINO	20	\$ 150.670.000,00	\$ 7.533.500,00	\$ 7.533.500,00	\$ 7.533.500,00	\$ 7.533.500,00
TOTAL		\$ 458.492.814,00	\$ 22.924.640,70	\$ 22.924.640,70	\$ 22.924.640,70	\$ 22.924.640,70

5	6	7	8	9	10	11	12
\$ 15.151.140,70	\$ 15.151.140,70	\$ 15.151.140,70	\$ 15.151.140,70	\$ 15.151.140,70	\$ 15.151.140,70	\$ 15.151.140,70	\$ 15.151.140,70
\$ 240.000,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00
\$ 7.533.500,00	\$ 7.533.500,00	\$ 7.533.500,00	\$ 7.533.500,00	\$ 7.533.500,00	\$ 7.533.500,00	\$ 7.533.500,00	\$ 7.533.500,00
\$ 22.924.640,70	\$ 22.924.640,70	\$ 22.924.640,70	\$ 22.924.640,70	\$ 22.924.640,70	\$ 22.924.640,70	\$ 22.924.640,70	\$ 22.924.640,70

13	14	15	16	17	18	19	20
\$ 15.151.140,70	\$ 15.151.140,70	\$ 15.151.140,70	\$ 15.151.140,70	\$ 15.151.140,70	\$ 15.151.140,70	\$ 15.151.140,70	\$ 15.151.140,70
\$ 240.000,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00
\$ 7.533.500,00	\$ 7.533.500,00	\$ 7.533.500,00	\$ 7.533.500,00	\$ 7.533.500,00	\$ 7.533.500,00	\$ 7.533.500,00	\$ 7.533.500,00
\$ 22.924.640,70	\$ 22.924.640,70	\$ 22.924.640,70	\$ 22.924.640,70	\$ 22.924.640,70	\$ 22.924.640,70	\$ 22.924.640,70	\$ 22.924.640,70

**ANEXO 4: TABLA DE AMORTIZACIÓN PARA DOS PLANTAS OTEC**

**FLOTANTES DE 10 MW**

*Tabla de amortización*

<i>Periodo</i>	Interés	Cuota	Capital pagado	Saldo capital
0				\$459.820.926,00
1	\$ 45.982.092,60	\$ 54.010.393,43	\$ 8.028.300,83	\$451.792.625,17
2	\$ 45.179.262,52	\$ 54.010.393,43	\$ 8.831.130,91	\$442.961.494,26
3	\$ 44.296.149,43	\$ 54.010.393,43	\$ 9.714.244,00	\$433.247.250,25
4	\$ 43.324.725,03	\$ 54.010.393,43	\$ 10.685.668,41	\$422.561.581,85
5	\$ 42.256.158,18	\$ 54.010.393,43	\$ 11.754.235,25	\$410.807.346,60
6	\$ 41.080.734,66	\$ 54.010.393,43	\$ 12.929.658,77	\$397.877.687,83
7	\$ 39.787.768,78	\$ 54.010.393,43	\$ 14.222.624,65	\$383.655.063,18
8	\$ 38.365.506,32	\$ 54.010.393,43	\$ 15.644.887,11	\$368.010.176,07
9	\$ 36.801.017,61	\$ 54.010.393,43	\$ 17.209.375,82	\$350.800.800,25
10	\$ 35.080.080,02	\$ 54.010.393,43	\$ 18.930.313,41	\$331.870.486,84
11	\$ 33.187.048,68	\$ 54.010.393,43	\$ 20.823.344,75	\$311.047.142,09
12	\$ 31.104.714,21	\$ 54.010.393,43	\$ 22.905.679,22	\$288.141.462,87
13	\$ 28.814.146,29	\$ 54.010.393,43	\$ 25.196.247,14	\$262.945.215,73
14	\$ 26.294.521,57	\$ 54.010.393,43	\$ 27.715.871,86	\$235.229.343,87
15	\$ 23.522.934,39	\$ 54.010.393,43	\$ 30.487.459,04	\$204.741.884,83
16	\$ 20.474.188,48	\$ 54.010.393,43	\$ 33.536.204,95	\$171.205.679,88
17	\$ 17.120.567,99	\$ 54.010.393,43	\$ 36.889.825,44	\$134.315.854,44
18	\$ 13.431.585,44	\$ 54.010.393,43	\$ 40.578.807,99	\$ 93.737.046,45
19	\$ 9.373.704,64	\$ 54.010.393,43	\$ 44.636.688,79	\$ 49.100.357,66
20	\$ 4.910.035,77	\$ 54.010.393,43	\$ 49.100.357,66	\$ -0,00
	\$620.386.942,61	\$ 1.080.207.868,61	\$459.820.926,00	



**ANEXO 5: FLUJO DE FONDOS PARA DOS PLANTAS FLOTANTES OTEC DE 10 MW**

DETALLE	0	1	2	3	4	5	6
<b>INGRESOS</b>		\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01
Ventas por Ingresos integrales		\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01
<b>COSTOS</b>							
Mano de Obra Directa		\$ 3.400.000,00	\$ 3.400.000,00	\$ 3.400.000,00	\$ 3.400.000,00	\$ 3.400.000,00	\$ 3.400.000,00
Seguro		\$ 9.196.418,52	\$ 9.196.418,52	\$ 9.196.418,52	\$ 9.196.418,52	\$ 9.196.418,52	\$ 9.196.418,52
DEPRECIACION DE LA PLATAFORMA		\$ 20.243.046,30	\$ 20.243.046,30	\$ 20.243.046,30	\$ 20.243.046,30	\$ 20.243.046,30	\$ 20.243.046,30
DEPRECIACION DEL BUQUE		\$ 240.000,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00
DEPRECIACION DEL CABLEADO		\$ 2.508.000,00	\$ 2.508.000,00	\$ 2.508.000,00	\$ 2.508.000,00	\$ 2.508.000,00	\$ 2.508.000,00
Gasto de Mto, Med Amb		\$ 5.522.160,00	\$ 5.522.160,00	\$ 5.522.160,00	\$ 5.522.160,00	\$ 5.522.160,00	\$ 5.522.160,00
<b>TOTAL DE COSTOS DE FUNCIONAMIENTO</b>		<b>\$ 41.109.624,82</b>	<b>\$ 41.109.624,82</b>	<b>\$ 41.109.624,82</b>	<b>\$ 41.109.624,82</b>	<b>\$ 41.109.624,82</b>	<b>\$ 41.109.624,82</b>
<b>GASTOS</b>							
<b>GASTO DE TRANSPORTE</b>							
TRANSPORTE		\$ 200.000,00	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00
<b>TOTAL GASTOS DE TRANSPORTE</b>		<b>\$ 200.000,00</b>	<b>\$ 200.000,00</b>	<b>\$ 200.000,00</b>	<b>\$ 200.000,00</b>	<b>\$ 200.000,00</b>	<b>\$ 200.000,00</b>
<b>GASTOS FINANCIEROS</b>							
<b>INTERESES PAGADOS</b>		\$ 45.982.092,60	\$ 45.179.262,52	\$ 44.296.149,43	\$ 43.324.725,03	\$ 42.256.158,18	\$ 41.080.734,66
<b>TOTAL GASTOS FINANCIEROS</b>		<b>\$ 45.982.092,60</b>	<b>\$ 45.179.262,52</b>	<b>\$ 44.296.149,43</b>	<b>\$ 43.324.725,03</b>	<b>\$ 42.256.158,18</b>	<b>\$ 41.080.734,66</b>
<b>UTILIDAD</b>		<b>\$ -42.736.695,41</b>	<b>\$ -41.933.865,33</b>	<b>\$ -41.050.752,24</b>	<b>\$ -40.079.327,84</b>	<b>\$ -39.010.761,00</b>	<b>\$ -37.835.337,47</b>
<b>INVERSIONES</b>	\$ -459.820.926,00						
DEPRECIACIONES		\$ 22.991.046,30	\$ 22.991.046,30	\$ 22.991.046,30	\$ 22.991.046,30	\$ 22.991.046,30	\$ 22.991.046,30
AMORTIZACION		\$ 54.010.393,43	\$ 54.010.393,43	\$ 54.010.393,43	\$ 54.010.393,43	\$ 54.010.393,43	\$ 54.010.393,43
PAGO DE CAPITAL		\$ -8.028.300,83	\$ -8.831.130,91	\$ -9.714.244,00	\$ -10.685.668,41	\$ -11.754.235,25	\$ -12.929.658,77
<b>FLUJO DE FONDO NETOS</b>	<b>\$ -459.820.926,00</b>	<b>\$ 26.236.443,49</b>	<b>\$ 26.236.443,49</b>	<b>\$ 26.236.443,49</b>	<b>\$ 26.236.443,49</b>	<b>\$ 26.236.443,49</b>	<b>\$ 26.236.443,49</b>

7	8	9	10	11	12	13
\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01
\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01
\$ 3.400.000,00	\$ 3.400.000,00	\$ 3.400.000,00	\$ 3.400.000,00	\$ 3.400.000,00	\$ 3.400.000,00	\$ 3.400.000,00
\$ 9.196.418,52	\$ 9.196.418,52	\$ 9.196.418,52	\$ 9.196.418,52	\$ 9.196.418,52	\$ 9.196.418,52	\$ 9.196.418,52
\$ 20.243.046,30	\$ 20.243.046,30	\$ 20.243.046,30	\$ 20.243.046,30	\$ 20.243.046,30	\$ 20.243.046,30	\$ 20.243.046,30
\$ 240.000,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00
\$ 2.508.000,00	\$ 2.508.000,00	\$ 2.508.000,00	\$ 2.508.000,00	\$ 2.508.000,00	\$ 2.508.000,00	\$ 2.508.000,00
\$ 5.522.160,00	\$ 5.522.160,00	\$ 5.522.160,00	\$ 5.522.160,00	\$ 5.522.160,00	\$ 5.522.160,00	\$ 5.522.160,00
<b>\$ 41.109.624,82</b>	<b>\$ 41.109.624,82</b>	<b>\$ 41.109.624,82</b>	<b>\$ 41.109.624,82</b>	<b>\$ 41.109.624,82</b>	<b>\$ 41.109.624,82</b>	<b>\$ 41.109.624,82</b>
\$ 200.000,00	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00
\$ 200.000,00	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00
\$ 39.787.768,78	\$ 38.365.506,32	\$ 36.801.017,61	\$ 35.080.080,02	\$ 35.080.080,02	\$ 33.187.048,68	\$ 31.104.714,21
\$ 39.787.768,78	\$ 38.365.506,32	\$ 36.801.017,61	\$ 35.080.080,02	\$ 35.080.080,02	\$ 33.187.048,68	\$ 31.104.714,21
\$ -36.542.371,60	\$ -35.120.109,13	\$ -33.555.620,42	\$ -31.834.682,84	\$ -31.834.682,84	\$ -29.941.651,50	\$ -27.859.317,02
\$ 22.991.046,30	\$ 22.991.046,30	\$ 22.991.046,30	\$ 22.991.046,30	\$ 22.991.046,30	\$ 22.991.046,30	\$ 22.991.046,30
\$ 54.010.393,43	\$ 54.010.393,43	\$ 54.010.393,43	\$ 54.010.393,43	\$ 54.010.393,43	\$ 54.010.393,43	\$ 54.010.393,43
\$ -14.222.624,65	\$ -15.644.887,11	\$ -17.209.375,82	\$ -18.930.313,41	\$ -20.823.344,75	\$ -22.905.679,22	\$ -25.196.247,14
\$ 26.236.443,49	\$ 26.236.443,49	\$ 26.236.443,49	\$ 26.236.443,49	\$ 24.343.412,15	\$ 24.154.109,01	\$ 23.945.875,57

14	15	16	17	18	19	20
\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01
\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01	\$ 44.555.022,01
\$ 3.400.000,00	\$ 3.400.000,00	\$ 3.400.000,00	\$ 3.400.000,00	\$ 3.400.000,00	\$ 3.400.000,00	\$ 3.400.000,00
\$ 9.196.418,52	\$ 9.196.418,52	\$ 9.196.418,52	\$ 9.196.418,52	\$ 9.196.418,52	\$ 9.196.418,52	\$ 9.196.418,52
\$ 20.243.046,30	\$ 20.243.046,30	\$ 20.243.046,30	\$ 20.243.046,30	\$ 20.243.046,30	\$ 20.243.046,30	\$ 20.243.046,30
\$ 240.000,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00
\$ 2.508.000,00	\$ 2.508.000,00	\$ 2.508.000,00	\$ 2.508.000,00	\$ 2.508.000,00	\$ 2.508.000,00	\$ 2.508.000,00
\$ 5.522.160,00	\$ 5.522.160,00	\$ 5.522.160,00	\$ 5.522.160,00	\$ 5.522.160,00	\$ 5.522.160,00	\$ 5.522.160,00
<b>\$ 41.109.624,82</b>	<b>\$ 41.109.624,82</b>	<b>\$ 41.109.624,82</b>	<b>\$ 41.109.624,82</b>	<b>\$ 41.109.624,82</b>	<b>\$ 41.109.624,82</b>	<b>\$ 41.109.624,82</b>
\$ 200.000,00	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00
\$ 200.000,00	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00
\$ 28.814.146,29	\$ 26.294.521,57	\$ 23.522.934,39	\$ 20.474.188,48	\$ 17.120.567,99	\$ 13.431.585,44	\$ 9.373.704,64
\$ 28.814.146,29	\$ 26.294.521,57	\$ 23.522.934,39	\$ 20.474.188,48	\$ 17.120.567,99	\$ 13.431.585,44	\$ 9.373.704,64
\$ -25.568.749,10	\$ -23.049.124,39	\$ -20.277.537,20	\$ -17.228.791,29	\$ -13.875.170,80	\$ -10.186.188,26	\$ -6.128.307,46
\$ 22.991.046,30	\$ 22.991.046,30	\$ 22.991.046,30	\$ 22.991.046,30	\$ 22.991.046,30	\$ 22.991.046,30	\$ 22.991.046,30
\$ 54.010.393,43	\$ 54.010.393,43	\$ 54.010.393,43	\$ 54.010.393,43	\$ 54.010.393,43	\$ 54.010.393,43	\$ 54.010.393,43
\$ -27.715.871,86	\$ -30.487.459,04	\$ -33.536.204,95	\$ -36.889.825,44	\$ -40.578.807,99	\$ -44.636.688,79	\$ -49.100.357,66
\$ 23.716.818,77	\$ 23.464.856,30	\$ 23.187.697,58	\$ 22.882.822,99	\$ 22.547.460,94	\$ 22.178.562,69	\$ 21.772.774,61

**ANEXO 6: DEPRECIACIONES PARA DOS PLANTAS FLOTANTES OTEC DE 10 MW**

Detalle	Años de vida util	Valor	1	2	3	4	5
PLANTA OTEC	20	\$ 404.860.926,00	\$ 20.243.046,30	\$ 20.243.046,30	\$ 20.243.046,30	\$ 20.243.046,30	\$ 20.243.046,30
BUQUE CISTERNA	20	\$ 4.800.000,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00
CABLEADO ELECTRICO SUBMARINO	20	\$ 50.160.000,00	\$ 2.508.000,00	\$ 2.508.000,00	\$ 2.508.000,00	\$ 2.508.000,00	\$ 2.508.000,00
TOTAL		\$ 459.820.926,00	\$ 22.991.046,30	\$ 22.991.046,30	\$ 22.991.046,30	\$ 22.991.046,30	\$ 22.991.046,30

6	7	8	9	10	11	12	13
\$ 20.243.046,30	\$ 20.243.046,30	\$ 20.243.046,30	\$ 20.243.046,30	\$ 20.243.046,30	\$ 20.243.046,30	\$ 20.243.046,30	\$ 20.243.046,30
\$ 240.000,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00
\$ 2.508.000,00	\$ 2.508.000,00	\$ 2.508.000,00	\$ 2.508.000,00	\$ 2.508.000,00	\$ 2.508.000,00	\$ 2.508.000,00	\$ 2.508.000,00
\$ 22.991.046,30	\$ 22.991.046,30	\$ 22.991.046,30	\$ 22.991.046,30	\$ 22.991.046,30	\$ 22.991.046,30	\$ 22.991.046,30	\$ 22.991.046,30

14	15	16	17	18	19	20
\$ 20.243.046,30	\$ 20.243.046,30	\$ 20.243.046,30	\$ 20.243.046,30	\$ 20.243.046,30	\$ 20.243.046,30	\$ 20.243.046,30
\$ 240.000,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00	\$ 240.000,00
\$ 2.508.000,00	\$ 2.508.000,00	\$ 2.508.000,00	\$ 2.508.000,00	\$ 2.508.000,00	\$ 2.508.000,00	\$ 2.508.000,00
\$ 22.991.046,30	\$ 22.991.046,30	\$ 22.991.046,30	\$ 22.991.046,30	\$ 22.991.046,30	\$ 22.991.046,30	\$ 22.991.046,30

## ANEXO 7: OFICIO DIRIGIDO A INIAP



### UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ

Creada Ley N° 10 Reg. Of. N° 313 Noviembre 13 de 1985

#### FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Manta, enero 25 del 2017  
Oficio No. 059-2017-FI-ELM



Doctor  
Rubén Vinuesa  
Coordinador Provincial del Proyecto "Piñón de Manabí para Galápagos".  
Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias  
Ciudad

De mis consideraciones:

Estimado compañero, mi nombre es Juan Luis Rodríguez Olivera y soy profesor y coordinador de la Comisión de Investigación de la Facultad de Ingeniería Industrial en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, ULEAM.

Por este medio me dirijo a usted con el objetivo de solicitar su colaboración en un proyecto que queremos desarrollar sobre un estudio de prefactibilidad de la utilización integral de la energía mareomotriz en las condiciones económicas, ambientales y en el marco de un área protegida por la UNESCO, como son las Islas Galápagos.

Es por ello que le escribo para solicitar su colaboración y para que nos ayude a encontrar la siguiente información:

- Suministro de aceite de piñón (*Jatropha curcas* L.) en gal/año para la provincia de Galápagos.
- Demanda de aceite de piñón (*Jatropha curcas* L.) en gal/año en cada isla.
- Costo de operación del Proyecto "Piñón de Manabí para Galápagos".

Este trabajo se desarrolla actualmente con dos estudiantes en período de titulación, y servirá como investigación previa de cómo la provincia de Galápagos está buscando nuevas fuentes de generación eléctrica a base de biocombustibles (aceite vegetal-Piñón)

Esperamos contar con su colaboración y de antemano le quedo muy agradecido por su atención. Por favor confirme el recibo de esta carta.

Mi número de teléfono y e-mail son:  
0990492565  
[jlro1961@yahoo.com.mx](mailto:jlro1961@yahoo.com.mx)  
[jlro19691@gmail.com](mailto:jlro19691@gmail.com)

Atentamente,

Dr. Juan L. Rodríguez Olivera  
Docente Fac. Ing. Industrial



Ing. Emilia Loor Mendoza  
Decano Fac. Ing. Industrial

Cdla. Universitaria KM. 1 Vía Manta-San Mateo Teléfono. 2623-740 Ext 183  
Manta-Manabí-Ecuador

## ANEXO 8: OFICIO DIRIGIDO A ELECGALAPAGOS



### UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ

Creada Ley N° 10 Reg. Of. N° 313 Noviembre 13 de 1985

#### FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



Manta 23 de enero del 2017  
Ofc. N° 047-2017-FII-ELM

Ingeniero  
Marco Salao  
**GERENTE GENERAL DE ELECGALÁPAGOS**  
Ciudad.-

Estimado compañero, mi nombre es Juan Luis Rodríguez Olivera y soy profesor y coordinador de la Comisión de Investigación de la Facultad de Ingeniería Industrial en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, ULEAM.

Por este medio me dirijo a usted con el objetivo de solicitar su colaboración en un proyecto que queremos desarrollar sobre un estudio de pre factibilidad de la utilización integral de la energía maremotérmica en las condiciones económicas, ambientales y en el marco de un área protegida por la UNESCO, como son las Islas Galápagos.

Como usted conoce esta tecnología permite la generación eléctrica, la obtención de agua potable, reducir los consumos de energía por acondicionamiento de aire y finalmente aplicaciones de acuicultura. Todo ello de forma amigable con el medio ambiente y sin utilizar combustibles.

Es por ello que le escribo para solicitar su colaboración y para que nos ayude a encontrar la siguiente información:

- Potencia instalada en cada isla y por tipo de generación.
- Porcentaje de utilización de las energías. (biocombustible, fotovoltaica y eólica).
- Demanda mínima y máxima de cada isla.
- Costos de generación por tipo de fuente.
- Estimación del consumo de energía eléctrica para climatización.

Este trabajo se desarrolla actualmente con dos estudiantes en período de titulación.

Esperamos contar con su colaboración y de antemano le quedo muy agradecido por su atención. Por favor confirme el recibo de esta carta, que firma en conjunto con el decano de la facultad.

Mi número de teléfono y e.mail son:

0990492565

[jlro1961@yahoo.com.mx](mailto:jlro1961@yahoo.com.mx)

[jlro19691@gmail.com](mailto:jlro19691@gmail.com)

Le reitero mis saludos,

Dr. Juan L. Rodríguez Olivera  
Docente de Ing. Industrial



Ing. Emilio Looz Mendoza  
Decano Fac. Ing. Industrial

Cdla. Universitaria KM. 1 Vía Manta-San Mateo Teléfono. 2623-740 Ext 183  
Manta-Manabí-Ecuador