



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE  
GENERACIÓN ELÉCTRICA MEDIANTE EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA  
UNDIMOTRIZ EN LA ALDEA DE MONTERRICO, DEL MUNICIPIO DE  
TAXISCO, SANTA ROSA**

**Cristian Andrés González García**

Asesorado por el Ing. Marco de Jesús Penagos Nuila

Guatemala, febrero de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE  
GENERACIÓN ELÉCTRICA MEDIANTE EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA  
UNDIMOTRIZ EN LA ALDEA DE MONTERRICO, DEL MUNICIPIO DE  
TAXISCO, SANTA ROSA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**CRISTIAN ANDRÉS GONZÁLEZ GARCÍA**

ASESORADO POR EL ING. MARCO DE JESÚS PENAGOS NUILA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO ELÉCTRICO**

GUATEMALA, FEBRERO DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Jorge Gilberto González Padilla
EXAMINADOR	Ing. Brian Enrique Chicol Morales
EXAMINADOR	Inga. Ana María Navarro Orozco
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE  
GENERACIÓN ELÉCTRICA MEDIANTE EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA  
UNDIMOTRIZ EN LA ALDEA DE MONTERRICO, DEL MUNICIPIO DE  
TAXISCO, SANTA ROSA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 19 de agosto de 2022.

**Cristian Andrés González García**



**EEPFI-PP-1630-2022**

Guatemala, 23 de noviembre de 2022

**Director**  
**Armando Alonso Rivera Carrillo**  
**Escuela De Ingenieria Mecanica Electrica**  
**Presente.**

**Estimado Ing. Rivera**

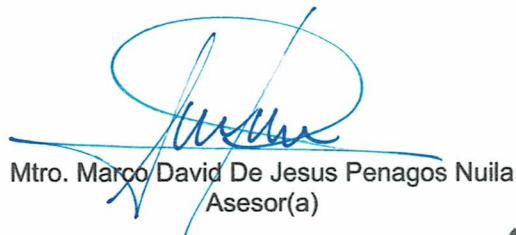
Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE GENERACIÓN ELECTRICA MEDIANTE EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGIA UNDIMOTRIZ EN LA ALDEA DE MONTERRICO, DEL MUNICIPIO DE TAXISCO, SANTA ROSA**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Todas las áreas - Proyectos de generación, distribución y comercialización de energía eléctrica en un mercado eléctrico regulado**, presentado por el estudiante **Cristian Andrés González García** carné número **201700933**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en ARTES en Gestión De Mercados Electricos Regulados.

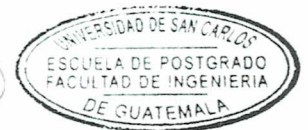
Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Atentamente,

*"Id y Enseñad a Todos"*

  
Mtro. Marco David De Jesus Penagos Nuila  
Asesor(a)

  
Mtro. Juan Carlos Fuentes Montepeque  
Coordinador(a) de Maestría



  
Mtro. Edgar Darío Álvarez Cotí  
Director  
Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería





EET-EIME-1396-2022

El Director de la Escuela De Ingenieria Mecanica Electrica de la Facultad de Ingenieria de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE GENERACIÓN ELECTRICA MEDIANTE EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGIA UNDIMOTRIZ EN LA ALDEA DE MONTERRICO, DEL MUNICIPIO DE TAXISCO, SANTA ROSA**, presentado por el estudiante universitario **Cristian Andrés González García**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingenieria en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

The image shows a handwritten signature in black ink, which appears to be 'AR'. To the right of the signature is a circular official stamp. The stamp contains the text: 'UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA', 'DIRECCIÓN ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA', and 'FACULTAD DE INGENIERIA'.

Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo  
Director  
Escuela De Ingenieria Mecanica Electrica

Guatemala, noviembre de 2022

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA MEDIANTE EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA UNDIMOTRIZ EN LA ALDEA DE MONTEERRICO, DEL MUNICIPIO DE TAXISCO, SANTA ROSA**, presentado por: **Cristian Andrés González García**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana



Guatemala, febrero de 2023

AACE/gaoc

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por brindarme la sabiduría y guiar mi camino hacia esta meta.
<b>Mi hija</b>	Siendo el principal motor de motivación para seguir adelante y lograr esta meta.
<b>Mi esposa</b>	Gracias por tu apoyo y paciencia en este camino, esta meta la hemos logrado juntos.
<b>Mis padres</b>	Por haberme apoyado en este camino y haberme guiado a través de él, mi eterno agradecimiento por su apoyo para hacer realidad este sueño.
<b>Mis hermanas</b>	Sisely y Nina Manzo, por su apoyo y compañía durante este trayecto y vida.
<b>Mis abuelos</b>	Manuel González, Aurora Zamora, Rubén García y Siseli Castañeda, por sus sabias enseñanzas y consejos durante toda mi vida.
<b>Mis tíos</b>	Siendo mis hermanos mayores durante este trayecto, gracias por los ejemplos, apoyo y consejos brindados durante este camino.



## AGRADECIMIENTOS A:

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por ser el <i>alma mater</i> que me permitió nutrirme de conocimientos.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por proporcionarme los conocimientos que me han permitido realizar este trabajo de graduación.
<b>Mis amigos</b>	Por haberme acompañado durante la carrera.
<b>Mi asesor</b>	M.Sc. Ing. Marco de Jesús Penagos Nuila, por haberme guiado durante el trabajo de graduación.
<b>Mi mentor</b>	Ing. Carlos Navarro, quien bondadosamente me apoyó y ayudó en toda mi carrera estudiantil.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN .....	XI
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. ANTECEDENTES .....	3
2.1 Estudios previos .....	3
2.2 Antecedentes .....	5
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	7
3.1 Contexto general .....	7
3.2 Descripción del problema .....	8
3.3 Formulación del problema .....	9
3.4 Delimitación del problema .....	10
4. JUSTIFICACIÓN .....	13
5. OBJETIVOS .....	15
5.1 General .....	15
5.2 Específicos .....	15
6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN .....	17

7.	MARCO TEÓRICO .....	19
7.1	Análisis de prefactibilidad.....	19
7.2	Energías del mar .....	20
7.2.1	Energía mareomotriz.....	20
7.2.2	Energía de las corrientes marinas.....	20
7.2.3	Energía azul o energía osmótica (gradiente salino)	21
7.2.4	Energía mareomotérmica.....	21
7.2.5	Energía undimotriz .....	21
7.3	Tecnologías para aprovechamiento de la energía undimotriz..	22
7.3.1	Dispositivos en función de la distancia de la costa..	22
7.3.2	Dispositivos por el principio de captación.....	22
7.3.3	Dispositivos según el tamaño y orientación.....	22
7.3.4	Clasificación de acuerdo con su comportamiento dinámico.....	22
7.3.5	Clasificación de acuerdo con su función de salida..	23
7.3.6	De acuerdo con la instalación. ....	23
7.4	Teoría de la ola .....	23
7.4.1	Origen de la ola.....	23
7.4.1.1.	Teoría de la ola lineal .....	23
7.4.1.2.	Teoría de la ola no lineal .....	24
7.5	Marco conceptual.....	24
7.5.1	Topografía marina .....	24
7.5.2	Concesiones marítimas.....	24
7.5.3	Incentivos de las energías renovables .....	25
7.5.4	Análisis económico.....	25
7.5.5	Inversión inicial.....	25
7.5.6	Costes de operación y mantenimiento .....	25
7.5.7	Valor Actual Neto (VAN).....	26
7.5.8	Tasa Interna de Retorno (TIR) .....	26

7.5.9	Relación beneficio-costo (B/C) .....	26
7.5.10	Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI).....	26
7.5.11	Impacto ambiental. ....	26
7.5.12	Contaminación sonora. ....	27
7.5.13	Alteración del ecosistema marítimo .....	27
7.5.14	Impacto social.....	27
7.5.15	Modificación del entorno .....	27
7.5.16	Nivel de educación .....	28
7.5.17	Empleo .....	28
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	29
9.	METODOLOGÍA.....	33
9.1	Características del estudio .....	33
9.2	Unidades de análisis .....	33
9.3	Variables.....	33
9.4	Fases del estudio .....	35
9.4.1	Fase 1.....	35
9.4.2	Fase 2.....	35
9.4.3	Fase 3.....	35
9.4.4	Fase 4.....	36
9.5	Resultados esperados .....	36
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....	37
11.	CRONOGRAMA.....	39
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO .....	41

13. REFERENCIAS .....43

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1. Árbol de problemas.....9

### TABLAS

- I. Variables e indicadores.....34
- II. Matriz de caracterización técnica.....37
- III. Matriz de caracterización ambiental y social.....38
- IV. Cronograma de la investigación .....39
- V. Recursos necesarios para investigación.....41



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>k</b>	Tasa de rendimiento
<b>TWh/año</b>	Tera-watt por hora al año





## **GLOSARIO**

<b>Energía limpia</b>	La energía limpia es un sistema de producción de energía con exclusión de cualquier contaminación o la gestión mediante la que nos deshacemos de todos los residuos peligrosos para el planeta.
<b>Factibilidad</b>	Se refiere a la disponibilidad de los recursos necesarios para llevar a cabo los objetivos o metas señaladas
<b>Generación</b>	Acción que consiste en producir o crear una cosa.
<b>Impacto</b>	Huella o efecto producidos por este choque.
<b>Rubro eléctrico</b>	Conjunto de empresas y organismos que se encargan del suministro de energía eléctrica.
<b>Undimotriz</b>	Dícese de la energía de las olas.



## RESUMEN

En este trabajo se desarrolla el tema: *Diseño de investigación para evaluación de alternativas de generación eléctrica mediante el aprovechamiento de la energía undimotriz en la aldea de Monterrico, del municipio de Taxisco, Santa Rosa*. Se introduce el estudio y se presentan los antecedentes, para luego explicar lo relacionado con el planteamiento del problema y la justificación. Después, se presentan los objetivos de la investigación realizada, y se abarcan también las necesidades a cubrir.

Después se presenta detalladamente el marco teórico, con los conceptos básicos sobre el tema en estudio. Luego de este marco, se presenta el índice de contenidos, la metodología y las técnicas de análisis de la información recabada, tomando en cuenta, además, el cronograma y los aspectos que hacen factible el trabajo. Por último, se presentan las referencias consultadas.



# 1. INTRODUCCIÓN

La contaminación, al generar energía eléctrica con materias primas no renovables, ha tenido un fuerte impacto en el ecosistema, es por ello por lo que en la búsqueda de diferentes alternativas se ha encontrado las energías renovables, debido a que son muy eficientes para diferentes soluciones eléctricas y se cuenta con materia prima suficiente.

En la actualidad existen muchas alternativas para generar energía eléctrica con materias primas renovables, por lo cual esta investigación es de gran utilidad debido a que se enfocará en la energía cinética que proporciona el mar, que puede dar una gran solución y es considerada ilimitada.

Esta investigación se basará en una evaluación para determinar la viabilidad de la implementación de la energía undimotriz. Se sabe que una evaluación es un proceso que se utiliza para determinar o definir el valor de un trabajo, el cual puede conducir a un juicio sobre el valor de este.

Es por ello por lo que la evaluación de esta investigación se contemplará a través de un estudio de factibilidad. La factibilidad se utiliza para determinar o concluir la viabilidad de un negocio o un proyecto que se quiere llevar a cabo. Para realizar este estudio se deben analizar al menos cuatro parámetros de los siguientes: factibilidad operativa, factibilidad técnica, factibilidad económica, factibilidad política, factibilidad legal, factibilidad de tiempo, factibilidad comercial, factibilidad ambiental, factibilidad social, entre otros.

Se tomarán en cuenta los parámetros ambientales, técnico, social y económico. Para llevar a cabo este estudio se contempló realizar un objetivo por cada parámetro, por lo que el objetivo específico uno va de la mano con la especificación técnica, el segundo con la especificación económica y el tercero contemplará el social y ambiental.

La fase uno está concentrada en la búsqueda e indagación de las tecnologías de éxito y, de acuerdo con los parámetros de oleaje del mar de Guatemala, se seleccionará la tecnología adecuada. El aporte que daría esta tecnología sería la oportunidad de aprovechar la energía cinética que brinda el mar.

La fase dos está dedicada al estudio económico, de acuerdo con la tecnología seleccionada se hará un análisis estadístico descriptivo que dará el dictamen de viabilidad económica del proyecto. El aporte que daría esta fase es la información para estimar la evolución futura de los resultados de rentabilidad del proyecto.

En la fase tres se analizará los impactos ambientales y sociales de la tecnología seleccionada, por lo que el aporte que daría esta fase es establecer las acciones de prevención, mitigación y control de los impactos negativos sobre la población, lo cual puede ocasionar las afecciones ambientales y/o sociales.

La fase cuatro está enfocada en un análisis de resultados, el cual brindará la viabilidad o no viabilidad de la evaluación, aportando las conclusiones y referencias de la evaluación.

## **2. ANTECEDENTES**

El propósito principal de este apartado es plasmar un poco de historia de la energía undimotriz, lo cual será de gran utilidad para esta investigación, debido a que se plasman proyectos de gran potencial que han sido de éxito en el rubro eléctrico a nivel mundial. Debido a esto, el investigador cuenta con un panorama de cómo evaluar este tipo de proyectos, determinar la manera de cómo implementarlo en Guatemala y así justificar el estudio realizado.

### **2.1. Estudios previos**

En lo que respecta a estudios previos de factibilidad de generación de energía eléctrica por medio de los mares en Guatemala, se encontró un estudio respecto a la energía mareomotriz, realizado por Luján en 2005. Estas energías son muy semejantes, ya que la energía mareomotriz y undimotriz tienen en común su fuente principal, sin embargo, tienen un enfoque distinto de generación, debido a que la energía mareomotriz es generada por fuerzas gravitacionales que ejerce la luna sobre la tierra, provocando altas o bajas mareas, y la energía undimotriz es provocada por los intensos rayos del sol que genera aire atmosférico trasladando temperatura caliente a los puntos más fríos, en donde este cambio provoca vientos que da como resultado las olas (Luján, 2005).

La tesis cuenta con un estudio de factibilidad de instalación de una planta de energía mareomotriz, el cual llegó al resultado de que no era rentable por la variabilidad de la altura de las mareas. Esta investigación se toma en cuenta



debido a que está enfocada a los mares de Guatemala y tiene relación directa con la energía undimotriz.

En Guatemala también existe un estudio de evaluación primaria de la viabilidad social y económica para un proyecto de energía mareomotriz. Esta investigación se enfocó en la evolución de recursos energéticos, estableciendo las características técnicas, financieras, comerciales y ambientales para este tipo de tecnología, teniendo como resultados la viabilidad de este tipo de proyectos e impulsando la implementación de energías renovables en el país (Tintí, 2014). Debido a las variables que estudió, se tomó en cuenta esta investigación por el análisis económico y ambiental para proyectos en el mar.

En la isla más poblada de España se encuentra ubicada la Universidad de la Laguna, la cual cuentan con una investigación de la energía undimotriz basada en la teoría de ola. Este estudio tiene el enfoque en las olas, ya que predefine el comportamiento de estas y así se logra determinar de la mejor manera el punto de colocación óptimo de estas centrales de generación (Gutiérrez, 2016). Por lo tanto, este enfoque se implementó en la definición de la tecnología a utilizar en Guatemala.

En la Universidad de Coruña se realizó una investigación que cuenta con un análisis de sensibilidad para determinar qué es lo que más influye a la hora de implementar la energía undimotriz. Este tipo de análisis determina factores importantes para la inversión en la tecnología a implementar, la tarifa eléctrica que es posible utilizar y la energía total a vender (Cendán, 2017). Es por ello por lo que se toma en cuenta esta investigación, ya que este enfoque ayudó a tener una mejor visión sobre la tecnología a seleccionar y para, en el análisis económico, determinar el costo de energía.

En la Universidad del Valle de Colombia se cuenta con una investigación donde se estima el potencial de la energía undimotriz para la región del pacífico en Colombia, con enfoque técnico. Esta investigación está enfocada en estudiar los diferentes dispositivos que se pueden implementar para obtener energía eléctrica por medio de la energía undimotriz o movimiento de las olas, dando como resultado una clasificación de dispositivos que puede ser en función de la distancia de la costa, por principios de captación, así como el tamaño y orientación del dispositivo, entre otras razones (Perdomo, 2018). Debido a esta clasificación el estudio fue utilizado para el presente trabajo.

## **2.2. Antecedentes**

A nivel mundial se ha estado cambiando el tipo de generación o producción de energía eléctrica de fuentes de energía no renovables a fuentes renovables, por lo cual se ha estado desarrollando diferentes tipos de tecnologías para la captación de estas. Entre las más comunes se encuentran la energía eólica, que utiliza el aire como principal fuente; la energía solar, que utiliza el sol como fuente principal; la energía hidroeléctrica, que utiliza el agua como fuente principal, entre otras.

Debido al impacto positivo que han tenido, varios investigadores de diferentes países están en la búsqueda de nuevas alternativas, como una de estas surge la energía undimotriz, que tiene como fuente principal el movimiento de las olas del mar.

Este tipo de generación de energía viene desde el año 1799 en Francia, ya que fue el año que se patentó el primero convertidor de esta índole. Sin embargo, en ese momento la generación por medio del petróleo era de más interés para los investigadores e inversionistas. En el año 1960 un grupo de

personas en Japón construyó boyas marcadoras que utilizaban el movimiento de las olas para encender sus lámparas. Luego de ello, en el año 1973 aumentó el interés de la energía de este tipo debido a la crisis del petróleo.

Fue el año 1980 el que causó un gran impacto, ya que se trabajó e implementó esta tecnología aumentando sus características. Después de ello Noruega se suma a la instalación de una planta undimotriz. El proceso ha sido una tarea difícil, se han ocupado aproximadamente 30 años para llegar a tener una muy buena versión de esta tecnología, a tal punto que se ha demostrado la utilidad de la misma a gran escala, trabajando en condiciones exigentes. En la actualidad se cuenta con más de 600 patentes para generar energía eléctrica por medio de las olas o mareas, y se incluye la energía mareomotriz y energía undimotriz.

Actualmente, se ha llegado a tener una proyección de la energía undimotriz en el mundo, por lo que se ha proyectado llegar a producir 2000TWh/año. Esto equivale aproximadamente a un 10 % del consumo total de energía eléctrica a nivel mundial (Emec, 2019).

### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **3.1. Contexto general**

La tecnología de hoy permite obtener desarrollo en muchas áreas en el país, y el sector eléctrico es una de esas áreas que se ha beneficiado con un desarrollo constante en las últimas décadas. Cada vez que se discuten temas de desarrollo en los que se involucre una forma más eficiente de utilizar los recursos para el propio beneficio, la generación de energía eléctrica no hace falta en la discusión.

Toda energía generada que permita realizar un cambio en la condición climática actual y que colabore en reducir las emisiones es bienvenida a ser explorada. Gracias a esta constante búsqueda de desarrollo y corrección del cambio climático se han creado métodos no cotidianos de aprovechar la energía de distintos medios, y uno de los métodos menos explorados es el aprovechamiento de la energía undimotriz. La idea es generar energía eléctrica por medio del movimiento de las olas.

En Guatemala existe una gran oportunidad para generar energía eléctrica de este tipo, ya que se cuenta con un movimiento constante de olas. Por ello, a pesar de la poca exploración de este método no cotidiano de generación, en este trabajo de investigación se propone el uso de la tecnología para la generación de esta energía eléctrica limpia y sin contaminantes.

### **3.2. Descripción del problema**

Garantizar el abastecimiento de electricidad en Guatemala es un reto constante, el cual presenta diversidad de variables que podrían llegar a afectar su cumplimiento, principalmente dos: la indisponibilidad imprevista de las centrales térmicas más grandes de generación base y la dependencia de combustibles fósiles provenientes de otras regiones del planeta; ambas variables tratadas en el contexto del parque generador de electricidad del país.

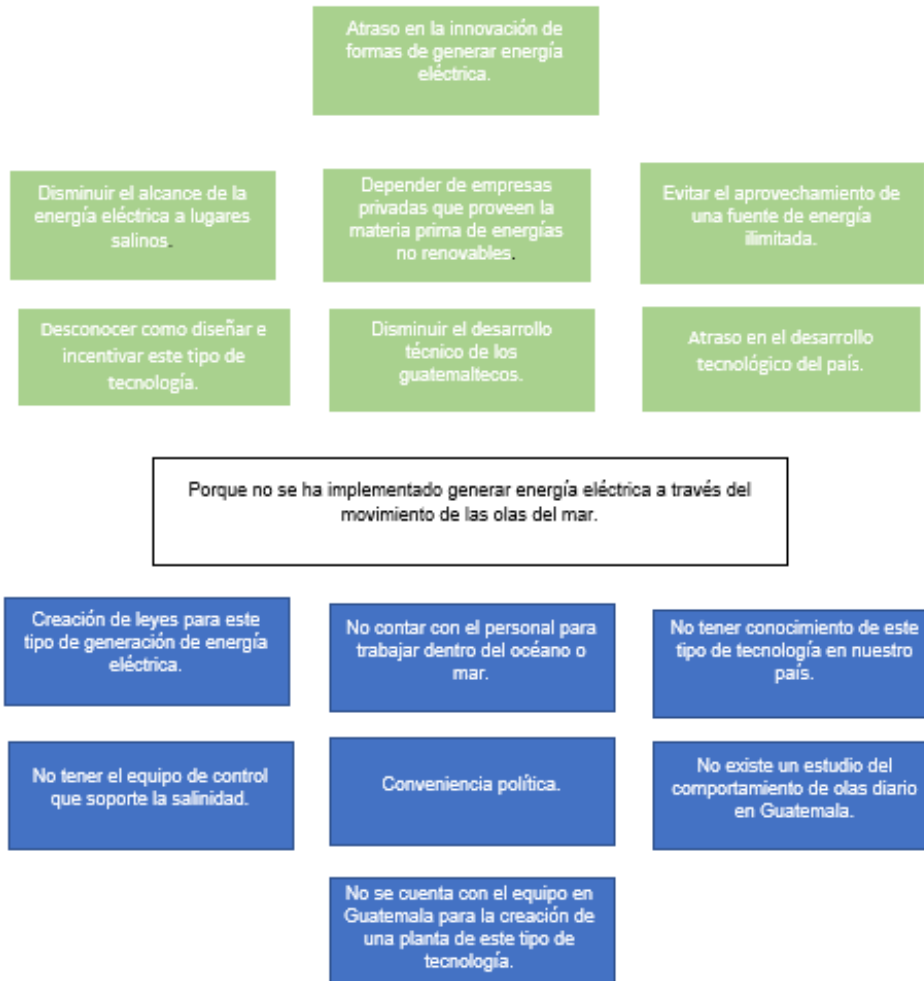
Partiendo de la premisa anterior, es fundamental considerar diferentes formas de generar energía eléctrica, ya que las actuales ya no son recomendables para el planeta, debido a la gran cantidad de contaminantes que son arrojados al exterior, pues sumados todos los contaminantes generados por otras industrias, causan un impacto significativo en el medio ambiente.

Debido a esto se han realizado investigaciones y se ha hecho uso de las energías renovables que generan menor cantidad de residuos y que son más amigables con el ambiente, es decir energía limpia que puede aprovecharse como forma de utilización autogestionada.

El uso de la energía del movimiento de las olas es un tema explorado por países de primer mundo, que han implementado diferentes tecnologías con alto valor económico.

Por medio del siguiente esquema se lograron identificar las posibles causas y consecuencias del problema que se estudió:

Figura 1. **Árbol de problemas**



Fuente: elaboración propia, realizado en Microsoft Visio.

### 3.3. **Formulación del problema**

Lo anteriormente descrito dio como resultado una interrogante principal:

- Pregunta central

¿Qué alternativas existen para aprovechar la energía undimotriz en la aldea de Monterrico, Santa Rosa?

- Preguntas auxiliares

El complemento que requirió la interrogante principal contempló las siguientes preguntas auxiliares:

- ¿Cuál es la tecnología adecuada para captación de energía a través del movimiento de las olas del mar en la aldea de Monterrico?
- ¿Cuál es el impacto económico en Guatemala al generar energía eléctrica a través del movimiento de las olas del mar?
- ¿De qué manera se ve beneficiada la aldea de Monterrico con la implementación de la energía undimotriz?

### **3.4. Delimitación del problema**

A continuación, se presenta la delimitación contextual, geográfica e histórica del problema de investigación que se estudió:

- Delimitación contextual

El estudio se contextualizó en la fase inicial de la implementación de la obtención de energía del movimiento de las olas, se llevó a cabo el análisis de

las diferentes tecnologías a implementar, así como el comportamiento de las olas en el área de aldea de Monterrico, Santa Rosa, esto con el fin de brindar la información básica para el desarrollo del proyecto.

- Delimitaciones geográficas

Para el estudio se utilizaron datos del comportamiento de las olas del mar en Guatemala, obtenidos de la página de Internet del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), así como datos de tecnologías que se han implementado en países del primer mundo, por lo que la delimitación geográfica se fundamentó en la aldea de Monterrico, de la aldea de Taxisco, Santa Rosa, Guatemala.

- Delimitación histórica

Se realizó la delimitación histórica por decisión del investigador, ya que el estudio de prefactibilidad fue el primero de esta índole en Guatemala, por lo que se empleó el comportamiento de las olas del mar en los últimos tres años (2017-2022), teniendo en cuenta las diferentes alternativas de tecnologías que se pueden implementar en las olas del mar en Guatemala.





## 4. JUSTIFICACIÓN

La realización de la presente investigación se justifica en la línea de investigación de impactos de los sistemas de generación, transmisión, comercialización y distribución eléctrica de la Maestría en Gestión de Mercados Eléctricos Regulados. Con esta investigación se detallará la evaluación, por medio de un estudio de prefactibilidad, para la implementación de generación de energía eléctrica a través del movimiento de las olas del mar, considerando las diferentes alternativas de tecnología y comportamiento de las olas en Monterrico.

Con este trabajo se define la tecnología a implementar de manera eficiente para el aprovechamiento de la energía undimotriz de las olas en Guatemala, así como el cálculo de la inversión del proyecto. También se analizará el aporte social de energía eléctrica de esta tecnología, esto para justificar la inversión.

Los aportes de este trabajo incluyen dar a conocer una nueva energía renovable para Guatemala, así como demostrar que la implementación de la energía undimotriz puede tener un impacto económico bastante favorable para Guatemala, ya que es una energía ilimitada y limpia, que cuenta con un bajo mantenimiento y costo de operación

En este trabajo se demuestran los beneficios que daría esta energía renovable a la aldea de Monterrico, ya que aumentaría el abastecimiento de energía eléctrica de una manera fácil y eficiente a los pueblos y municipios del departamento. También aportaría a la generación de empleo y a la disminución

de la contaminación del medio ambiente, ya que es una tecnología que no emite gases contaminantes a la atmósfera y los mares.

En Guatemala no se han realizado este tipo de análisis, ya que es una tecnología completamente nueva. Por lo tanto, esta investigación es relevante debido a que se demostrará el impacto económico que se tendría y se definirá la tecnología conveniente para el país.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. General**

Evaluación de alternativas de generación eléctrica mediante el aprovechamiento de la energía undimotriz en la aldea de Monterrico, del municipio de Taxisco, Santa Rosa.

### **5.2. Específicos**

- Definir la tecnología que se adecúa a los movimientos de las olas.
- Cuantificar el beneficio económico que aportaría esta generación de energía.
- Determinar el aporte social y ambiental que daría este tipo de generación de energía a la aldea de Monterrico.



## **6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN**

Se pretende evaluar, por medio de un estudio de prefactibilidad, la implementación de la energía undimotriz, tomando en cuenta variables como la tecnología a utilizar, el lugar y la inversión. Este estudio se limita a la aldea de Monterrico, en Guatemala, tanto a nivel normativo como a nivel de variables e insumos que se analizarán y utilizarán, por ende, la información y resultados pueden ser de utilidad y ser usados para más estudios de esta índole a nivel del país.

De acuerdo con el problema planteado se propone la solución, la cual es determinar la tecnología a implementar en Guatemala. Esto se llevará a cabo recopilando el comportamiento de las olas de tres años anteriores, después de ello se cotizarán las tecnologías más desarrolladas a nivel mundial. Al contar con el costo de las tecnologías, se evaluará el punto más indicado para la instalación de estas. Al momento de evaluar el punto de instalación se hallará apoyo también en las normas y leyes vigentes para energías renovables y para los mares. Al recopilar los datos se realizará un análisis económico. Finalmente, los resultados obtenidos ayudarán a determinar la tecnología más viable para implementar en Guatemala.

En términos de originalidad, cabe mencionar que actualmente en Guatemala no se cuenta con un estudio acerca de la energía undimotriz, ya que la tecnología ha llegado a su desarrollo en estos últimos años, por lo que no se ha llevado a cabo un estudio de esta índole a nivel de postgrado para determinar la factibilidad de esta energía en Guatemala.

Al contar con el área de generación de energía eléctrica dentro de la Maestría de Gestión de Mercados Eléctricos Regulados, es importante realizar estudios por profesionales expertos en sus respectivos ámbitos, con el fin de brindar un aporte al desarrollo eléctrico del país y también para otras maestrías y licenciaturas que se relacionen con temas de generación eléctrica y de mercados eléctricos.

En cuanto a las herramientas que se utilizarán para el desarrollo de la investigación, se cuenta con el equipo donde se guardará la información recopilada. La información económica será analizada en un programa estadístico que dará como resultado la viabilidad económica del proyecto y la información técnica será evaluada por el investigador. La información será recopilada junto con las cotizaciones de los diferentes proveedores, también se llevará a cabo la recopilación del comportamiento de las olas en Guatemala. Cabe mencionar que, al contar con el dictamen económico y técnico, se determinará la viabilidad del proyecto.

## **7. MARCO TEÓRICO**

El objetivo principal de este apartado es plasmar los elementos teóricos, de acuerdo con el autor, argumentando la evaluación a través del análisis de prefactibilidad para implementar de manera adecuada la energía undimotriz en Guatemala.

Este apartado empieza con la definición de las energías de los mares, con el fin de plasmar la clasificación de estas y abordar la energía undimotriz, y después se presenta la definición y tecnologías de esta. Al tener claro estos conceptos, es importante resaltar la materia prima de esta energía, ya que es importante detallarla.

Se tomará en cuenta el tema financiero, con el fin de definir cuáles parámetros se utilizarán para determinar la prefactibilidad del proyecto.

Luego, para finalizar, se describirán las características ambientales y sociales debido a que la evaluación se justificará por medio de un análisis de prefactibilidad para determinar la viabilidad del proyecto.

### **7.1. Análisis de prefactibilidad**

Se sabe que, al iniciar un nuevo proyecto, el análisis de prefactibilidad es una etapa del proceso de evaluación. Esta evaluación es un aspecto importante ya que brinda los valores cualitativos y cuantitativos que dan como parámetros las ventajas y desventajas del proyecto. Es por ello por lo que, al llevarlo a cabo, da como resultado la viabilidad o no viabilidad de este.



## **7.2. Energías del mar**

Debido a la mejora continua y la disminución de la contaminación al medio ambiente se están desarrollando tecnologías que puedan aprovechar las energías del mar, el cual se considera una energía renovable debido a que su fuente es ilimitada y tiene diferentes alternativas para su obtención que evitan la contaminación al mundo. Entre ellas se encuentra las siguientes: energía mareomotriz, energía de las corrientes marinas, energía azul o energía osmótica (gradiente salino), energía maremotérmica y energía undimotriz.

### **7.2.1. Energía mareomotriz**

Es la energía que aprovecha el ascenso y descenso de las olas, su tecnología se caracteriza debido a que tiene cuenta con dos compuertas que dan acceso a la entrada. Estas compuertas se abren cuando existe agua, una ola o el agua ingresa llegando a su punto máximo. Cuando se empieza el descenso las compuertas se cierran para almacenar agua. Lo que se obtiene de agua se utiliza para hacer girar una turbina y así empezar el proceso de generar energía eléctrica (FICIENCIA, 2021).

### **7.2.2. Energía de las corrientes marinas**

Es la energía que se obtiene al aprovechar una corriente de agua constante, que provoca el movimiento de una turbina, y este movimiento se utilizar para empezar con la generación de energía eléctrica (Universidad Nacional Autónoma de México, 2001).

### **7.2.3. Energía azul o energía osmótica (gradiente salino)**

Este tipo de energía se produce cuando existe agua del mar con un buen porcentaje de salinidad y tiene contacto con agua dulce o de baja salinidad. Para aprovechar este contacto se cuenta con una membrana semipermeable en que fluye el líquido con menos salinidad hacia el que más tiene y a esta presión en la membrana se le llama presión osmótica, que hace mover una turbina que impulsa la generación de energía eléctrica (Aqua Fundación, 2022).

### **7.2.4. Energía maremotérmica**

Energía que se genera a la diferencia de temperatura de la superficie del mar contra la profundidad del mar. Esta diferencia de temperaturas provoca movimiento de una máquina térmica, lo cual da como resultado trabajo útil. Este trabajo útil es utilizando en la máquina térmica y genera energía eléctrica (AEMA, 2021).

### **7.2.5. Energía undimotriz**

Esta energía es derivada de la energía solar, ya que al recibir energía solar las olas tienen un cambio de temperatura que provoca un cambio a su vez en la superficie de manera no lineal, teniendo como consecuencia desplazamiento de aire (movimiento de ola). Un viento tiene interacción por rozamiento con la superficie libre de agua y esto provoca las olas, que son capaces de viajar kilómetros con escasas pérdidas de energía. La obtención de este movimiento es lo que brinda la energía undimotriz (Prado, Roberts y Noguera, 2022).

### **7.3. Tecnologías para aprovechamiento de la energía undimotriz**

Se sabe que esta tecnología se encuentra en constante desarrollo (Perdomo, Idárraga, Díaz y Palacios, 2022), por lo que se encuentra la siguiente clasificación más representativa:

#### **7.3.1. Dispositivos en función de la distancia de la costa**

- En la costa (*on shore*)
- Cercanos a la costa (*near shore*)
- Fuera de la costa (*off shore*)

#### **7.3.2. Dispositivos por el principio de captación**

- Diferencia de presión *power take off* (PTO)
- Sistemas de rebosamiento y/o impacto
- Cuerpos flotantes

#### **7.3.3. Dispositivos según el tamaño y orientación**

- Atenuador
- Totalizadores o terminadores
- Absorbedor de puntos

#### **7.3.4. Clasificación de acuerdo con su comportamiento dinámico**

- Fondo del mar
- Auto referenciado (activos)

### **7.3.5. Clasificación de acuerdo con su función de salida**

- Eléctrica
- Desalinización

### **7.3.6. De acuerdo con la instalación**

- Anclado del fondo
- Flotante
- Sumergido

## **7.4. Teoría de la ola**

Se sabe que las olas del mar pueden ser producidas por diferentes indoles, para entender el comportamiento se cuenta con dos teorías que explican la generación de estas y con una definición del origen de la ola.

### **7.4.1. Origen de la ola**

El cambio de temperatura tiene como consecuencia la generación de vientos que provocan el movimiento de la ola. En el momento que existe viento, este sopla sobre el mar y este rozamiento provoca movimientos. Si el viento sopla por más tiempo, mayor será el recorrido de metros o kilómetros, provocando un movimiento constante (EAFIT, 2022).

#### **7.4.1.1. Teoría de la ola lineal**

La primera teoría se basa en olas que recorren distancias pequeñas, por lo que su velocidad no depende de la profundidad, sin embargo, tiene otros

factores que sí influyen directamente en ella, como velocidad de traslación, longitud de la ola, desplazamiento vertical y periodo (Fernández, 2022).

#### **7.4.1.2. Teoría de la ola no lineal**

El principal fundamento de esta teoría es la superficie, debido a que se toma en consideración el desplazamiento vertical y el tiempo en cada posición (Fernández, 2022).

### **7.5. Marco conceptual**

En este apartado de marco conceptual se plasmarán definiciones que servirán para entender los indicadores para el desarrollo de los objetivos de la evaluación.

#### **7.5.1. Topografía marina**

Se sabe que una topografía marina es una superficie que se encuentra situada bajo el mar y se encuentra cercana a la costa, normalmente se encuentra desde el litoral hasta doscientos metros de profundidad y tiene en cuenta aspectos como área, forma y altura. Esta información se ve plasmada de forma plana.

#### **7.5.2. Concesiones marítimas**

Son aquellos bienes administrados por el gobierno de un país, al ser marítimos estarían enfocados al terreno de la playa, el fondo del mar y las porciones de agua (Subsecretaría para las Fuerzas Armadas de Chile, 2005).

### **7.5.3. Incentivos de las energías renovables**

Son consideraciones o beneficios fiscales que otorga el gobierno de un país para desarrollar y utilizar energías renovables.

### **7.5.4. Análisis económico**

Es el estudio que se realiza al inicio de un proyecto, el cual tiene como objetivo el flujo económico de las actividades a realizar, colocándoles un valor económico y determinando tanto el costo como la utilidad en un debido tiempo (Cuervo, 1986).

### **7.5.5. Inversión inicial**

Es considerado el recurso de la etapa inicial, puede ser físico como maquinarias o equipos, financiero o disponibilidad de efectivo (Inversión Inicial, 2022).

### **7.5.6. Costes de operación y mantenimiento**

Es considerado un conjunto de actividades y procedimientos técnicos con el fin de mantener, mejorar y adecuar procesos con el desarrollo de una o varias actividades de una empresa, procurando maximizar la efectividad con una continua disminución en los costos (Lozano, 2022).

### **7.5.7. Valor Actual Neto (VAN)**

Consiste en analizar en el tiempo cero el flujo de efectivo y así determinar el flujo futuro de un proyecto, haciendo la comparación de la inversión inicial (Canales, 2022).

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

Es el indicador que brinda la rentabilidad de la inversión, este se ve expresado en porcentaje indicando un beneficio o pérdida de la inversión inicial (Canales, 2022).

### **7.5.9. Relación beneficio-costos (B/C)**

Matemáticamente se considera que el costo es restado del beneficio, y al obtener este resultado se analiza para definir si la inversión es viable o no (Shopify, s.f.).

### **7.5.10. Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI)**

Es considerado un indicador que refleja en cuánto tiempo se puede recuperar el total de la inversión inicial, representado en años, meses o inclusive días (ESAN Graduate School of Business, 2017).

### **7.5.11. Impacto ambiental**

Es considerado un instrumento que tiene como finalidad prevenir, mitigar y restaurar daños al ambiente, así como tener un panorama de las actividades

para evitar o reducir los efectos negativos en el ambiente (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Gobierno de México, 2018).

#### **7.5.12. Contaminación sonora**

Es también conocida como contaminación acústica e incluye aquel ruido o sonido que supere los sesenta y cinco decibeles para el oído humano. Si este ruido o sonido no supera la cantidad descrita, no se considera como contaminación (IBERDROLA, s.f.).

#### **7.5.13. Alteración del ecosistema marítimo**

Esta alteración se da debido a la absorción del calor de la atmósfera a través del océano, teniendo un efecto muy por debajo de la superficie marina, dando como resultado la alteración de la vida marina y poniendo en riesgo la biodiversidad marina (Agencia Europea de Medio Ambiente, 2022).

#### **7.5.14. Impacto social**

Incluye los cambios que puede tener una persona o comunidad derivados de una acción de desarrollo de un proyecto en concreto, que influyen directamente en las condiciones de vida humana en un determinado tiempo.

#### **7.5.15. Modificación del entorno**

Es una alteración de un lugar en específico, puede ser cualitativa o cuantificativa, esto va de acuerdo con el estudio o enfoque que se esté ejecutando.



#### **7.5.16. Nivel de educación**

En la educación existen niveles de estudio, así como clasificaciones tales como: preprimaria, primaria, básicos, diversificado, licenciatura, maestría, doctorado. Estos niveles brindan un indicador de cómo se encuentra una persona o comunidad en general.

#### **7.5.17. Empleo**

Se sabe que el empleo es una acción que se realiza a cambio de una recompensa monetaria o económica.

## **8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS**

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

### **1. MARCO REFERENCIAL**

1.1 Estudios previos

1.2 Antecedentes

### **2. MARCO TEÓRICO**

2.1. Análisis de prefactibilidad

2.2. Energías del mar

2.2.1. Energía mareomotriz

2.2.2. Energía de las corrientes marinas

2.2.3. Energía azul o energía osmótica

2.2.4. Energía maremotérmica

2.2.5. Energía undimotriz

2.3. Tecnologías para aprovechamiento de la energía undimotriz

2.3.1. Dispositivos en función de la distancia de la costa

2.3.2. Dispositivos por el principio de captación

2.3.3. Dispositivos según el tamaño y orientación

- 2.3.4. Clasificación de acuerdo con su comportamiento dinámico
- 2.3.5. Clasificación de acuerdo con su función de salida
- 2.3.6. De acuerdo con la instalación
- 2.4. Teoría de la ola
  - 2.4.1. Origen de la ola
- 2.5. Marco conceptual
  - 2.5.1. Topografía marina
  - 2.5.2. Concesiones marítimas
  - 2.5.3. Incentivos de las energías renovables
  - 2.5.4. Análisis económico
  - 2.5.5. Inversión inicial
  - 2.5.6. Costes de operación y mantenimiento
  - 2.5.7. Valor Actual Neto (VAN)
  - 2.5.8. Tasa Interna de Retorno (TIR)
  - 2.5.9. Relación beneficio-costos (B/C)
  - 2.5.10. Periodo de recuperación de la inversión (PRI)
  - 2.5.11. Impacto ambiental
  - 2.5.12. Contaminación sonora
  - 2.5.13. Alteración del ecosistema marítimo
  - 2.5.14. Impacto social
  - 2.5.15. Modificación del entorno
  - 2.5.16. Nivel de educación
  - 2.5.17. Empleo

### 3. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

- 3.1. Características del estudio
  - 3.1.1. Diseño
  - 3.1.2. Enfoque

- 3.1.3. Alcance
    - 3.1.4. Unidad de análisis
  - 3.2. Variables
  - 3.3. Fases del desarrollo de la investigación
    - 3.3.1. Fase 1
    - 3.3.2. Fase 2
    - 3.3.3. Fase 3
    - 3.3.4. Fase 4
  - 3.4. Técnicas de análisis de información

#### 4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

#### 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

APÉNDICES

ANEXOS



## **9. METODOLOGÍA**

El estudio de investigación del presente trabajo tiene un enfoque mixto, con un alcance descriptivo y/o de pronóstico y un diseño no experimental para la evaluación por medio de prefactibilidad de la implementación de la energía undimotriz en la aldea de Monterrico, Guatemala.

### **9.1. Características del estudio**

Las características del estudio contemplan el diseño, enfoque y alcance de este, que se describen a continuación.

### **9.2. Unidades de análisis**

La población en estudio será el oleaje del mar del departamento de Monterrico y el mismo departamento, debido a que la investigación se basará en un análisis de prefactibilidad donde se tomará en cuenta las características de oleaje del área, así mismo se proyectará el impacto que este puede tener, tanto social, ambiental y económico, en el departamento de Monterrico.

### **9.3. Variables**

Existen diversas definiciones de la evaluación y diferentes puntos que se pueden tomar para que este análisis sea válido. Por ello, de manera fácil y concisa, se evaluará el proyecto por medio de la prefactibilidad, que es la evaluación inicial de un proyecto con el fin de brindar información básica para la financiación de este. En un estudio de prefactibilidad se pueden estudiar

diferentes puntos, en esta investigación se tomarán en cuenta los siguientes: económico, técnico, social y ambiental, teniendo como variables las siguientes:

**Tabla 1. Tabla de variables e indicadores**

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	INDICADORES
Generadores undimotrices	Dispositivo que brinda la posibilidad de aprovechar el potencial de la energía que poseen las olas del mar, para transformarlo en electricidad. A su vez, un generador undimotriz puede aprovechar tanto la energía cinética como la energía potencial, todo dependerá del tipo de dispositivo y la tecnología que emplee.	Oleaje . Topografía Marina Concesiones Marítima Tecnología eficiente y economicas
Beneficio economico	Concepto ampliamente extendido y empleado en el ámbito económico, tanto a nivel macroeconómico como microeconómico que está relacionado con la diferencia entre ingresos y costes derivados de una determinada actividad económica.	Incentivo de energias renovables Tasa interna de retorno. Valor actual neto Relación Beneficio - Costo., Periodo de recuperación de la inversión.
Aporte social y ambiental	La conservación del medio ambiente y el uso racional de los recursos naturales renovables debe de considerarse dentro del proyecto, así como los efectos negativos y positivos que se podrían generar y las medidas de mitigación a implementarse según sea los efectos del proyecto para este tipo de proyectos el estudio de demanda debe ser realizado para una comunidad, área o estrato de población bien definidos. En tal sentido busca:  Determinar la demanda potencial y actual en función de los beneficiarios directos e indirectos. Determinar la demanda futura del proyecto proyectándola de acuerdo a los años de vida útil del proyecto.	Contaminación sonora Emisión de gases Contaminación en el agua Alteración del ecosistema maritimo Modificación del entorno y vista Empleo Nivel de educación

Fuente: elaboración propia.

#### **9.4. Fases del estudio**

A continuación, se describen las fases de la evaluación para la investigación:

##### **9.4.1. Fase 1**

En la fase número uno se investigará los proyectos de generación undimotrices que existen en el mundo, paralelamente se estará solicitando al INSIVUMEH y a la Dirección de Normatividad de la Pesca y Acuicultura la información del oleaje de Monterrico y sus derivados. Después de ello se hará una selección de los proyectos que han sido más rentables y económicos. Al contar con esta selección de diferentes proyectos, se procederá a realizar el análisis del mar y oleaje de Monterrico, logrando de esta manera hacer la comparación de esta información para obtener la tecnología que mejor se adecúa.

##### **9.4.2. Fase 2**

Al terminar la primera fase, se realizará la elección de la información que será útil para el análisis económico, ya que, de acuerdo con la tecnología elegida, tendrá un costo y se analizará de forma estadística, determinando el aporte económico de la misma.

##### **9.4.3. Fase 3**

Luego de concluir las primeras dos fases, al tener los aspectos técnicos y económicos definidos, se procederá a realizar los aportes que el proyecto puede tener en la sociedad, así como el alcance ambiental.



#### **9.4.4. Fase 4**

Como última fase, se realiza la interpretación en conjunto de todos los resultados obtenidos de la fase anterior, con el fin de determinar la prefactibilidad de la implementación de la energía undimotriz en Monterrico.

#### **9.5. Resultados esperados**

En el siguiente apartado se detallarán los resultados que se espera obtener por fase:

- De acuerdo con el análisis técnico de la fase uno, que sería mediante la matriz de caracterización, este proyecto brinda el resultado de la tecnología más eficiente y confiable técnicamente.
- Luego, en la fase dos, se espera que el análisis estadístico que se realizará determine los incentivos de las energías del mar, y que los valores de TIR sean mayores que la tasa de rendimiento ( $k$ ), que el VPN sea mayor que cero, que el periodo de retorno de inversión no pase los quince años y que el valor final de beneficio-costos sea mayor a uno.
- En la fase tres, después del análisis económico y técnico, se espera que la tecnología cumpla con un 60 % mínimo de la matriz característica social y ambiental.
- Luego de concluir las tres fases anteriores, se espera en la fase cuatro determinar la factibilidad del proyecto.

## 10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Las técnicas de análisis que se utilizarán en esta investigación irán de acuerdo con las fases propuestas anteriormente, por lo que la técnica que se utilizará con respecto a la fase uno será una matriz de caracterización, que contará con las características necesarias de las olas de forma horizontal y las características de los diferentes generadores de forma vertical, esto con el fin de que la tecnología que cuente con más aciertos, que se irán marcando con una X, será la tecnología técnicamente adecuada para el proyecto.

Tabla 2. **Matriz de caracterización técnica**

	CARACTERÍSTICA DE LA OLA 1	CARACTERÍSTICA DE LA OLA 2	CARACTERÍSTICA DE LA OLA 3	CARACTERÍSTICA DE LA OLA 4
CARACTERÍSTICA DEL GENERADOR 1	X		X	
CARACTERÍSTICA DEL GENERADOR 2		X		X
CARACTERÍSTICA DEL GENERADOR 3	x		X	
CARACTERÍSTICA DEL GENERADOR 4		X		X
CARACTERÍSTICA DEL GENERADOR 5	X		X	

Fuente: elaboración propia.

Con la segunda fase se utilizará la técnica de estadística descriptiva, ya que la técnica implementada ya se encuentra determinada y tiene el fin de determinar valores que indicarán la viabilidad del proyecto. Entre las técnicas descriptivas a utilizar están: TIR, VPN, relación beneficio-costos y periodo de recuperación de la inversión.

La tercera fase tendrá una matriz enfocada a impactos sociales y ambientales, por lo que dará un indicativo sobre si la tecnología seleccionada cumple ambas variables o solamente una.

Tabla 3. **Matriz de caracterización ambiental y social**

	<b>Tecnología seleccionada</b>
<b>AMBIENTAL</b>	Contaminación sonora
	Emisión de gases
	Alteración del paisaje
	Alteración de la fauna marina
<b>SOCIAL</b>	Generación de empleo
	Posible alteración de flujo migratorio
	Impacto en la red de estudios local
	Posible creación de lugar de estudios técnicos

Fuente: elaboración propia.

Si la tecnología cuenta con un porcentaje de X mayor al 60 % en el lado ambiental y social se tomará como viable la evaluación.

Al contar con la respuesta de las fases, se hará un análisis general, teniendo en cuenta cada uno de los resultados, ya que en conjunto esto indicará la viabilidad o no viabilidad del proyecto.

# 11. CRONOGRAMA

Tabla 4. Cronograma de la investigación

Descripción	Diagrama de Gantt			Resposables																
	Inicio	Fin	Días	jun-22	jul-22	ago-22	sep-22	oct-22	nov-22	dic-22	ene-23	feb-23	mar-23	abr-23	may-23	jun-23	jul-23	ago-23	sep-23	oct-23
Elaboración y aprobación de anteproyecto	Cristian Gartzález	Junio	Agosto	60 días	[Green bar from Jun-22 to Aug-22]															
Elaboración y aprobación de protocolo	Cristian Gartzález	Agosto	Octubre	50 días	[Red bar from Aug-22 to Oct-22]															
Recopilación de información	Oscian Gartzález	Octubre	Enero	50 días	[Yellow bar from Oct-22 to Jan-23]															
Investigación y análisis de los diferentes generadores de energía hidráulica (Desarrollo de objeto específico no1).	Cristian Gartzález	Enero	Marzo	30 días	[Green bar from Jan-23 to Mar-23]															
Investigación de datos para analizarlos estadísticamente (Desarrollo de objeto específico dos).	Cristian Gartzález	Marzo	Abril	30 días	[Red bar from Mar-23 to Apr-23]															
Análisis de impacto social y ambiental para elaboración del proyecto (Desarrollo de objeto específico tres).	Cristian Gartzález	Abril	Mayo	30 días	[Yellow bar from Apr-23 to May-23]															
Desarrollo de objeto general.	Cristian Gartzález	Mayo	Junio	30 días	[Green bar from May-23 to Jun-23]															
Elaboración de conclusiones y recomendaciones.	Cristian Gartzález	Junio	Julio	45 días	[Red bar from Jun-23 to Jul-23]															
Elaboración y aprobación de secciones complementarias a informe final.	Cristian Gartzález	Agosto	Septiembre	45 días	[Yellow bar from Aug-23 to Sep-23]															
Entrega y aprobación del informe final.	Escuela de posgrados	Octubre	Noviembre	30 días	[Green bar from Oct-23 to Nov-23]															

Fuente: elaboración propia, realizado en Microsoft Excel.



## 12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

La investigación se realizará con recursos propios del estudiante de maestría.

Siendo la investigación descriptiva, se tendrán en cuenta los siguientes recursos:

Tabla 5. **Recursos necesarios para la investigación**

Descripción	Costo	Cantidad	Subtotal
Honorarios del estudiante	Q 4,500.00	1	Q 4,500.00
Honorarios del asesor	Q 4,000.00	1	Q 4,000.00
Computadora	Q 6,000.00	1	Q 6,000.00
Internet	Q 450.00	1	Q 450.00
Impresora	Q 600.00	1	Q 600.00
Energía eléctrica	Q 350.00	1	Q 350.00
Resma de hojas	Q 75.00	1	Q 75.00
Material escolar	Q 50.00	1	Q 50.00
		Total	Q 16,025.00
		Imprevistos	Q 1,000.00

Fuente: elaboración propia.

- **Recurso humano:** se tiene la parte de recurso humano ya que está conformado por el estudiante de la maestría de gestión de mercados eléctricos regulados, así como por el asesor.

- Recurso financiero: en la tabla 4 se hace el desglose de los gastos proyectados, estos serán cubiertos por el estudiante.
- Recursos tecnológicos: se cuenta con el recurso tecnológico y herramientas utilizadas que están contempladas en el paquete de Office de la computadora, en conjunto con el Internet.
- Acceso a la información: la información que se compilará y se utilizará es información de acceso público, debido a que el INSIVUMEH y la Dirección de Normatividad de la Pesca y Acuicultura brindan la información necesaria de los mares para hacer el análisis y desarrollo de los resultados de la investigación. Por lo tanto, el estudio sería factible.

### 13. REFERENCIAS

1. As Unusual. (2022). *La importancia de las energías renovables*. Recuperado de [https://www.accion.com/es/energias-renovables/?\\_adin=02021864894](https://www.accion.com/es/energias-renovables/?_adin=02021864894)
2. Braulia, T. (2014). *Evaluación primaria del proyecto de energía mareomotriz, apertura engine, como instrumento de desarrollo sostenible en Guatemala* (tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, Recuperado de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_3038\\_IN.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3038_IN.pdf).
3. Canales, R. (2022). Criterios para la toma de decisión de inversiones. *Revista Electrónica de Investigación en Ciencias Económicas Abriendo Camino al Conocimiento*, 2 (4) 1-17. Recuperado de <http://file:///C:/Users/gt-proyectos/Downloads/admin-74-296-1-ce.pdf>
4. Cuervo, A. y Rivero, P. (1986). El análisis económico financiero de la empresa. *Revista Española de Financiación y Contabilidad*, 15 (49), 15–33.
5. EAFIT. (2022). *Olas del mar*. Recuperado de <https://www.eafit.edu.co/ninos/reddelaspreguntas/Paginas/como-se-crean-las-olas-del-mar.aspx#:~:text=Los%20rayos%20del%20Sol%20calientan,de%20longitud%2C%20llamadas%20ondas%20capilares>



6. EMEC. (2022). Impulsores del cambio en océanos y costas. Módulo 6: el desarrollo tecnológico-oceanográfico. Recuperado de [https://eva.fing.edu.uy/pluginfile.php/296261/mod\\_resource/content/1/Desarrollo%20tecnol%C3%B3gico%20aprovechamiento%20energ%C3%A9tico%20en%20oc%C3%A9anos%20y%20costas.pdf](https://eva.fing.edu.uy/pluginfile.php/296261/mod_resource/content/1/Desarrollo%20tecnol%C3%B3gico%20aprovechamiento%20energ%C3%A9tico%20en%20oc%C3%A9anos%20y%20costas.pdf)
  
7. FEPTGU. (2022). *Inversión inicial*. Recuperado de <https://feptgu.eco.catedras.unc.edu.ar/unidad-3/inversion-inicial/>
  
8. Fernández, P. (2022). *Energía de las olas*. Madrid, España. Recuperado de [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/33182630/Energia\\_olas-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1659583872&Signature=Kk3qcR15Q5S-28Y49-PO9IOv85PINKOzZdE4Lmf-9ImQaYx3bR066-ktuYtpG2EWPB-QBtiKmx6cP7fwjKM6xkhA1UCaqezL~Gak1xiy0QIw4OjPUaahPuVWFyEgNEq6yAtDQCk1s6bc17zR~Q8iVCNIX5eKDxoKW2QxYNdAOxvDg1C~uBj3y3y2BnsKrRK80CuLtDyQtD9bdZinyi-XKxUK8YH8wx3NoYHQxyLbm6Rn1Gdv2jQ83tsc~1NeV6cm8OEqfUnVuZy8AKGPEkF83Yk9RYap8kDcgn~6lj6zw8GrUE~RxRikFYT28iYaKqfcegnGwiuArbwuKCmlHQDolw\\_\\_&Key-Pair-Id=2APKARBV4HF5GG](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/33182630/Energia_olas-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1659583872&Signature=Kk3qcR15Q5S-28Y49-PO9IOv85PINKOzZdE4Lmf-9ImQaYx3bR066-ktuYtpG2EWPB-QBtiKmx6cP7fwjKM6xkhA1UCaqezL~Gak1xiy0QIw4OjPUaahPuVWFyEgNEq6yAtDQCk1s6bc17zR~Q8iVCNIX5eKDxoKW2QxYNdAOxvDg1C~uBj3y3y2BnsKrRK80CuLtDyQtD9bdZinyi-XKxUK8YH8wx3NoYHQxyLbm6Rn1Gdv2jQ83tsc~1NeV6cm8OEqfUnVuZy8AKGPEkF83Yk9RYap8kDcgn~6lj6zw8GrUE~RxRikFYT28iYaKqfcegnGwiuArbwuKCmlHQDolw__&Key-Pair-Id=2APKARBV4HF5GG)>agosto].
  
9. García, J. (2016). *Aprovechamiento de la energía de las olas energía undimotriz* (tesis de licenciatura). Universidad de La Laguna, San Cristóbal de La Laguna, Santa Cruz de Tenerife, España. Recuperado de <https://riull.ull.es/xmlui/handle/915/2522>.
  
10. Lozano, O. (2022). Mantenimiento y costos de gestión en un sector empresarial en un Valle de Aburrá. Recuperado de

[https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/4347/OscarJose\\_LozanoArias\\_2009.PDF;jsessionid=7A7444328F13F7931A10A5B9D742C50E?sequence=3](https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/4347/OscarJose_LozanoArias_2009.PDF;jsessionid=7A7444328F13F7931A10A5B9D742C50E?sequence=3)

11. Méndez, C. , Correa, M. y Peñaloza, Y. (2022). Energías renovables como modelo sostenible en el comercio internacional. *Visión Internacional (Cúcuta)*, 7 (1), 23-40. Recuperado de <https://doi.org/10.22463/27111121.3334>
12. Noela, C. (2017). Estudio de la viabilidad de un parque con energía undimotriz en Galicia comparando diversos convertidores de olas. (tesis de licenciatura). Universidad de Coruña, La Coruña, España. Recuperado de <https://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/19724>.
13. Perdomo, A. (2018). *Viabilidad técnica de tecnologías para aprovechamiento de la energía undimotriz en la costa del Pacífico colombiano*. Recuperado de <https://www.bibliotecadigitaldebogota.gov.co/resources/3072490/>.
15. Prado, P., Roberts, J. y Noguera, O. (2022). Evaluación de la energía undimotriz en el sudeste de la Provincia de Buenos Aires, Argentina. Congreso Latinoamericano de Generación y Transmisión de Electricidad. Congreso llevado a cabo en Buenos Aires, Argentina. Recuperado de <http://www3.fi.mdp.edu.ar/clagtee/2017/articles/07-018.pdf>.
16. Robin, L. (2005). *Energía mareomotriz. Presente y futuro en Guatemala* (tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala,

Guatemala. Recuperado de  
<http://biblio.ingenieria.usac.edu.gt/tesis/T7055.pdf>.