



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL**

**EVALUACIÓN DE LAS LÍNEAS DE REGRESIÓN EROSIVAS EN LA  
ZONA COSTERA DE LA PARROQUIA ENGABAO, DEL CANTÓN  
PLAYAS, PROVINCIA DE GUAYAS, A TRAVÉS DE TÉCNICAS DE  
SENSORES REMOTOS (REMOTE SENSING)**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA AMBIENTAL**

**AUTOR/A:**

**JEIMY ALEXANDRA BONILLA VILLALVA**

Riobamba - Ecuador

2024



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL**

**EVALUACIÓN DE LAS LÍNEAS DE REGRESIÓN EROSIVAS EN LA  
ZONA COSTERA DE LA PARROQUIA ENGABAO, DEL CANTÓN  
PLAYAS, PROVINCIA DE GUAYAS, A TRAVÉS DE TÉCNICAS DE  
SENSORES REMOTOS (REMOTE SENSING)**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA AMBIENTAL**

**AUTOR: JEIMY ALEXANDRA BONILLA VILLALVA**

**DIRECTOR: Dr. FABIÁN ERNESTO ARIAS ARIAS**

Riobamba-Ecuador

2024

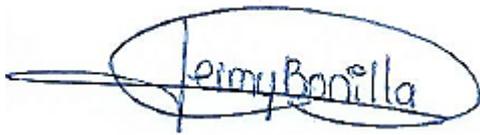
**©2024, Jeimy Alexandra Bonilla Villalva**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Jeimy Alexandra Bonilla Villalva, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos del documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación, el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 26 de Marzo del 2023.

A handwritten signature in blue ink that reads "Jeimy Bonilla". The signature is enclosed within a hand-drawn oval shape.

**Jeimy Alexandra Bonilla Villalva**  
**160070928-9**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular: Tipo: Proyecto de Investigación, **EVALUACIÓN DE LAS LÍNEAS DE REGRESIÓN EROSIVAS EN LA ZONA COSTERA DE LA PARROQUIA ENGABAO, DEL CANTÓN PLAYAS, PROVINICA DE GUAYAS, A TRAVÉS DE TÉCNICAS DE SENSORES REMOTOS (REMOTE SENSING)**, realizado por la señorita: **JEIMY ALEXANDRA BONILLA VILLALVA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, teóricos, legales en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

**FIRMA**

**FECHA**

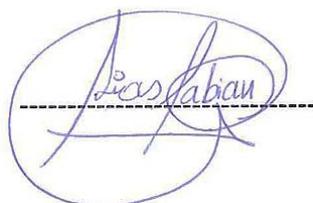
Ing. Silvana Paola Ocaña Coello



2023-06-29

**PRESIDENTA DEL TRIBUNAL**

Dr. Fabian Ernesto Arias Arias, PhD.



2023-06-29

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Ing. María Soledad Núñez Moreno



2023-06-29

**ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de Integración Curricular se lo dedico a Dios, mis padres Patricio Bonilla, Marcel Villalva, y mi amado esposo Antony Alvarado por su apoyo y motivación a lo largo de mi vida y carrera universitaria, por creer en mí capacidad, hemos atravesado muchas circunstancias pero siempre brindándome su comprensión, cariño y amor.

Gracias a todos.

**Jeimy**

## **AGRADECIMIENTO**

Mi más sincero agradecimiento a mis padres por brindarme la oportunidad de seguir preparándome como universitaria y confiar en mí, a mi esposo por su atención, paciencia y dedicación en el hogar, sobre todo a mi tutor Ing. Fabian Arias y a Ing. Soledad Núñez por brindarnos su tiempo y capacidades profesionales.

**Jeimy**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

|                              |      |
|------------------------------|------|
| ÍNDICE DE CONTENIDO .....    | vii  |
| ÍNDICE DE TABLAS.....        | xi   |
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES..... | xii  |
| ÍNDICE DE ANEXOS .....       | xiii |
| RESUMEN.....                 | xiv  |
| ABSTRACT .....               | xv   |
| INTRODUCCIÓN .....           | 1    |

### CAPÍTULO I

|   |   |
|---|---|
| 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....         | 2 |
| 1.1. Planteamiento del Problema .....     | 2 |
| 1.2. Objetivos .....                      | 3 |
| 2.1.1. <i>Objetivo General</i> .....      | 3 |
| 2.1.2. <i>Objetivos Específicos</i> ..... | 3 |
| 1.3 Justificación .....                   | 4 |
| 1.4 Hipótesis.....                        | 4 |

### CAPÍTULO II

|  |   |
|--|---|
| 2. MARCO TEÓRICO.....                      | 5 |
| 2.1. Generalidades .....                   | 5 |
| 2.1.3. <i>Área de estudio</i> .....        | 5 |
| 2.2. Dinámica costera.....                 | 5 |
| 2.2.1. <i>Control tectónico</i> .....      | 5 |
| 2.2.2. <i>Rasgos geomorfológicos</i> ..... | 6 |
| 2.2.3. <i>Rasgos tectónicos</i> .....      | 7 |

|          |  |    |
|----------|--|----|
| 2.2.4.   | <i>Conformación de Engabao</i> .....                           | 7  |
| 2.2.5.   | <i>Factores de control de registro</i> .....                   | 8  |
| 2.2.5.1. | <b>Retroceso</b> .....   | 8  |
| 2.2.5.2. | <b>Erosión Costera</b> .....                                   | 8  |
| 2.3.     | <b>Procesos costeros</b> .....                                 | 9  |
| 2.3.1.   | <i>Mareas</i> .....  | 9  |
| 2.3.2.   | <i>Oleaje</i> .....  | 9  |
| 2.3.3.   | <i>Corrientes</i> .....  | 9  |
| 2.3.4.   | <i>Balance Sedimentario</i> .....                              | 10 |
| 2.3.5.   | <i>Acreción costera</i> .....                                  | 10 |
| 2.3.6.   | <i>Playa</i> .....   | 10 |
| 2.3.7.   | <i>Línea de Costa</i> .....                                    | 10 |
| 2.4.     | <b>Herramientas</b> .....                                      | 11 |
| 2.4.1.   | <i>Sensores Remotos</i> .....                                  | 11 |
| 2.4.2.   | <i>Teledetección y Sistema de Información Geográfica</i> ..... | 11 |
| 2.4.3.   | <i>Landsat 7</i> .....   | 12 |
| 2.4.4.   | <i>Cobertura y uso de suelo</i> .....                          | 12 |
| 2.4.5.   | <i>Google Earth</i> .....                                      | 12 |
| 2.4.6.   | <i>Sistema de Información Geográfica</i> .....                 | 12 |
| 2.4.7.   | <i>ArcMap</i> .....  | 12 |

### CAPÍTULO III

|        |                                      |    |
|--------|--------------------------------------|----|
| 3.     | <b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....      | 14 |
| 3.1.   | <b>Zona de Estudio</b> .....         | 14 |
| 3.1.1. | <i>Ubicación geográfica</i> .....    | 14 |
| 3.2.   | <b>Población</b> .....               | 15 |
| 3.2.1. | <i>Actividades productivas</i> ..... | 15 |
| 3.2.2. | <i>Topografía</i> .....              | 16 |

|             |  |           |
|-------------|--|-----------|
| <b>3.3.</b> | <b>Meteorología y oceanografía .....</b>                               | <b>16</b> |
| 3.3.1.      | <i>Clima .....</i>   | 16        |
| 3.3.2.      | <i>Precipitación .....</i>   | 18        |
| 3.3.3.      | <i>Humedad Relativa.....</i>   | 19        |
| 3.3.4.      | <i>Vientos.....</i>  | 20        |
| 3.3.5.      | <i>Hidrología .....</i>  | 20        |
| 3.3.6.      | <i>Vegetación.....</i>   | 21        |
| <b>3.4.</b> | <b>Descripción de la Metodología .....</b>                             | <b>21</b> |
| <b>3.5.</b> | <b>Materiales y programas.....</b>                                     | <b>22</b> |
| 3.5.1.      | <i>Primera Etapa. Compilación de información bibliográfica.....</i>    | 23        |
| 3.5.2.      | <i>Tratamiento y procesamiento de la información recolectada. ....</i> | 23        |
| 3.5.3.      | <i>Procesamiento de datos.....</i>                                     | 23        |
| 3.5.3.1.    | <i>Diseño de líneas de base y líneas de costa.....</i>                 | 24        |
| 3.5.4.      | <i>Uso de suelo en el área de influencia.....</i>                      | 27        |
| 3.5.5.      | <i>Riesgo y vulnerabilidad.....</i>                                    | 28        |
| 3.5.6.      | <i>Tasas de erosión.....</i>   | 28        |
| 3.5.6.1.    | <i>Zona 1 .....</i>  | 31        |
| 3.5.6.2.    | <i>Zona 2 y 3.....</i>   | 32        |

#### **CAPÍTULO IV**

|             |   |           |
|-------------|---|-----------|
| <b>4.</b>   | <b>RESULTADOS .....</b>                             | <b>34</b> |
| <b>4.1.</b> | <b>Tasa de Erosión zona de estudio Engabao.....</b> | <b>34</b> |
| 4.1.1.      | <i>Zona 1.....</i>                                  | 34        |
| 4.1.2.      | <i>Zona 2.....</i>                                  | 36        |
| 4.1.3.      | <i>Zona 3.....</i>                                  | 38        |
| <b>4.2.</b> | <b>Movimiento La Línea De Costa .....</b>           | <b>40</b> |
| 4.2.1.      | <i>Zona 1.....</i>                                  | 40        |
| 4.2.2.      | <i>Zona 2.....</i>                                  | 42        |

|          |   |    |
|----------|---|----|
| 4.2.3.   | <i>Zona 3</i> .....                         | 44 |
| 4.3.     | <b>Factores Erosivos Y Climáticos</b> ..... | 46 |
| 4.3.1.   | <i>Precipitaciones</i> .....                | 46 |
| 4.3.2.   | <i>Olas y Mareas</i> .....                  | 48 |
| 4.3.3.   | <i>Factores Antropogénicos</i> .....        | 49 |
| 4.3.3.1. | <i>Crecimiento urbano</i> .....             | 49 |

## **CAPÍTULO V**

|    |                                      |    |
|----|--------------------------------------|----|
| 5. | <b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b> ..... | 51 |
| 6. | <b>CONCLUSIONES</b> .....            | 54 |
| 7. | <b>RECOMENDACIONES</b> .....         | 56 |

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabla 3-1:</b> Humedad Relativa de Engabao, promedio Anual de 82.40%.....              | 19 |
| <b>Tabla 3-2:</b> Vientos que predominan en la parroquia Engabao. ....                    | 20 |
| <b>Tabla 4-1:</b> Registros de valores de precipitaciones de la provincia de Guayas. .... | 46 |
| <b>Tabla 4-2:</b> Media anual de alturas de marea baja y alta. ....                       | 48 |

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

|  |    |
|--|----|
| <b>Ilustración 2-1 :</b> Mapa geomorfológico de la Costa en la zona de Engabao, Playas. ....       | 6  |
| <b>Ilustración 3-1 :</b> Foto vista Área de la línea Costera de Puerto Engabao .....               | 14 |
| <b>Ilustración 3-2 :</b> Ubicación Engabao .....   | 16 |
| <b>Ilustración 3-3:</b> Mapa Isotermas zona de estudio y Provincias Zona Litoral. ....             | 17 |
| <b>Ilustración 3-4:</b> Mapa Isoyeta zona de estudio Provincia de Guayas, Cantón Playas. ....      | 18 |
| <b>Ilustración 3-5:</b> Mapa Proyecto “Generación de Geo información Escala 1:25.000” .....        | 21 |
| <b>Ilustración 3-6:</b> Marco Conceptual de Metodología zona costera Engabao .....                 | 22 |
| <b>Ilustración 3-7:</b> Elementos base para calcular las tasas de retroceso. ....                  | 25 |
| <b>Ilustración 3-8:</b> Ubicación de la línea base en dirección a la posición del mar.....         | 26 |
| <b>Ilustración 3-9:</b> Ubicación línea de playa referencial en Software Arc Gis. ....             | 26 |
| <b>Ilustración 3-10:</b> Posición base: en tierra, en la mitad de la costa.....                    | 27 |
| <b>Ilustración 3-11:</b> Mapa de erosión actual Parroquia Comunal Engabao, Cantón Playas. ....     | 30 |
| <b>Ilustración 3-12:</b> Referencia de línea base con respecto a línea costa.....                  | 31 |
| <b>Ilustración 3-13:</b> Transectos etiquetados en intervalo de separación de 100 m paralelos..... | 32 |
| <b>Ilustración 3-14:</b> Clasificación de etapas de regresión.....                                 | 33 |
| <b>Ilustración 4-1:</b> Mapa de posición erosionados de la Zona 1 Engabao. ....                    | 35 |
| <b>Ilustración 4-2:</b> Mapa de posición erosionados de la Zona 2 Engabao. ....                    | 37 |
| <b>Ilustración 4-3:</b> Mapa de posición erosionados de la Zona 3 Engabao. ....                    | 39 |
| <b>Ilustración 4-4:</b> Desarrollo de la línea de costa de la zona 1 del año 2012 al 2020.....     | 41 |
| <b>Ilustración 4-5:</b> Desarrollo de la línea de costa de la zona 2 del año 2012 al 2020.....     | 43 |
| <b>Ilustración 4-6:</b> Desarrollo de la línea de costa de la zona 3 del año 2012 al 2020.....     | 45 |
| <b>Ilustración 4-7:</b> Descripción anual de lluvias presentes en el mes de Enero .....            | 47 |
| <b>Ilustración 4-8:</b> Factores erosivos, precipitaciones y corrientes de agua.....               | 47 |
| <b>Ilustración 4-9:</b> Factor erosivo en base a la marea. ....                                    | 48 |
| <b>Ilustración 4-10:</b> Consecuencia de la colisión de las olas con la playa. ....                | 49 |
| <b>Ilustración 4-11:</b> Engabao, zonas de crecimiento urbano durante el año 2012 y 2020.. ....    | 50 |
| <b>Ilustración 5-1:</b> Tasas de la zona riesgo en la zona de estudio Engabao 2020. ....           | 52 |

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** TABLAS DE RESULTADOS DE LA TASA DE REGRESIÓN LINEAL<sup>60</sup>

**ANEXO B:** TABLA DE RESULTADOS DEL MOVIMIENTO NETO DE LA COSTA

## RESUMEN

En la zona de estudio de la comuna Engabao se determina la influencia del proceso de erosión el cual depende de factores antropogénicos y naturales al medio. Para el desarrollo del presente trabajo en la zona costera de Engabao se propone la evaluación de los procesos costeros de los años 2012 al 2020 interpretando datos multitemporales. Se utilizaron imágenes satelitales de Google Earth Pro, datos oceanográficos y herramientas SIG, con los cuales se procesó la información de la línea de costa en el periodo antes detallado, incluyendo las tasas de cambios y movimiento. Se obtuvo información del uso de suelo del sector y las actividades económicas para determinar aquellos procesos antropogénicos que afectan a la zona de estudio. Los resultados que se obtuvieron demuestran la relación entre las tasas de erosión y los procesos naturales respecto a la ubicación de Engabao, demostrando poca actividad antropogénica debido al desarrollo artesanal presente en la pesca y el comercio. Posterior a ello se corrobora que la zona Engabao necesita zonas de mitigación frente a una problemática presente aún de forma mesurada, dado a los cambios que se estima en la dinámica litoral. Frente a las tasas de regresión lineal se presenta la evolución de la línea de costa para el movimiento de la línea de costa neta y la determinación de las tasas de erosión del margen costero se obtuvieron en un periodo de 8 años en la comuna Engabao. Los resultados se obtuvieron mediante el análisis de tres zonas de costa elaboradas a partir de imágenes satelitales de Google Earth Pro y la extensión DSAS del software ArcGis. En base a los resultados obtenidos, se determinó que los factores erosivos que afectan a la playa Engabao son: el oleaje, la marea, el factor hídrico, la gravedad y aquellos de origen antropogénico. La pérdida de costa, los desgastes de taludes y cárcavas son problemáticas que se perciben dentro de la zona estudiada.

**Palabras clave:** <ENGABAO>, <EROSIÓN>, <SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA>, <LÍNEA DE COSTA>, <REGRESIÓN LINEAL>

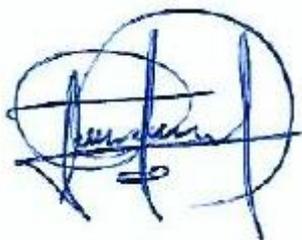
0166-DBRA-UPT-2024



## ABSTRACT

In the study municipality area of Engabao, the influence of the erosion process is determined, which depends on anthropogenic and natural factors to the environment. For the development of the present research in the coastal zone of Engabao, the evaluation of the coastal processes from 2012 to 2020 is proposed by interpreting multi-step data. We used Google Earth Pro satellite images, oceanographic data, and GIS tools; from which we processed the data and information on the coastline in the period detailed above, including the rates of change and movement. Information on the sector's land use and economic activities was obtained to determine those anthropogenic processes that affect the study area. The results obtained demonstrate the correlation between erosion rates and natural processes concerning the Engabao site; showing little anthropogenic activity due to the artisanal development present in fishing and commerce. Subsequently, it is corroborated that the Engabao area needs mitigation zones in the face of a problem that is still present in a measured way; given the estimated changes in the coastal dynamics. In front of the linear regression rates, the evolution of the coastline is presented for the movement of the net coastline and the determination of the erosion rates of the coastal margin. They were obtained over a period of 8 years at Engabao commune. The results were obtained by analyzing three coastal zones elaborated from Google Earth Pro satellite images and the DSAS extension of ArcGIS software. Based on the results obtained, it was determined that the erosive factors affecting Engabao Beach are: waves, tides, water, gravity, and those of anthropogenic origin. The loss of coastline, slope erosion, and gullies are problems that can be perceived within the studied area.

**Keywords:** <ENGABAO>, <EROSION>, <GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS>, <COAST LINE>, <LINEAL REGRESSION>.



**Ing.** Romel Francisco Calles Jiménez

**CI:** 0603877713

## INTRODUCCIÓN

La población de Puerto Engabao abarca aproximadamente 7000 habitantes, entre ellos se componen migrantes de cantones y provincias aledaños del Ecuador, siendo su principal sustento e ingreso económico el sector pesquero y turístico. La erosión es un proceso natural que ocurre con mayor frecuencia en las zonas costeras, al igual que los procesos provocados por el hombre, alteran el equilibrio de la sedimentación. La parroquia comunitaria de Engabao ha sido afectada por la erosión y degradación costera por muchos años. Estas variaciones son drásticas por lo cual ponen en peligro las zonas urbanas y la biodiversidad de la parroquia. El desarrollo natural de los límites costeros e intermareal afectada por la actividad humana ha cobrado importancia debido al interés turístico y comercial de Engabao (Barrantes-Castillo, 2020).

De acuerdo con Soledispa (2017), los eventos naturales a lo largo de la costa, como los aguajes, indican un aumento el grado de erosión de lugares como la zona costera de Engabao. Está regulado por los cambios estacionales, donde el intercambio de sedimentos se produce de manera uniforme en cada estación bajo la influencia de las corrientes costeras, que se consideran el principal factor erosivo o acumulación de la playa. Un proceso acelerado de erosión extensiva ha cambiado varios tramos de la costa de Ecuador, representando una amenaza que ya ha dañado industrias, redes viales, agricultura y asentamientos humanos (FEDERICI, y otros, 2018).

La mitigación de estas amenazas es fundamental, por lo tanto para comprender la dinámica futura que presenta la costa, es necesario evaluar los cambios anteriores y presentes que se dan en la costa, porque esto permitirá una predicción de la erosión a largo plazo y una evaluación cuantitativa, y, por tanto comprender de mejor manera las dinámicas futuras presentes en la zona de estudio y mediante esta información promover o prevenir desastres. La mayor parte de la zona litoral del Ecuador está determinada por playas de arena las cuales son representativas para el estudio (Castillo, 2021).

El pequeño poblado de Engabao se ubica al norte de Playas, a 110 km de la provincia de Guayas y contrasta con el Pacífico occidental central del Ecuador, entre los factores observados en su topografía se ve directa e indirectamente afectado por la expansión de áreas urbanas y el desarrollo de industrias y sectores comerciales. Esto se ajusta con los métodos e interpretación de los resultados de la recesión de la costa en el rango de tiempo estudiado en la zona de Engabao, Ecuador.

## CAPÍTULO I

### 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1. Planteamiento del Problema

La erosión costera es un problema de carácter general por los riesgos que puede llegar a causar en una zona determinada como el sector habitado, las áreas ocupadas por el comercio y su ecología. Según Luijendijk et al. (2018) alrededor del 24% de las playas de arena del mundo muestran erosión, y el problema ya es evidente en las costas de América del Sur y centro América. El aumento de la frecuencia y la energía de las tormentas y el nivel del mar amenazan con agravar este problema.

Este problema es un proceso acelerado de erosión extensiva que puede cambiar varios tramos de la costa de Ecuador, esto representa un peligro que ya ha dañado industrias, redes viales, agricultura y asentamientos humanos (Plandetur, 2019).

Es muy necesario visualizar los cambios previstos en el pasado y presente para comprender los peligros y prevenir futuros escenarios a largo plazo en la parroquia Engabao.

Las actividades antropogénicas producen una erosión más destructiva de sus habitantes siendo mayor que la provocada por los procesos naturales. La geomorfología costera y un estudio de uso y cobertura de la tierra proporcionarán información sobre los impactos hidrodinámicos, geológicos y antrópico de la erosión costera en la zona de estudio Engabao.

## **1.2. Objetivos**

### ***2.1.1. Objetivo General***

Evaluar las líneas de regresión en la zona costera de la parroquia comunal Engabao, ubicado en el cantón Playas, Provincia de Guayas por medio de técnicas de sensores remotos (remote sensing).

### ***2.1.2. Objetivos Específicos***

Determinar la zona costera de la comuna Engabao identificando los sectores con incidencia de cambio en el borde costero.

Cuantificar las proyecciones en el transcurso del tiempo de estudio para el retroceso de la línea de costa en el área de estudio.

Establecer los factores erosivos locales que influyen en el borde de la costa del área en la parroquia Engabao.

### **1.3 Justificación**

La investigación sobre el desgaste costero y su influencia en la comuna Engabao presenta mayor interés para el Gobierno Autónomo Descentralizado comunal de la zona, ya que representa riesgo para la población costera, cuyo sustento económico se deriva principalmente del turismo. Este proyecto examina la identificación de cambios multitemporales que tienen más probabilidades de resultar en áreas de alteraciones físicas, de modo que la investigación futura pueda utilizar la ingeniería civil como medio de transporte para reparar o mitigar la problemática de erosión costera (Gutierrez Zambrano, 2021).

Los datos recopilados y procesados brindan información numérica sobre la dinámica costera a lo largo del tiempo, mediante ello determinar correctamente las áreas donde se distinga sectores para urbanizar o no. Los resultados pueden extrapolarse en diferentes maneras puesto que la problemática de la erosión presenta actividades en diferentes zonas de la costa, pero ocurre con diferente incidencia.

La variabilidad de los perfiles costeros depende de la fuerza de las olas, el cambio estático, los cambios en la deriva costera, los métodos de la dinámica de fluidos y sedimentario. La erosión que se presenta en la costa es habitual en la parroquia comunal Engabao, junto con el hundimiento y la erosión del suelo, que afecta a las industrias de producción como acuicultura y el turismo, así como al medio ambiente (Zambrano, y otros, 2019).

El presente estudio analizará las causas de los procesos de erosión en fase natural y antropogénica durante el periodo 2012-2020 para predecir los patrones de erosión de la playa a corto plazo y la respuesta de los sedimentos de la playa, utilizando teledetección y mapeo mediante SIG.

### **1.4 Hipótesis**

Alta influencia de acciones antropogénicas y factores naturales influyen en el retroceso de la línea de costa en la Parroquia Engabao.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Generalidades

##### 2.1.3. *Área de estudio*

Engabao es una comuna rural perteneciente al cantón Playas, en la costa del Ecuador. Para el año 2013, la comuna contaba con alrededor de 7000 habitantes la mayoría de ellos dedicados al turismo o a la pesca. (Ugarte, 2019) La playa Engabao es un destino popular de surfistas.

La comuna está ubicado a 15 kilómetros al noroeste de la ciudad de Playas y su principal atractivo es Playa Paraíso. A 3 kilómetros de distancia se encuentra ubicado la comuna Puerto Engabao, de similar nombre.

#### 2.2. Dinámica costera

El desarrollo costero está influenciado por factores dinámicos externos e internos. Los factores internos incluyen la estructura geológica, estándar de minerales sólidos y la naturaleza fundamental. Los causas indirectas provienen de afluentes, los vientos, las mareas, las olas y las corrientes. (Yincan, 2017)

Ambas especies contribuyen formar y desarrollar estos entornos litorales. Es probable que las influencias externas controlen la evolución de erosión, almacenamiento y conducción de residuos en las costas. Por lo tanto, estas alteraciones se evidencian de manera más rápida, que aquellos que son provocados internamente.

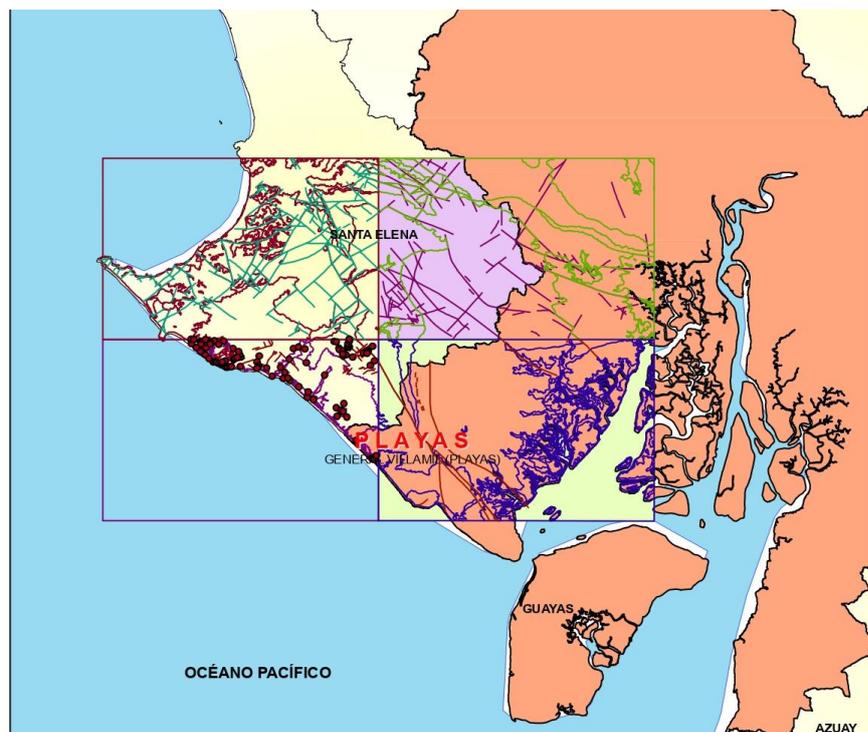
##### 2.2.1. *Control tectónico*

Los cambios relativos del nivel del mar se deben en primera por los procesos tectónicos, sedimentación y la alteración antrópica. La eutasia tectónica es interpretada por extensión que presenta el lecho marino, a causa del desplazamiento de las placas telúricas. Además de cambiar los procesos tectónicos, otros pulsos tectónicos afectan a cambios referentes con la altura del mar. (Zambrano Castillo, 2017) Un claro ejemplo es el proceso de “levantamiento continental”, que se detalla como la sublevación de algunas zonas costeras por el incremento de la presión sobre las cuencas oceánicas.

En márgenes activos, como los que se encuentran en la costa del Ecuador, el levantamiento o hundimiento costero durante o después de un terremoto puede deberse a la presencia de un sistema de fallas. (Rovere, 2017)

### 2.2.2. Rasgos geomorfológicos

La costa Sur del Ecuador es generalmente un complejo de acreción con márgenes activos formados por corteza oceánica, en la parte suroeste de la costa ecuatoriana predominan estructuras disyuntivas con los siguientes desplazamientos: fallamientos gravitacionales, fenómenos de deslizamiento y el movimiento de cizalla lo cual nos demuestra una tectónica de tipo di tensional. El área de estudio está ubicada en la provincia de Guayas, cantón Playas Villamil, un área tectónica elevada conocida como Cerros de la Estancia en el suroeste de Ecuador. Las elevaciones de estos cerros están atravesadas por una falla cruciforme que divide las elevaciones de los Cerros Estancia y la Cuenca del Progreso y corre de noroeste a sureste hacia Posorja.



**Ilustración 2-1** : Mapa geomorfológico de la Costa del Ecuador, detallando las fallas, formaciones, símbolos y contactos que se evidencia en la zona de Engabao, Playas.

**Realizado por:** Bonilla Villalva, Jeimy Alexandra, 2022.

### **2.2.3. Rasgos tectónicos**

Según (Núñez del Arco, 2017), un modelo geotectónico del Ecuador está controlado por el mecanismo de subducción de una placa de la corteza oceánica denominada placa de Nazca con una velocidad media anual de 5-6 cm frente a la costa del Ecuador (Núñez del Arco, 2017).

El choque de las placas de Nazca y la placa ubicada en América del Sur da como resultado una multitud de fuerzas y arrastre dando como resultado una sucesión conocida como “subducción” que provoca el levantamiento andino y diversas estructuras morfológicas como fallas, pliegues y corrimientos. Se asocia con terremotos y eventos volcánicos.

El hundimiento del fondo marino y de los montes submarinos de Carnegie bajo la capa de la corteza continental ecuatoriana redujo el fondo de la depresión ecuatoriana, que se encuentra en promedio de 40 kilómetros al occidente del litoral. Esta fosa también denominada Fosa Oceánica, se encuentra justo frente al territorio ecuatoriano y domina la dirección norte-sur hacia el Golfo de Guayaquil y paralelo noroeste-suroeste al continente sudamericano (Arriaga, 2021).

El movimiento de presión entre la Placa de Nazca que se subduce bajo la placa Sudamericana en Ecuador provoca una tremenda fricción debido a la fricción entre estas dos placas presentando las causas como las siguientes:

- Levantamiento de la placa Oceánica por debajo de la placa continental de América del Sur.
- Los hoyos tienen más de 150 kilómetros de profundidad.
- Subducción continental
- La alteración estructural de las formaciones rocosas crea posibles trampas de hidrocarburos.
- La actividad volcánica y formaciones relacionadas han llevado a la creación de depósitos potenciales.
- Explosiones geológicas predominantes a escala regional y local, causa fuentes de movimiento sísmico (Mora, 2022).

### **2.2.4. Conformación de Engabao**

La creación de la zona de estudio Engabao está conformada y posee una estratigrafía que consiste en arenilla de colores marrones friables que afloran abundantemente en los canales aluviales de las colinas Estancia y Chanduy. También se han observado intercalaciones de areniscas gris parduscas y finos aglomerados de lutitas, areniscas y cuarcíticos.

### ***2.2.5. Factores de control de registro***

El registro sedimentario está directamente relacionado con el espacio y el aporte sedimentarios. La evolución de las secuencias y los patrones en los que se acumulan dependen de cambios tanto eustáticos como tectónicos. La acumulación continua de sedimentos en el fondo marino afecta el avance o retroceso de las costas.

Las modificaciones regresivas hacen más que solo modelar paisajes costeros. Sin embargo los cambios en estos procesos favorecen la formación de reservorios económicos debajo de las capas sedimentarias (Sandoval Bermeo, 2021).

#### ***2.2.5.1. Retroceso***

La regresión es la recesión de la línea de orilla del mar o la disminución del nivel del mar en relación con la línea de costa. A medida que se da la sedimentación, ocurre desde lo profundo hacia la cuenca, dando como resultado el almacenamiento de sedimentos hacia el mar.

El incremento de productividad de residuos a menudo depende del levantamiento tectónico y las condiciones climáticas consiguientes. Estos dos efectos juntos son comunes en zonas de colisión y cuencas de tipo rift; las regresiones pueden ocurrir incluso durante el aumento de nivel del mar si hay una contribución significativa de los sedimentos de la cuenca (Sandoval Bermeo, 2021).

#### ***2.2.5.2. Erosión Costera***

La llanura costera es la zona socioeconómica más importante del país y, como ya se mencionó estas zonas se ven afectadas por una variedad de factores geológicas naturales y antropogénicas en diferentes niveles (Morante, 2019).

Los cambios provocados por factores costeros y llanos forman parte de procesos dinámicos costeros en los que interviene la recesión. Se tiene como modelo de interacción de elementos naturales y antrópico, en la zona costera del Mar de Plata ubicada en Argentina (Barrantes-Castillo, 2020).

Aquí la erosión viene desde la década de 1980 y las zonas más afectadas son las de gran importancia para los turistas debido a la intervención humana. Debido a estos los estudios del desarrollo costero y la erosión son muy importantes ya que requieren soluciones correctivas

inmediatas, como medidas precavidas en un rango de medio a largo plazo; entre otras, mencionadas en la referencia detallada de la Organización de Mar de Plata (Gutierrez Zambrano, 2021).

### **2.3. Procesos costeros**

#### **2.3.1. Mareas**

Las mareas es un aspecto básico que influye en la actividad litoral. Algunos de ellos se presentan como el resultado de cambios en la superficie y su recesión. En la zona de estudio Engabao, las mareas presentan una gran influencia en la alteración costa y recesión. La magnitud de la problemática de erosión tiene como factor la dirección del viento que se mantiene de suroeste a noroeste en Engabao (Ladines Freire, 2018).

Las mareas junto con las olas son las creadoras de acantilados ya que la cantidad de agua actúa sobre las rocas para formar montañas terciarias que presentan altura baja que llegan al mar. Esta información sobre las mareas que altera a la comuna en los años 2012-2020 se obtuvo de las estaciones meteorológicas más cercanas al municipio.

#### **2.3.2. Oleaje**

Según INOCAR, la altura de ola promedio es de 60 cm y su litología está denominada por suelos arenosos obteniendo una media de 0.47mm (Inocar, 2020).

Según el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA), existe una conformidad entre el declive de la playa, el tamaño de la partícula y la exposición al ataque de las olas, lo que explica que cuanto más grandes sean las partículas de arenisca, se menciona que cuanto más pendiente tenga la playa, más aspectos meteorológicos extremos aportan, hay que tener en cuenta que proporcionen las características óptimas para la creación de olas en regiones de más energía, en donde las olas que se encuentran de manera profunda se relaciona con la costa dirigiéndose al noroeste.

#### **2.3.3. Corrientes**

Las corrientes oceánicas son causadas por distintas energías, destacando como principal el viento

y las diferentes consistencias que presenta el agua, y esto a su vez influye por el fondo y la topografía marina.

La formación de flujo costero depende del ángulo en el que las olas se crean de forma semejante a la playa. A causa del aguaje que se dio en años pasados con una magnitud fuerte presente en la costa de Engabao presentando una igualdad en la topografía de la parte elevada (Arriaga, 2021).

#### **2.3.4. Balance Sedimentario**

Un balance de sedimentos involucra el balance de entrada y salida de sedimentos de un área en particular, esto se debe a una variedad de factores incluidas las causas naturales como las olas, los vientos y corrientes, así como las influencias creadas por el hombre.

Según un análisis elaborado por (Loor 2018), en el sector de la Isla de Jambelí, la composición del volumen del grano muestra el movimiento de residuos se mueven a otras áreas costeras. (Fuentes Roman, y otros, 2021).

#### **2.3.5. Acreción costera**

La acreción es un proceso geológico en el que los sedimentos se acumulan en áreas específicas y conducen al crecimiento continuo de los segmentos continentales (Arriaga, 2021).

Los sedimentos costeros ocurren cuando la entrada de sedimentos es mayor que la descarga de sedimentos costeros, lo que resulta en acumulación de sedimentos. En la costa de Engabao se observa ciertos periodos específicos durante el cual la acumulación de sedimentos forma un banco de arena cerca de la costa.

#### **2.3.6. Playa**

Esta playa está compuesta principalmente por depósitos eólicos como inundables, se encuentra en la zona de costa de la comuna Engabao, cubre muchas áreas en la desembocadura de los ríos donde alcanza más de 10 m de longitud dependiendo de las condiciones climáticas, las mareas y las olas. El litoral está rodeado por rocas de la zona, sus médano no presenta alturas significantes y se crean principalmente sobre rocas en incidencia vegetal.

#### **2.3.7. Línea de Costa**

La posición de la línea de Costa se suele atribuir al nivel del mar y su variación en el tiempo

refleja la forma de la línea costa. Según un estudio presentado por la Universidad Nacional Argentina (2018), la costa ecuatoriana se ve afectada por acciones que modifican las épocas donde hay presencia estacional de mareas altas y bajas, que reposicionan gradualmente las líneas de costa provocando inconvenientes en la costa en áreas claves cerca del Golfo de Guayaquil y a la provincia de Santa Elena en el futuro (Juan, 2018).

## **2.4. Herramientas**

### **2.4.1. Sensores Remotos**

Un sensor remoto es un dispositivo que se utiliza para obtener información sobre un área o fenómeno mediante análisis de datos obtenidos de dispositivos que no se encuentran en el área de estudio. Los datos registrados por el sensor se pueden guardar como una foto o imagen digital.

Los sensores remotos se pueden clasificar en sensores pasivos y activos, dependiendo de la energía utilizada para obtener información. Los sensores pasivos se basan en la energía ambiental de una fuente externa y permite medir la intensidad de la radiación electromagnética reflejada desde la superficie de la tierra y la atmosfera desde el sol en el espectro visible. El sensor infrarrojo térmico es un ejemplo de ese tipo de sensor y utiliza una nueva técnica para detectar calor y medir la temperatura de la superficie terrestre en dos zonas tropicales. Los sensores activos, por otro lado, pueden generar su propia fuente de energía, emitir ondas en el espectro de microondas y recibir señales reflejadas desde la superficie terrestre. Los sensores de detección y localización de imágenes láser y detección y ubicación de radio son sensores activos (Herrera, y otros, 2018).

### **2.4.2. Teledetección y Sistema de Información Geográfica**

La percepción remota es la recopilación de datos indirectos que abarca el ambiente físico. Su precepto fundamental es la incidencia de perturbaciones propio del área, que luego son registradas por un sistema denominado receptor. Como método de registro de información del entorno físico, la teledetección ofrece grandes ventajas que no requieren acercamiento directo con el objeto de estudio en interés. Las imágenes satelitales son capturadas por sensores que detectan la radiación emitida por los objetos (Lenin, 2021).

#### **2.4.3. Landsat 7**

Landsat-7 puede recopilar y transmitir hasta 532 imágenes por día. Este satélite se encuentra en una órbita helio sincrónica, es decir, ocurre simultáneamente en un lugar. Este satélite proporciona imágenes desde el 15 de Abril de 1999 hasta la actualidad. El principal instrumento a bordo del satélite es el Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) (Ambiente, 2018).

#### **2.4.4. Cobertura y uso de suelo**

La cobertura del suelo se define como la comparación con la cobertura biofísica observable y el área de la tierra. Los datos obtenidos a través de la teledetección incluyen objetos como flujos, vida vegetal, residuos y estructura resultante de la actividad humana. Para la interpretación de estas cubiertas por imágenes de sensores remotos, se deben considerar “criterios como forma, tamaño, textura, tono de color y asignación contextual de objetos diferenciados en la imagen” (Valero, 2017). Las imágenes adquiridas de sensores remotos representan datos cualitativos que ayudan a caracterizar, delinear y detectar la extensión de secuencias pasadas y pueden analizarse para identificar cambios espaciotemporales en las entidades.

#### **2.4.5. Google Earth**

Google Earth es una plataforma de varios petabytes para imágenes satelitales y conjuntos de datos geoespaciales con análisis a nivel planetario. Pueden ser utilizados por científicos, investigadores y desarrolladores para identificar cambios, mapear tendencias y estimar cuantitativamente las diferencias en la superficie de la tierra (Engine, 2021).

#### **2.4.6. Sistema de Información Geográfica**

Un sistema de Información Geográfica es una plataforma para la recopilación, gestión y análisis de datos. El SIG geográfico incluye distintos estilos de datos. Conocimiento espacial y generación de capas de información para mostrar en mapas y escenas 3D. Los sistemas de Información Geográfica se utilizan para visualizaciones, patrones, relaciones y situaciones para ayudar a los usuarios a tomar decisiones (Esri, 2021).

#### **2.4.7. ArcMap**

ArcMap es una aplicación SIG que se utiliza para visualizar y explorar conjuntos de datos en áreas de estudio para crear mapas para imprimir o publicar. Además, se utiliza para crear y editar registros (Esri, 2019).

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Zona de Estudio

##### 3.1.1. Ubicación geográfica

Sus límites son: Al Norte con la comuna San Antonio y Engunga, al Sur con la cabecera Cantonal Gral. Villamil Playas, al este con la comuna San Miguel y al Oeste con el Océano Pacífico. Se encuentra en la Latitud  $2^{\circ}39'$  y longitud  $80^{\circ}23'$ , con una altura sobre el nivel del mar de 6 msnm. Esta zona tiene épocas visiblemente marcadas, temporadas secas de (Mayo-Diciembre), con ligeras lloviznas y otra época lluviosa (Enero-Abril), sin embargo las zonas secas se deben también a la alta salinidad del suelo. La temperatura de esta zona oscila entre  $24^{\circ}\text{C} - 26^{\circ}\text{C}$  debido a su ubicación geográfica (Castro, 2019).

Puerto Engabao presenta un paisaje variado con un acantilado bajo en la entrada que separa la zona de recreación de la zona de pescadores, seguida de una amplia zona de playa longitudinal y una barrera cosera erosiva.

El tipo de ola en Playa Engabao se define por un punto de quiebre a la derecha funciona con los swell de sur o suroeste. Con un tipo de costa longitudinal, el tamaño de la ola, que, oscila entre 0.5 y 2 metros de altura dependiendo del rompeolas, casi todo el año con la mejor época de Marzo a Octubre cuando los vientos son más fuertes, debido a esto se acumulan en la playa desperdicios traídos por el mar. Esta playa no es recomendable para nadar por la acción y el tamaño de las olas, pero es ideal para la práctica de actividades deportivas como el surf (Castañeda, 2022).



**Ilustración 3-1 :** Foto vista Área de la línea Costera de Puerto Engabao

**Fuente:** Google Earth, 2023.

### **3.2. Población**

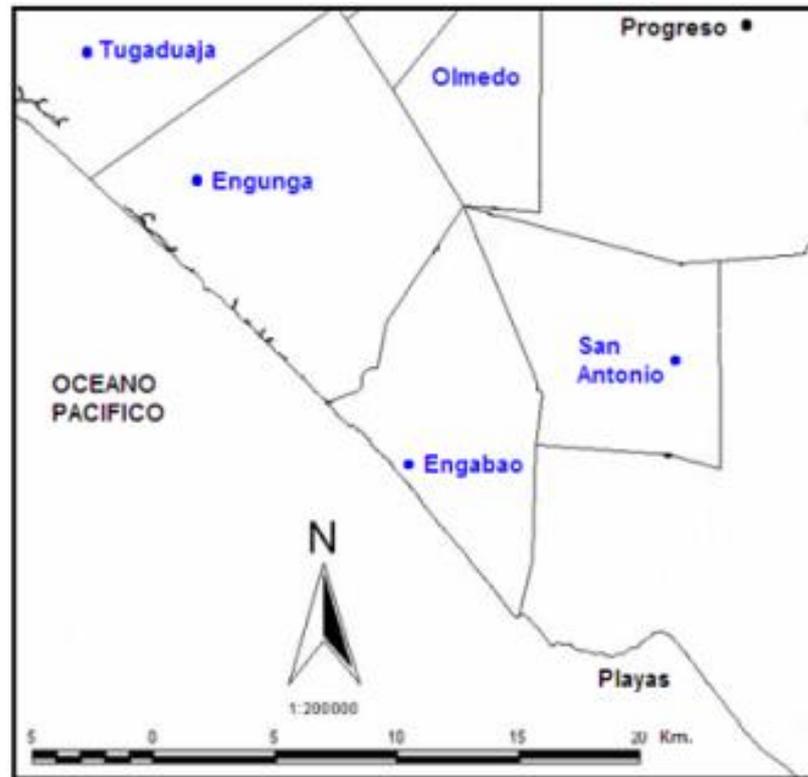
Según el Censo de 2010 realizado por el INEC, el cantón Playas al que pertenece la comuna Engabao, tiene una población total 41.935 habitantes de los cuales, 7.372 son habitantes que viven en la zona rural, de los cuales 14.473 son pobladores de Engabao y Puerto Engabao. Entre 300 familias que representan el 12% de la población del estado (INEC, 2010).

#### **3.2.1. Actividades productivas**

Según un estudio realizado en el 2017 (Plandetur, 2019), a través de encuestas a la población, como parte de su proyecto de maestría en Administración de empresas, mencionó que la actividad básica en la economía de la población es la pesca, la cual se realiza con motores fuera de borda y redes, seguida por el alquiler de habitaciones en los hospedajes y el comercio de víveres de primera necesidad y alquiler de carpas, con menor porcentaje tenemos a las personas que se dedican a prestar servicios de restauración o a la agricultura.

Muchos de los pobladores conocen de actividades como la construcción y la ebanistería, y viajan a Playas o Guayaquil para tales trabajos.

### 3.2.2. Topografía



**Ilustración 3-2 :** Ubicación Engabao

Fuente: Google Earth, 2023.

Engabao tiene extensas playas con dunas de arena y acantilados bajo de suave pendiente, vegetación escasa, terreno accidentado y desigual y cabañas que están cerradas fuera de temporada. Arena gruesa con un espesor de 0.8 mm. Se puede ver dunas irregulares, con vegetación rastrera y escombros.

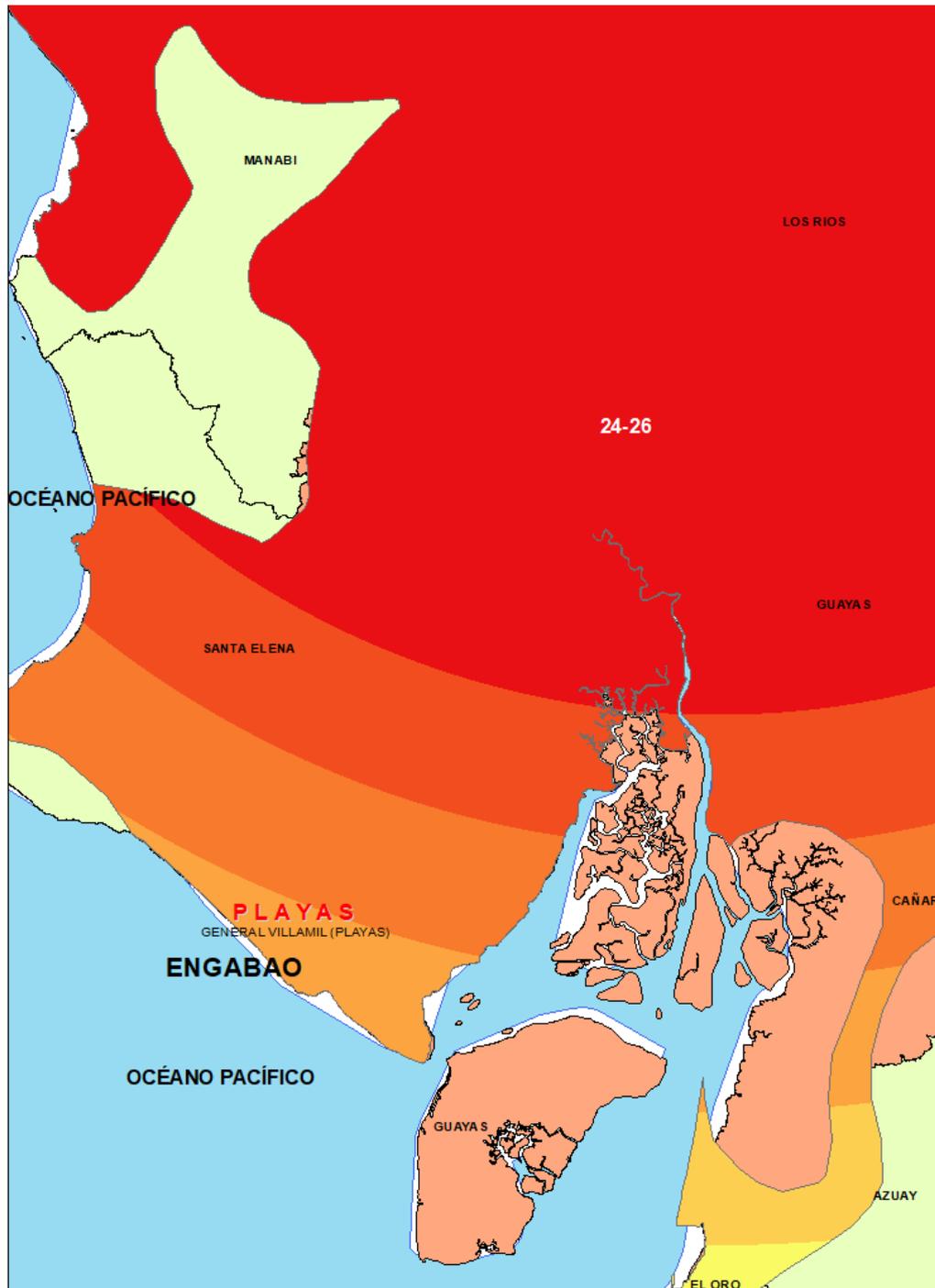
### 3.3. Meteorología y oceanografía

#### 3.3.1. Clima

El clima de Engabao es tropical seco, está ubicado en la eco región de Guayaquil, Engabao recibe influencias oceanográficas costeras desde su ubicación. Esto está determinado en gran medida por la corriente del Niño, que emerge de los mares más cálidos de diciembre a abril e influye en el llamado clima estacional lluviosa debido al aumento de la temperatura de la superficie del mar. La corriente de Humbolt se caracteriza por agua fría altamente productiva que afecta las temperaturas en mayo y noviembre (Balladares Zambrano, 2018).

Además vale la pena mencionar la ocurrencia regular de las olas frías de la Niña y las olas cálidas de el Niño que afectan las condiciones climáticas predominantes (Balladares Zambrano, 2018).

En la Provincia de Guayas desde la Rinconada hasta la desembocadura del río Tambiche, conocido como estero de Agua Blanca en el Océano Pacífico y al borde de la costa da paso al río Chungón-Colonche, posee un clima seco y árido con una exuberante vegetación tropical desértica.

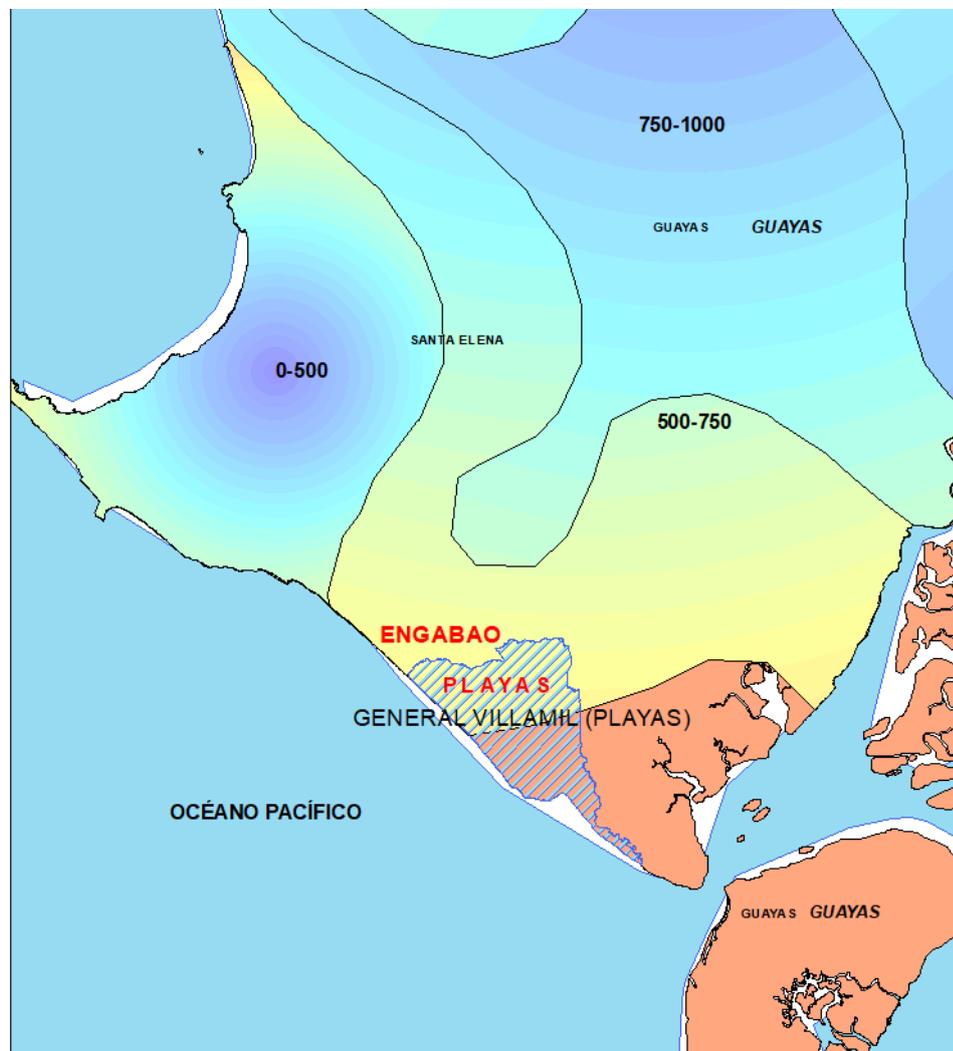


**Ilustración 3-3:** Mapa Isotermas zona de estudio y Provincias Zona Litoral.

### 3.3.2. Precipitación

La CEDEGE el cual representa sus siglas como la Comisión de Estudios para el desarrollo de la Cuenca del Río Guayas) con base en el trabajo de titulación de Orti Vallejo la parte más seca corresponde a la zona de Santa Elena y Guayas que registra un promedio anual de 120-250 mm, ocurriendo el 96% de esta precipitación en el periodo de Enero a Abril. Clima data describe el clima aquí es como desértico. Prácticamente no llueve durante todo el año, el clima en este lugar se clasifica como BWh (Desértico cálido) según el sistema Köppen-Geiger.

La temperatura media anual es de 24.2°C, la precipitación anual promedio es de 332 mm. (Burgos, y otros, 2017)



**Ilustración 3-4:** Mapa Isoyeta zona de estudio Provincia de Guayas, Cantón Playas.

### 3.3.3. Humedad Relativa

Aguilar Paredes y Velastegui Arreaga (2017) obtuvieron la humedad relativa de Engabao según los resultados de la estación Meteorológica del Instituto de Investigaciones Oceánicas de la Armada INOCAR, que interpoló la humedad relativa de la zona de Engabao desde la “Libertad” y “Puerto Bolívar” siendo los más cercanos al área de estudio.

**Tabla 3-1:** Humedad Relativa de Engabao, promedio Anual de 82.40%.

| MES                        | HUMEDAD RELATIVA (%) |              |                        |
|----------------------------|----------------------|--------------|------------------------|
|                            | ESTACIONES           |              | PROMEDIO DE<br>ENGABAO |
|                            | LA LIBERTAD          | PTO. BOLIVAR |                        |
| <b>Enero</b>               | 81.30                | 79.60        | 80.45                  |
| <b>Febrero</b>             | 81.70                | 79.30        | 80.50                  |
| <b>Marzo</b>               | 82.20                | 78.70        | 80.45                  |
| <b>Abril</b>               | 81.85                | 78.40        | 80.13                  |
| <b>Mayo</b>                | 82.60                | 80.50        | 81.55                  |
| <b>Junio</b>               | 83.90                | 82.80        | 83.35                  |
| <b>Julio</b>               | 85.10                | 83.80        | 84.45                  |
| <b>Agosto</b>              | 85.50                | 84.60        | 85.05                  |
| <b>Septiembre</b>          | 85.00                | 84.65        | 84.83                  |
| <b>Octubre</b>             | 84.20                | 83.70        | 83.95                  |
| <b>Noviembre</b>           | 83.15                | 82.60        | 82.88                  |
| <b>Diciembre</b>           | 81.60                | 80.80        | 81.20                  |
| HUMEDAD PROMEDIO ANUAL (%) |                      |              | <b>82.40</b>           |

**Fuente:** Datos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (INAMHI)

### 3.3.4. Vientos

**Tabla 3-2:** Vientos que predominan en la parroquia Engabao.

| ESTACIÓN            | DIRECCIÓN DE LOS VIENTOS (%) |       |       |
|---------------------|------------------------------|-------|-------|
|                     | S                            | SW    | W     |
| LA LIBERTAD         | 41.67                        | 50.00 | 8.33  |
| PTO. BOLIVAR        | 8.33                         | 33.33 | 58.33 |
| PROMEDIO<br>ENGABAO | 25.00                        | 41.67 | 33.33 |

**Fuente:** Datos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI)

La dirección de los vientos en la comuna Engabao a partir de las dos estaciones meteorológica mencionadas predomina SW 41.64% de persistencia. Los eventos tranquilos ocurren con una frecuencia de 24.87% al Sur.

### 3.3.5. Hidrología

Las cuencas, subcuencas y microcuencas fueron mapeadas digitalmente con base en la división en cuencas por cauces y la división por subcuencas por MAGAP-CLIRSEN implementada y aprobada por el Comité Interinstitucional en 2002, teniendo como referencia los modelos de terreno en zonas de poca definición altimétrica.

Dos ríos fluyen alrededor de la comuna de Engabao los cuales son los Ríos Engabao y Zulluno que atraviesan por el pueblo y desembocan en el Océano Pacífico, pero estos cauces están secos en verano y están rodeados de caminos, lotes baldíos y terrenos diversos.



**Ilustración 3-5:** Mapa Proyecto “Generación de Geo información para la Gestión del Territorio a Nivel Nacional Escala 1:25.000”

**Fuente:** Esri, Mapa Político y Ríos del Ecuador

### 3.3.6. *Vegetación*

Su clima es cálido tropical, sin embargo la persistente sequía ha degradado el suelo de la zona. En la flora se puede observar algarrobos del cual se obtiene la famosa algarrobina un valioso producto energético de alta calidad; pitahaya, sandía y maíz.

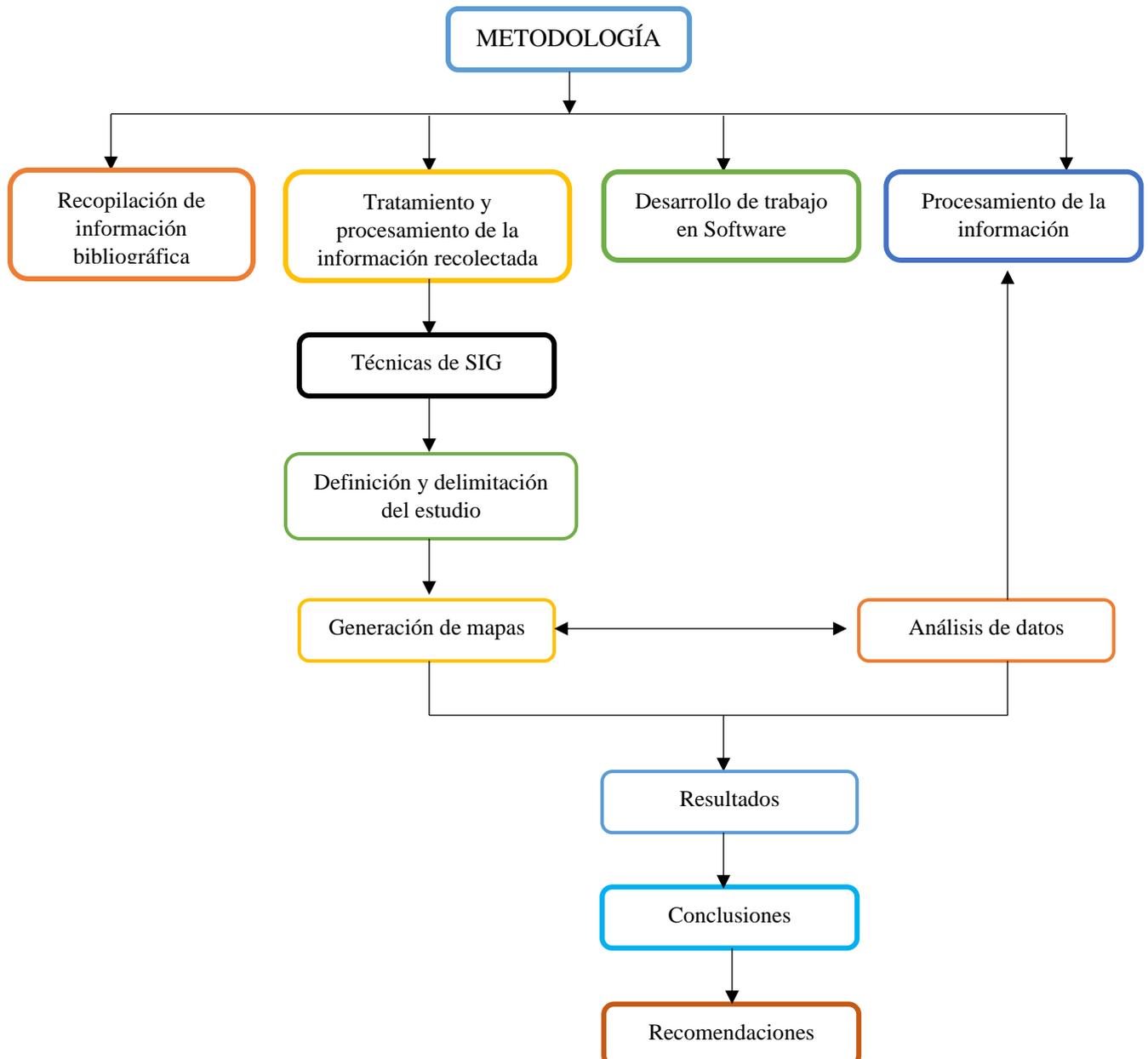
Hoy Puerto Engabao cuenta con una gran variedad de especies vegetales que caracterizan a la comuna. A continuación se muestra una tabla de las plantas más comunes en la región.

### 3.4. **Descripción de la Metodología**

El trabajo de investigación se desarrolló en tres fases diferentes: la fase de recopilación y clasificación de la información bibliográfica y geográfica, manejo de software especializados, creación de mapas, tablas, modelos predictivos, etc. La información recolectada incluida, la interpretación e identificación de zonas que son más susceptibles a los procesos de erosión, se derivó de estudios bibliográficos realizados en Ecuador, países aledaños y de varias fuentes de datos globales y nacionales, lo cual corresponde a la Según Fase. Finalmente la fase de procesamiento de datos y la evaluación e representación de los resultados.

### 3.5. Materiales y programas

- Computadora
- Mapa general del Ecuador en Shape files.
- Software: Google Earth Pro, ArcGIS desktop v10.5
- Imágenes obtenidas de la zona.
- Cuaderno
- Pen drive



**Ilustración 3-6:** Marco Conceptual de Metodología para definir las líneas de regresión erosivas de la zona costera Engabao por sensores remotos.

**Realizado por:** Bonilla Villalva, Jeimy Alexandra, 2022.

Proceso de etapas de investigación:

- 1) Primero: Compilar información de bibliográfica.
- 2) Segundo: Procesamiento de datos e información recopilada.
- 3) Tercero: Desarrollo de datos en Software.
- 4) Cuarto: Tratamiento e interpretación de resultados obtenidos.

### ***3.5.1. Primera Etapa. Compilación de información bibliográfica.***

Se encontró información detallada para obtener la primera etapa de la investigación.

- Información bibliográfica: Artículos de investigación sobre el área de estudio, información de libros, artículos detallados, documentos sobre SIG, registros geológicos en PDF y otros.
- Información Geoespacial (SIG): Los modelos de elevación digital, las tablas topográficas y geológicas de los satélites espaciales ALOS PASAR de la NASA y la información esencial son procesadas por sistemas de información geográfica en modelo Shapefile. La compilación de datos es primordial para el diseño y el alcance del estudio. A partir de ahí diversos programas y software de información geográfica empiezan a procesar la información.

### ***3.5.2. Tratamiento y procesamiento de la información recolectada.***

En la segunda etapa se realizó todo el procesamiento y tratamiento de la información recolectada, se elaboran diversos mapas de la zona de estudio y secuencia, se realizan levantamientos geológicos, estructurales y geomorfológicos del sector.

El mapa principal muestra áreas donde la acumulación y la erosión son visibles. Si bien las ubicaciones para luego realizar la descripción se eligieron por su accesibilidad y seguridad en la playa de la comuna Engabao, se lo realizó por medio de Google Earth la extensión de la playa afectada por la erosión en el transcurso de los años establecidos.

### ***3.5.3. Procesamiento de datos***

Usando el sistema de análisis costero digital, una extensión DSAS del software ArcGIS, realizamos un análisis de cuantificación de los procesos de erosión costera y los cambios evolutivos o posicionales en el municipio de Engabao.

En base a los resultados obtenidos, se realizó un análisis a priori para identificar los factores que inciden en el proceso de erosión en la zona de estudio de tasas de erosión de las diversas áreas investigadas.

#### *3.5.3.1. Diseño de líneas de base y líneas de costa*

El análisis de las líneas de base de 2012 – 2020 condujo al desarrollo de perfiles costeros en el norte y sur de la comuna Engabao y a la determinación de las tasas de erosión de la planicie costera. Las líneas a los años mencionados se calcularon con el software Google Earth Pro por falta de vuelos y datos sobre el campo de estudio.

La definición de la línea de costa en la imagen de satélite depende de ciertos criterios simplificados y generales. La zona de playa definida topográficamente (A), playa para estimar la tasa de erosión (B), o playa a partir de la zona frente de la costa (C). (Salto, 2020) Estos criterios suelen tenerse en cuenta a la hora de diseñar líneas de costas. En este trabajo la línea de costa está determinada por el conjunto de criterios establecidos en el B y C, de acuerdo con la morfología del áreas de estudio de la zona.

Se consideraron líneas: acantilados y estribaciones de marea que distinguen la estructura urbana. Los criterios tomados en cuenta deben ser exactamente los mismos para evitar errores de diseño y por tanto errores de cálculo. Los datos de referencia y de línea de base se generó y graficó utilizando la digitalización numérica y vectorial de la información georreferenciada y una interfaz gráfica que permitió importar esta información a un programa SIG.

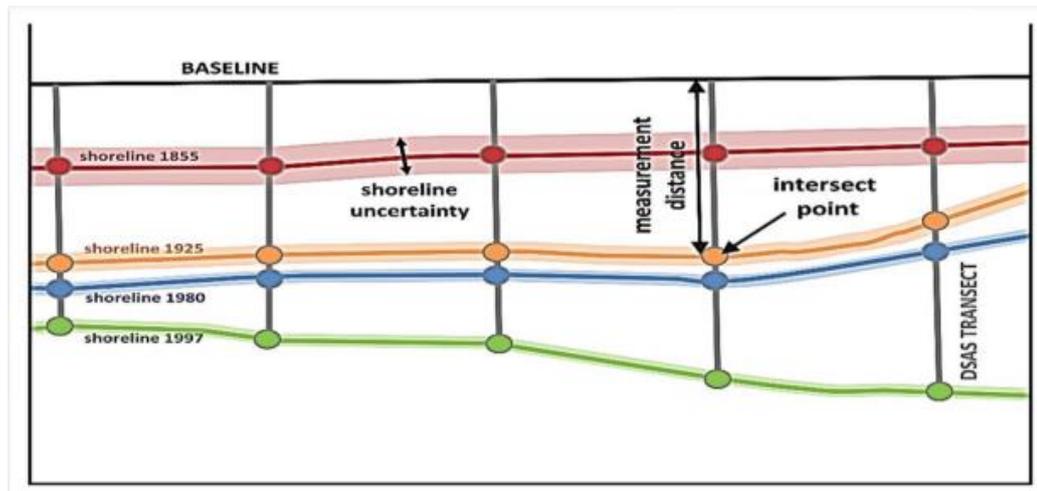
Las imágenes satelitales de 2012 al 2020 se crearon con el programa Google Earth Pro y luego se cargaron con el programa ArcGIS 10.5. La importación de la información creada en Google Earth al programa GIS.

Para procesar la información de límites y línea de base en DSAS, se requieren parámetros comunes, como la presencia de un formato, métrica y sistema de coordenadas; hay una geo database personal donde puede importar y administrar información para los resultados calculados.

El sistema de medida lineal y el sistema de coordenadas elegido de la línea previamente adquirida fue el sistema de proyección UTM que proporciona el sistema métricas.

Los campos de atributos se establecen para las líneas costeras que definen las propiedades y los datos únicos para cada línea creada. Las líneas costeras deben ser entidades únicas esto se logra fusionando todas las costas de entrada y exportándolas a una nueva base de datos.

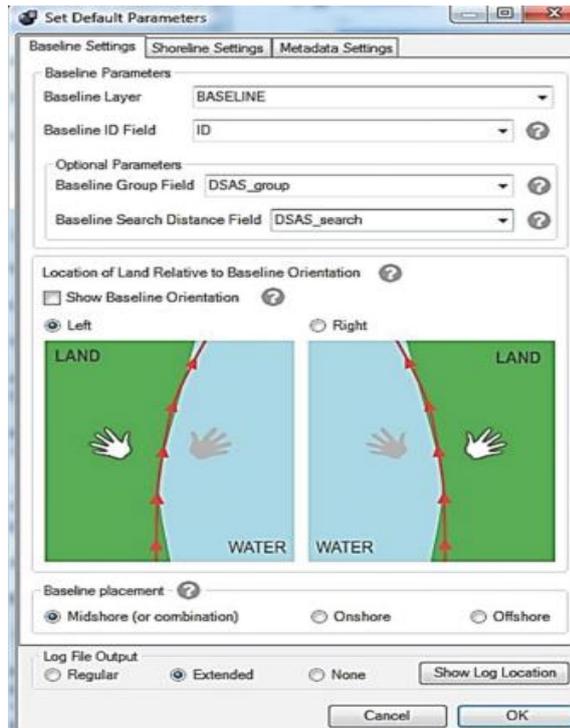
La línea de base es el punto de partida para las mediciones realizadas a lo largo de la zona costera digitalizada por transectos, donde todos se cruzan. Es fundamental ya que se obtiene la distancia y la velocidad abarca la distancia desde el “A” al “B”. Estos puntos y transectos utilizados para detallar la zona de estudio se utilizan para realizar y mostrar varias estadísticas de cambio de magnitud a lo largo de la costa.



**Ilustración 3-7:** Elementos base para calcular las tasas de retroceso.

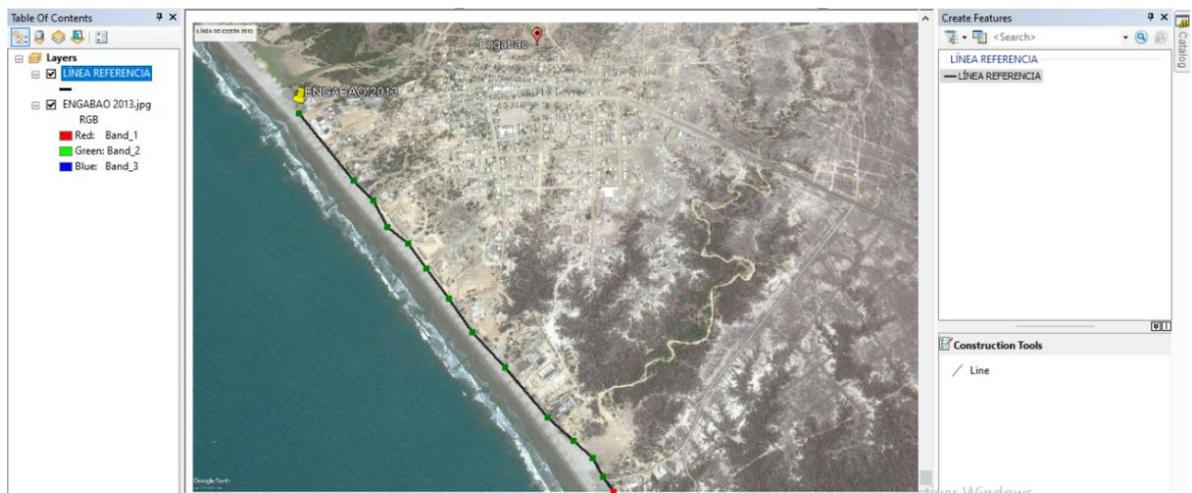
**Fuente:** Obtenida mediante la guía de usuarios para el uso de DSAS (Digital Shoreline Analysis System)

De manera similar, el campo de configuración de línea de base dentro de la extensión DSAS debe especificar los siguientes parámetros: La posición relativa de la costa con respecto a la orientación de la línea de base y los criterios para la posición dentro de la ubicación de la costa, en la costa o mar adentro.



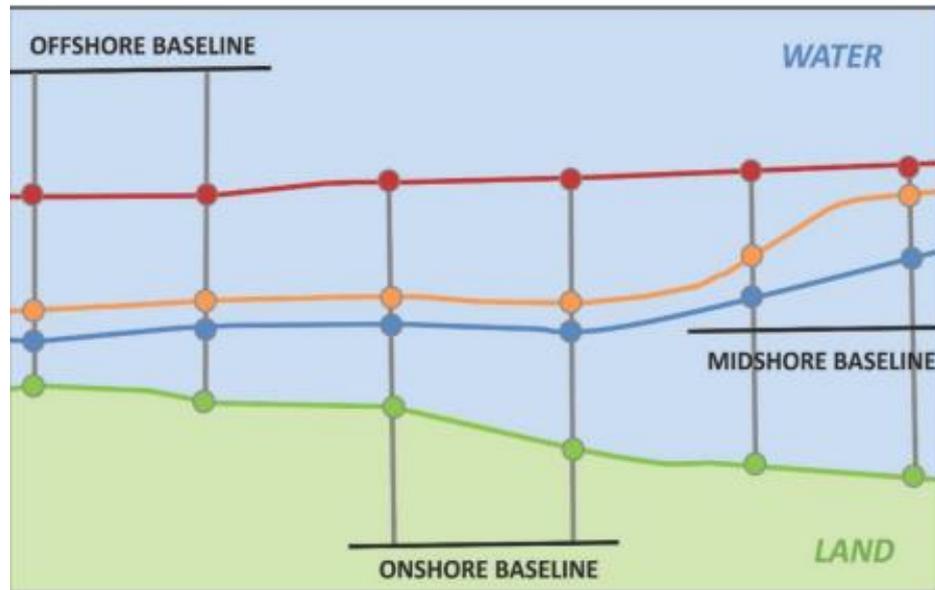
**Ilustración 3-8:** Ubicación de la línea base en dirección a la posición del mar.

**Fuente:** Guía del usuario para el uso de DSAS (Digital Shoreline Analysis System)



**Ilustración 3-9:** Ubicación línea de playa referencial año 2012 tomando como guía para los posteriores años en Software Arc Gis.

**Realizado por:** Bonilla Villalva, Jeimy Alexandra, 2022.



**Ilustración 3-10:** Posición base: en tierra, en la mitad de la costa, en alta mar.  
Ubicaciones disponibles para encontrar la línea base.

**Fuente:** Guía del usuario para el uso de DSAS (Digital Shoreline Analysis System)

Para este proyecto se presenta de norte a sur la línea de estudio ubicada en el medio, con la ubicación de la costa al este del trazo de la línea base. Después de digitalizar las líneas costeras y las líneas base en el programa Arc Gis se aplica la extensión del sistema de análisis costero digital.

#### 3.5.4. *Uso de suelo en el área de influencia*

En las comunidades rurales de Engabao ha sido utilizado para el asentamiento de la comuna y el pequeño puerto del mismo nombre. Debido a la carencia de agua se realizan siembras inicialmente cuando se presentan las lluvias. Se encuentran animales de pastoreo sin embargo esta actividad es poco significativa.

En las zonas costeras, el uso de suelo está asociado a las actividades como producción camaronera en grandes piletas desde sectores cercanos al occidente de la ciudad hasta el límite con Guayas. La imposibilidad de las personas de acceder a las playas por estos sectores genera conflictos de uso. La presencia de granjas camaroneras que rodean la parroquia y la proximidad de la desembocadura del río hacen prácticamente imposible el crecimiento (Castro, y otros, 2017).

### 3.5.5. *Riesgo y vulnerabilidad*

Un estudio que identificó las zonas de riesgo en el estado de Santa Elena encontró que las comunidades rurales de Engabao tiene un nivel muy alto de vulnerabilidad 4, lo que amenaza una economía frágil

Para la amenaza de tsunamis, la investigación apunta la misma vulnerabilidad, tanto la presencia de taludes bajos en el área de la influencia de la comuna parroquial Engabao siendo un nivel bajo, la presencia de playas como protección en las comunidades Tugaduaja y Engunga posee un nivel alto.

### 3.5.6. *Tasas de erosión*

Se manejó las herramienta ArcGIS como extensión Digital Shoreline Analysis System (DSAS), para agilizar la determinación de los transectos y cruces entre playas, la distancia entre ellas y la valoración de erosión presente (Himmelstoss, 2018).

El método de cálculo que incluye la extensión de ArcGIS es:

**Ecuación 1:**

$$y = ax + b$$

**Ecuación 2:**

$$a = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

**Ecuación 3:**

$$b = \frac{\sum y - a \sum x}{n}$$

Esta estadística utiliza la distancia existente entre la línea playa y línea de litoral para establecer y medir la cantidad de regresión de la costa. Se obtiene analizando los puntos de intersección, distancia del transecto, el transecto a lo largo del perfil costero previamente especificado y generado automáticamente.

La fiabilidad de las velocidades calculadas se cuantifica estimando el error de medida al recoger cada posición del perfil de la costa. El atributo de incertidumbre es un parámetro esencial para el cálculo ya que se estima el grado de error posicional de las líneas registradas entre ellos.

Para este proyecto se obtuvieron imágenes satelitales del servidor de Google Earth Pro. Este servidor tiene la mejor precisión para hacer el trabajo y, por tanto, tiene menos incertidumbre que los valores autogenerados para la misma extensión.

- Distancia máxima de búsqueda entre línea de playa y zona de costa.

Para determinar esta distancia se utilizó la búsqueda de 75 metros entre distancia de playa y zona de costa. Esto se debe a que la distancia es demasiado larga e impide distinguir algunas partes de la costa.

- Distancia de separación de los cortes transversales.

El análisis para determinar con la metodología empleada se realiza en zonas coseras que dispongan de una longitud significativa de 10 km, o más, dado la longitud del perfil costero estudiado en la comuna Engabao es aproximadamente de 8 km, se podría utilizar un espacio entre transectos de 50 m para obtener estimaciones más precisas y resultados considerables.

- Suavizado de la distancia del transecto.

La suavidad se refiere al grado de paralelismo entre la distancia del transecto y la línea de costa. Se usó valores de separación de 50 unidades en función a lo recomendado por los trabajos previos, esto indica que los valores de suavizado más bajos son recomendables para perfiles costeros menos curvos (Bermeo, 2021).



**Ilustración 3-11:** Mapa de erosión actual Parroquia Comunal Engabao, Cantón Playas.

Realizado por: Bonilla Villalva, Jeimy Alexandra, 2022.

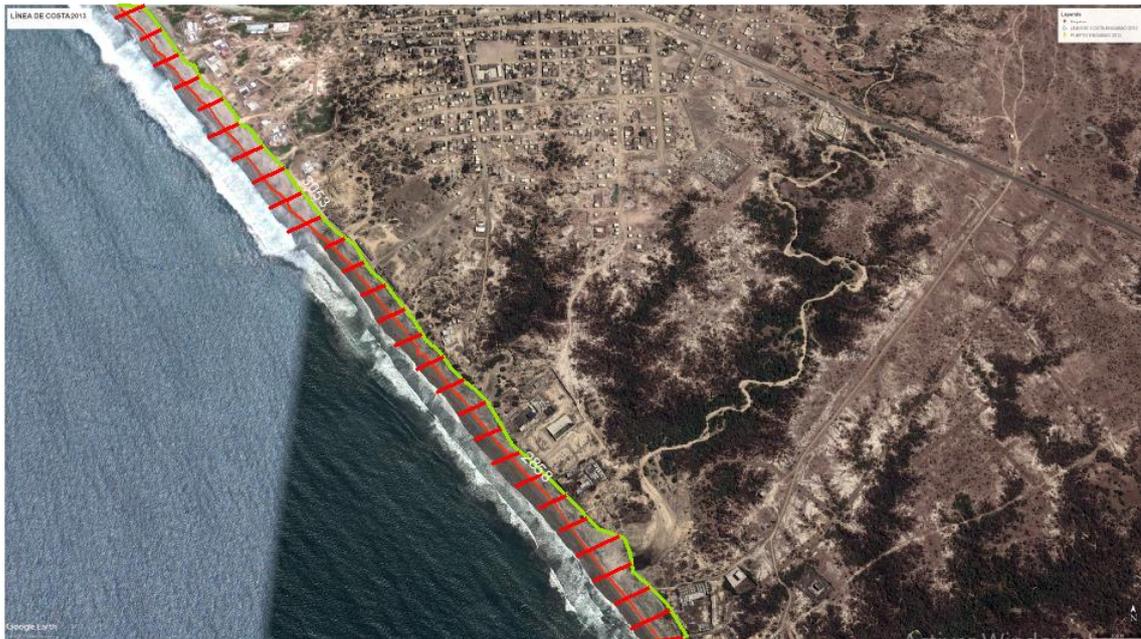


**Ilustración 3-12:** Referencia de línea base con respecto a línea costa en el periodo del año 2012.  
**Realizado por:** Bonilla Villalva, Jeimy Alexandra, 2022.

Se utilizó el sistema de coordenadas WGS 1984. Las coordenadas del sector se obtuvieron mediante dos métodos: obtención de puntos usando de imágenes satelitales del programa Alos Pasar y Google Earth. Google Earth logra recuperar información de zonas inaccesibles. Se realizó una verificación de errores en la ubicación especificada para usar coordenadas de imágenes satelitales, la tolerancia de error es inferior a 1 metro.

#### *3.5.6.1. Zona 1*

La zona está detallada mediante una serie de puntos espaciados entre 50 m que se utilizaron para definir la ruta principal georreferenciada. La ruta principal consta de 77 puntos de coordenadas. Los puntos se obtuvieron por medio del GPS Google Earth. Obteniendo una distancia de 1.3 km de zona de estudio.



**Ilustración 3-13:** Transectos etiquetados en intervalo de separación de 100 m paralelos.

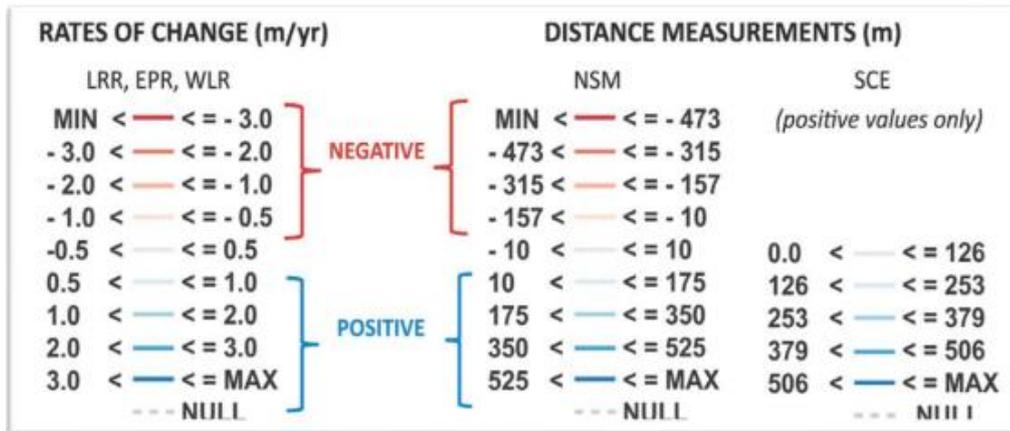
**Realizado por:** Bonilla Villalva, Jeimy Alexandra, 2022.

#### 3.5.6.2. Zona 2 y 3

Se describió la zona por 40 transectos obteniendo la distancia es de 2.3 km aproximadamente, en esta ocasión todos los puntos fueron registrados con la ayuda de Google Earth separados por 50 metros paralelamente.

Se utilizó una calculadora de tasas con estadísticas de cambio seleccionadas para obtener los valores para los cálculos, estas estadísticas seleccionadas son la tasa de regresión lineal (LRR) y el movimiento neto de la costa. La tasa de regresión lineal es una estadística de cambio que cuantifica la evolución de los transectos desde la costa presentando cambios de posición realizados a lo largo de los años.

DSAS (Sistema digital de análisis de costas) calculó en esta sección usando análisis de computadora en donde categoriza los resultados obtenidos en valores positivos para el movimiento en la dirección de la plataforma del mar y valores negativos para el movimiento con desplazamiento a la costa (Salto, 2020).



**Ilustración 3-14:** Clasificación de etapas de regresión. La regresión de la costa o el movimiento de la costa hacia el continente.

**Fuente:** Metodología DSAS (Digital Shoreline Analysis System)

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS

#### 4.1. Tasa de Erosión zona de estudio Engabao

El área de estudio comprende el litoral de Guayas, Cantón Playas Villamil, el terreno dominante cubre un porcentaje de la línea de costa correspondiente a acantilados altos y bajos. En cuanto a los procesos costeros presentan procesos de erosión -2.3 m/año, en el resto de la costa la dinámica costera creó zonas neutrales y de acreción. De acuerdo, con las características geológicas y oceanográficas indican que el 25.5% del litoral está en riesgo de erosión severa.

La observación del nivel de erosión en el borde costero de la zona de estudio Engabao, permitió la cuantificación y conformación de las zonas más afectadas por la erosión.

Se examinaron los resultados mediante la cuantificación de 157 transectos transversales a lo largo de la línea de costa.

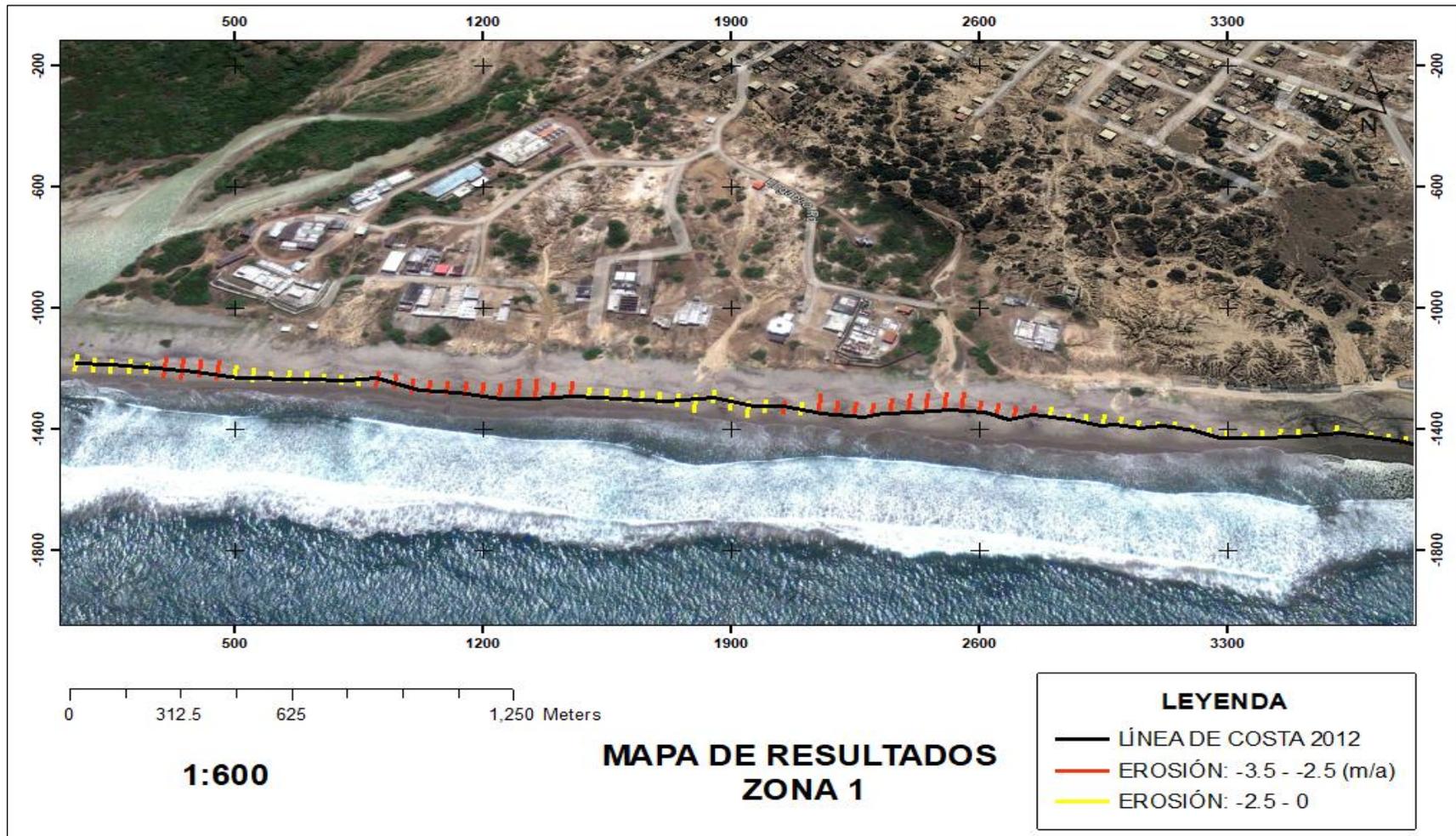
##### 4.1.1. Zona 1

Al analizar la tasa de erosión del perfil costero de la comuna Engabao nos ayudó a cuantificar y corroborar las zonas donde se evidencia mayor impacto obteniendo 3 sectores erosionados.

Mediante el análisis de 77 transectos en la Zona 1, con una distancia aproximada de 1250 metros en línea recta paralela al borde de la costa, se presenta una tasa de erosión con máximo -3.1 metros al año, y un mínimo de -0.56 metros por año, mostró un promedio de -1.13 metros por año.

Los transectos del 18 a 30 corresponden aproximadamente a distancias e línea recta paralelas a la línea de costa, con tasas de erosión máxima de -2.89 metros por año, mínimas de -0.6 metros por año y promedio de -1.2 metros por año.

Los transectos 44 a 56 son distancias aproximadas en línea recta paralelas a la línea de costa, presentando tasas de erosión máximas de -3.4 metro/año y mínimas de -0.45 metro/año, con un promedio de -2.03 metro/año.



**Ilustración 4-1:** Mapa de posición de transectos en los sectores erosionados de la Zona 1, Engabao.

Elaborado por: Bonilla Villalva, Jeimy Alexandra, 2022.

#### **4.1.2. Zona 2**

El análisis de los transectos va del 1 al 40 mantuvieron una distancia lineal de 1400 metros paralelo con respecto al borde de la zona costera, se evidencia una tasa de erosión máxima de -4.58 metros por año y la mínima es de -0.85 metros por año. Promedio de -2.05 metros por año. Lo cual permitió cuantificar y localizar los sectores donde el proceso de erosión tuvo el mayor impacto, reflejando dos sectores de erosión.

Los transectos 1 a 4 tiene una distancia en línea recta de aproximadamente 322 metros desde la línea de costa, con una tasa de erosión mínima de -3.15 metros por año y una tasa de erosión mínima de -1.21 metros por año. Con un promedio anual de -2.13 metros, el promedio de erosión para el área analizada indica un mayor nivel de erosión.

Los transectos de 5 al 13 tiene un perfil costero en línea recta de aproximadamente 458 metros con una tasa de erosión máxima de -2.01 metros por año y una mínima de -1.03 metros por año. Se muestra una media de -1.59 metros por año.

Los transectos 36 al 40 tiene una distancia en línea recta de unos 563 metros con respecto al perfil del margen costero, revelando tasas de erosión de -2.89 metros por años como máximo y -0.85 metros por año como mínimo. La media anual es de -1.23 metros.



**Ilustración 4-2:** Mapa de posición de los transectos en sectores erosionados de la Zona 2, Engabao.

Elaborado por: Bonilla Villalva, Jeimy Alexandra, 2022.

### **4.1.3. Zona 3**

El análisis se obtuvo del resultado de 40 secciones transversales en el transcurso de la zona de estudio de Engabao con un aproximado de 1300 metros de distancia lineal con respecto al borde costero paralelo.

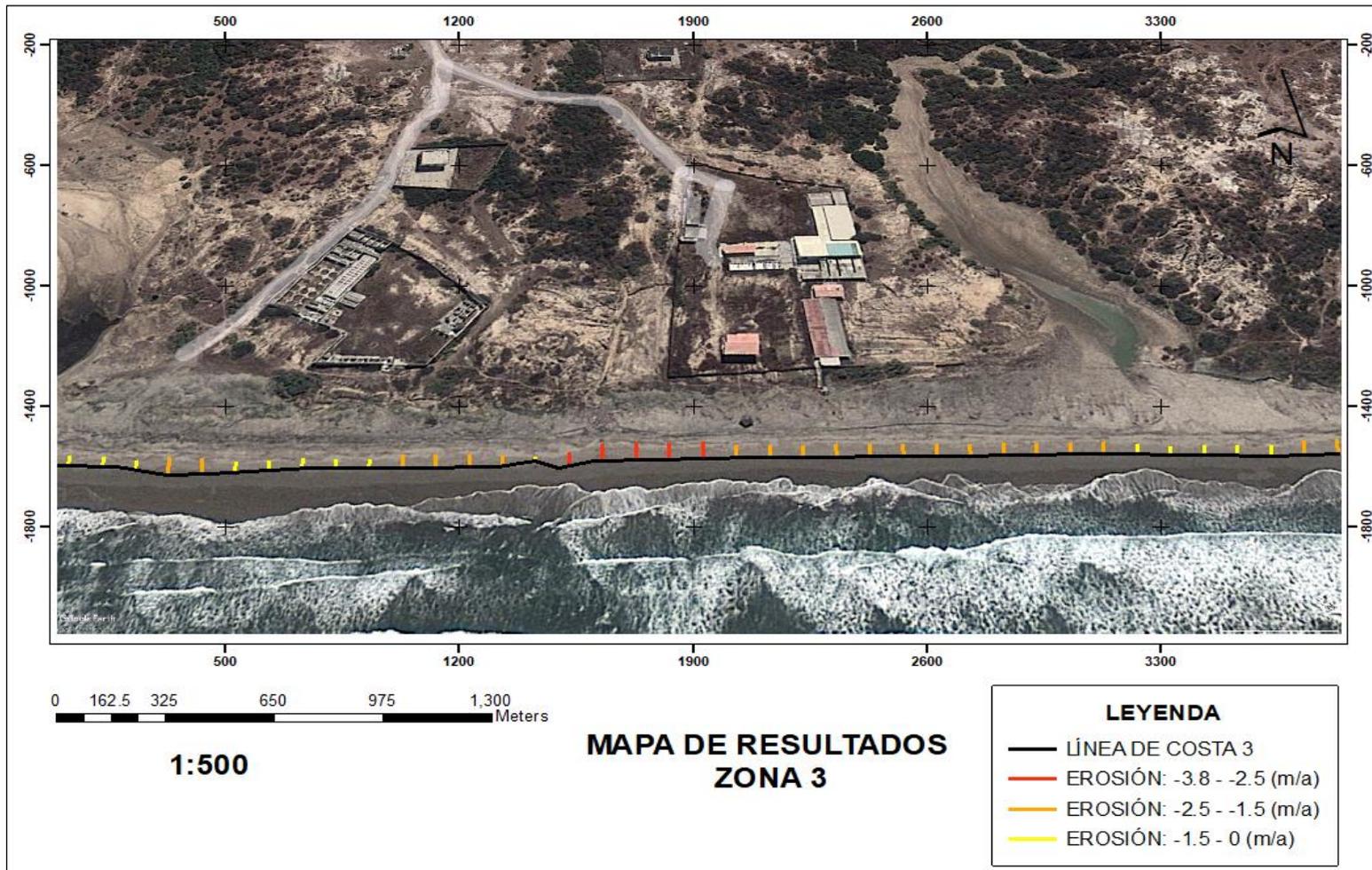
Los transectos 1 a 3 tienen una distancia en línea recta de aproximadamente 124 metros con respecto a la costa, demostrando una tasa de erosión máxima de -3.25 metros por año y una tasa de erosión mínima de -0.23 metros por año. La media anual es de -1.85 metros.

Los transectos 4 al 13 tienen una distancia aproximada de 604 metros desde la línea de costa, con una tasa de erosión máxima de -2.98 metros por año y una tasa de erosión mínima de -0.75 metros por año. La media anual es de -1.36 metros.

El transecto 14 al 34 identificado tiene una distancia a la costa de aproximadamente 568 metros, con una tasa de erosión máxima de -3.11 metros por año y una tasa de erosión mínima de -0.48 metros por año. Media anual -1.45 metros.

Los transectos 35 a 40 tienen una distancia de aproximadamente 251 metros a la línea de costa, con una tasa de erosión máxima de -2.35 metros por año y una mínima de -1.84 metros por año. La media anual es de -2.02 metros.

Como resultado del análisis del mapa basado en los transectos, se descubrieron dos sectores erosionados, lo que ayudó a identificar el número y ubicación de los sectores donde los procesos erosivos tuvieron mayor impacto.



**Ilustración 4-3:** Mapa de posición de los transectos en los sectores erosionados de la Zona 3, Engabao.

Elaborado por: Bonilla Villalva, Jeimy Alexandra, 2022.

## **4.2. Movimiento La Línea De Costa**

No existe costas estáticas en el mundo. La morfología de la zona geográfica de Engabao se debe a los factores que favorecen al actividad sistemática de las costas.

La posición de la línea costera depende de varios procesos geológicos que cambian esta posición a su posición actual. Los movimientos costeros del 2012 al 2020 fueron cuantificados y exportados en la tabla 1-8.

### **4.2.1. Zona 1**

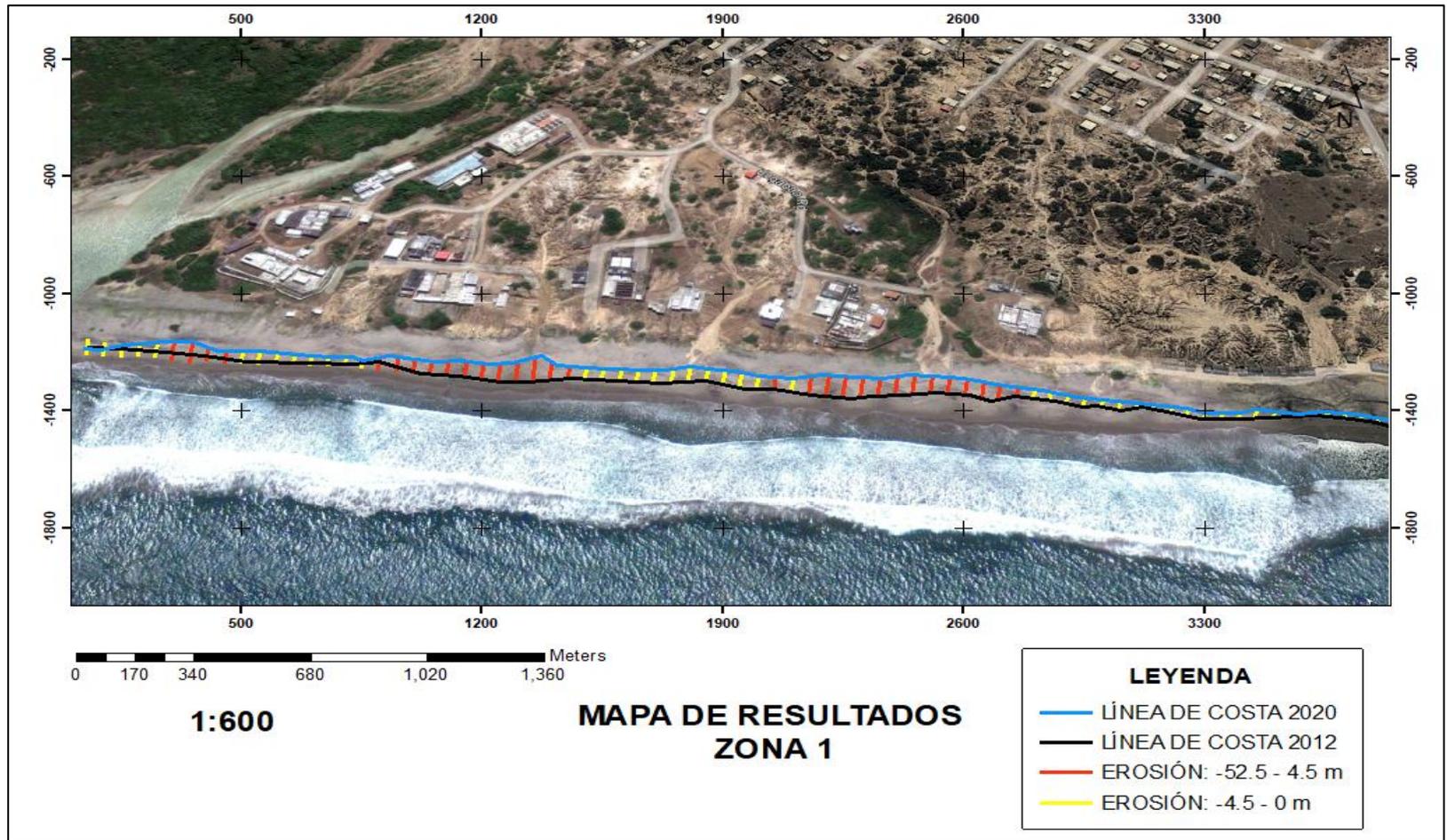
Los resultados registrado mediante el análisis de los 77 transectos en la zona 1 del estudio revelan un desplazamiento máximo de la costa hacia el continente de 16.12 metros, lo que corresponde a un promedio de 3.65 metros (Ver figura 4-4), la tasas de movimiento neto de la línea de costa de la zona 1 se muestra en la tabla 4-8.

Referente a la línea de costa 2012 al 2020 podemos evidenciar tres zonas con evidente erosión, la primera zona erosionada va desde los transectos 6 al 9 referente al borde costero, en la cual se detalla un máximo de 10.54 metros hacia el continente, presenta una media de 3.37 metros.

Los transectos que van desde 18 al 29 con respecto al borde costero se describe la segunda zona erosionada en la cual se determina un máximo de 51.11 metros hacia el continente, con un mínimo de 4.32 metros; con un promedio de 8.69 metros.

Los transectos que se evidencia desde 41 al 55 con respecto al borde costero se presenta la tercera zona erosiva en la cual se describe un máximo de movimiento neto hacia el continente de 18 metros, un mínimo de 3.61 metros; con una media de 5.39 metros.

La zona 1 presenta un porcentaje de erosión de 40.25% entre el lapso del estudio de la línea de costa 2012-2020.



**Ilustración 4-4:** Desarrollo de la línea de costa de la zona 1, Engabao . Movimiento neto entre la línea de costa del año 2012 al 2020.

Elaborado por: Bonilla Villalva, Jeimy Alexandra, 2022.

#### **4.2.2. Zona 2**

Los resultados se obtuvieron mediante el movimiento neto de la línea de costa, a través del análisis de 40 transectos de la zona 2 ubicados a lo largo del perfil costero de la comuna Engabao, se presenta una distancia máxima recorrida hacia el continente es de 38.3 metros, con un promedio de 12.5 metros ver (figura 5-4). Las tasas de movimiento neto de la costa ubicada en la zona 2 se muestra en la Tabla 5-8.

Como resultado se determinó la zona de erosión costera definida para 2012-2020, en la cual presenta un movimiento máximo con sentido hacia el continente de 61.03 metros, con un mínimo de 2.58 metros; con una media de 5.82 metros.

Los transectos que van desde el 5 al 13 se evidencia una zona poca erosionada en la cual se presenta un movimiento máximo con sentido hacia el continente de 4.98 metros, con un mínimo de 3.61 metros; con una media de 4.03 metros.

Con el paso de los años la línea de costa 2020 detallada en azul se logra conocer el límite donde las olas y mareas llegan a ser un peligro constante, ya que se acerca a la zona urbanizada, presentando amenaza y afectación a la zona.

La zona 2 tiene como resultado de erosión de 10.17% en el lapso de los años estudiados de línea de costa 2012 al 2020.



**Ilustración 4-5:** Desarrollo de la línea de costa de la zona 2, Engabao. Movimiento neto entre la línea de costa del año 2012 al 2020.

**Elaborado por:** Bonilla Villalva, Jeimy Alexandra, 2022.

### **4.2.3. Zona 3**

Se realizaron mediante el análisis de 40 transectos de la zona 3 ubicados a lo largo del perfil costero, se constata un desplazamiento de hasta 34.6 metros hacia el continente y un promedio de 17.2 metros (ver figura 6-4). Las tasas de movimiento neto de la costa de la zona 3 se muestran en la tabla 6-8.

Como resultado se determinó la zona de erosión definida para 2012-2020 en la cual se evidencia tres zonas de erosión en la cual se presenta la primera zona desde los transectos desde 2 al 4 ubicados a lo largo del borde costero con un movimiento máximo con sentido hacia el continente de 13.61 metros, presenta un mínimo de 4.19 metros; con una media de 6.51 metros.

Los transectos que van desde 9 al 12 son la evidencia de la zona de erosión ubicados en el borde costero presenta un movimiento máximo con sentido hacia el continente de 12.57 metros, se evidencia un mínimo de 5.12 metros; con una media de 7.63 metros.

Los transectos desde el 17 al 21 presentan otra zona de erosión, en la cual se evidencia un máximo de movimiento con sentido hacia el continente de 57.03 metros, un mínimo de 4.98 metros; con una media de 18.46 metros.

La zona 3 de estudio presenta un porcentaje de erosión de 30.84% en el lapso de años estudiados con respecto a la línea de costa 2012-2020.



**Ilustración 4-6:** Desarrollo de la línea de costa de la zona 3, Engabao. Movimiento neto entre línea de costa 2012 al 2020.

Elaborado por: Bonilla Villalva, Jeimy Alexandra, 2022.

### 4.3. Factores Erosivos Y Climáticos

Se pudo identificar los elementos que afectan el proceso de erosión en el área de estudio usando imágenes satelitales y las interpretaciones correspondientes a las tasas de erosión resultante.

#### 4.3.1. Precipitaciones

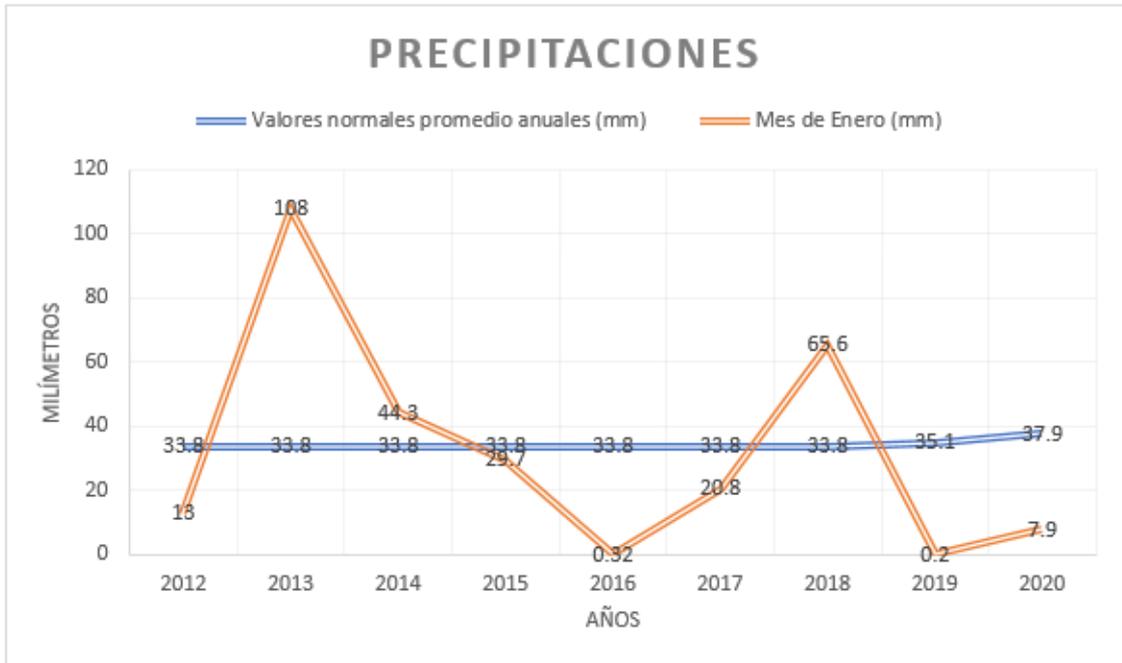
La red de estaciones meteorológicas dentro del Ecuador es operada por Inocar el cual proporciona datos de precipitaciones para la zona de estudio abarcando así la provincia de Guayas, estos datos son detallados para los meses más lluviosos del pronóstico los cuales son de octubre a mayo obteniendo así el promedio anual de la cantidad en milímetros. Enero se selecciona para analizar datos del 2012 al 2020.

**Tabla 4-1:** Registros de valores de precipitaciones de la provincia de Guayas. La segunda columna detalla los valores normales de precipitaciones. La tercera columna menciona los valores obtenidos por medio de las estaciones meteorológicas.

| <b>AÑO</b> | <b>Valores normales promedio anuales (mm)</b> | <b>Mes de Enero (mm)</b> |
|------------|---|--------------------------|
| 2012       | 33.8  | 13.00                    |
| 2013       | 33.8  | 108.00                   |
| 2014       | 33.8  | 44.30                    |
| 2015       | 33.8  | 29.70                    |
| 2016       | 33.8  | 0.32                     |
| 2017       | 33.8  | 20.80                    |
| 2018       | 33.8  | 65.60                    |
| 2019       | 35.1  | 0.20                     |
| 2020       | 37.9  | 7.90                     |

**Fuente:** Información tomada del Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada Ecuador.

**Realizado por:** Bonilla Villalva, Jeimy Alexandra, 2022.



**Ilustración 4-7:** Descripción anual de lluvias presentes en el mes de Enero durante los años 2012-2020. Inocar.

**Realizado por:** Bonilla Villalva, Jeimy Alexandra, 2022.



**Ilustración 4-8:** Factores erosivos, precipitaciones y corrientes de agua, se evidencia cárcavas producto de corrientes de agua en el lugar.

**Realizado por:** Ministerio del Turismo.

#### 4.3.2. Olas y Mareas

El área de estudio presenta problemas de erosión que estas son influenciadas de manera directa por el oleaje y mareas presentes en la costa. Dependiendo de la época de año, estos factores afectan a ciertas zonas del litoral.



**Ilustración 4-9:** Factor erosivo en base a la marea.

Realizado por: (Nómadas Tours, 2021)

**Tabla 4-2:** Media anual de alturas de marea baja y alta.

| ALTURA EN METROS |         |         |         |         |           |         |       |
|------------------|---------|---------|---------|---------|-----------|---------|-------|
| MES              | ENERO   |         | AGOSTO  |         | DICIEMBRE |         | ANUAL |
| AÑO              | Bajamar | Pleamar | Bajamar | Pleamar | Bajamar   | Pleamar |       |
| 2012             | 0,2     | 1,9     | 0,3     | 2,3     | 0,3       | 2,2     | 1,37  |
| 2013             | 0,4     | 2,2     | 0,4     | 2,3     | -0,1      | 2,5     | 1,13  |
| 2014             | -0,1    | 2,5     | -0,2    | 2,6     | -0,1      | 2,4     | 1,36  |
| 2015             | -0,3    | 2,5     | -0,3    | 2,6     | 0,2       | 2,5     | 1,09  |
| 2016             | -0,1    | 2,3     | -0,1    | 2,5     | 0,5       | 2,2     | 1,24  |
| 2017             | 0,2     | 2,5     | 0,8     | 1,9     | 0,6       | 2,0     | 1,45  |
| 2018             | 0,3     | 2,2     | 0,2     | 2,3     | 0,6       | 2,2     | 1,32  |
| 2019             | 0,6     | 2,0     | 0,2     | 2,4     | 0,4       | 2,2     | 1,14  |
| 2020             | 0,6     | 2,0     | 0,7     | 2,2     | 0,3       | 2,2     | 1,25  |
| <b>PROMEDIO</b>  | 0,31    | 2,51    | 0,22    | 2,63    | 0,25      | 2,55    | 1,41  |

Fuente: INOCAR.

Realizado por: Bonilla Villalva, Jeimy Alexandra, 2022.

El cálculo de olas que se genera por viento local es de 15 m/s de velocidad, para la zona de estudio Engabao, se determinó que produce olas de 0.8 metros



**Ilustración 4-10:** Consecuencia de la colisión de las olas con la playa.

Elaborado por: (Greenfield, 2021)

### 4.3.3. Factores Antropogénicos

#### 4.3.3.1. Crecimiento urbano





**Ilustración 4-11:**Engabao, zonas de crecimiento urbano durante el año 2012 y 2020. Google Earth Pro.

**Elaborado por:** Bonilla Villalva, Jeimy Alexandra, 2022.

## CAPÍTULO V

### 5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El área de estudio Engabao mediante las tasas de erosión obtenidas en los resultados determina que la zona se encuentra bajo la influencia de erosión, por lo que se evidencia el movimiento de la línea de costa hacia el continente. El proceso de erosión que cambió en la costa de Engabao del 2012 al 2020 fue impulsado por factores naturales y antrópicos, siendo el primer factor el causante de influencia directa en la regresión de la línea de costa y no los antropogénicos, puesto que la comuna Engabao está en crecimiento industrial hasta la fecha no es un peligro directo, debido a que mantienen la pesca artesanal y no a la industrialización de piscinas camaroneras o exclusión de manglares para el crecimiento de cangrejos.

La mayoría de estos cambios costeros presentes en la erosión ocurren de manera pausada y natural se puede observar una aceleración debido a los factores de marea y oleaje. Cabe señalar que el cambio climático presente en las olas, mareas, precipitaciones y vientos cumple una función importante para incrementar estos factores en los procesos de erosión.

Se obtiene por medio de los resultados en el área de estudio Engabao zona 1, una tasa baja de erosión, a diferencia de las zonas siguientes como es 2 y 3, donde se puede evidenciar tasas de erosión significativamente más altas que en la primera zona, por lo tanto se demuestra la importancia de vallas o muros donde se pueda disminuir este proceso natural de erosión por el mar, influyendo así la estabilidad de la zona costera, de igual manera se puede evidenciar que los valores altos de erosión están ubicados en desembocaduras de canales por donde fluye agua de lluvia o riachuelos.

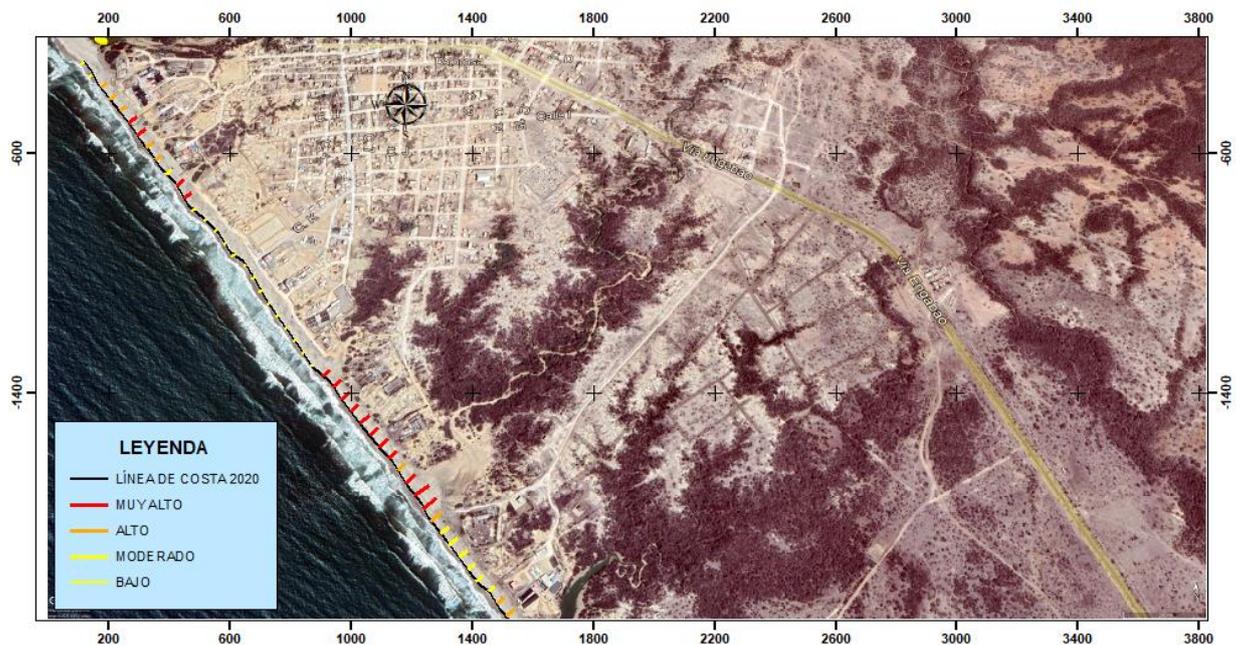
De las velocidades calculadas y del avance de la línea de costa podemos deducir que, en unos 5 años la erosión avanzará más hacia el continente, causando estragos en las comunas cercanas y al borde de acantilados. Las bajas precipitaciones identificadas en el mes de Enero en 6 de los 9 años analizados con respecto a la media anual durante los años analizados, muestran que hay una falta de carga de sedimentos en las costas de la comuna Engabao lo cual provoca pérdida de superficie en las desembocaduras del río lo cual permite que las olas erosionaran con mayor intensidad.

Cabe detallar que el crecimiento urbano hacia las zonas con mayor influencia de erosión presenta un riesgo alto ante la prevención de accidentes frente a la erosión, siendo así que se considera que las casas cercanas a donde hay mayor presencia de erosión posee una alta probabilidad de

derrumbarse en los próximos 10 años debido al retroceso de la costa, siendo así un alto riesgo para la comuna.

En la ilustración 1-5, se evidencia que en la zona de estudio Engabao, el borde costero en ciertas zonas se mantiene en un rango de bajo-moderado mientras que en otras existe pequeñas zonas de erosión con un riesgo moderado - alto, sobresaliendo aquellas que se encuentran ubicadas en las desembocaduras de esterillos, las cuales poseen una susceptibilidad de tasa máxima estimada es de 4.6 m/año.

**Ilustración 5-1:** Tasas de la zona riesgo en la zona de estudio Engabao 2020.



**Realizado por:** Bonilla Villalva, Jeimy Alexandra, 2023.

El oleaje incide directamente en la erosión de taludes, alcanzando así alturas de aproximadamente 1 metro impactando en la base y por acción de la gravedad provocando el derrumbe de taludes. Por otro lado, las corrientes de marea también provocan erosión en el área de estudio, pero en el norte contribuyen a la formación de altos bancos de arena, llega a superar un metro en la desembocadura de los ríos.

El almacenamiento de materia y sedimentos suspendidos causados por las corrientes de marea forma diques que impiden que los ríos fluyan hacia el mar. Esto se evidencia de manera provisional cuando se observa que el nivel del mar sube en aquellos meses donde se presencia fuertes lluvias, logrando por ese medio que haya nexo entre sí.

La Zona de Engabao se encuentra en crecimiento urbano y la necesidad ocupacional comercial influye en que las costas sean más susceptibles a la erosión, como se evidencia en la figura 11-4, siendo que las áreas urbanas van en aumento año tras año lo que conlleva a que la zona no poblada

cuenta con esta incidencia. Además del crecimiento poblacional, en el rango de los años estudiados hubo un incremento de 3000 habitantes, otro motivo de la urbanización es la construcción de estructuras protectoras hacia las viviendas lo cual altera la dinámica natural de las costas.

Por último, la metodología posee limitaciones en el cálculo de las líneas de costa ya que pueden ocurrir errores de cálculo por las coordenadas geográficas dependiendo del rango y el número de imágenes satelitales disponibles para la zona de estudio, lo cual podría presentar distorsión en la recuperación de costa. Además los datos son relevantes frente a una problemática del cambio climático en donde se conoce que las playas del Ecuador han sufrido erosión promedio de 2 metros por década. (Life, 2015)

## 6. CONCLUSIONES

El análisis de la tasa de erosión de imágenes satelitales del perfil costero del sector Engabao y Puerto Engabao, permitió identificar áreas donde la erosión tiene un impacto directo del mar. Aunque el proyecto se dividió toda la zona por transectos y años con el fin obtener una mejor visualización de datos, el análisis de las tasas de erosión en la zona fue detallado para evitar errores de consistencia en los valores resultantes, debido a que DSAS ( Sistema Digital de Análisis de Costa) no distingue la presencia de objetos, por tanto las costas en los diferentes años posee una sola base para la elaboración del presente trabajo.

Con base en la tasa de erosión promedio en las áreas analizadas, el 38,14% de los cruces de la zona 1 muestran que se ha producido una recesión lineal de 1.32 metros por año en el límite costero; el 74,21% de los cruces de la zona 2 se evidencia un retroceso de 2.31 metros por año; el 88,63% de los transectos de la zona 3 muestran un retroceso de la línea de costa de 2.54 metros por año.

El 65,4% de los transectos de la zona 1 muestran que el movimiento promedio de la línea de costa hacia el tramo es de 8.56 metros; el 32,7% de los transectos en la Zona 2 muestran un valor de 12.37 metros y el 78.68% de los transectos de la zona 3 muestran un valor estimado de 17.61 metros.

La interpretación del análisis se basa en la tasa de erosión y la evidencia encontrada en las zonas 2 y 3 indican que los procesos de erosión que se da a lo largo del borde costero del área de estudio de la comuna Engabao se debe como factor principal a las fuerzas de las olas, mareas y gravedad, siendo esto como base para el desprendimiento de taludes por la debilitación.

La combinación de los factores de erosión debilita las paredes de pequeños acantilados y zonas de protección a la comunidad, provocando así el colapso o la aceleración de la erosión hacia el continente.

Desde la presencia de bajas o escasas precipitaciones en la temporada de lluvias, incluso presentando niveles por debajo de la media anual, lo que resulta de ello es una insuficiente carga de sedimentos presentes en la costa de Engabao, lo que conduce al hecho de que estas áreas que se ubican cerca de los ríos o esterillos vayan perdiendo eventualmente la superficie, lo que facilita a que las olas ingresen de una manera más rápida presentando así de manera más rápida y violenta la erosión en la zona.

Según las velocidades calculadas y el avance de la costa, la erosión se moverá hacia el continente, causando conflictos, devastando las comunidades cercanas, estructuras, afectación al ecosistema, comercio y turismo.

## **7. RECOMENDACIONES**

Debido a la falta de información fotogramétrica de años pasados y actual, como al moderado problema de erosión que presenta la zona de estudio de Engabao, es recomendable la implementación de vuelos con drones con el propósito de obtener imágenes satelitales precisas y actuales. Esto ayudará a detallar de manera óptima el terreno cerca de la línea de costa y el borde costero, lo que posibilita pronostica eventos y riesgos futuros.

En función de los datos recopilados en el software Google Earth Pro, las imágenes satelitales deben corresponder al mismo mes y día para obtener una mejor relación en comparación de diferentes años y épocas, permitiendo así en ArcGis determinar el retroceso de la costa, para así no comprometer posibles resultados.

Se podría considerar para las investigaciones posteriores en el área de estudio incluir el transporte de sedimentos y ampliar los parámetros sociales para observar la variabilidad de las zonas más susceptibles ante los procesos de erosión y la influencia de las actividades antropogénicas y asentamientos humanos en la zona de estudio.

Analizar aquellas posibles soluciones para disminuir las tasas de erosión en la zona de estudio que presenta mayor tasa de erosión, como la implementación de muros de protección donde el material a usar sea eficiente para no alterar la zona turística y prevenir posibles riesgos futuros.

## BIBLIOGRAFÍA

**AL, YE YINCAN et al.** *Coastal Erosion Marine Geo-Hazards in China*. China : Elsevier, 2017. 9780128127261.

**AMBIENTE, DIRECCIÓN GENERAL DE GEOGRAFÍA Y MEDIO.** *ASPECTOS TÉCNICOS DE LAS IMÁGENES LANDSAT*. Mexico : INEGI, 2018.

**ARMADA, INOCAR. INSTITUTO OCEANOGRÁFICO Y ANTÁRTICO** *Tablas de mareas puertos del Ecuador*. Retrieved , 2020. Guayaquil :

**ARRIAGA CHANG, Bryan Israel.** *Caracterización de los recursos energéticos renovables de la comunidad de Engabao cantón Playas para el dimensionamiento de una micro red*. Guayaquil : Tesis Doctoral. , 2021. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Industrial.

**BALLADARES ZAMBRANO, Luis Manuel.** *studio y diseño de un centro de desarrollo comunitario para la comuna de Engabao, del cantón General Villamil Playas*. 2018. Guayaquil : Facultad de Arquitectura y Urbanismo.

**BARRANTES-CASTILLO, et al.** *Playas críticas por erosión costera en el caribe sur de Costa Rica, durante el periodo 2005-2016*. Costa Rica : 2020. Revista Geográfica de América Central.

**BERMEO SANDOVAL, Paul Sebastian.** *Evolución De La Línea De Costa Y Determinación De La Tasa De Erosión Costera De La Parroquia Chanduy, Cantón Santa Elena*. 2021. Guayaquil : Universidad de Guayaquil .

**BURGOS FÉLIX, and José, Silva.** *Estudio del potencial Turístico de la comuna Engabao del cantón General Villamil Playas de la Provincia del Guayas*. 2017. Guayaquil : Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar.

**CASTAÑEDA, Ivanna del Rocío Ramos, et al.** *Evaluación y Diseño de Estructuras Costeras para Generación de playa, mediante el uso de Modelos Numéricos*. 2022. Santa Elena : La Entrada, Santa Elena.

**CASTILLO, HERNÁNDEZ, CALDERÓN.** *Dinámica litoral y erosión en playa Moín, Caribe Sur de Costa Rica, y su relación con la construcción de la terminal de contenedores*. 2021. Costa Rica : Revista Da ANPEGE.

**CASTRO LEÓN, William Andrés.** *El turismo comunitario en la comuna Engabao cantón Playas, provincia del Guayas y su efecto en la población. período 2013-2017*. s.l. : 2019.. Tesis de Licenciatura. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Económicas.

**CASTRO, BONILLA Y VILLO.** *“Diseño De La Via De Acceso A La Comunidad De Engabao”* . 2017. Guayaquil : Escuela Superior Politécnica del Litoral.

**CUMBICUS CASTILLO, Richard Xavier.** *Estudio Y Diseño De Un Centro Comunitario Utilizando El Sistema Constructivo De Paredes Secas, Para Puerto Engabao Del Cantón P Layas*. 2021. Guayaquil : Universidad de Guayaquil.

**MORA CASTILLO, Daniel Jacinto.** *Caracterización geomorfológica y estructural de los ríos Tugaduaja y Engunga de la provincia de Santa Elena, en la costa suroeste del Ecuador*. 2022. Guayaquil : Facultad de Ciencias Naturales. Universidad de Guayaquil.

**GOOGLE EARTH, Engine.** *Google Earth Engine*. 2021. Retrieved from: <https://earth.google.com/web/>

**ESRI** ¿Qué es SIG?. Aeroterra .ArcMap. [Online] 2019 йил. [Cited: 2022 йил 30-11.] <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.7/map/main/what-is-arcmap-.htm>.

**FEDERICI RODOLFI, Paolo Robert.** *Rapid shoreline retreat along the Esmeraldas coast, Ecuador: natural and man-induced processes.* 2018. Italia : Journal of Coastal Conservation.

**FUENTES ROMÁN, Heydi Yanin.** *Análisis multitemporal de la variación de la línea de costa en el Archipiélago de Jambelí desde 1985 hasta 2020 mediante el uso de sensores remotos y SIG.* . 2021. Guayaquil : Tesis de pregrado Geología, Escuela Superior Politécnica del Litoral.

**GUTIÉRREZ ZAMBRANO, Helen Johanna, et al.** *Estudio de susceptibilidad ante la erosión costera por medio de categorización de variables geológicas y oceanográficas utilizando sensores remotos y sig. caso de estudio: puntilla de Santa Elena hasta Posorja.* 2021. Guayaquil : tesis Doctoral. ESPOL. FIMCM.

**HERRERA PORRAS, Lina Armenia.** *Propuesta de declaración del espectro electromagnético para Ecuador.* 2018. Guayaquil : Geoespacial.

**HIMMELSTOSS, Henderson, Kratzmann.** *Digital Shoreline Analysis System.* s.l. : 2018. DSAS.

**INEC.** *Instituto Nacional de Estadística y Censos.* 2010. Ecuador : s.n.

**CELEMÍN ACOSTA, Juan Fernando.** *Escenarios de aumento del nivel del mar para la costa del.* 2018 San Pablo : Revista Geografía e Pesquisa, Ourinhos.

**LADINES FREIRE, Darío Miguel.** *Evaluación poblacional de Pollicipes elegans en la zona rocosa de Puerto Engabao, cantón Playas, provincia del Guayas.* 2018. Santa Elena : Tesis de Licenciatura. La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena.

**PINEDA CAICEDO, Lenin Andrés.** *Teledetección aplicada al análisis de sitios óptimos para la maricultura de ostión (Crassostrea gigas) en Esmeraldas-Ecuador.2020* Quito : Tesis Doctoral. Ecuador-PUCESE-Escuela de Gestión Ambiental.

**LIFE RESEARCH Center** Scientists warn of catastrophic beach erosion in case of an El Niño. <https://cuencahighlife.com/scientists-warn-of-catasrophic-beach-erosion-in-case-of-an-el-nino/>. [Online] йил.

**MORANTE Y GONZALEZ.** *Valoración de procesos erosivos y de depositación mediante aplicación de métodos granulométricos y dedifracción de Rayos X en sedimentos de borde litoral en el Archipiélago Jambelí, Ecuador.* 2019. Guayaquil : Técnicas Aplicadas a La Caracterización y Aprovechamiento de Recursos.

**NUÑEZ DEL ARCO, E.** *Geología del Ecuador: Facultad De Ingeniería En Ciencias De La Tierra .* 2019. Guayaquil : Escuela Superior Politécnica Del Litoral.

**PLANDETUR.** Ecostravel Ecuador. [Online] 2019 йил 26-11. [Cited: 27 йил 2022-10.] <http://www.ecostravel.com/ecuador/plandetur2020/2020-74.html>.

**QUIROZ TORRES, Stefanny De Las Mercedes, et al.** *Análisis Comparativo de Variables Oceanográficas de Sensores Remotos y datos in situ en la costa del Ecuador para periodos de tiempo entre 1996-2014.* 2018. Guayaquil : Tesis de Licenciatura.

**ROVERE, A., STOCCHI, P., & VACCHI, M.** *Eustatic and Relative Sea Level Changes.* 2017 Alemania : Current Climate Change Reports.

**SALTO, I., ANDRADE, G., MAQUILÓN, B. et al.** *Evaluación de Alternativas de Protección Costera Clásicas y de Ingeniería Verde, utilizando Modelos Numéricos.* 2020. San Pedro : Grupo de Investigación en Geociencias Marinas y Costeras.

**UGARTE, Carlos Alberto González, et al.** SATHIRI. [Online] 2019 йил. [Cited: 27 йил 2022-10.]

**VALERO, M.** *Estudio multitemporal y análisis prospectivo del cambio de uso de suelo y cobertura vegetal en la microcuenca del río Cristal mediante el uso de autómatas celulares.* 2017. Latacunga : Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

**ZAMBRANO CASTILLO, Geovanny Alexander.** *Interpretación de datos sísmicos, batimétricos y geología marina para la determinación de peligros geológicos en el golfo de Guayaquil.* Guayaquil : Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Naturales.

**Zuleta Valladares, María.** Repositorio Institucional de la Universidad de Guayaquil . [Online] 2019 йил Marzo. [Cited: 2022 йил 27-October .] <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/38651>.



## ANEXOS

### ANEXO A: TABLAS DE RESULTADOS DE LA TASA DE REGRESIÓN LINEAL

**Tabla 1-8:** Tasa de regresión lineal (LRR). Extraído del campo de atributos de la extensión DSAS. Los valores en color son indicadores de zonas erosionadas.

| ZONA 1               |                 |                      |                |
|----------------------|-----------------|----------------------|----------------|
| Número de transectos | LRR (metro/año) | Número de transectos | LRR(metro/año) |
| 1                    | -3.22           | 40                   | -0.45          |
| 2                    | -2.80           | 41                   | -0.6           |
| 3                    | -1.44           | 42                   | -0.83          |
| 4                    | -1.23           | 43                   | -1.32          |
| 5                    | -1.12           | 44                   | -1.02          |
| 6                    | -1.09           | 45                   | -0.99          |
| 7                    | -1.43           | 46                   | -0.36          |
| 8                    | -1.37           | 47                   | -1.2           |
| 9                    | -1.15           | 48                   | -1.33          |
| 10                   | -1.69           | 49                   | -0.97          |
| 11                   | -1.54           | 50                   | -0.61          |
| 12                   | -1.09           | 51                   | -2.1           |
| 13                   | -1.12           | 52                   | -2.07          |
| 14                   | -0.78           | 53                   | -1.22          |
| 15                   | -0.24           | 54                   | -1.64          |

|    |       |    |       |
|----|-------|----|-------|
| 16 | -0.87 | 55 | -1.91 |
| 17 | -2.11 | 56 | -2.07 |
| 18 | -0.75 | 57 | -1.67 |
| 19 | -0.88 | 58 | -1.52 |
| 20 | -0.32 | 59 | -1.19 |
| 21 | -1.98 | 60 | -0.87 |
| 22 | -1.37 | 61 | -0.96 |
| 23 | -2.89 | 62 | -0.56 |
| 24 | -2.65 | 63 | -1.71 |
| 25 | -3.02 | 64 | -2.42 |
| 26 | -1.21 | 65 | -2.12 |
| 27 | -3.15 | 66 | -2.36 |
| 28 | -3.42 | 67 | -3.45 |
| 29 | -3.15 | 68 | -2.2  |
| 30 | -3.21 | 69 | -2.89 |

|    |       |    |       |
|----|-------|----|-------|
| 31 | -0.52 | 70 | -2.33 |
| 32 | -0.28 | 71 | -3.66 |
| 33 | -1.64 | 72 | -2.96 |
| 34 | -0.91 | 73 | -2.87 |
| 35 | -0.52 | 74 | -3.25 |
| 36 | -0.28 | 75 | -1.64 |
| 37 | -1.64 | 76 | -1.91 |
| 38 | -0.91 | 77 | -2.07 |
| 39 | -1.36 |    |       |

Fuente: ArcGis 10.4.1

Realizado por: Bonilla Villalva, Jeimy Alexandra, 2023.

**Tabla 2-8:** Tasa de regresión lineal (LRR). Extraído del campo de atributos de la extensión DSAS. Los valores en color son indicadores de zonas erosionadas.

| <b>ZONA 2</b>               |                        |                             |                       |
|-----------------------------|------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| <b>Número de transectos</b> | <b>LRR (metro/año)</b> | <b>Número de transectos</b> | <b>LRR(metro/año)</b> |
| 1                           | 0.45                   | 21                          | -0.28                 |
| 2                           | 0.6                    | 22                          | -1.64                 |
| 3                           | 0.83                   | 23                          | -0.91                 |
| 4                           | 1.32                   | 24                          | -0.52                 |
| 5                           | 1.02                   | 25                          | -0.28                 |
| 6                           | -0.99                  | 26                          | -2.64                 |
| 7                           | -3.36                  | 27                          | -0.91                 |
| 8                           | -1.2                   | 28                          | -1.36                 |
| 9                           | -3.33                  | 29                          | -1.67                 |
| 10                          | -0.97                  | 30                          | -1.52                 |

|    |       |    |       |
|----|-------|----|-------|
| 11 | -0.61 | 31 | -4.19 |
| 12 | -2.1  | 32 | -0.87 |
| 13 | -2.07 | 33 | -0.96 |
| 14 | -1.22 | 34 | -0.56 |
| 15 | -1.64 | 35 | -1.71 |
| 16 | -1.91 | 36 | -1.56 |
| 17 | -2.07 | 37 | -2.87 |
| 18 | -3.15 | 38 | -2.41 |
| 19 | -3.21 | 39 | -2.96 |
| 20 | -0.52 | 40 | -3.22 |

Fuente: ArcGis 10.4.1

Realizado por: Bonilla Villalva, Jeimy Alexandra, 2023.

**Tabla 3-8:** Tasa de regresión lineal (LRR). Extraído del campo de atributos de la extensión DSAS. Los valores en color son indicadores de zonas erosionadas.

| <b>ZONA 3</b>               |                        |                             |                        |
|-----------------------------|------------------------|-----------------------------|------------------------|
| <b>Número de transectos</b> | <b>LRR (metro/año)</b> | <b>Número de transectos</b> | <b>LRR (metro/año)</b> |
| 1                           | -3.18                  | 21                          | -0.28                  |
| 2                           | -3.41                  | 22                          | -1.64                  |
| 3                           | -3.56                  | 23                          | -0.91                  |
| 4                           | -2.42                  | 24                          | -0.52                  |
| 5                           | -2.12                  | 25                          | -1.56                  |
| 6                           | -2.36                  | 26                          | -1.87                  |
| 7                           | -3.45                  | 27                          | -2.41                  |
| 8                           | -2.2                   | 28                          | -2.96                  |
| 9                           | -2.89                  | 29                          | -3.22                  |
| 10                          | -2.33                  | 30                          | -1.23                  |
| 11                          | -3.66                  | 31                          | 0.66                   |
| 12                          | -2.96                  | 32                          | 0.89                   |
| 13                          | -2.87                  | 33                          | -0.96                  |
| 14                          | -3.54                  | 34                          | -0.56                  |
| 15                          | -1.64                  | 35                          | -1.71                  |
| 16                          | -1.91                  | 36                          | -1.56                  |
| 17                          | -2.07                  | 37                          | -1.87                  |
| 18                          | -3.15                  | 38                          | -2.41                  |
| 19                          | -3.21                  | 39                          | -2.96                  |
| 20                          | -0.52                  | 40                          | -3.22                  |

Fuente: ArcGis 10.4.1

Realizado por: Bonilla Villalva, Jeimy Alexandra, 2023.

**ANEXO B: TABLA DE RESULTADOS DEL MOVIMIENTO NETO DE LA COSTA**

**Tabla 4-8:** Tabla de resultados del Movimiento Neto de costa (NMS) , realizado mediante la extensión de DSAS. Los valores negativos indican retroceso de la línea de costa.

| <b>ZONA 1</b>               |                     |
|-----------------------------|---------------------|
| <b>Número de Transectos</b> | <b>NSM (metros)</b> |
| 1                           | -3.41 m             |
| 2                           | -3.89 m             |
| 3                           | -4.21 m             |
| 4                           | -2.32 m             |
| 5                           | -10.22 m            |
| 6                           | -22.47 m            |
| 7                           | -36.11 m            |
| 8                           | -16.35 m            |
| 9                           | -1.16 m             |
| 10                          | -1.65 m             |
| 11                          | -1.74 m             |
| 12                          | -1.85 m             |
| 13                          | -2.02 m             |
| 14                          | -4.02 m             |
| 15                          | -4.31 m             |
| 16                          | -3.27 m             |
| 17                          | -24.74 m            |
| 18                          | -11.99 m            |
| 19                          | -12.58 m            |
| 20                          | -18.79 m            |

|    |          |
|----|----------|
| 20 | -18.79 m |
| 21 | -16.37 m |
| 22 | -15.62 m |
| 23 | -6.12 m  |
| 24 | -9.23 m  |
| 25 | -16.53 m |
| 26 | -13.34 m |
| 27 | -20.67 m |
| 28 | -25.33   |
| 29 | -14.23   |
| 30 | -3.68    |
| 31 | -2.57    |
| 32 | -0.98    |
| 33 | -0.88    |
| 34 | -3.85 m  |
| 35 | -2.11 m  |
| 36 | -2.21 m  |
| 37 | -4.33 m  |
| 38 | -6.78 m  |
| 39 | -2.80 m  |
| 40 | -6.68 m  |

|    |          |
|----|----------|
| 40 | -6.68 m  |
| 41 | -23.44 m |
| 42 | -20.15 m |
| 43 | -22.06 m |
| 44 | -22.68 m |
| 45 | -15.53 m |
| 46 | -17.91 m |
| 47 | -16.52 m |
| 48 | -13.37 m |
| 49 | -12.32 m |
| 50 | -10.89 m |
| 51 | -11.20   |
| 52 | -32.21   |
| 53 | -11.44   |
| 54 | -8.02    |
| 55 | -31.11   |
| 56 | -2.33    |
| 57 | -7.83    |
| 58 | -10.22   |
| 59 | -3.13    |
| 60 | -34.12   |

|    |        |
|----|--------|
| 61 | -8.11  |
| 62 | -1.79  |
| 63 | -17.54 |
| 64 | -34.77 |
| 65 | -11.05 |
| 66 | -4.69  |
| 67 | -4.75  |
| 68 | -51.2  |
| 69 | -14.30 |
| 70 | -25.11 |
| 71 | -12.32 |
| 72 | -8.52  |
| 73 | -14.33 |
| 74 | -7.22  |
| 75 | -5.23  |
| 76 | -4.78  |
| 77 | -9.21  |

**Realizado por:** Bonilla Villalva, Jeimy Alexandra,2023.

**Tabla 5-8:** Tabla de resultados del Movimiento Neto de costa (NMS) , realizado mediante la extensión de DSAS. Los valores negativos indican retroceso de la línea de costa.

| <b>ZONA 2</b>               |                     |
|-----------------------------|---------------------|
| <b>Número de Transectos</b> | <b>NSM (metros)</b> |
| 1                           | -33.41 m            |
| 2                           | -13.89 m            |
| 3                           | -44.21 m            |
| 4                           | -62.32 m            |
| 5                           | -10.22 m            |
| 6                           | -2.47 m             |
| 7                           | -6.11 m             |
| 8                           | -6.35 m             |
| 9                           | -1.16 m             |
| 10                          | -1.65 m             |
| 11                          | -1.74 m             |
| 12                          | -1.85 m             |
| 13                          | -9.23 m             |
| 14                          | -16.53 m            |
| 15                          | -13.34 m            |
| 16                          | -20.67 m            |
| 17                          | -25.33              |
| 18                          | -14.23              |
| 19                          | -3.68               |
| 20                          | -2.57               |

|    |         |
|----|---------|
| 20 | -2.57   |
| 21 | -0.98   |
| 22 | -0.88   |
| 23 | -3.85 m |
| 24 | -2.11 m |
| 25 | -2.21 m |
| 26 | -4.33 m |
| 27 | -6.78 m |
| 28 | -2.80 m |
| 29 | -6.68 m |
| 30 | -3.68   |
| 31 | -2.57   |
| 32 | -0.98   |
| 33 | -0.88   |
| 34 | -1.79   |
| 35 | -17.54  |
| 36 | -34.77  |
| 37 | -11.05  |
| 38 | -4.69   |
| 39 | -4.75   |
| 40 | -1.2    |

**Realizado por:** Bonilla Villalva, Jeimy Alexandra. 2023

**Tabla 6-8:** Tabla de resultados del Movimiento Neto de costa (NMS) , realizado mediante la extensión de DSAS. Los valores negativos indican retroceso de la línea de costa.

| <b>ZONA 3</b>               |                     |
|-----------------------------|---------------------|
| <b>Número de Transectos</b> | <b>NSM (metros)</b> |
| 1                           | -14,78              |
| 2                           | -22,35              |
| 3                           | -16,85              |
| 4                           | -22,07              |
| 5                           | -23,96              |
| 6                           | -24,57              |
| 7                           | -18,87              |
| 8                           | -22,84              |
| 9                           | -25,33              |
| 10                          | -25,91              |
| 11                          | -24,66              |
| 12                          | -25,51              |
| 13                          | -20,47              |
| 14                          | -20,33              |
| 15                          | -20,60              |
| 16                          | -14,78              |
| 17                          | -22,35              |
| 18                          | -16,85              |
| 19                          | -22,07              |
| 20                          | -23,96              |

|    |        |
|----|--------|
| 20 | -23,96 |
| 21 | -24,57 |
| 22 | -30,78 |
| 23 | -33,17 |
| 24 | -30,13 |
| 25 | -25,70 |
| 26 | -26,13 |
| 27 | -14,65 |
| 28 | -7,61  |
| 29 | -4,70  |
| 30 | -13,11 |
| 31 | -15,32 |
| 32 | -12,20 |
| 33 | -4,01  |
| 34 | -8,14  |
| 35 | -6,10  |
| 36 | -2,74  |
| 37 | -1,16  |
| 38 | -2,18  |
| 39 | -2,48  |
| 40 | -4,85  |

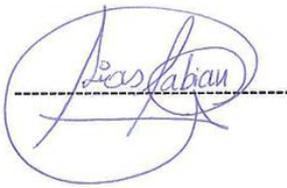
**Realizado por:** Bonilla Villalva, Jeimy Alexandra. 2023



## ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

### CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO

**Fecha de entrega:** 29/04/ 2024

|  |
|--|
| <b>INFORMACIÓN DEL AUTOR</b>   |
| <b>Nombres – Apellidos:</b> Jeimy Alexandra Bonilla Villalva   |
| <b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>   |
| <b>Facultad:</b> Ciencias  |
| <b>Carrera:</b> Ingeniería Ambiental   |
| <b>Título a optar:</b> Ingeniera Ambiental   |
| <br>Dr. Fabian Ernesto Arias Arias, PhD.<br><b>Director del Trabajo de Integración Curricular</b> |
| <br>Ing. María Soledad Núñez Moreno<br><b>Asesora del Trabajo de Integración Curricular</b>       |