



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE**

**DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERIA, INDUSTRIA Y**

**CONSTRUCCION**

**CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

**INGENIERO CIVIL**

**TEMA**

**RIESGO SÍSMICO EN EL SECTOR GARCIA MORENO-  
GUAYAQUIL BASADO EN DATOS SOBRE LA INCIDENCIA DE  
MOVIMIENTOS TELÚRICOS.**

**TUTOR**

**MGTR. BRITO NOBOA JESSICA PAULINA**

**AUTOR**

**MICHAEL DAVID TIPAN ORTEGA**

**GUAYAQUIL**

**2022**



**REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**FICHA DE REGISTRO DE TESIS**

**TÍTULO Y SUBTÍTULO:**

**Riesgo sísmico en el sector García Moreno- Guayaquil basado en datos sobre la incidencia de movimientos telúricos.**

**AUTOR/ES:**

**Tipán Ortega Michael David**

**REVISORES O TUTORES:**

**Brito Noboa Jessica Paulina**

**INSTITUCIÓN:**

**Universidad Laica Vicente  
Rocafuerte de Guayaquil**

**Grado obtenido:**

**Ingeniero Civil**

**FACULTAD:**

**Ingeniería, Industria y  
construcción**

**CARRERA:**

**Ingeniería Civil**

**FECHA DE PUBLICACIÓN:**

**2022**

**N. DE PAGS:**

**69**

**ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y Construcción**

**PALABRAS CLAVE: Sismo, Fenómeno, movimiento telúrico, riesgo sísmico, placas tectónicas.**

**RESUMEN:**

Alrededor del mundo durante los últimos siglos se han detectado desastres naturales con más frecuencia debido al efecto del cambio climático y la explotación de minerales por parte del ser humano. Pero los desastres naturales no solo tienen que ver con el ser humano, la interacción y fenómenos físicos también los producen.

Los movimientos telúricos siendo el tema de interés de la investigación, son producidos por la interacción de las placas tectónicas que siempre se encuentran en movimiento, unas placas se alejan haciendo que el océano se expanda pero otras chocan entre ellas provocando enormes montañas, esta clase de cambios se produce durante un periodo de

tiempo muy amplio, pero las placas tectónicas acumulan energía con el paso del tiempo y cuando esta se libera se producen sismos o terremotos poniendo en riesgo la vida de las personas, Ecuador al ser un país que se encuentra dentro del cinturón de fuego del pacífico y en el límite entre dos placas tectónicas, es más propenso a este tipo de desastre natural. La parroquia García Moreno de la ciudad de Guayaquil se encuentra en el sector costero donde se produjo el sismo más fuerte de la última década, estando expuesto a sismos de gran magnitud como el sucedido en la provincia de Manabí.

<b>N. DE REGISTRO (en base de datos):</b>	<b>N. DE CLASIFICACIÓN:</b>	
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>  Tipan Ortega Michael David	<b>Teléfono:</b>  0968134812	<b>E-mail:</b>  mtipano@ulvr.edu.ec
<b>CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:</b>	<b>Mg. Milton Gabriel Andrade Laborde</b> <b>Teléfono: 042596500 Ext. 210</b> <b>E-mail: mandradel@ulvr.edu.ec</b>  <b>Mg. Luis Almeida Vargas</b> <b>Teléfono: 042596500 Ext. 242</b> <b>E-mail: lalmeidava@ulvr.edu.ec</b>	

# CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD ACADÉMICA

## Revisión Final

### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>5%</b> INDICE DE SIMILITUD	<b>5%</b> FUENTES DE INTERNET	<b>0%</b> PUBLICACIONES	<b>1%</b> TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
----------------------------------	----------------------------------	----------------------------	--------------------------------------

### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>laestelar19.blogspot.com</b> Fuente de Internet	<1 %
<b>2</b>	<b>dspace.ups.edu.ec</b> Fuente de Internet	<1 %
<b>3</b>	<b>www.euston96.com</b> Fuente de Internet	<1 %
<b>4</b>	<b>redi.unjbg.edu.pe</b> Fuente de Internet	<1 %
<b>5</b>	<b>www.powtoon.com</b> Fuente de Internet	<1 %
<b>6</b>	<b>rdigital.ueb.edu.ec</b> Fuente de Internet	<1 %
<b>7</b>	<b>repo.uta.edu.ec</b> Fuente de Internet	<1 %
<b>8</b>	<b>dspace.unl.edu.ec</b> Fuente de Internet	<1 %
<b>9</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<1 %

10	<a href="http://www.campusoei.org">www.campusoei.org</a> Fuente de Internet	<1 %
11	<a href="http://apr.iphonewrd.com">apr.iphonewrd.com</a> Fuente de Internet	<1 %
12	<a href="http://www.revcolanest.com.co">www.revcolanest.com.co</a> Fuente de Internet	<1 %
13	<a href="http://loultimo-en-noticias.blogspot.com">loultimo-en-noticias.blogspot.com</a> Fuente de Internet	<1 %
14	<a href="http://repositorio.unapiquitos.edu.pe">repositorio.unapiquitos.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
15	<a href="http://www.hrw.org">www.hrw.org</a> Fuente de Internet	<1 %
16	<a href="http://repositorio.ug.edu.ec">repositorio.ug.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
17	<a href="http://ri.unsam.edu.ar">ri.unsam.edu.ar</a> Fuente de Internet	<1 %
18	<a href="http://www.coursehero.com">www.coursehero.com</a> Fuente de Internet	<1 %
19	<a href="http://www.proteccioncivil.org">www.proteccioncivil.org</a> Fuente de Internet	<1 %
20	<a href="http://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a> Fuente de Internet	<1 %
21	<a href="http://es.wikipedia.org">es.wikipedia.org</a> Fuente de Internet	<1 %

22	<a href="http://repositorio.utc.edu.ec">repositorio.utc.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
23	<a href="http://servidor-opsu.tach.ula.ve">servidor-opsu.tach.ula.ve</a> Fuente de Internet	<1 %
24	<a href="http://aula.el-mundo.es">aula.el-mundo.es</a> Fuente de Internet	<1 %
25	<a href="http://coyunturainternacionalamerica.wordpress.com">coyunturainternacionalamerica.wordpress.com</a> Fuente de Internet	<1 %
26	<a href="http://documentop.com">documentop.com</a> Fuente de Internet	<1 %
27	<a href="http://noticias.utpl.edu.ec">noticias.utpl.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
28	<a href="http://prezi.com">prezi.com</a> Fuente de Internet	<1 %
29	<a href="http://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
30	<a href="http://www.bolsia.com">www.bolsia.com</a> Fuente de Internet	<1 %
31	<a href="http://www.emfundazioa.org">www.emfundazioa.org</a> Fuente de Internet	<1 %
32	<a href="http://www.tandfonline.com">www.tandfonline.com</a> Fuente de Internet	<1 %

---

Excluir citas      Activo  
Excluir bibliografía      Activo

Excluir coincidencias      Apagado



Tutor: Jéssica Paulina Brito Noboa

Ci. 0603972365

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES**

El (Los) estudiante(s) egresado(s) **MICHAEL DAVID TIPAN ORTEGA**, declara (mos) bajo juramento, que la autoría del presente proyecto de investigación, (Riesgo sísmico en el sector García Moreno- Guayaquil basado en datos sobre la incidencia de movimientos telúricos.), corresponde totalmente a el(los) suscrito(s) y me (nos) responsabilizo (amos) con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedo (emos) los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica **VICENTE ROCAFUERTE** de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

**Autor(es)**



**Firma:**

**MICHAEL DAVID TIPAN ORTEGA**

**C.I.1724986417**

## **CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR**

**En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación (Riesgo sísmico en el sector García Moreno- Guayaquil basado en datos sobre la incidencia de movimientos telúricos.), designado(a) por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.**

### **CERTIFICO:**

**Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Proyecto de Investigación titulado: (Riesgo sísmico en el sector García Moreno- Guayaquil basado en datos sobre la incidencia de movimientos telúricos.), presentado por los estudiantes MICHAEL DAVID TIPAN ORTEGA como requisito previo, para optar al Título de (Ingeniería Civil), encontrándose apto para su sustentación.**



**Firma:**

**MGTR. BRITO NOBOA JESSICA PAULINA**

**C.C. 0603972365**

## **AGRADECIMIENTO**

**Agradezco a mis familiares y profesores que me han apoyado para poder realizar esta tesis de la mejor manera posible.**

## **DEDICATORIA**

**Esta tesis está dedicada a las personas que han ayudado durante toda mi carrera estudiantil y lograr hacer esta tesis.**

## ÍNDICE GENERAL

<b>1.</b>	<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>2</b>
1.1	Tema:.....	2
1.2	Planteamiento del Problema: .....	2
1.3	Formulación del Problema:.....	2
1.4	Objetivo General .....	3
1.5	Objetivos Específicos .....	3
1.6	Idea a Defender (investigaciones cualitativas o mixtas) / Hipótesis (investigaciones cuantitativas).....	3
1.7	Línea de Investigación Institucional/Facultad.....	3
<b>2</b>	<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>4</b>
2.1	<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>4</b>
2.1.1	Antecedentes: .....	4
2.1.2	Composición del Planeta Tierra .....	5
2.1.3	La Tectónica de Placas .....	10
2.1.4	Deriva continental.....	11
2.1.5	Placas Tectónicas .....	12
2.1.6	Sismo .....	17
2.1.7	Terremoto .....	18
2.1.8	Categorías Sísmicas. ....	18
2.1.9	Fallas Sísmicas en Ecuador.....	18
2.1.10	Relación Entre La Actividad Volcánica Y Los Terremotos. ....	18
2.1.11	La Naturaleza y su Relación con los Movimientos Telúricos. ....	19
2.1.12	El Ecuador y su ubicación geográfica. ....	19
2.1.13	Actividad telúrica por fuentes sísmicas .....	20
2.1.14	Fuentes interfaz.....	20
2.1.15	Fuentes corticales .....	20
2.1.16	Fuentes Slab.....	21
2.1.17	Eventos sísmicos en el Ecuador .....	22
2.1.18	Terremoto de Pedernales 2016 .....	25
2.1.19	Efectos de los sismos o terremotos.....	26
2.2	Marco Legal:.....	26
2.2.1	Constitución de la República del Ecuador .....	26
2.2.2	Instituto Ecuatoriano de Normalización.....	27

3	CAPÍTULO III .....	30
3.1	Enfoque de la investigación:.....	30
3.2	Alcance de la investigación:.....	30
3.3	Técnica e instrumentos para obtener los datos: .....	31
3.3.1	Estudio de Caso.....	31
3.3.2	La Encuesta .....	31
3.4	Población y muestra.....	32
3.5	Presentación y análisis de resultados.....	33
3.5.1	Descripción del método implementado: Matriz de Riesgo.....	33
3.5.2	Desarrollo: .....	33
4	CONCLUSIONES .....	53
5	RECOMENDACIONES .....	54
6	Bibliografía.....	55

#### ÍNDICE FIGURAS

<i>Figura 1: Estructura y composición de la Tierra.....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 2: Litosfera .....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 3: Placas tectónicas.....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 4: La expansión en el fondo marino .....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 5: Convergencia oceánica continental.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 6: Convergencia Oceánica - Oceánica.....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 7: Convergencia continental-continental.....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 8: Limite Falla-Transformante .....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 9: Cinturón de fuego del pacifico.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 10: Terremoto Ambato 1949.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 11: Terremoto de 1958 de Ecuador y Colombia .....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 12: Terremoto de 1987 en Napo .....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 13: Terremoto en Cotopaxi 1996.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 14: Terremoto Bahía de Caráquez 1998 .....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 15: Terremoto de Pedernales 2016.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 16: Parroquia García Moreno Guayaquil.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 17: Representación gráfica del riesgo.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 18: Fuentes de interfaz .....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 19: Fuentes corticales.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 20: Fuentes del slab .....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 21: Distancia lineal entre Pedernales y Atacames.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 22: Distancia Lineal entre Guayaquil- García Moreno y Milagro.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 23: Eventos sísmicos 2022 .....</i>	<i>46</i>

#### ÍNDICE TABLAS

<i>Tabla 1: Características de la sismicidad en cada fuente sísmica.....</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 2: Movimientos considerando el sector propuesto.....</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 3: Escalla Mercalli Modificada parte 1.....</i>	<i>38</i>

<i>Tabla 4: Escala Mercalli modificada Parte 2.....</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 5: Intensidad histórica máxima en cada provincia hasta el año 2007.....</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 6: Nivel de riesgo basado en el escalla de Mercalli .....</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 7: Gravedad considerando el nivel de riesgo .....</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 8: Nivel de probabilidad.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 9: Nivel de consecuencias.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 10: Matriz de Riesgo .....</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 11: Tabla de ponderación .....</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 12:Percepción del sismo del día 29 de junio 2022 .....</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 13:Reacción ante el sismo.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 14:Exposición sísmica.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 15: Confusión de movimientos telúricos.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 16: Tiempo de residencia .....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 17: Percepción sísmica.....</i>	<i>52</i>

### ÍNDICE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1:Percepción de sismo.....</i>	<i>47</i>
<i>Ilustración 2:Reacción ante el sismo.....</i>	<i>48</i>
<i>Ilustración 3:Exposición sísmica.....</i>	<i>49</i>
<i>Ilustración 4:Confusión de movimientos telúricos .....</i>	<i>50</i>
<i>Ilustración 5: Tiempo viviendo en el sector.....</i>	<i>51</i>
<i>Ilustración 6: Percepción sísmica.....</i>	<i>52</i>

## INTRODUCCIÓN

Los sismos y terremotos han sido un tema bastante discutido durante las últimas décadas por los fuertes efectos catastróficos que pueden dejar en solo unos instantes, Ecuador también ha sido víctima de estos fuertes movimientos sísmicos durante más de 50 años, en los cuales se puede notar que cada vez son más frecuentes y más fuertes que los eventos anteriores. Se plantean varias causas respecto al aumento de desastres naturales como la acción del hombre, pero los sismos son un fenómeno producido por el almacenamiento de energía y la interacción de las placas tectónicas que se mueven un poco cada año, evidenciando el posible riesgo de un movimiento sísmico a una zona cercana a la parroquia García Moreno de la ciudad de Guayaquil.

## 1. CAPÍTULO I

### DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

#### 1.1 Tema:

Riesgo sísmico en el sector García Moreno- Guayaquil basado en datos sobre la incidencia de movimientos telúricos.

#### 1.2 Planteamiento del Problema:

Los movimientos telúricos pueden ser provocados por causas diversas causando graves daños hacia el ser humano y no pueden ser predichos, pero se ha optado por realizar construcciones que garanticen la supervivencia de las personas basado en una norma de construcción. Pero a pesar de esto, no se puede predecir de lo que es capaz la fuerza de la naturaleza poniendo en duda si los diseños de las estructuras son lo suficientemente resistentes durante un movimiento telúrico considerable.

La ubicación del país hace que este factor de riesgo sísmico aumente considerablemente por dos elementos cruciales, el primero es encontrarse sobre una brecha entre dos placas tectónicas de modo que al interactuar entre si estas provocaran movimientos telúricos y se sentirán con mayor intensidad, el segundo punto es encontrarse atravesado por el cinturón de fuego del pacifico y su posible actividad volcánica que al suscitarse también produciría movimientos telúricos.

#### 1.3 Formulación del Problema:

¿Existe el riesgo de movimientos telúricos en el sector García Moreno?

#### **1.4 Objetivo General**

Analizar el riesgo del sector García Moreno-Guayaquil al desarrollarse un movimiento telúrico.

#### **1.5 Objetivos Específicos**

- Revisar datos sobre movimientos telúricos en Ecuador
- Analizar la frecuencia de los movimientos telúricos en Ecuador
- Analizar la relación de ubicación riesgo durante un movimiento telúrico

#### **1.6 Idea a Defender (investigaciones cualitativas o mixtas) / Hipótesis (investigaciones cuantitativas)**

El sector García Moreno se encuentra ubicado en una zona de riesgo sísmico razón por la que cual es vulnerable.

#### **1.7 Línea de Investigación Institucional/Facultad.**

##### **Campo de Conocimiento:**

**Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de construcción, eco amigable, industria y desarrollo de energías renovables.**

##### **Línea de Investigación:**

**Territorio**

##### **Sub – Línea de Investigación:**

**Ordenamiento territorial.**

## 2 CAPÍTULO II

### 2.1 MARCO TEÓRICO

#### 2.1.1 *Antecedentes:*

A mediados del siglo veinte con el aumento de desastres naturales, la pérdida de recursos económicos en el mundo y los fallecidos, han sido cada vez más catastróficos. Esta situación ha seguido de manera regular durante el inicio del siglo veintiuno, las consecuencias de un movimiento telúrico también ha sido un factor considerable por la cantidad de eventos telúricos y la recurrencia de sismos con gran magnitud en todo el mundo.(Ayala Omaña et al., 2017)

Durante las últimas décadas se ha podido sentir la fuerza de naturaleza y la potencia de los sismos como el ocurrido en Indonesia durante el mes de diciembre en el año 2004, de magnitud 9.1 en la escala Richter, como efecto secundario provocó un tsunami que dejó doscientos mil fallecidos, alrededor del mundo se han presentado sismos con gran poder destructivo con mayor frecuencia.(Ayala Omaña et al., 2017)

Otro evento unos cuantos años después en Japón, se desarrolló un sismo de magnitud 9 en el año 2011, producto del sismo se desató un tsunami que dejó alrededor de quince mil fallecidos y más de ocho mil personas extraviadas y heridas.(Ayala Omaña et al., 2017)

El día 16 de abril de 2016 en Ecuador ocurrió un sismo de magnitud igual 7,8 en escala Richter con epicentro ubicado entre las provincias de Manabí y Esmeraldas, dejando más de seiscientos fallecidos y más de veinte mil en refugiados.(Ayala Omaña et al., 2017)

Mediante el desarrollo de un estudio de registros sísmicos en Ecuador señala al país como vulnerable a eventos sísmicos; y pone en peligro a todas las actividades de avance del país y los ciudadanos. En un registro de varios sismos desde el año 1541 al 2016 señala que en un lapso de diez años ocurre un terremoto, por culpa de los cambios climáticos y la explotación de petróleo.(Guamán Chávez et al., 2018)

### ***2.1.2 Composición del Planeta Tierra***

El planeta está compuesto por distintas capas. Las que se encuentran más cerca del núcleo están hechos de elementos más pesados, generan calor, son densos y están sometidas a una gran presión en consideración a las placas externas, como se puede observar en la Figura 2.(Rosales Romero, 2012)

#### **2.1.2.1 La Corteza.**

Es un manto que recubre el planeta tierra y está formado por elementos rocosos y con mayor dureza que las siguientes partes. Tiene un grosor que puede variar entre 5 y 60 kilómetros y una media de profundidad de 33 kilómetros. Existen dos cortezas la corteza continental que donde se asienta toda la vida terrestre y la corteza oceánica que se encuentra en el fondo de todo el mar.(Margot et al., 1994)

##### ***2.1.2.1.1 La Corteza Continental.***

Con un espesor variable entre 20 y 90 kilómetros, también posee una densidad promedio de  $2,7 \text{ g/cm}^3$ . Formada a partir de varios tipos de rocas, sedimentarias, de origen ígneo, de origen metamórfico. La mayoría de la composición de las rocas son graníticas. Las rocas más antiguas descubiertas en la corteza continental son de 3800 millones de años.(Instituto de Educación Secundaria La Sagra Huéscar, n.d.)

#### **2.1.2.1.2 La Corteza Oceánica.**

Cuenta con un espesor variable de 3 a 15 kilómetros con una densidad de 3 g/cm<sup>3</sup>. En su mayoría, está compuesto por balasto. Al estar constantemente en un proceso de reciclaje se genera en las dorsales oceánicas, se desintegra y reincorpora al manto en las zonas de subducción, esta corteza es menos longeva que la anteriormente nombrada contando con unos 180 millones de años la más antigua.(Instituto de Educación Secundaria La Sagra Huéscar, n.d.)

#### **2.1.2.2 El Manto.**

Es la siguiente capa que se encuentra después de la corteza y esta recubre el núcleo del planeta. Este elemento representa el 83% del volumen del planeta Tierra. Llega hasta los 2885 kilómetros de profundidad y una densidad variable de entre 3,3 a 5,7 g/cm<sup>3</sup>. Se cree que está formado en su mayoría por peridotitas, un tipo de roca con gran cantidad de hierro y magnesio. Se divide en manto superior e inferior. El superior empieza desde la base de la corteza llegando hasta unos 660 kilómetros de profundidad y el inferior se localiza desde los 660 extendiéndose hasta los 2885 kilómetros de profundidad. La diferencia entre los mantos superior e inferior es la forma en la que estas se mueven.(Instituto de Educación Secundaria La Sagra Huéscar, n.d.)

#### **2.1.2.3 El Núcleo.**

El núcleo es la parte más profunda del planeta tierra. Tiene la forma de una bola de 3486 kilómetros de radio y se encuentra entre los 2885 y 6378 kilómetros de profundidad. Tiene una densidad variable de 10 a 13 g/cm<sup>3</sup>. En este lugar la presión es un millón de veces más fuerte que la presión en la superficie del planeta y tiene una temperatura que puede estar por sobre los 6700 C°. Con una composición de aleación de hierro con un poco de níquel que se supone es de un 5% a 10% y se sospecha que existen

otros elementos ligeros como el azufre y el oxígeno en pequeñas porciones.(Instituto de Educación Secundaria La Sagra Huéscar, n.d.)

#### **2.1.2.4 Modelo Dinámico.**

Las capas nombradas anteriormente tienen que ver con su composición, hay otra forma de referirse a las capas que se relaciona con la función mecánica de las placas tectónicas del planeta. Estas son: litosfera, astenosfera, mesosfera y endosfera.(Instituto de Educación Secundaria La Sagra Huéscar, n.d.)

##### **2.1.2.4.1 La Litosfera.**

Se encuentra en la superficie del planeta Tierra, se lo describe como una zona sólida y dura. Compuesta por la corteza y por la parte superior del manto. Con un grosor medio de 100 kilómetros, pero puede llegar hasta los 250 kilómetros en lugares donde existen cadenas de montañas. Se refiere a la litosfera continental al grupo de corteza continental y un sector del manto superior que se encuentra en estado sólido, y litosfera oceánica al conjunto de corteza oceánica y parte del manto superior sólido.(Instituto de Educación Secundaria La Sagra Huéscar, n.d.)

##### **2.1.2.4.2 La Astenosfera.**

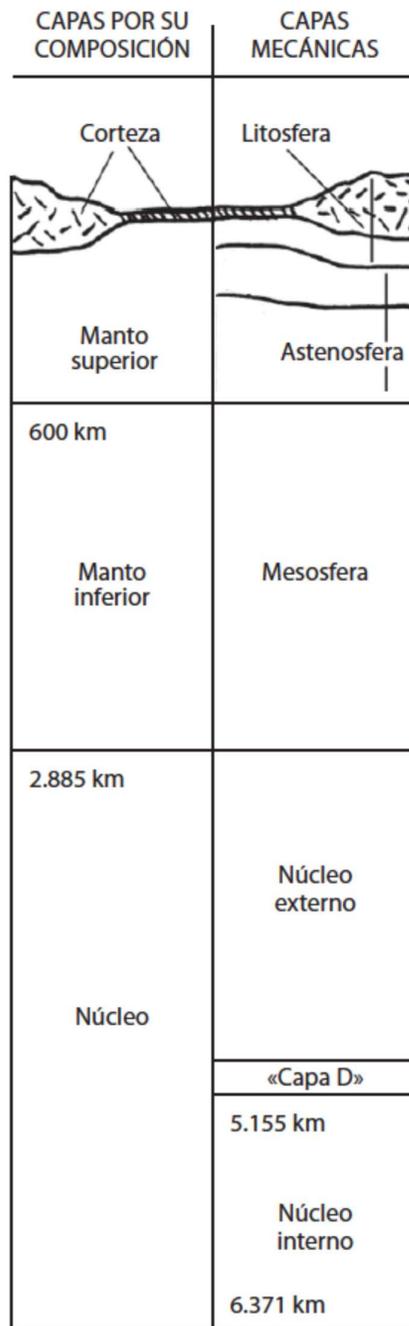
Este sector que es una capa entre la litosfera y el manto inferior o mesosfera. Puede llegar a tener 660 kilómetros de profundidad. En los primeros 150 kilómetros la materia está en una fusión parcial y contiene un canal de baja velocidad. El canal se logra distinguir por la reducción en la velocidad de las ondas sísmicas cuando pasar por este. Cuando la materia que se está dentro de la astenosfera se fusiona parcialmente forma magma y este sube hacia la litosfera. Su estado es maleable o plástico.(Instituto de Educación Secundaria La Sagra Huéscar, n.d.)

#### ***2.1.2.4.3 La Mesosfera.***

La Mesosfera o manto inferior es una zona dentro de la tierra entre el núcleo a una profundidad de 2885 kilómetros y la astenosfera unos 660 kilómetros. En el punto donde se encuentra el manto y el núcleo a unos 200 kilómetros adentro, se llega a un área denominada como “Capa D” donde la velocidad de las ondas P disminuye notablemente. El criterio de los expertos dice que la pérdida de la velocidad se debe a que el manto inferior se encuentra en fundición parcial. Si esta teoría es verdadera cabe la posibilidad que desde este punto ascienda magma a travesando el manto sólido y llegue a la superficie, explicando cómo se formaron islas volcánicas como Hawái.(Instituto de Educación Secundaria La Sagra Huéscar, n.d.)

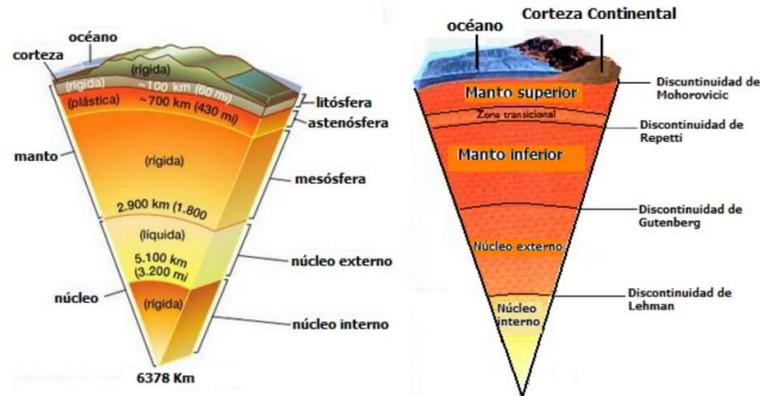
#### ***2.1.2.4.4 La Endosfera.***

Forma parte del núcleo. Tiene una zona en el interior que es rígida como un material sólido y otra parte exterior que es fluido, se piensa que puede haber corrientes de convección explicando el campo electromagnético que posee el planeta Tierra. Las corrientes serian producidas por una diferencia de temperatura, debido a los diferentes elementos radioactivos concentrados en este lugar. Los de mayor temperatura ascienden a la parte superior del núcleo enfriándose por tocar el manto y luego volviendo a descender hasta el núcleo interno por corrientes frías.(Instituto de Educación Secundaria La Sagra Huéscar, n.d.)



**Figura 1: Estructura y composición de la Tierra**

Fuente: (Instituto de Educación Secundaria La Sagra Huéscar, n.d.)



**Figura 2: Litosfera**

Fuente:(Rosales Romero, 2012)

### 2.1.3 La Tectónica de Placas

Esta teoría nació a finales de la década de 1960 y durante los años 70, por lo descubrimientos geofísicos y el conocimiento adquirido sobre el interior del planeta Tierra. Le teoría de la deriva continental es la base, también la distribución geográfica de los volcanes y zonas sísmicas, la transferencia de ondas sísmicas en la corteza y manto, y la teoría de expansión del fondo del océano. Solo esta teoría explica de forma coherente los fenómenos geofísicos que interaccionan y logran encajar entre ellos. Aunque aún existan algunas dudas, mediante las investigaciones futuras se lograran aclarar con el paso del tiempo. No se ha encontrado ningún inconveniente que contradiga esta teoría.(Instituto de Educación Secundaria La Sagra Huéscar, n.d.)

#### **2.1.4 Deriva continental**

En el libro *El origen de los continentes y océanos* escrito por Alfred Wegener en 1915, escribió que los continentes se habían dispersado al pasar de los años. Pensaba que los continentes no eran estáticos, que variaban su posición. Aseguraba que en el periodo Carbonífero 300 m.a. todo el terreno que surgió formó un solo continente, al que nombro Pangea, rodeada por un inmenso océano llamado Panthalasa. El mega continente se dividiría en la era Mesozoica 200 m.a. en dos grandes partes Laurasia y Godwana separados por un mar en medio, el Mar de Tethys. (Instituto de Educación Secundaria La Sagra Huéscar, n.d.)

El autor menciona que si los continentes se trasladaban debido a los ajustes isostáticos era porque de alguna manera estos estaban flotando encima de un material más denso y plástico. Explicaba que, si los sustratos se desplazaban de forma vertical, también podían hacerlo de forma horizontal, originando así la deriva continental. La energía que provocaría el movimiento sería una fuerza centrífuga relacionada a la rotación del planeta. (Instituto de Educación Secundaria La Sagra Huéscar, n.d.)

Un reconocido geofísico de nombre Harold Jeffreys notó algunos defectos en la teoría de origen mecánico, obviando que el contacto de los continentes sobre su sustrato no permitiría su movimiento. Se refirió a los mecanismos físicos de la hipótesis demostrando que el movimiento rotatorio de la tierra no tiene la fuerza suficiente para lograr el desplazamiento horizontal de los continentes y la resistencia de la sima era muy superior para dejar desplazarse libremente sobre este. Tenía la razón, pero erróneamente llegó a la conclusión de descartar totalmente el modelo dando por hecho que todo lo demás debía estar equivocado. (Instituto de Educación Secundaria La Sagra Huéscar, n.d.)

A causa del del error del modelo físico más adelante se encontraría nueva información que permitía explicar la movilidad cortical. Durante la época de los años 50 y 60, surgieron nuevos conocimientos geofísicos. La explicación del magnetismo logro ayudar a explicar el movimiento y separación del continente.(Instituto de Educación Secundaria La Sagra Huéscar, n.d.)

### ***2.1.5 Placas Tectónicas***

Están compuestas por partes irregulares de la litosfera, la cual posee corteza y parte del manto superior. Las placas se mueven encima de astenosfera, capa plástica del manto que está ubicada debajo de la litosfera. Generalmente se forman por litosfera que contiene corteza oceánica y continental o solo corteza oceánica, existiendo muy pocas y con tamaño pequeño que solo tienen corteza continental.(Instituto de Educación Secundaria La Sagra Huéscar, n.d.)

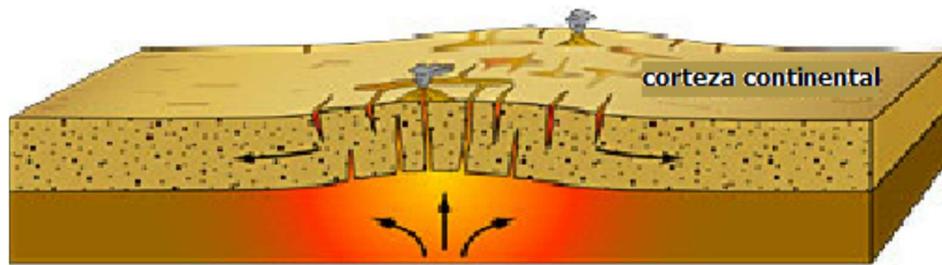
Las placas tectónicas se encuentran en la superficie del planeta, estas se encuentran divididas en varias partes y se mueven entre ellas formando montañas, volcanes e incluso provocan terremotos por su interacción. Existen siete placas principales las cuales son: Placa Sudamericana, Placa Norteamericana, Placa Euroasiática, Placa Indo australiana, Placa africana, Placa Antártica, Placa Pacífica. También existe un grupo de placas secundarias también formadas por siete placas las cuales son: Placa de Cocos, placa de Nazca, Placa Filipina, Placa Arábica, Placa Escocesa, Placa Juan de Fuca, Placa de Caribe que se pueden ver en la Figura 2.(Rosales Romero, 2012)

#### **2.1.5.1 Límites Entre Placas Tectónicas**

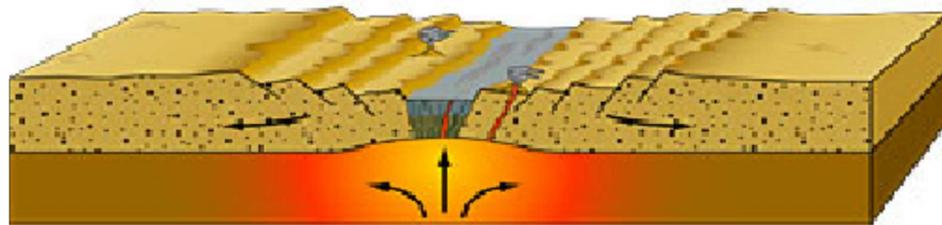
El contacto entre las placas tectónicas y el movimiento de estas provocan cambios en el suelo. Este punto se denomina límite de placa, el terreno sufre cambios cuando las



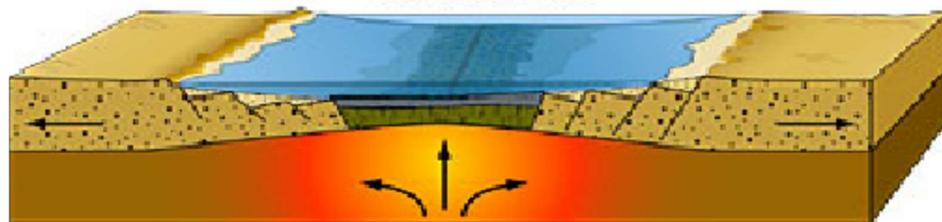
### Deformación y estiramiento del continente



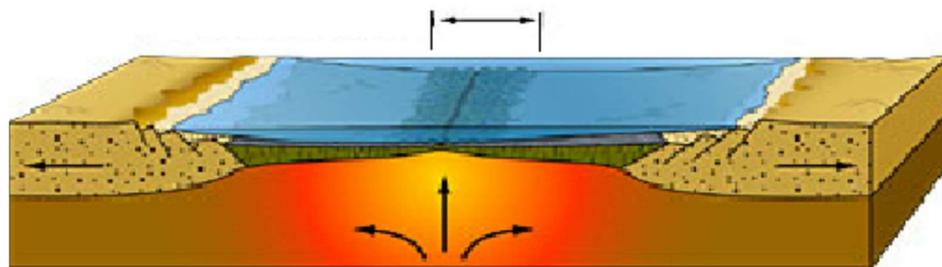
### Formación del valle de Rift



### Antiguo océano



### Dórsal oceánica



**Figura 4:** *La expansión en el fondo marino*

Fuente:(Rosales Romero, 2012)

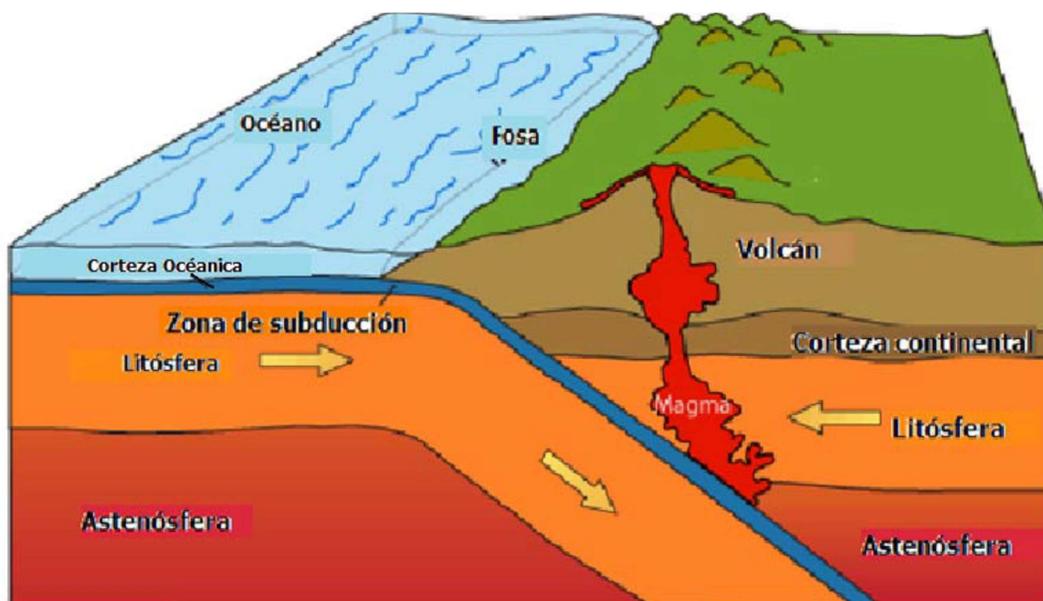
#### **2.1.5.1.2 Límites convergentes:**

También conocidos como fosas, tienen un movimiento de acercamiento. Ocurre cuando una de las placas se mete por debajo de la otra, este movimiento se conoce como subducción, manifestando eventos sísmicos y volcánicos. Se conocen tres tipos de bordes

convergentes: convergencia oceánica-continental, convergencia oceánica-oceánica y convergencia continental-continental.(Rosales Romero, 2012)

### ***2.1.5.1.3 Convergencia oceánica-continental.***

Se produce cuando una placa oceánica se mete debajo de una placa continental, la placa continental es elevada y se forma una serie de montañas. Aunque la placa continental se mete debajo y lentamente de la fosa de subducción, la base de la placa que produce la subducción se parte en pedazos pequeños. Estos pedazos se quedan atorados en su lugar durante un periodo de tiempo muy largo, pero al lograr desplazarse repentinamente producen grandes terremotos. Los movimientos telúricos también logran levantar tierra algunos metros.(Rosales Romero, 2012)



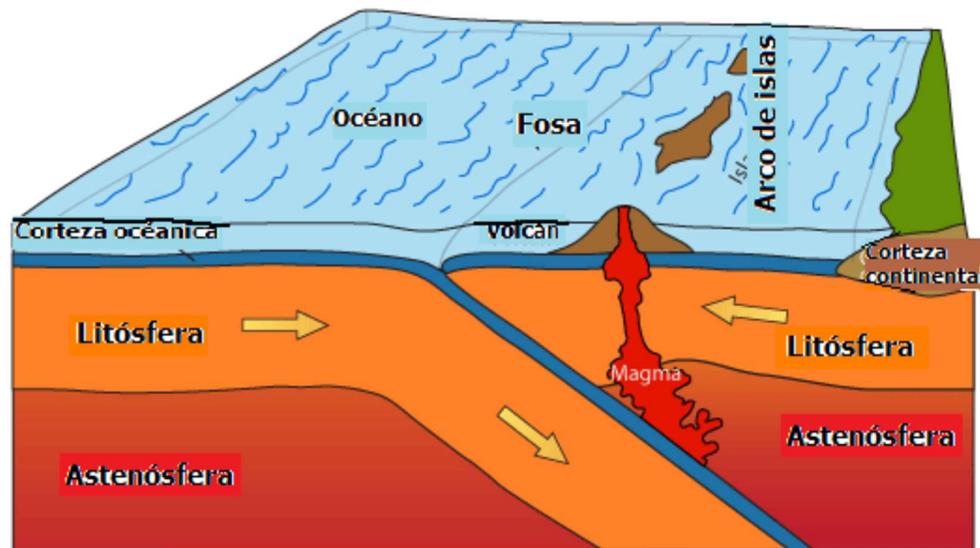
**Figura 5: Convergencia oceánica continental**

Fuente:(Rosales Romero, 2012)

### ***2.1.5.1.4 Convergencia Oceánica-Oceánica.***

Cuando dos placas se topan generalmente una es subducida debajo de la otra formando una fosa oceánica. Este contacto entre placas oceánicas forma volcanes submarinos. Durante millones de años la lava se acumula en los volcanes submarinos y

cuando este logra salir del mar se forma una isla volcánica. Regularmente se expanden en grupos llamados arcos de islas.

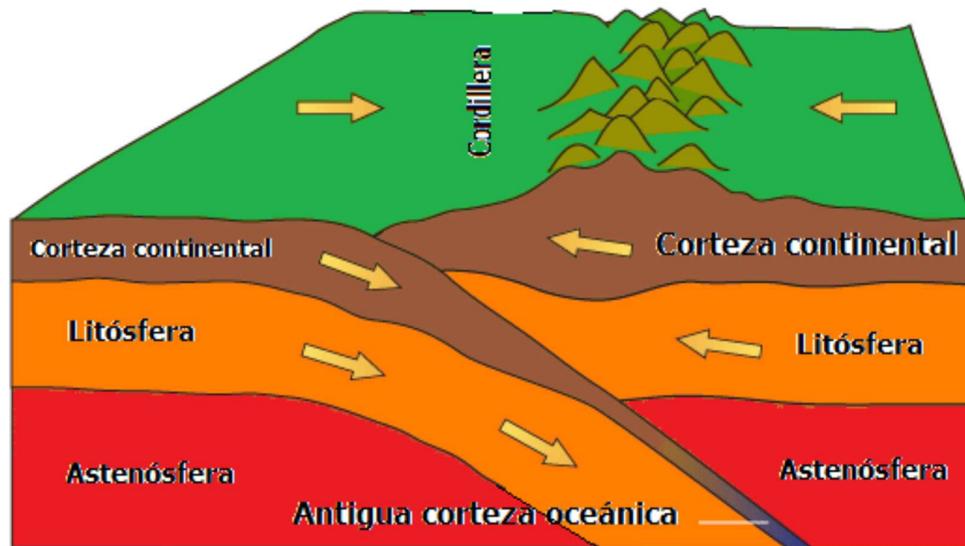


**Figura 6: *Convergencia Oceánica - Oceánica***

Fuente:(Rosales Romero, 2012)

#### ***2.1.5.1.5 Convergencia Continental-Continental.***

Sucede cuando dos continentes se chocan uno frente a otro, ninguno de los dos cede, no se produce subducción porque son “ligeros” evitando ser movidos hacia el fondo. En este caso la corteza suele retorcerse, elevarse o ser empujada hacia los lados.(Rosales Romero, 2012)

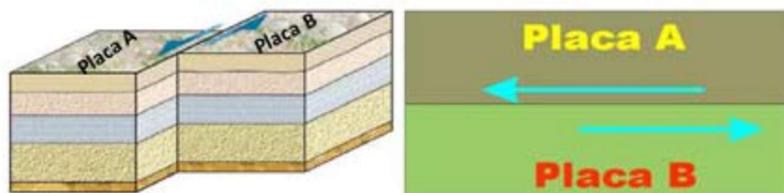


**Figura 7: Convergencia continental-continental**

Fuente: (Rosales Romero, 2012)

#### 2.1.5.1.6 Límites Falla Transformante

Es producida cuando dos placas se desplazan una en dirección opuesta a la otra, desatando una gran fricción entre ambos elementos con un movimiento irregular. Por la fricción la presión aumenta mucho y cuando esa presión se libera las placas proceden a separarse provocando un terremoto. (Rosales Romero, 2012)



**Figura 8: Límite Falla-Transformante**

Fuente: (Rosales Romero, 2012)

#### 2.1.6 Sismo

Un sismo es cualquier movimiento telúrico producido en la tierra, todo movimiento es considerado un sismo (Ministerio del Ambiente, 2016).

### ***2.1.7 Terremoto***

Son desastres naturales producidos por el planeta para disipar tensión. Cuando las placas se empujan entre ellas esa fuerza se siente en la litosfera. Si esa tensión es enorme la litosfera tiende a moverse o romperse.(Rosales Romero, 2012)

### ***2.1.8 Categorías Sísmicas.***

Los sismos pueden ser categorizados por su magnitud, un sismo es considerado como tal hasta grado 5°, supero el valor pasa a ser llamado terremoto.(Ministerio del Ambiente, 2016).

### ***2.1.9 Fallas Sísmicas en Ecuador.***

Las fallas geológicas pueden ser encontradas en todo el país porque se encuentra cubierto por ellas. Las dos más grandes e importantes son: la placa de Nazca que está se ubicada en la costa del Ecuador y se forma por el choque de dos placas la placa de Nazca y la Caribeña, la segunda falla es la de Guayaquil-Caracas y se extiende desde el Golfo de Guayaquil siguiendo su curso hasta Caracas.(Ministerio del Ambiente, 2016).

### ***2.1.10 Relación Entre La Actividad Volcánica Y Los Terremotos.***

La fuerza de los movimientos telúricos es superior a la actividad volcánica, esto significa que una erupción volcánica no provocaría ningún movimiento telúrico pero un sismo si puede poner en actividad un volcán(Ministerio del Ambiente, 2016).

### 2.1.11 La Naturaleza y su Relación con los Movimientos Telúricos.

Las hormigas suelen cambiar la posición de sus nidos debido a los movimientos telúricos, pero no es algo que suceda en todas las ocasiones porque pueden moverse debido a otros factores no relacionados a los sismos. (Ministerio del Ambiente, 2016).

### 2.1.12 El Ecuador y su ubicación geográfica.

Situado en el noroccidente de Sudamérica se encuentra el Ecuador y en el interior de su territorio están las islas Galápagos. En este sector se topan dos placas tectónicas existiendo una subducción entre la placa de Nazca y la placa sudamericana; el choque entre de estas hace que los movimientos telúricos sean propensos. El encuentro entre las placas provoca movimientos de fuerza variada producida por liberarse energía que se acumula en el lugar, esto es conocido como sismo geodinámico. (Guamán Chávez et al., 2018)

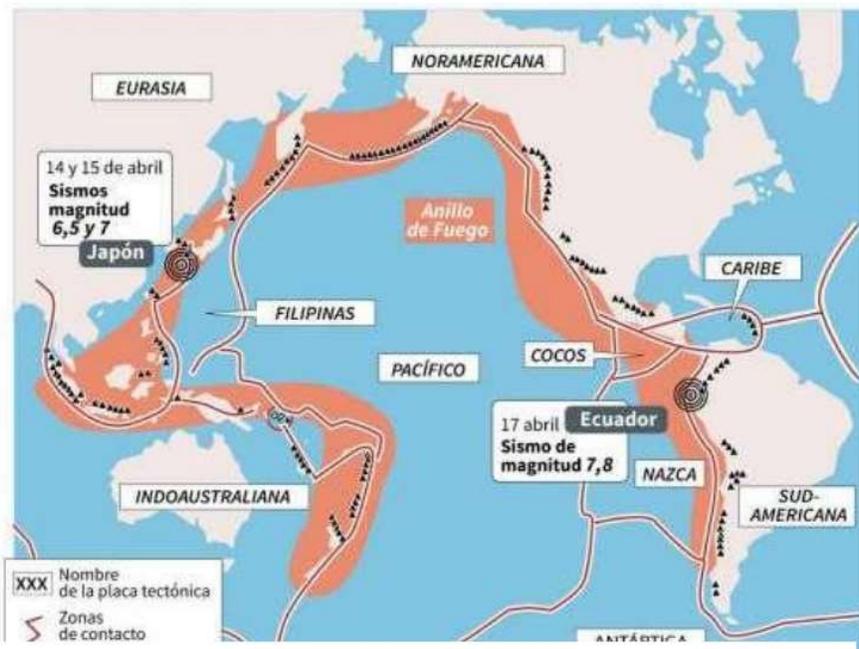


Figura 9: Cinturón de fuego del pacifico

Fuente:(Guamán Chávez et al., 2018)

El Cinturón de Fuego del Pacífico, posee una hilera de 452 volcanes, la mayoría de los volcanes se encuentran en el Océano Pacífico, tanto activos como inactivos.(Guamán Chávez et al., 2018)

Por su ubicación, Ecuador forma parte del Anillo de Fuego, propenso a la actividad sísmica y volcánica, y no solo es vulnerable a sus propiedades hidrometeorológicas, sino también a fallas geológicas dentro de sus fronteras. Es decir, a 50 kilómetros al oeste de la costa, se forma una trinchera, donde se producen estos choques de la placa continental sudamericana y la placa oceánica (la placa de Nazca).(Guamán Chávez et al., 2018)

### ***2.1.13 Actividad telúrica por fuentes sísmicas***

La zona sísmica es un lugar donde se pueden producir eventos de origen sísmico por el movimiento o falla que encuentre allí, pudiendo ser de originado en la corteza continental, o en la corteza oceánica o al producirse un choque entre la corteza continental y oceánica.(INSTITUTO GEOFISICO ESCUELA POLITECNICA NACIONAL, 2021)

### ***2.1.14 Fuentes interfaz***

Se refiere a al lugar donde la placa oceánica de Nazca hace contacto y se produce la subducción por parte del continente.(INSTITUTO GEOFISICO ESCUELA POLITECNICA NACIONAL, 2021)

### ***2.1.15 Fuentes corticales***

Para él (INSTITUTO GEOFISICO ESCUELA POLITECNICA NACIONAL, 2021) las fuentes corticales son las siguientes:

- El sistema principal de fallas que delimitan el Sliver Norandino (NAS) de la zona estable de Sudamérica con los segmentos de Puná, Pallatanga, Cosanga y Chingual (Alvarado, 2012; Alvarado et al., 2016)
- Los sistemas de fallas inversas Quito-Latacunga (UIO-Lat)
- El sistema de fallas de rumbo de El Ángel
- Las fallas que definen el levantamiento y los pliegues en la zona subandina: Napo y Cutucú
- Dos fuentes adicionales que engloban la sismicidad dispersa o *de background* fuera de las fallas principales: BGN que comprende la zona de las cuencas de la costa al norte de límite NAS-Sudamérica y BGS, al sur de este límite

Durante el año 2021, los eventos durante los meses en las fuentes corticales fueron menores a 50, excepto en dos fuentes, la fuente BGN y la fuente UIO-Lat:

- en la fuente BGN debido a una tasa alta y constante de sismos,
- en la fuente UIO-Lat por el incremento de microsismicidad al norte del V. Cotopaxi y al sur de los volcanes Illinizas.

Además de la actividad, en dos de las fuentes BGS y Cutucú se han producido eventos de magnitud 5 o superior.

#### **2.1.16 Fuentes Slab**

Las fuentes slab se comprenden como volúmenes de varias profundidades para poder reunir el slab o placa oceánica en subducción continental. Parece ser que la causa de los sismos de origen slab es la ruptura de la placa que subduce.(INSTITUTO GEOFISICO ESCUELA POLITECNICA NACIONAL, 2021)

## **2.1.17 Eventos sísmicos en el Ecuador**

### **2.1.17.1 Terremoto de Ambato 1949.**

Durante el día 5 de agosto del año 1949 un terremoto de magnitud de 6,8 en escala de Richter se desato en la ciudad de Ambato donde se registró más de 5050 fallecidos y 20.000 viviendas destruidas, las ciudades aledañas fueron desoladas el epicentro se originó a 40 kilómetros de profundidad, afectando a varias provincias como Tungurahua, Cotopaxi y Chimborazo, se presume que se originó una brecha donde se situaba la pequeña ciudad.(Guamán Chávez et al., 2018)



**Figura 10: Terremoto Ambato 1949**

Fuente:(Guamán Chávez et al., 2018)

### **2.1.17.2 Terremoto 1958 Ecuador y Colombia.**

El día 19 de enero del 1958 a las 9 de la mañana sucedió un sismo de magnitud 7,8 grados próximo a la zona costera entre Ecuador y Colombia, en Ecuador la parte más afectada fue la ciudad de Esmeraldas; por culpa del terremoto se originó un Tsunami que destruyo parte de la población, donde se derrumbaron cerca del 30% de las viviendas, fallecieron 15 personas y 45 quedaron heridos. El total de personas fallecidas entre Ecuador y Colombia fueron 111.(Guamán Chávez et al., 2018)



***Figura 11: Terremoto de 1958 de Ecuador y Colombia***

Fuente: (Guamán Chávez et al., 2018)

### **2.1.17.3 Terremoto 1987 Napo.**

Durante el 5 de marzo del año 1987 sucedieron son terremotos, el primero fue a las 20:54 con una magnitud de 6,1 grados y el segundo ocurrió a las 23:10 con magnitud de 6,9 grados en la escala de Richter, dejando afectadas las ciudades: Ibarra, Baeza, Otavalo, Cayambe. El origen del terremoto fueron las faldas del volcán reventador en el cual se produjo el epicentro. Dejando un total de 1000 personas fallecidas y daños materiales estimados en 1000 millones de dólares. (Guamán Chávez et al., 2018)



**Figura 12: Terremoto de 1987 en Napo**

Fuente:(Guamán Chávez et al., 2018)

#### **2.1.17.4 Terremoto en Cotopaxi 1996.**

En la provincia de Cotopaxi, cantón Pujilí, el día 28 de marzo del año 1996 se originó un terremoto de magnitud de 5,7 grados en escala de Richter, el saldo de este sismo fueron 70 fallecidos y pérdidas materiales.(Guamán Chávez et al., 2018)



**Figura 13: Terremoto en Cotopaxi 1996**

Fuente:(Guamán Chávez et al., 2018)

#### **2.1.17.5 Terremoto Bahía de Caráquez 1998.**

El día 4 de agosto del año 1998 se desarrollaron dos terremotos el primero de magnitud 5,1 grados y el segundo de 7,1 grados en escala de Richter, ambos en la ciudad Bahía de Caráquez, provincia de Manabí, provocando grandes pérdidas económicas, pero principalmente del sector turístico, perjudicando a sectores aledaños como San Vicente, Canoa; estos eventos sísmicos provocarían la muerte de una persona y más de 200 viviendas destruidas.(Guamán Chávez et al., 2018)



**Figura 14:***Terremoto Bahía de Caráquez 1998*

Fuente:(Guamán Chávez et al., 2018)

#### **2.1.18 Terremoto de Pedernales 2016**

El día 16 de abril del año 2016 a las 18:58 horas, se originó un terremoto de magnitud 7,8 grados en la escala de Richter, el epicentro se produjo en el Pedernales, Cantón de la provincia de Manabí, afecto también a otras ciudades como: Esmeraldas, Guayaquil, Santa Elena. Este desastre natural cobro la vida de 673 personas aproximadamente, más de 40 personas desaparecidas, 12.000 heridos y daños materiales que se aproximan a los 3.000 millones de dólares, por efecto del terremoto se desarrollaron más de 2300 réplicas, algunos mayores a 6 grados en la escala de Richter. Este movimiento telúrico es catalogado como uno de los más catastróficos en los últimos 50 años.(Guamán Chávez et al., 2018)



***Figura 15: Terremoto de Pedernales 2016***

Fuente:(Guamán Chávez et al., 2018)

### ***2.1.19 Efectos de los sismos o terremotos***

Las consecuencias de un terremoto dependen de una variedad de factores, como la magnitud, la profundidad (foco o epicentro), la distancia desde el epicentro (desde el epicentro hasta el área afectada), las condiciones locales de los materiales terrestres (condiciones del sitio) y cómo se construyó la infraestructura: casas, edificios, carreteras, vías férreas, líneas de servicio y tuberías, es decir, tipos de edificios. Si no es lo suficientemente resistente al movimiento sísmico debido a que no cumple con los estándares sísmicos, el daño y la pérdida serán graves. En los países en desarrollo, es común encontrar infraestructura con tipos de construcción deficientes en sitios con malas condiciones.(Ayala Omaña et al., 2017; Bravo, 2017)

## **2.2 Marco Legal:**

### ***2.2.1 Constitución de la República del Ecuador***

#### **2.2.1.1 Artículo.340:**

Muestra al Sistema Nacional de Inclusión y Equidad Social como un grupo que realiza y coordina instituciones, normas, programas y servicios, que garantizan y exigen

los derechos en la constitución. Al sistema le corresponde la responsabilidad dentro una situación de riesgo como un sismo o terremoto.(Constitución República del Ecuador, 2018)

#### **2.2.1.2 Artículo. 389:**

El estado tiene la responsabilidad de proteger a las personas, las colectividades y al medio ambiente frente a los efectos negativos producidos por un desastre natural a través de la prevención del riesgo, reduciendo la afectación de desastres.

También debe ayuda a las personas que hayan sido afectadas y mejorar las condiciones de vida para evitar ser vulnerables.(Constitución República del Ecuador, 2018)

#### **2.2.1.3 Artículo. 390:**

Las situaciones de riesgo serán tramitadas bajo descentralización subsidiaria, lo que responsabiliza a las instituciones dentro del país. Si no cuentan con la capacidad de gestionar los riesgos, una entidad de mayor nivel técnico y económico deberán proporcionar la ayuda requerida.(Constitución República del Ecuador, 2018)

### **2.2.2 Instituto Ecuatoriano de Normalización**

El Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN, 2001) es un reglamento de cumplimiento obligatorio dentro el territorio ecuatoriano, contiene un capítulo donde se tiene en cuenta el riesgo sísmico al que se encuentra vulnerable el sector de estudio considerando lo siguiente:

0.1 Las especificaciones de este capítulo deben ser consideradas como requisitos mínimos a aplicarse para el cálculo y diseño de una estructura, con el fin de resistir eventos de origen sísmico. Dichos requisitos se basan

principalmente en el comportamiento dinámico de estructuras de edificación.

(INEN, 2001) El código tiene el fin de otorgar un diseño que tenga la resistencia a movimientos telúricos con ciertas consideraciones:

0.2 Es la intención del presente código que, al cumplir con los requisitos aquí detallados, se proporcione a la estructura de un adecuado diseño sismo-resistente que cumpla con la siguiente filosofía:

- Prevenir daños en elementos no estructurales y estructurales, ante terremotos pequeños y frecuentes, que pueden ocurrir durante la vida útil de la estructura.
- Prevenir daños estructurales graves y controlar daños no estructurales, ante terremotos moderados y poco frecuentes, que pueden ocurrir durante la vida útil de la estructura.
- Evitar el colapso ante terremotos severos que pueden ocurrir rara vez durante la vida útil de la estructura, procurando salvaguardar la vida de sus ocupantes.

En el artículo 3.1.24 del INEN se deja en claro que existe una posibilidad de que un sismo pueda exceder el sismo de diseño considerado, la probabilidad es de 10% cada 50 años.

Entre las disposiciones generales del código INEN, el numeral 4.1.1 indica que las consideraciones técnicas quedan a cargo de los profesionales y que es responsabilidad de los mismos al realizar los cálculos constructivos.(INEN, 2001)

El numeral 4.1.2 se especifica que el diseño sismorresistente es un requerimiento mínimo al realizar una construcción.(INEN, 2001)

El objetivo de la norma INEN es dar una pauta a la persona a cargo de una construcción, dando unos requisitos mínimos, pero no garantiza la fortaleza de la estructura durante un sismo de un grado superior al estimado por la dicha norma.

### 3 CAPÍTULO III

## METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

### 3.1 Enfoque de la investigación:

El estudio de enfoque cualitativo se usa generalmente para descubrir y preparar preguntas y en ocasiones se prueban hipótesis. Mediante la recolección de datos sin medida como la descripción y observación. Es un procedimiento adaptable entre los eventos y la interpretación de los mismo. El fin de este tipo de investigación es llegar a la realidad mediante un barrido holístico de datos.(Malagón et al., 2014)

La presente tesis busca datos que permitan obtener un punto de vista sobre el riesgo del sector de estudio ante una posible amenaza sísmica, para ello se realizara una investigación de documentos permitiendo interpretar los datos proporcionados por expertos en el tema.

### 3.2 Alcance de la investigación:

El tipo de investigación exploratoria se trata de dar una referencia del tema general, mayormente desconocida, presente en la propuesta.

El fin de la realización de esta investigación es plantear el tema para obtener datos y términos que genere preguntas necesarias. Dista de otros tipos de investigación por la flexibilidad en la metodología, pudiendo llegar a ser cuantitativa, cualitativa o histórica. (Morales, n.d.)

Este tipo de investigación destaca por no querer determinar una conclusión en el tema propuesto, más bien, servir para investigaciones futuras que se encargue de obtener resultados.

### **3.3 Técnica e instrumentos para obtener los datos:**

#### **3.3.1 Estudio de Caso**

Se basa en una investigación empírica que estudia un fenómeno dentro del contexto del mundo real, Un estudio de caso trata satisfactoriamente con un evento técnicamente distintivo en la cual existen más variables que datos, se sustenta en múltiples fuentes de información.(Torres Rivera et al., n.d.)

##### **3.3.1.1 Análisis documental**

Son archivos como los reportes escritos, artículos científicos, libros, etc. Deben servir para sustentar la evidencia.(Torres Rivera et al., n.d.)

El estudio de caso con respecto al análisis de documentos presentara información por parte de diferentes autores con el fin de argumentar eficientemente.

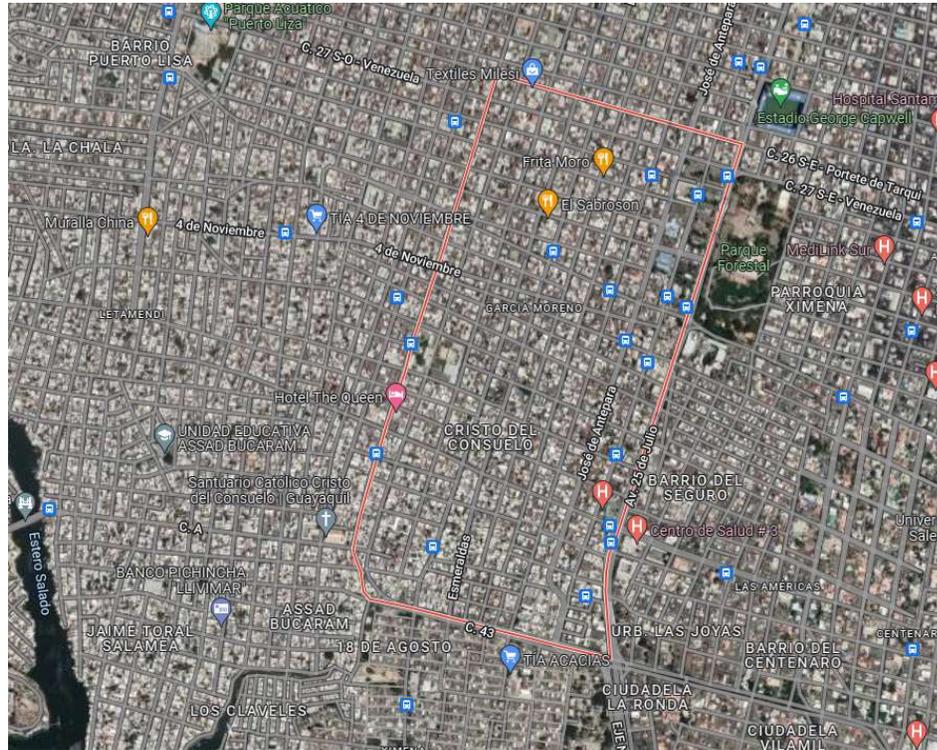
#### **3.3.2 La Encuesta**

La encuesta como técnica es usada generalmente como un procedimiento investigativo, esta permite conseguir información de manera rápida y eficiente. Se usan un grupo de procedimientos considerados estándar en la investigación mediante los que se recepta información y se realiza un análisis representativo de una población o algo más amplio, con el objetivo de explorar, describir o explicar un grupo de características.(Casas Anguita et al., 2003)

La encuesta al ser un método muy usado para la realización de investigaciones, relativamente sencillo de usar y con una rapidez para obtener datos de forma generalizada, es el ideal para la investigación propuesta con respecto al estudio del riesgo sísmico en un sector específico.

### 3.4 Población y muestra

El sector García Moreno se encuentra dentro de la ciudad de Guayaquil provincia del Guayas.



**Figura 16: Parroquia García Moreno Guayaquil**

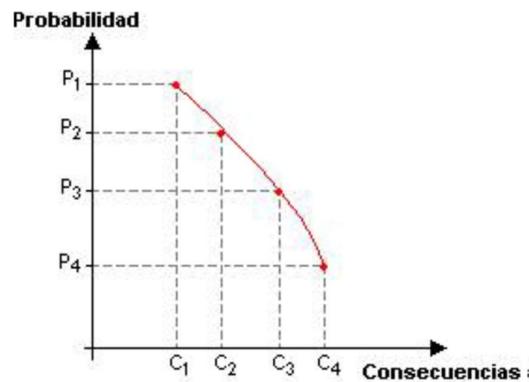
Elaborado por: (Tipán, 2022)

En el gráfico se puede apreciar los movimientos telúricos que sucedieron en el transcurso del año 2021 captados por la Red Nacional de Sismógrafos RENSIG, esta red logró captar 4553 eventos, aunque el gráfico sea una muestra general se logra apreciar como los movimientos han afectado tanto la Provincia del Guayas y la ciudad de Guayaquil por ende también el sector propuesto a investigar.

### 3.5 Presentación y análisis de resultados

#### 3.5.1 Descripción del método implementado: Matriz de Riesgo

Para lograr dar un análisis al riesgo existente y dar categoría a su consecuencia. Se empieza por detectar la posibilidad de que ocurra un evento negativo y considerar los posibles efectos o consecuencias. El objetivo de este método es la simplicidad, no se usarán valores que representen un riesgo real sino una escala con posibles resultados. (Belloví & Malagón, 1995)



**Figura 17: Representación gráfica del riesgo**

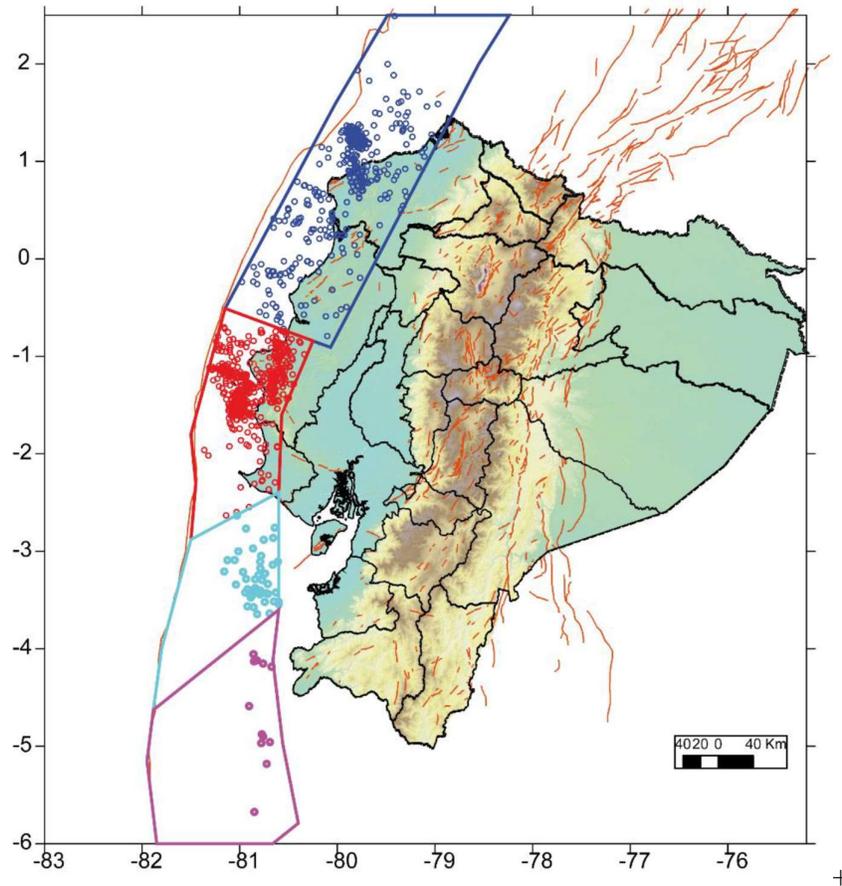
Fuente:(Belloví & Malagón, 1995)

Se representará al nivel de riesgo con la abreviación NR, este será el resultado de la interacción entre el nivel de probabilidad NP y el nivel de consecuencias que será representado por NC y puede verse como la siguiente ecuación:  $NR = NP \times NC$ . Una vez realizada la matriz de riesgo es importante comparar los resultados con datos provenientes de otros estudios anteriormente realizados.(Belloví & Malagón, 1995)

#### 3.5.2 Desarrollo:

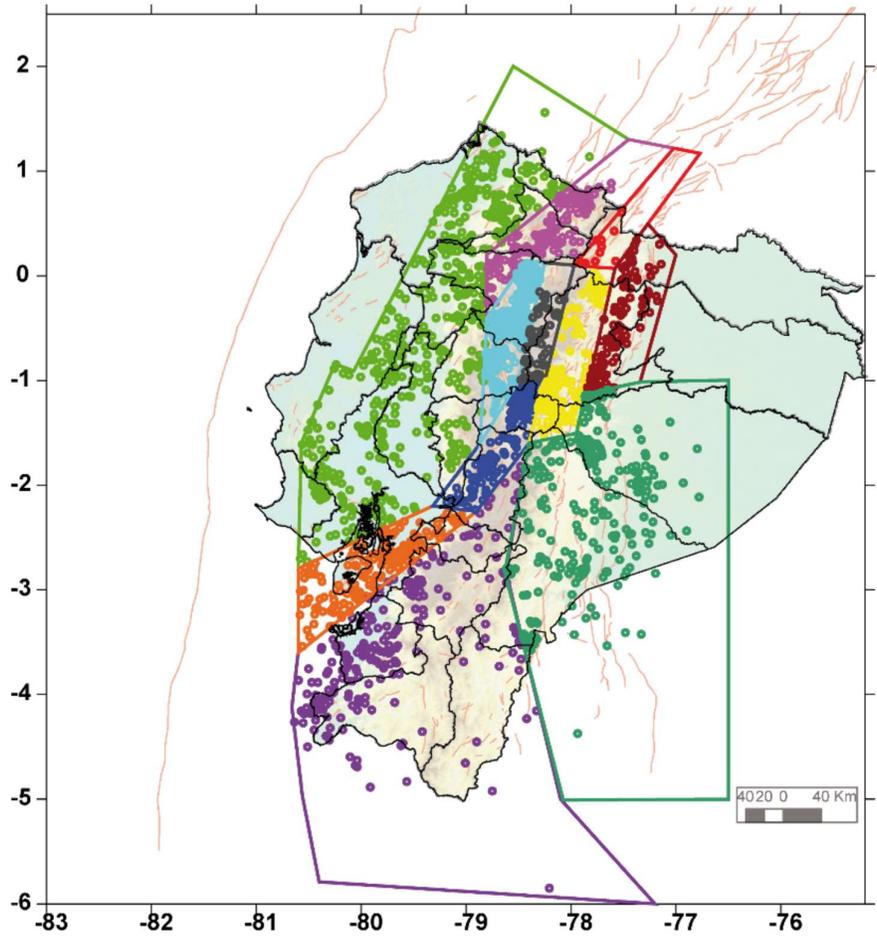
En el año 2021 la Red Nacional de Sismógrafos, ubico 4553 movimientos telúricos en todo el Ecuador de estos 62 tuvieron una magnitud superior o igual 4

MLv(Magnitud Local calculada en la componente vertical de los sensores sísmicos).(INSTITUTO GEOFISICO ESCUELA POLITECNICA NACIONAL, 2021)



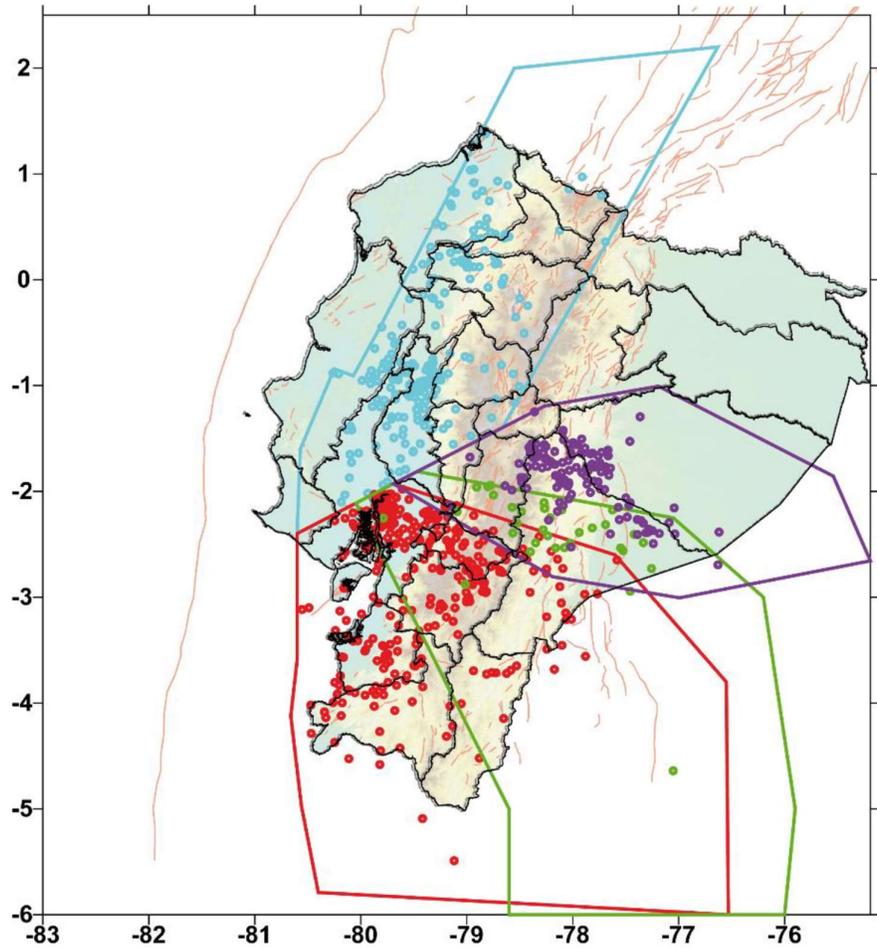
**Figura 18: Fuentes de interfaz**

Fuente:(INSTITUTO GEOFISICO ESCUELA POLITECNICA NACIONAL, 2021)



**Figura 19:** *Fuentes corticales*

Fuente:(INSTITUTO GEOFISICO ESCUELA POLITECNICA NACIONAL, 2021)



**Figura 20: Fuentes del slab**

Fuente:(INSTITUTO GEOFISICO ESCUELA POLITECNICA NACIONAL, 2021)

En estos gráficos mediante pequeños puntos se puede observar la actividad sísmica en las diferentes fuentes sísmicas. Lo cual permite enfocar el desarrollo del análisis en el sector propuesto procediendo a tomar la información que sea relevante para dicho lugar, como se muestran en las tablas 1 y 2.

**Tabla 1: Características de la sismicidad en cada fuente sísmica.**

fuentes de interfaz	Magnitud maxima	numero de eventos
La Plata	5,43	539
Golfo Guayaquil	4,36	46
fuentes slab	Magnitud maxima	numero de eventos
BGN	4,91	585
BGS	5,6	230
Puna	4,53	159
fuentes corticales	Magnitud maxima	numero de eventos
Loja	5,21	320

Nota: los datos han sido seleccionados en consideración al sector de interés de estudio.

Fuente:(INSTITUTO GEOFISICO ESCUELA POLITECNICA NACIONAL, 2021)

Elaborado por: (Tipán, 2022)

**Tabla 2: Movimientos considerando el sector propuesto**

Movimientos teluricos totales en todo el pais	4553
Movimientos cercanos al Guayas	1879
Eventos diarios	5,147945205
Eventos considerables mayores a 4 grados en escala Richter	6

Fuente:(INSTITUTO GEOFISICO ESCUELA POLITECNICA NACIONAL, 2021)

Elaborado por: (Tipán, 2022)

Una vez determinado el promedio de movimientos telúricos diarios revela que cerca del sector ocurren una gran cantidad de eventos de los cuales 6 fueron mayores de 4 grados en escala de Richter.

**Tabla 3: Escalla Mercalli Modificada parte 1**

I	No se advierte sino por unas pocas personas y en condiciones de perceptibilidad especialmente favorables.
II	Se percibe solo por algunas personas en reposo, particularmente las ubicadas en los pisos superiores de los edificios.
III	Se percibe en los interiores de los edificios y casas.
IV	Los objetos colgantes oscilan visiblemente. La sensación percibida es semejante a la que produciría el paso de un vehículo pesado. Los automóviles detenidos se mecen.
V	La mayoría de las personas lo percibe aún en el exterior. Los líquidos oscilan dentro de sus recipientes y aún pueden derramarse. Los péndulos de los relojes alteran su ritmo o se detienen. Es posible estimar la dirección principal del movimiento sísmico.
VI	Lo perciben todas las personas. Se atemorizan y huyen hacia el exterior. Se siente inseguridad para caminar. Se quiebran los vidrios de las ventanas, la vajilla y los objetos frágiles. Los muebles se desplazan o se vuelcan. Se producen grietas en algunos estucos. Se hace visible el movimiento de los árboles, o bien se les oye crujir.
VII	Los objetos colgantes se estremecen. Se experimenta dificultad para mantenerse en pie. Se producen daños de consideración en estructuras de albañilería mal construidas o mal proyectadas. Se dañan los muebles. Caen tro-

Elaborado por: (Tipán, 2022) Fuente:(Rivadeneira et al., 2007)

**Tabla 4: Escala Mercalli modificada Parte 2**

	zos de estucos, ladrillos, parapetos, cornisas y diversos elementos arquitectónicos. Se producen ondas en los lagos; el agua se enturbia.
VIII	Se hace difícil e inseguro el manejo de vehículos. Se producen daños de consideración y aún el derrumbe parcial en estructuras de albañilería bien construidas. Caen igualmente monumentos, columnas, torres y estanques elevados. Se quiebran las ramas de los árboles. Se producen cambios en las corrientes de agua y en la temperatura de vertientes y pozos.
IX	Se produce pánico general.
X	Se destruye gran parte de las estructuras de albañilería de toda especie. El agua de canales, ríos, lagos, etc., sale proyectada a las riberas.
XI	Muy pocas estructuras de albañilerías quedan en pie. Los rieles de las vías férreas quedan fuertemente deformados. Las tuberías (cañerías subterráneas) quedan totalmente fuera de servicio.
XII	El daño es casi total. Se desplazan grandes masas de roca. Los objetos saltan al aire. Los niveles y perspectivas quedan distorsionados.

Elaborado por: (Tipán, 2022) Fuente:(Rivadeneira et al., 2007)

La escala de las tablas 3 y 4 muestra de forma cualitativa el daño dependiendo del nivel.

**Tabla 5: Intensidad histórica máxima en cada provincia hasta el año 2007**

PROVINCIA	INT. MÁX.
CHIMBORAZO	XI
COTOPAXI	X
TUNGURAHUA	X
IMBABURA	X
ESMERALDAS	IX
LOJA	VIII
MANABÍ	IX
NAPO Y SUCUMBÍOS	IX
PICHINCHA	VIII
BOLÍVAR	VIII
CARCHI	VIII
EL ORO	VIII
AZUAY	VIII
GUAYAS	VIII
LOS RÍOS	VIII
MORONA SANTIAGO	VIII
PASTAZA Y FRANCISCO DE ORELLANA	VII
ZAMORA CHINCHIPE	VII
CAÑAR	VII
GALÁPAGOS	IV

Elaborado por: (Tipán, 2022) Fuente:(Rivadeneira et al., 2007)

Mediante los datos de las tablas 3,4 y 5 se procede a la categorización del Riesgo basándonos en la descripción de los niveles los cuales van desde imperceptible hasta la destrucción total del lugar afectado, ubicándolos en 4 niveles distintos, con un color distintivo para la gravedad del caso.

**Tabla 6: Nivel de riesgo basado en el escalla de Mercalli**

INTENSIDAD											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ACEPTABLE			TOLERABLE			GRAVE			CATASTROFICO		
1 hasta 3			4 hasta 6			7 hasta 9			10 hasta 12		

Fuente: (Rivadeneira et al., 2007) Elaborado por: (Tipán, 2022)

**Tabla 7: Gravedad considerando el nivel de riesgo**

PROVINCIA	INTENSIDAD MAXIMA
Azuay	8
Bolívar	8
Cañar	7
Carchi	8
Chimborazo	11
Cotopaxi	10
El Oro	8
Esmeraldas	9
Galápagos	4
Guayas	8
Imbabura	10
Loja	8
Los Ríos	8
Manabí	11
Morona Santiago	8
Napo	9
Orellana	7
Pastaza	7
Pichincha	8
Santa Elena	8
Santo Domingo de los Tsáchilas	8
Sucumbíos	9
Tungurahua	10
Zamora Chinchipe	7

Fuente: (Rivadeneira et al., 2007) Elaborado por: (Tipán, 2022)

Tomando en cuenta la escala Mercalli (tablas 3 y 4) y los datos obtenidos de la tabla 5 se procede a la categorización de forma cualitativa, esta muestra que el sector

García Moreno que está ubicado en la Provincia del Guayas, Ciudad de Guayaquil se encuentre en un nivel de Riesgo considerado Grave.

Con los datos obtenidos se procede a realizar el NP (Nivel de probabilidad) en donde se ubican los posibles eventos anuales y dividirlos en 4 categorías:

**Tabla 8: Nivel de probabilidad**

Probabilidad de eventos sísmicos			
100 veces al año	500 veces al año	1000 veces al año	2000 veces al año
Muy rara vez	Rara vez	Ocasional	Frecuente

Elaborado por: (Tipán, 2022)

Mediante la escala Mercalli se toman los niveles de 1 al 12 para realizar el NC (nivel de consecuencias) y estos también serán divididos en 4 categorías:

**Tabla 9: Nivel de consecuencias**

1 hasta 3	4 hasta 6	7 hasta 9	10 hasta 12
Leve	Considerable	Grave	Muy grave

Elaborado por: (Tipán, 2022)

Ahora con el NP y el NC establecidos se realiza la matriz de riesgo:

**Tabla 10: Matriz de Riesgo**

		Minimo	Leve	Medio	Critico
		1	2	3	4
Muy rara vez	1	1	2	3	4
Rara vez	2	2	4	6	8
Ocasional	3	3	6	9	12
Frecuente	4	4	8	12	16

Elaborado por: (Tipán, 2022)

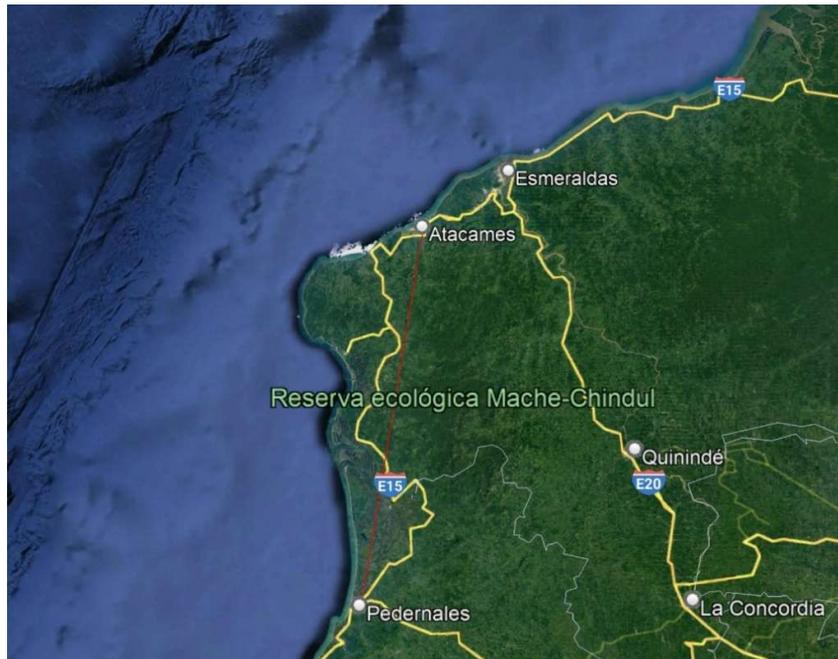
**Tabla 11: Tabla de ponderación**

Leve	Considerable	Grave	Muy grave
1 hasta 3	4 hasta 7	8 hasta 11	12 hasta 16

Elaborado por: (Tipán, 2022)

Con la tabla de ponderación y los datos de la investigación se aprecia que tanto la provincia del Guayas, la ciudad de Guayaquil y el Sector García Moreno se encuentra en el nivel de peligro Grave.

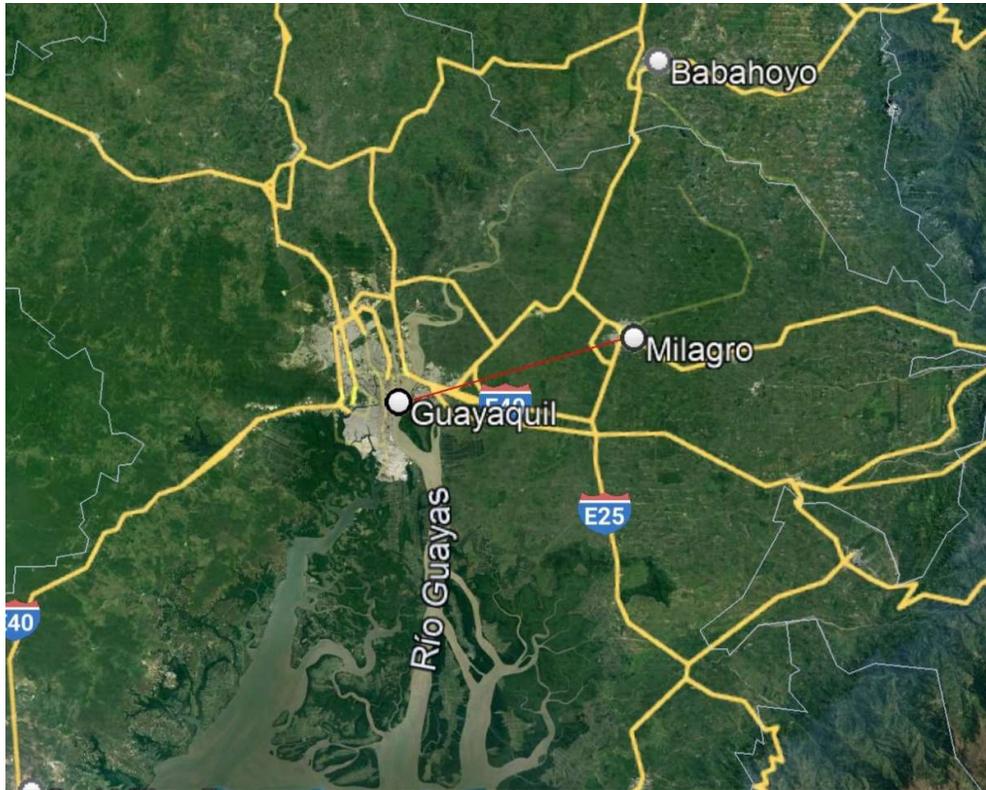
Una vez realizada la Matriz de riesgo ahora se podrá tener en cuenta un evento previo para realizar una comparación.



**Figura 21: Distancia lineal entre Pedernales y Atacames**

Elaborado por: (Tipán, 2022)

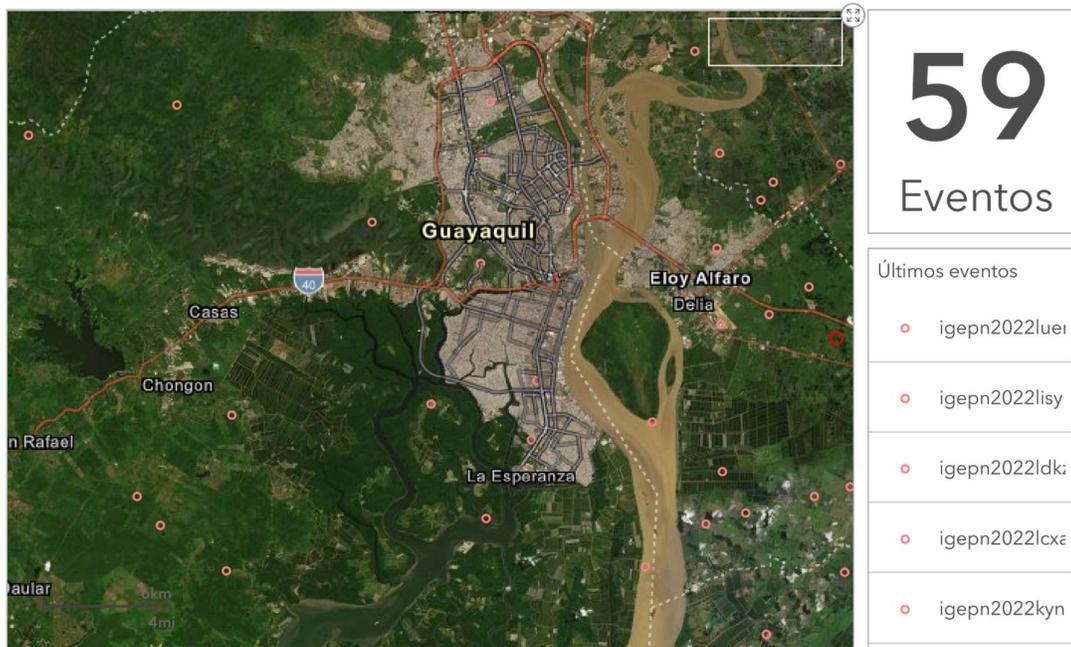
La figura 8 muestra la distancia entre dos lugares que fueron afectados por el sismo del año 2016, existe 90 kilómetros de separación entre los dos sectores y, aun así, fue afectado por el movimiento telúrico.



**Figura 22: Distancia Lineal entre Guayaquil- García Moreno y Milagro**

Elaborado por: (Tipán, 2022)

En la figura 9 se puede apreciar la distancia entre Milagro y el Sector García Moreno de la ciudad de Guayaquil siendo 32,2 kilómetros.



**Figura 23: Eventos sísmicos 2022**

Fuente: (INSTITUTO GEOFISICO ESCUELA POLITECNICA NACIONAL, 2022)

La figura 10 muestra que alrededor de la ciudad de Guayaquil-sector García Moreno han sucedido 59 eventos sísmicos hasta el mes de junio del año 2022 en un rango de entre 30 a 40 kilómetros.

### 3.5.3 Encuesta

Para tener otra perspectiva de análisis con respecto al riesgo sísmico se procedió con la aplicación de una encuesta en la Parroquia García Moreno - Guayaquil, además

mediante el programa Microsoft Excel se realizó gráficos para representar los resultados.

### 3.5.3.1 Encuestas a personas que residen en el sector

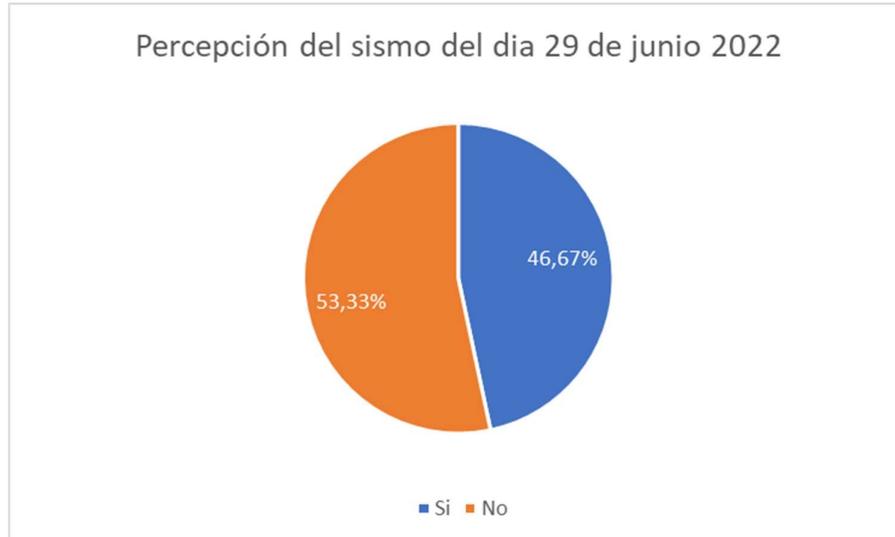
#### Pregunta número 1

¿Sintió el sismo del día 29 de junio del año 2022?

**Tabla 12:** *Percepción del sismo del día 29 de junio 2022*

Opciones	Frecuencia	Porcentaje
Si	14	46,67%
No	16	53,33%
Total	30	100,00%

Elaborado por: (Tipán, 2022)



**Ilustración 1:** Percepción de sismo

Elaborado por: (Tipán, 2022)

Los porcentajes obtenidos mediante la encuesta muestran que el 53,33% de las personas no percibieron el movimiento telúrico en esa fecha, pero también se logra ver que casi la mitad de las personas encuestadas lograron percibir el sismo.

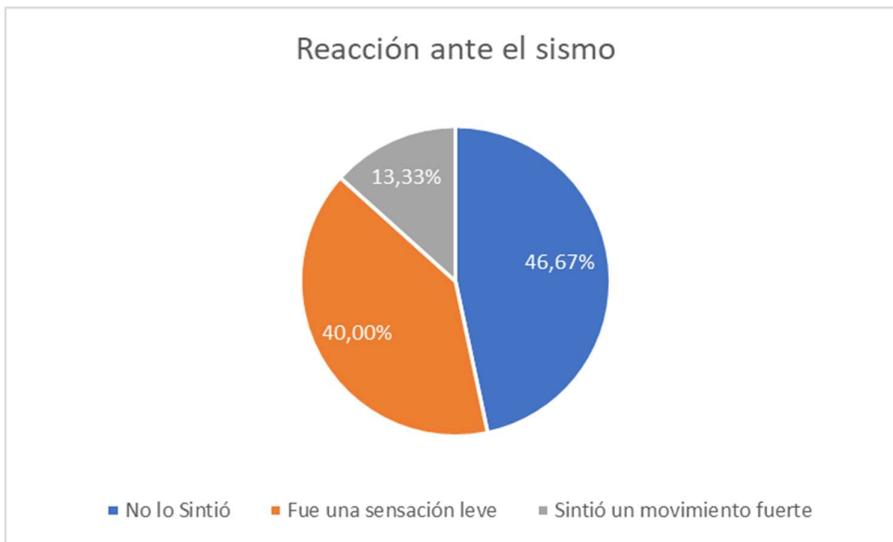
**Pregunta número 2**

De las siguientes opciones ¿Cómo fue su reacción ante el sismo?

**Tabla 13:Reacción ante el sismo**

Opciones	Frecuencia	Porcentaje
No lo Sintió	14	46,67%
Fue una sensación leve	12	40,00%
Sintió un movimiento fuerte	4	13,33%
Total	30	100,00%

Elaborado por: (Tipán, 2022)



**Ilustración 2:Reacción ante el sismo**

Elaborado por: (Tipán, 2022)

El resultado porcentual de la encuesta muestra que la mayoría con un porcentaje de 46% no sintió el sismo o no se percató de ello, un grupo bastante sólido conformado por el 40% sintió un leve movimiento y un grupo menor del 13,33% de las personas encuestadas sintió un movimiento fuerte.

### Pregunta número 3

¿Considera que el sector donde vive es propenso a sismos o terremotos?

**Tabla 14:Exposición sísmica**

Opciones	Frecuencia	Porcentaje
Si	22	73,33%
No	8	26,67%
Total	30	100,00%

Elaborado por: (Tipán, 2022)



**Ilustración 3:Exposición sísmica**

Elaborado por: (Tipán, 2022)

El resultado de la encuesta muestra con un porcentaje del 73,33% de las personas encuestadas consideran a la Parroquia García Moreno como un lugar expuesto a sismos o movimientos telúricos.

#### Pregunta número 4

¿Ha confundido algún sismo con otra causa como el paso de un transporte público?

**Tabla 15: Confusión de movimientos telúricos**

Opciones	Frecuencia	Porcentaje
Si	28	93,33%
No	2	6,67%
Total	30	100,00%

Elaborado por: (Tipán, 2022)



**Ilustración 4:** Confusión de movimientos telúricos

Elaborado por: (Tipán, 2022)

La encuesta permite apreciar que la gran mayoría, un 93,33% de las personas regularmente confunde los movimientos telúricos asumiendo que son otras causas.

### Pregunta número 5

¿Desde hace cuánto tiempo lleva viviendo en el sector?

**Tabla 16: Tiempo de residencia**

Opciones	Frecuencia	Porcentaje
1 mes	4	13,33%
6 meses	4	13,33%
1 a 3 años	4	13,33%
5 o más años	18	60,00%
Total	30	100,00%

Elaborado por: (Tipán, 2022)



### **Ilustración 5:** Tiempo viviendo en el sector

Elaborado por: (Tipán, 2022)

La encuesta da como resultado que la mayoría de personas lleva viviendo más de 5 años en la Parroquia García Moreno con un porcentaje de 60%, y un grupo del 13,33% entre 1 a 3 años, mostrando que la más de la mitad de las personas tienen años viviendo en el lugar.

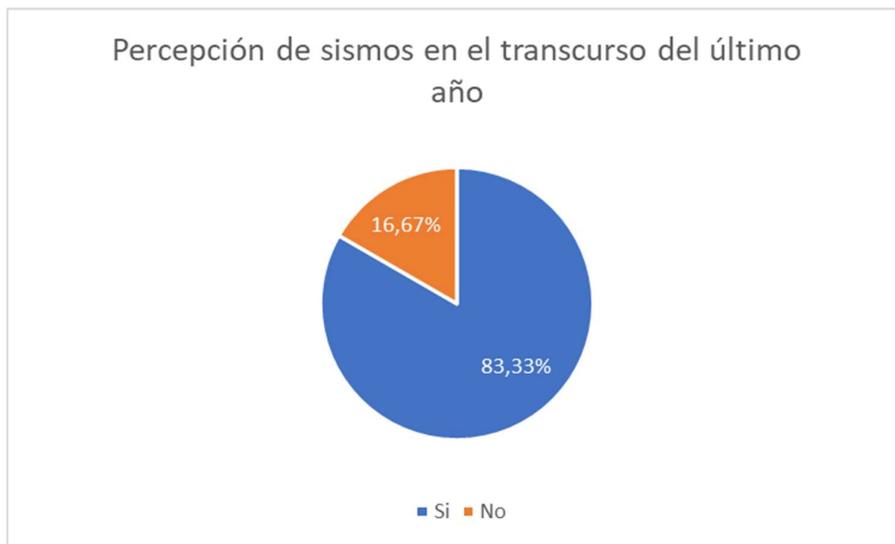
### Pregunta número 6

¿Ha sentido sismos o algún movimiento telúrico durante el último año?

**Tabla 17: Percepción sísmica**

Opciones	Frecuencia	Porcentaje
Si	25	83,33%
No	5	16,67%
Total	30	100,00%

Elaborado por: (Tipán, 2022)



**Ilustración 6:** Percepción sísmica

Elaborado por: (Tipán, 2022)

Se refleja en los resultados de la encuesta que la gran mayoría ha sentido movimientos telúricos en la Parroquia García Moreno durante el último año, el resultado en porcentaje es un valor cualitativo de 83,33%.

#### 4 CONCLUSIONES

- Los datos mostrados sobre los movimientos telúricos durante el último año muestran como el sector alrededor de la Parroquia García Moreno se encuentra en constantemente recibiendo pequeños movimientos telúricos y algunos llegan a ser mayores a 5 en la escala de Richter, concluyendo que se encuentra posiblemente expuesto a sismos mucho más potentes con el paso del tiempo.
- La información acerca de la frecuencia permite llegar a la conclusión de que los sismos o terremotos son cada vez más frecuentes.
- Se evidencio que la ubicación es un factor relevante con respecto a los movimientos telúricos, explicado por la interacción de las placas tectónicas y la capacidad que estas tienen de almacenar energía con el paso del tiempo.
- La matriz de riesgo permite concluir que la provincia del Guayas y por lo tanto el sector de estudio se encuentra en el nivel de peligro grave ante un movimiento sísmico, por la cantidad de movimientos telúricos que se producen de manera anual, se evidencia el aumento de probabilidad de que un sismo de mayor magnitud se desate poniendo en peligro a la parroquia García Moreno.
- El sismo producido en Pedernales evidencia que si el sismo es suficientemente fuerte puede afectar a otros lugares a más de 50 kilómetros a la redonda.
- Mediante los datos provenientes de la encuesta y la recopilación de información se concluye que los movimientos telúricos logran afectar constantemente a la parroquia García Moreno.
- Los datos provenientes de la encuesta permiten concluir que la mayoría de personas están conscientes de que el sector es susceptible a movimientos sísmicos, sin embargo, en ocasiones no les prestan atención o los confunden con cualquier otra causa.

## **5 RECOMENDACIONES**

Se recomienda tener en cuenta los sismos previos para prepararse ante un evento futuro que podría tener una fuerza superior, mediante simulacros o la implementación de un sitio seguro dentro del bien inmueble.

Se debería tener más en cuenta el tiempo proporcionado para la realización de la investigación propuesta, para poder extender mas el tema y tomar valores cuantitativos los cuales serian mucho mas cercanos a la realidad.

## 6 BIBLIOGRAFÍA

- Ayala, O. I., Delgadillo, S. A., & Ferrer, O. C. (2017). *Amenaza sísmica en Latinoamérica. Revista Geográfica Venezolana*, 58(2),258-262. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=347753793001>
- INSTITUTO GEOFISICO ESCUELA POLITECNICA NACIONAL. (2021). Obtenido de file:///E:/ArchivoInforme.pdf
- INSTITUTO GEOFISICO ESCUELA POLITECNICA NACIONAL. (2022). *Instituto Geofísico - EPN*. Obtenido de <https://www.igepn.edu.ec/>
- Mapas del Mundo. (2022). *Mapas del Mundo*. Obtenido de <https://www.mapas-del-mundo.net/>
- Moncayo, Vargas, Moncayo, & Zambrano. (2017). *Portal de revistas académicas UTP*. Obtenido de <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/prisma/article/view/1526>
- NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-CARGAS SISMICAS DISEÑO SISMORESISTENTE. (2014). Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/08/NEC-SE-DS.pdf>
- Tipán, M. (2022).

## ANEXOS

### 7 ENCUESTA A PERSONAS QUE RESIDEN EN LA PARROQUIA GARCÍA

#### MORENO



### UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL

### FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

### CARRERA INGENIERIA CIVIL

**Orientaciones:** Por favor marcar con un visto en el ítem, que usted considere adecuado, solo marcar una respuesta.

1.- ¿Se percato o sintió del sismo del día 29 de junio del 2022?:

Si no

2. De las siguientes opciones, ¿Cómo fue su reacción al sismo?:

No lo sintió fue algo leve sintió un movimiento fuerte

3.- ¿Considera que el sector donde vive es propenso a sismos?:

Si no

4.- ¿Ha confundido algún sismo con otra causa como el paso de un transporte público?:

Si no

5.- ¿Desde hace cuánto tiempo lleva viviendo en el sector?

1 mes 6 meses 1 a 3 años 5 o más años

6.- ¿Ha sentido sismos o algún movimiento telúrico durante el último año?

Si no