



**UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR**  
**DIRECCIÓN DE POSGRADO Y EDUCACIÓN CONTINUA**

**MAESTRÍA EN PREVENCIÓN Y GESTIÓN DE RIESGOS**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**MODALIDAD: INFORME DE INVESTIGACIÓN**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MAGISTER EN  
PREVENCIÓN Y GESTIÓN DE RIESGOS**

**TEMA:**

**ESTIMACIÓN DEL PERIODO DOMINANTE DEL SUELO EN LA  
GESTIÓN DE RIESGOS EN LA ZONA URBANA DE GUARANDA,  
ECUADOR.**

**AUTOR:**

**ING. EUGENIA MARYSABEL BARRAGÁN TACO**

**TUTOR:**

**DR. ABELARDO PAUCAR CAMACHO**

**GUARANDA - ECUADOR**

**2022**

## **Certificación de Tutor**

EL DOCTOR JOSE ABELARO PAUCAR CAMACHO, EN CALIDAD DE TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN DE LA MAESTRÍA EN PREVENCIÓN Y GESTIÓN DE RIESGOS, UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR.

# **CERTIFICA**

El trabajo de titulación denominado **“ESTIMACIÓN DEL PERIODO DOMINANTE DEL SUELO EN LA GESTIÓN DE RIESGOS EN LA ZONA URBANA DE**

**GUARANDA”**, con la modalidad de Informes de investigación, elaborado por la Ing. Barragán Taco Eugenia Marysabel, previo a la obtención del título de Magister en Prevención y Gestión de Riesgos, considero que dicho informe cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación en las instancias respectivas de la Universidad Estatal de Bolívar.

Es todo cuanto puedo certificar.

Guaranda, 29 de noviembre de 2022

Atentamente,



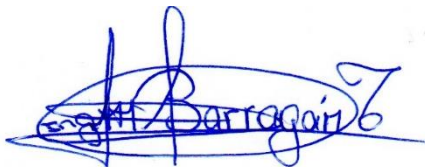
Firmado electrónicamente por:  
**JOSE ABELARDO  
PAUCAR CAMACHO**

**Dr. José Abelardo Paucar Camacho**  
**Tutor Trabajo de Titulación**  
**Maestría en Prevención y Gestión de Riesgos - UEB**

**Declaración juramentada de autenticidad de autoría**

Yo, Eugenia Marysabel Barragán Taco, con cedula de ciudadanía número 0202128369, declaro que el trabajo de investigación: "ESTIMACIÓN DEL PERIODO DOMINANTE DEL SUELO EN LA GESTIÓN DE RIESGOS EN LA ZONA URBANA DE GUARANDA, ECUADOR", es de mi autoría, que no ha sido previamente presentada para ninguna grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluye en este documento.

Por lo tanto, la Universidad Estatal de Bolívar, puede hacer uso de los derechos de publicación correspondiente a este trabajo, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.



Eugenia Marysabel Barragán Taco

C.C.: 0202128369



*Notaria Tercera del Cantón Guaranda*  
*Msc. Ab. Henry Rojas Narvaez*  
 Notario

III



...rio

N° ESCRITURA 20220201003P02900

DECLARACION JURAMENTADA

OTORGADA POR:

EUGENIA MARYSABEL BARRAGAN TACO

INDETERMINADA

DI: 2 COPIAS L.L

Factura: 001-001-000012569

En la ciudad de Guaranda, capital de la provincia Bolivar, República del Ecuador, hoy día trece de diciembre de dos mil veintidós, ante mi Abogado HENRY ROJAS NARVAEZ, Notario Público Tercero del Cantón Guaranda, comparece la señorita EUGENIA MARYSABEL BARRAGAN TACO soltera, domiciliada en la Avenida Elisa Mariño de Carvajal número trescientos catorce de esta ciudad de Guaranda, celular número 0998133693. correo electrónico es [marysabelbarragan@gmail.com](mailto:marysabelbarragan@gmail.com), por sus propios derechos, obligarse a quien de conocerlo doy fe en virtud de haberme exhibido sus documentos de identificación y con su autorización se ha procedido a verificar la información en el Sistema Nacional de Identificación Ciudadana; bien instruido por mí el Notario con el objeto y resultado de esta escritura pública a la que procede libre y voluntariamente, advertido de la gravedad del juramento y las penas de perjurio, me presenta su declaración Bajo Juramento declara lo siguientes "Previo a la obtención del Título de Magister en Prevención y Gestión de Riegos, manifestó que los criterios e ideas emitidas en el presente trabajo de investigación titulado "ESTIMACIÓN DEL PERIODO DOMINANTE DEL SUELO EN LA GESTIÓN DE RIESGOS EN LA ZONA URBANA DE GUARANDA, ECUADOR", es de mi exclusiva responsabilidad en calidad de autora. Es todo cuanto puedo declarar en honor a la verdad, la misma que la hago para los fines legales pertinentes. HASTA AQUÍ LA DECLARACIÓN JURADA. La misma que queda elevada a escritura pública con todo su valor legal. Para el otorgamiento de la presente escritura pública se observaron todos los preceptos legales del caso, leída que le fue al compareciente por mí el Notario en unidad de acto, aquella se ratifica y firma conmigo se incorpora al protocolo de esta Notaria la presente escritura, de todo lo cual doy fe.-

EUGENIA MARYSABEL BARRAGAN TACO

C.C.0202128369

ABOGADO HENRY ROJAS NARVAEZ

NOTARIO PUBLICO TERCERO DEL CANTON GUARANDA

## **DEDICATORIA**

A mi abuelita Matilde que era como mi madre, pero hoy en día es el ángel más hermoso que cuida de mis pasos y guía mi camino todos los días.

A mis queridos padres Eugenia y Edgar por darme la vida, amor, cariño, comprensión, paciencia por el esfuerzo diario que han realizado, para poder culminar con todas las metas que me he propuesto.

A mis hijos Teo Jesabel y Ofelia Matilde, por ser el pilar fundamental de mi vida, el regalo más grande de la naturaleza, por estar en esos momentos que más necesite, siempre con su apoyo, con su verdadero y sincero amor a quienes le dedico mi tesis.

A mis hermanos Ximena, Macgyver, Francisco y a mi Tío Ángel Oswaldo Taco quien a estado siempre pendiente de mi con sus palabras de aliento para que no desmaye en este proceso de estudio.

## **AGRADECIMIENTO**

En primera instancia deseo agradecer al ser supremo por cada día permitirme abrir los ojos y ver un nuevo amanecer, por la salud que tenemos después de esta pandemia que todavía no termina, y por permitirme cumplir con todas mis metas, sueños propuestos antes de iniciar con esta maestría.

Agradezco a cada una de las personas que han sabido aconsejarme seguir por el camino del bien, para que nunca desmaye, para no fracasar en cada meta plantada en cada sueño, con cada persona que hemos compartido en grandes experiencias, buenas anécdotas, enseñándonos a vivir la vida desde un punto diferente de la vida, ser un apoyo, fortaleza, dándome ánimo, en el largo sendero y culminar con esta maestría.

A la Universidad Estatal de Bolívar, Dirección de Posgrado y Educación Continua Al Coordinador de la Maestría Prevención y Gestión del Riesgo, Dr. Abelardo Paucar quien a la vez es mi director tesis y a mis docentes Ing. Gino Noboa, Ing. Luis Villacis quienes han sido sabios, inteligentes, dotados de paciencia, serenidad, comprensivos, llenos de sabiduría, respeto, y de honestidad que siempre han sabido impartir sus conocimientos.

A los Ings. Paul y Adrián Flores Gavilánez, quienes fueron como ángeles que, con su humildad, paciencia, compartieron sus conocimientos en este proyecto de investigación siendo un apoyo importante.

**ESTIMACIÓN DEL PERIODO DOMINANTE DEL SUELO EN LA  
GESTIÓN DE RIESGOS EN LA ZONA URBANA DE GUARANDA,  
ECUADOR.**

## ÍNDICE

<b>CERTIFICACIÓN DE TUTOR.....</b>	<b>I</b>
<b>DECLARACIÓN JURAMENTADA DE AUTENTICIDAD DE AUTORÍA .....</b>	<b>II</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>IV</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>V</b>
<b>ÍNDICE.....</b>	<b>VII</b>
<b>INDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>X</b>
<b>INDICE DE IMÁGENES .....</b>	<b>XI</b>
<b>INDICE DE TABLAS .....</b>	<b>XII</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>XIII</b>
<b>PALABRAS CLAVES .....</b>	<b>XIV</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>XV</b>
<b>CAPÍTULO I: PROBLEMA .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....</b>	<b>3</b>
<b>1.3. JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>1.4. OBJETIVO: GENERAL Y ESPECÍFICOS .....</b>	<b>4</b>
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>5</b>
<b>2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS .....</b>	<b>5</b>
<b>2.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....</b>	<b>11</b>
<b>2.3. FUNDAMENTACIÓN LEGAL.....</b>	<b>15</b>
<b>2.4. HIPÓTESIS O IDEAS A DEFENDER .....</b>	<b>18</b>

2.5. VARIABLES.....	18
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	19
<b>CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>20</b>
<b>3.1. TIPO, NIVEL Y MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>20</b>
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA .....	21
3.4. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO, ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE DATOS.....	22
<b>3.4.1. La fase de riesgo sísmico y terremotos históricos en la provincia de Bolívar – Objetivo 1.....</b>	<b>23</b>
<b>3.4.2. La fase de geología de sitio y prospección geofísica – Objetivo 2.....</b>	<b>25</b>
<b>3.4.3. Ensayo de sísmica de onda de corte Vs – Objetivo 3.....</b>	<b>27</b>
<b>CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTEPRETACIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>30</b>
4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS .....	30
<b>4.1. Caracterización de la amenaza sísmica en el área urbana de Guaranda - Objetivo 1.....</b>	<b>30</b>
<b>4.1.1. Referencia histórica .....</b>	<b>30</b>
<b>4.1.2. Identificación de fallas geológicas influencia en sismos locales y regionales. ....</b>	<b>30</b>
<b>4.2. CUANTIFICAR EL NÚMERO DE CONSTRUCCIONES EXISTENTES QUE PODRÍAN SER AFECTADAS DESDE LOS ENSAYOS DE PERIODO DE VIBRACIÓN DE SUELO - OBJETIVO 2.....</b>	<b>32</b>
4.2.1. RESULTADO DEL PERIODO DEL SUELO .....	32
4.2.2. RESULTADO DE RELACIÓN ENTRE EL PERIODO Y LA AFECTACIÓN DE LAS EDIFICACIONES EXISTENTES EN LA CIUDAD DE GUARANDA.....	35

<i>4.3. Determinar el perfil del suelo para obtener zonas geotécnicas con condiciones favorables y desfavorables para construcciones en la ciudad de Guaranda -Objetivo 3.....</i>	<i>39</i>
<i>4.3.1. Resultado del perfil del suelo. ....</i>	<i>39</i>
4.4. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS O IDEAS A DEFENDER.....	47
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>48</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>50</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>51</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>55</b>

**INDICE DE FIGURAS**

<b>Figura 1:</b> Mapa de fallas geológicas sísmicamente activas para la ciudad de Guaranda	23
<b>Figura 2:</b> Métodos sísmicos.....	25
<b>Figura 3:</b> Sismómetro – acelerógrafo de marca Ambrogeo, empleado en la ciudad de Guaranda.....	27
<b>Figura 4:</b> Prospección geofísica con sismógrafo y geófonos de 4,5 Hz con la instrumentación Ambrogeo. ....	28
<b>Figura 5:</b> Tenemos un mapa del área de estudio con las fallas geológicas. ....	31

## INDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: Fuente: Localización y descripción general de sitios de sondeo mecánico en área. Obtenido de Metodología para la Microzonificación Sísmica de la Ciudad de Guaranda (Paucar,2011). .....	8
Imagen 2: Casco Urbano de Guaranda, Tomada de Google Earth.....	22
Imagen 3: MAPA DE UBICACIÓN DE LOS ENSAYOS DE PERIODOS EN LA CIUDAD DE GUARANDA .....	37
Imagen 4: MAPA DE PERIODO CON EDIFICACIONES AFECTADAS EN LA CIUDAD DE GUARANDA .....	39
Imagen 5: Parte posterior de la facultad de Derecho de UEB .....	41
Imagen 6: Toma de nuestras en la vía a Joyocoto, parte posterior de la laguna de Joyocoto. ....	43
Imagen 7: Toma de muestras en el sector de la Coloma Román Norte vía a las antenas44	
Imagen 8: Toma de muestra en el sector de la Merced Alta, equipo que hizo el recorrido del trabajo de campo Docentes de la UEB – Gestión de Riesgos, Maestranter Corte I.	44
Imagen 9: Toma de muestral en el sector de Laguacoto Bajo vía Vinchoa Central.....	45
Imagen 10:Toma de muestra en el sector de Chalongo vía a Echeandía. ....	46
Imagen 11:Sector UEB, docentes y maestrantes .....	55
Imagen 12: Sector Laguacoto Bajo .....	55
Imagen 13: Sector Loma Talalag, docentes y maestrantes.....	56
Imagen 14: Sector de la Merced Alta, docentes y maestrantes .....	56

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Descripción de las Variables .....	19
<b>Tabla 2:</b> Parámetros geofísicos de sísmica Vs30 para clasificar perfiles geotécnicos favorables y desfavorables para la construcción. ....	29
<b>Tabla 3:</b> De sectores, ensayos y resultados .....	32
<b>Tabla 4:</b> Tabla 4: De sectores periodos para cada piso y el periodo promedio del resultado.....	36
<b>Tabla 5:</b> De promedio de periodo edificaciones afectadas por pisos .....	38
<b>Tabla 6:</b> Sectores con el tipo de perfil de suelo. ....	40
<b>Tabla 7:</b> Este punto se realizó en la Universidad Estatal De Bolívar. ....	41
<b>Tabla 8:</b> Este punto se realizó vía a Joyocoto.....	42
<b>Tabla 9:</b> Este punto se realizó en el sector de la ciudadela Coloma Román vía a las antenas. ....	43
<b>Tabla 10:</b> Este punto se realizó en el sector de la Merced Alta. ....	44
<b>Tabla 11:</b> Este punto se realizó en el sector de la Laguacoto Bajo ciudadela vía a la Vinchoa Central.....	45
<b>Tabla 12:</b> Este punto se realizó en el sector de la Chalongoto vía a Echeandía. ....	46

## **Resumen**

El Ecuador al encontrarse en el Cinturón de Fuego del Pacífico, es un país que se encuentra expuesto a un sin número de amenazas de origen natural, muchos de estos eventos han producido que ocurra un desastre, por ende ha ocasionado la pérdida de varias vidas humanas, afectación y destrucción de bienes inmuebles tanto públicos como privados, esto ha ocasionado que se presente un retraso en todo lo que es el desarrollo de los territorios, tomando en consideración de la misma manera la alteración de la vida social.

La provincia de Bolívar, el cantón Guaranda y por ende la ciudad de Guaranda se encuentra ubicada en una zona montañosa, a más de esto, se encuentra en una zona alta de sismicidad a nivel de país. Muchas edificaciones de la ciudad son antiguas, las mismas que fueron construidas sin ningún permiso y ninguna norma técnica de la construcción, por lo que se ha realizado un estudio de estimación del periodo dominante del suelo en la zona urbana de la ciudad, realizando los respectivos ensayos en los sectores de campus de la UEB, Laguna de Joyocoto, Coloma Román Norte, La Merced Alta, Laguacoto Bajo y Chalongoto.

Estos sectores fueron seleccionados para el proyecto de investigación, con base en los antecedentes que tienen, como son viviendas afectas por el terremoto del 2016, con el objetivo de establecer las condiciones dinámicas de suelos favorables para el ordenamiento territorial, desde los ensayos indirectos de geofísica y de los periodos fundamentales del suelo para la ciudad de Guaranda.

Este análisis permitió determinar los lugares favorables y desfavorables para la construcción en la ciudad de Guaranda, información de vital importancia para el GAD-Municipal y el departamento de Planificación quienes tienen la total responsabilidad en

realizar el ordenamiento territorial y regular la expansión de la ciudad al otorgar los permisos de uso de suelo y los permisos de construcción con todas las Normas Ecuatorianas de la Construcción (NEC-11,2015), para así evitar posibles afectaciones a las viviendas con sismos a futuro.

**Palabras claves**

Suelos dominantes, Sismicidad, Geológico, Geofísicos, periodos, resonancia, Guaranda

## **Introducción**

Los Andes septentrionales del Ecuador son susceptibles a amenazas sísmicas y climáticas, que dependiendo del escenario geológico pueden generar peligros de corto y largo periodo de recurrencia. Los peligros más comunes y de corta duración son los deslizamientos en materiales granulares (arenas, gravas) y cohesivos (arcillas y limos). Para la provincia de Bolívar, localizada en los relieves andinos centrales del Ecuador, se han documentados múltiples deslizamientos durante meses invernales que han afectado infraestructuras viales y viviendas en área urbanas y rurales (SNGRE, 2022). Sin embargo, las dimensiones de los deslizamientos y otros peligros geológicos pueden ser mayores durante eventos sísmicos asociados a fallas geológicas o conocidas también como fallas corticales.

El Ecuador se encuentra en una zona de mayor peligrosidad sísmica del mundo debido a que se ubica en el denominado Cinturón del Fuego del Pacífico en donde existe el enfrentamiento entre la Placa de Nazca con las Placas Sudamericanas y Caribe provocando el fenómeno de subducción, ocasionando sismos de altas magnitudes. Los sismos son movimientos vibratorios en el interior de la tierra que suben a la superficie en forma de ondas sísmicas provocando daños en las infraestructuras, bienes, servicios, recursos y por ende ocasionan pérdidas tanto humanas como económicas; las causas para que las construcciones, pueden sufrir daños o deterioros que afectan su estética, su funcionalidad, o lo más grave, su seguridad estructural, lo cual puede poner en riesgo nuestras pertenencias o nuestra vida y la de nuestra familia (Toulkeridis, 2011; 2013).

El daño en estructuras puede ser causado por fenómenos naturales, o también por la acción humana al darle un uso inadecuado, poner peso excesivo para el cual no estaban diseñadas, por falta de mantenimiento o por construir de manera incorrecta y sin

asesoramiento técnico. Entre los fenómenos naturales que pueden afectar a una construcción podemos considerar a los fenómenos geológicos (sismos, volcanes, deslizamientos de tierras y hundimientos) y a los fenómenos hidrometeorológicos (huracanes, lluvias torrenciales, desborde de ríos, e inundaciones (Centro Nacional de Prevención de Desastres, 2017; Toulkeridis, 2015a; 2015b).

Pero en relación al tema nos enfocaremos en lo referente al sismo; uno de los más fuertes ocurridos es el reciente sismo del 16 de abril del 2016 con magnitud de 7.8 grados en la escala de Richter con epicentro en las parroquias Pedernales y Cojimíes del cantón Pedernales. Este sismo también tuvo consecuencias en la provincia Bolívar y por ende a la ciudad de Guaranda, donde las viviendas fueron afectadas, por esta razón es muy importante realizar investigaciones referentes a riesgos sísmicos en las edificaciones.

## **CAPÍTULO I: PROBLEMA**

### **1.1. Planteamiento del problema**

El Ecuador se encuentra en una zona de mayor peligrosidad sísmica, donde los valores de aceleraciones en roca son mayores de 0.55 g (aceleración de la gravedad). Esta dinámica de deformación y fuertes terremotos es asociada a la convergencia de las placas oceánica de Nazca que subduce a la placa continental Sudamericana, siendo las máximas magnitudes registradas en el orden de  $7.2 \leq M \leq 8.8$ . En efecto, el sexto terremoto documentado en el mundo es referido al evento del 31 de enero de 1906 con M8,8 (Chunga et al., 2018; Morales, 2017).

Los sismos son movimientos vibratorios en el interior del terreno, debido a la ruptura de la corteza, donde las ondas sísmicas provocan daños en las áreas densamente pobladas y sectores industriales en desarrollo, entre sus principales infraestructuras, bienes, servicios, recursos y por ende ocasionan pérdidas tanto humanas como económicas. La Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-11, 2015), propone una clasificación de perfiles geotécnicos aplicables al peligro, donde los suelos de arcillas estuarinas o arenas fluviales tienen las peores condiciones en el terreno, que permiten una mayor amplificación de las ondas sísmicas y afectan la funcionalidad de las construcciones, daños o deterioros que afectan (Toulkeridis, 2011; Benítez, 2017).

Estos son eventos sísmicos que, dependiendo de su localización de epicentro y profundidad, causan mayores daños en edificaciones y pérdidas humanas, es decir un terremoto moderado de M6 y muy cercano a una ciudad, puede tener el mismo daño o mayor que un terremoto lejano de mayor magnitud M7.8 y ubicado a 200 km de distancia del epicentro. Con este antecedente, se puede establecer que los terremotos sean de tipo de subducción (referido a las costas ecuatorianas), o de fallas geológicas localizadas en la

zona andina, son considerados las amenazas sísmicas más recurrente en el Ecuador y con mayores daños documentados históricamente (Lavell, 2007).

La provincia de Bolívar es susceptible a peligros geológicos y geotécnicos asociados a eventos sísmicos. Los estudios de zonación geológica – geotécnica en áreas urbanas son poco desarrollados en las principales ciudades andinas. El estudio realizado de Microzonación sísmica por el Municipio de Guaranda es solamente para el casco urbano de la ciudad de Guaranda, sin embargo, los datos o parámetros de condiciones dinámicas del suelo o roca llegan a menos de 5 metros de profundidad, cuando la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-11, 2015), requiere de información geológica y sismológica hasta los 30 metros de profundidad.

Bien se ha mencionado que uno de los principales desastres que afectan directamente a las edificaciones son los eventos geológicos, ya sean estos terremotos, tsunamis y erupciones volcánicas, que en su acción directa sobre el suelo estas tienden a sufrir colapsos y daños a grandes escalas (Domínguez, y López, 2021). También, el crecimiento de la población, de una manera desorientada y acelerada ha causado que Guaranda sea altamente vulnerable ante la presencia de eventos sísmicos (Farfán 2021).

Por todos estos motivos, se cree pertinente realizar un estudio en detalle de las diferentes unidades litológicas en la ciudad de Guaranda, donde la dinámica de deformación de los suelos puede ser determinadas desde ensayos indirectos como la geofísica de velocidad de onda de corte ( $V_{s30}$ ) y los periodos fundamentales de los suelos. Con estos parámetros geotécnicos y que alcancen una profundidad requerida por la NEC-11 (2015), el cual puede ser básico para la realización de un diseño de plan de ordenamiento territorial de la ciudad, con los lugares favorables y desfavorables para la construcción y por ende beneficia a la planificación del desarrollo urbano de la ciudad.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cuál es la incidencia del estudio de zonación geológica – geotécnica orientada al ordenamiento territorial y construcción en la zona urbana de Guaranda, determinando las áreas favorables y desfavorables en la construcción?

## **1.3. Justificación**

Instrumentaciones de alta tecnología, han sido aplicadas en los últimos años, con detalles de microsismos para los pronósticos de las respuestas de sitio, de los suelos de mala calidad geológica y geotécnica, frente a solicitudes sísmicas se ha incrementado considerablemente análisis de zonas de alto riesgo como Japón, México, Chile, Costa Rica entre otros países. El análisis y procesamiento de los registros de microsismos ha ofrecido resultados fiables, de forma rápida y a bajos costos. En Cuba los estudios de efecto de sitio y en este caso las determinaciones de parámetros dinámicos de los suelos, como el periodo dominante, se han concentrado fundamentalmente en las provincias más pobladas y de densidad de infraestructuras.

Con la realización de este estudio geológico – geotécnico, se busca como finalidad poder determinar zonas que están propensas a un peligro cosísmico medio, alto y muy alto (ejemplo, los deslizamientos, licuefacción del suelo, subsidencia o hundimiento, grietas en suelos sueltos, generados durante un sismo), y así poder crear estrategias de mitigación en las áreas afectadas, prohibir las construcciones en áreas desfavorables con el fin de tener una planificación del desarrollo urbanístico en áreas propensas a la sismicidad.

El estudio del periodo dominante del suelo en la gestión de riesgos, es un pilar fundamental para poder determinar los niveles de susceptibilidad sísmica. Para medir las condiciones dinámicas del suelo, se puede emplear una serie de mediciones, desde sísmica de refracción ( $V_p$ ), hasta velocidades de ondas de corte ( $V_{s30}$ ) y los periodos fundamentales

del suelo; ya que nos permite determinar la amplificación máxima de los suelos durante un sismo. Por ejemplo, los tipos de suelos que tienen mediciones de periodo fundamental de 0.3 segundos pueden tener resonancia con viviendas de 3 pisos, es decir los daños sería mayores por la atenuación del terreno y la construcción.

Este estudio del periodo dominante del suelo beneficia a la ciudad y la ciudadanía, para futuras construcciones, que al darse un posible sismo de gran magnitud las viviendas no serían afectadas por resonancia.

#### **1.4. Objetivo: general y específicos**

##### **Objetivo General**

Establecer las condiciones dinámicas de suelos favorables para el ordenamiento territorial, desde ensayos indirectos de geofísica y de los períodos fundamentales del suelo para la ciudad de Guaranda.

##### **Objetivos Específicos**

1. Caracterización de la amenaza sísmica en el área urbana de Guaranda.
2. Cuantificar el número de construcciones existentes que podrían ser afectadas desde los ensayos de periodo de vibración de suelo.
3. Determinar el perfil del suelo para obtener zonas geotécnicas con condiciones favorables y desfavorables para construcciones en la ciudad de Guaranda, desde ensayos geofísicos de sísmica.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes investigativos**

La ocurrencia de terremotos a lo largo del planeta ha destacado el valor de la prevención; los efectos de los sismos han sido sustancialmente reducidos en aquellos países en donde se ha implantado una cultura sismo resistente. Muchas edificaciones que fueron construidas en el pasado con normas y criterios de diseño sísmico menos exigentes a los actuales, han demostrado poseer una elevada vulnerabilidad y deben ser reforzadas, así como muchas edificaciones que no se acoplaron a ninguna normativa y fueron construidas de manera empírica (López 2014).

Diariamente ocurren cientos de sismos en el mundo, muchos de ellos de una escala muy baja que son imperceptibles para los sentidos humanos, otros en cambio, suelen ser tan devastadores que llegan a dejar a un país en el completo caos y desastre a nivel humanitario y económico. Alrededor del 80 % de los sismos ocurridos en el mundo suceden en las costas del Pacífico, un área que recibe también el nombre de “Anillo de Fuego del Pacífico”, por la alta actividad sísmica que presenta. Los terremotos de una escala de 8 grados de magnitud son pocos frecuentes pero la ocurrencia de estos deja grandes daños a nivel estructural y pérdidas humanas, las que bordean casi las 10.000 personas fallecidas al año (Geographic, 2010).

Se conoce claramente que los sismos o terremotos son fenómenos que liberan energía interna que posee la tierra, misma que se libera en forma de ondas sísmicas, que al interactuar con las capas superficiales y las construcciones que están sobre ellas genera que las edificaciones sufran grandes daños y en algunos casos llegaran a colapsar. Se pueden producir fallas no estructurales pero que afectan directamente a la capacidad de habitabilidad que posee esa edificación. Mundialmente, las estructuras mitigan este tipo de efectos que causan los sismos, a través de elementos sismos resistentes, tales como aisladores sísmicos, disipadores de

energía, y diseños de ductilidad. Para clasificar los daños según sus efectos se utiliza lo planteado por Arancibia 2007, en el cual especifica los tipos de daños.

- Efectos sobre edificaciones: Daños graves: colapso de construcciones de mala calidad, destrucción y derrumbamiento parciales de edificaciones, incendios, inundaciones por roturas de embalses. Daños ligeros: fisuras en muros, pérdida de revestimientos, caídas de muebles, daños en mampostería, daños parciales en vías de comunicación debido a asentamientos.
- Efectos sobre el terreno: grietas en el suelo, asentamientos diferenciales de suelo, licuefacción, desplazamiento de terrenos a lo largo de falla geológicas y maremotos o tsunamis.
- Efectos derivados de reacciones y actividades humanas: pánico, aglomeraciones, accidentes de tránsito; acciones impremeditadas sobre construcciones colapsadas e inadecuadas.

El sábado 16 de abril de 2016 todo el territorio ecuatoriano fue sorprendido por un sismo muy fuerte que alarmó a toda la población. La primera información fue emitida por la Secretaría de Gestión de Riesgos, en el cual mencionaba que fue un terremoto de magnitud 7.8 Mw y con epicentro cercano a los cantones de Jama y Pedernales, en la costa ecuatoriana en la provincia de Manabí (SNGR, 2016).

Precedentemente se han elaborado algunos trabajos investigativos conexos con la geología, metodologías para la microzonificación sísmica y estudios de amenazas sísmicas de la ciudad de Guaranda, que estuvieron en documentos primordiales para realizar este estudio de zonificación sísmica. Estos trabajos son los siguientes:

- “Metodología para la Microzonificación Sísmica de la Ciudad de Guaranda”, como proyecto Fin de Master de La Universidad de Alicante, realizado por Paucar, José Abelardo, 2011. La metodología para el desarrollo de la investigación fue basada en un método analítico que se

fundamenta en “La teoría de propagación de ondas” para los distintos modelos de terrenos, se definió y se delimitó primero la zona de estudio ubicada en el área urbana del cantón Guaranda, en la ciudad con el mismo nombre, luego se elaboró un diagnóstico territorial del cantón y la ciudad de Guaranda, la recopilación de estudios anteriores y documentos técnicos del IG/EPN sobre la sismotectónica y neotectónica, la sismicidad (histórica e instrumental) permitió definir y establecer las zonas de peligro o amenaza sísmica regional y local (Paucar, 2011).

Para los estudios de Microzonación sísmica en el área urbana de Guaranda se estudió a una escala local, para ello fue necesario conocer a detalle la litología (geología) regional y local, estas características geológicas – geotécnicas de los depósitos sedimentarios superficiales tienen influencia en la amplificación de las ondas sísmicas, este fenómeno de amplificación y los efectos del sismo varía según el tipo de suelo presente (Paucar, 2011).

La mayoría de los suelos del país, principalmente en la Región Sierra, son de origen volcánico; en el caso del cantón Guaranda sus sedimentos tienen origen de los procesos eruptivos del volcán Chimborazo y de otros volcanes, lo cual indica que en las diferentes partes de la ciudad se encuentran depósitos piroclásticos, lahares, ceniza volcánica, basalto, tobas, piedra pómez, areniscas, entre otros.

Para determinar el tipo de suelo en el estrato superior del sitio de estudio se hicieron 14 sondeos de estudios de mecánica de suelos los mismos que se realizaron de norte a sur de la ciudad y se obtuvo como resultado la siguiente imagen 1:

No. sondeo	Ubicación	Profundidad (m.)	Tipo de suelo (estrato superior)
1	Sector norte de la parroquia Guanujo (salida a Ambato)	- 3.0	Limo orgánico
2	Barrio centro de la parroquia de Guanujo	-5.5	Arenas mal gradadas
3	Ciudadela Alpachaca (sector de la Universidad Estatal de Bolívar)	-8.0	Arena arcillosa
4	Ciudadela Primero de Mayo	-5.5	Arenas mal gradadas
5	Ciudadela Los Trigales	-5.5	Arenas mal gradadas
6	Barrio Bellavista	-2.0	Arena no plástica
7	Barrio Guanguliquin (sector Plaza Roja)	-5.5	Arenas mal gradadas
8	Barrio Central (parque central)	-6.0	Limo arcilloso, arena, limo arcillosa
9	Barrio 15 de Mayo	-5.5	Arenas mal gradadas
10	Barrio Fausto Bazantes	-5.5	Arena
11	Barrio 9 de Octubre (sector los Bomberos)	-10.0	Arena limosa
12	Ciudadela Marco Pamba	-5.5	Arenas mal gradadas
13	Barrio Vinchoa	-3.0	Limo, grava, arena
14	Sector de salida a Chimbo (altura del puente sobre el río Salinas)	-5.5	Arena no plástica

**Imagen 1:** Fuente: Localización y descripción general de sitios de sondeo mecánico en área (Paucar,2011).

Cada sondeo contiene información de localización geográfica en coordenadas UTM, profundidad (Z), golpes SPT (Standard Penetration Test) (N), tipo de suelo, nivel freático (donde se disponía del dato); con todos estos datos se procedió a determinar las Vs (Velocidad de cizalla) en cada sitio de sondeo, toda esta información fue procesada en el programa EDUSHAKE en el cual se obtuvo como resultado acelerogramas de entrada y salida, evaluación de la aceleración pico, estos datos permitieron analizar las posibles amplificaciones (respuesta local) ante la sacudida sísmica en diversos sitios de la ciudad (Paucar, 2011).

El procesamiento de información de estos sondeos arrojó como resultado que el sondeo 3, sondeo 2 presentan un incremento considerable de la señal ante la sacudida sísmica al atravesar el estrato superior del suelo, los espectros de respuesta registran un aumento energético (densidad espectral) en los primeros periodos (0,28 s). Los sondeos 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11 donde podrían presentar amplificación, registran un incremento en los valores de la densidad espectral en los primeros periodos (0,28 s) y evolución de la aceleración pico, aunque menores que los sondeos anteriores mencionados (Paucar, 2011).

Los sondeos 1, 6, 13, 14 registran un comportamiento casi igual tanto en profundidad como superficie por lo que se considera que en estos sitios no se presentaría una amplificación ante la sacudida sísmica. Y, por último, en el sondeo 12 se registra una disminución o absorción de la energía de la sacudida sísmica, ya que la densidad espectral y evolución de la aceleración pico disminuye en el estrato superior. Por lo tanto, mediante la aplicación de esta metodología se llegó a la conclusión que la ciudad de Guaranda se debería considerar una aceleración máxima en roca de 0.4 g y con un grado de amenaza sísmica alta (Paucar, 2011).

“Microzonificación sísmica de la zona urbana del cantón Guaranda”, trabajo realizado por los Ingenieros Portuguez, C y Mena, D., 2011. La finalidad de este estudio fue identificar y caracterizar las unidades litológicas, cuyas características dinámicas frente a terremotos o sismos son semejantes.

Para microzonificar sísmicamente la ciudad de Guaranda el trabajo se dividió en 3 etapas: la primera etapa la cual se desarrolló el marco conceptual donde se realizó la recopilación de información bibliográfica base sobre trabajos anteriores, libros, tesis, reportes, informes del IG/EPN, GAD Municipal de Guaranda, todo esto con la finalidad de redactar información sobre la sismotectónica de la zona de Guaranda e identificar zonas vulnerables ante estos movimientos sísmicos (Portuguez, C et. al 2011).

La segunda etapa fueron todos los trabajos realizados en campo, para esta etapa se realizaron los respectivos ensayos de SUCS, Triaxiales y Down Hole, ensayos de SPT y la tercera etapa fue el procesamiento y análisis de la información obtenida en campo y bibliográfica.

Suelo tipo SG1: presenta características geotécnicas buenas, que aumentan con la compacidad del suelo. Se trata de un suelo limo inorgánico con alta plasticidades derivadas de cenizas volcánicas tipo cangahua. Clasificación SUCS es MH, humedad promedio de 60%, índice de plasticidad de 13%. El valor N del SPT es de 10, lo cual indica un suelo rígido. La cohesión varía entre 0,5 a 1 Kg/cm<sup>2</sup>, lo cual indica que es un material rígido con un ángulo de fricción

entre 24 a 27°. Todas estas características clasifican a este tipo de suelo como de buena calidad al momento de enfrentar algún fenómeno sísmico (Portuguez, C et. al 2011).

Suelo tipo SG2: suelo con características muy similar al SG1 pero con diferencias en los índices de plasticidad. Suelos limo-arcillosos inorgánicos de baja plasticidad derivado de la meteorización volcánica tipo cangahuas.

Clasificación SUCS es ML-CL. Humedad promedio es de 32%. Índice de plasticidad está en el 9%. Valor N del SPT es 6 lo cual indica que es un suelo firme. Cohesión varía entre 0,5 a 1 Kg/cm<sup>2</sup>, material rígido con alguno de fricción de 23°. Todas estas características indican que es un suelo de buena calidad al momento de enfrentarse a algún fenómeno sísmico (Portuguez, C et. al 2011).

Suelo tipo SG3: suelo con características geotécnicas aceptables. Son suelos areno-limosos-arcillosos heterogéneos producto de la meteorización leve de las cangahuas. Clasificación SUCS es de SM. La humedad de 55%. Índice de plasticidad está en el 6%. El valor N del SPT 6, lo cual indica que es un suelo firme. La cohesión varía entre 1 a 2 Kg/cm<sup>2</sup>, es un material rígido, con un ángulo de fricción de 44°. Todas estas características nos llevan a calificar a este tipo de suelo como de calidad aceptable al momento de presentarse de enfrentarse a algún fenómeno sísmico (Portuguez, C et. al 2011).

## 2.2. Fundamentación teórica

**Gestión de Riesgos:** El enfoque y la práctica sistemática de gestionar la incertidumbre para minimizar los daños y las pérdidas potenciales (UNISDR 2016).

La gestión de riesgos también es un proceso sistemático centrado en la utilización de un conjunto de decisiones administrativas, organizativas y de conocimientos operacionales con el fin de ejecutar políticas y estrategias orientadas tanto a la reducción del impacto adverso de las amenazas naturales y antrópicas, como de aquellas condiciones de riesgo que pudiesen derivar en la ocurrencia de un desastre en una comunidad, región o país. La GRD es un proceso planificado, concertado, participativo e integral (Chuquisengo 2011).

**Amenaza:** Un fenómeno, sustancia, actividad humana o condición peligrosa que pueden ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales (UNISDR 2016).

**Amenaza natural:** Un proceso o fenómeno natural que puede ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales (UNISDR 2016).

**Amenaza socio-natural:** El fenómeno de una mayor ocurrencia de eventos relativos a ciertas amenazas geofísicas e hidrometeorológicas, tales como aludes, inundaciones, subsidencia de la tierra y sequías, que surgen de la interacción de las amenazas naturales con los suelos y los recursos ambientales explotados en exceso o degradados (UNISDR 2016).

**Amenaza geológica:** Un proceso o fenómeno geológico que podría ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la

pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales (UNISDR 2016).

**Amenaza Sísmica:** como la probabilidad de que en un sitio de interés se excedan ciertos valores de intensidad en un lapso dado; es decir, conocer la frecuencia y severidad de los posibles eventos. Debido a que las incertidumbres para predecir la ocurrencia de un evento sísmico son muy elevadas, y no se cuenta con un catálogo lo suficientemente extenso y completo como para predecir con precisión la ocurrencia de un evento sísmico con cierta magnitud (Quinde y Reinoso, 2016).

**Microzonificación Sísmica:** es considerada como la metodología de trabajo conforme para utilizarse en la reducción del riesgo sísmico en ciudades, con el objetivo de realizar un proyecto de microzonificación sísmica que consiste en evaluar los niveles de amenaza sísmica, lo que permite la ejecución de estrategias que tomen en cuenta estas condiciones regionales y locales del suelo. Se analizan con un enfoque multidisciplinario tanto los datos disponibles del subsuelo (Venezuela 2011).

**Capacidad:** La combinación de todas las fortalezas, los atributos y los recursos disponibles dentro de una comunidad, sociedad u organización que pueden utilizarse para la consecución de los objetivos acordados (UNISDR 2016).

**Capacidad de afrontamiento:** La habilidad de la población, las organizaciones y los sistemas, mediante el uso de los recursos y las destrezas disponibles, de enfrentar y gestionar condiciones adversas, situaciones de emergencia o desastres (UNISDR 2016).

**Vulnerabilidad Sísmica:** Se define como la probabilidad de daño que pueda sufrir una estructura sometida a un determinado impulso sísmico, o al mismo tiempo se establece como el porcentaje de daño o afectaciones posibles según el grado del sismo y las zonas en que se presenten (Domínguez 2021).

**Riesgo Sísmico:** Son las afectaciones económicas y sociales que puede llegar a producir un terremoto, en base a fallas estructurales o colapsos de edificaciones (Comunidad Andina, 2009).

**Pérdidas Sísmicas:** Es la valoración (en dinero) de los costos materiales y pérdidas humanas producidas por la ocurrencia de un terremoto, teniendo en cuenta la vulnerabilidad de las edificaciones e infraestructuras (Delgado Marchal, 2021).

**Neotectónica:** Basada fundamentalmente en el análisis y estudio de los rasgos geomorfológicos indicadores de actividad tectónica (Silva et. al 1988).

**Desarrollo Urbanístico:** La etapa de diseño y construcción se contemplan como se ha mencionado anteriormente materiales, tecnología, actividades, procesos y acciones que permiten minimizar los impactos generados al ambiente y potenciar impactos positivos a partir de la optimización de recursos como el agua, la energía y la energía utilizada en los materiales (Forero 2021).

**Diagnóstico Territorial:** Constituye un elemento esencial, no sólo en la formulación y articulación de las políticas públicas y de sus instrumentos, sino en general en la definición de mecanismos para su seguimiento y evaluación, y en los procesos de toma de decisiones (Vega 2002)

**Código de construcción:** Una serie de ordenamientos o reglamentos relacionados con estándares que buscan controlar aspectos de diseño, construcción, materiales, modificaciones y ocupación de cualquier estructura, los cuales son necesarios para velar por la seguridad y el bienestar de los seres humanos, incluida la resistencia a los derrumbes y a los daños (UNISDR 2016).

**Desarrollo de capacidades:** El proceso mediante el cual la población, las organizaciones y la sociedad estimulan y desarrollan sistemáticamente sus capacidades en el transcurso del tiempo, a fin de lograr sus objetivos sociales y económicos, a través

de mejores conocimientos, habilidades, sistemas e instituciones, entre otras cosas (UNISDR 2016).

**Desarrollo sostenible:** Desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades (UNISDR 2016).

**Planificación/ordenamiento territorial:** El proceso que emprenden las autoridades públicas para identificar, evaluar y determinar las diferentes opciones para el uso de los suelos, lo que incluye la consideración de objetivos económicos, sociales y ambientales a largo plazo y las consecuencias para las diferentes comunidades y grupos de interés, al igual que la consiguiente formulación y promulgación de planes que describan los usos permitidos o aceptables (UNISDR 2016).

**Resonancia:** es un fenómeno que ocurre en el momento que el periodo de vibración de un sistema es igual o coincide que el periodo de vibración de la fuerza que actúa sobre el sistema. Si la estructura entra en resonancia los esfuerzos y desplazamientos se amplifican enormemente dando lugar a posibles daños estructurales y colapsos. El objetivo de esta disertación de grado es la comparación de los periodos de vibración, dinámicos y estáticos, de estructuras con muros de corte y estructuras con pórticos resistentes a momento versus el periodo natural de vibración de los diferentes tipos de suelos (Badillo 2015).

**Zonación:** las condiciones en las que se encuentra el suelo, su comportamiento frente a diferentes situaciones que se pueden llegar a presentar como lo son sismos, temblores de tierra y lluvias fuertes, características ingenieriles importantes como son la humedad, limite líquido, limite plástico, índice plástico, capacidad de soporte, nivel freático, asentamientos y materiales que lo componen.

## **2.3. Fundamentación legal**

### **Constitución de la República del Ecuador 2008.**

#### **Ambiente sano**

**Artículo 14.-** Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.

Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

#### **Hábitat y vivienda**

**Artículo 30.-** las personas tienen derecho a un hábitat seguro y saludable, y a una vivienda adecuada y digna, con independencia de su situación social y económica.

**Artículo 31.-** Las personas tienen derecho al disfrute pleno de la ciudad y de sus espacios públicos, bajo los principios de sustentabilidad, justicia social, respeto a las diferentes culturas urbanas y equilibrio entre lo urbano y lo rural. El ejercicio del derecho a la ciudad se basa en la gestión democrática de ésta, en la función social y ambiental de la propiedad y de la ciudad, y en el ejercicio pleno de la ciudadanía.

## **Régimen De Desarrollo**

**Artículo 275.-** El régimen de desarrollo es el conjunto organizado, sostenible y dinámico de los sistemas económicos, políticos, socio-culturales y ambientales, que garantizan la realización del buen vivir, del sumak kawsay.

El Estado planificará el desarrollo del país para garantizar el ejercicio de los derechos, la consecución de los objetivos del régimen de desarrollo y los principios consagrados en la Constitución. La planificación propiciará la equidad social y territorial, promoverá la concertación, y será participativa, descentralizada, desconcentrada y transparente.

El buen vivir requerirá que las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades gocen efectivamente de sus derechos, y ejerzan responsabilidades en el marco de la interculturalidad, del respeto a sus diversidades, y de la convivencia armónica con la naturaleza.

**Artículo 276.-** El régimen de desarrollo tendrá los siguientes objetivos:

1. Mejorar la calidad y esperanza de vida, y aumentar las capacidades y potencialidades de la población en el marco de los principios y derechos que establece la Constitución.
2. Construir un sistema económico, justo, democrático, productivo, solidario y sostenible basado en la distribución igualitaria de los beneficios del desarrollo, de los medios de producción y en la generación de trabajo digno y estable.
3. Fomentar la participación y el control social, con reconocimiento de las
4. diversas identidades y promoción de su representación equitativa, en todas las fases de la gestión del poder público.
5. Recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente

y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural.

6. Garantizar la soberanía nacional, promover la integración latinoamericana e impulsar una inserción estratégica en el contexto internacional, que contribuya a la paz y a un sistema democrático y equitativo mundial.
7. Promover un ordenamiento territorial equilibrado y equitativo que integre y articule las actividades socioculturales, administrativas, económicas y de gestión, y que coadyuve a la unidad del Estado.
8. Proteger y promover la diversidad cultural y respetar sus espacios de reproducción e intercambio; recuperar, preservar y acrecentar la memoria social y el patrimonio cultural

### **Gestión del riesgo**

**Artículo 389.** - El Estado protegerá a las personas, las colectividades y la naturaleza frente a los efectos negativos de los desastres de origen natural o antrópico mediante la prevención ante el riesgo, la mitigación de desastres, la recuperación y mejoramiento de las condiciones sociales, económicas y ambientales, con el objetivo de minimizar la condición de vulnerabilidad.

**Artículo 390.** - Los riesgos se gestionarán bajo el principio de descentralización subsidiaria, que implicará la responsabilidad directa de las instituciones dentro de su ámbito geográfico. Cuando sus capacidades para la gestión del riesgo sean insuficientes, las instancias de mayor ámbito territorial y mayor capacidad técnica y financiera brindarán el apoyo necesario con respeto a su autoridad en el territorio y sin relevarlos de su responsabilidad.

**Ley de Seguridad Pública y del Estado 2009.**

**Artículo 11.** - De los órganos ejecutores. - Los órganos ejecutores del Sistema de Seguridad Pública y del Estado estarán a cargo de las acciones de defensa, orden público, prevención y gestión de riesgos, conforme lo siguiente:

**Literal d) De la gestión de riesgos.** - La prevención y las medidas para contrarrestar, reducir y mitigar los riesgos de origen natural y antrópico o para reducir la vulnerabilidad, corresponden a las entidades públicas y privadas, nacionales, regionales y locales. La rectoría la ejercerá el Estado a través de la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos.

**2.4. Hipótesis o ideas a defender**

Los procedimientos de estimación del período del suelo permiten identificar las edificaciones que posiblemente podrían ser afectadas por resonancia y determinar los lugares de la construcción (lugares favorables y desfavorables).

**2.5. Variables**

**Variable Independiente:** Estimación del período dominante del suelo.

**Variable Dependiente:** Microzonificación sísmica favorable o desfavorable para la construcción en la zona urbana de Guaranda.

## 2.6. Operacionalización de variables

**Tabla 1:** Descripción de las Variables

Variable	Definición	Dimensión	Indicadores	Escala	Técnicas e instrumentos
<b>Variable Independiente</b>	Estimación del período dominante del suelo.	Período dominante del suelo	<ol style="list-style-type: none"> <li>La velocidad de las ondas sísmicas de corte. Sismómetro trial</li> <li>Frecuencia de vibración propia del suelo. Registro digital.</li> <li>Período fundamental. Registro digital.</li> </ol>	<p>- En (Vs).</p> <p>-En Hertz (Hz).</p> <p>-En segundos (s)</p>	Con el esquema de Nakamura
<b>Variable Dependiente</b>	Microzonificación sísmica favorable o desfavorable para la construcción en la zona urbana de Guaranda	Microzonificación sísmica.	<ol style="list-style-type: none"> <li>Registro sismicidad y movimientos tectónicos recientes.</li> <li>Clasificación de suelo</li> <li>Tipos de Suelo.</li> </ol>	Tipo de perfil A, B, C, D, F.	El perfil del suelo se clasifica de según lo establecido en la Norma NEC-2015.

## **CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1. Tipo, nivel y métodos de Investigación**

- **Tipo de Investigación**

El presente informe de investigación con tema ESTIMACION DEL PERIODO DOMINANTE DEL SUELO EN LA GESTION DE RIESGOS EN LA ZONA URBANA DE GUARANDA, ECUADOR, se define una investigación inductiva con un enfoque cualitativo y cuantitativo, donde está orientada al estudio del significado de las acciones humanas con relación a la afectación de las viviendas por sismos. Cumpliendo con una investigación interpretativa y de campo donde se pretende contar con una planificación de la resiliencia a desastres

- **Enfoque de la investigación**

En el presente trabajo se inicia con la derivación inductiva de los hechos y se formula conclusiones que se postulan como leyes, principios o fundamentos de una teoría. El enfoque de la investigación se direcciona a los planteamientos de la amenaza sísmica que miden los fenómenos o peligros cosísmicos y sus estadísticas de datos históricos, que permiten establecer teorías o hipótesis dependiendo de cada unidad litológica para la ciudad de Guaranda.

- **Métodos de la investigación**

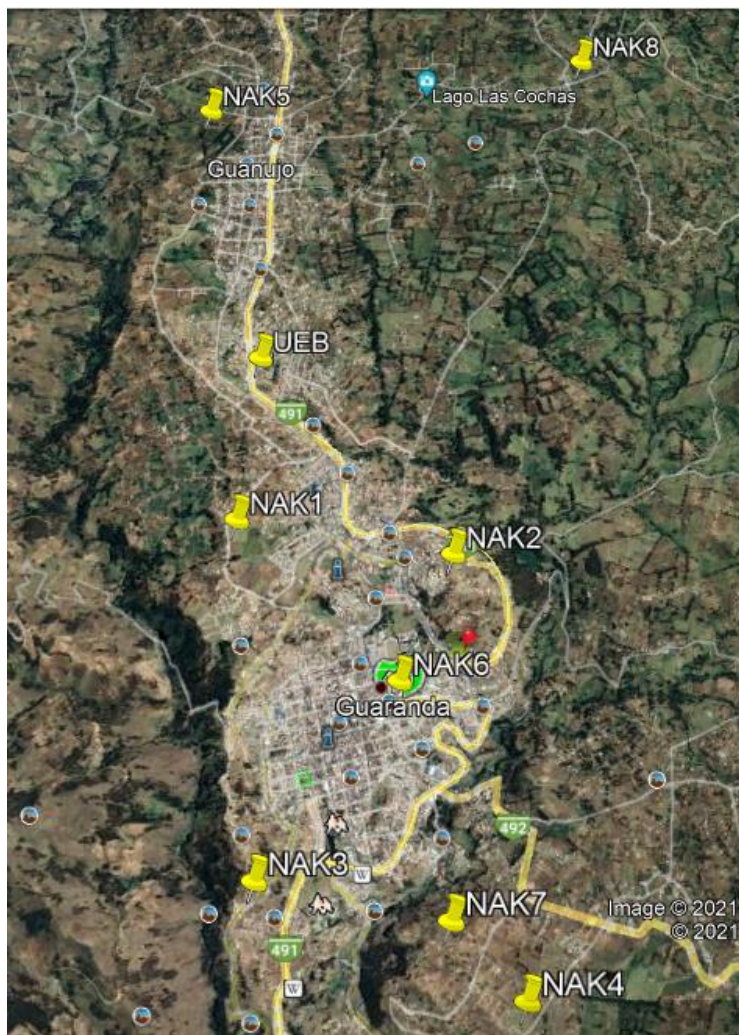
#### **Método histórico.**

Mediante este método de investigación se recopiló información bibliográfica por medio de artículos científicos, libros, documentos web, herramientas tecnológicas, y demás información, estableciéndose lo que se conoce como Historia Digital, a través de Historias de casos de la vida real que conllevan a una secuencia de acontecimientos del lugar a investigar.

- El registro de eventos sísmicos de influencia al área de estudio corresponde a la época histórica e instrumental, se basa en la compilación de información de estudios, publicaciones y catálogo de sismos del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional – IG/EPN como organismo responsable del monitoreo sísmico en el país. Además, se complementó con información de otros estudios, en eventos que no se disponía de información de magnitud y/o intensidad se aplicaron fórmulas utilizados por investigadores en otros estudios. **Objetivo 1.**
- Revisión del artículo científico Vulnerabilidad de estructuras en base a los periodos de vibración de los autores Cevallos Andrea, del año 2019. **Objetivo 2.**
- Revisión del Código ecuatoriano de la construcción, 2015 de cargas sísmicas, diseño sismo resistente. **Objetivo 3.**

### **3.2. Población y muestra**

La muestra para esta investigación son los puntos (NAK#) que se observan en la imagen 3, fueron ubicados en la zona urbana de la ciudad de Guaranda, estos sectores fueron seleccionados por las afectaciones a las viviendas por el terremoto del 16 de abril del 2016 ocurrido en la ciudad de Pedernales provincia de Manabí, Ecuador.



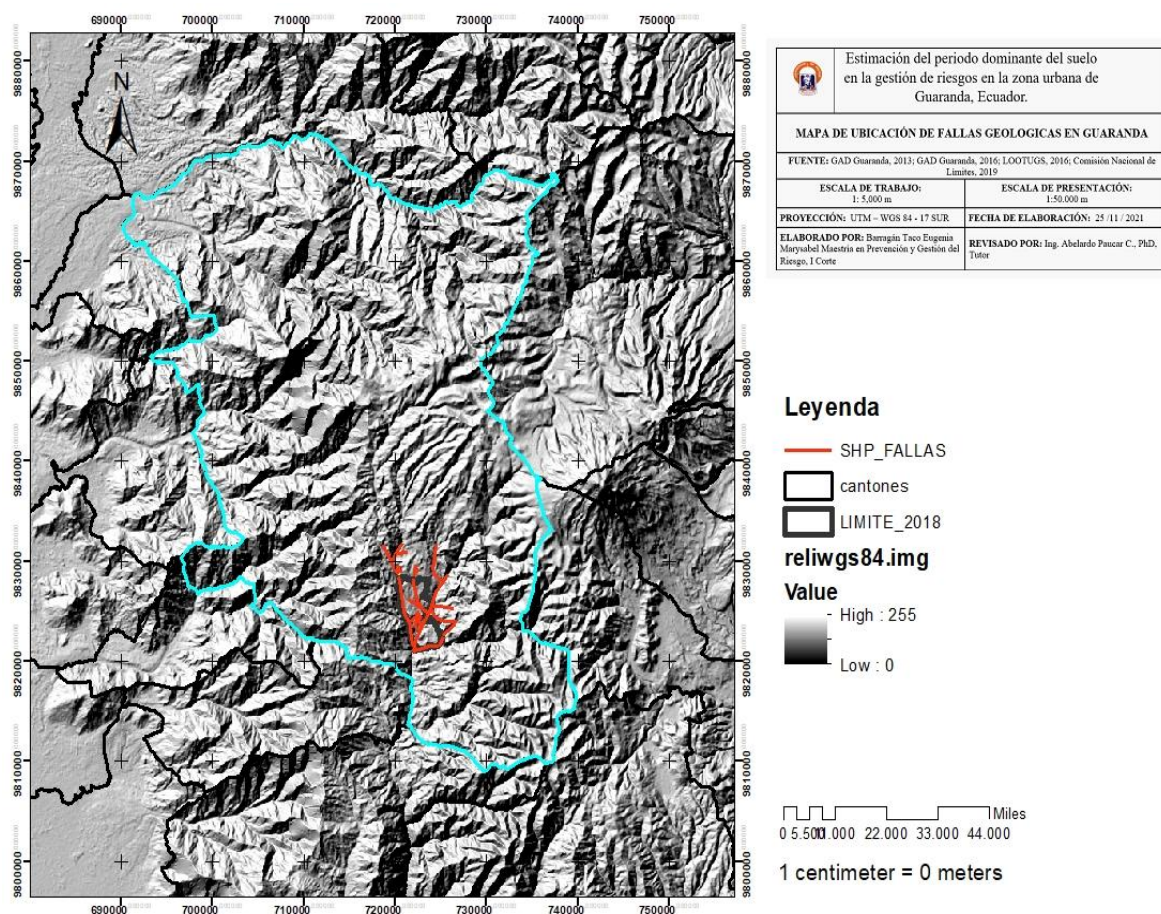
**Imagen 2:** Casco Urbano de Guaranda, Tomada de Google Earth

### **3.4. Técnicas de procesamiento, análisis y presentación de datos**

El trabajo comprende tres fases de investigación: (i) la fase de riesgo sísmico y sismotectónica asociado a terremotos históricos en la provincia de Bolívar, (ii) la fase de geología de cada unidad litológica y prospección geofísica del subsuelo, e (iii) implementación de zonas geotécnicas con indicadores favorables para una correcta planificación del territorio.

### 3.4.1. La fase de riesgo sísmico y terremotos históricos en la provincia de Bolívar – Objetivo 1.

En esta fase se analiza las fuentes sísmicas y estructuras sismogénicas capaces de generar magnitudes de sismos  $M \geq 6$ , debido a los efectos o peligros geológicos cosísmicos que pueden formarse en suelos blandos saturados (licuefacción de suelos, subsidencia o asentamientos diferencial, etc) y taludes inestables (deslizamientos en roca de tipo planar o cuña; deslizamientos en suelo de tipo flujo), que podrían causar daños en el área urbana de la ciudad de Guaranda.



**Figura 1:** Mapa de fallas geológicas sísmicamente activas para la ciudad de Guaranda

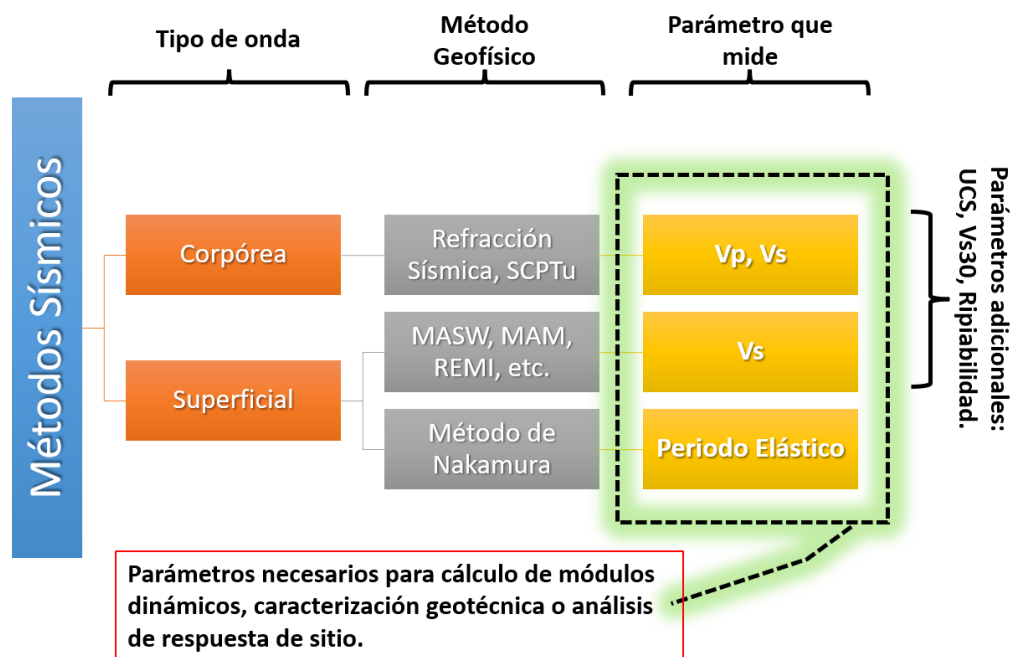
En este estudio, para una mejor comprensión de la tectónica activa cercana al sitio, y como método de trabajo, se ha seleccionado un radio de 25 km desde la ciudad de Guaranda, delineando segmentos de fallas activas (Eguez et al., 2002; Chunga, 2010). Los lineamientos estructurales han sido cartografiados desde análisis morfométrico utilizando imágenes de ortofotos y modelos digitales de alta resolución. Los parámetros sísmicos de las fallas han sido consultados desde los parámetros geométricos para cada una de las fallas seleccionadas:

1. La proyección espacial de longitud de la falla en el terreno,
2. La inmersión estructural y ángulo estimado del desplazamiento de la falla “en análisis de mecanismo focal es denominado rake”,
3. El ancho de la falla geológica (Eguez et al., 2002; Chunga, 2010).

Las fallas segmentadas tienen magnitud inferior, por lo tanto, la tasa de desplazamiento de la falla requiere de muchos sismos de menor magnitud para acomodar un acumulativo momento sísmico (Well & Coppersmith, 1994). La delineación de las fallas ha considerado los rasgos geomorfológicos, dirección e intersección de los relieves montañosos, los cuales permiten asumir una aproximación de la longitud de fallas y de esta manera no sobredimensionar estas estructuras sismogénicas. El acercamiento más usual para estimar la máxima magnitud es a través de una comparación de la longitud de la ruptura de la falla y su magnitud asociada; confirmando lo anteriormente mencionado, se estima las máximas magnitudes para cada una de las fallas corticales individualizadas en este estudio y el ancho de área de influencia directa basadas en relaciones empíricas de regresión de magnitud de terremoto y ruptura y desplazamiento de falla geológica (Well, et al. 1994).

### 3.4.2. La fase de geología de sitio y prospección geofísica – Objetivo 2.

Los métodos sísmicos son técnicas de muestreos indirectos en el subsuelo, no destructivos en el terreno. Los tipos de ondas que se generan durante el ensayo de laboratorio son corpórea y superficial, en esta fase se procesará con todos los datos desde métodos de sísmica de refracción, Masw-Mam y Nakamura, donde se mide los parámetros de velocidad primaría o de refracción ( $V_p$ ) y velocidad de onda de corte ( $V_s$ ). Todos estos procesamientos de datos permiten calcular para una ciudad, los parámetros dinámicos del suelo, caracterización geotécnica y análisis de respuesta de sitio. El producto final es el mapa zonación geológica – geotécnica con sus parámetros de suelos predominantes, para lugares favorables y desfavorables de la construcción en la ciudad de Guaranda.



**Figura 2:** Métodos sísmicos

Para la determinación de la frecuencia de vibración propia del suelo y su periodo fundamental, empleamos el método de Nakamura, el cual utiliza un sismómetro triaxial de banda ancha para grabar el ruido sísmico ambiental. Es considerada una técnica “pasiva” porque no requiere una fuente sísmica artificial, como explosivos o golpes de martillo. La relación HVSR mide las

componentes vertical y horizontal del ruido sísmico inducido por el viento, oleaje, y actividades antropogénicas.

Los períodos de vibración en edificaciones dependen de su rigidez y masa. Mientras más masa, mayor periodo, y mientras más rigidez, menor periodo. Usualmente unos pocos modos de vibrar controlan el comportamiento estructural, siendo el más importante el de periodo más largo, denominado fundamental. En forma aproximada es igual a 0.11 veces el número de pisos. En los períodos de vibración en edificaciones dependen de su rigidez y masa. Mientras más masa, mayor periodo, y mientras más rigidez, menor periodo. Usualmente unos pocos modos de vibrar controlan el comportamiento estructural, siendo el más importante el de periodo más largo, denominado fundamental. En forma aproximada es igual a 0.11 veces por el número de pisos (Cevallos, et. al 2019).

El análisis de las mediciones de este tipo permite identificar los modos de vibración del suelo además de identificar la frecuencia fundamental ( $f_0$ ) de esta vibración. Sabiendo que en general hay una relación simple entre  $f_0$ , el espesor de la parte más suave de la tierra (es decir, la porción del material que recubre la cama-rock) y la velocidad media ( $V_s$ ) de las ondas sísmicas en el subsuelo (obtenido por ejemplo a partir de los métodos de ondas superficiales), a través de las medidas HVSR se puede estimar al espesor de esta capa (Nakamura, 2000). El equipo empleado en esta tesis es el sismómetro trial y registrador digital de marca Ambrogeo.



**Figura 3:** Sismómetro – acelerógrafo de marca Ambrogeo, empleado en la ciudad de Guaranda

### 3.4.3. Ensayo de sismica de onda de corte $V_s$ – Objetivo 3.

En este estudio, los ensayos geofísicos fueron poseionados en campo considerando los rasgos geomorfológicos en la ciudad de Guaranda, en las zonas de suelos en planicies y terrazas aluviales se ubicaron las líneas sísmicas por el método de sismica de onda de corte  $V_s$ , para las zonas de rocas en colinas se ubicaron las líneas sísmicas para estimación también de ondas de  $V_s$ . Las ondas  $V_p$  de sismica de refracción no son empleadas en este estudio, solamente las velocidades indicadas en la NEC-11 (2015).

Con respecto al primer método seleccionado se obtuvo mediciones de ensayos 1D de ondas superficiales  $V_s$ , donde se seleccionó la técnica de prospección MASW para fuente sísmica activa y ReMi y/o MAM para fuente pasiva, de los cuales se obtuvieron los productos necesarios para clasificar sísmicamente cada uno de los sitios de unidades litológicas en el área urbana de Guaranda, determinando la respuesta dinámica en función del parámetro de  $V_{s30}$ .

Los equipos para la adquisición de los datos sísmicos de refracción son: (i) sismógrafo Ambrogeo de 24 canales, (ii) 2 cables de 57.5 m c/u con un total de 115 m para 24 canales, y (iii) 24 geófonos de marca Ambrogeo con sensibilidad de 14 Hz. Con este equipo se realizaron 11 tendidos sísmicos de 115 m cada una, en suelos ( $V_s$ ) y depósitos de avalanchas.



**Figura 4:** Prospección geofísica con sismógrafo y geófonos de 4,5 Hz con la instrumentación Ambrogeo.

Para el análisis con la línea sísmica de refracción con velocidad de onda de corte ( $V_{s30}$ ), se diferenciaron los materiales geológicos del sitio, en función del conocimiento geológico del área, así como de las tablas de velocidades sísmicas propuestas por ASTM (1995) y Sharma (1997).

Para la realización e interpretación de los ensayos, se utilizan los perfiles de suelos y rocas establecidos por la Norma NEC-2015 de acuerdo al valor obtenido en el  $V_s$  (30).

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$\bar{V}_s \geq 1500 \text{ m/s}$
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500 \text{ m/s} > \bar{V}_s \geq 760 \text{ m/s}$
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$760 \text{ m/s} > \bar{V}_s \geq 360 \text{ m/s}$
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$\bar{N} \geq 50.0$ $\bar{S}_u \geq 100 \text{ kPa} (\approx 1 \text{ kgf/cm}^2)$
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360 \text{ m/s} > \bar{V}_s \geq 180 \text{ m/s}$
	perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > \bar{N} \geq 15.0$ $100 \text{ kPa} (\approx 1 \text{ kgf/cm}^2) > \bar{S}_u \geq 50 \text{ kPa} (\approx 0.5 \text{ kgf/cm}^2)$
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$\bar{V}_s < 180 \text{ m/s}$
	perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $\bar{S}_u < 50 \text{ kPa} (\approx 0.50 \text{ kgf/cm}^2)$
F	<p>Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista (Ver 2.5.4.9). Se contemplan las siguientes subclases:</p> <p><b>F1</b>—Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como; suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc.</p> <p><b>F2</b>—Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (<math>H &gt; 3\text{m}</math> para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas).</p> <p><b>F3</b>—Arcillas de muy alta plasticidad (<math>H &gt; 7.5 \text{ m}</math> con índice de Plasticidad <math>IP &gt; 75</math>)</p> <p><b>F4</b>—Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (<math>H &gt; 30\text{m}</math>)</p> <p><b>F5</b>—Suelos con contrastes de impedancia <math>\alpha</math> ocurriendo dentro de los primeros 30 m superiores del perfil de subsuelo, incluyendo contactos entre suelos blandos y roca, con variaciones bruscas de velocidades de ondas de corte.</p> <p><b>F6</b>—Rellenos colocados sin control ingenieril.</p>	

**Tabla 2:** Parámetros geofísicos de sísmica Vs30 para clasificar perfiles geotécnicos favorables y desfavorables para la construcción.

## CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTEPRETACIÓN DE RESULTADOS

### 4. Presentación de resultados

#### 4.1. Caracterización de la amenaza sísmica en el área urbana de Guaranda - Objetivo 1.

##### 4.1.1. Referencia histórica

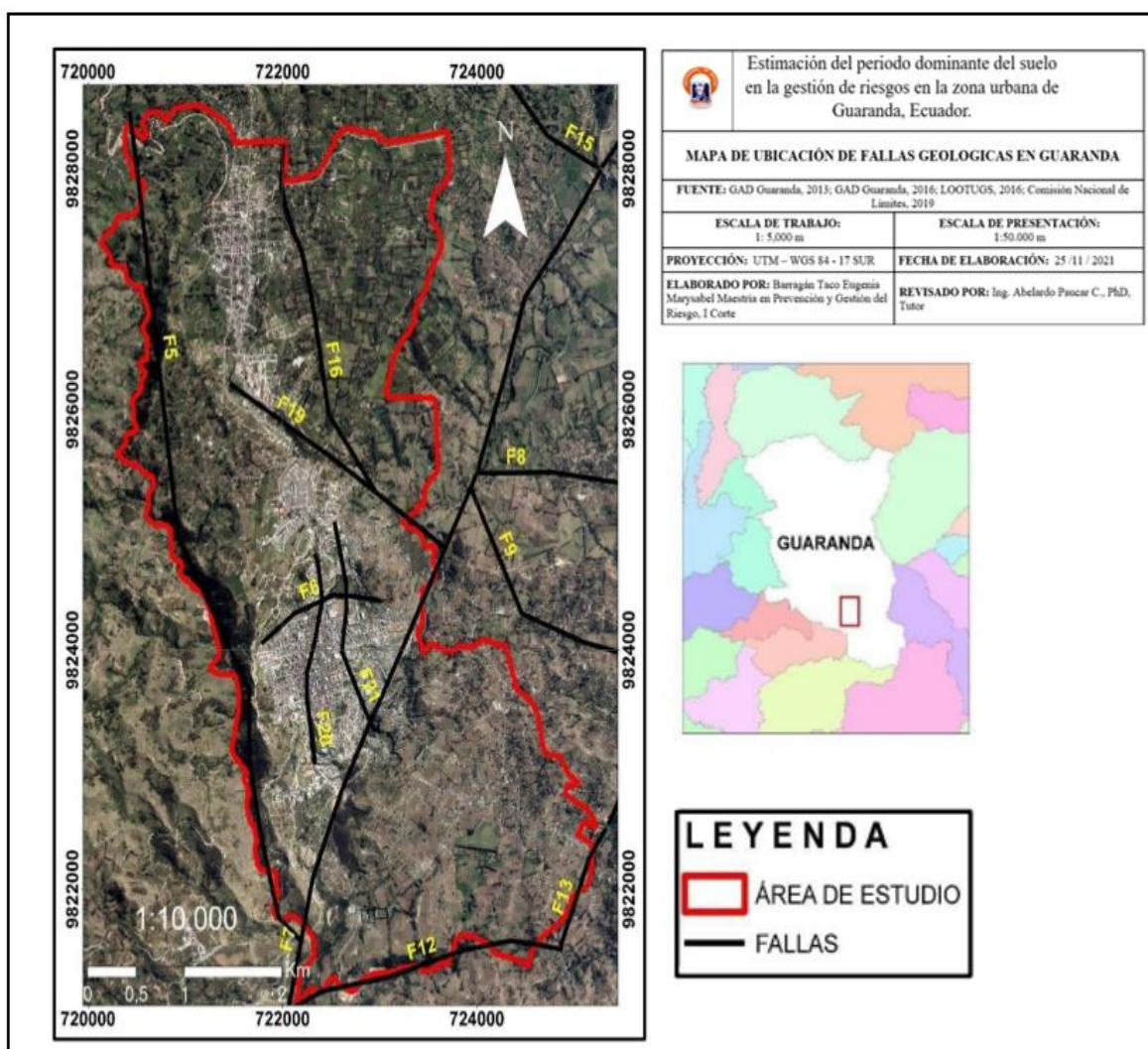
En esta fase se analiza las fuentes sísmicas y estructuras sismogénicas capaces de generar magnitudes de sismos  $M \geq 6$ , debido a los efectos o peligros geológicos cosísmicos que pueden formarse en suelos blandos saturados (licuefacción de suelos, subsidencia o asentamientos diferencial, etc.) y taludes inestables (deslizamientos en roca de tipo planar o cuña; deslizamientos en suelo de tipo flujo), que podrían causar daños en el área urbana de la ciudad de Guaranda.

Las fuentes sísmicas pueden ser: (i) sismos de subducción de interplaca e intraplaca, y (ii) sismos superficiales por fallas geológicas (Chunga, 2010). Para la ciudad de Guaranda, se han documentados daños menores y de mampostería para algunas viviendas, por los terremotos históricos de Manabí, de 1942 ( $M 7,9$ ) y 2016 ( $M 7,8$ ). El escenario sísmico más idóneo para las ciudades andinas, son los análisis de fallas geológicas corticales, donde las magnitudes son moderadas ( $6.5 \leq M \leq 7.1$ ) pero por sus cercanías pueden causar mayores daños en las poblaciones. En este informe se analiza los sismos corticales por fallas geológicas que pueden tener mayores aceleraciones sísmicas, no por la grandeza de la magnitud sino por la cercanía de las fallas geológicas a la ciudad de Guaranda.

##### 4.1.2. Identificación de fallas geológicas influencia en sismos locales y regionales.

Los lineamientos fueron obtenidos a partir del mosaico de ortofotos construido a escala 1:10.000 de la ciudad de Guaranda. Las fallas geológicas y lineamientos han sido identificadas con códigos. Las fallas predominantes del sector son F5 que está

en dirección N-S y F7(Río Guaranda) que es de dirección NE-SO paralela a las del sistema de fallas Pallatanga. Otras estructuras son los lineamientos que son descritas dentro del área de estudio y están en dirección similar a F5 (Río Salinas) y son: F16 (Guanujo), F20 (Quebrada del Mullo), F21(Quebrada de Guanguliquín). Los códigos F6, F8, F9, F1 y F19 (Negrocayo) pueden ser consideradas como lineamientos resultantes del rompimiento de la superficie. (nombres tomados del Almanaque de fallas geológicas nacional, Chunga)



**Figura 5:** Tenemos un mapa del área de estudio con las fallas geológicas.

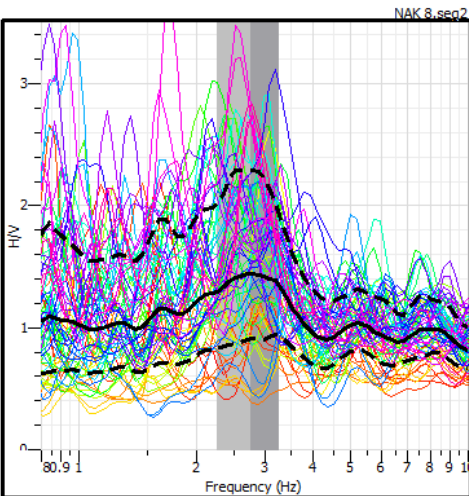
## 4.2. Cuantificar el número de construcciones existentes que podrían ser afectadas desde los ensayos de periodo de vibración de suelo - Objetivo 2.

### 4.2.1. Resultado del periodo del suelo

Los ensayos se realizaron en 9 sectores de la ciudad de Guaranda, estos fueron seleccionados por las afectaciones en viviendas con el terremoto del 2016 ocurrido en la ciudad de Pedernales provincia de Manabí, los períodos (s) de vibración en edificaciones dependen de su rigidez y masa, mientras más masa, mayor periodo (s), y mientras más rigidez, menor periodo.

A continuación, se muestra los resultados de ensayos sísmicos mediante el método de Nakamura y promedio de período de vibración del suelo por sectores del área urbana de Guaranda

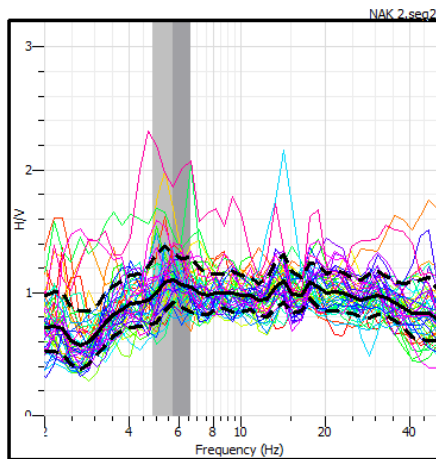
**Tabla 3:** Resultados de ensayos y promedio de período de vibración del suelo por sectores de Guaranda.

Sectores	Ensayos	Resultados
Chalongoto		0.15 s

---

**Coloma Román Norte**

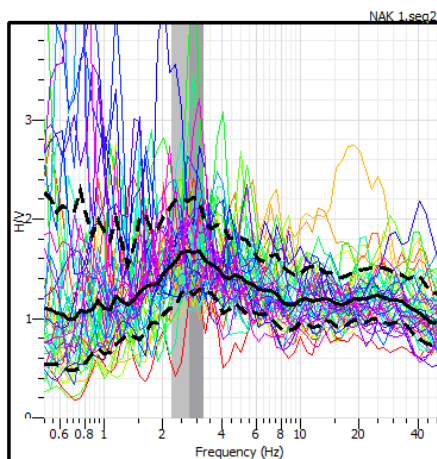
0.18 s



---

**Joyocoto**

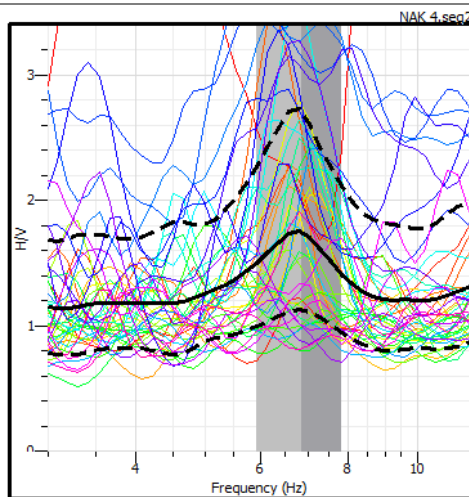
0.26 s



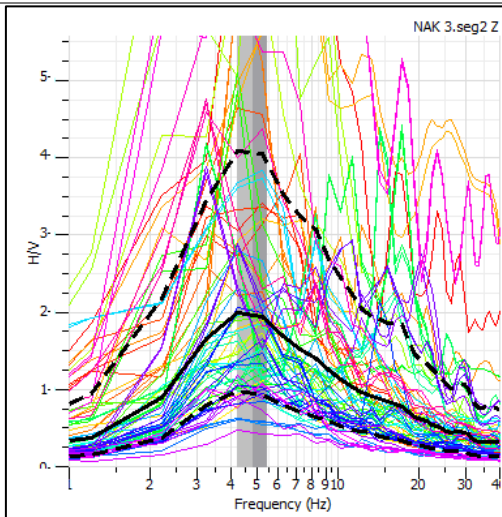
---

**Laguacoto**

0.14 s

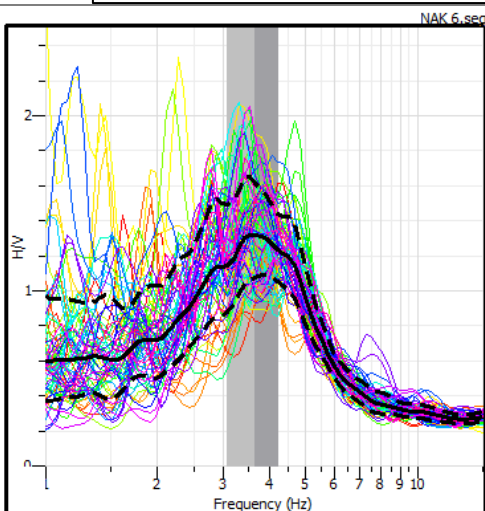


**Merced alta**



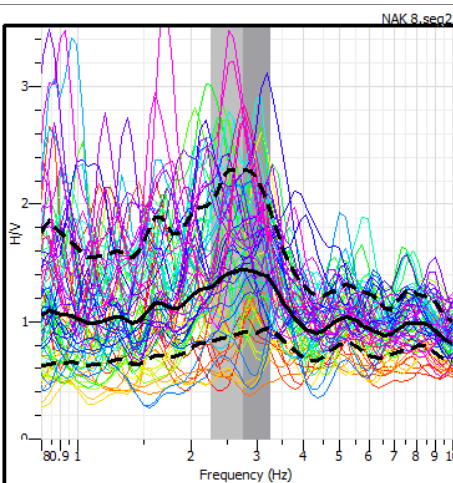
0.21  
s

**Plaza Roja**

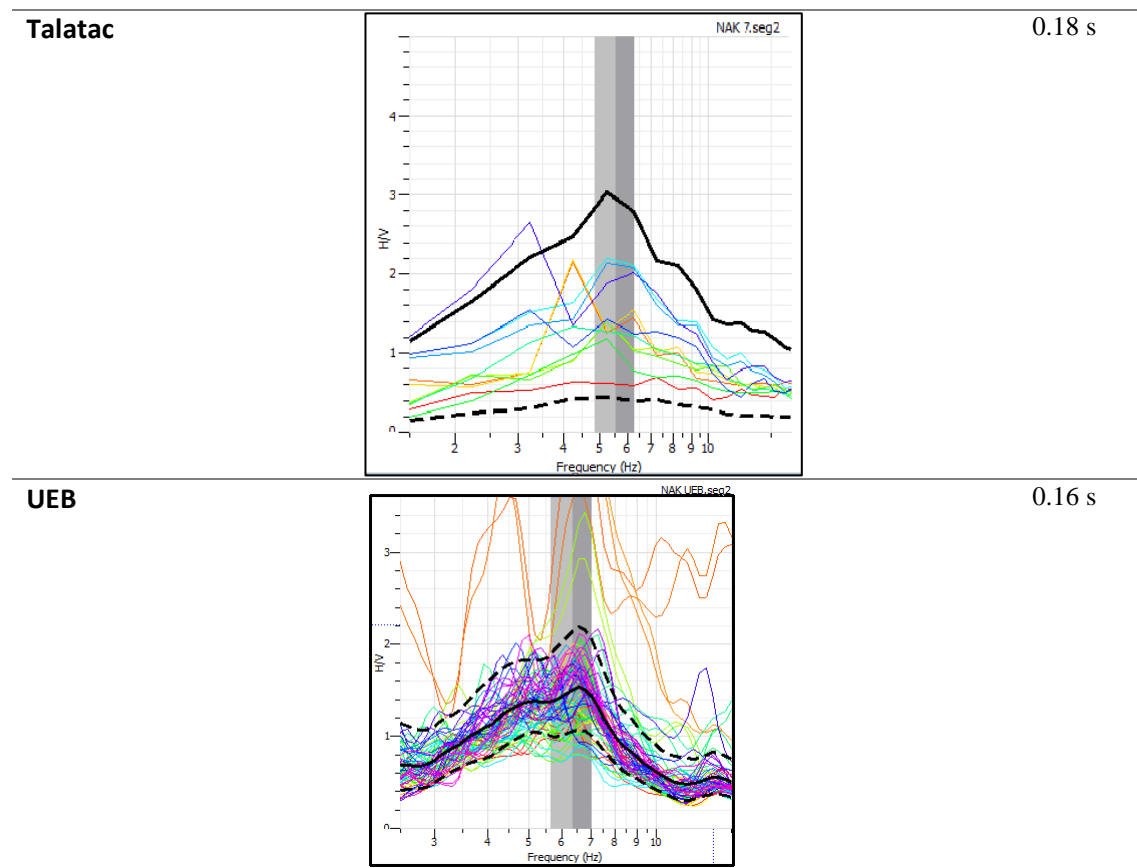


0.28 s

**Sector Mercado  
Mayorista**



0.37 s



#### 4.2.2. Resultado de relación entre el periodo y la afectación de las edificaciones existentes en la ciudad de Guaranda.

Los modos de vibrar controlan el comportamiento estructural, siendo el más importante el de periodo más largo, denominado fundamental. En forma aproximada es igual a 0.11 veces el número de pisos, para realizar la relación con los promedios de periodos obtenidos en los resultados de los ensayos realizados, obteniendo en el sector de Chalongoto un promedio de 0.15s que lo recomendable sería en este sector construcciones mayores a 2 pisos; en el sector de la Coloma Román Norte tenemos un periodo promedio de 0.18s que lo recomendable serías construcciones de 1 piso o mayores de 3 pisos; en el sector de Joyocoto tenemos un periodo promedio de 0.26s que lo recomendable serías construcciones de 1 piso o mayores de 3 pisos; en el sector de Laguacoto tenemos un periodo promedio de 0.14s que lo recomendable serías construcciones mayores de 1 piso; en el sector de la Merced Alta tenemos un periodo promedio

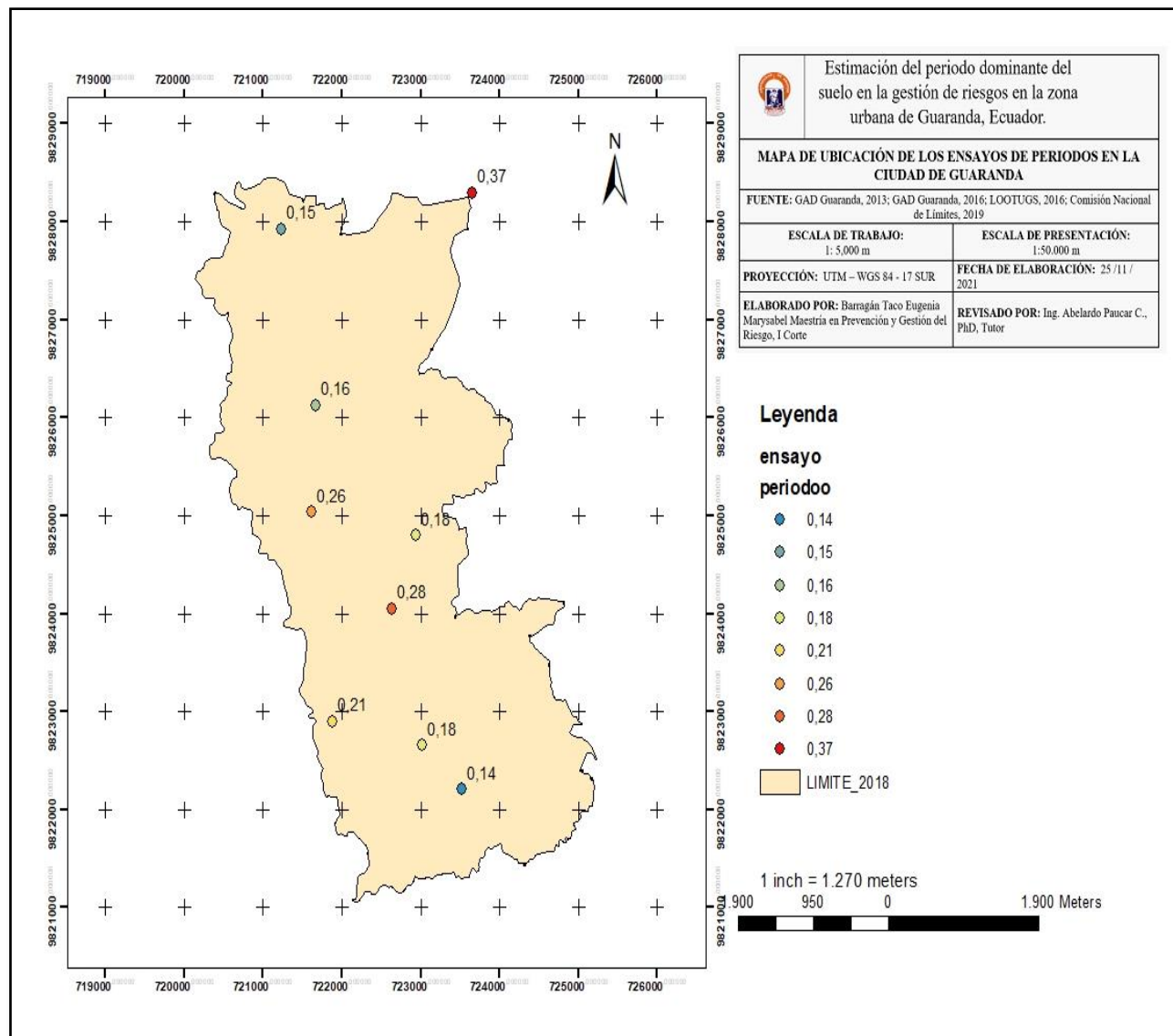
de 0.21s que lo recomendable serias construcciones de 1 piso o mayores de 3 pisos; en el sector de la Plaza Roja tenemos un periodo promedio de 0.28s que lo recomendable serias construcciones de 1, 2 pisos o mayores de 4 pisos; en el sector del nuevo Mercado Mayorista tenemos un periodo promedio de 0.37s que lo recomendable serias construcciones de 1, 2 pisos o mayores de 4 pisos; en el sector de la Colina de Talatac te tenemos un periodo promedio de 0.18s que lo recomendable serias construcciones de 1 piso o mayores de 3 pisos; en el sector de la Universidad Estatal de Bolívar tenemos un periodo promedio de 0.16s que lo recomendable serias construcciones de mayor de 2 pisos.

**Tabla 4:**

De sectores periodos para cada piso y el periodo promedio del resultado.

Sectores	Periodos promedios	Periodos para 1 piso	Periodos para 2 piso	Periodos para 3 piso	Periodos para 4 piso	Periodos para 5 piso	Periodos para 6 piso
Chalongoto	0,15 s	0,11	0,22	0,33	0,44	0,55	0,66
Coloma Román Norte	0,18 s	0,11	0,22	0,33	0,44	0,55	0,66
Joyocoto	0,26 s	0,11	0,22	0,33	0,44	0,55	0,66
Laguacoto	0,14 s	0,11	0,22	0,33	0,44	0,55	0,66
Merced alta	0,21 s	0,11	0,22	0,33	0,44	0,55	0,66
Plaza Roja	0,28 s	0,11	0,22	0,33	0,44	0,55	0,66
Sector Mercado Mayorista	0,37 s	0,11	0,22	0,33	0,44	0,55	0,66
Talatac	0,18 s	0,11	0,22	0,33	0,44	0,55	0,66
UEB	0,16 s	0,11	0,22	0,33	0,44	0,55	0,66

**Imagen 3: MAPA DE UBICACIÓN DE LOS ENSAYOS DE PERIODOS EN LA CIUDAD DE GUARANDA DE GUARANDA**



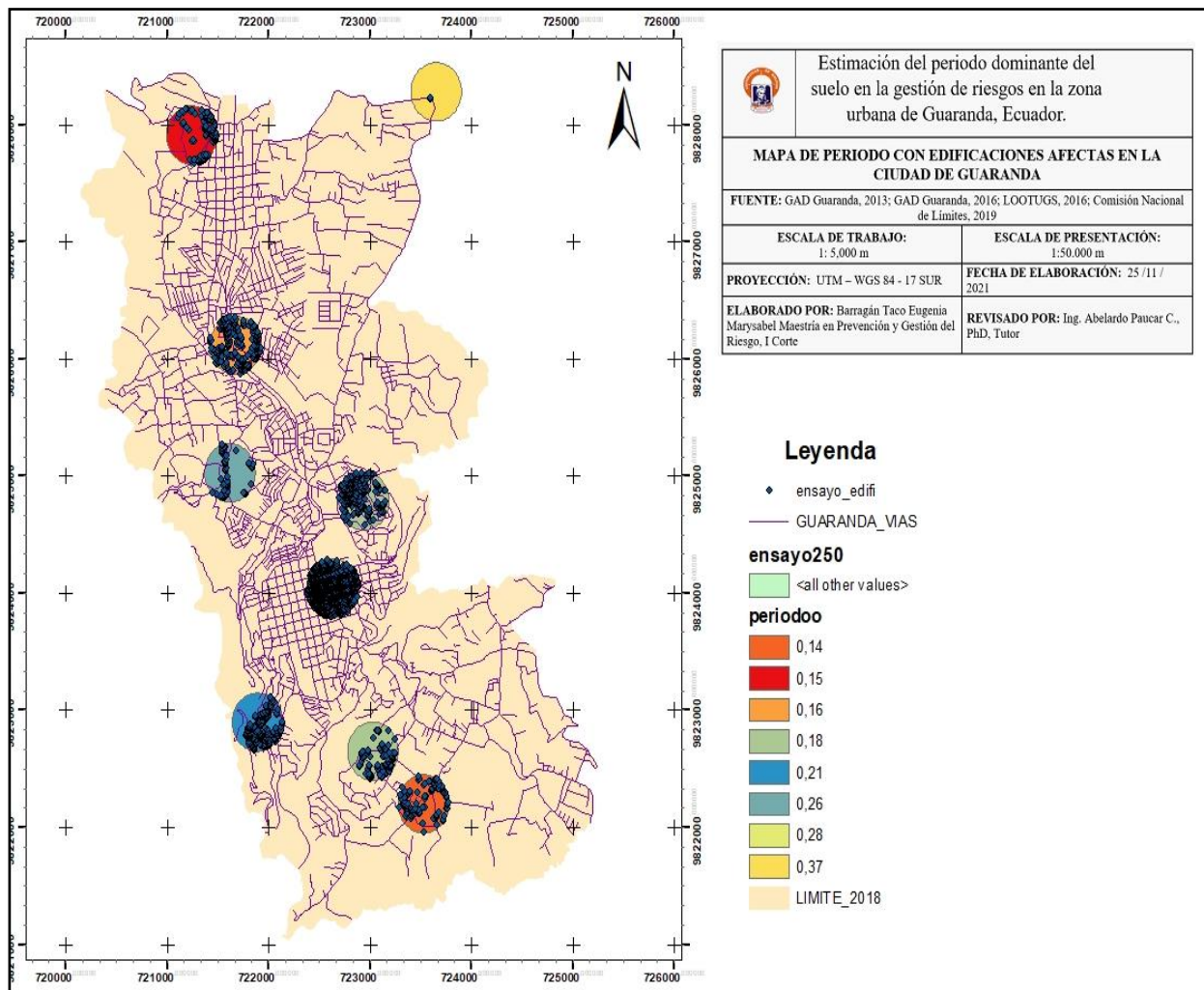
Chalongoto un promedio de periodo de 0.15s lo que habría resonancia en las edificaciones de 1 piso que son 126 viviendas; el sector de la Coloma Román Norte tenemos un periodo promedio de 0.18s lo que habría resonancia en las edificaciones de 2 pisos que son 99 viviendas; en el sector de Joyocoto tenemos un periodo promedio de 0.26s lo que habría resonancia en las edificaciones de 2 pisos que son 20 viviendas; en el sector de Laguacoto tenemos un periodo promedio de 0.14s lo que habría resonancia en las edificaciones de 1 pisos

que son 118 viviendas; en el sector de la Merced Alta tenemos un periodo promedio de 0.21s lo que habría resonancia en las edificaciones de 2 pisos que son 116 viviendas; en el sector de la Plaza Roja tenemos un periodo promedio de 0.28s lo que habría resonancia en las edificaciones de 3 pisos que son 242 viviendas; en el sector del nuevo Mercado Mayorista tenemos un periodo promedio de 0.37s lo que habría resonancia en las edificaciones de 3 pisos que son 0 viviendas; en el sector de la Colina de Talatac tenemos un periodo promedio de 0.18s lo que habría resonancia en las edificaciones de 2 pisos que son 27 viviendas; en el sector de la Universidad Estatal de Bolívar tenemos un periodo promedio de 0.16s lo que habría resonancia en las edificaciones de 1 piso que son 249 viviendas.

**Tabla 5:** De promedio de periodo edificaciones afectadas por pisos

Sectores	Periodos promedios	Número de pisos de las edificaciones de Guaranda								Total, general	Porcentaje de viviendas afectadas
		1	2	3	4	5	6	7	8		
Chalongoto	0,15 s	126	44	4	0	0	0	0	0	174	
Coloma Román Norte	0,18 s	256	99	25	4	0	0	0	0	384	
Joyocoto	0,26 s	64	20	4	0	0	0	0	0	88	
Laguacoto	0,14 s	118	34	2	0	0	0	0	0	154	
Merced alta	0,21 s	247	116	30	5	0	0	0	0	398	
Plaza Roja	0,28 s	1323	613	242	82	10	2	1	2	2275	
Sector Mercado Mayorista	0,37 s	2	0	0	0	0	0	0	0	2	
Talatac	0,18 s	101	27	0	0	0	0	0	0	128	
UEB	0,16 s	249	94	29	4	0	0	0	0	376	
<b>Total, general</b>		2486	1047	336	95	10	2	1	2	<b>3979</b>	
<b>Total, de viviendas afectadas</b>		493	262	242						997	<b>25.05</b>

**Imagen 4: MAPA DE PERIODO CON EDIFICACIONES AFECTADAS EN LA CIUDAD DE GUARANDA**



**4.3. Determinar el perfil del suelo para obtener zonas geotécnicas con condiciones favorables y desfavorables para construcciones en la ciudad de Guaranda -Objetivo 3.**

#### **4.3.1. Resultado del perfil del suelo.**

Al realizar la toma de muestra y revisar los resultados con la información de las NEC-2015 nos podemos dar cuenta que tipo de perfil de suelo hemos obtenido en cada ensayo realizado en la ciudad de Guaranda, Chalongoto se realizó un ensayo de una profundidad de 34m en lo cual

obtuvimos un suelo tipo E hasta los 12m, de los 12m hasta los 28m un suelo tipo D y de los 28m hasta los 34m un suelo tipo C; el sector de la Coloma Román Norte se realizó un ensayo de una profundidad de 32m en lo cual obtuvimos un suelo tipo D hasta los 30m, de los 30m hasta los 32m un suelo tipo C; en el sector de Joyocoto se realizó un ensayo de una profundidad de 28m en lo cual obtuvimos un suelo tipo E hasta los 6m, de los 6m hasta los 28m un suelo tipo D; en el sector de Laguacoto se realizó un ensayo de una profundidad de 34m en lo cual obtuvimos un suelo tipo E hasta los 6m, de los 6m hasta los 34m un suelo tipo D; en el sector de la Merced Alta se realizó un ensayo de una profundidad de 34m en lo cual obtuvimos un suelo tipo D hasta los 6m, de los 6m hasta los 24m un suelo tipo C y de los 24m hasta los 34m un suelo tipo B; en el sector de la Universidad Estatal de Bolívar se realizó un ensayo de una profundidad de 34m en lo cual obtuvimos un suelo tipo D hasta los 28m, de los 28m hasta los 34m un suelo tipo C.

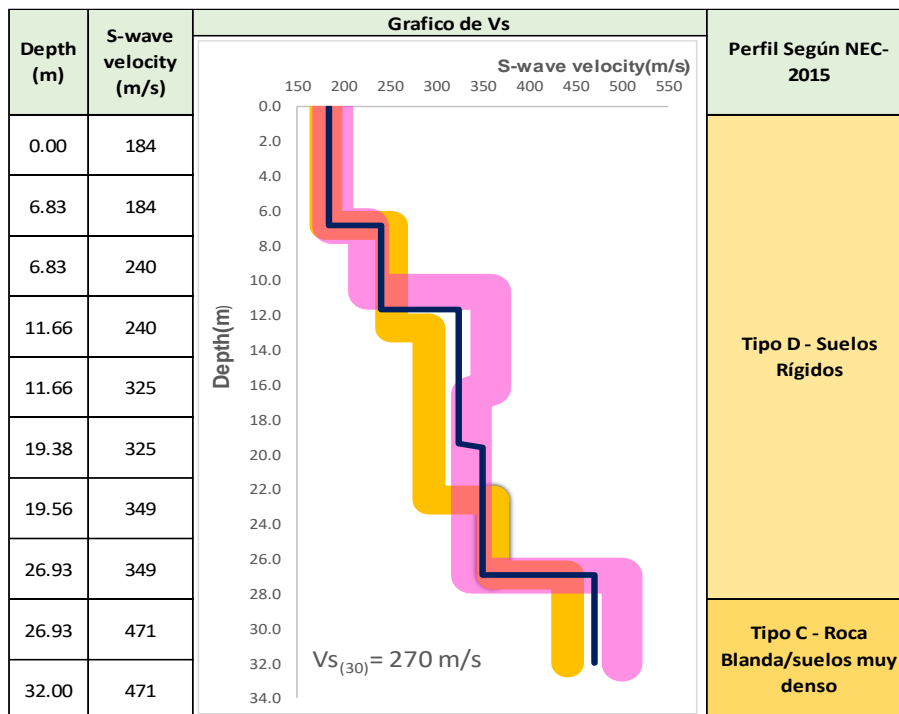
Para realizar el expandimiento de la ciudad recae en las autoridades del GAD-Municipal en el departamento de Planificación donde otorgan los permisos de uso de suelo y construcción, el municipio junto a los concejales debería realizar ordenanzas donde todos deberían sacar permisos de construcción tanto el área urbana y rural de la ciudad para evitar futuras daños de bienes inmuebles.

**Tabla 6:** Sectores con el tipo de perfil de suelo.

<b>SECTOR</b>	<b>TIPO DE PERFIL</b>		
<b>Universidad Estatal de Bolívar</b>	D	C	
<b>Joyocoto</b>	E	D	
<b>Coloma Román Norte</b>	D	C	
<b>La Merced Alta</b>	D	C	B
<b>Laguacoto</b>	E	D	
<b>Chalongoto</b>	E	D	C

**Tabla 7:** Este punto se realizó en la Universidad Estatal De Bolívar.

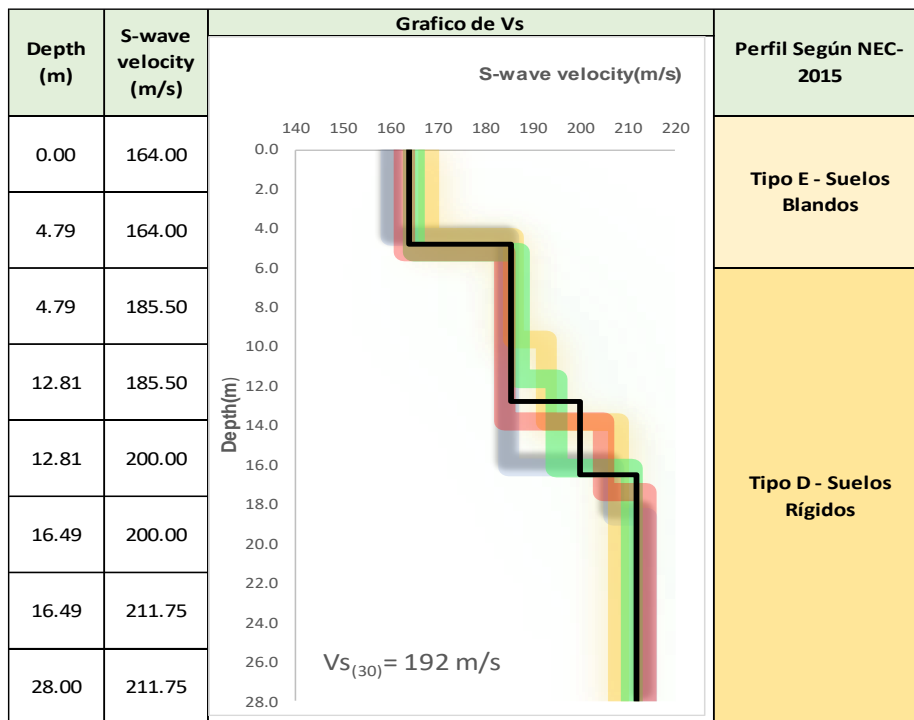
Donde nos indican los el perfil de suelo según la NEC-2015, que nos indican suelos rígidos, perfil con el que cumplen con el criterio de velocidad.



**Imagen 5:** Parte posterior de la facultad de Derecho de UEB

**Tabla 8:** Este punto se realizó vía a Joyocoto.

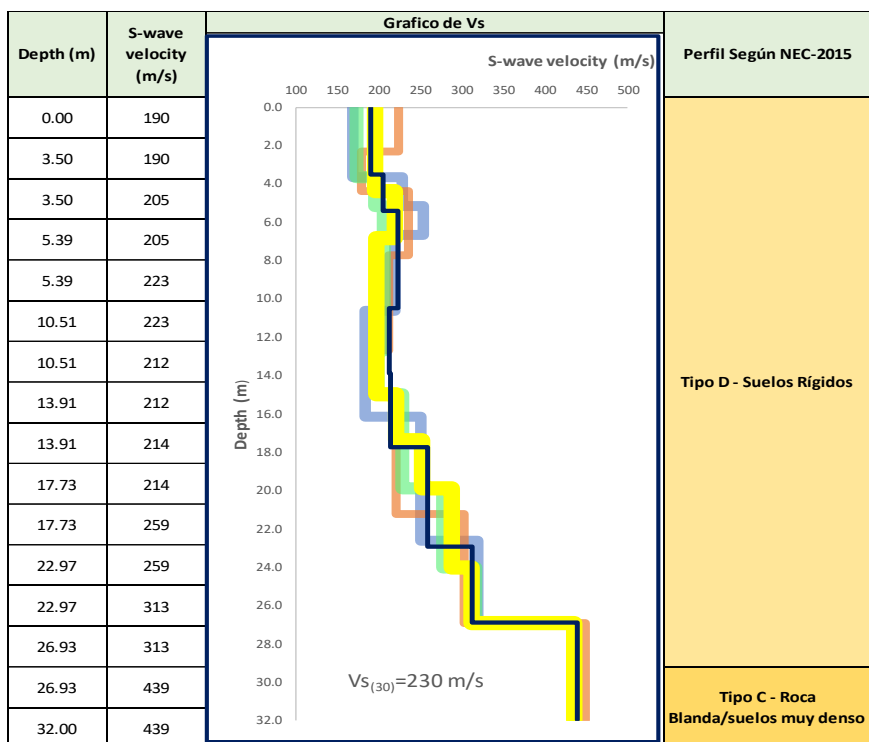
Donde nos indican los el perfil de suelo según la NEC-2015, que nos indica que son suelos blandos nos aptos para la construcción.



**Imagen 6:** Toma de nuestras en la vía a Joyocoto, parte posterior de la laguna de Joyocoto.

**Tabla 9:** Este punto se realizó en el sector de la ciudadela Coloma Román vía a las antenas.

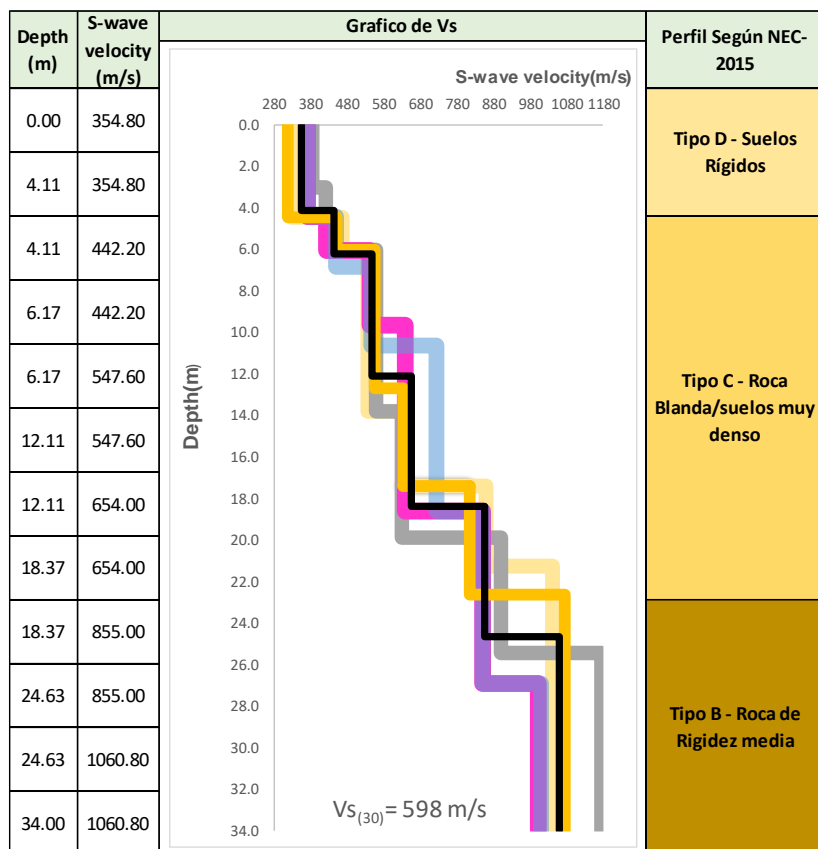
Donde nos indican los el perfil de suelo según la NEC-2015, que nos indican suelos rígidos, perfil con el que cumplen con el criterio de velocidad.



**Imagen 7:** Toma de muestras en el sector de la Coloma Román Norte vía a las antenas

**Tabla 10:** Este punto se realizó en el sector de la Merced Alta.

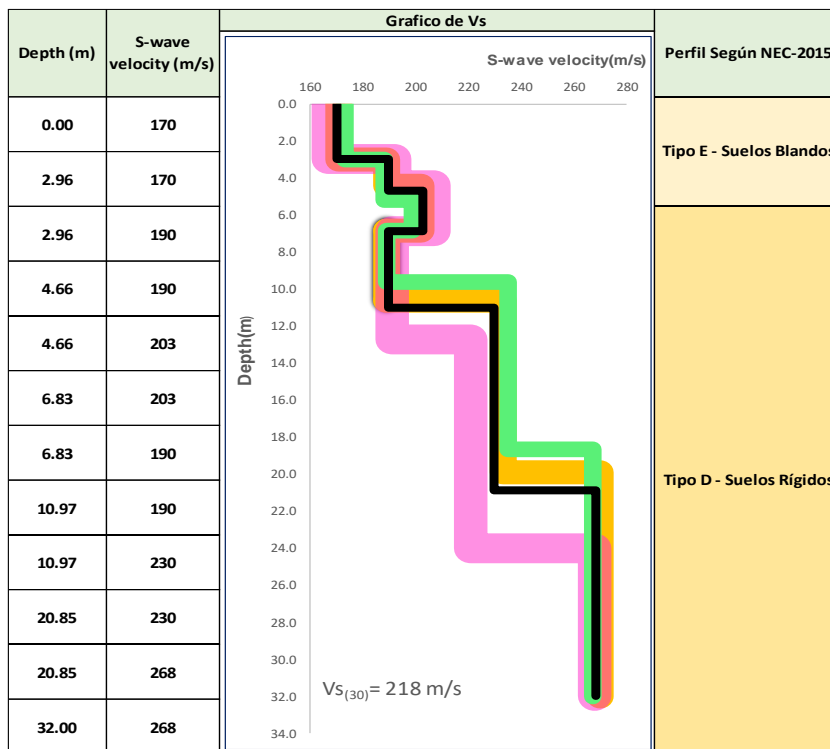
Donde nos indican los el perfil de suelo según la NEC-2015, que nos indican suelos rígidos, perfil con el que cumplen con el criterio de velocidad.



**Imagen 8:** Toma de muestra en el sector de la Merced Alta, equipo que hizo el recorrido del trabajo de campo Docentes de la UEB – Gestión de Riesgos, Maestranes Corte I.

**Tabla 11:** Este punto se realizó en el sector de la Laguacoto Bajo ciudadela vía a la Vinchoa Central

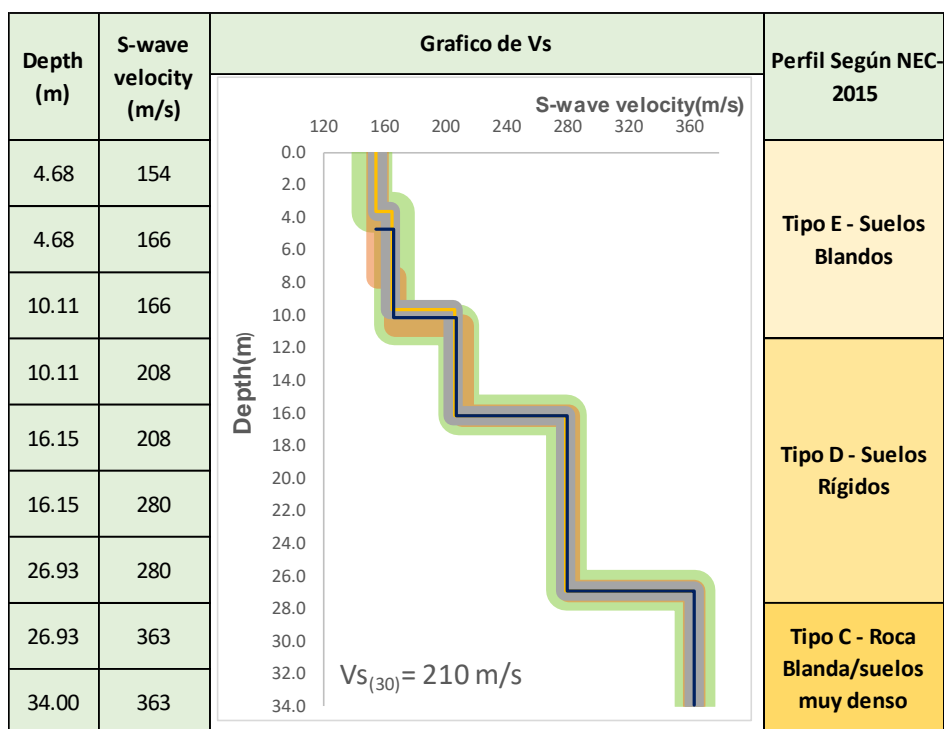
Donde nos indican los el perfil de suelo según la NEC-2015, que nos indican suelos blandos perfil con el que cumplen con el criterio de velocidad.



**Imagen 9:** Toma de muestral en el sector de Laguacoto Bajo vía Vinchoa Central.

**Tabla 12:** Este punto se realizó en el sector de la Chalongoto vía a Echeandía.

Donde nos indican los el perfil de suelo según la NEC-2015, que nos indican suelos blandos rígidos, perfil con el que cumplen con el criterio de velocidad.



**Imagen 10:** Toma de muestra en el sector de

Chalongoto vía a Echeandía.

#### **4.4. Comprobación de hipótesis o ideas a defender**

Los procedimientos de estimación del período del suelo permiten identificar las edificaciones que posiblemente podrían ser afectadas por resonancia y determinar los lugares de la construcción (lugares favorables y desfavorables).

Los ensayos realizados en la ciudad de Guaranda nos permitieron verificar el periodo del suelo que los modos de vibrar controlan el comportamiento estructural de las edificaciones, siendo el más importante el de periodo más largo, denominado fundamental. En forma aproximada es igual a 0.11 veces el número de pisos, en donde encontramos las posibles edificaciones que pueden ser afectadas por resonancia.

## CONCLUSIONES

- El área urbana de Guaranda se localiza en una zona de amenaza de sísmica por influencia de fallas geológicas regionales corticales como la Pallatanga y locales como las fallas del río Guaranda, río Salinas, río Chimbo que al activarse pueden generar sismos que podrían causar afectaciones de resonancia a las edificaciones públicas y privadas.
- Los periodos de vibración del suelo varían entre 0,14s a 0,37s que podrían afectar debido a los efectos de la resonancia principalmente a edificaciones entre uno a tres pisos que predominan en el área urbana de Guaranda, siendo los sectores de la Plaza Roja, Coloma Román Norte y la Universidad Estatal de Bolívar (UEB) con mayor número de edificaciones.
- El periodo del suelo siendo uno de los principales en este estudio y al tener relación con las edificaciones existentes se obtuvo una muestra de 3979 edificaciones siendo 997 viviendas afectadas por resonancia que representan un 25.05% dentro del área urbana de la ciudad de Guaranda.
- Los resultados de los ensayos geotécnicos mediante el método indirecto (Nakamura) con profundidades hasta 34 metros, muestran que en el perfil del suelo en el área urbana de Guaranda predominan los suelos de tipo E (suelos blandos) y tipo D (suelos rígidos), los suelos de tipo E por ser blandos presentarían condiciones desfavorables para la construcción de las edificaciones, las mismas que se localizan en los sectores de Joyocoto, Laguacoto y Chalongoto.

- El desarrollo de la población en la ciudad de Guaranda tiene la necesidad de mejorar la condición de vida para lo cual se debe ser reducir cualquier tipo de amenaza que podría estar afectando a su integridad física, intelectual y moral, así como también a sus bienes y así tener un bienestar colectivo con acceso a todos los recursos que el estado garantiza como educación, salud además de agua potable, luz eléctrica, alcantarillado y la vialidad.
- Al ver los lugares favorables y desfavorables de la construcción tiene en su totalidad la responsabilidad el GAD-Municipal y el departamento de Planificación en realizar el ordenamiento territorial y regular la expansión de la ciudad al otorgar los permisos de uso de suelo y los permisos de construcción con base en la Norma Ecuatoria de la Construcción (NEC-11,2015), para evitar posibles afectaciones de viviendas con sismos a futuro.

## RECOMENDACIONES

- Las autoridades cantonales, provinciales y nacionales deben considerar los estudios realizados por los estudiantes de pregrado y posgrado en temas muy importantes como la gestión de riesgos que tiene beneficio en el desarrollo de la localidad y son ejemplos para el resto de las ciudades de nuestro país.
- Los funcionarios del GAD- Municipal deben tener capacitaciones en la NEC, 2015, para otorgar los permisos de uso de suelo y de la construcción a la ciudadanía de la parte urbana y rural del Cantón Guaranda para tener un buen ordenamiento territorial.
- Las autoridades del municipio deben generar ordenanzas de cumplimiento y sancionar por el incumplimiento de permisos para el uso de suelo y permisos para la construcción basados en la NEC-2015, tanto de la manera urbana y rural de la ciudad para evitar futuros daños de bienes inmuebles y demolición de las viviendas afectas por los sismos.
- Densificar la red de ensayos de periodo de suelo para establecer un mejor ordenamiento territorial para nuestra ciudad, donde los resultados presentados son de gran importancia para el Gad-Municipal.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arancibia, F. 2007. Publicado 16 de agosto de 2007. ingenieria y Construcccion. Obtenido de <http://facingyconst.blogspot.com/2007/08/daos-en-edificacion-debidos-terremotos.html>
- Badillo Lascano Jonathan Alexis, 2015. Comparación del comportamiento a la resonancia entre estructuras con muros de corte duales y estructuras con pórticos resistentes a momento para un suelo típico de Quito. Pontificia Universidad Católica del Ecuador
- Benítez Gonzáles, J. C. 2017. Elaboración de un plan de emergencia ante el riesgo de terremotos en el taller automotriz de la Compañía Induauto SA matriz ubicado en la ciudad de Guayaquil (Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Industrial. Carrera de Ingeniería Industrial.).
- Centro Nacional de Prevención de Desastres, 2017.
- Cevallos Andrea, Burbano Angie, Moreano Ronny, Pablo Caiza 2019. Vulnerabilidad de estructuras en base a los periodos de vibración, Carrera de Ingeniería Civil, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí Ecuador. Profesor, Departamento de Ciencias de la Tierra y la Construcción, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí Ecuador
- Código ecuatoriano de la construcción, 2012, seismic resistant design: norma ecuatoriana de la construcción - nec nec-se-ds cargas sísmicas diseño sismo resistente, p. 27–32, doi:10.1533/9781782420477.27.
- Comunidad Andina 2009. Pérdidas Históricas. Obtenido de [http://www.comunidadandina.org/predecan/atlasweb/chapters/el\\_nino\\_y\\_la\\_nina/2.html](http://www.comunidadandina.org/predecan/atlasweb/chapters/el_nino_y_la_nina/2.html)
- CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR 2008, Decreto Legislativo 0, Registro Oficial 449 de 20-oct-2008. Ultima modificación: 13-jul-2011. Estado: Vigente

- CHUQUISENGO, O. 2011. Guía de Gestión de Riesgos de Desastres. Aplicación Práctica. Lima: Soluciones Prácticas, 2011. Disponible en Internet: <http://cridlac.org/digitalizacion/pdf/spa/doc19058/doc19058.htm>
- Delgado Marchal José 2021. Evaluación de la Peligrosidad de Inestabilidades de Laderas Asociadas a Terremotos. Facultad de Ciencias. Universidad de Alicante. Programa Estatal de I+D+i Orientada a los Retos de la Sociedad. Área temática de gestión: Biodiversidad, Ciencias de la Tierra y Cambio Global. Subárea temática: Ciencias de la Tierra.
- Domínguez, J., & López, K. 2021. EVALUACIÓN POS SISMO DE LAS EDIFICACIONES DE LA CIUDAD DE MANTA LUEGO DEL TERREMOTO DEL 16A. Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras, 26(4), 667-711.
- Farfán Monar, D. A. 2021. Estudio morfológico y estructural aplicado a la zonación sísmica de la ciudad de Guaranda, Provincia de Bolívar (Bachelor's thesis, Facultad de Ciencias Naturales. Universidad de Guayaquil).
- Forero Torres, J. 2021. Plan maestro de desarrollo urbanístico y arquitectónico de la Pontificia Universidad Javeriana Sede Bogotá. Universidad del Rosario.
- Geographic, N 2010. Publicado 6 de enero de 2010. National Geographic. Obtenido de <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/terremotos>
- Instituto geofísico del ecuador, 2007, catálogo de terremotos del ecuador: , p. 114– 126, [http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/6007/catalogo\\_terremotos\\_113-127.pdf?sequence=5&isallowed=y](http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/6007/catalogo_terremotos_113-127.pdf?sequence=5&isallowed=y).
- Lavell, A. 2007. Apuntes para una reflexión institucional en países de la Subregión Andina sobre el enfoque de la Gestión del Riesgo. Apoyo a la Prevención de Desastres en la Comunidad Andina.

- López, O. A. 2014. Guía para la Evaluación de Edificaciones Existentes con Fines de Adecuación Sísmica. En O. A. López, Ingeniería Sísmica. Caracas.
- Morales Marcillo, C. J. (2017). Comportamiento dinámico de dos viviendas ubicadas en la urbanización acuarela II con la determinación del período fundamental según la nec-15, bahía de caraquez (Bachelor's thesis, JIPIJAPA-UNESUM).
- Nakamura, Y. 2000, January. Clear identification of fundamental idea of Nakamura's technique and its applications. In Proceedings of the 12th world conference on earthquake engineering (Vol. 2656, pp. 1-8).
- Paucar, a., 2011, "Metodología para la Microzonación sísmica de la ciudad de guaranda / ecuador": universidad de alicante, 79 p
- Paucar, a., 2011 Metodología para la Microzonificación Sísmica de la Ciudad de Guaranda. Universidad de Alicante.
- Quinde Martínez Pablo y Reinoso Angulo Eduardo, 2016. Estudio de peligro sísmico de ecuador y propuesta de espectros de diseño para la ciudad de cuenca. Revista de Ingeniería Sísmica No. 94 1-26, 7 p.
- Portuguez, c., and mena, d., 2011, microzonificación sísmica de la zona urbana del cantón guaranda.: Seisimager, 2009, seisimager/2dtm manual version 3.3 pickwin v. 4.0.1.5 plotrefa v. 2.9.1.6: , p. 217–220
- Silva, P. G., Goy, J. L., & Zazo, C. 1988. Neotectónica del sector centro-meridional de la Cuenca de Madrid.
- SNGR. (2016). Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos. INFORME DE SITUACION N°65. Pedernales: Estatal.
- Toulkeridis, T., 2011: Volcanic Galápagos Volcánico. Ediecuatorial, Quito, Ecuador: 364 p

- Toulkeridis, T., 2013: Volcanes Activos Ecuador. Santa Rita, Quito, Ecuador: 152 p
- Toulkeridis, T. (editor), 2015a: Amenazas de Origen Natural y Gestión del Riesgo en el Ecuador. Imprenta de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, Ecuador: 180 pp.
- Toulkeridis, T. (editor), 2015b: Algunos elementos fundamentales en el manejo de reducción de riesgo de desastres. Imprenta de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, Ecuador: 182 pp.
- UNISDR 2016. Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres. Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas. Ginebra mayo del 2009, actualizada 2016. 1-43p.
- Vega Mora, Leonel. 2002. Hacia un diagnóstico territorial bajo enfoque sistémico. Innovar, 12(20), 45-54. Retrieved March 19, 2022, from [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0121-505120022000200004&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-505120022000200004&lng=en&tlng=es).
- Velasco, c., 2013, estudio de la percepción del riesgo de la población de la ciudad de guaranda ante eventos adversos (sismos, deslizamientos e inundaciones): 1–37 p.
- Venezuela 2011. La microzonificación sísmica para la reducción del riesgo sísmico. Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela, 26(2), 3-6. Recuperado en 19 de marzo de 2022, de [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-40652011000200001&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652011000200001&lng=es&tlng=es).

**ANEXOS**

**Imagen 11:** Sector UEB, docentes y maestrantes



**Imagen 12:** Sector Lagucoto Bajo



**Imagen 13:** Sector Loma Talalag, docentes y maestrantes



**Imagen 14:** Sector de la Merced Alta, docentes y maestrantes



## Document Information

---

<b>Analyzed document</b>	Marysabel Barragan_12_12_2022.pdf (D153153601)
<b>Submitted</b>	2022-12-12 21:49:00
<b>Submitted by</b>	
<b>Submitter email</b>	eugenia.barragan@ueb.edu.ec
<b>Similarity</b>	5%
<b>Analysis address</b>	apaucar.ueb@analysis.arkund.com

## Sources included in the report

---

## Entire Document

---

## Hit and source - focused comparison, Side by Side

---

**Submitted text** As student entered the text in the submitted document.

**Matching text** As the text appears in the source.