

**Zonas geotécnicas con condiciones favorables y
desfavorables para construcciones desde ensayos
geofísicos de sismicidad en la ciudad de Guaranda,
Ecuador**

*Geotechnical zones with favorable and unfavorable conditions for
construction from geophysical seismicity tests in the city of Guaranda,
Ecuador*

<https://doi.org/10.5281/zenodo.10463672>

AUTORES: Marysabel Barragán Taco^{1*}

Abelardo Paucar Camacho²

DIRECCIÓN PARA CORRESPONDENCIA: eugenia.barragan@ueb.edu.ec

Fecha de recepción: 18 / 10 / 2023

Fecha de aceptación: 06 / 12 / 2023

RESUMEN

El Ecuador al estar localizado en el Cinturón de Fuego del Pacífico, es un país que se encuentra expuesto a amenazas de origen natural, como el caso de sismos que han ocasionado la pérdida de vidas humanas, afectación y destrucción edificaciones e infraestructura esencial, lo que incide en el proceso de desarrollo de los territorios; el sismo del año 2016, refleja el alto peligro sísmico del país, ya causó graves afectaciones, principalmente, por dos factores: la calidad de los suelos y de las construcciones de las edificaciones públicas y privadas. El presente estudio tiene el propósito de realizar estudios para determinar el perfil del suelo para identificar zonas geotécnicas con condiciones favorables y desfavorables para construcciones a través de ensayos geofísicos de sismicidad en el área urbana de Guaranda. La combinación

^{1*} <https://orcid.org/0009-0007-1724-5839>, Universidad Estatal de Bolívar, eugenia.barragan@ueb.edu.ec

² <https://orcid.org/0000-0003-2722-1850>, Universidad Estatal de Bolívar, apaucar@ueb.edu.ec

de dos métodos MASW y MAM, permiten tener los resultados de los perfiles de velocidades de ondas S (V_s) con una profundidad aproximada de evaluación de 300m a 80m, esto permite establecer la estratigrafía del subsuelo de forma indirecta, basándose en el cambio de las propiedades dinámicas en los materiales que la conforman, con el resultado de velocidad de onda de corte (V_s), las características físicas del suelo dependen de los materiales que contienen sus desemejantes capas en profundidad y que pueden ser apreciadas con la geología, estratigrafía y geomorfología. Tomando en consideración, su dinámica asociada a la ocurrencia de sismos y lluvias, puede ser conocida usando métodos geofísicos de monitoreo temporal, la información que se genere a partir del procesamiento y análisis de los datos geofísicos permitirán identificar y delimitar, en superficie y profundidad, los suelos con diferente comportamiento dinámico asociado a su composición, rigidez y nivel de saturación, en los sectores escogidos se obtuvo los siguientes resultados: Chalongoto con 34m de profundidad, el perfil de suelo es tipo E; en la Coloma Román Norte con 32m de profundidad, el perfil de suelo es tipo D; en Joyocoto con 28m de profundidad, el perfil de suelo es tipo E; en Laguacoto con 34m profundidad, el perfil de suelo es tipo E; en la Merced Alta con 34m de profundidad el perfil de suelo es tipo D; en la Universidad Estatal de Bolívar con 34m de profundidad el perfil de suelo es tipo D, con estos resultados tenemos que los suelos de tipo D y E son desfavorables para la construcción.

Palabras clave: *Construcciones, geofísica, geotecnia y sismos*

ABSTRACT

Ecuador, being located in the Pacific Ring of Fire, is a country that is exposed to threats of natural origin, such as the case of earthquakes that have caused the loss of human life, affectation and destruction of buildings and essential infrastructure, which influences the development process of the territories; The 2016 earthquake reflects the high seismic hazard of the country, and caused serious damage, mainly due to two factors: the quality of the soil and the construction of public and private buildings. The purpose of this study is to carry out studies to determine the soil profile to identify geotechnical zones with favorable and unfavorable conditions for construction through geophysical seismicity tests in the urban area of Guaranda. The combination of two methods, MASW and MAM, allow obtaining the results of the S wave velocity profiles (V_s) with an approximate depth of evaluation of 300m

to 80m. This allows establishing the subsoil stratigraphy indirectly, based on the change From the dynamic properties of the materials that make it up, with the result of shear wave speed (Vs), the physical characteristics of the soil depend on the materials that contain their dissimilar layers in depth and that can be appreciated with geology, stratigraphy and geomorphology. Taking into consideration, its dynamics associated with the occurrence of earthquakes and rains, can be known using geophysical methods of temporary monitoring, the information generated from the processing and analysis of geophysical data will allow to identify and delimit, in surface and depth, the soils with different dynamic behavior associated with their composition, rigidity and saturation level, in the selected sectors the following results were obtained: Chalongo with 34m depth, the soil profile is type E; in Coloma Román Norte with a depth of 32m, the soil profile is type D; in Joyocoto, 28m deep, the soil profile is type E; in Laguacoto with a depth of 34m, the soil profile is type E; in the Merced Alta, with a depth of 34m, the soil profile is type D; At the State University of Bolívar, with a depth of 34m, the soil profile is type D, with these results we have that type D and E soils are unfavorable for construction.

Keywords: *Constructions, geophysics, geotechnics and earthquakes*

INTRODUCCIÓN

En América Central y América de Sur que son como las regiones que presentan gran movimiento sísmica, motivo por la cual se muestran una frecuencia de sismos que logran grandes magnitudes causando innumerables pérdidas de vidas humanas, afectación y daños materiales (Udías, 1998).

Ecuador puede describirse como un país multiamenazas, en lo que se describe a desastres naturales, por esta razón, es de gran importancia el trabajar por optimizar la calidad de las edificaciones (Fernández et al., 2018). En los últimos 460 años, se han presentado en Ecuador un gran número de sismos de una magnitud considerable (Cabezas, 2016).

Uno de los sismos históricos más representativos que fue de gran intensidad, que ocurrió en febrero del año 1797 en Riobamba que fue uno de las mas principales por el grado de afectación que a caudado en todo el Ecuador y como resultando fueron afectadas las provincias de Tungurahua, Cotopaxi, Bolívar y Pichincha (Rivadeneira et al., 2007). Las viviendas, que son construidas en su mayoría de una y dos plantas con paredes de material

de ladrillo, adobes de barro, madera, bahareque y en pocos casos de piedra estaban recubiertas con un “empañetado” como es de barro con paja picada y enlucida con una capa de barro fino, esto con mayor frecuencia es en las zonas rurales las técnicas constructivas son muy escasas, ante el terremoto, las casas cayeron desde sus cimientos, algunos barrios fueron sepultados y todas las iglesias, conventos, edificios públicos, hospitales y escuelas se destruyeron por completo (Egred, 2000). En agosto de 1898, sucedió un terremoto en la ciudad de Ibarra donde provocó daños muy considerables en la ciudad y todos sus alrededores (Rivadeneira et al., 2007).

En el año de 1900, comenzaron a trabajar en los primeros instrumentos de medición sísmica a nivel del mundo, desde esta fecha se encuentran los registros. El 31 de enero de 1906, se tuvo un suceso telúrico de magnitud $M_w=8.8$ en escala Richter que azotó las costas de Ecuador y Colombia; donde su epicentro fue aproximadamente a 18 km, al noroeste de la ciudad de Esmeraldas donde causo además un tsunami que generó olas de 5 metros de altura aproximadamente (Moncayo et al., 2017), pero se considera un efecto sobre las casas que fue pequeño en relación a su gran magnitud debido al tipo de construcción que prevalecía en esa época donde fue de madera dura y bien encajada (IGE EPN, 2011). El 2 de octubre de 1933, sucedió un sismo de magnitud 6.9 con un epicentro que fue localizado frente a las costas de las poblaciones de Montañita y Olón acompañado de fuertes oscilaciones a nivel del mar y grandes olas (Moncayo et al., 2017), en donde indican que los daños fueron en un cable submarino, fue roto a 25 kilómetros al sur de Salinas (Espinoza, 1992).

El 14 de mayo de 1942, un sismo sacudió a Manabí y a todo el Ecuador con una magnitud de 7.8 grados en escala Richter con una profundidad de 20 km este epicentro se localizó al oeste de la ciudad de Pedernales. En el año de 1944, un sismo muy importante de magnitud 6.7 con una profundidad de 20 km que nuevamente afectó a Esmeraldas. Mientras tanto, el 5 de agosto de 1949, sucedió el conocido “terremoto de Ambato” donde su magnitud fue de 6.8, lo que esto causó la destrucción total del cantón Pelileo y grandes pérdidas en los Cantones de Guano, Patate, Píllaro y Ambato aquí se presentó un daño considerable (Moncayo et al., 2017), en donde las construcciones de las casas en su gran mayoría eran de bahareque con piedra y adobe y de un número menor, de mampostería de piedra con muy pocos elementos de hormigón, las edificaciones de piedra pishilata donde fue empleada en iglesias y edificios públicos, donde muchas edificaciones colapsaron debido a una ordenanza

municipal que preservaba en el aspecto de la casa pero que carecía de muchos criterios técnicos muy elementales, además de que los encargados de la construcción incumplían con los lineamientos básicos (Torres, 2017). Después de algunos años, el 12 de diciembre de 1953, con una profundidad de 20 km un fuerte sismo de magnitud 7.3 que se provocó cerca de la frontera Ecuador Perú, frente a una población de Tumbes. La capital fue afectada por un sismo del 11 de mayo de 1955, con una magnitud de 6.5 y con una profundidad de 15 km. El 16 de enero de 1956 a una profundidad de 20 km de dio un evento sísmico de muy fuertes características con epicentro ubicado a 6 km al norte de una población denominada Tosagua y a 26 km de Bahía de Caráquez tenemos una magnitud de 7.0 (Moncayo et al., 2017). El 5 de marzo de 1987, la capital que fue afectada por un sismo fuerte, que provocó la muerte de 1000 personas aproximadamente, fuera de los límites de la ciudad (Fernández et al., 1995). El 4 de agosto de 1998, un sismo de magnitud 7.2 afectó a Bahía de Caráquez con una profundidad de 33 km y cuyo epicentro se ubicó a 20 km con una dirección al suroeste del sismo de 1956 (Moncayo et al., 2017).

La destrucción que causo el terremoto se pudo observar en las provincias de Esmeraldas, Santa Elena, Guayas, Los Ríos y parte de Santo Domingo de los Tsáchilas asimismo de varias provincias de la región Sierra, en donde se registró una intensidad de 4 dentro de la Escala Macrosísmica Europea (IG EPN, 2016).

En base a la experiencia del sismo en Pedernales en abril de 2016, se ha obtenido información útil a partir de edificaciones que colapsaron o que presentaron un grado de desperfecto significativo, en donde encontramos varias infraestructuras que fueron construidas sin ninguna normativa o criterio de construcción, la falta del control de las autoridades para que un profesional realice inspecciones de construcción y sin tener previsión a los daños estructurales que podrían darse ante la presencia de un sismo de gran magnitud (Fernández et al., 2018).

El Ecuador es conocido como un país que se encuentra expuesto a un peligro sísmico, esto involucra a ciertos eventos que pueden sumarse consigo la pérdida valiosa de vidas humanas, de igual manera pérdidas materiales y esto contrae grandes pérdidas económicas; es necesario realizar medidas que nos permitan reducir todos los efectos negativos que presenta un evento sísmico de gran magnitud, el efectuar los estudios que nos permitan determinar todo comportamiento posible de una estructura ante los eventos, las autoridades deben planificar

y mitigar los grandes efectos que ocasionan. El Ecuador ha sufrido varios eventos sísmicos de gran magnitud, todos con diferentes niveles de afectación e intensidad, los mismos que han causado daños considerables y víctimas fatales (Fernández et al., 1995).

La microzonificación sísmica de la ciudad de Guaranda realizada por el GAD Guaranda en 2011, basada en la teoría de propagación de ondas en el casco urbano de la ciudad de Guaranda, a partir de la utilización de los ensayos SPT (Standart Penetration Test) ha caracterizado la litología de la zona de estudio obteniendo el análisis de amplificación de las ondas sísmicas; en el estudio realizado por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional en 2007, establece aceleraciones máximas en roca (expresadas en términos de gals aceleración de la gravedad) presentaría valores entre 0,22 a 0,28 gals (IG/EPN, 2007), sin embargo, la Norma Ecuatoriana de la Construcción de 2015, establece el valor de 0,35 gals de aceleración en roca para Guaranda, por lo que se ubica en la Zona IV de alto peligro sísmico (NEC, 2015); adicionalmente, la ciudad registra antecedentes sísmico de importancia por los eventos de Intensidad VIII (escala MKS) considerados como grandes terremotos que fue afectada en los años 1674, 1797, 1911 y 1942 (Paucar, 2016).

Al realizar el estudio de la presente investigación tiene como finalidad determinar los perfiles de suelos a través de los ensayos geofísicos de sismicidad, de la zona urbana de la ciudad de Guaranda para adquirir los resultados de las zonas geotécnicas con sitios favorables y desfavorables para futuras construcciones de carácter público y privado; esta investigación es de gran importancia para el desarrollo de la ciudad considerando los antecedentes sísmicos que registra la ciudad, los resultados obtenidos serán un gran aporte para las autoridades locales, y asuman responsabilidades para realizar medidas de reducción ante la amenaza sísmica para las construcciones y edificaciones en base a criterios de la Norma Ecuatoriana de la Construcción de 2015 (NEC-2015).

METODOLOGÍA

El cantón Guaranda tiene una extensión territorial de 189.209 hectáreas 189.2 Km², pertenece a la provincia Bolívar, se encuentra ubicada en la hoya del río Chimbo, en las estribaciones de la cordillera Occidental de los Andes. El relieve del cantón como de la ciudad es accidentado en su zona interandina, debido a la presencia de la cordillera Occidental de Los Andes y el ramal de la cordillera de Chimbo tiene pequeños valles en Guanujo, Guaranda

y San Simón (meseta interandina) y valles mayores San Luis de Pambil (en la parte subtropical). El relieve del cantón oscila entre los 4.100 metros en el sector del Arenal (sierra) y 180 metros en la parroquia de San Luis de Pambil (subtrópico).

Las rocas de la depresión que se encuentra situada en la ciudad de Guaranda son de volcánicos cuaternarios estos son conocidos como Volcánicos Guaranda (Randell y Lozada, 1976). Los Volcánicos de Guaranda, los que son de la edad Pleistocénica, son de materiales piroclásticos que se encuentran cubriendo la topografía preexistente, que se mantienen reacomodadas. Según Lozada (1976), esto determina como tobas andesíticas de grano fino de color amarillo. Se debe considerar que en las últimas capas de piroclastos son de pómez, lapilli y tobas finas de uno de los volcanes más grandes del país como es el volcán Chimborazo y otros volcanes que son activos; lo que Escorza (1993) denomina cobertura de la Depresión de Guaranda.

En la ciudad de Guaranda se han seleccionado síes sectores para realizar los ensayos de geofísicos de sismicidad que son los siguientes: 1. Universidad Estatal de Bolívar, 2. Joyocoto, 3. Coloma Román Norte, 4. La Merced Alta, 5. Laguacoto, 6. Chalongoto, los mencionados lugares fueron seleccionados al tener antecedes de afecciones en viviendas por los sismos suscitados con anterioridad.

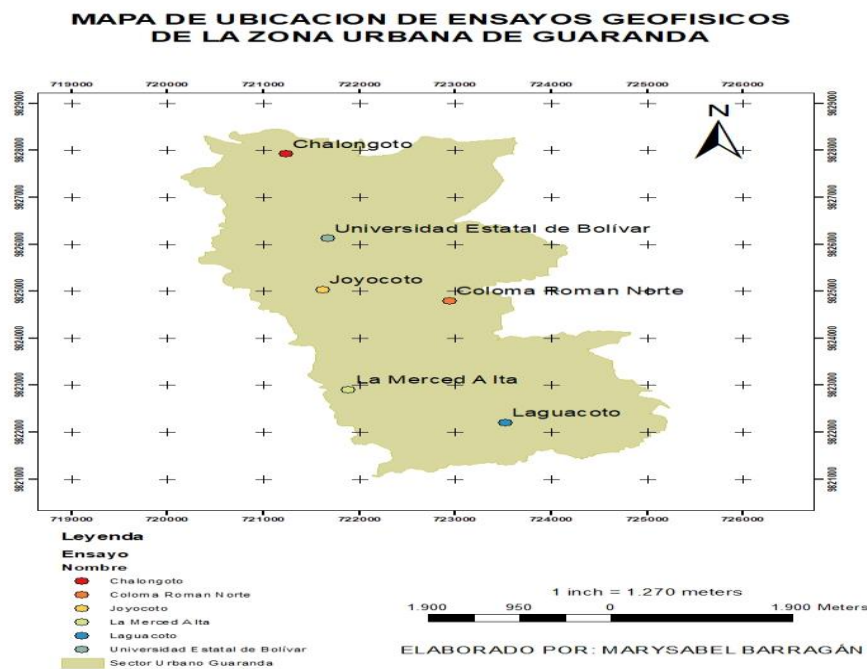


Figura 1. Mapa de ubicación de ensayos geofísicos de la zona urbana de Guaranda.

El presente estudio se lo realizó mediante trabajo de campo, los ensayos geofísicos se basan en una serie de datos que permiten conocer el estado actual de un suelo en específico, además, se consideró 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 sísmica de Vs (onda de corte), para las zonas de rocas en colinas se ubicaron las líneas sísmicas para estimación también de Vs. Las ondas Vp de sísmica de refracción no son empleadas en este estudio, solamente las velocidades indicadas en la (NEC- 2015).

Con respecto al método seleccionado (métodos MAN-MASW), se obtuvo mediciones de ensayos de ondas superficiales Vs, donde se seleccionó la técnica de prospección MASW que nos permite determinar la forma y profundidad de diferentes tipologías de fundaciones en estructuras esto para fuente sísmica activa y ReMi y/o MAM para fuente pasiva, de los cuales se obtuvieron los resultados 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 Vs30.

Los equipos que se utilizaron 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 (Vs) y depósitos de avalanchas.



Figura 2: Equipos para 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. Para la realización e interpretación de los ensayos, se utilizan los perfiles de suelos y rocas determinados por la Norma NEC-2015 de acuerdo al valor conseguido en el $V_s(30)$, en base a los criterios que se muestran en la siguiente tabla.

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	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $\bar{S}_u < 50 \text{ kPa} (\approx 0.5 \text{ kgf/cm}^2)$
F	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: F1 —Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como; suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc. F2 —Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas ($H > 3\text{m}$ para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas). F3 —Arcillas de muy alta plasticidad ($H > 7.5 \text{ m}$ con índice de Plasticidad $IP > 75$) F4 —Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda ($H > 30\text{m}$) F5 —Suelos con contrastes de impedancia α 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. F6 —Rellenos colocados sin control ingenieril.	

Tabla 1: Parámetros geofísicos de sísmica V_s30 para clasificar perfiles favorables y desfavorables para la construcción, (NEC-2015)

RESULTADOS

Al realizar los ensayos geofísicos y revisar los resultados con la información de las normas NEC-2015, se estableció el tipo de perfil de suelo para cada ensayo realizado en la zona urbana de la ciudad de Guaranda, en el primer sector donde se realizó el ensayo es en Chalongo con un resultado de 34m de profundidad, los resultados de perfil de suelo son: de 0m a 12m con un suelo tipo E, de los 12m a 28m un suelo tipo D y de los 28m a 34m un

suelo tipo C; en el segundo sector donde se realizó el ensayo es en la Coloma Román Norte con un resultado de 32m de profundidad, los resultados de perfil de suelo son: de 0m a 30m con un suelo tipo D, de los 30m a 32m un suelo tipo C; en el tercer sector donde se realizó el ensayo es en Joyocoto con un resultado de 28m de profundidad, los resultados de perfil de suelo son: de 0m a 6m con un suelo tipo E, de 6m a 28m un suelo tipo D; en el cuarto sector donde se realizó el ensayo es en Laguacoto se realizó un ensayo de una profundidad de 34m, los resultados de perfil de suelo son: de 0m a 6m de tipo E, de 6m a 34m con un suelo tipo D; en el quinto sector donde se realizó el ensayo es en la Merced Alta se realizó un ensayo de una profundidad de 34m, los resultados de perfil de suelo son: de 0m a 6m con un suelo tipo D, de 6m a 24m un suelo tipo C y de 24m a los 34m un suelo tipo B; en el sexto sector donde se realizó el ensayo es en la Universidad Estatal de Bolívar se realizó un ensayo de una profundidad de 34m, los resultados de perfil de suelo son: de 0m a 28m con un suelo tipo D, de 28m a 34m un suelo tipo C.

Los resultados de seis sectores donde se realizaron los ensayos de tipos de perfiles de suelo se presenta en la siguiente tabla:

Sector	Tipo de perfil de suelos					
	A	B	C	D	E	F
Universidad Estatal de Bolívar			X	X		
Joyocoto				X	X	
Coloma Román Norte			X	X		
La Merced Alta		X	X	X		
Laguacoto				X	X	
Chalongoto			X	X	X	

Tabla 2: Sectores con el tipo de perfil de suelo

En el sector de Chalongoto, el perfil de suelo según la NEC-2015, es de tipo E que son suelos blandos de 0m a 12m, de los 12m a 28m un suelo tipo D que son suelos rígidos y de los 28m a 34m un suelo tipo C que son roca blanda o suelos muy denso, con un valor $V_s(30) = 210$ m/s, y con una profundidad de 34 m.

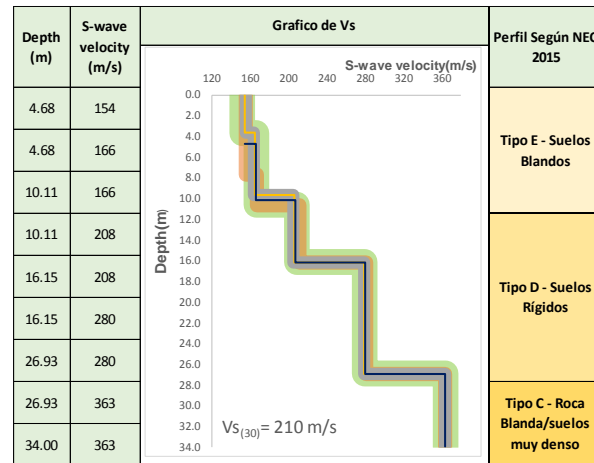


Ilustración 1. Perfil de suelo de Chalongoto

En el sector de la ciudadela Coloma Román, el perfil de suelo según la NEC-2015, es de tipo D que son suelos rígidos desde los 0m a 30m, de los 30m a 32m un suelo tipo C que son roca blanda / suelos muy densos, con un valor $V_s(30) = 230$ m/s, y con una profundidad de 32 m.

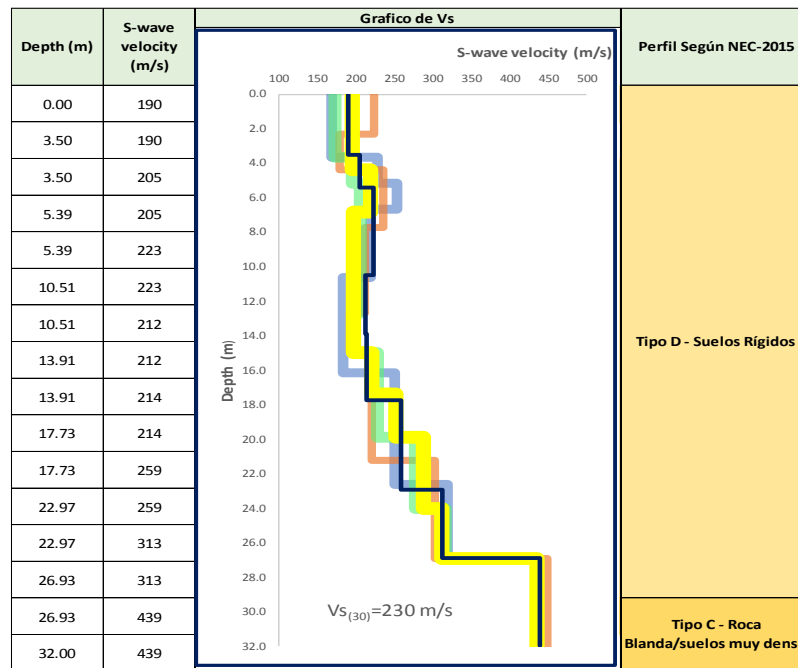


Ilustración 2. Perfil de suelo de Coloma Román Norte

En el sector de Joyocoto, el perfil de suelo según la NEC-2015, es de tipo E que son suelos blandos de 0m a 6m, de 6m a 28m un suelo tipo D que son suelos rígidos, con un valor $V_s(30) = 192$ m/s, y con una profundidad de 28 m.

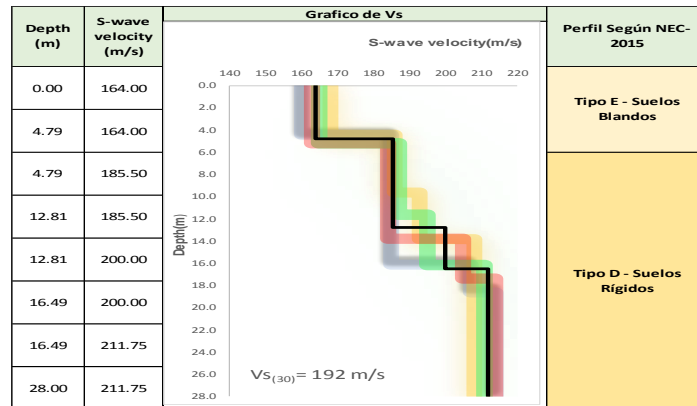


Ilustración 3. Perfil de suelo de Joyocoto

En el sector de la Laguacoto, el perfil de suelo según la NEC-2015, es de tipo E que son suelos blandos desde los de 0m a 6m, de 6m a 34m con un suelo tipo D con suelos rígidos, con un valor $V_s(30) = 218$ m/s, y con una profundidad de 34 m.

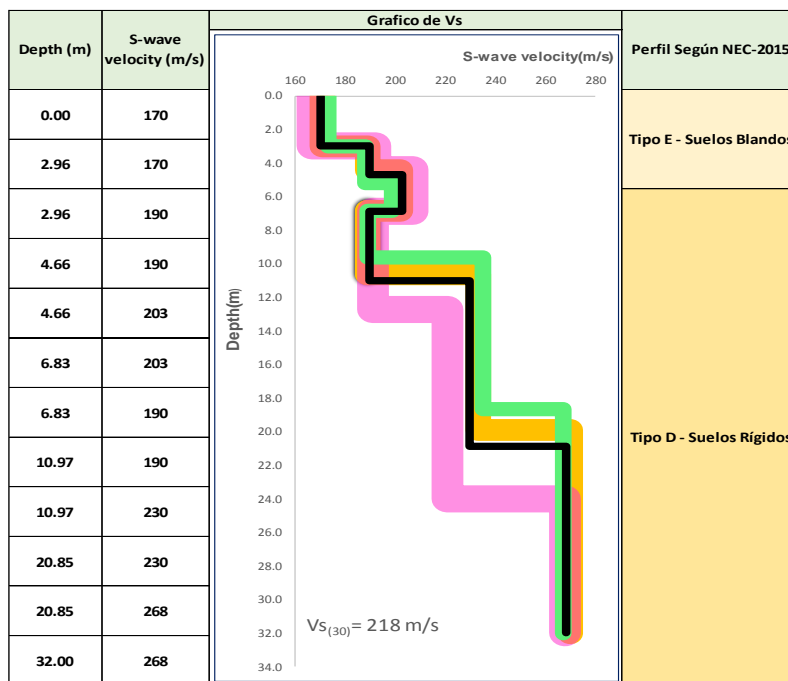


Ilustración 4. Perfil de suelo de Laguacoto

En el sector de la Merced el perfil de suelo según la NEC-2015, es de tipo D que son suelos rígidos desde los 0,00 m 4 m, de 4m s los 24m es de tipo C que son roca blanda / suelos muy densos y de 24m a 34 m son suelos tipo B roca de rigidez media, con un valor $V_s(30) = 598$ m/s, y con una profundidad de 34m.

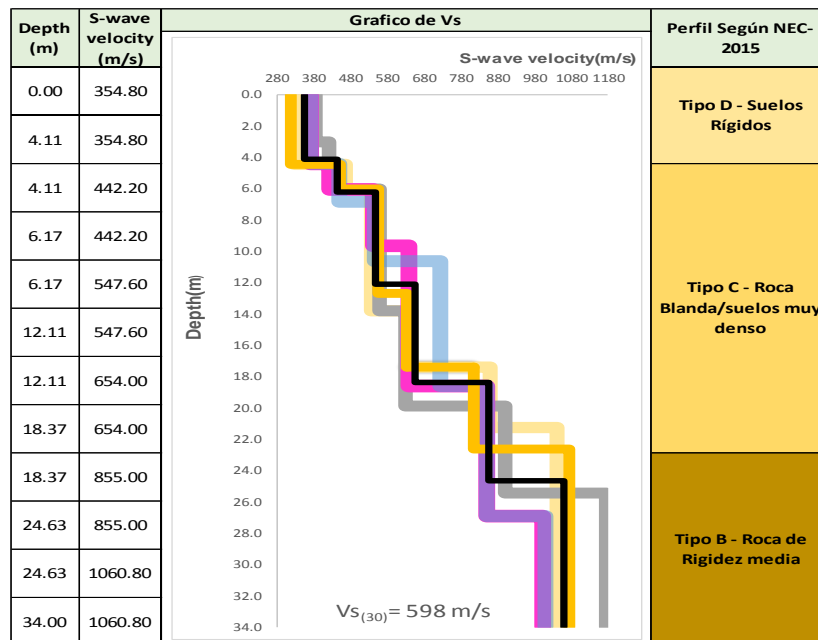


Ilustración 5. Perfil de suelo de la Merced

En el sector de la Universidad Estatal de Bolívar nos indican el perfil de suelo según la NEC-2015, es de tipo D que son suelos rígidos desde los 0,00 m hasta los 28m y de 28m a los 34m es de tipo C que son roca blanda / suelos muy densos, con un valor $Vs(30) = 270$ m/s, y con una profundidad de 34 m.

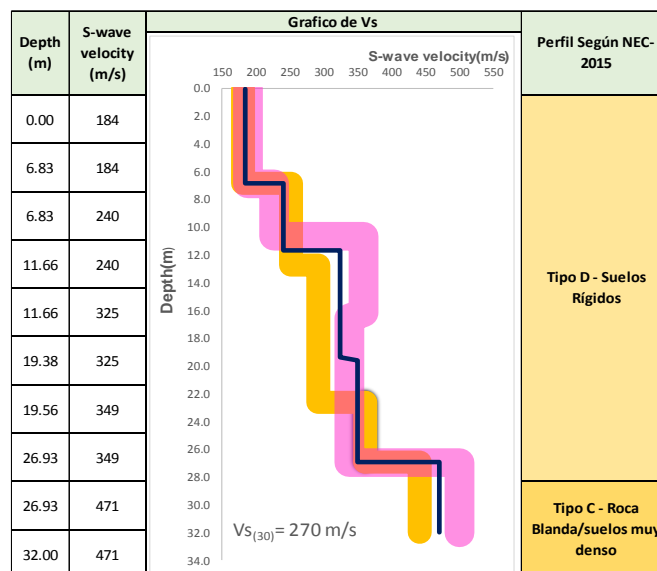


Ilustración 6. Universidad Estatal de Bolívar

Se definen los tipos de perfil de suelo los cuales se presentan en la tabla 1. Los parámetros utilizados en esta clasificación son los correspondientes a los 30m, para los perfiles tipo A, B, C, D y E. Son perfiles que tengan estratos claramente diferenciables estos deben subdividirse, asignándoles un subíndice *i* que va desde 1 en la superficie, hasta *n* en la parte inferior de los 30 m superiores del perfil.

Para el perfil tipo F se aplican otros criterios, como requisitos específicos: respuesta dinámica para los suelos de tipo F y la respuesta no debe limitarse a los 30 m superiores del perfil en los casos de perfiles con espesor de suelo significativo.

CONCLUSIONES

- Los resultados de los ensayos geofísicos con profundidades hasta 34 metros aproximadamente, 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 públicas como privadas, que se encuentran localizadas en los sectores de Joyocoto, Laguacoto y Chalongoto.
- Los lugares favorables y desfavorables determinados mediante los ensayos de geofísicos de sismicidad que se realizaron en la ciudad, los permisos para la construcción de edificaciones 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, 2015), para evitar posibles afectaciones de viviendas con sismos a futuro.
- Para realizar la planificación del desarrollo y el ordenamiento territorial 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 en las instancias pertinentes deberían realizar ordenanzas que incluyan el componente reducción de riesgos de desastres para el uso y gestión del suelo para el área urbana y rural del cantón, para prevenir afectaciones con personas fallecidas y daños de bienes inmuebles e infraestructura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cabezas, J. (2016). Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica del Edificio de la Facultad de Comunicación Social, de la Universidad Central del Ecuador, utilizando la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-SE-RE, 2015). [Tesis ingeniería] Quito, Pichincha, Ecuador: Universidad Central del Ecuador.
- Egred, J. (2000). El Terremoto de Riobamba Tomo 2. Riobamba: Ediciones Abya-Yala
- Espinoza, J. (1992). Terremotos Tsunamigénicos en el Ecuador. Acta Oceanográfica del Pacífico INOCAR Ecuador 7(1), 21-28.
- Fernández, I., Gómez, A., Carchipulla, N., Bonucci, Y., & Pavón, M. (2018). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de 97 edificaciones de la “Comuna Santa Clara de San Millán”, Quito. EÍDOS UTE Revista.
- Fernández, J., Valverde, J., & Yepes, H. (1995). Proyecto para el Manejo del Riesgo Sísmico de Quito. Quito.
- IG EPN. (31 de Enero de 2011). Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional. Obtenido de: ¿A 105 años del terremoto y tsunami de Esmeraldas, está Ecuador preparado para un viento similar?: <https://www.igepn.edu.ec/servicios/noticias/344-a-105-a%C3%B1os-del-terremoto-y-tsunami-de-esmeraldas-%C2%BFest%C3%A1-ecuador-preparado-para-otroevento-as%C3%AD?>
- IG EPN. (4 de Mayo de 2016). Instituto Geofísico, Escuela Politécnica Nacional. Obtenido de: Observaciones del sismo del 16 de abril de 2016 de magnitud mw 7.8. Intensidades y aceleraciones.: <https://www.igepn.edu.ec/servicios/noticias/1324informesismico-especial-n-18-2016>
- Moncayo, M., Velasco, G., Mora, C., Montenegro, M., & Cordova, J. (2017). Terremotos mayores a 6.5 en escala Richter ocurridos en Ecuador desde 1900 hasta 1970. Ingeniería, 55-64.
- Paucar Camacho, J. A. (2014). Modelo para la articulación de la Gestión del Riesgo en el proceso de Ordenamiento Territorial de la ciudad de Guaranda / Ecuador. Tesis Doctoral, Universidad de Valencia (España). Disponible en: <https://roderic.uv.es/handle/10550/54628>.
- Paucar Camacho, J. A. (2011). *Metodología para la microzonificación sísmica de la ciudad de Guaranda*. Guaranda. Universidad de Alicante (España).

Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Guaranda, 2014-2025.

[https://app.sni.gob.ec/sni-](https://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0260000250001_P)

[link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0260000250001_P](https://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0260000250001_P)
[DOT%20SUBIDO%20A%20SENPLADES_13-04-2016_09-41-37.pdf](https://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0260000250001_P)

Rivadeneira, F., Segovia, M., Alvarado, A., Egred, J., Troncoso, L., Vaca, S., & Yepes, H. (2007). Breves fundamentos sobre los terremotos en Ecuador. Quito: Corporación Editora Nacional.

Torres, J. (2017). Estado central, gobierno local y población ambateña en la reconstrucción de la urbe tras el terremoto del 5 de agosto de 1949. [Tesis Maestría]. Quito, Pichincha, Ecuador: Universidad Andina Simón Bolívar.

Udías, A. (1998). Introducción: sismicidad y sismotectónica de América Central y Sur. Física de la Tierra, 11-17.