

Evaluación de la vulnerabilidad en las edificaciones afectadas en la ciudad de Guaranda por los terremotos del 2016 (Mw 7,8) y 2018 (Mw 6,2)

Assessment of vulnerability in buildings affected in the city of Guaranda by the earthquakes of 2016 (Mw 7.8) and 2018 (Mw 6.2)

Tania Limache⁽¹⁾
Abelardo Paucar⁽²⁾

⁽¹⁾ Universidad Estatal de Bolívar
Guaranda – Bolívar, Maestría en
Prevención y Gestión de Riesgos,
correo: tania.limache@ueb.edu.ec

⁽²⁾ Universidad Estatal de Bolívar,
Coordinador Maestría en Prevención y
Gestión de Riesgos, Profesor carrera
Ingeniería en Riesgos de Desastres,
correo: apaucar@ueb.edu.ec

Recibido:
noviembre 2022
Aceptado:
diciembre 2022

RESUMEN

Los sismos son eventos que han causado graves afectaciones a la población, infraestructura y economía de los territorios. El presente estudio se desarrolló en la ciudad de Guaranda que se localiza en una zona de alta amenaza sísmica de Ecuador. Mediante la metodología de la Norma Ecuatoriana de Construcción NEC-2015, se evaluó las vulnerabilidades de 17 edificaciones afectadas por el sismo de 2016 de magnitud de 7,8 (escala Richter) con epicentro en Pedernales y 7 edificaciones con afectación del evento sísmico de 2018 con una magnitud de 6,2 (escala Richter) con epicentro en Cumandá. Además, se correlacionó la vulnerabilidad de las edificaciones afectadas por los sismos de 2016 y 2018 con el mapa de aceleraciones de suelo de la onda sísmica en el estrato superior, elaborada por el Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Guaranda de 2012. Los resultados muestran que la mayor parte de las edificaciones registran niveles altos de vulnerabilidad en los dos eventos sísmicos, principalmente, debido a que en su mayoría son estructuras de adobe sin mampostería de refuerzo, a pesar de ser de construcciones menores a 4 pisos, poseen irregularidades en planta y vertical por pendientes, fueron construidas antes de 1977 que no se disponía de normas de construcción en Ecuador; la mayor parte de edificaciones afectadas se localizan en zonas de menor amplificación de onda sísmica. En consecuencia, los daños a las edificaciones se debieron a las condiciones de vulnerabilidad más que a la localización en zonas de mayor amplificación de la onda sísmica.

Palabras claves: amenaza, edificaciones, riesgos, sismos y vulnerabilidad

ABSTRACT

Earthquakes are events that have caused serious effects on the population, infrastructure and economy of the territories. The current study has been developed in the city of Guaranda, which is located within a high seismic hazard area of central Ecuador. Using the methodology of the Ecuadorian Construction Standard NEC-2015, the vulnerabilities of 17 buildings affected by the 2016 earthquake with a magnitude of 7.8 (Richter scale) with epicenter in Pedernales and 7 buildings affected by the seismic event of 2018 with a magnitude of 6.2 (Richter scale) with epicenter in Cumandá were evaluated. In addition, the vulnerability of the buildings affected by the 2016 and 2018 earthquakes have been correlated through mapping with the map of ground accelerations of the seismic wave in the upper stratum, prepared by the Decentralized Autonomous Government of the Guaranda canton of 2012. The results indicate that most of the buildings register high levels of vulnerability in the two seismic events, mainly because they are mostly adobe structures without masonry reinforcement, despite being constructions of less than four floors, as they have irregularities in plan and vertical slopes. They were constructed prior 1977 when there was a lack of construction standards in Ecuador, most of the affected buildings are located in areas of lower seismic wave amplification. Consequently, the damage to the buildings has been due to conditions of vulnerability rather than to their location in zones of greater amplification of the seismic wave.

Keywords: buildings, hazard, earthquakes, risk and vulnerability

1. INTRODUCCIÓN

Los eventos sísmicos son uno de los fenómenos más devastadores de la naturaleza, provocan pérdidas de vidas humanas y la destrucción o el colapso total de las infraestructuras creadas por el ser humano, por tal razón, conocer el comportamiento de las infraestructuras frente a los sismos es fundamental para trabajar en la reducción de riesgos (Cornetero-Mesta, 2014).

Los sismos presentan movimientos vibratorios causados en el interior de la tierra, estos movimientos son producidos por la inestabilidad de la masa de la corteza terrestre. Los sismos producen daños tanto en los seres vivos ya sea de manera física o psicológica o en el peor escenario pérdidas de vidas humanas, causa daños en las infraestructuras ya sea el deterioro o el colapso del mismo, todos estos daños ponen en riesgo la integridad de la población en general (López, 2016).

Los daños estructurales son causados por los desastres naturales como los sismos, cabe mencionar, también son causados por la intervención del ser humano que genera condiciones de vulnerabilidad, principalmente, al momento de construir una infraestructura no se lo realiza estudios de suelo, no cuenta con asesoramiento técnico, muchas de las ocasiones se colocan “peso excesivo en la construcción”, por último, no se lo realiza con ninguna norma técnica de construcción. Todos estos factores conllevan a que las personas y sus infraestructuras sean vulnerables a los desastres (Pinto, 2016).

En los registros de los últimos años se ha puesto en evidencia que el funcionamiento de las infraestructuras no es la adecuada para enfrentar un sismo, ya que las nuevas construcciones que se realiza diariamente, no cuentan con ningún tipo de criterio técnico y estudios de suelo, que permita establecer acciones preventivas y de mitigación que contribuya a disminuir la intensidad del daño que puede causar un sismo (Riesgo, 2018).

El Ecuador está expuesto a un alto peligro sísmico por estar ubicado en el Cinturón del Fuego del Pacífico, la cual genera un enfrentamiento entre la placa Sudamérica, la placa Nasca y la placa del Caribe que produce el fenómeno de subducción que ocasiona sismos con altas magnitudes (Cobos, 2017).

Según el catálogo sísmico del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, el Ecuador registra al menos 36 eventos igual o mayor a intensidad VIII (escala MKS) considerados como grandes terremotos, por los daños importante en los territorios afectados (IG-EPN, 2007a). En los últimos años los eventos que tuvieron una gran afectación en el país es el sismo del 2016 con epicentro en Pedernales cuya magnitud fue de 7,5 (escala Richter) que provocó la muerte de 660 personas y 18,663 edificaciones afectadas (SNGR, 2016); de igual manera, el sismo del año 2018 con epicentro en Cumandá cuya magnitud fue de 6,2 (escala Richter) que ocasiono 776 personas afectadas y 266 edificaciones afectadas (SNGR, 2018).

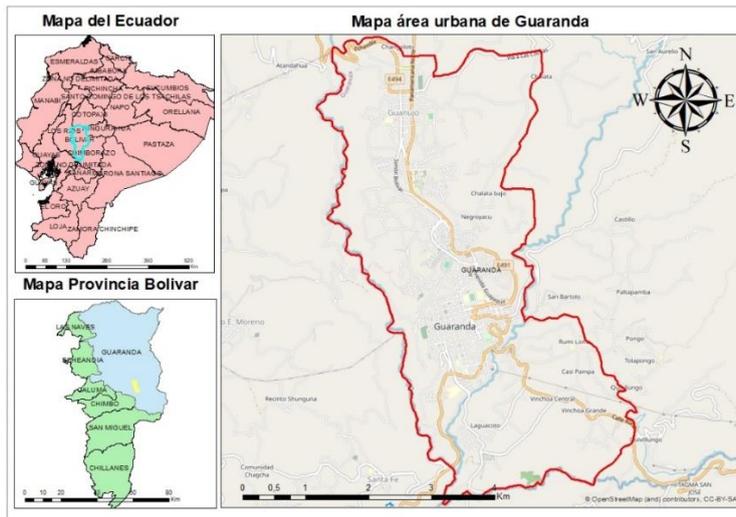
La ciudad de Guaranda se encuentra localizada en una zona de depresión la cual está limitada por fallas geológicas que pone en riesgo a la ciudad, la falla de río Chimbo, la falla del río Guaranda o Illangama, la falla de río Salinas y la falla del río Negroyacu, según datos geológicos estudiados por (Pilco-Castro, 2013). De igual manera, la ciudad de Guaranda ha sido afectada por los eventos sísmicos de intensidad VIII en escala de MSK considerados como grandes terremotos, que se presentaron en los años de 1674, 1797 y 1911 (Paucar-Camacho, 2016), según el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, el evento de 1911 provocó el 90% de afectaciones de las edificaciones de Cajabamba, Guaranda y Guano (IG-EPN, 2007b); esto evidencia que la ciudad de Guaranda presenta vulnerabilidades de las edificaciones ante los eventos sísmicos.

Por tal razón, el trabajo tiene por objeto evaluar las condiciones de vulnerabilidad de las edificaciones o viviendas afectadas por el sismo del 2016 (Pedernales) y del 2018 (Cumandá), que fueron relacionadas con el mapa de aceleraciones de suelo de la onda sísmica en el estrato superior del área urbana, elaborado por el Gobierno Autónomo Descentralizado – GAD del cantón Guaranda en el año 2012; adicionalmente, el estudio contribuye al establecimiento de medidas de reducción, la toma de decisiones de autoridades y la población para salvaguardar vidas humanas y minimizar los daños en las infraestructuras.

2. METODOLOGÍA

La investigación se realizó en la ciudad de Guaranda, que se encuentra localizada al noroeste de la provincia de Bolívar en la zona central de Ecuador, como se puede ver el gráfico 1; el cantón Guaranda limitada al norte con la provincia de Cotopaxi, al sur con los cantones Chimbo y San Miguel, al este con la provincia del Chimborazo y al oeste con los cantones Echeandía, Caluma y las Naves, tiene una superficie de 189,2 km² y una altura de 2.668 msnm (ciudad de Guaranda) (GAD Guaranda, 2020).

Gráfico 1. Ubicación del área de estudio



Fuente: (IG-EPN, 2017). **Elaboración:** autores, 2022

En el área urbana de Guaranda, se evaluó 17 viviendas afectadas por el sismo del 16 de abril del 2016 con una magnitud de 7,8 (escala de Richter) e intensidad IX (escala EMS98) con epicentro en Pedernales, provincia Manabí (IG-EPN, 2016), a una distancia aproximada de 246 km de Guaranda que causó efectos de intensidad IV; de igual manera, se evaluó 7 viviendas afectadas por el sismo del 6 de septiembre del 2018 con una magnitud de 6,2 (escala de Richter) e intensidad VI (escala EMS98) con epicentro en Cumandá, provincia Chimborazo (IG-EPN, 2018), aproximadamente a 76 km de Guaranda y tuvo efectos de intensidad V; en total se evaluó 24 edificaciones, se aplicó el siguiente proceso metodológico.

La información para la presente investigación fue emitida por el Gobierno Autónomo Descentralizado - GAD del cantón Guaranda, a través de la Dirección de Avalúos y Catastros la cual proporcionó el plano catastral de la ciudad de Guaranda del año 2016; la Dirección de Planificación facilitó el estudio de la Microzonificación sísmica de la zona urbana del cantón Guaranda realizado en el año 2012 y la Unidad de Gestión de Riesgo entregó la información de las viviendas afectadas por los sismos de los años 2016 (Pedernales) y 2018 (Cumandá).

Se seleccionaron las viviendas afectadas por los sismos anteriormente citados en el área urbana, para poder relacionar la vulnerabilidad de las edificaciones con el estudio de microzonificación sísmica que se dispone únicamente en la zona urbana de Guaranda.

Para evaluar las vulnerabilidades de las edificaciones se aplicó el formulario de la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC-2015), que fue recolectada mediante visitas de campo, la información fue tabulada en el Microsoft office Excel y representada en el Sistema de Información Geográfica (ArcGIS, versión 9.3); la vulnerabilidad de las viviendas georreferenciadas fueron relacionadas con el mapa de aceleración sísmica en el estrato superior mediante el ArcGIS.

A continuación, se da a conocer las fases del proceso metodológico aplicado para evaluar las vulnerabilidades de las edificaciones.

2.1. Evaluación de la vulnerabilidad de las edificaciones afectadas por los sismos de 2016 y 2018

La evaluación de la vulnerabilidad de las edificaciones, como se indicó anteriormente, se realizó mediante la metodología de la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC-2015) desarrollada por el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda en el año 2015 que actualizaron las normativas para el diseño y construcción de obras de carácter civil (MIDUVI, 2016).

Para el cumplimiento de los objetivos planteados en el presente trabajo investigativo, se utilizó una investigación aplicada, la misma que ayudó a profundizar el estudio de vulnerabilidad de las viviendas afectadas por los terremotos de 2016 y 2018, a través de la metodología de la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC-2015), con los códigos NEC-SE-MP para estructuras de mampostería estructural y el código NEC-SE-HM para estructuras de hormigón armado, se aplicó estos códigos ya que en la zona de estudio las viviendas que fueron afectadas por los terremotos mencionados, son de hormigón armado, de mampostería reforzada y no reforzada.

Se utilizó un formulario de visualización rápida para obtener la información a través de visitas de campo, posteriormente, se realizó un análisis y evaluación de la vulnerabilidad de las edificaciones.

El formulario presenta las siguientes características:

Llenar toda la información básica de la identificación de la infraestructura. – se identifica la dirección (localización) de la vivienda, se llena el nombre del edificio, se colocará si es edificio está regido en el predio catastral y si no es se colocará el nombre del dueño, también, en este campo se llenará algún sitio de referencia, el tipo de uso de la vivienda si es comercial, residencial, educativo, etc., finalmente, el año de construcción.

Identificación del sistema estructural. – se coloca el tipo de vivienda, en este caso el análisis ya sea de madera, mampostería sin refuerzo, mampostería reforzada, viviendas mixtas de acero - hormigón y madera - hormigón, pórtico hormigón armado, pórtico hormigón armado con muros estructurales, viviendas con mampostería confinada, viviendas con hormigón prefabricado, viviendas de acero laminado, viviendas de acero laminado con diagonales, viviendas con acero laminado de hormigón armado y viviendas con acero con paredes de mampostería (Secretaría de Gestión de Riesgo, 2016).

Puntaje básico del sistema estructural. - será colocado de acuerdo a los lineamientos de la formulación de la NEC-2015.

A continuación, se dará a conocer qué tipo de viviendas serán analizadas en el área de estudio:

Madera (W1). - Son viviendas únicamente construidas con madera natural.

Mampostería sin refuerzo (URM). - estas viviendas están realizadas con muros de paredes de adobe sin refuerzo de varillas de acero.

Mixto acero – hormigón (MX). - Estas viviendas están construidas con acero y hormigón armado.

Pórtico de hormigón armado (C1). - Estas viviendas están construidas con elementos estructurales columnas y vigas de hormigón armado.

Pórtico de hormigón armado con muros estructurales (C2). - estas viviendas están construidas con elementos estructurales vigas, columnas y muros estructurales de hormigón armado.

Altura de la edificación. – se caracterizó edificaciones con baja altura menor a 4 pisos, edificaciones con mediana altura de 4 a 7 pisos y edificaciones con grandes alturas mayores a 7 pisos.

Irregularidades en las edificaciones. - dentro de las irregularidades de edificación presentamos las siguientes características:

Las irregularidades verticales. – se debe considerar la irregularidad geométrica que indica que una

edificación es irregular cuando la dimensión de la planta es mayor a 1,3 veces la misma dimensionan del primer piso; también, hay que tener en cuenta la irregularidad por ubicación, debido a que la edificación está construida en una pendiente o en una colina; además, se requiere analizar si el piso es drásticamente menor que la mayoría de los pisos; de igual manera, se evaluó si la edificación tenía un desplazamiento de alineación, por último, se valora si contiene construcciones adicionales fuera del diseño original.

Irregularidad en planta. - se evaluó si la estructura de la edificación presenta en forma de L, T, I, U, E o en forma de cruz, de igual manera, se valora si contienen edificaciones adicionales fuera del diseño original.

Código de construcción. - se evaluó el año de construcción, se considera como pre - código las viviendas construidas antes del año 1977, viviendas de transición entre al año 1977 al 2001 y las viviendas post-código construidas a partir del 2001.

Tipo de suelo. - en este parámetro se evaluó los suelos tipo A, B, C, D y E (MIDUVI, 2016):

Suelo tipo A y B.- no fueron considerados por que no son afectadas significativamente por un sismo, por el tipo de cimentación que presenta el suelo.

Suelo de tipo C.- son muy densos con una velocidad de onda cortante de suelo entre 360 y 760 m/s ($360 \text{ m/s} > V_s \geq 180 \text{ m/s}$).

Suelo de tipo D.- estos suelos son suelos rígidos con una velocidad de onda cortante mayores o iguales que 180 m/s pero menores que 360 m/s ($360 \text{ m/s} > V_s \geq 180 \text{ m/s}$).

Suelo de tipo E.- estos suelos de arcilla blanda con una velocidad de onda cortante de suelo menores a 180 m/s ($V_s < 180 \text{ m/s}$).

Puntaje final S (Grado de vulnerabilidad sísmica). - se realizó el cálculo con todos los puntajes de los parámetros analizados anteriormente, de esta manera, se obtiene el grado de vulnerabilidad sísmica (S), los criterios se basan en la NEC – 2015 que se representan en la siguiente tabla 1:

Tabla 1. Grado y rangos de índices de la vulnerabilidad para edificaciones en base a la norma NEC-2015

Grado de vulnerabilidad	Rango de índice de vulnerabilidad
Alta	S: <2,0
Media	S: 2,0 a >2,5
Baja	S: >2,5

Fuente: (NEC, 2015)

A continuación, en la tabla 2 se presenta el formulario de evaluación con todos los parámetros anteriormente descritos para evaluar la vulnerabilidad de las edificaciones.

Tabla 2. Metodología NEC-2015 para evaluación de la vulnerabilidad de edificaciones

EVALUACIÓN RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICACIONES		
ESQUEMA ESTRUCTURAL EN PLANTA	DATOS DE LA EDIFICIÓN	
	Dirección	
	Nombre de la edificación	
	Sitio de referencia	
	Tipo de uso	Fecha de evaluación
	Año de construcción	Año de remodelación
	Área construida (m ²)	Número de pisos
	DATOS PROFESIONALES	

		Nombre del evaluador												
		C.I.												
		Registro SENESECYT												
		FOTOGRAFÍA												
TIPOLOGÍA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL														
Madera	W1	Pórtico hormigón armado	C1	Pórtico acero laminado	S1									
Mampostería sin refuerzo	URM	Pórtico H. armado con muros estructurales	C2	Pórtico acero laminado con diagonales	S2									
Mampostería Reforzada	RM	Pórtico H. armado con mampostería confinada sin refuerzo	C3	Pórtico acero doblado en frío	S3									
Mixta acero - hormigón o mixta Madera - hormigón	MX	H. armado prefabricado	PC	Pórtico acero laminado con muros estructurales de hormigón armado	S4									
				Pórtico acero con paredes mampostería	S5									
PUNTAJES BASICOS, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL S														
Tipología del sistema estructural	W1	URM	RM	MX	C1	C2	C3	PC	S1	S2	S3	S4	S5	
Puntaje básico	4,4	1,8	2,8	1,8	2,5	2,8	1,6	2,4	2,6	3	2	2,8	2	
ALTURA DE EDIFICACIÓN														
Baja altura (menor a 4 pisos)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mediana altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0,4	0,2	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2	0,4	N/A	0,4	0,4	
Gran altura (mayor a 7 pisos)	N/A	N/A	N/A	0,3	0,6	0,8	0,3	0,4	0,6	0,8	N/A	0,8	0,8	
IRREGULARIDAD DE LA EDIFICACIÓN														
Irregularidad vertical	-2,5	-1	-1	-1,5	-1,5	-1	-1	-1	-1	-1,5	-1,5	-1	-1	
Irregularidad en planta	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	
CODIGO DE CONSTRUCCIÓN														
Pre-código (construido antes de 1977) o auto construcción	0	-0,2	-1	-1,2	-1,2	-1	-0,2	-0,8	-1	-0,8	-0,8	-0,8	-0,2	
Construido en etapa de transición (entre 1977 y 2001)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Post- código moderno (construido a partir del 2001)	1	N/A	2,8	1	1,4	2,4	1,4	1	1,4	1,4	1	1,6	1	
TIPO DE SUELO														
Tipo de suelo C	0	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	
Tipo de suelo D	0	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,4	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,4	
Tipo de suelo E	0	-0,8	-0,4	-1,2	-1,2	-0,8	-0,8	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-0,8	
Puntaje final, S														
GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA														
S<2,0	Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial													
2,0>S>2,5	Media Vulnerabilidad													
S>2,5	Baja vulnerabilidad													
Firma responsable de evaluación														
OBSERVACIONES														

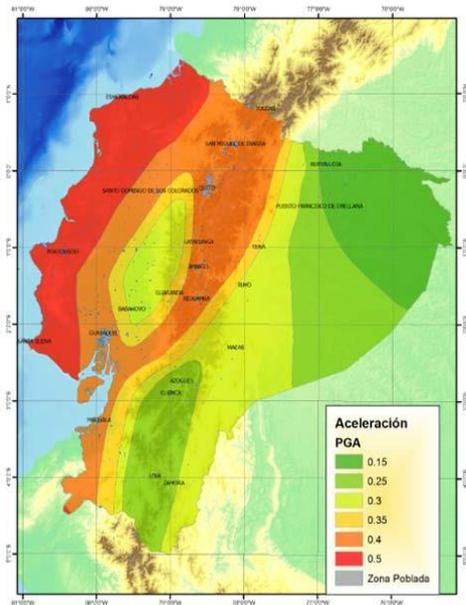
Fuente: (NEC, 2015). Elaboración: autores, 2022

2.2. Relación de edificaciones afectadas por los sismos de 2016 y 2018 con las zonas de aceleración de onda sísmica en estrato superior

En base a la zonificación nacional de peligro sísmico de la Norma Ecuatoriana de la Construcción – NEC -2015 (NEC-SE-DS, 2015), se establece que la ciudad de Guaranda se localiza en la zona de IV de peligro alto con un valor de 0,35g de aceleración en roca, como muestra en el gráfico 2 y tabla 3.

El Gobierno Autónomo Descentralizado - GAD del cantón Guaranda en el año 2012, realizó el estudio de “Microzonificación sísmica de la zona urbana del cantón Guaranda”, en un área de 20 km², a partir de estudios geotécnicos y modelamiento en el software Edushaque se obtuvo el mapa de aceleración de onda sísmica en el estrato superior que identifica cuatro zonas en el área urbana que podrían presentar amplificaciones sísmicas y provocar daños importantes en las infraestructuras, las mismas que se representan en el gráfico 3 y tabla 4 (GAD Guaranda, 2012).

Gráfico 2. Mapa de peligro sísmico del Ecuador



Fuente: (MIDUVI, 2016)

Tabla 3. Zonas sísmicas del Ecuador

Caracterización de peligro sísmico	Intermedio	Alto	Alto	Alto	Alto	Muy Alto
Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z en gals (g)	0,15	0,25	0,3	0,35	0,4	≥ 0,50

Fuente: (IG-EPN, 2022)
Elaboración: autores, 2022

3. RESULTADOS

Se presenta los resultados de la evaluación de la vulnerabilidad de las viviendas afectadas por los sismos de 2016 y 2018, así como, el análisis de la relación de las edificaciones afectadas por los sismos con las zonas de aceleración sísmica del área urbana.

3.1. Evaluación estructural de las viviendas afectadas por el sismo del año 2016

A continuación, se da a conocer los resultados obtenidos de la evaluación de las condiciones estructurales de las edificaciones afectadas por el sismo del año 2016, mediante la aplicación de metodología de la Norma Ecuatoriana de la Construcción – NEC -2015, como ejemplo en el gráfico 4 se presenta la ficha técnica aplicada en las edificaciones afectadas por los sismos de 2016 y 2018.

Gráfico 3. Mapa de aceleración de onda sísmica en el estrato superior del área urbana de Guaranda



Fuente: (GAD Guaranda, 2012)

Tabla 4. Zonas sísmicas de Guaranda

Caracterización de peligro sísmico	Intermedio	Alto	Alto	Muy Alto
Zona sísmica	I	II	III	IV
Valor factor Z en gals (g)	< 0,40g	0,40 - 0,55g	0,56 - 0,70g	> 0,70g

Fuente: (GAD Guaranda, 2012)

Gráfico 4. Evaluación de las viviendas afectadas mediante ficha técnica con lineamiento de la norma NEC-2015

EVALUACIÓN RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICACIONES													
ESQUEMA ESTRUCTURAL EN PLANTA					DATOS DE LA EDIFICIÓN								
					Dirección: Guanojo								
					Nombre de la edificación: Julio Perina Estrella								
					Sitio de referencia: Guanojo								
					Fecha de evaluación: 21-05-22								
					Tipo de uso: Residencial								
					Alto de construcción: 1959								
					Área construida (m ²): 250 m²								
					Número de pisos: 2								
DATOS PROFESIONALES													
Nombre del evaluador: Ing. Tania Jimache													
C.I.: 0202417347													
Registro SENESCYT													
FOTOGRAFÍA													
													
TIPOLOGÍA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL													
Madera	W1	Pórtico hormigón armado			C1	Pórtico acero laminado			S1				
Mampostería sin refuerzo	URM	Pórtico H. armado con muros estructurales			C2	Pórtico acero laminado con diagonales			S2				
Mampostería Reforzada	RM	Pórtico H. armado con mampostería			C3	Pórtico acero laminado en frío			S3				
Mixta acero - hormigón o mixta		conformado sin refuerzo				Pórtico acero laminado con muros			S4				
Madera - hormigón	MX	H. armado prefabricado			PC	estructuras de hormigón armado			S5				
		H. armado prefabricado				Pórtico acero con paredes mampostería							
PUNTAJES BÁSICOS, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL S													
Tipología del sistema estructural	W1	URM	RM	MX	C1	C2	C3	PC	S1	S2	S3	S4	S5
Puntaje básico	4.4	10	7.8	1.8	3.5	2.8	1.6	7.4	7.6	3	3	2.8	2
ALTIMETRIA DE EDIFICACIÓN													
Baja altura (menor a 4 pisos)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mediana altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.4	0.2	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.4	N/A	0.4	0.4
Gran altura (mayor a 7 pisos)	N/A	N/A	N/A	0.2	0.6	0.8	0.2	0.4	0.6	0.8	N/A	0.8	0.8
IRREGULARIDAD DE LA EDIFICACIÓN													
Irregularidad vertical	-0.5	-1	-1	-1.5	-1.5	-1	-1	-1	-1	-1.5	-1.5	-1	-1
Irregularidad en planta	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
CODIGO DE CONSTRUCCIÓN													
Pre-código (construido antes de 1977) o auto-construcción	0	0	-1	-1.2	-1.2	-1	-0.2	-0.8	-1	-0.8	-0.8	-0.8	-0.2
Construcción en etapas de transición (entre 1977 y 2001)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pres. código moderno (construido a partir del 2001)	1	N/A	3.8	1	1.4	2.4	1.4	1	1.4	1.4	1	1.6	1
TIPO DE SUELO													
Tipo de suelo C	0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4
Tipo de suelo D	0	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6
Tipo de suelo E	0	-0.8	-0.8	-1.2	-1.2	-0.8	-0.8	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-0.8
Puntaje final, S													
													0.5
GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA													
S<2.0	Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial			X									
2.0<S<2.5	Media Vulnerabilidad												
S>2.5	Baja vulnerabilidad												
OBSERVACIONES													

Fuente: (NEC, 2015). Elaboración: autores, 2022

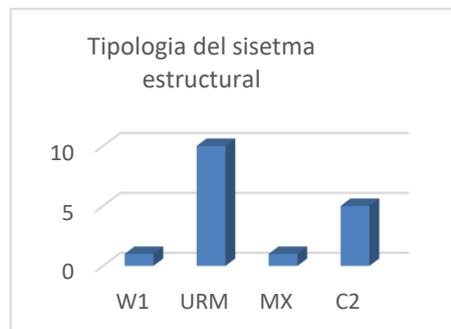
Como se puede ver en la tabla 5 y gráfico 5, en el área de estudio se localizan viviendas con diferentes tipologías, 1 vivienda de madera que fue reconstruida posterior al sismo de 2016, 10 viviendas que se encuentran construidas únicamente con adobe y bahareque que podrían causar que estas viviendas tenga una alta vulnerables al momento de registra un sismo, incluso llegar a colapsar, 1 vivienda mixta de estructura metálica y hormigón esta fue reconstruida posterior al sismo y 5 viviendas construidas con hormigón armado con muros estructurales en la parte alta de toda la edificación.

Tabla 5. Tipología del sistema estructural

Tipología del sistema estructural	Código	Número
Madera	W1	1
Mampostería sin refuerzo	URM	10
Mixta estructura metálica - hormigón	MX	1
Pórtico H. armado con muros estructurales	C2	5
Total		17

Fuente: trabajo de campo. Elaboración: autores, 2022

Gráfico 5. Tipología del sistema estructural

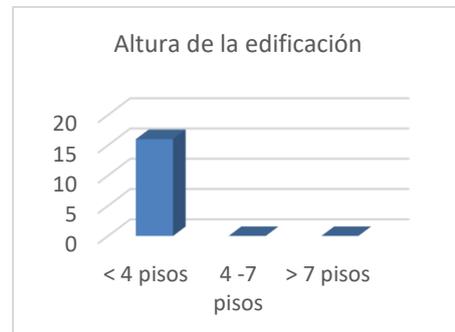


En la tabla 6 y gráfico 6, se observa que todas las viviendas evaluadas en el área de estudio no sobrepasan de 4 pisos, por ende, se encuentran dentro del rango < 4 piso.

Tabla 6. Altura de las edificaciones

Gráfico 6. Altura de la edificación

Altura de la edificación	Número de pisos	Número
Baja altura	< 4 pisos	17
Mediana altura	4 -7 pisos	0
Gran altura	> 7 pisos	0
Total		17



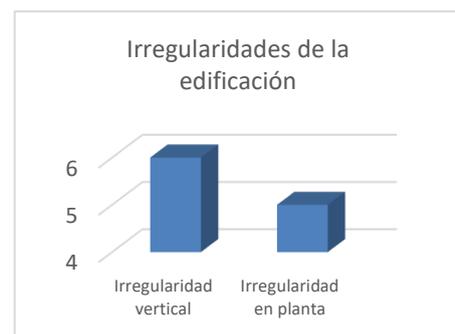
Fuente: trabajo de campo. **Elaboración:** autores, 2022

En la tabla 7 y gráfico 7, se muestra que 6 viviendas que presentan irregularidades verticales ya que se encuentran ubicadas en pendientes y 5 viviendas que contienen irregularidades en planta por contener construcciones adicionales los cuales fueron construidas fuera del diseño original, cabe indicar que, en el total de edificaciones solo presentamos las viviendas que cuentan irregularidades, las demás viviendas no están contabilizadas porque no presentan ningún tipo de irregularidad.

Tabla 7. Irregularidades en la edificación

Gráfico 7. Irregularidades de la edificación

Irregularidades de la edificación	Número
Irregularidad vertical	6
Irregularidad en planta	5
Total	11



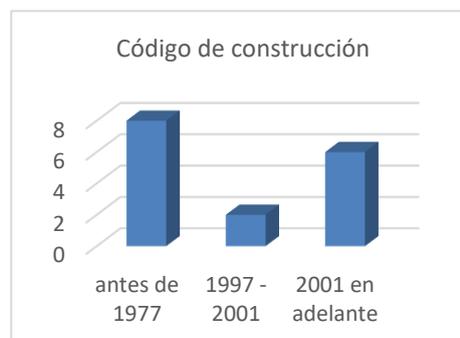
Fuente: trabajo de campo. **Elaboración:** autores, 2022

En la tabla 8 y gráfico 8, se observa que la mayor parte de las viviendas fueron construidas antes del año 1977, se podría asumir que estas edificaciones no fueron construidas en base a la norma técnica, 2 viviendas constan en la etapa de transición y 7 viviendas fueron construidas desde el año 2001 en adelante que incluye la Norma Ecuatoriana de la Construcción - NEC-2015.

Tabla 8. Código de construcción

Gráfico 8. Código de construcción

Código de construcción	Período	Número
Pre - código	antes de 1977	8
Etapa de transición	1997 - 2001	2
Post - código	2001 en adelante	7
Total		17



Fuente: trabajo de campo. **Elaboración:** autores, 2022

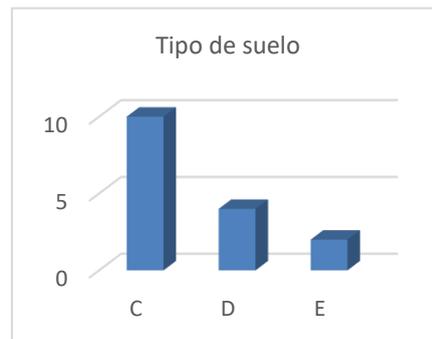
Según los datos de la tabla 9 y gráfico 9, la mayoría de edificaciones se localizan en suelo de tipo C las cuales se caracterizan por contener suelos limos inorgánicos con alta plasticidad estos suelos están derivados de cenizas volcánicas tipo cangahua; de igual forma, se encuentran en suelo de tipo D que son caracterizados como suelos limos arcillosos inorgánicos de baja plasticidad, son derivados de la meteorización de cenizas volcánicas; también, se localizan suelos de tipo E estos suelos son caracterizados por la suelos arenosos, limosos arcillosos de baja plasticidad derivado de la ceniza volcánica, que se consideran de menor calidad para las construcciones.

Tabla 9. Tipo de suelo

Tipo de suelo	Número
Tipo de suelo C	12
Tipo de suelo D	3
Tipo de suelo E	2
Total	17

Fuente: trabajo de campo. **Elaboración:** autores, 2022

Grafico 9. Tipo de suelo



3.2. Evaluación estructural de las viviendas afectadas por el sismo del año 2018

A continuación, se dará a conocer los resultados obtenidos de la evaluación de las edificaciones que fueron afectados por el sismo del año 2018, mediante la aplicación de metodología de la Norma Ecuatoriana de la Construcción – NEC-2015.

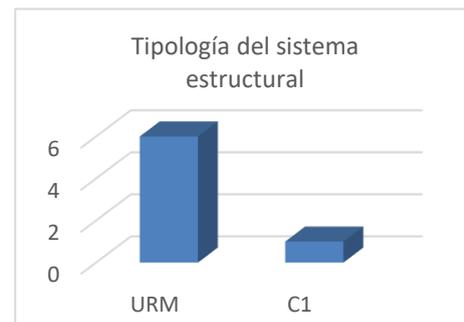
En el área de estudio se observa que en su mayor parte las viviendas fueron construidas con adobe, este material sin reforzamiento causa que estas viviendas tengan una alta vulnerabilidad al momento de registra un sismo la cual hasta puede llegar a colapsar y 1 vivienda de hormigón armado la cual eta construida por columnas y vigas (tabla 10 y gráfico 10).

Tabla 10. Tipología del sistema estructural

Tipología del sistema estructural	Código	Número
Mampostería sin refuerzo	URM	6
Pórtico H. armado	C1	1
Total		7

Fuente: trabajo de campo. **Elaboración:** autores, 2022

Grafico 10. Tipología del sistema estructural



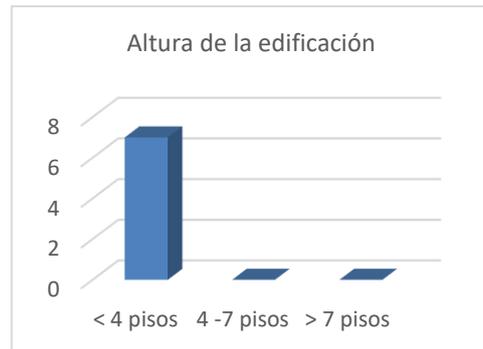
En la tabla 11 y gráfico 11, indica que las viviendas evaluadas en el área de estudio no sobrepasan de 4 pisos en altura.

Tabla 11. Altura de la edificación

Altura de la edificación	Número de pisos	Número
Baja altura	< 4 pisos	7
Mediana altura	4 -7 pisos	0
Gran altura	> 7 pisos	0
Total		7

Fuente: trabajo de campo. *Elaboración:* autores, 2022

Gráfico 11. Altura de la edificación



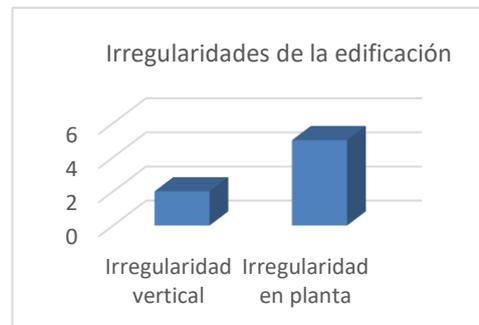
En la tabla 12 y gráfico 12, se muestra que la mayor parte de viviendas son irregularidades en planta por contener construcciones adicionales las cuales construidas fuera del diseño original y en menor número presentan irregularidades verticales ya que se encuentran ubicadas en pendientes.

Tabla 12. Irregularidades en la edificación

Gráfico 12. Irregularidades en la edificación

Irregularidades de la edificación	Número
Irregularidad vertical	2
Irregularidad en planta	5
Total	7

Fuente: trabajo de campo. *Elaboración:* autores, 2022



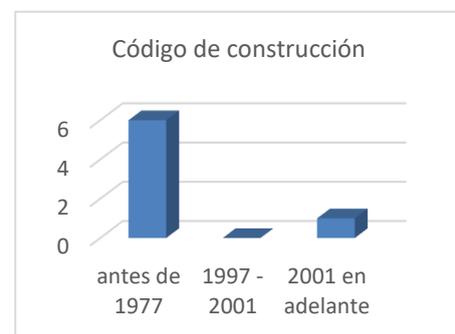
En la tabla 13 y gráfico 13, se observa que la mayor parte de las viviendas fueron construidas antes del año 1977, esto podría sumir que no se construyeron en base a normativas de construcción, solo una vivienda está en el rango de la vigencia de la NEC-2015.

Tabla 13. Código de construcción

Gráfico 13. Código de construcción

Código de construcción	Período	Número
Pre - código	antes de 1977	6
Etapas de transición	1997 - 2001	0
Post - código	2001 en adelante	1
Total		7

Fuente: trabajo de campo. *Elaboración:* autores, 2022



En la tabla 14 y gráfico 14, indica que la mayor parte de edificaciones se ubican en el suelo de tipo C, que se caracterizan por contener suelos limos inorgánicos con alta plasticidad estos suelos están derivados de cenizas volcánicas tipo cangahua; en menor número se localizan en suelo de tipo D estos suelos, son caracterizados como suelos limos arcillosos inorgánicos de baja plasticidad y derivados de la meteorización de cenizas volcánicas.

Tabla 14. Tipo de suelo

Tipo de suelo	Número
Tipo de suelo C	6
Tipo de suelo D	1
Tipo de suelo E	0
Total	7

Grafico 14. Tipo de suelo



Fuente: trabajo de campo. *Elaboración:* autores, 2022

3.3. Grado de vulnerabilidad sísmica de las viviendas afectadas del año 2016 y 2018

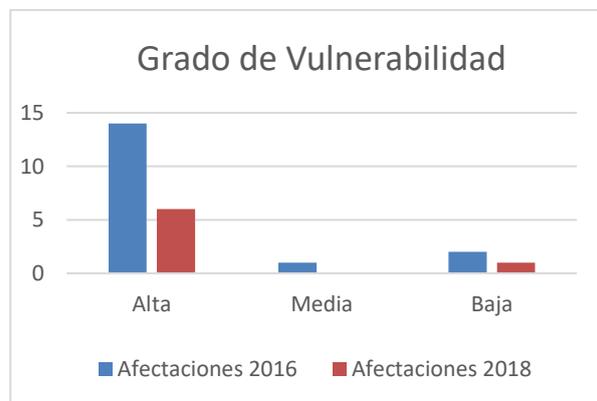
A partir de los resultados de la caracterización de las edificaciones afectadas por el sismo de 2016 (Pedernales) y 2018 (Cumandá), se evaluó el grado de vulnerabilidad, como se puede ver en la tabla 15 y gráfico 15, la mayor parte de edificaciones afectadas en los eventos sísmicos, presentan niveles altos de vulnerabilidad, que se atribuiría a que en su mayoría son viviendas sin refuerzo de tipo adobe, presentan irregularidades en planta y verticales, de alturas menores de 4 pisos, fueron construidas antes de 1977 que en Ecuador no se disponía de normas de construcción y se localizan en suelos de tipos C, D y E.

Tabla 15. Grado de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones afectadas por los sismos de 2016 y 2018 en el área urbana de Guaranda

Grado de vulnerabilidad	Rango de índice de vulnerabilidad	Edificaciones afectadas por sismo de 2016		Edificaciones afectadas por sismo de 2018	
		Número	Porcentaje	Número	Porcentaje
Alta	S: <2,0	14	82%	6	86%
Media	S: 2,0 a >2,5	1	6%	0	0%
Baja	S: >2,5	2	12%	1	14%
Total		17	100%	7	100%

Elaboración: autores, 2022

Gráfico 15. Vulnerabilidad de edificaciones afectadas por sismo de 2016 y 2018



Elaboración: autores, 2022

3.4. Relación de las zonas de aceleración de onda sísmica en estrato superior y la vulnerabilidad de edificaciones afectadas por los sismos de 2016 y 2018

En relación a las zonas de aceleración de onda sísmica mencionamos que la mayor parte de edificaciones afectadas por el sismo de 2016 (Pedernales) y 2018 (Cumandá) se localizan en la zona II (0,40 – 0,55g) de aceleración de onda sísmica en estrato superior, seguida de la zona I (< 0,40g) y III (0,56 – 0,70g), sin embargo, muy pocas viviendas se localizaron en la zona IV (> 0,70g) de mayor aceleración sísmica; los resultados muestran que las afectaciones de las viviendas en su mayor parte se deberían a las condiciones de vulnerabilidad que presentaban y en menor grado a las condiciones de suelo que presentan la aceleración sísmica.

Tabla 16. Relación en zonas de aceleración de onda sísmicas en estrato superior y edificaciones afectadas por sismos de 2016 y 2018 en el área urbana del cantón Guaranda

Zonas de aceleración de onda sísmicas en estrato superior	Afectaciones por sismo de 2016		Afectaciones por sismo de 2018		Total	
	Número	Porcentaje	Número	Porcentaje	Número	Porcentaje
Zona I: < 0,40g	2	12%	1	14%	3	13%
Zona II: 0,40 – 0,55g	12	71%	6	86%	18	75%
Zona III: 0,56 – 0,70g	1	6%	0	0%	1	4%
Zona IV: > 0,70g	2	12%	0	0%	2	8%
Total	17	100%	7	100%	24	100%

Fuente: (GAD Guaranda, 2012). *Elaboración:* autores, 2022

3.5. Relación de las zonas de aceleración de onda sísmica en estrato superior y la vulnerabilidad de edificaciones afectadas por los sismos de 2016

En la tabla 17 indicamos que 2 viviendas se encuentran localizadas en la zona I (< 0,40g) estas viviendas presentan un nivel de vulnerabilidad baja, 12 viviendas se encuentran localizadas en la zona II (0,40 – 0,55g) estas viviendas presentan un nivel de vulnerabilidad Media, 1 viviendas que se encuentran localizadas en una zona III (0,56 – 0,70g) estas viviendas presentan un nivel de vulnerabilidad alta y 2 viviendas que se encuentran localizadas en la zona IV (> 0,70g) que presentan un nivel de vulnerabilidad alta, podemos mencionar que la mayor parte de la edificaciones fueron afectadas por las condiciones de construcción mas no por la zona de aceleración de onda sísmica.

Tabla 17. Relación en zonas de aceleración de onda sísmicas en estrato superior y vulnerabilidad de edificaciones afectadas por sismos de 2016 en el área urbana del cantón Guaranda

Zonas de aceleración de onda sísmicas en estrato superior	Nivel de vulnerabilidad de las edificaciones							
	Alto		Medio		Bajo		Total	
	#	%	#	%	#	%	#	%
Zona I: < 0,40g	0	0%	0	0%	2	100%	2	12%
Zona II: 0,40 – 0,55g	0	0%	12	0%	0	0%	12	71%
Zona III: 0,56 – 0,70g	1	33%	0	0%	0	0%	1	6%
Zona IV: > 0,70g	2	67%	0	0%	0	0%	2	12%
Total	3	100%	12	0%	2	100%	17	100%

Fuente: (GAD Guaranda, 2012). *Elaboración:* autores, 2022

3.6. Relación de las zonas de aceleración de onda sísmica en estrato superior y la vulnerabilidad de edificaciones afectadas por los sismos de 2018

En la tabla 18 indicamos que 1 viviendas se encuentran localizadas en la zona I (< 0,40g) estas viviendas presentan un nivel de vulnerabilidad baja y 6 viviendas que se encuentran localizadas en la zona II (0,40 –

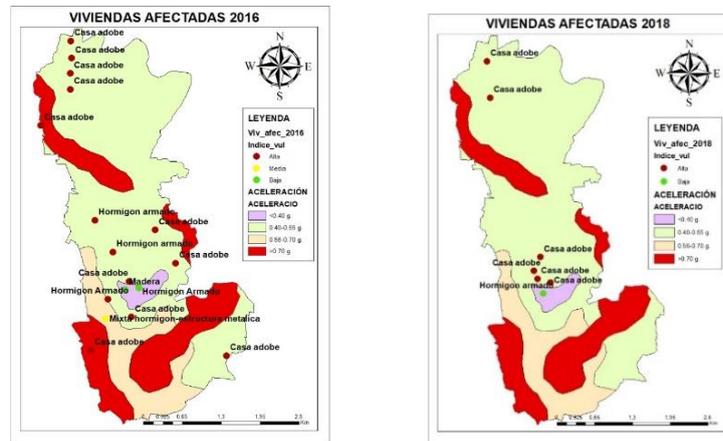
0,55g) estas viviendas presentan un nivel de vulnerabilidad media debido a las condiciones de construcción que presentan las viviendas.

Tabla 18. Relación en zonas de aceleración de onda sísmica en estrato superior y vulnerabilidad de edificaciones afectadas por sismos de 2018 en el área urbana del cantón Guaranda

Zonas de aceleración de onda sísmica en estrato superior	Nivel de vulnerabilidad de las edificaciones							
	Alto		Medio		Bajo		Total	
	#	%	#	%	#	%	#	%
Zona I: < 0,40g	0	0%	0	0%	1	100%	1	14%
Zona II: 0,40 – 0,55g	0	0%	6	100%	0	0%	6	86%
Zona III: 0,56 – 0,70g	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Zona IV: > 0,70g	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Total	0	0%	6	100%	1	100%	7	100%

Fuente: (GAD Guaranda, 2012). Elaboración: autores, 2022

Gráfico 16. Zonas de aceleración de onda sísmica en estrato superior y vulnerabilidad de edificaciones afectadas por sismos de 2016 y 2018 en el área urbana de Guaranda



Fuente: (GAD Guaranda, 2012). Elaboración: autores, 2022

4. DISCUSIÓN

En la evaluación de vulnerabilidad de las edificaciones del área de estudio tiene una incidencia alta la tipología estructural de cada una de las viviendas, ya que en su gran mayoría se encuentran construidas con material de adobe y bareque, esto es un factor detonante para que las viviendas no se encuentren preparadas para recibir ningún tipo de esfuerzos ni desplazamientos al momento de generar un sismo, esto concuerda con los resultados del trabajo de (Abugattas-Velarde, 2014), indica que este tipo de viviendas tiene una alta vulnerabilidad ya que están contruidos sus columnas con adobe y el techo de teja la cual no ayuda a la resistencia al momento que se genera una sismo, fueron afectadas debido a las irregularidades que presentan, así como, construcciones adicionales generadas fuera del diseño original, viviendas que contienen configuraciones en planta ya sea en forma de L, T y U, sin reforzamiento alguno de vigas y columnas, por último, estas viviendas son vulnerables por que se encuentran localizados en zonas de pendiente, esta información concuerda con (Loor-Salvatierra, 2019) que indica que la edificación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí en Ecuador presenta irregularidad en planta esto causa que la infraestructura se encuentre vulnerable frente a un evento sísmico. También, se relaciona con el estudio realizado por (Indacocha-Véliz, 2018), menciona que los edificios de hormigón armado del centro histórico de la ciudad de Portoviejo fueron afectadas en 2016, debido a la debilidad que presenta la edificación tanto en vigas, columnas y la falta de confinamiento de nudos estos son los factores que inciden en la vulnerabilidad; en el caso del evento de 2016, los mayores daños se observó en las

columnas cortas a las que se integran la mampostería, que a su vez inciden en la disposición inapropiada de pares o por consideraciones erradas el cálculo de la estructura, por lo que la capacidad es muy baja para disipar la energía (Aguiar & Mieles, 2016).

El análisis sísmico realizado por el Gobierno Autónomo Descentralizado de Guaranda (2012), establece que el área urbana presenta cuatro zonas sísmicas, como son: zona I: $< 0,40$ g, zona II: $0,40 - 0,55$ g, zona III: $0,56$ a $0,70$ y la zona IV: $> 0,70$ g), referente a esta información el análisis de vulnerabilidad indica que las viviendas no únicamente fueron afectadas debido a la localización en la zona sísmica que presenta mayor grado de aceleración y amplificación de la onda sísmica (Zona IV), sino al tipo y material de construcción que presentan las viviendas, este análisis tiene relación con el estudio realizado por (Loor-Salvatierra, 2019), que hace referencia a que la edificación analizada por este autor se encuentra en una zona de suelo tipo D, pero, el autor menciona que esto no fue el factor detonante para que esta edificación fuera afectada, sino como fue construida estructuralmente.

5. CONCLUSIONES

Con respecto a la vulnerabilidad, se aplicó la metodología de la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC-2015), se estableció que la mayor parte de las edificaciones afectadas en los sismos de 2016 y 2018 en el área urbana de Guaranda, presentan niveles altos de vulnerabilidad, debido a que en su mayoría fueron construidas con material de adobe que se caracterizan por no tener refuerzo en la estructura, presentan irregularidades en planta (modificaciones al diseño original) y en verticales en pendientes, son menores a 4 pisos, construidas antes de 1977 que no se disponía de normas de construcción, se localizan en suelos de tipos C,D y E que tendrían menor calidad para las construcciones; por tal razón, en caso nuevo sismo con iguales o mayor magnitud estas edificaciones podrían colapsar, riesgo de pérdidas de vidas humanas y económicas.

Se relacionó las edificaciones afectadas por el sismo 2016 y 2018 con la zonas aceleración de onda sísmica en el estrato superior elabora por el GAD Guaranda (2012) que son áreas que podrían presentar daños importantes a las edificaciones por posibles amplificaciones, sin embargo, los resultados mostraron que la mayoría de las viviendas afectadas en los dos eventos sísmicos se localizan en las zonas de menores valores de aceleración sísmica (Zona II y I) y en mínimo número en la zona de alta aceleración (Zona IV) del área urbana de Guaranda, por lo que se podría atribuir a que los daños se debió principalmente a la condición de vulnerabilidad que presentaba las edificaciones.

Las afectaciones de las edificaciones por los eventos sísmicos de 2016 y 2018, se deberían principalmente a las condiciones de vulnerabilidad que a la ubicación en las zonas de amplificación de la onda sísmica en el estrato superior; además, se debe considerar que no solo sismos cercanos pueden causar daños en las infraestructuras de Guaranda, sino también, eventos con epicentros lejanos como el sismo de 1942 a 220 km y de 2018 a 246 km de Guaranda, por lo que es necesario evaluar las condiciones de respuesta del suelo ante un evento sísmico y la vulnerabilidad de las edificaciones para establecer medias de reducción y preparación para el territorio.

6. CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores de este trabajo investigativo declaramos que no existe conflicto de interés de ninguna naturaleza con nuestra investigación.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abugattas-Velarde, G. (Agosto de 2014). Analisis de vulnerabilidad sísmica de viviendas de dos pisos de adobe. *Ponteficia Universidad Católica del Peru*. Lima.
- Aguiar, R., & Mieles, Y. (2016). Análisis de los edificios que colapsaron en Portoviejo durante el terremoto del 16 de abril de 2016. *Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras*, 257-282. Obtenido de <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/riie/article/view/601/496>

- Cobos, F. (Enero de 2017). Estudio de peligro sísmico determinista para las estructuras de la Universidad Técnica de Ambato. *Universidad Técnica de Ambato*. Ambato, Ecuador. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25147/1/Tesis%201100%20-%20Cobos%20Torres%20Fabricio%20Pa%20C3%20BAL.pdf>:
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25147/1/Tesis%201100%20-%20Cobos%20Torres%20Fabricio%20Pa%20c3%20bal.pdf>
- Cornetero-Mesta, C. A. (2014). Evaluación de vulnerabilidad sísmica. *Evaluación de vulnerabilidad sísmica*. Chiclayo, Peru. Obtenido de <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/4014?locale-attribute=de>
- GAD Guaranda. (2012). *Microzonificación sísmica de la zona urbana del cantón Guaranda*. Guaranda: Gobierno Autónomo Descentralizado - GAD del cantón Guaranda. Obtenido de <http://www.guaranda.gob.ec/newsiteCMT/download/PDOT-Canton-Guaranda-preliminar.pdf>
- GAD Guaranda. (2020). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, 2020-2025*. Guaranda: Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Guaranda. Obtenido de <http://www.guaranda.gob.ec/newsiteCMT/download/PDOT-Canton-Guaranda-preliminar.pdf>
- IG-EPN. (2007a). *Breve fundamentos de los terremotos en el Ecuador*. Quito: Corporación Editora Nacional. Obtenido de [https://www.igepn.edu.ec/publicaciones-para-la-comunidad/comunidad-espanol/35-breves-fundamentos-sobre-los-terremotos-en-el-ecuador/file#:~:text=En%20la%20historia%20del%20Ecuador,\)%20y%20Bah%C3%ADa%20\(1998\)](https://www.igepn.edu.ec/publicaciones-para-la-comunidad/comunidad-espanol/35-breves-fundamentos-sobre-los-terremotos-en-el-ecuador/file#:~:text=En%20la%20historia%20del%20Ecuador,)%20y%20Bah%C3%ADa%20(1998)).
- IG-EPN. (2007b). *Estudio de la evaluación de la amenaza sísmica para la ciudad de Guaranda. Provincia de Bolívar*. Quito: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional IG-EPN.
- IG-EPN. (2016). *Informe de Situación N°65 – 16/05/2016. Terremoto 7.8 ° - Pedernales*. Quito: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional - IG-EPN. Obtenido de <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/05/Informe-de-situaci%C3%B3n-n%C2%B065-especial-16-05-20161.pdf>
- IG-EPN. (2017). *Geoportál*. Obtenido de Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional - IG-EPN.
- IG-EPN. (2018). *INFORME SÍSMICO ESPECIAL N° 13 - 2018*. Quito: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional - IG-EPN. Obtenido de <https://www.igepn.edu.ec/servicios/noticias/1629-informe-sismico-especial-n-13-2018>
- IG-EPN. (2022). *Escuela Politécnica Nacional*. Obtenido de Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional -IG-EPN.
- Indacochea-Véliz, C. (11 de Septiembre de 2018). Evaluación de vulnerabilidad sísmica de edificio de hormigón armado: Aplicado al área urbano de Centro Histórico de la ciudad de Portoviejo. *Evaluación de vulnerabilidad sísmica de edificio de hormigón armado: Aplicado al área urbano de Centro Histórico de la ciudad de Portoviejo*. Leira, Ecuador.
- Lloor-Salvatierra, J. (2019). Evaluación de vulnerabilidad sísmica del edificio de la facultad de informática de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. *Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí*. Manabí, Ecuador.
- López, M. (26 de Enero de 2016). Los movimientos sísmicos. *Geografía Física*. Obtenido de <https://lageografia.com/geografia-fisica/movimientos-sismicos>
- MIDUVI. (Septiembre de 2016). file:///C:/Users/USER/Downloads/Norma_Ecuatoriana_de_la_Construccion_NEC.pdf. Obtenido de

file:///C:/Users/USER/Downloads/Norma_Ecuatoriana_de_la_Construccion_NEC.pdf:
https://www.ecp.ec/wp-content/uploads/2017/08/GUIA_5.pdf

NEC. (Septiembre de 2015). Guía práctica para la evaluación sísmica y rehabilitación. *Guía práctica para la evaluación sísmica y rehabilitación*. Quito. Obtenido de https://www.ecp.ec/wp-content/uploads/2017/08/GUIA_5.pdf

Paucar-Camacho, J. (Abril de 2016). Modelo para la articulación de la Gestión del Riesgo en el proceso de Ordenamiento Territorial de la ciudad de Guaranda. *Modelo para la articulación de la Gestión del Riesgo en el proceso de Ordenamiento Territorial de la ciudad de Guaranda*. Valencia. Obtenido de <https://roderic.uv.es/handle/10550/54628>

Pilco-Castro, J. A. (Octubre de 2013). Evaluación y zonificación de los procesos geodinámicos que influyen en el área urbana del cantón Guaranda. *Universidad Central del Ecuador*. Quito, Pichincha, Ecuador. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2284>

Pinto, A. P. (2016). Evaluación postsísmica de edificaciones afectadas por el terremoto. *Ciencia Ingeniería*, 15. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/5075/507551271007/html/>

Riesgo, S. d. (Abril de 2018). Plan Nacional de Respuesta ante Desastre . *Plan Nacional de Respuesta ante Desastre* . Quito.

Secretaría de Gestión de Riesgo. (2016). Guía metodológica para evaluar las edificaciones. *Guía metodológica para evaluar las edificaciones*. Quito, Ecuador. Obtenido de https://www.ecp.ec/wp-content/uploads/2017/08/GUIA_5.pdf

SNGR. (2016). *Informe de situación N° 65*. Pedernales: DINASED/FGE, MTT2, Instituto de Seguridad Social de la Ploicia Nacional, Instituto de seguridad social de las Fuerzas armadas .

SNGR. (2018). *Informe de Situación - Sismo, Provincia Chimborazo, sur Cumandá*. Cumandá.