



María de Lourdes De Mora-Gaibor¹

E-mail: maludemo@yahoo.com,

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3399-4254>

María Transito Vallejo-Ilijama²

E-mail: mvallejo@ueb.edu.ec

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8757-2452>

César Pazmiño-Zabala²

E-mail: cpazmino@ueb.edu.ec,

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4481-7031>.

¹Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Económicas, Unidad de Economía. Lima, Perú.

²Universidad Estatal de Bolívar, Facultad de Ciencias de la Salud y del Ser Humano, Administración para Desastres y Gestión de Riesgos. Campus Alpachaca Av. Ernesto Che Guevara s/n y Av. Gabriel Secaira. Guaranda, Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

De Mora-Gaibor, M., Vallejo-Ilijama, M. T., & Pazmiño-Zabala, C. (2023). Vulnerabilidad física estructural de Unidades Educativas ante la amenaza de sismos. *Revista Sociedad & Tecnología*, 6(1), 1-16. DOI: <https://doi.org/10.51247/st.v6i1.321>.

==== o =====

Vulnerabilidad física estructural de Unidades Educativas ante la amenaza de sismos.

RESUMEN

Las instalaciones educativas tienen un papel fundamental antes, durante y después de la ocurrencia de un fenómeno natural; por lo que se hace indispensable la evaluación de la vulnerabilidad física estructural de la edificación para en consecuencia saber cómo actuar y hacer frente a un evento sísmico. Esta investigación descriptiva y transversal tiene por objetivo evaluar la vulnerabilidad física estructural de las unidades educativas del cantón San Miguel en Ecuador ante la amenaza de sismos. La evaluación de vulnerabilidad sísmica se realizó siguiendo la metodología de evaluación técnico visual propuesta por la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias de los Estados Unidos de Norteamérica, FEMA-15. Se determinó el índice y el nivel de vulnerabilidad, encontrándose que, la Unidad Educativa 24 de mayo presentó un valor de 4,4 y 15,4, al igual que la Unidad Educativa 10 de enero (vulnerabilidad leve); con un valor entre a 16,6 y 28,3 (vulnerabilidad moderada), la Unidad Educativa Ángel Polibio Chaves y Unidad Educativa Fiscomisional San Miguel respectivamente.

Palabras clave: Sismo, peligro, vulnerabilidad, irregularidades

==== o =====

Structural physical vulnerability of Educational Units to the threat of earthquake.

ABSTRACT

Educational facilities play a fundamental role before, during and after the occurrence of a natural phenomenon; Therefore, the evaluation of the structural physical vulnerability of the building is essential in order to know how to act and deal with a seismic event. This descriptive and cross-sectional research aims to evaluate the structural physical vulnerability of the educational units of the San Miguel canton in Ecuador in the face of the threat of earthquakes. The seismic vulnerability assessment was carried out following the visual technical assessment methodology proposed by the Federal Emergency Management Agency of the United States of America, FEMA-15. The index and the level of vulnerability were determined, finding that the Educational Unit May 24 presented a value of 4.4 and 15.4, as did the Educational Unit January 10 (slight vulnerability); with a value between 16.6 and 28.3 (moderate vulnerability), the Ángel Polibio Chaves Educational Unit and the San Miguel Fiscomisional Educational Unit, respectively.

Keywords: Earthquake, danger, vulnerability, irregularities

==== o ====

Vulnerabilidade física estrutural das Unidades Educativas à ameaça de sismos

RESUMO

Os equipamentos educacionais têm papel fundamental antes, durante e após a ocorrência de um fenômeno natural; Assim, é essencial avaliar a vulnerabilidade física estrutural do edifício para saber como atuar e lidar com um evento sísmico. Esta pesquisa descritiva e transversal tem como objetivo avaliar a vulnerabilidade física estrutural das unidades educacionais do cantão de San Miguel, no Equador, à ameaça de terremotos. A avaliação da vulnerabilidade sísmica foi realizada seguindo a metodologia de avaliação técnica visual proposta pela Agência Federal de Gerenciamento de Emergências dos Estados Unidos da América, FEMA-15. Determinou-se o índice e o nível de vulnerabilidade, verificando-se que a Unidade Educacional 24 de maio apresentou um valor de 4,4 e 15,4, o mesmo que a Unidade Educacional 10 de janeiro (vulnerabilidade leve); com um valor entre 16,6 e 28,3 (vulnerabilidade moderada), a Unidade Educacional Ángel Polibio Chaves e a Unidade Educacional San Miguel Fiscomisional respectivamente.

Palavras-chave: terremoto, perigo, vulnerabilidade, irregularidades

==== o ====

INTRODUCCIÓN

Durante la conferencia mundial sobre la reducción de desastres desarrollada en enero del 2005, Koffi Anán citado por Martínez Cueva (2014), destacó que no se pueden evitar las adversidades y desastres naturales, pero es necesario prevenir las consecuencias que pueden acarrear, preparando a las personas y a las comunidades para que puedan resistir.

Sobre la vulnerabilidad física estructural de las edificaciones ante un sismo se han realizado múltiples estudios, entre estos los desarrollados por Castillo Gallo (2014), Abanto y Cárdenas (2015), Ocha (2017), Aguilar y Mudarra (2018), Cucho y Nuñez (2018), y Sáenz Azorsa

(2019), quienes desde diferentes metodologías han valorado el impacto en los sismos en edificaciones con desempeño sísmico deficiente, los que están propensos a sufrir el colapso. Estos autores significan que, si bien el fenómeno no se puede evitar, si pueden atenuarse sus consecuencias implementando planes de prevención y mitigación del desastre, donde el cumplimiento de las normas constructivas juegan un importante rol para poder mantener la operatividad de las estructuras antes, durante y después del sismo.

Las pérdidas que se producen durante los desastres van en incremento, acarreando graves consecuencias para la supervivencia y los medios de vida de los individuos conseguidos después de mucho esfuerzo. El riesgo de desastres es un motivo de preocupación global cuyo impacto y acción en una región pueden resultar en los riesgos de otra y viceversa (Regueira Rojas et al., 2020; Vallejo et al., 2021).

Esto añadido a la fragilidad exacerbada por la evolución de los contextos demográficos, tecnológicos y socioeconómicos, la urbanización sin planificación del ordenamiento territorial, y asentamientos humanos en zonas de alta inseguridad, la pobreza, la degradación del medio ambiente, la variabilidad climática, el cambio climático, las amenazas geológicas, la competencia por los recursos escasos y el impacto de epidemias, que presagian un futuro de amenaza progresiva de desastres, que afectará las economías mundiales, el desarrollo sostenible de los países y a la población del planeta. Durante las “dos últimas décadas más de 200 millones de personas se han visto afectadas en promedio cada año por desastres” (EIRD. Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres, 2005).

Esta realidad no es ajena a Ecuador, por ser un país altamente sísmico, debido a que se encuentra ubicado en el Cinturón de Fuego del Pacífico (Parra Cárdenas, et al., 2020), zona donde se concentra la mayor cantidad de sismos que se producen en el mundo (Daza, 2017). Entre estos eventos se puede citar el terremoto de magnitud 7,8 en la escala de Richter ocurrido el 16 de abril del 2016 con epicentro en la ciudad de Pedernales, que provocó cuantiosas pérdidas materiales y humanas. San Miguel fue uno de los cantones que resultó afectado por este sismo, pues sus edificaciones son precarias debido que no cuentan con diseños de construcción apropiados (SENPLADES, 2016). Las Unidades educativas “10 de enero”, “San Miguel”, “Milenio Ángel Polibio Chávez” y “24 de mayo”, presentaron fisuras, cuarteamientos en las paredes, así como hundimientos y estallido de vidrios, entre otras afectaciones (MINEDUC-SNGR, 2016).

Ante esta situación, según considera Castillo Gallo (2014), se debe asumir como principio que las instalaciones, ante una emergencia de desastres, no recuperan su capacidad de respuesta, sino que la adquieren, con una visión sistémica y de carácter prospectivo del fenómeno.

Por ello es importante tener en cuenta que los sismos generan daños cuando el tipo de construcción de las edificaciones no cumplen con las normas técnicas establecidas en el país (Cárdenas, 2008; Ocha, 2017). Según Herrera Reyes y Beneit (1986), la vulnerabilidad sísmica es una condición intrínseca de la estructura, una característica de su comportamiento ante la acción de un sismo, descrito a través de una ley causa-efecto, donde la causa es el sismo y el efecto es el daño. De igual forma consideran que, la naturaleza y el alcance de un estudio de vulnerabilidad deben estar condicionados al tipo de daño que se pretende evaluar y al nivel de amenaza existente. La afectación depende de la acción sísmica y de la capacidad sismorresistente de la estructura, de manera que la evaluación de vulnerabilidad sísmica está necesariamente vinculada a la manera como se define la acción y el daño sísmico.

Como parte de las medidas de prevención de los daños que ocasionan los sismos el MINEDUC en el año 2011 priorizó los procesos que se relacionan con su responsabilidad de garantizar la seguridad a los estudiantes y los demás actores de la comunidad educativa dentro de las instituciones educativas, para ello generó un proyecto para diseñar productos necesarios que permitan establecer la política pública de reducción de riesgos, determinando que la Dirección

Nacional de Gestión de Riesgo (DNGR) sea el departamento de la ejecución y operatividad de los procesos (MINEDUC-SNGR, 2011).

Asimismo, el Marco de acción de Hyogo determinó que es urgente y fundamental prever el riesgo de desastres con planificación y establecimiento de medidas y reducirles para proteger de manera más eficaz a las personas, los medios de subsistencia, la salud, el patrimonio cultural, la infraestructura, los atractivos socioeconómicos y los ecosistemas, reforzando así la resiliencia (ONU-EIRD, 2015).

Por su parte, el Marco de Sendai para la Reducción de Riesgos de Desastres 2015-2030 tiene previsto reducir considerablemente la mortalidad mundial causada por los desastres, así también el número de afectados, reducir las pérdidas económicas, los daños causados en las infraestructuras vitales y la interrupción de los servicios básicos, como las instalaciones de las unidades e instituciones educativas y de salud, desarrollando resiliencia (UNDRR, 2015).

Para la provisión de los servicios básicos y de los sistemas que permitan un correcto funcionamiento y operatividad en las instalaciones es fundamental realizar un estudio de vulnerabilidad ante eventos de riesgos (ISDR. International Strategy for Disaster Reduction, 2012); esto se relaciona con las vulnerabilidades funcionales que corresponden a: componentes de comunicación, agua potable, drenaje, alcantarillado y luz eléctrica, entre otras.

También, se debe considerar el diseño arquitectónico y la distribución espacial con la interconexión de las áreas que deben ser adecuadas y factibles; por otro lado, se encuentran las vulnerabilidades organizacionales, que abarcan las acciones necesarias que garantizan el correcto funcionamiento de las edificaciones a través del tiempo y esto se logra con una gestión y asignación de recursos que permitan efectuar mantenimientos preventivos planificados de tal manera que no se interrumpan las actividades, y por último es necesario realizar una planificación ordenada de crecimiento en las ampliaciones y modificaciones de uso y construcciones nuevas dentro de las organizaciones para garantizar el aprovechamiento de los recursos asignados (Sistema de Información Científica, 2016).

El presente trabajo divulga parte de los resultados de una investigación realizada con el objetivo de evaluar la vulnerabilidad física estructural de las unidades educativas del cantón San Miguel en Ecuador ante la amenaza de sismos.

El cantón San Miguel se localiza en el centro de la provincia de Bolívar, en un repliegue de la cordillera Occidental de los Andes, compartiendo territorios de la meseta interandina y una pequeña parte del subtrópico. Su extensión territorial es de 592,82 Km²; se encuentra a una altitud comprendida entre los 240 m.s.n.m. y 4320 m.s.n.m. En las zonas más altas su topografía es irregular con temperaturas entre los 8°C a 22°C. Está ubicado en una zona denominada de "Muy Alta Intensidad Sísmica"; así como una alta susceptibilidad a movimientos en masa, debido a su topografía irregular y a los suelos de origen volcánico poco consolidados (GADS, San Miguel de Bolívar. Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de San Miguel de Bolívar 2015).

METODOLOGÍA

Para dar cumplimiento al objetivo trazado se asumió una investigación descriptiva y transversal simple, a través de la cual se obtuvo información cualitativa y cuantitativa. La evaluación de vulnerabilidad sísmica se llevó a cabo mediante la metodología de evaluación técnico visual propuesta por la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias de los Estados Unidos de Norteamérica (FEMA-154).

Población y muestra

Vulnerabilidad física estructural de Unidades Educativas ante la amenaza de sismos

La población del estudio estuvo compuesta por las unidades educativas del cantón San Miguel de la provincia Bolívar; de las que fueron seleccionadas cuatro de manera aleatoria para conformar la muestra.

Para la evaluación se consideró los componentes detallados en la figura 1.

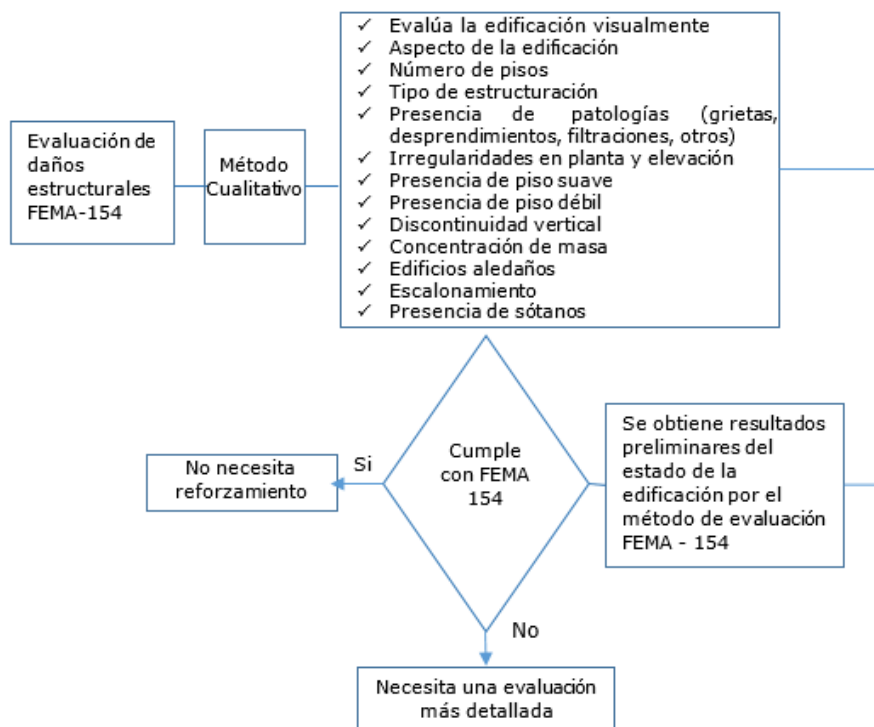


Figura1. Esquema del Análisis de daños Estructurales por la Metodología Fema-154
Fuente: Hernández y Lockhart Castro (2002)

Este método es de tipo cualitativo que contempla un formulario de descripción de las edificaciones que consta de los siguientes aspectos:

1. Localización geográfica.
2. Datos del edificio, los datos más recientes: número de pisos, años de construcción, área construida, nombre del edificio, uso, foto, número de personas que ocupan el edificio, tipo de suelo y tipos de elementos estructurales.
3. Dibujo en planta y elevación de la edificación en el formulario y tomar los datos de historia del edificio.
4. Registro fotográfico.
5. Fallas geológicas.
6. Problemas de irregularidades en la construcción, problemas de adyacencia y peligros de caídas exteriores del edificio.
7. Materiales de construcción utilizados y establecer los sistemas utilizados para soportar cargas por gravedad y fuerza sísmica.
8. Se finaliza la sección resumen en la parte inferior, es decir, el alcance, la revisión y otros peligros.

Vulnerabilidad física estructural de Unidades Educativas ante la amenaza de sismos

Esta metodología hace un análisis preliminar lineal donde se indica que si cumple no hay que reforzar y si no cumple hay que realizar un análisis no lineal de dichas edificaciones. Si el índice de la metodología es menor o igual que dos se necesita reforzamiento, el índice 2 significa que la edificación tiene una probabilidad de 1 a 100 que colapse, tal como se indica en la tabla 1.

Tabla 1. Niveles calificación de vulnerabilidad de las estructuras frente a potenciales riesgos sísmicos

Estado de daño	Índice de Daño	Daño en porcentaje %
Sin daño	0,0	0
Leve	0,10 - 0,15	10 - 15
Moderado	0,16 - 0,50	16-50
Severo	0,51 - 0,85	51 - 85
Destrucción -Colapso	>0,85	> 85

Fuente: Hernández y Lockhart Castro (2002)


RESULTADOS

A continuación, se exponen los resultados obtenidos de la evaluación física en la edificación de las unidades educativa seleccionadas.

Unidad Educativa Ángel Polibio Chávez

La evaluación física en la edificación de la unidad educativa Ángel Polibio Chaves correspondió a un puntaje de 16,6, lo que significa que presenta una vulnerabilidad moderada, esto se debe que su muro de corte de hormigón le permite tener una resistencia a la fuerza sísmica y cargas de viento en el plano lateral y requiere de una evaluación a mayor detalle utilizando métodos de mayor y mejor precisión cuadro 1.

Cuadro 1. Evaluación de Estructuras frente a potenciales riesgos sísmicos Unidad Educativa Ángel Polibio Chávez.

Evaluación Rápida de Estructuras Frente a Potenciales Riesgos Sísmicos						
FEMA P-154 Data Collection from						
	Fotografía					
	Datos Generales					
	Dirección:					
	Nombre de la edificación:		Ángel Polibio Chávez			
	Número de pisos:		3			
	N° Pisos sobre nivel de la Vía:		1			
	N° Pisos bajo nivel de la Vía:		0			
	Año de construcción:		1938 (82 Años)			
	Uso					
	Asamblea	<input type="checkbox"/>	Industrial	<input type="checkbox"/>		
	Comercial	<input type="checkbox"/>	Oficina	<input type="checkbox"/>		
	Serv. Emergencia	<input type="checkbox"/>	Residencial	<input type="checkbox"/>		
	Gobernación	<input type="checkbox"/>	Escuela	<input checked="" type="checkbox"/>		
	Histórico	<input checked="" type="checkbox"/>				
	Número de personas					
0-10	<input type="checkbox"/>	11-100	<input type="checkbox"/>			
101-1000	<input type="checkbox"/>	1000+	<input checked="" type="checkbox"/>			
Tipo de suelo						
ESQUEMA	A	B	C	D	E	F
	Roca dura	Roca Promedio	Suelo Denso	Suelo Rígido	Suelo Suave	Suelo Pobre
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Vulnerabilidad física estructural de Unidades Educativas ante la amenaza de sismos

	Peligro de Fallas Exteriores															
	Chimenea								<input type="checkbox"/>		Parapeto				<input checked="" type="checkbox"/>	
	Revestimiento								<input checked="" type="checkbox"/>		Otro				<input type="checkbox"/>	
	Irregularidades															
	Vertical								<input checked="" type="checkbox"/>		Tipo				<input type="checkbox"/>	
	Planta								<input checked="" type="checkbox"/>		Tipo				<input type="checkbox"/>	
Comentarios																
Adosados																
Golpeteo								<input checked="" type="checkbox"/>								
Objetos que se pueden caer								<input checked="" type="checkbox"/>								
Puntaje Básico, Modificaciones y Puntaje Final, SL1																
Tipo de construcción	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM	
			(MRF)	(BR)	(LM)	(RC SW)	URM INF	(MRF)	(SW)	URM INF	(TU)		(FD)	(RD)		
Puntuación Básica	3,6	2,9	2,1	2,0	2,6	2,0	1,7	1,5	2,0	1,2	1,6	1,4	1,7	1,7	1,0	
Irregularidad Vertical Severa	-1,2	-1,2	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-0,8	0,9	-1,0	-0,7	-1,0	-0,9	-0,9	-0,9	-0,7	
Irregularidad Vertical moderada	-0,7	-0,7	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,5	-0,5	-0,6	0,4	-0,6	-0,5	-0,5	-0,5	-0,4	
Irregularidad en la planta	-1,1	-1,0	-0,8	-0,7	-0,9	-0,7	-0,6	-0,6	-0,8	-0,5	-0,7	-0,6	-0,7	-0,7	-0,4	
Código Anterior	-1,1	-0,9	-0,6	-0,6	-0,8	-0,6	-0,2	-0,4	-0,7	-0,1	-0,5	-0,3	-0,5	-0,5	0,0	
Último Código	1,6	2,2	1,4	1,4	1,1	1,9	N/A	1,9	2,1	N/A	2,0	2,4	2,1	2,1	N/A	
Suelo Tipo A o B	0,1	0,5	0,4	0,6	0,1	0,6	0,5	0,4	1,5	0,3	0,6	0,4	0,5	0,5	0,3	
Suelo tipo E (1-3 pisos)	0,2	0,1	-0,2	-0,4	0,2	-0,1	-0,4	1,9	0,0	-0,2	-0,3	-0,1	-0,1	-0,1	-0,2	
Suelo tipo E (>3)	-0,3	-0,9	-0,6	-0,6	N/A	-0,6	-0,4	1,5	-0,7	-0,3	N/A	-0,4	-0,5	-0,6	-0,2	
Minimum Score, Smin	1,1	0,7	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	2,8	0,3	0,3-0,7	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	
Puntuación Final, SL1 >= Smin 16,6																
Evaluación Detallada Requerida																
SI	X															
No	<input type="checkbox"/>															

Fuente: Resultados de la aplicación del método FEMA-154

Leyenda:

W1 = estructura de madera clara, residencia o comercial ≤ 5000 metros cuadrados

W2 = edificios con estructura de madera > 5000 metros cuadrado

S1 = Marco de acero sismo resistentes

S2 = marco reforzado de acero

S3 = Estructura de metal ligero

S4 = estructura de acero con muros de corte de hormigón moldeado

S5 = estructura de acero con relleno de mampostería no reforzada

C1 = marco de resistencia a los momentos concretados

C2 = muro de corte de hormigón

C3 = estructura de hormigón con infiltración de mampostería no reforzada

PC1 = construcción basculante

PC2 = Estructura de hormigón prefabricado

RM1 = Mampostería reforzada con diafragmas de piso y techo flexible

RM2 = Mampostería reforzada con diafragmas rígidos



URM = Edificios con muros de carga de mampostería no reforzada.

Unidad educativa 24 de Mayo

El índice de vulnerabilidad de la Unidad 24 de mayo es de 4.4 puntos que representa una vulnerabilidad leve, por lo que se requiere emplear un estudio a mayor detalle para determinar su real situación físico, estructural y funcional. Los datos resultantes de la evaluación realizada se muestran a continuación en el cuadro 2.

Vulnerabilidad física estructural de Unidades Educativas ante la amenaza de sismos

Cuadro 2. Evaluación de Estructuras frente a potenciales riesgos sísmicos Unidad Educativa 24 de Mayo

Evaluación Rápida de Estructuras Frente a Potenciales Riesgos Sísmicos																																																															
FEMA P-154 Data Collection from																																																															
Fotografía		Datos Generales																																																													
		Dirección:		Calles: Guayas Reinaldo Arguello, San Miguel de Bolívar.																																																											
		Nombre de la edificación:		UE 24 de mayo																																																											
		Número de pisos:		3																																																											
		Nº Pisos sobre nivel de la Vía:		3																																																											
		Nº Pisos bajo nivel de la Vía:		0																																																											
		Año de construcción:		1990 (30 años)																																																											
				Uso <table border="1"> <tr> <td>Asamblea</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Industrial</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Comercial</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Oficina</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Serv. Emergencia</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Residencial</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Gobernación</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Escuela</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Histórico</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>														Asamblea	<input type="checkbox"/>	Industrial	<input type="checkbox"/>	Comercial	<input type="checkbox"/>	Oficina	<input checked="" type="checkbox"/>	Serv. Emergencia	<input type="checkbox"/>	Residencial	<input type="checkbox"/>	Gobernación	<input type="checkbox"/>	Escuela	<input checked="" type="checkbox"/>	Histórico	<input type="checkbox"/>																												
Asamblea	<input type="checkbox"/>	Industrial	<input type="checkbox"/>																																																												
Comercial	<input type="checkbox"/>	Oficina	<input checked="" type="checkbox"/>																																																												
Serv. Emergencia	<input type="checkbox"/>	Residencial	<input type="checkbox"/>																																																												
Gobernación	<input type="checkbox"/>	Escuela	<input checked="" type="checkbox"/>																																																												
Histórico	<input type="checkbox"/>																																																														
		Número de personas <table border="1"> <tr> <td>0-10</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>11-100</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>101-1000</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>1000+</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>														0-10	<input type="checkbox"/>	11-100	<input type="checkbox"/>	101-1000	<input checked="" type="checkbox"/>	1000+	<input type="checkbox"/>																																								
0-10	<input type="checkbox"/>	11-100	<input type="checkbox"/>																																																												
101-1000	<input checked="" type="checkbox"/>	1000+	<input type="checkbox"/>																																																												
		Tipo de suelo <table border="1"> <tr> <td>A</td> <td>B</td> <td>C</td> <td>D</td> <td>E</td> <td>F</td> </tr> <tr> <td>Roca dura</td> <td>Roca Promedio</td> <td>Suelo Denso</td> <td>Suelo Rígido</td> <td>Suelo Suave</td> <td>Suelo Pobre</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>														A	B	C	D	E	F	Roca dura	Roca Promedio	Suelo Denso	Suelo Rígido	Suelo Suave	Suelo Pobre	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																														
A	B	C	D	E	F																																																										
Roca dura	Roca Promedio	Suelo Denso	Suelo Rígido	Suelo Suave	Suelo Pobre																																																										
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																										
ESQUEMA 		Peligro de Fallas Exteriores <table border="1"> <tr> <td>Chimenea</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Parapeto</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Revestimiento</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Otro</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>														Chimenea	<input checked="" type="checkbox"/>	Parapeto	<input type="checkbox"/>	Revestimiento	<input checked="" type="checkbox"/>	Otro	<input type="checkbox"/>																																								
Chimenea	<input checked="" type="checkbox"/>	Parapeto	<input type="checkbox"/>																																																												
Revestimiento	<input checked="" type="checkbox"/>	Otro	<input type="checkbox"/>																																																												
		Irregularidades <table border="1"> <tr> <td>Vertical</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Tipo</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Planta</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Tipo</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>														Vertical	<input checked="" type="checkbox"/>	Tipo	<input type="checkbox"/>	Planta	<input type="checkbox"/>	Tipo	<input type="checkbox"/>																																								
Vertical	<input checked="" type="checkbox"/>	Tipo	<input type="checkbox"/>																																																												
Planta	<input type="checkbox"/>	Tipo	<input type="checkbox"/>																																																												
		Comentarios <table border="1"> <tr> <td>Adosados</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Golpeteo</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Objetos que se pueden caer</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> </table>														Adosados	<input type="checkbox"/>	Golpeteo	<input checked="" type="checkbox"/>	Objetos que se pueden caer	<input checked="" type="checkbox"/>																																										
Adosados	<input type="checkbox"/>																																																														
Golpeteo	<input checked="" type="checkbox"/>																																																														
Objetos que se pueden caer	<input checked="" type="checkbox"/>																																																														
Puntaje Básico, Modificaciones y Puntaje Final, SL1 <table border="1"> <tr> <th>Tipo de construcción</th> <th>d1</th> <th>2</th> <th>S1 (MRF)</th> <th>S2 (BR)</th> <th>S3 (LM)</th> <th>S4 (RC SW)</th> <th>S5 URM INF</th> <th>C1 (MRF)</th> <th>C2 (SW)</th> <th>C3 URM INF</th> <th>PC1 (TU)</th> <th>PC2</th> <th>RM1 (FD)</th> <th>RM2 (RD)</th> <th>URM</th> </tr> <tr> <td>Puntuación Básica</td> <td>3,6</td> <td>2,9</td> <td>2,1</td> <td>2,0</td> <td>2,6</td> <td>2,0</td> <td>1,7</td> <td>1,5</td> <td>2,0</td> <td>1,2</td> <td>1,6</td> <td>1,4</td> <td>1,7</td> <td>1,7</td> <td>1,0</td> </tr> <tr> <td>Irregularidad Vertical Severa</td> <td>-1,2</td> <td>-1,2</td> <td>-1,0</td> <td>-1,0</td> <td>-1,0</td> <td>-1,0</td> <td>-0,8</td> <td>0,9</td> <td>-1,0</td> <td>-0,7</td> <td>-1,0</td> <td>-0,9</td> <td>-0,9</td> <td>-0,9</td> <td>-0,7</td> </tr> </table>																Tipo de construcción	d1	2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 URM INF	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 URM INF	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM	Puntuación Básica	3,6	2,9	2,1	2,0	2,6	2,0	1,7	1,5	2,0	1,2	1,6	1,4	1,7	1,7	1,0	Irregularidad Vertical Severa	-1,2	-1,2	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-0,8	0,9	-1,0	-0,7	-1,0	-0,9	-0,9	-0,9	-0,7
Tipo de construcción	d1	2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 URM INF	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 URM INF	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM																																																
Puntuación Básica	3,6	2,9	2,1	2,0	2,6	2,0	1,7	1,5	2,0	1,2	1,6	1,4	1,7	1,7	1,0																																																
Irregularidad Vertical Severa	-1,2	-1,2	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-0,8	0,9	-1,0	-0,7	-1,0	-0,9	-0,9	-0,9	-0,7																																																

Vulnerabilidad física estructural de Unidades Educativas ante la amenaza de sismos

Irregularidad Vertical moderada	-0,7	-0,7	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,5	-0,5	-0,6	0,4	-0,6	-0,5	-0,5	-0,5	-0,4
Irregularidad en la planta	-1,1	-1,0	-0,8	-0,7	-0,9	-0,7	-0,6	-0,6	-0,8	-0,5	-0,7	-0,6	-0,7	-0,7	-0,4
Código Anterior	-1,1	-0,9	-0,6	-0,6	-0,8	-0,6	-0,2	-0,4	-0,7	-0,1	-0,5	-0,3	-0,5	-0,5	0,0
Último Código	1,6	2,2	1,4	1,4	1,1	1,9	N/A	1,9	2,1	N/A	2,0	2,4	2,1	2,1	N/A
Suelo Tipo A o B	0,1	0,5	0,4	0,6	0,1	0,6	0,5	0,4	0,5	0,3	0,6	0,4	0,5	0,5	0,3
Suelo tipo E (1-3 pisos)	0,2	0,1	-0,2	-0,4	0,2	-0,1	-0,4	0	0,0	-0,2	-0,3	-0,1	-0,1	-0,1	-0,2
Suelo tipo E (>3)	-0,3	-0,9	-0,6	-0,6	N/A	-0,6	-0,4	-0,5	-0,7	-0,3	N/A	-0,4	-0,5	-0,6	-0,2
Mínimum Score, Smin	1,1	0,7	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3-0,7	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2
Puntuación Final, SL1 >= Smin 4,4															
Evaluación Detallada Requerida															
SI	x														
No															

Fuente: Resultados de la aplicación del método FEMA-154

Unidad Educativa 10 de enero

La vulnerabilidad de la Unidad Educativa 10 de enero resultó leve con una puntuación de 15,5, el sistema estructural de la edificación consta de pared portante o mixta, su forma de construcción es irregular, número de pisos bajo el nivel de vía es 3 y se encuentra en suelos húmedos, suaves y relleno; la evaluación de esta unidad se presenta de forma resumida en el cuadro 3.

Cuadro 3. Evaluación de Estructuras frente a potenciales riesgos sísmicos Unidad Educativa 10 de enero.

Evaluación Rápida de Estructuras Frente a Potenciales Riesgos Sísmicos				
FEMA P-154 Data Collection from				
Fotografía	Datos Generales			
	Dirección:		Avenida Velasco Ibarra 0965 Sucre, San Miguel, Bolívar.	
	Nombre de la edificación:		Unidad Educativa 10 de enero	
	Número de pisos:		4	
	N° Pisos sobre nivel de la Vía:		2	
	N° Pisos bajo nivel de la Vía:		3	
	Año de construcción:		1928 (92 años)	
	Uso			
	Asamblea	<input type="checkbox"/>	Industrial	<input type="checkbox"/>
	Comercial	<input type="checkbox"/>	Oficina	<input checked="" type="checkbox"/>
	Serv. Emergencia	<input type="checkbox"/>	Residencial	<input type="checkbox"/>
Gobernación	<input type="checkbox"/>	Escuela	<input checked="" type="checkbox"/>	
Histórico	<input type="checkbox"/>			
Número de personas				
0-10	<input type="checkbox"/>	11-100	<input type="checkbox"/>	
101-100	<input type="checkbox"/>	1000+	<input checked="" type="checkbox"/>	
Tipo de suelo				

Vulnerabilidad física estructural de Unidades Educativas ante la amenaza de sismos

ESQUEMA	A	B	C	D	E	F									
	Roca dura	Roca Promedio	Suelo Denso	Suelo Rígido	Suelo Suave	Suelo Pobre									
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>									
	Peligro de Fallas Exteriores														
	Chimenea		<input type="checkbox"/>	Parapeto		<input checked="" type="checkbox"/>									
	Revestimiento		<input checked="" type="checkbox"/>	Otro		<input type="checkbox"/>									
	Irregularidades														
	Vertical		<input checked="" type="checkbox"/>	Tipo		<input type="checkbox"/>									
	Planta		<input type="checkbox"/>	Tipo		<input type="checkbox"/>									
	Comentarios														
	Adosados														
Golpeteo				<input checked="" type="checkbox"/>											
Objetos que se pueden caer				<input checked="" type="checkbox"/>											
Puntaje Básico, Modificaciones y Puntaje Final, SL1															
Tipo de construcción	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM
			(MRF)	(BR)	(LM)	(RC SW)	URM INF	(MRF)	(SW)	URM INF	(TU)		(FD)	(RD)	
Puntuación Básica	3,6	2,9	2,1	2	2,6	2	1,7	1,5	2	1,2	1,6	1,4	1,7	1,7	1
Irregularidad Vertical Severa	-1,2	-1,2	-1	-1	-1	-1	-0,8	0,9	-1	-0,7	-1	-0,9	-0,9	-0,9	-0,7
Irregularidad Vertical moderada	-0,7	-0,7	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,5	-0,5	-0,6	0,4	-0,6	-0,5	-0,5	-0,5	-0,4
Irregularidad en la planta	-1,1	-1	-0,8	-0,7	-0,9	-0,7	-0,6	-0,6	-0,8	-0,5	-0,7	-0,6	-0,7	-0,7	-0,4
Código Anterior	-1,1	-0,9	-0,6	-0,6	-0,8	-0,6	-0,2	-0,4	-0,7	-0,1	-0,5	-0,3	-0,5	-0,5	0
Último Código	1,6	2,2	1,4	1,4	1,1	1,9	N/A	1,9	2,1	N/A	2	2,4	2,1	2,1	N/A
Suelo Tipo A o B	0,1	0,5	0,4	0,6	0,1	0,6	0,5	0,4	0,5	0,3	0,6	0,4	0,5	0,5	0,3
Suelo tipo E(1-3 pisos)	0,2	0,1	-0,2	-0,4	0,2	-0,1	-0,4	0	0	-0,2	-0,3	-0,1	-0,1	-0,1	-0,2
Suelo tipo E(>3)	-0,3	-0,9	-0,6	-0,6	N/A	-0,6	-0,4	2,5	-0,7	-0,3	N/A	-0,4	-0,5	-0,6	-0,2
Mínimum Score, Smin	1,1	0,7	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,3	3,3	0,3-0,7	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2
Puntuación Final, SL1 >= Smin 15,5															
Evaluación Detallada Requerida															
SI	x														
No	<input type="checkbox"/>														

Fuente: Resultados de la aplicación del método FEMA-154


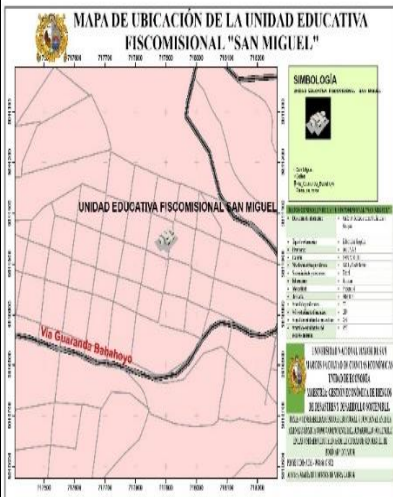
Unidad Educativa Fiscomisional San Miguel

La puntuación de 28,3 indicó que esta unidad presenta una vulnerabilidad moderada, las mismas que están asociadas directamente con sus características físicas estructurales de diseño. Los datos se muestran el cuadro 4.

Cuadro 4. Evaluación de Estructuras frente a potenciales riesgos sísmicos de la Unidad Educativa Fiscomisional San Miguel

Evaluación Rápida de Estructuras Frente a Potenciales Riesgos Sísmicos	
FEMA P-154 Data Collection from	
Fotografía	Datos Generales

Vulnerabilidad física estructural de Unidades Educativas ante la amenaza de sismos

	Dirección:															
	Nombre de la edificación:		UE Fiscomisional "San Miguel"													
	Número de pisos:		2													
	N° Pisos sobre nivel de la Vía:		2													
	N° Pisos bajo nivel de la Vía:		0													
	Año de construcción:		1960 (60 años)													
	Asamblea	<input type="checkbox"/>	Industrial	<input type="checkbox"/>												
	Comercial	<input type="checkbox"/>	Oficina	<input checked="" type="checkbox"/>												
	Serv. Emergencia	<input type="checkbox"/>	Residencial	<input type="checkbox"/>												
	Gobernación	<input type="checkbox"/>	Escuela	<input checked="" type="checkbox"/>												
Histórico		<input type="checkbox"/>														
Número de personas																
0-10	<input type="checkbox"/>	11-100	<input type="checkbox"/>													
101-1000	<input checked="" type="checkbox"/>	1000+	<input type="checkbox"/>													
Tipo de suelo																
ESQUEMA 	A	B	C	D	E	F										
	Roca dura	Roca Promedio	Suelo Dens o	Suel o Rígi do	Suelo Suave	Suelo Pobre										
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>										
	Peligro de Fallas Exteriores															
	Chimenea	<input type="checkbox"/>	Parapeto	<input checked="" type="checkbox"/>												
	Revestimiento	<input type="checkbox"/>	Otro	<input type="checkbox"/>												
	Irregularidades															
	Vertical	<input checked="" type="checkbox"/>	Tipo	<input type="checkbox"/>												
	Planta	<input type="checkbox"/>	Tipo	<input type="checkbox"/>												
	Comentarios															
Adosados																
Golpeteo		<input checked="" type="checkbox"/>														
Objetos que se pueden caer		<input type="checkbox"/>														
Puntaje Básico, Modificaciones y Puntaje Final, SL1																
Tipo de construcción	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM	
			(MRF)	(BR)	(LM)	(RC SW)	URM INF	(MRF)	(SW)	URM INF	TU)		(FD)	(RD)		
Puntuación Básica	3,6	2,9	2,1	2,0	2,6	2,0	1,7	1,5	2,0	1,2	1,6	1,4	1,7	1,9	1,0	
Irregularidad Severa	Vertical	-1,2	-1,2	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-0,8	2,9	-1,0	-0,7	-1,0	-0,9	-0,9	-0,7	
Irregularidad moderada	Vertical	-0,7	-0,7	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,5	-0,5	-0,6	1,4	-0,6	-0,5	-0,5	-0,4	
Irregularidad en la planta	en la	-1,1	-1,0	-0,8	-0,7	-0,9	-0,7	1,6	-0,6	-0,8	-0,5	-0,7	-0,6	-0,7	-0,4	
Código Anterior		-1,1	-0,9	-0,6	-0,6	-0,8	-0,6	-0,2	-0,4	-0,7	-0,1	-0,5	-0,3	-0,5	0,0	
Último Código		1,6	2,2	1,4	1,4	1,1	1,9	N/A	1,9	2,1	N/A	2,0	2,4	2,1	N/A	
Suelo Tipo A o B		0,1	0,5	0,4	0,6	0,1	0,6	0,5	3,4	0,5	0,3	0,6	0,4	0,5	0,3	
Suelo tipo E (1-3 pisos)		0,2	0,1	-0,2	-0,4	0,2	-0,1	-0,4	0	0,0	-0,2	-0,3	-0,1	-0,1	-0,2	
Suelo tipo E (>3)		-0,3	-0,9	-0,6	-0,6	N/A	-0,6	-0,4	-0,5	3,7	-0,3	N/A	-0,4	-0,5	-0,2	
Minimum Score, Smin		1,1	0,7	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,3	5,3	0,3-0,7	0,2	0,2	0,3	0,2	

Vulnerabilidad física estructural de Unidades Educativas ante la amenaza de sismos

Puntuación Final, $SL1 \geq S_{min}$		28,3
Evaluación Detallada Requerida		
SI	<input checked="" type="checkbox"/>	
No	<input type="checkbox"/>	

Fuente: Resultados de la aplicación del método FEMA-154

DISCUSIÓN

La evaluación de la vulnerabilidad física estructural ante la amenaza de sismos realizada en las cuatro Unidades Educativas de la parroquia Matriz del Cantón San Miguel de Bolívar determinó que el índice de vulnerabilidad de las infraestructuras es de 4,4 puntos para la Unidad 24 de mayo y 15,5 puntos para la Unidad Educativa 10 de enero, que corresponden a un índice de vulnerabilidad leve. Mientras que las puntuaciones de 16,6 y 28,30 para las Unidades Educativas Ángel Polibio Chávez y Unidad Educativa Fiscomisional San Miguel respectivamente corresponden a un índice de vulnerabilidad moderada.

Los factores considerados para esta evaluación rápida fueron: si el edificio fue construido con muros de corte de hormigón (C2) que permitan que los edificios tengan una mayor resistencia y dureza a la fuerza sísmica y cargas de viento en el plano lateral; así como tipo de suelo según (S1), número de pisos, forma de construcción regular e irregular, tipos de paredes portante o mixta, pisos bajo el nivel de la vía, humedad de suelos, estructuras metal ligero (C3), mamposterías reforzadas o no (RM1; RM2), estructuras de metal ligero (S3), cada uno de los valores asignados se compararon con el Código Ecuatoriano de la Construcción 2001, así como con la metodología FEMA-154 de acuerdo al parámetro o indicador.

En la norma del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN, 2001), se indican los procedimientos y requisitos de construcción para las edificaciones considerando la zona sísmica del Ecuador, por tal razón se deben tomar en cuenta las "características del suelo del sitio de emplazamiento, el tipo de uso, destino e importancia de la estructura, el tipo de sistema y configuración estructural a utilizarse. De acuerdo a esta norma ecuatoriana, las estructuras tienen que diseñarse para una resistencia tal que logren resistir los desplazamientos laterales inducidos por el sismo de diseño, considerando la respuesta inelástica, la redundancia y sobre resistencia estructural inherente y la ductilidad de la estructura. La resistencia mínima de diseño debe basarse en las fuerzas sísmicas de diseño establecidas en este código.

En este trabajo se pudo determinar que en construcciones antiguas como en el caso de la Unidad Educativa Fiscomisional "San Miguel" con más de 92 años de servicio a la comunidad, no cuenta con estas normas, lógicamente porque aún no existía en el país, por lo que cada vez se hace más vulnerable; pero, en las construcciones más recientes tampoco se cumplen con todas las normas de construcción establecidas, muchas veces por cuestiones políticas y económicas a nivel del gobierno central o local.

Similares estudios han desarrollado Bonett (2003), Caballero (2010), Alvarado y Mita (2014), Álvarez (2015), Tucto (2018), Vargas (2016) y Noel Vargas (2019), quienes hacen recomendaciones para disminuir el impacto negativo del sismo en las edificaciones a partir de la evaluación de la vulnerabilidad de estas.

De acuerdo con Bonett (2003) y Noel Vargas (2019), el conocimiento del comportamiento sísmico de las estructuras, permite definir los mecanismos y acciones de refuerzo requeridos para la reducción de los efectos provocados por los movimientos del terreno. Para el caso de construcciones nuevas, deben plantearse sistemas nuevos de construcción y diseño que garantice el buen desempeño de cada uno de los elementos expuesto.

Según recomienda Caballero (2010), se deben utilizar metodologías que permitan hacer un análisis más detallado y que abarque a todo tipo de infraestructura, como en mamposterías no estructural y de hormigón; de igual forma manifiesta que para determinar el índice de vulnerabilidad es importante contar con una adecuada información con respecto a: tipología estructural, años de construcción de los edificios, tipo de material utilizado durante la construcción, tipos de acabados, resistencia del sistema estructural, tipo de cubierta, entre otros aspectos, puesto que de esto dependerá los resultados finales de cada investigación.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos a través de la metodología FEMA-154 para evaluar la vulnerabilidad física de las estructuras de las Unidades Educativas seleccionadas en la parroquia Matriz del Cantón San Miguel en la provincia de Bolívar permiten concluir que:

- El índice de vulnerabilidad de las infraestructuras es de 4,4 puntos para la Unidad 24 de mayo y 15,5 puntos para la Unidad Educativa 10 de enero, que corresponden a un índice de vulnerabilidad leve. Mientras que las puntuaciones de 16,6 y 28,30 para las Unidades Educativas Ángel Polibio Chávez y Unidad Educativa Fiscomisional San Miguel respectivamente corresponden a un índice de vulnerabilidad moderada.
- En las edificaciones evaluadas se identificó que su vulnerabilidad se evidencia en pequeñas grietas en los elementos estructurales y no estructurales, en algunos casos pérdida de recubrimiento en la infraestructura e irregularidades de tipo vertical, así como el tipo de suelo en el cual se encuentran edificados por lo que se incrementa el nivel de riesgo.
- En todos los diseños estructurales de las edificaciones se debe considerar primordialmente los efectos del lugar a cualquier amenaza, sea natural o antrópica, así como de las condiciones geológicas en donde se vaya a edificar, con la finalidad de reducir los daños provocados por los diversos tipos de peligros a los cuales se encuentren expuestos y de esta manera salvaguardar la vida de las personas que hacen uso de los mismos, así como los bienes materiales.

LIMITACIONES Y ESTUDIOS FUTUROS

Una de las principales limitaciones está determinada por la escasa información que mantiene en las instituciones, así como en la utilización y aplicación de métodos técnicos cuantitativos para realizar con mayor precisión los análisis por lo que se sugiere se investigue con mayor detalle y con expertos en el área de la ingeniería.

RECONOCIMIENTO

Los autores agradecen la colaboración brindada por las autoridades, personal administrativo, docente, trabajadores, personal de servicio y estudiantes de las instituciones educativas que otorgaron las facilidades necesarias durante el proceso de investigación, lo que permitió culminar con éxito nuestro trabajo investigativo.

REFERENCIAS

Abanto, S., & Cárdenas, D. (2015). Determinación de la vulnerabilidad sísmica aplicando el método de Benedetti - Petrini en las instituciones educativas del centro histórico de Trujillo, provincia de Trujillo, región La Libertad. [Tesis de licenciatura, Universidad Privada Antenor Orrego]. URI: <https://hdl.handle.net/20.500.12759/2056>

- Aguilar Marín, G., & Mudarra Abanto, C. (2018). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica mediante el método de índice de vulnerabilidad de la I. E Liceo Trujillo-2018. [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. URI: <https://hdl.handle.net/11537/14814>
- Alvarado, N., & Mita, M. (2014). Determinación del índice de vulnerabilidad sísmica de las viviendas existentes en el barrio 24 de Mayo de la ciudad de Riobamba (Trabajo de grado). UNACH. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/535>
- Álvarez, D. (2015). Vulnerabilidad sísmica de viviendas de adobe del C.P. La Huaraclla, Jesús, Cajamarca. <http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/7975>
- Bonne Falcón, E. N., & Tellez Rodríguez, N. (2019). El diagnóstico una herramienta para el cambio. *Sociedad & Tecnología*, 2(1), 27–39. <https://doi.org/10.51247/st.v2i1.14>
- Bonett, R. (2003). Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios, aplicación a entornos urbanos a zonas amenazadas alta y moderada. [Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña Cataluña, Barcelona]. URI: <http://hdl.handle.net/2117/93542>.
- Caballero, A. (2010). *Determinación de la vulnerabilidad sísmica por medio del método del índice de vulnerabilidad en las estructuras ubicadas en el centro histórico de la ciudad de Sincelejo*. Universidad del Norte de Sincelejo.
- Cárdenas, L. (2008). *Análisis de Vulnerabilidad Estructural del Hotel Comercio*. <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/urp/123>
- Castillo Gallo, R. (2014). La Vulnerabilidad Funcional y Organizacional en Instalaciones de Salud. *Ciencia en su PC*, 2(19), abril-junio, 68-85.
- Cucho Salinas, H., & Nuñez Cusma, K. (2018). Evaluación de la vulnerabilidad estructural aplicando el método Hirose para determinar la seguridad sísmica del Hospital Regional de Lambayeque. [Tesis de grado, Universidad San Martín de Porras]. URI: <https://hdl.handle.net/20.500.12727/4238>
- Daza, D. (2017). *¿Qué es el Cinturón de fuego del Pacífico y por qué produce fuertes terremotos?* Perú 21. <https://peru21.pe/ciencia/cinturon-fuego-pacifico-produce-fuertesterremotos-376813-noticia/>
- EIRD. Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (2005). *Conferencia Mundial sobre la Reducción de los Desastres de 18 a 22 de enero de 2005, Kobe, Hyogo, Japón*.
- GADS, San Miguel de Bolívar. Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de San Miguel de Bolívar (2015). *Informe PDyOT*. GADs, San Miguel de Bolívar.
- Hernández, J., & Lockhart Castro, S. (2002). Metodología para la evaluación de la Vulnerabilidad sísmica de edificaciones de hormigón armado existente. *Ciencia y Sociedad*, 36(2), abril-junio, 256-275.
- Herrera Reyes, V., & Beneit, L. (1986). Capítulo 5. Métodos de Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificios. En: Lluís Juan Beneit y Herrera Reyes. *Métodos de evaluación de vulnerabilidad sísmica* (p. 20).
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. INEN. (2001). *Código Ecuatoriano de la Construcción Requisitos Generales de Diseño: Peligro sísmico, Espectro de Diseño y Requisitos mínimos de Cálculos para Diseño Sismo- Resistente. Primera Edición*. Quito.
- ISDR. International Strategy for Disaster Reduction (2012). *Introducción a la recuperación de la infraestructura*. PNUD, 48. Japón: ISDR. International Strategy for Disaster Reductón.

- Martínez Cuevas, S. (2014). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica urbana basada en tipologías constructivas y disposición urbana de la edificación. Aplicación en la ciudad de Lorca, Región de Murcia. [Tesis de Doctor, Universidad Politécnica Madrid]. <https://oa.upm.es/30447/>
- MINEDUC-SNGR (2011). *Proyecto de reducción de riesgos de desastres para garantizar la seguridad de la comunidad educativas dentro de las instituciones*. Proyecto de reducción de riesgos de desastres para garantizar la seguridad de la comunidad educativas dentro de las instituciones. MINEDUC-SNGR, Quito, Ecuador.
- MINEDUC-SNGR (2016). *Informe de Evaluación de afectaciones por sismo 16 abril 2016*. MINEDUC-SNGR, Quito, Ecuador.
- Noel Vargas, J. (2019). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica aplicando el método italiano para determinar el riesgo sísmico en las viviendas de adobe de la Quinta los Virreyes del Rímac. USMP. Lima. Perú
- Ocha. (2017). Ecuador: Llamamiento - Terremoto ocurrido el 16 de abril de 2016. Periodo: Abril a Julio de 2016. *Reviu. OCHA, UNCT*.
- ONU-EIRD (2015). *Marco de Acción de Hyogo 2005-2015. Aumento de la resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres*. Kobe, Hyogo, Japón.
- Parra Cárdenas, H. A., et al. (2020). Estimación de la peligrosidad sísmica en Ecuador continental. *Revista Científica, ESPE*, 160.
- Regueira Rojas, J. J., Regueira Molina, V. A., & Toledo Rivero, V. R. (2020). Sistema informático para la gestión de la información de los ciclones tropicales. *Sociedad & Tecnología*, 3(2), 34-41. <https://doi.org/10.51247/st.v3i2.65>
- Sáenz Azorsa, U. (2019). *Vulnerabilidad sísmica en edificaciones esenciales mediante curvas de fragilidad analíticas – edificio administrativo de la Universidad Nacional del Centro del Perú*. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/5268>
- SENPLADES. (2016). *Evaluación de los Costos de Reconstrucción Sismo en Ecuador, abril 2016*. Quito. Ecuador.
- Sistema de Información Científica.(2016).Sistema de Información Científica. *Redalyc Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal*. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181331790005>.
- Tucto Asencio, J. D. (2018). Evaluación del riesgo sísmico utilizando el índice de vulnerabilidad de Benedetti - Petrini en las viviendas de adobe existentes en la zona urbana del distrito de Llacanora, Cajamarca. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. URI: <http://hdl.handle.net/20.500.14074/2526>
- UNDRR (2015). *Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030*. New York: UNDRR.
- Vallejo Ilijam, M., Javier Jara, J. J., & Reyes Escárte, G. A. (2021). Vulnerabilidad de los medios de vida ante las amenazas naturales y antrópicas. *Sociedad & Tecnología*, 5(1), 13-26. <https://doi.org/10.51247/st.v5i1.186>
- Vargas, F. (2016). *Evaluación de vulnerabilidad sísmica en viviendas y edificios comerciales menores en el área central de Pérez Zeledón, Costa Rica*. <https://core.ac.uk/download/pdf/61002084.pdf>

CONTRIBUCIÓN DE LOS COAUTORES.

Durante esta investigación los autores participaron activamente de acuerdo a la descripción siguiente.

Cuadro 5. Contribución de los coautores

Autor	Responsabilidad
María de Lourdes De Mora Gaibor	Encargada de la planificación control y seguimiento de las diversas actividades asignadas al equipo. Además de su contribución para el análisis y procesamiento de la información. Redacción del artículo.
María Transito Vallejo Ilijama	Análisis, interpretación y sistematización de información bibliográfica y documentos para la fundamentación teórica del estudio, elaboración de los cuadros y mapas. Participación en la discusión de los resultados y en la redacción del artículo.
César Augusto Pazmiño Zabala	Estructuración de las fichas para el levantamiento de información en campo, análisis y procesamiento de la información recolectada. Participación en la discusión de los resultados y redacción del artículo.